

T.C.  
BİLECİK ŐEHY EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ULTRAVİYOLE A VE B İŐIK UYGULAMASININ HASAT SONRASI  
MARULLARDA (*Lactuca sativa*) BAZI KALİTE DEĞERLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE DEVLEZ

TEZ DANIŐMANI

DOÇ. DR. ALEV AKPINAR BORAZAN

İKİNCİ TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZNUR CUMHUR

BİLECİK, 2022

10483417

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ULTRAVİYOLE A VE B İŐIK UYGULAMASININ HASAT SONRASI  
MARULLARDA (*Lactuca sativa*) BAZI KALİTE DEĞERLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE DEVLEZ

TEZ DANIŐMANI

DOÇ. DR. ALEV AKPINAR BORAZAN

İKİNCİ TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZNUR CUMHUR

BİLECİK, 2022

10483417

## BEYAN

“Ultraviyole A ve B Işık Uygulamasının Hasat Sonrası Marullarda (*Lactuca sativa*) Bazı Kalite Değerlerine Etkisi” adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahriyat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığımı, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>	<b>X</b>	<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b>	
<b>Destek alındı ise;</b>			
<b>Destekleyen kurum;</b>			
<b>Desteğin Türü</b>		<b>Proje Numarası</b>	
<b>1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)</b>		2020-02.BŞEÜ.25-04	
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>			
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı:</b>		...../..... .....	

**Emre Devlez**

**Tarih**

.....

**İmza**

.....

## ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca danışmanlığımı yapan, tez konusunun belirlenmesinden, tezin hazırlanmasına kadar her aşamada emeği geçen sayın hocalarım Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN ve Dr. Öğr. Üyesi Öznur CUMHUR'a

Hayatımın her anında desteğini esirgemeyen eşim Seda'ya, anneme, babama ve tüm aile fertlerime teşekkür ederim.

**Emre Devlez**

**2022**

## ÖZET

### ULTRAVİYOLE A VE B IŞIK UYGULAMASININ HASAT SONRASI MARULLARDA (*Lactuca sativa*) BAZI KALİTE DEĞERLERİNE ETKİSİ

Bu çalışmada, ülkemizde 12 ay süre ile yetiştirilebilen kıvırcık marula (*Lactuca sativa* var. *crispa*) farklı dozlarda UV-A ve UV-B ışığı uygulanmış ve bu uygulamaların bazı kalite değerleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla UV kabini oluşturulmuş, ön testler yapılmış, belirlenen yoğunluk ve sürelerde UV ışık uygulamaları yapılmıştır. Belirlenen yoğunluk ve uygulamalardan sonra marulda toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, askorbik asit miktarı ve renk değişimleri belirlenmiştir. UV ışık uygulamalarının etkisi araştırılmıştır.

Çalışma sonucunda UV işlem uygulanmış marul örneklerinde depolamanın 7. gününde en yüksek fenolik madde içeriği yüksek doz UV-B (46.1 mg GAE/100 g marul) örneklerinde tespit edilirken, en düşük fenolik madde içeriği ise sırasıyla düşük doz UV-B (13.7 mg GAE/100 g marul), düşük doz UV-A (16.3 mg GAE/100 g marul) ve orta doz UV-B (16.5 mg GAE/100 g marul) örneklerinde tespit edilmiştir. Yüksek doz UV-B uygulanan marul örneklerinde 7 günlük depolamadan sonra toplam fenol miktarında %53.7'lik artış görülürken, antioksidan aktivite de ise %29.7'lik artış tespit edilmiştir. Askorbik asit miktarının koruma ve iyileştirme açısından en etkili dozu ise yüksek doz UV-A marul örneklerinde olmuştur. Genel olarak tüm sonuçlar değerlendirildiğinde kıvırcık marulda UV-A ya da UV-B daha etkili bir role sahiptir. Ancak uygulanan dozlar içerisinde yüksek doz UV-A (4.55 kJ/m<sup>2</sup>) ve yüksek doz UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) uygulamalarının marul örneklerinde olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Renk değişim parametresine göre ise UV uygulamaların istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Daha sonraki çalışmalarda hem UV-A'nın hem de UV-B'nin farklı dozlarının araştırılmasında ve bu dozlar üzerinden optimizasyonların yapılmasında fayda vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultraviyole ışık, UV-A ışık, UV-B ışık, marul, kalite özellikleri

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF ULTRAVIOLET A AND B LIGHT APPLICATION ON SOME QUALITY VALUES IN POST-HARVEST LETTUCE (*Lactuca sativa*)

In this study, different doses of UV-A and UV-B light were applied to curled lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*), which can be grown for 12 months in our country, and the effects of these applications on some quality values of lettuce were investigated. For this purpose, a UV cabinet was created, preliminary tests were carried out, and UV light applications were carried out at the determined intensity and duration. After the determined intensity and applications, total phenolic substance, antioxidant activity, ascorbic acid amount and color changes were determined in lettuce. The effect of UV light applications was investigated.

As a result of the study, the highest phenolic content was detected in the high-dose UV-B samples (46.1 mg GAE/100 g lettuce) on the seventh day of storage in the lettuce samples treated with UV. The lowest phenolic content was found in low-dose UV-B (13.7 mg GAE/100 g lettuce), low-dose UV-A (16.3 mg GAE/100 g lettuce), and medium-dose UV-B samples (16.5 mg GAE/100 g lettuce), respectively. After 7 days of storage, an increase of 53.7% was observed in the total amount of phenol in the lettuce samples treated with high-dose UV-B, while an increase of 29.7% was observed in antioxidant activity. The most effective dose in terms of protection and improvement of the amount of ascorbic acid was in high-dose UV-A lettuce samples. In general, when all the results were evaluated, it was not found that UV-A or UV-B had a more effective role in curly lettuce. However, it was determined that high-dose UV-A (4.55 kJ/m<sup>2</sup>) and high-dose UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) applications gave positive results in lettuce samples. According to the color change parameter, UV applications did not have a statistically significant effect. In future studies, it would be beneficial to investigate different doses of both UV-A and UV-B and to make optimizations over these doses.

**Keywords:** Ultraviolet light, UV-A light, UV-B light, lettuce, quality properties

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1 Marul.....	4
2.2. Uv Işık Teknolojisi.....	6
2.3. UV-A ve UV-B Işık Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	10
2.4. UV Işık Uygulama Teknolojisinin Marula Uygulanması.....	16
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Kabinin Oluşturulması.....	20
3.2.2. Kabinde UV Dozlarının Ölçümü.....	21
3.2.3. Marul Örneklerine Uygulanacak Dozun Belirlenmesi.....	22
3.2.4. Marul Örneklerine UV-A ve UV-B Işık Uygulanması.....	23
3.2.5. Ağırlık Kaybı.....	25
3.2.6. Renk Tayini.....	25
3.2.7. Askorbik Asit Tayini.....	27
3.2.8. Ekstraksiyon Yöntemi.....	28

<b>3.2.9. Toplam Fenolik Madde Tayini.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.10. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.11. İstatiksel Değerlendirme.....</b>	<b>32</b>
<b>4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. UV Kabinin Oluşturulması ve Dozlarının Ölçülmesi .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. UV Uygulama Dozlarının Belirlenmesi .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3. Ağırlık Kaybı .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4. Renk Tayini.....</b>	<b>41</b>
<b>4.5. Askorbik Asit Sonuçları.....</b>	<b>43</b>
<b>4.6. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite .....</b>	<b>45</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>53</b>

## TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 2.1</b> Bazı Marul Türlerinin Kimyasal Bileşimleri .....	6
<b>Tablo 4.1.</b> Kabindeki UV Lambası ile Ürünün Yerleştirildiği Raf Mesafesi, UV Lambalarıyla Uygulanan Şiddet, Uygulama Süresi ve Uygulama Dozu Tablosu .....	34
<b>Tablo 4.2.</b> Farklı Mesafelerde UV-A ve UV-B Uygulaması Yapılan Marul Örneklerinin Değerlendirme Tablosu .....	35
<b>Tablo 4.3.</b> 65 cm Mesafeden Farklı Sürelerde Uygulanan UV-A ve UV-B Işıklarının Dozları ve Marul Örneklerine Etkisi.....	37
<b>Tablo 4.4.</b> Bazı Sebzelerde UV-A ve UV-B Uygulamasının Dozları ve Etkileri .....	38
<b>Tablo 4.5.</b> UV-A ve UV-B Uygulama Süreleri ile Şiddet ve Doz Miktarları .....	39
<b>Tablo 4.6.</b> Marul Örneklerinde 1, 3, ve 7 Günlük Muhafaza Süresince Ağırlık Kayıpları .....	40
<b>Tablo 4.7.</b> Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle Askorbik Asit Miktarlarının Değişimi.....	44
<b>Tablo 4.8.</b> Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Değişimi.....	46
<b>Tablo 4.9.</b> Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle EC50 Değerinin Değişimi .....	50

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. UV Işık Spekturumu .....	7
Şekil 2.2. UV Uygulamaları ve Potansiyel Uygulamalar .....	8
Şekil 2.3. UV Işık Uygulamalarının Meyve ve Sebzelere Etkisi .....	11
Şekil 3.1. Labaratuvara Ulaşan Marul Örnekleri .....	20
Şekil 3.2. Kabin Ölçüleri.....	21
Şekil 3.3 Kabinde Radyometre ile Doz Ölçümü.....	22
Şekil 3.4. Marulların Yerleştirildiği Teraftalat Kaplar .....	23
Şekil 3.5. Tez Kapsamında Oluşturulan Kabin ve Marul Örneklerine UV Uygulaması .....	24
Şekil 3.6. Buzdolabında Polietilen Teraftalat Kaplarda Saklanan Marul Örnekleri .....	25
Şekil 3.7. HunterLab Renk Kordinatları .....	26
Şekil 3.8. Üç Noktadan Ölçüm Yapılan Tüm Yaprak ve Renk Ölçümü .....	26
Şekil 3.9. Askorbik Asit Standardizasyonunda Oluşan Pembe Renk .....	27
Şekil 3.10. Askorbik Asit Tayininde Titrasyon İşleminin Başlangıcında Oluşan Bordo Çözelti (Solda) ve Titrasyon Bitiş Noktasındaki Nötrlenen Marul Çözeltisi Rengi (Sağda) .....	28
Şekil 3.11. Ekstraksiyon Akış Şeması .....	29
Şekil 3.12. Kum Banyosunda Metanolün Uzaklaştırılması .....	29
Şekil 3.13. Liyofilizasyon İşlemi .....	30
Şekil 3.14. Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Hazırlanan Ekstraktlar .....	31
Şekil 4.1. 65 cm Mesafeden ve 8 Dakika UV-A Uygulaması Yapılan Marul Örnekleri.....	36

## GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
<b>Grafik 3.1.</b> Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Oluşturulan Kalibrasyon Eğrisi .....	31
<b>Grafik 3.2.</b> DPPH Yöntemi ile Toplam Antioksidan Aktivitesi Tayininde Kullanılan Kalibrasyon Eğrisi.....	32
<b>Grafik 4.1.</b> UV-A Lambalarının Şiddet Grafiği .....	33
<b>Grafik 4.2.</b> UV-B Lambalarının Şiddet Grafiği .....	34
<b>Grafik 4.3.</b> UV Uygulamalarının Marulun L*, a* ve b* Değerlerine Etkisi .....	42
<b>Grafik 4.4.</b> UV Uygulamalarının Marul Örneklerinin Toplam Renk Değişimine Etkisi.....	43
<b>Grafik 4.5.</b> Depolama Süresinin Marul Örneklerinin Toplam Renk Değişimine Etkisi.....	43
<b>Grafik 4.6.</b> Farklı Dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki Askorbik Asit Miktarı .....	45
<b>Grafik 4.7.</b> Farklı Dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki Toplam Fenolik Madde Miktarı .....	47
<b>Grafik 4.8.</b> Farklı Dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki EC50 Değeri.....	49

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

**µg:** Mikrogram

**cm:** Santimetre

**Dak:** Dakika

**DPPH:** 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

**EC50:** Başlangıç DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gereken antioksidan miktarı

**g:** Gram

**GAE:** Gallik asit eşdeğeri

**IU:** Uluslararası Birim

**kGy:** Işınlama Dozu (Birim Kütleinin Absorbladığı Radyasyon Enerji Miktarı)

**kJ:** Kilojoule

**m<sup>2</sup>:** Metrekare

**MeOH:** Metanol

**mg:** Miligram

**Nm:** Nanometre

**°C:** Celsius

**Sn:** Saniye

**TSE:** Türk Standartları Enstitüsü

**TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu

**UV:** Ultraviyole

**UV-A:** Uzun dalga boylu ultraviyole

**UV-B:** Orta dalga boylu ultraviyole

**UV-C:** Kısa dalga boylu ultraviyole

**W:** Watt

## 1.GİRİŞ

Değişen yaşam biçimleri ve gelişen teknolojik yaklaşımlarla beraber taze kesilmiş veya minimum düzeyde işlenmiş ürünlere olan talep son yıllarda artmakta ve gıda pazarının önemli bir parçası haline gelmektedir. Yaygın olarak tüketilen ve genellikle sağlıklı olarak algılanan salatalar da bu noktada mutfak ürünlerinde ön plana çıkmaktadır. Tek veya bileşim olarak yemeye hazır salatalar için anahtar ve en popüler sebzelerden bir tanesi maruldur. Sağlığı geliştirici özellikleri olan marul büyük miktarda C vitamini, karotenoidler, fenolik bileşenler gibi biyoaktif bileşenlere ve lif içeriğine sahip ve önemli ölçüde oksijen radikal temizleme kapasitesi göstermektedir (Kim vd., 2016: 17; Liu vd., 2007: 552). Marul günümüzde dört mevsim ulaşılabilirliği açısından sofralarımızda her zaman yer alan salataların vazgeçilmez bir parçasıdır. Dünya çapında her yıl milyonlarca ton marul yetiştirilmekte olup, ülkemizde 2021 yılında kıvırcık, göbekli ve aysberg olmak üzere toplam 520 bin 151 ton marul üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2022).

Hasat sonrası depolamada hızlı yaşlanma ve hastalıklar nedeniyle meyve ve sebzelerde önemli ürün ve besin kayıpları meydana gelmektedir. Geleneksel olarak hasat sonrası koruma teknolojisi, çoğunlukla soğutma ve kimyasal koruma teknolojilerine dayanmaktadır (Usall vd., 2016: 30). Ancak gıda endüstrisinde son yıllarda yaşanan teknolojik uygulamalarla beraber yaşanan gelişmeler gıda maddelerine tüm mevsimlerde taze, sağlıklı ve pratik bir biçimde ulaşılmasına olanak sağlayacak çeşitlilikte geleneksel ve yeni koruma teknolojilerini sunmaktadır. Uygulanan geleneksel yöntemlere alternatif olarak aseptik ambalajlama, vakum altında kontrollü atmosferik paketlenme, ozonlama gibi birçok yeni ve gelişmekte olan teknolojiler kullanılırken, bunlardan bir tanesi de UV ışık uygulamalarıdır.

UV ışık, elektromanyetik spektrumun X ışıkları ile görünür ışık arasındaki bölümü olarak tanımlanır. UV ışık daha kısa dalga boylu (100 ila 400 nm) ve daha yüksek enerjilidir. UV ışık aralığına göre UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (200-280 nm) ve Vakum UV (100-200 nm) olarak sınıflandırılır (Koutchma, 2014: 50).

Gıda endüstrisinde UV ışık uygulamalarının etkileri ilk olarak ısıl işleme alternatif olarak UV-C ışık uygulamaları ile yapılan çalışmalar ile ortaya koyulmuştur. UV-C ışık uygulaması ısıl işlem uygulamaları yerine gıda yüzeylerine rahatlıkla uygulanabilen germisidal etkisi kanıtlanmış bir dekontaminasyon yöntemidir. Bu uygulamalar düşük yatırım maliyeti, kolay uygulanabilmesi ve pozitif tüketici imajı gibi çeşitli avantajlar sebebiyle de giderek yaygınlaşmıştır (Koca vd., 2018: 88). Fakat UV-C ışığın yüksek dozlarda

kullanımında germisal etkisinden dolayı besin değeri kaybı ve istenmeyen görünüm ile ilişkilendirilen çalışmaları da vardır (Gardner ve Shama, 2000: 63).

UV-A ve UV-B ışıkların ise gıdalar üzerinde hasat öncesi ve sonrası işlem olarak potansiyel kullanımına yönelik çalışmalar UV-C'ye nazaran az sayıda olsa dahi yine de artış göstermektedir ve gittikçe önem kazanmaktadır. Son dönemlerde konuyla ilgili çalışan araştırmacılar hasat sonrası meyve ve sebzelerin kalitesini korumak ve iyileştirmek için UV ışık uygulama işlemlerinin uygulanabilirliği üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Örneğin yapılan çalışmalarda; hasat sonrası UV-A ve/veya UV-B ışık uygulamalarının domateslerin antioksidan kapasitesini arttırdığı (Dyshlyuk vd., 2020; Liu ve vd., 2011: 232), havuçların antioksidan kapasitesi ile toplam fenolik madde miktarını arttırdığı (Avena-Bustillos vd., 2012: 2341;), depolama sırasında brokoli çiçeklerinin yeşil rengini koruduğu ve yenilebilir çiçeklerin sağlığını attırdığı (Aiamla-or vd., 2009: 177; Formica-Oliveira vd., 2017: 77), hasat edilen meyve ve sebzelerin rengini geliştirildiği ve çürümenin azalttığı (Kasım ve Kasım, 2017a: 363; Nguyen vd., 2014: 12144), mantarlardaki D2 vitamini konsantrasyonunu arttırdığı (Gallotti ve Lavelli, 2020: 1087; Huang vd., 2015: 38; Salemi vd., 2021: 137) bildirilmiştir. Bunların haricinde bazı araştırmalarda UV işlemleri ile herhangi bir etki tespit edilmediği veya olumsuz etkilerin olduğu çalışmalar da bildirilmiştir (Aztekin vd., 2020: 14; Cantos vd., 2000: 4606; Liu vd., 2011: 232). Örneğin UV-B uygulanan kiraz örneklerinde depolama süresi boyunca askorbik asit içeriği sadece korunurken (Abdipour vd., 2020: 264), yeşil olgun domateslerde askorbik asit içeriğinde olumsuz sonuçlar elde edilmiştir (Liu vd., 2011: 232). UV uygulamalarının kontrolsüz ve yüksek dozda uygulamaları gibi bazı uygulama parametreleri lipid ve protein oksidasyonlarına, renk bozulmalarına ve duyu kalitede bozulmalara sebep olabilmektedir (Koca vd., 2018: 88). Dolayısıyla UV ışık teknolojisi uygulamalarında ürün bazında yarar elde edilebilecek optimum uygulama parametreleri belirlendiğinde gıda endüstrisinde gıda güvenliğini sağlamak, ürün kalitesini korumak ve iyileştirmek, besin değerini arttırmak için yeni bir teknolojik yaklaşım olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Bu tez ile ülkemizde en çok yetiştirilen marul türlerinden biri olan kıvırcık marulda hasat sonrası depolama sırasında uygulanan farklı dozlardaki UV-A ve UV-B dalga boylarının ürünlerde ağırlık kaybı, renk durumu değişimi, toplam fenolik madde, antioksidan aktivitesi ve askorbik asit profil etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda UV ışıkların uygulanacağı kabin oluşturulmuş, oluşturulan kabinde UV dozlarının radyometre ile ölçümü gerçekleştirilmiş ve marul örneklerine uygulanacak UV şiddet ve dozları belirlenmiş,

belirlenen dozlarda UV-A ve UV-B ışıkları marul örneklerine uygulanmış, UV işlemleri uygulanan ve kontrol olarak belirlenen marul örneklerinde raf ömrü içerisinde ağırlık kaybı, renk tayini, askorbik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan madde olmak üzere kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 2.LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1 Marul

Gıda pazarı içerisinde sağlıklı olarak atfedilen ve tüketilen en popüler sebzelerden biri maruldur. Marul yapraklı bir sebze çeşidi olan *Asteraceae* familyasından bir bitki türüdür (Das ve Bhattacharjee, 2020: 143). Tek yıllık ve serin iklim sebzesi olan marulun gelişme sıcaklığı 15-18°C olup, sıcaklığın 20°C'leri geçmesi marulun gelişiminde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca marul, 0°C'nin altındaki -2°C veya -3°C'lere kısa süre de olsa dayanabilmektedir (Splittstoesser, 1989: 701). Marullar kök yapısı olarak kuvvetli ve etlidir. Ayrıca marullar toprağın 30 cm altına inebilecek köklere sahiptir. Gövdeleri rozet şeklinde olup toprak seviyesinin üzerinde yer alırlar. Gövde gelişimi toprak üzerinde başlar ve aşağıdan yukarıya azalan oranda yaprak taşır. Bitkinin sebze değerini yaprakları oluşturur. Marul yaprakları türlerine göre irilik, kalınlık, yağlılık, renk, parlaklık gibi farklı özelliklere sahip olabilirler. Marulun en iyi yetiştiği toprak tipleri kumlu ve killi arasında kalan topraklardır. Yüzeysel köklü olduğu için toprağın 20-30 cm'lik üst kısmının yeterli besin maddesi içermesi gerekir. Toprak besin maddeleri ve organik maddece zengin olmalı ve su tutma kapasitesi de yerinde olmalıdır. Ayrıca marulun yetiştiği toprağın pH değeri 6.0-7.0 arasında olmalıdır. Marul ülkemizde açık tarlalar veya sera koşullarında 30-60 günlük sürelerde yetişen ve yıl boyunca üretilebilen bir sebze türüdür. Marulun ana vatanı Türkiye, Kafkasya, İran ve Türkistan olarak kabul edilir (Karaağaç vd., 2017: 8).

Ülkemizin tüm bölgelerinde yetiştirilebilen marul türleri Haziran ve Ağustos arasındaki aylar hariç yılın her mevsiminde yetiştirilmektedir. Üretim dönemlerinin Haziran ve Ağustos ayları arasında yapılmamasının sebebi ikincil veya üçüncül ürün olarak ana sebze veya meyve üretiminin öncesi veya sonrasında yapılmasıdır. Açık tarla koşullarının kullanıldığı alanlarda iklim geçişleri yani ana ürün ekimi öncesi veya hasat sonrası olan zamanlar üretim için kullanılmaktadır. Marul türlerinin en fazla gelir getirdiği Aralık ve Şubat aylarını kapsayan dönemleri Türkiye'nin Ege ve Güney bölgelerinde açık tarla koşullarında, diğer bölgelerde ise seralar veya tüneller içerisinde kontrollü koşullar altında gerçekleştirilmektedir (Yanmaz, 2002: 1923).

Marul dünya sebze pazarında büyük bir yere sahiptir ve en önemli salata mahsulüdür. Dünyada 880 bin hektarlık bir alanda marul yetiştiriciliği yapılmakta olup; yılda 20 milyon tonluk üretim yapılmaktadır. 360 bin hektar ile Çin en büyük üretici olup; 125 bin hektarla Amerika Birleşik Devletleri (ABD) onu takip etmektedir. Ayrıca ABD'de marul en çok satılan

sebze ürünlerinde ilk üç sırada yer almaktadır (Das ve Bhattacharjee, 2020: 143). Dünya çapında her yıl milyonlarca ton marul yetiştirilirken, ülkemizde 2020 yılında 520 bin 511 ton marul, 2021 yılında ise 540 bin 569 ton marul yetiştirilmiştir. 2021 yılında yetiştirilen marulların 234 bin 44 tonu kıvırcık, 212 bin 91 tonu göbekli ve 94 bin 430 tonu aysberg olarak yetiştirilmiştir (TÜİK, 2022).

Marulun sınıflandırılmasında yaprak özellikleri en önemli role sahiptir. Yapraklarının düz veya kıvırcık oluşu ile renkleri ayırıcı faktörlerdendir. Sadece yaprak şekilleri ve renkleri değil, bunun yanında marulun göbek ve baş oluşturma, yaprak gevrekliği, erkencilik ile hasat zamanı, zararlılara dayanıklılık gibi alanlarında da araştırmalar yapılmakta ve farklı sınıflandırmalar yapılabilmektedir. Marullar yaprak özelliklerine göre kıvırcık yapraklı marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*), göbekli (baş) marul (*Lactuca sativa* var. *capitata*) ve roman marulu (*Lactuca sativa* var. *iongifolia*) olarak gruplandırılmaktadır. Marullar, Türk Standartları Enstitüsü Yeşil Salata ve Marul Standardında yer alan sınıflandırma özelliklerine göre botanik yapıları açısından tiplere, kalite özellikleri açısından sınıflara ve kütleleri açısından boylara ayrılırlar. Bu bağlamda baş marullar, kıvırcık marullar ve Yedikule (romen) marulları olarak botanik yapılarına göre tiplendirilirler (TSE, 2008).

Kıvırcık yapraklı marullar baş oluşturan (crisphead) ve baş oluşturmeyen (bunching) kıvırcık yapraklı salatalar olarak gruplandırılmıştır. İki grupta kendi aralarında açık ve yeşil yapraklı, kahverengi mor yapraklı salatalar olmak üzere ikiye ayrılır. Yağlı marullar baş oluşturan (butterhead) ve baş oluşturmeyen olarak iki sınıfta incelenirken; açık yeşil ve koyu yeşil yağlı yapraklılar, yeşil üzerine kahverengimsi renkli yapraklılar, kahverengimsi-mor yapraklılar olarak kendi aralarında iki sınıfta gruplandırılır. Romen marulları göbek oluşturan (yedikule) ve göbek oluşturmeyen (karamarul) olarak iki sınıfta incelenirken; kendi aralarında açık yeşil-koyu yeşil, göbekli ve göbeksiz, kahverengi-mor göbekli ve göbeksiz olmak üzere üç sınıfta incelenirler (Yanmaz, 2002: 1923).

Marul yaprakları % 94-97 oranında su içermektedir. 100 g taze marul yaprakları; yaklaşık 0,6-8 mg askorbik asit, 0,5-1,5 g ham protein, 0,2-0,4 g yağ ve 1,5-2,5 g karbonhidrat, 330 µg vitamin A, 0,220-25 mg kalsiyum, 40 mg fosfor ve 0,1-4 mg demir içermektedir. Tablo 2.1'de bazı marul çeşitlerinin kimyasal bileşenlerinin oranları verilmiştir (USDA, 2021). Sağlığı geliştirici özellikleri olan marul; C vitamini, karatenoidler, fenolik bileşenler gibi büyük miktarlarda biyoaktif bileşenlere ve lif içeriğine sahipken, önemli ölçüde oksijen radikal temizleme kapasitesi de göstermektedir. Marul yaprakları kemik gelişiminde önemli bir bileşen olan K vitamini kaynağı olarak görülmekte olup, aynı zamanda

DNA sentezi için enzim metabolizmasındaki ana kofaktör olan folat ve C vitamini içermektedir. Marul yaprakları vücut bağışıklığını artıran ve genel sağlığı iyileştirici tiamin, B6 vitamini ve riboflavinler gibi  $\beta$ -kompleks vitaminleri açısından da zengindir. 100 g marulda ortalama 50-1700  $\mu\text{g}$  yararlı karatoneid vardır (USDA, 2021). Marul yapraklarındaki karatoneidler; göz retinasında seçici olarak emilen ve retinaya zarar veren UV ışıklarını filtreleyen antioksidandır. Marul yaprakları aynı zamanda beslenmemiz için demir, kalsiyum, magnezyum ve potasyum açısından zengin mineral madde kaynağıdır (Kim vd., 2016: 19; Liu vd., 2007: 552).

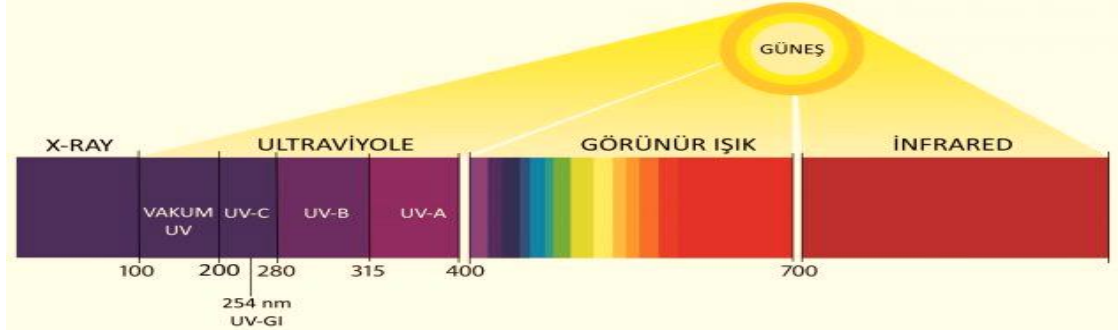
**Tablo 2.1.** Bazı Marul Türlerinin Kimyasal Bileşimleri

Kimyasal Bileşenler	Birim	Marul Çeşitleri (100 g)			
		Yedikule	Yeşil Yapraklı	Aysberg	Yağlıbaş
Su	g	94-95	94,3-96	94-97,7	94,1-97
Enerji	kcal	17%	15	14	13
Protein	g	1,23-1,27	1,11-1,64	0,63-1,48	1-1,81
Yağ	g	0,16-0,5	0,1-0,2	0,02-0,3	0,12-0,42
Kuru Madde	g	0,46-0,7	0,47-0,8	0,2-0,5	0,44-0,71
Askorbik Asit	mg	0,8-7,6	7-12,9	0,7-4,5	0,9-8,5
Riboflavin	mg	0,05-0,083	0,07-0,098	0,01-0,04	0,05-0,09
Demir	mg	0,64-1,54	0,31-1,89	0,11-4,71	1,24
A Vitamini	IU	4000-11999	3000-12000	502	1000-5000
Karoten	Ug	1770-8750	3320-6260	57-333	1580-2400

**Kaynak:** (USDA, 2021)

## 2.2. Uv Işık Teknolojisi

Ultraviyole ışık, X ışıkları ile görünür ışık arasındaki elektromanyetik spektrumun alt ucunda bulunan iyonlaşmayan bir ışık türü olarak tanımlanır. Spektrumdaki radyasyon kategorileri dalga boylarına ve dalganın tepeleri arasındaki mesafeye göre sınıflandırılır. Dalga boyu ile enerji arasındaki ilişki ters orantılıdır, böylece dalga boyu arttıkça ışığın enerjisi azalır. Bu nedenle, görünür ışıktan daha kısa dalga boylarına sahip olan UV radyasyonu, görünür dalga boylarından çok daha büyük enerjiye sahiptir (Black, 2014: 893). UV ışıklar elektromanyetik spektrumda dalga boyu 100 ila 400 nm arasında olan ışık türü olup, birincil kaynağı güneştir (Koutchma vd., 2009: 138). UV ışık dalga boylarına göre UV-A (315-400 nm), UV-B (280 315 nm), UV-C (200 ile 280 nm) ve Vakum UV (100-200 nm) olmak üzere dört kısımda incelenir (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** UV Işık Spekturumu

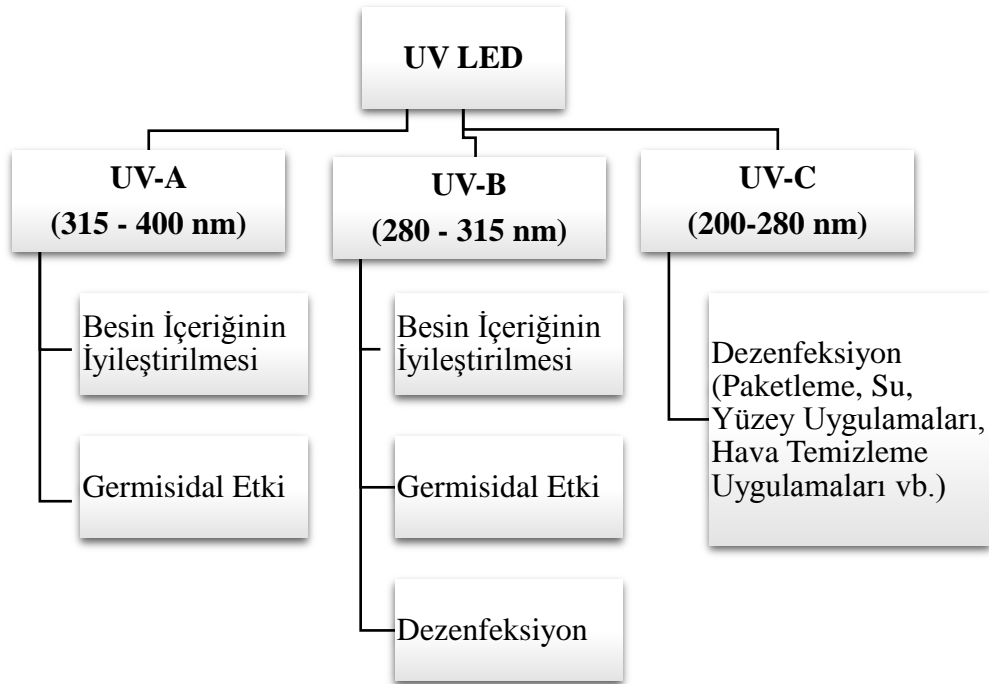
**Kaynak:** Lab Akademi, 2020

UV-C ışık spektrumunda en yüksek enerjiye ve en büyük hasara neden olma potansiyeline sahip ve tamamen atmosfer tarafından tutulan bir ışık türüdür. 200 ile 280 nm arasındaki UV-C ışık, mikrobiyolojik DNA'nın yaklaşık 260 nm'de UV ışığını yüksek oranda emmesi nedeniyle bakteriyel, viral ve protozoan mikroorganizmaları etkin bir şekilde inaktive ettiği için germisidal etkili olarak kabul edilir ve gıda endüstrisinde bu amaç doğrultusunda kullanılmaktadır (Koutchma vd, 2009: 138). UV-A ve UV-B ışıklar ise güneşten dünya yüzeyine ulaşan ve biyolojik sistemleri etkileyebilen ışıklardır. İnsan cildinde bronzlaşmadan sorumlu olan uzun dalga boyu UV-A ışık, güneşten gelen UV ışığın yaklaşık %90'lık kısmını oluşturur. Bulutlar tarafından filtrelenmeyen bu ışık türünün yalnızca küçük bir kısmı atmosfer tarafından tutulmaktadır. Daha uzun dalga boyları olan UV-A cilt ve gözde daha derine nüfuz edebilir ve dolayısıyla insan cildindeki veya bronzlaşmadaki değişikliklerden sorumludur. Bununla birlikte, UV-A dalga boyları UV-B dalga boylarından daha az enerjilidir ve yalnızca bazı hücrel makromoleküller tarafından emilir (Black, 2014: 893). UV-B ışıklar ise dünya yüzeyine ulaşan güneş ışığının ultraviyole kısmının yaklaşık %10'unu oluşturur. Bu küçük yüzde, UV-B'nin atmosferik ozon tabakası tarafından kısmen emilmesi ve bulut örtüsü ile filtrelenmesinden kaynaklanmaktadır. Kısa dalga boylu UV-B radyasyon yalnızca cildin epidermisi veya gözün kornea epiteli gibi vücudun yüzey katmanlarına nüfuz edebilirken, cama veya giysilere nüfuz etmez (Black, 2014: 893). 100-200 nm dalga boyuna sahip ışıklar ise vakum UV ışıklardır. Vakum UV hemen hemen bütün maddeler tarafından absorbe edilebilir olduğu için yalnızca vakum ortamında veya azot gibi gazlar yoluyla da iletilebilir (Koutchma, 2014: 50).

UV ışığın doğal kaynağı güneş olmakla beraber yapay olarak oluşturulması da mümkündür. Ticari anlamda UV ışık, yüksek güçlü elektriği yüksek güçlü radyasyona

dönüştüren inert gazlı flaş lambası tarafından oluşturulur (Koutchma, 2014: 50). Gıdalarda UV uygulamalarında sıvı gıdalar için akış davranışlarına göre UV reaktörleri kullanılırken, katı gıdalarda UV kabinler oluşturulmaktadır (Koca vd., 2018: 88).

Uzun yıllar boyunca ultraviyole ışık, yiyecek ve içeceklerde nüfus etme zorlukları nedeniyle yalnızca su ve su benzeri UV geçirgen sıvılar için uygun bir teknoloji olarak kabul edilmiştir. UV ışığının bir dezenfeksiyon aracı olarak kaydedilen ilk kullanımı 1800'lerin sonlarında keşfedilmiştir. Bu sistemlerde güneş, suyu dezenfekte etmek için bir ışık kaynağı olarak kullanılmıştır. 1903'te Nobel Tıp Ödülü, UV ışığının patojenik organizmaları etkisiz hale getirmek için kullanılabileceğini keşfeden Niels Finsen'e verilmiştir. 1910'da Hewitt lambaları kullanan ilk UV su dezenfeksiyon ünitesi Fransa'da kullanılmıştır. 1930'larda UV ışık üretebilen lambaların geliştirilmesi UV aracılı dezenfeksiyon teknolojilerinin ilerlemesini daha da ileriye taşıyarak boru şeklindeki LPM (*Low Pressure Mercury*) lambalarla hem germisidal etkili olması hem de genel aydınlatmaya yönelik olmasıyla teknolojinin daha geniş kullanımına yol açmıştır (Koutchma, 2019: 343). Şekil 2.2'de yer alan şematik diyagram UV ışık türlerinin gıda alanındaki mevcut ve potansiyel uygulamalarını göstermektedir.



**Şekil 2.2.** UV Uygulamaları ve Potansiyel Uygulamalar

Gıda endüstrisinde UV ışınlanmanın etkileri ilk olarak ısı işleme alternatif olarak UV-C ışık uygulamaları ile ön plana çıkmıştır. UV ışık teknolojileri gıdalara ve gıda yüzeylerine rahatlıkla uygulanabilen antimikrobiyal etkileri kanıtlanmış bir yöntem olarak

kullanılmaktadır. Bu yöntem farklı gıda türlerinde ve gıda ile temas eden yüzeylerde ekonomik, etkili, ısıl olmayan, çevre dostu, kalıntı bırakmayan, daha az enerji gerektiren, iyonlaştırıcı ve toksik olmayan özellikleriyle alternatif işleme seçeneği olarak ön plana çıkmıştır. Bütün meyve ve sebzeler, taze kesilmiş ürünler, çiğ et ve deniz ürünleri, yumurta, dilimlenmiş peynir, un, baharatların yüzeylerinde mikrobiyal kontaminasyonun etkili bir şekilde azaltıldığı ve kalitesinin iyileştirildiği birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir. Ayrıca gıdaların temas ettiği yüzeylerde de etkin bir şekilde kullanılabilmiştir (Koutchma, 2019: 343).

Son yıllarda yapılan çalışmalarla UV ışık uygulamalarının meyve ve sebzelerde hasat öncesi ve hasat sonrası uygulamaları mevcuttur. Yüksek dozlarda uygulanan UV ışık sebze ve meyvelerde yıkıcı etkiye sahiptir. Yüksek dozda UV ışıklama hücre membranını parçalayarak protein yapısındaki hücre elemanlarına zarar verir. Ayrıca kloroplast ve mitokondri işlevlerine engelleyici etkide bulunur. Fakat UV ışığın dozu yıkıcı etkisiyle doğru orantılıdır. Doğru uygulamalar ve dozlarla metabolik işlevlerin uyarılması sonucu oluşan stres ortamı bitkilerde yararlı bileşiklerin salınımını artırır. Örneğin hasat edilmiş meyve veya sebze fenolik bileşiklerin artışı indüklenir ve bu bileşiklerle hasat sonrası olgunlaşma artar (Urban ve Charles, 2016: 105). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası fiziksel bir yöntem olarak UV ışık uygulamaları meyve ve sebze stres ortamı oluşturduğu, dolayısıyla meyve ve sebzelerin besinsel özelliklerini etkilediği tespit edilmiştir (Zhang ve Jiang, 2019: 71). Bu gibi alternatif sunan yeni teknolojik yaklaşımlarla meyve ve sebzelerde sağlığa yararlı maddelerin ve besinsel özelliklerin iyileştirilmesi tüketici açısından fayda, üretici açısından ise kârlılık getirmektedir.

Meyve ve sebzelerde sıcaklık, su eksikliği, oksijen yetersizliği, hava kirliliği, kimyasal maddeler, mineral maddeler ve ultraviyole ışık gibi parametreler abiyotik strese neden olur ve kontrollü abiyotik stres tarımsal ürünlerde daha sağlıklı işlenmiş ürünler elde etmek için kullanılabilir. Bitkiler abiyotik stres sonucu genetik olarak kendilerini korumaya alırken çeşitli maddelerin sentezini artırır. Abiyotik stres özellikle taze meyve ve sebzelerde sekonder metabolitler gibi spesifik aktif bileşiklerinin sentezini indükleyerek ve/veya istenmeyen bileşiklerin sentezini azaltarak ürünlerin kalitesini iyileştirmektedir. Örneğin abiyotik stres, ikincil metabolik yolların anahtar enzim aktivitelerinde bir artış veya azalmaya neden olarak fitokimyasal birikimi veya kaybını etkiler. Ancak tabii ki abiyotik streslerin hepsi faydalı değildir. Mesela bazıları fitokimyasal kayba veya istenmeyen bileşiklerin üretimini tetiklemeye de neden olabilir. Dolayısıyla meyve ve sebze dokularının farklı abiyotik streslere

nasıl tepki verdiğini anlamak ve abiyotik stres yanıtlarına etki eden parametreleri ortaya koyabilmek önem arz etmektedir. Ultraviyole ışınlama meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalitenin iyileştirilmesi, besin özelliklerinin geliştirilmesi için bir fırsat yaratmakta ve kullanılmaya çalışılmaktadır (Cisneros-Zevallos, 2003: 1560).

Abiyotik stresin etkilerini marul özelinde değerlendirdiğimizde; Kang ve Saltveit (2002) yaptığı çalışmada eksizyondan 30 dakika sonra 45°C ısı şoku uyguladıkları aysberg ve romen marullarını 48 saat modifiye atmosfer altında depolamışlardır ve yapılan analiz sonucu kontrol örneklerine göre fenolik maddelerin ve antioksidan içeriğin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Clarkson vd. (2003: 287) yaptığı çalışmada ise kıvırcık marul yapraklarına ısı şoku (50°C'de 90 sn.) ve kesim işlemi (2x2 cm biçiminde) şeklinde kombin bir uyulama gerçekleştirmişlerdir. Bu işlemleri 0, 12, 24, 36 ve 48 saat aralıklarla yapmışlardır. Her iki durumda da 50°C'de 90 saniye ısı şoku uygulanan kesilmiş kıvırcık marul yapraklarında dokunun kahverengileşmesinin azaldığı ve yeşilliğin korunduğu saptanmıştır. Isı şoku uygulamalarının kontrol örneklerine göre kesimden önce veya sonra uygulanmasının fenolik madde miktarını azalttığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada ayrıca marul kesim işleminden sonra protein sentezi inhibitörleri de kullanılmış ve bu kimyasallar marulda kesim ve parçalama işleminin neden olduğu fenilalanin amonyum liyaz aktivitesini azaltmış ancak marulun kahverengileşmesini tam olarak engelleyemediği gözlemlenmiştir.

Meyve ve sebze ürünlerinde abiyotik stres değerlendirildiğinde genel olarak raf ömrünün uzatılması, ürünlerde hastalıkları azaltılması, sağlığa yararlı fitokimyasalların miktarını artırılması ve taze ürünlerin hasat sonrası kayıplarının azaltılması potansiyeline odaklanılmaktadır. Abiyotik streslere verilen yanıtların olumlu etkileri *hormesis* adı verilen biyolojik bir olaya dayanmaktadır (Sierra vd., 2020: 3659). Düşük dozda UV ışık uygulamaları DNA'da hafif zararlara sebep olduğundan, hücrelerin onarım mekanizmalarını daha fazla çalışmaya teşvik edeceği ve bu ölümcül olmayan ışık miktarının olumlu değişikliklere sebep olacağı yapılan çalışmalarla beraber ortaya konulmaktadır (Shama ve Anderson, 2005: 128).

### **2.3. UV-A ve UV-B Işık Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı**

Gıdaların ışınlanması; gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi, azaltılması, yok edilmesi, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya sonrasındaki

işlemlerde istenen değişiklikleri sağlamak amacıyla belirlenmiş ışık uygulama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılan uygulamalardır (Baysal ve İçier, 2012).

UV ışık uygulamalarının gıdalarda mikrobiyal yükü azaltmanın ötesinde hasat öncesi ve sonrası aşamalarda da meyve ve sebzelerde mikroorganizmalara karşı savunmayı iyileştirmek, sağlık için yararlı etkileri olan bileşenlerin içeriğini korumak ve arttırmak, raf ömrünü uzatmak, duyuşal özellikleri korumak ve hatta iyileştirmek gibi bazı yararlı sonuçları ortaya çıkardığı görülmüştür (Koutchma, 2019: 343). UV ışık uygulamalarının olumlu etkisi ise fenolikler, flavonoidler, antosiyaninler gibi yararlı sağlık fitokimyasallarının üretimi de dahil olmak üzere ikincil metabolizmanın uyarılmasıdır. Hasat öncesi ve sonrasında bitki metabolizması uyarıldığında bitki strese girerek bu tarz yararlı fitokimyasalların üretimini hızlandırır. Ultraviyole ışınlamanın hasat sonrası meyve ve sebze kalitesinde olası etkileri Şekil 2.3’de yer almaktadır. Ancak bu noktada gıdaya uygulanan UV işlem koşulları önem arz etmekte olup, UV uygulamalarının gıdalardaki olası etkileri; ışık türü, doz, maruz kalma süresi veya depolama sıcaklığı gibi çeşitli çevresel faktörler ile ürün türü, üretim tipi, mikrobiyal yükü vb. diğer hususlar arasındaki etkileşimlerle ilgilidir (Koutchma, 2019: 343). Sebze ve meyvelerde UV-A ve UV-B ışık uygulamalarının hasat sonrası veya depolama sırasında kullanıldığında etkili olması, yapacak olduğumuz çalışmada nasıl bir yol izleyebileceğimizi göstermiştir.



**Şekil 2.3.** UV Işık Uygulamalarının Meyve ve Sebzelere Etkisi

Fenolik asitler, flavonoidler, antosiyaninler, glukozinolatlar, tokoferoller, askorbat, karotenoidler ve diğerleri gibi sağlığa yararlı biyoaktif bileşikler içeren meyve ve sebzeler insan beslenmesinin gerekli bir parçasıdır. Taze meyve ve sebze ürünlerinin besin değerleri

fitokimyasal içeriğini geliştirmek ve kompozisyonlarını iyileştirmek amacıyla yetiştirme sırasında gerekli olan çeşitli çevresel ve agronomik faktörlerle hasatta belirlenir (Hewet, 2007: 110). Meyve ve sebzeler çok çabuk bozulur ve raf ömürleri kısadır. Hastalıklara karşı dirençleri az ve faydalı fitokimyasalların korunması hasat sonrası aşamada önemli bir endişe kaynağıdır. Sebze ve meyve üretiminin bakımı için fiziksel, kimyasal ve biyolojik koruma yöntemleri dahil olmak üzere çeşitli raf ömrü uzatma teknolojileri uygulanmaktadır. UV ışınlama, kimyasal yöntemlere göre en umut verici alternatiflerden biridir ve depolama sırasında çeşitli sebze ve meyvelerin raf ömrünü uzatmak ve kalitesini iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Düşük UV dozları (0.125-9 kJ/m<sup>2</sup>) ile meyve ve sebzelerde hastalık direnci, olgunlaşma ve yaşlanma gibi konularda faydalı olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde ürünlerde fitokimyasal içeriği iyileştirdiği ve hasat sonrası kayıpları azalttığı sonucu da elde edilmiştir (Ma vd., 2017: 72).

Meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolanmasında sıklıkla UV-B ve UV-C ışık etkileri üzerine çalışılmış olup, UV-A ışığın etkisine yönelik çalışmaların görece az olduğu tespit edilmiştir. UV-A doğada yaygın olarak bulunabildiği için başlangıçta bitkiler üzerindeki etkisinin çok önemli olmadığı düşünülmüştür; ancak UV-A fotosentez, bitkilerin biyokütlesi ve morfolojisi üzerinde uyarıcı etkilere sahiptir (Verdaguer vd., 2017: 81). Genellikle UV ışıkların etkilerini inceleyen yayınlarda UV-A, UV-B ve UV-C uygulamalarının birbirinden farkları saptanmaya çalışılırken, ışıklama dozunun etkisi de ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Depolama sırasında meyve ve sebze kalitesinde temel değişimlerden bazıları yaprak yaşlanması, meyve olgunlaşması ile klorofilin bozulmasıdır. Hasat öncesi ve sonrası UV uygulamalarının yeşil sebze ve meyvelerde klorofil miktarını etkilediği bazı çalışmalarda gözlenirken, bazı çalışmalarda değişimin olmadığı saptanmıştır. UV-B uygulanan Çin Lahanası'nda, klorofil kaybı ışınlanmamış bitkilere göre modifiye atmosfer paketlemeyle 2°C'de depolama sırasında aynı düşüş eğilimini göstermiş; soğuk depolama ile yavaşlatılan klorofil kaybı UV ışık teknolojisi ile de elde edilmiştir (Harbaum vd., 2010: 202). Kaewsuksaeng vd. (2010: 645) hasat aşamasında 8.8 kJ/m<sup>2</sup>'lik kısa süreli UV-B ışık uygulaması ile brokoli örneklerinde klorofil a ve b içeriğinin azalmasını etkili bir şekilde geciktirdiğini bildirmiştir. Topcu vd. (2015: 56)'nin yaptığı çalışmada ise brokolide fotosentezin gerçekleşmesi için gerekli olan klorofil içeriğinin 16.4 kJ/m<sup>2</sup> lik UV-B ışık uygulaması ile azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, çalışmada klorofil a (fotosentez için güneş ışığı yakalayan ve fotosentezde aktif rol oynayan pigment türü) ve karotenoid

içeriği 0 °C'de depolama sırasında daha da azalmış, ancak klorofil b (fotosentez için güneş ışığı toplayan ve fotosentezde klorofil a'ya bu ışığı transfer eden pigment türü) içeriği artmıştır.

Aiamla vd. (2009) brokolilerde hasat sonrası UV-A ve UV-B uygulamalarının klorofil miktarı ve rengine etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada UV-B uygulamasının brokolilerde ışık uygulanmayan kontrol örneklerine göre daha fazla klorofil miktarına ve renk canlılığına sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Ancak UV-A uygulamasının brokoli örneklerinde sararmayı yani klorofil kaybını önlemede önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Ailamla vd. (2014) benzer şekilde yaptıkları başka bir çalışmada da klorofil bozunmasında peroksidaz enzim aktivitesi üzerindeki etkisini belirlemek istemişlerdir. UV-B ışık uygulaması yapılmayan kontrol örneklerinde peroksidaz enzim aktivitesi sonucunda oluşan esmerleşmeler daha fazla görülürken, UV-B uygulanan brokolilerde peroksidazın izozimlerinden bir tanesinin baskılandığı ve klorofil bozunmasının sınırlandırıldığı tespit edilmiştir. UV-B (19 kJ/m<sup>2</sup>) uygulanan brokolilere 15°C'de hasat sonrası depolamanın 6. gününde renk bozulmalarının %50 daha az olduğu da bildirilmiştir (Aiamla vd., 2010: 645).

Kasım ve Kasım (2017) taze kesilmiş ıspanakta UV-A (12.96 kJ/m<sup>2</sup>), UV-B (3.65 kJ/m<sup>2</sup>) ve UV-C (2.83 kJ/m<sup>2</sup>) olmak üzere üç farklı ultraviyole ışık uygulamasının kalite üzerinde etkisini belirlemek istemişlerdir. Bu çalışmada UV-A uygulamasının ıspanak örneklerinde ağırlık kaybını azalttığı gözlemlenmiş ancak renk değerlerinde olumlu bir etkisi tespit edilmemiştir. UV-A uygulamasının mikroorganizmaların gelişiminde kontrol örneklerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülse de UV-C ve UV-B'den daha az etkili olduğu bildirilmiştir. UV-B ve UV-C uygulamaları ıspanak örneklerinde enfeksiyon oluşumun önemli ölçüde baskılamıştır, ancak UV-C uygulanan örneklerde klorofil kaybı ve sararma tespit edilmiştir. Dolayısıyla UV-B uygulaması enfeksiyonları baskılamada, sararmayı ve klorofil kaybını geciktirmede etkili olduğundan UV-B uygulamasının en iyi sonucu verdiği bildirilmiştir. Yeşil limonlara (*Citrus latifolia* Tan.) yönelik yapılan başka bir çalışmada hasat sonrası UV-B ışık uygulamasının 25 °C'de, depolama sırasında, limonlardaki klorofil bozunmalarının etkili bir şekilde bastırıldığı sonucuna varılmış ve yeşil limonlarda hasat ömrünü uzatmak için kullanılabilir bir yöntem olduğu öne sürülmüştür (SriLaong vd. 2011: 110).

Başka bir çalışmada Kaewsuksaeng vd. (2010) yeşil limonlara hasat sonrası depolama sırasında UV-B ışık uygulamasının yeşil limonlardaki kalite özelliklerine ve klorofil degregasyonuna etkisini incelemiştir. Yeşil limonların 25 °C'de 19 kJ/m<sup>2</sup> 20 dakika UV-B

uygulamasından; 30 gün depolama sırasında 5 gün aralıklarla sitrik asit, malik asit, askorbik asit, glukoz, fruktoz, sükröz, klorofil miktarı gibi parametrelerin analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sitrik, malik ve askorbik asit miktarının kontrol örneklerinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. UV-B uygulaması yapılmış örneklerde sitrik ve malik asit miktarı 20. günde, askorbik asit miktarı ise 10. günde kontrol örneklerine göre %50 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. UV-B ışık uygulaması yapılan örneklerin kontrol örneklerine göre daha canlı yeşil renklere sahip olduğu da gösterilmiştir. UV uygulanan limonlarda klorofil yıkımının klorofil parçalayıcı enzimlerin kontrolü yoluyla yapıldığı sonucu da ilgili çalışmada gösterilmiştir (Kaewsuksaeng vd., 2010: 645)

Bitkilerde polifenollerin koruyucu işlevlere sahip olduğu ve içeriklerinin UV ışık uygulamalarının stres faktörlerini artırması ile de yakından bir ilişkisi olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilirken, antioksidan kapasiteyi arttırmak için kullanılabileceği de gösterilmektedir (Assumpção vd., 2018: 37; Darré vd. 2017: 76; Formica-Oliveira vd., 2017: 77; Hagen vd., 2007: 7; Harbaum vd., 2010: 202; Liu vd., 2011: 232; Nguyen vd., 2014: 12144; Topcu vd., 2015: 56). Harbaum vd. (2010: 202) Çin lahanasında 0.36 W/m<sup>2</sup> ile 0.42 W/m<sup>2</sup>'lik UV-B ışık uygulamasının ardından 2°C'de 10 günlük depolama sonrasında insan sağlığı için yararlı olan polifenolik maddelerin ve flavonoidlerin artışını ve yeni oluşumunu saptamışlardır.

Elmalar üzerinde yapılan UV-B ışık uygulamalarında belirli bir süre boyunca flavonoidler ve fenolik bileşiklerde düşüş saptanmıştır. Ancak depolama süresi arttıkça ışık uygulaması yapılan örneklerde flavonoidler ve fenolik bileşiklerde artışlar analiz edilmiştir. Uygulama yapılmayan örneklere göre bu bileşiklerin oranının daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Assumpção vd. (2018: 37) yaptığı çalışmada elmaya UV-B uygulaması (219 kJ/m<sup>2</sup>) ve 20°C'de 21 günlük depolama sonucunda toplam fenolik birleşiklerin arttığını ve tüm numunelerde daha yüksek antioksidan aktivite elde edildiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Santin vd. (2018) tarafından 36 kJ/m<sup>2</sup> UV-B ışık uygulaması ve 36 saat inkübasyon sonrasındaki şeftalilerde de tespit edilmiş ve fenolik maddelerde artış saptanmıştır.

Olgun yeşil domateslere 20 ile 80 kJ/m<sup>2</sup> arasında UV-B ışık uygulaması yapılan çalışmada, orta dozların (20-40 kJ/m<sup>2</sup>) domateslerde sertlik korumada ve kırmızı renk dönüşümüne yönelik gelişiminde kontrol örneklere göre etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu doz aralığında toplam fenoliklerin ve flavonoidlerin birikmesini teşvik ettiği ve antioksidan kapasitesini arttırdığı tespit edilmiştir. 80 kJ/m<sup>2</sup> UV-B ışık uygulaması sonrasında ise domateste likopen miktarının arttığı, fakat yüksek dozda uygulamaların kontrol örneklerine

göre doku, renk ve tekstürde olumsuz sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür (Liu vd., 2011: 552).

Domateslere yönelik yapılan başka bir çalışmada hasat sonrası farklı dalga boylarında (353 nm, 365 nm, 400 nm) ve dozlarda (10 dakika 0.33 W/m<sup>2</sup>, 180 dakika 0.28 W/m<sup>2</sup>, 360 dakika 0.28 W/m<sup>2</sup>) UV-A uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucu değişimleri saptamak için toplam fenolik madde, toplam klorofil, toplam karotenoid, toplam flavonoid,  $\beta$ -karoten, likopen ve lutein miktarları ölçülmüştür. UV-A uygulaması yapıldıktan sonra tüm dalga boyu, miktar ve sürelerdeki değişimler sırasıyla analiz edilmiştir. Analizlerde en belirgin sonuç veren uygulama 365 nm dalga boyuna sahip UV-A ışık kaynağı ile 360 dakika 0.28 W/m<sup>2</sup> UV şiddeti uygulamasıdır. Bu denemedeki kontrol örneklerine göre; fenolik bileşiklerde % 42,9-55, klorofil miktarında % 13-17, karatoneidlerde % 24-56, flavonoidlerde % 28-33,  $\beta$ -karotende %70-71, likopende %62-69, luteinde ise %64-72 arasında artış saptanmıştır. Araştırmacılar çalışmasının sonunda bu uygulamaların potansiyelinin olduğunu fakat hasat sonrası meyve ve sebzelerde UV-A uygulamaları özelinde çok fazla çalışmanın olmamasından dolayı bu çalışmanın doğrulanması gerektiğini belirtmiştir (Dyshlyuk vd., 2020). Başka bir çalışmada ise %60 UV-B (280-320 nm, 290 nm), %30 UV-A (320-400 nm), %4 UV-C (200-280 nm) ve %6 görünür ışık (400-700 nm) içeriğe sahip bilgisayarla kontrol edilebilir bir ışık düzeneği hazırlanıp kullanılarak; yeşil domateslere UV uygulaması yapılmıştır. Ancak kombin UV uygulaması yapılan bu çalışmada domateslerde toplam çözünür madde miktarında ve karatoneid miktarında herhangi bir artış tespit edilememiştir (Cooperstone vd., 2017: 5106).

Eichholz vd. (2011: 60) yaptığı çalışmada yaban mersini meyvelerine düşük (0.27 kJ/m<sup>2</sup>) ve yüksek (0.54 kJ/m<sup>2</sup>) olmak üzere UV-B ışık uygulaması gerçekleştirmiş ve farklı adaptasyon sürelerinde (2 saat ve 24 saat) değerlendirmesini yapmışlardır. 0.54 kJ/m<sup>2</sup> dozunda 2 ve 24 saat UV-B uygulamasında fenolik maddelerde artış görülmüş ve bu artışta ışık uygulama sürelerinin farklılığından doğan bir değişim saptanamamıştır. 0.54 kJ/m<sup>2</sup> dozda 2 saat UV-B uygulamasında ise terpenler, ketonlar gibi uçucu bileşiklerin artışı analiz sonuçlarında görülmüştür. 24 saat 0.54 kJ/m<sup>2</sup> ve 0.27 kJ/m<sup>2</sup> uygulamalarında; diğer kombinasyonlardaki gibi artışlar saptanamamıştır. UV-A ve UV-B ışık uygulama aynı zamanda meyve ve sebzelerin duyuşal özelliklerinde değişimlere neden olabilmektedir. UV ışık uygulaması ile meyve ve sebzelerde renk, görünüm, sertlik, buruşma, soğuk zararlanması gibi yaşlanma belirtilerinin indeksi olan duyuşal kalite özelliklerinin korunabilmesi ihtimali yeni bir yaklaşım olarak UV teknolojisinin kullanılabileceğine işaret etmektedir. Örneğin

Kasım ve Kasım (2008) salatalara yönelik yaptığı bir çalışmada UV-A ışık uygulanan salatalıkların UV uygulaması yapılmayan salatalıklara göre daha sert bir yapıda olduğunu saptamıştır. Yine aynı çalışmada salatalıklara UV uygulaması yapıldığında toplam çözünür madde miktarında bir artış görülmüştür. UV-B ışık uygulanan çileklere yönelik yapılan çalışmada da şeker miktarının yani briks oranının arttığı saptanmıştır (Du vd., 2014: 76)

Farklı doz (0.3, 0.4 ve 0.9 kJ/m<sup>2</sup>) ve sürelerde (2, 4, 6 dak.) ıspanaklar üzerinde UV-B ışık uygulamalarının renk ve toplam çözünür madde etkilerini inceleyen Kasım ve Kasım'ın (2017) çalışmasında 5 C°'de 12 gün depolandıktan sonra UV-B uygulanan örneklerinde çözünür madde artışının kontrol örneklerine göre %2 daha az olduğu tespit edilmiştir. Görsel kalite ve renk açısından da 0.9 kJ/m<sup>2</sup> dozda UV-B uygulaması yapılmış olan ıspanak örneklerinde depolama sırasındaki sararmaların geciktiğini ve kontrol örneklerine göre daha parlak yeşil renklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Aiamla vd. (2009) brokolilerde (*Brassica oleracea* l. italica group) UV-A ve UV-B uygulamaları sonucunda brokoli çiçeklerinin hasat sonrası sararmalarına etkisini incelemiştir. 4.5 kJ/m<sup>2</sup> ve 9 kJ/m<sup>2</sup> UV-A ile 4.4 kJ/m<sup>2</sup>, 8.8 kJ/m<sup>2</sup>, 13.1 kJ/m<sup>2</sup>, 17.5 kJ/m<sup>2</sup>, 26.3 kJ/m<sup>2</sup> UV-B uygulaması sonrasında 15 C°'de depolanan ve 6 gün boyunca değişiklikleri izledikleri çalışmada UV-A ışık uygulamasının tüm dozları ile 4.4 kJ/m<sup>2</sup> ve 8,8 kJ/m<sup>2</sup> dozlarında UV-B ışık uygulamalarının sararmayı geciktirme durumuna herhangi bir etkisi saptanmamıştır. UV-B ışık uygulamalarının yüksek dozlarında (13.1 kJ/m<sup>2</sup>, 17.5 kJ/m<sup>2</sup>, 26.3 kJ/m<sup>2</sup>) klorofil miktarı %10-15 oranında göstermiştir ve bu dozlarda UV-B ışık uygulamalarının brokoli çiçeklerinde sararmayı geciktirdiği bildirilmiştir.

Gelişen UV teknolojisi, sebze ve meyvelerde hasat sonrası kalitesini artırmak ve uzatmak amacıyla belirli dalga boyları ve bunların kombinasyonunu seçme fırsatı yaratırken; uygulama dozunu belirleyerek etki mekanizmasının hangi dalga boyunda daha etkili olduğunu göstermiştir. Diğer yandan UV uygulamaları depolama teknolojileri ile birleştirilerek yenilikçi depolama alanları tasarlayıp kaliteli ve güvenli gıdalara ulaşmamızı kolaylaştırabilir. Oldukça kısa raf ömrü ve dayanaksız yapılara sahip olan sebze ve meyvelerde UV uygulamaları gıda teknolojisi açısından uygulanabilir, pratik ve ucuz yöntemlerin kazanımını sağlayacaktır.

#### **2.4. UV Işık Uygulama Teknolojisinin Marula Uygulanması**

Günümüzde UV ışık, sebze ve meyvelerde yaygın olarak kullanılmakta olup, marulda da kullanımına dair çalışmalar literatürde yer almaktadır. Literatürdeki çalışmalar içerisinde

UV-C ışık uygulamasının marul türlerinde mikrobiyal yükü azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için hasat sonrası ve/veya depolamada koruyucu bir işlem olarak kullanılması daha yaygın olarak çalışılmıştır (Allende vd., 2002; Allende vd., 2006; Allende ve Artés, 2003a; Allende ve Artés, 2003b; Lacasse ve Holcroft, 2018: 4). Bu konuda marul özelinde yapılan ilk çalışmalar 1997 yılında Hagenmaier ve Robert tarafından yapılmıştır. Marula yapılan 0,19 kGy UV ışık uygulaması sonucu; UV uygulanan marul örneklerinin duyusal testlerinde renk değişimi, kötü tat ve görüntü saptanmamıştır (Hagenmaier ve Robert, 1997: 2864).

Allende ve Artés (2003b) UV-C uygulanan taze işlenmiş Lollo Rosso marulun mikrobiyal büyümeyi kontrol altında tutmak ve UV-C ışıklamanın fizyolojik aktivite ve duyusal kalite üzerindeki etkileri değerlendirmek istemişlerdir. Bu amaç için örnek marullara farklı dozlarda UV-C radyasyonu (0.4, 0.81, 2.44, 4.07 ve 8.14 kJ/m<sup>2</sup>) uygulanmış ve 5°C'de 9-10 güne kadar depolayarak değerlendirme yapılmıştır. 7 günlük depolamadan sonra en yüksek doz uygulanan marul örneklerinde doku parlaklığında artış tespit edilirken; 2.44, 4.07 ve 8.14 kJ/m<sup>2</sup> dozlarının uygulandığında kahverengileşmenin azaldığı bildirilmiştir. Tüm UV-C radyasyon dozları psikrotrofik bakteri, koliform ve maya gelişimini azaltırken, sadece yüksek UV-C yoğunluğunda mikrobiyal yüklerin azalmasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada benzer şekilde Lollo Rosso marulunda UV-C işlemiyle birlikte mikrobiyal büyüme ve duyusal kalite değerlendirilmiştir. Marullarda mikrobiyal büyüme, laktik asit bakterileri dışında depolamanın en az 6. gününe kadar UV-C radyasyonu tarafından engellendiği gösterilmiştir. Ayrıca 7 günlük depolamadan sonra en yüksek dozu uygulanan marullarda doku parlaklığında artış meydana geldiği bildirilmiştir (Allende vd., 2003b). Allende vd. tarafından yapılan her iki yayında da UV-C'nin daha parlak bir renge sebep olması UV-C'nin lignifiye edici enzimlerin aktivitesini uyarması ile ilişkilendirilmiş ve marul dokusu tarafından başlatılan lignifikasyon benzeri süreçlerin olası bir indüksiyonu ile açıklanmıştır (Allende ve Artés, 2003a: 779; Allende vd., 2003b: 739).

Bir başka tür olan Red Oak Leaf marullarında yerleşik mikrofloranın azalmasını sağlamak için UV-C ve modifiye atmosfer paketleme kombinasyonlarından oluşan muhafaza yöntemleri değerlendirilmiş ve UV-C'nin etkinliği ortaya koyulmuştur (Allende vd., 2006: 241). Yüksek doz (7.11 kJ/m<sup>2</sup>) uygulaması yapılan örneklerde 7 günlük depolamadan (5°C) sonra doku yumuşaması ve kahverengileşme ortaya çıkmış olup; uygun dozların kullanılmasının doğal mikrofloranın azaltılmasında ve minimal olarak işlenmiş marulunun raf ömrünün uzatılmasında etkili olacağı vurgulanmıştır (Allende vd., 2006: 241).

Tomás-Callejas vd. (2012) tarafından orta dereceli UV-C ön işleminin, süper atmosferik O<sub>2</sub> ile zenginleştirilmiş modifiye atmosfer paketlenmeyle kombinasyonunun taze kesilmiş Tatsoi marullarında mikrobiyal, duyuşal değişiklikler ve biyoaktif profil (klorofil, toplam fenolik madde, antioksidan aktivitesi) üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Marulla ve UV-C ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda olduğu gibi mikrobiyal gelişim kontrol altına alınırken, biyoaktif profil saklama süresince etkilenmemiştir. Tat, koku, renk ve dehidrasyon açısından genel duyuşal kaliteye göre marullar değerlendirilmiş ve uygulanan UV-C ışık işlemlerle beraber 5°C'de 9 ila 10 günlük maksimum raf ömrü olduğu bildirilmiştir.

UV-C ışık içeren yenilikçi kombine işlemler, su tüketimini en aza indirirken sebzelerin genel kalitesini korumaya yönelik endüstri için yararlı olabileceği düşünölmüştür. Bu amaçla taze ve taze kesilmiş ürün endüstrisinde sanitasyon için UV kullanımının pratik yolunu sağlamaya yönelik olarak UV turbulator (UV-C ışık çemberinden geçen bir su kolonu) ile diğer meyve ve sebzelerle birlikte Romaine marulundaki mikrobiyal yükün UV-C ile azaltıldığı gösterilmiştir (Lacasse ve Holcroft, 2017: 4). Bu gibi araştırmalar ve uygulama örnekleriyle UV-C ışığının kullanılması, marul yüzeilerindeki mikroorganizma yüklerinin azaltılması için iyonlaştırıcı olmayan bir hasat sonrası uygulama olarak umut vaad etmektedir.

UV ışık uygulamalarının germisidal etkilerinin dışında, marulun yetiştirme ve hasat sonrası dönemlerinde duyuşal ve besinsel kalite kriterlerini korumaya ya da iyileştirmeye yönelik ve özellikle UV-A ve UV-B ışık türlerinin uygulandığı çalışmalar yapılmamıştır. Du vd. (2014: 72) tarafından Iceberg marulunun dahil olduğu meyve, sebze ve kök mahsullerine yönelik paketlenme hatlarında UV-B ışık uygulamasının değerlendirildiği bir çalışma yapılmıştır. Taze, kesilmemiş bütün marul yaprakları ile kesilmiş marul yapraklarına 1.3, 3.1, 5.9 ve 12 kJ/m<sup>2</sup>'de UV-B işlemleri uygulanmış ve ardından 5 °C'de 0, 3, 6 ve 10 gün saklanmıştır. İlgili çalışmada uygulanan işlemlerin marul örneklerindeki toplam çözünür fenolik içerikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Marul yapraklarına 1.3 kJ/m<sup>2</sup> dozda UV-B uygulaması depolamanın 3. günden itibaren fenolik içeriği etkilemeye başlamış ve fenolik miktar 3. günde 0.5 kat, 6. günde 0.7 kat, 10. günde ise 3 kat artış göstermiştir. Bütün olan marul yapraklarına 3.1 kJ/m<sup>2</sup>'lik dozda uygulanan UV-B işleminde ise 3. günde fenolik içerikte bir değişme gözlenmemiş olup, 6. günde fenolik içerik 2 kat artmış ve 10. günde ise fenolik içerik 6. güne göre 0.1 kat azalış göstermiştir. Marul yapraklarına 5.9 kJ/m<sup>2</sup> dozda UV-B uygulamasıyla fenolik içerikte 3. günde bir değişme olmadığı, 6. günde 2 kat artış olduğu ve 10. günde ise azalma olarak kontrol örneği seviyesine indiği tespit edilmiştir. Taze kesilmiş marullarda yani UV işlemleriyle beraber yaralama da yapılan marul örneklerinde 1.3

$\text{kJ/m}^2$  dozda UV-B ışık uygulaması sonucu tüm günlerde fenolik içerikte değişimin çok az olduğu analiz edilmiştir. Taze kesilmiş marullarda  $5.9 \text{ kJ/m}^2$  UV-B ışık uygulamasında 10. günde fenolik içerikte 2 kat artış bildirilirken,  $3.1 \text{ kJ/m}^2$  dozda UV-B uygulamasında 10. günde 2.5 kat kadar önemli düzeyde artış bildirilmiştir. Genel olarak taze kesilmiş ve UV uygulaması yapılmış örneklerde hızlı doku kararmaları olduğu bildirilmiş ve buna bağlı olarak raf ömrü ve duyu kalitede azalma olduğu ifade edilmiştir.

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan kıvırcık marul (*Lactuca sativa* var. *Crista*) Bursa İnegöl'de ticari olarak marul yetiştiren yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Kıvırcık marullar uygulama yapılacak olan gün sabah erken saatte Bursa İnegöl'deki tarladan hasat edilmiş ve hasattan hemen sonra 2 saat içerisinde plastik kasalarla (Şekil 3.1) laboratuvara getirilmiştir. UV işlemine kadar laboratuvar koşullarında  $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır.



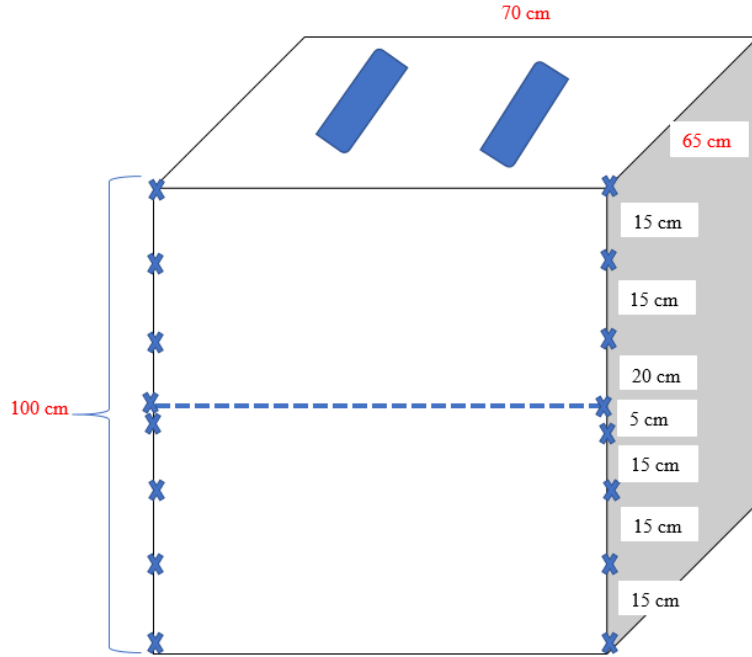
Şekil 3.1. Laboratuvara Ulaşan Marul Örnekleri

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Kabinin Oluşturulması

Marula UV ışınlarının uygulanması için UV parametrelerini sağlayacak kabin yapımı tez kapsamında gerçekleştirilmiştir. Kabinin dış iskeleti odun talaşının birtakım kimyasallarla karıştırılarak preslenmesinden elde edilen orta yoğunlukta lif levhalardan oluşmaktadır. Kabinin yüksekliği 100 cm, genişliği 70 cm, derinliği ise 65 cm'dir (Şekil 3.2). Ön ve arka panel açık olan kabinin iç kısmında 15 cm aralıklarla stoperler vardır ve böylece UV ışık uygulama yükseklik ayarı kolayca sağlanmaktadır. Kabinin iç kısmı, UV ışık ile temas eden yüzeylerde ışık Emilimi oluşturmaması amacıyla alüminyum folyo ile kaplıdır. Alt ve üst taban ile raflar yüksek ışık yansıtıcı özelliği olan metal levhalar ile kaplıdır. Üst tablada ortalama olacak şekilde iki adet balast mevcuttur. Kabinde kullanılan UV-A lambaları (PL-L 36W/10/4P, Philips, Polonya) 365 nm'de pik yapan 350-400 nm aralığında dalga bantlarına

ve 36 W ampül gücüne sahiptir. UV-B lambaları (PL-L 36W/01/4P, Philips, Polonya) ise 36 W ampül gücünde ve 311-312 nm’de pik yapan dar dalga bantlarına sahiptir.



Şekil 3.2. Kabin Ölçüleri

### 3.2.2. Kabinde UV Dozlarının Ölçümü

İki adet UV-A veya UV-B lambası kullanılarak uygulama yapılacak UV kabininde şiddet ölçümleri yapılmadan önce, lambaların ışık etkinliğinin stabil hale getirilmesi için en az 15 dakika süreyle lambalar çalıştırılmıştır. UV-A ve UV-B lambaların performanslarının değerlendirilip şiddet miktarının saptanması için ürünün yerleştirileceği raf ışık kaynağına 30, 35, 50, 65, 80 ve 95 cm uzaklıklarda yerleştirilmiştir. UV-A ve UV-B lambaların ışık yoğunluğu 280-400 nm aralığında ölçüm yapabilen radyometre (Model PCEUV34, PCE Instruments UK Ltd., Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Şiddet ölçümleri yapılırken uygulama rafı içerisinde bir tarama alanı oluşturulmuş ve bu kapsamda uygulama rafı enine ve boyuna eşit miktarlarda 15 adet ölçüm alanına bölünmüştür. Oluşturulan 15 farklı yerde lambalardan gelen ışık engellenmeden radyometre ile şiddet ölçümleri yapılmış ve sonrasında ölçümlerin ortalaması alınmıştır (Şekil 3.3). Ayrıca UV uygulamaları sırasında kabinin sıcaklığı termometre ile takip edilmiştir.



**Şekil 3.3.** Kabinde Radyometre ile Doz Ölçümü

### **3.2.3. Marul Örneklerine Uygulanacak Dozun Belirlenmesi**

Marul örneklerine uygulanacak UV şiddet ve dozlarının belirlenmesi için ön deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Marullara UV uygulaması öncesi herhangi bir ön işlem uygulanmamış olup, sadece üst yaprakları ile hastalıklı yaprakları ayıklanmıştır. UV ışınlanması hasat gününde ve laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Marullar düzeneğe yerleştirilmeden önce, lambaların ışık etkinliğinin stabil hale getirilmesi için en az 15 dakika süreyle çalıştırılmış ve sonrasında UV uygulaması yapılmıştır. UV şiddet ve dozunun belirlenmesi 2 aşamada yapılmış olup, ilk aşamada UV-A ve UV-B şiddeti belirlenmiş ve sonrasında belirlenen UV-A ve UV-B şiddetlerine göre uygulanacak dozlar tespit edilmiştir.

UV şiddetinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada UV lambalarıyla uygulama rafı arasındaki mesafelerin (30, 50, 65 ve 95 cm) değişmesiyle beraber değişen şiddet miktarının farklı sürelerde ancak aynı dozlarda uygulanmasının marul üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda paralel olarak marullara farklı şiddetlerde UV-A ve UV-B ışıkları uygulanmış ve sonrasında marullar buzdolabında 4°C'de 7 gün depolandıktan sonra görsel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında marul örneklerinin buzdolabında saklanması sürecinde yüzey kapağında 5 adet delik açılmış 2 litre hacimli polietilen tereftalat kaplar (220 mm x 160 mm x 80 mm) (Şekil 3.4) kullanılmış olup, depolama boyunca bu kaplara yaklaşık 130-150 g olan marul yaprakları yerleştirilmiştir.

Ortalama UV şiddeti belirlendikten sonra marullara 6 farklı sürede (4, 8, 12, 16, 20, 24 dakika) ve dolayısıyla farklı dozlarda UV-A ve UV-B ışık paralel olarak uygulanmıştır.

Benzer şekilde teraftalat kaplarda buzdolabında 4°C’de saklanan marul örnekleri 7. günde görsel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.4. Marulların Yerleştirildiği Teraftalat Kaplar

#### 3.2.4. Marul Örneklerine UV-A ve UV-B Işık Uygulaması

Tez kapsamında marul örneklerine ön denemelerde belirlenen şiddet ve dozlarda UV-A ve UV-B ışıkları uygulanmıştır (Şekil 3.5). Ön denemeler neticesinde belirlenen şiddette marul örneklerine 0, 4, 8 ve 12 dakika UV-A veya UV-B ışık uygulanmış olup, UV uygulamalarına yönelik deney deseni aşağıda yer almaktadır:

- **Kontrol:** Marul örneklerine UV işlemi uygulanmamıştır.
- **UV-A 4 (Düşük doz UV-A):** 4 dakika (1.52 kJ/m<sup>2</sup>) UV-A ışık uygulaması
- **UV-A 8 (Orta doz UV-A):** 8 dakika (3.03 kJ/m<sup>2</sup>) UV-A ışık uygulaması
- **UV-A 12 (Yüksek doz UV-A):** 12 dakika (4.55 kJ/m<sup>2</sup>) UV-A ışık uygulaması
- **UV-B 4 (Düşük doz UV-B):** 4 dakika (1.52 kJ/m<sup>2</sup>) UV-B ışık uygulaması
- **UV-B 8 (Orta doz UV-B):** 8 dakika (3.04 kJ/m<sup>2</sup>) UV-B ışık uygulaması
- **UV-B 12 (Yüksek doz UV-B):** 12 dakika (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) UV-B ışık uygulaması



**Şekil 3.5.** Tez Kapsamında Oluşturulan Kabin ve Marul Örneklerine UV Uygulaması



**Şekil 3.6.** Buzdolabında Polietilen Teraftalat Kaplarda Saklanan Marul Örnekleri

UV işleminden sonra yaklaşık 130-150 g olan marul yaprakları, yüzey kapağı delikli polietilen tereftalat kaplara yerleştirilmiş ve buzdolabında  $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 1, 3 veya 7 gün olmak üzere depolanmıştır (Şekil 3.6). İşlem görmüş marul örnekleri ile kontrol örneklerinde askorbik asit tayini 1, 3 ve 7. günlerde direkt yapılmış, ancak diğer analizler için marul yaprakları dondurulmuş ve analizlere kadar  $-82^\circ\text{C}$ 'de saklanmıştır.

### 3.2.5. Ağırlık Kaybı

Araştırmada ağırlık kayıpları için her uygulamadaki pakette ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler deneme başlangıcında ve buzdolabında saklamanın 1, 3 ve 7. günlerde yapılmış ve ağırlık kayıpları başlangıç değerine oranlanmak suretiyle aşağıdaki formüle göre (%) olarak hesaplanmıştır.

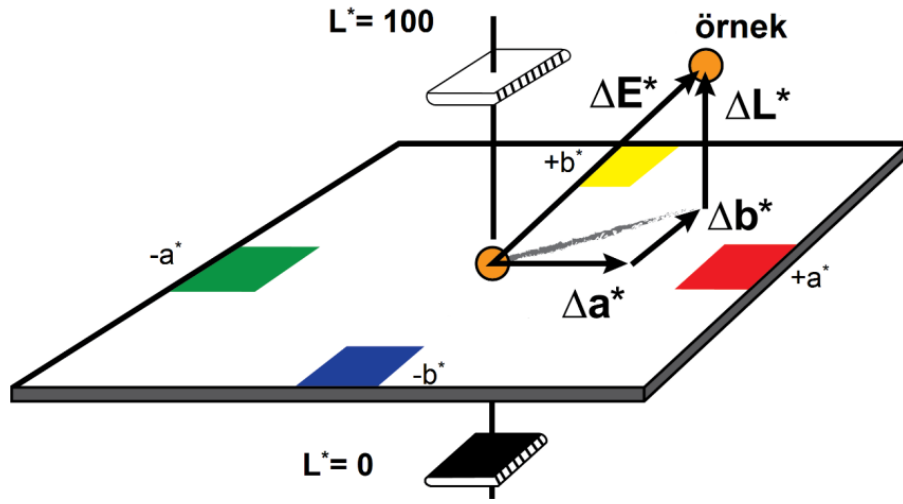
$$\text{Ağırlık Kaybı (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

$M_1$ : Marul örneklerinin başlangıç ağırlığı (g)

$M_2$ : Marul örneklerinin 1, 3 veya 7. gündeki ağırlığı (g)

### 3.2.6. Renk Tayini

UV ışık uygulaması öncesi ve sonrası renk değişimlerini belirlemek amacıyla yaprak renginde meydana gelen değişimlerin saptanması için yapılan bu analiz Hunter Renk Sistemi ile ifade edilmiştir. Hunter Lab renk sistemi 1966 yılında Hunter Associates Lab. Inc. isimli firma tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde renk L, a, b değerleri ile ifade edilir. L değeri parlaklığı, a değeri kırmızılık ve yeşilliği, b değeri ise sarılık ve maviliği belirtmektedir (Keskin vd., 2017). Yaprak renginde meydana gelen değişimler sonucu L, a, b cinsinden elde edilen veriler yorumlanırken; L değeri parlaklığı ifade eder ve bu değer 0-100 arasında değişebilir. L değerinde 0 değeri siyah rengi temsil ederken 100 değeri ise tam yansımanın olduğu beyaz renk olarak yorumlanır. Pozitif a değerleri kırmızılığı simgelerken, negatif a değerleri ise yeşilliği simgeler. Pozitif b rengi sarılığı simgelerken, negatif b rengi ise maviliği temsil eder (Şekil 3.7). Bu iki kromatik bileşen değerleri -120 ile 120 arasında değişebilmektedir (Hunterlab, 2008). Ölçümlerde pozitiflik sayısal olarak arttıkça kırmızılık ya da mavilik netleşirken; negatiflik azaldıkça yeşilliğin ve maviliğin netleştiği şeklinde yorumlanmalıdır (McGuire, 1992).



Şekil 3.7. Hunterlab Renk Kordinatları

Analiz sırasında renk ölçüm cihazı olarak Chroma Meter NR-200 (Shenzhen 3NH Technology Co., Ltd. Shenzhen, Çin) kullanılmıştır. Marul yaprakları Şekil 3.8’de olduğu gibi uçlara doğru 3 noktadan ölçümü tüm yapraklarda gerçekleştirilmiştir ve ortalamaları alınmıştır. Farklı dozlarda UV ışığına maruz bırakılan marul numunelerinde ve saklama süresinde kontrole göre farklılıklar L, a ve b olarak hesaplanmıştır.

Farklı dozlarda UV ışığına maruz bırakılan marul numunelerinde ve saklama süresinde kontrole göre farklılıklar  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  olarak hesaplanmıştır. Her numune için toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$



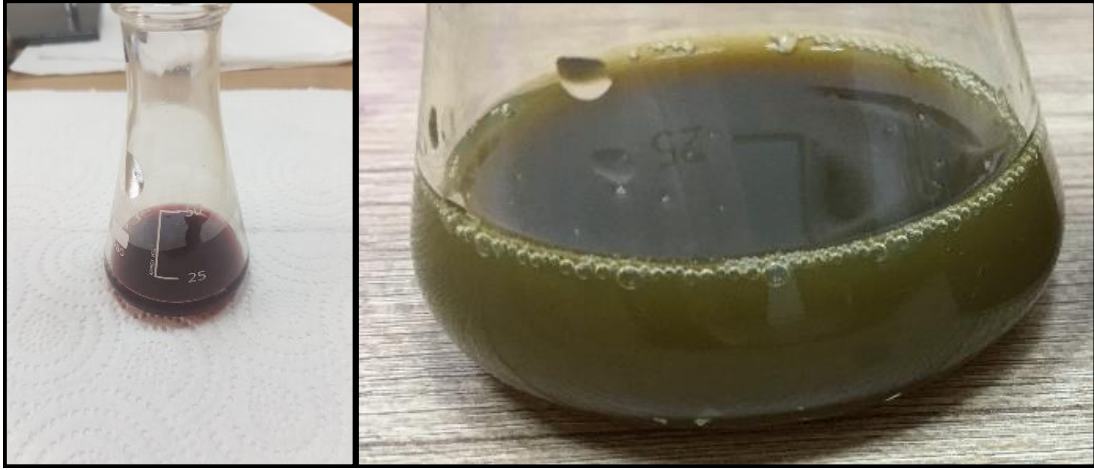
Şekil 3.8. Üç Noktadan Ölçüm Yapılan Tüm Yaprak ve Renk Ölçümü

### 3.2.7. Askorbik Asit Tayini

Maruldaki askorbik asit miktarı, Nadkarni (1965)'nin metodu modifiye edilerek 2,6-diklorofenolindofenol (Tillman) çözeltisi ile titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Distile su ile %0.025 Tillman çözeltisi hazırlanmış ve benzer şekilde 10 mg L-askorbik asit 50 ml %1'lik okzalik asit içinde çözülerek %0.02'lik askorbik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Tillman çözeltisi, bilinen bir askorbik asit konsantrasyonu ile standardize edilmiştir (Şekil 3.9). Mutfak tipi mikserde 50-60 g taze marul ve %2'lik okzalik asit çözeltisi 30 saniyede homojenize edilmiştir. Homojenize karışımdan alınan 50-60 g'lık karışım %1'lik okzalik asit çözeltisi ile 100 mL'e tamamlanmış ve kaba filtre kâğıdından (Whatman No:1) süzümüştür. Marul diğer meyve ve sebzelere göre çok daha düşük oranda askorbik asit içerdiği ve çok fazla seyreltilerek kullanılmadığı için elde edilen marul okzalik asit karışımı koyu yeşil renkli ve bulanık olması sebebiyle titrasyonda son noktadaki pembe renk değişimini maskelenmiştir. Dolayısıyla 1 mg askorbik asite karşılık gelen 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi erlene koyularak marul ekstraktıyla titre edilmiştir. Aynı şekilde askorbik asidin indirgeme özelliğinden yararlanılarak hacimsel analiz yapılmıştır. Dönüm noktasında 2,6-dikloroindofenol varlığında askorbik asit oksitlenmekte ve renksiz bir bileşiğe indirgenmektedir (Şekil 3.10). Marul örneklerin askorbik asit içerikleri mg askorbik asit/100 g yaş marul şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Askorbik Asit Standardizasyonunda Oluşan Pembe Renk



**Şekil 3.10.** Askorbik Asit Tayininde Titrasyon İşleminin Başlangıcında Oluşan Bordo Çözelti (Solda) ve Titrasyon Bitiş Noktasındaki Nötrlenen Marul Çözeltisi Rengi (Sağda)

### 3.2.8. Ekstraksiyon Yöntemi

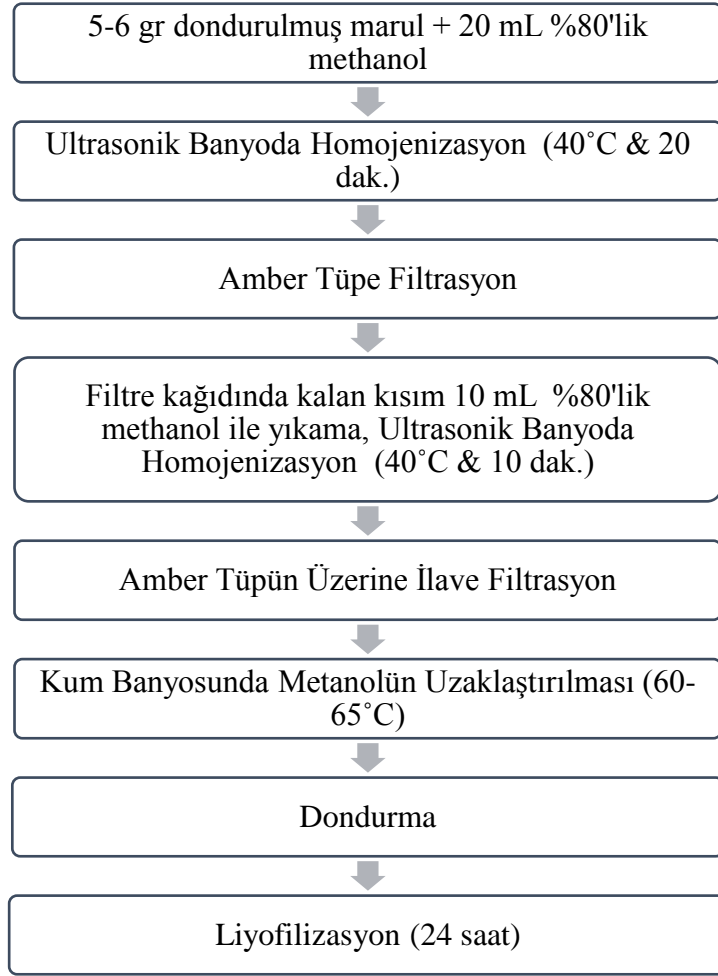
Marul örneklerinin ekstraksiyon işlemine ait iş akış şeması Şekil 3.11’de yer almaktadır. Antioksidan aktivitenin ve toplam fenolik içeriğin belirlenmesi için 5-6 g’lık her donmuş marul örneği 20 mL %80 sulu metanol ile toplam 30 dakika 40°C’de ultrasonik banyoda ekstrakte edildi ve Whatman No. 1 filtre kağıdı kullanılarak süzüldü. Bu işlem iki aşamada gerçekleştirildi ve süzüntüler amber tüp içinde birleştirildi. Karışımın metanol fraksiyonu kum banyosunda (60-65°C) yaklaşık 24 saatte buharlaştırıldı (Şekil 3.12). Daha sonra amber şişelerde kalan sulu ekstraktlar -56 °C’de vakum basınç altında 24 saat süreyle dondurarak kurutulmuştur (Şekil 3.13). Marul örneklerinin ekstraksiyon sonrası kalan katı numunelerin tartımları alınmıştır. Tartımlar sonucunda verim hesaplaması yapılmıştır.

$$\% \text{ Verim} = \frac{(W_1 \times 100)}{W_2}$$

$W_1$ : Çözücü uzaklaştırılarak kurutulmuş ekstratın ağırlığı (mg)

$W_2$ : Marul örneklerinin kuru ağırlığı (mg)

Kehribar şişelerde marul ekstraktları analize kadar 4°C’de muhafaza edilmiş ve bu ekstraktlar toplam fenolik madde ile toplam antioksidan kapasite tayininde kullanılmıştır.



**Şekil 3.11.** Ekstraksiyon Akış Şeması



**Şekil 3.12.** Kum Banyosunda Metanolün Uzaklaştırılması



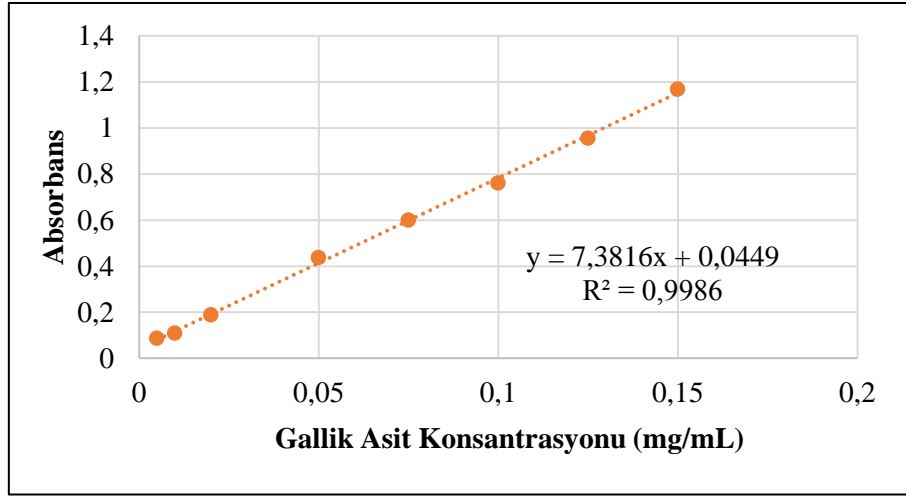
**Şekil 3.13.** Liyofilizasyon İşlemi

### **3.2.9. Toplam Fenolik Madde Tayini**

Toplam fenolik içerik miktarı, Folin-Ciocalteu yöntemiyle spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Tomás-Callejas vd., 2012). 30-35 mg dondurularak kurutulmuş numuneler ultrasonik banyoda 5 mL %80 metanol ile homojenize edilmiştir. Marul özleri (200 µl), 1.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (önceden damıtılmış su ile 10 kat seyreltilmiş) ile karıştırılmıştır. Vorteksten sonra 1.2 ml %7.5 (w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solüsyonu eklenmiş ve tüpler oda sıcaklığında ve karanlıkta 90 dakika inkübe edilmiş (Şekil 3.14) ve absorbans UV/VIS spektrofotometresi (AgileSpec) ile 765 nm'de ölçülmüştür. Benzer prosedür kullanılarak standart bir gallik asit solüsyonu eğrisi (0.005-0.15 mg/mL) hazırlanmış (Grafik 3.1) ve standart gallik asit eğrisine göre miktar tayini yapılmıştır ( $r^2 = 0.9986$ ). Nihai nicel sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri GAE/g taze marul olarak verilmiştir.



**Şekil 3.14.** Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Hazırlanan Ekstraktlar



**Grafik 3.1.** Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Oluşturulan Kalibrasyon Eğrisi

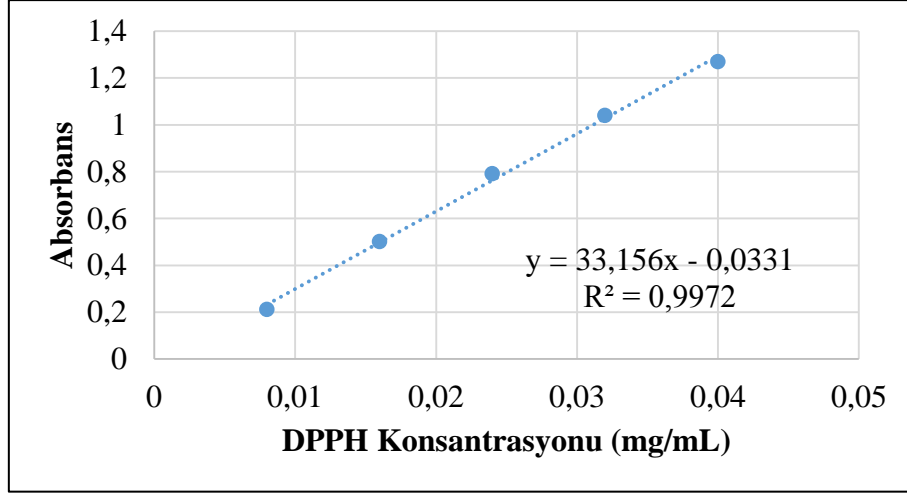
### 3.2.10. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini

Antioksidan aktivite deneyi, serbest bir radikal olan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali ile Kang ve Saltveit (2002)'in metodu modifiye edilerek gerçekleştirilmiş ve ekstraktların antioksidan aktiviteleri DPPH radikalini temizleme yeteneklerine göre ölçülmüştür. %80 sulu meOH içinde hazırlanan marul solüsyonundan (0,07 mg/mL) 1 ml numune alınmış ve 2 ml DPPH solüsyonu eklenerek vorteks ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında karanlıkta 30 dakika bekletilen solüsyonlarda reaksiyon sonucu oluşan renklerin absorbansları UV/VIS spektrofotometrede (AgileSpec) 517 nm'de okunmuştur. Cihazın sıfırlanması metanol ile yapılmıştır. Reaksiyon ortamındaki DPPH konsantrasyonu 0,008 ve 0,04 mg/mL konsantrasyon aralıklarında DPPH standardıyla hazırlanan kalibrasyon eğrisi

( $r^2 = 0,9972$ ) kullanılarak hesaplanmıştır (Grafik 3.2). 30 dakika sonucunda reaksiyon ortamında kalan DPPH miktarı ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%DPPH_{Kalan} = \frac{DPPH_{t=30}}{DPPH_{t=0}} * 100$$

Sonrasında sonuçlar DPPH'nin %50'sinin süpürüldüğü yani inhibe edildiği konsantrasyon olan EC50 (mg/mL) cinsinden hesaplanmıştır.



**Grafik 3.2.** DPPH Yöntemi ile Toplam Antioksidan Aktivitesi Tayininde Kullanılan Kalibrasyon Eğrisi

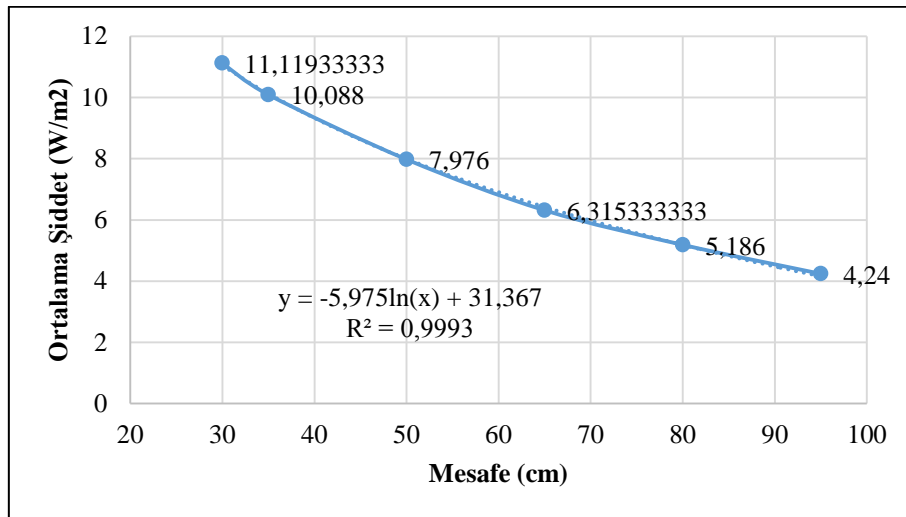
### 3.2.11. İstatiksel Değerlendirme

Analiz sonuçları ortalama değer olarak verilmiştir. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 22.0 (SPSS Inc., ABD) programı kullanılmıştır. UV işlem grupları veya depolama sürelerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Tukey HSD testi ile örnek grupları arasındaki farklar  $p < 0,05$  önem aralığında değerlendirilmiştir.

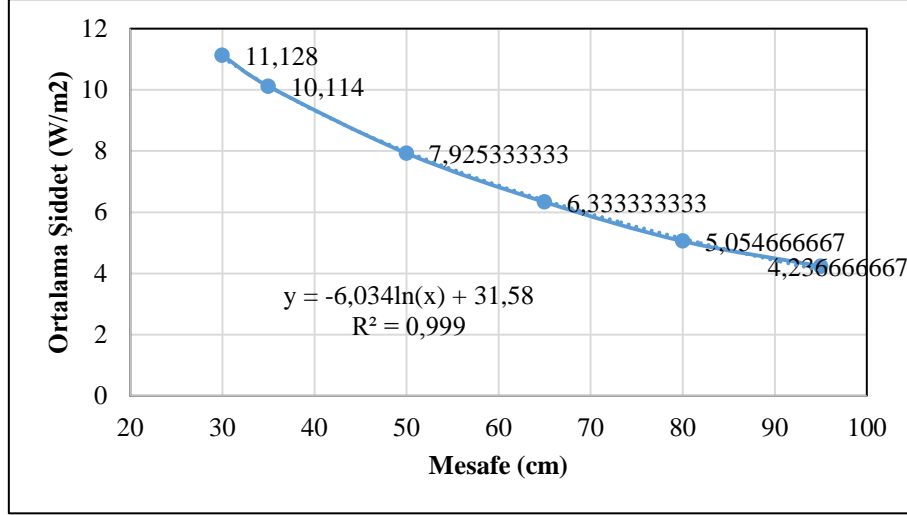
## 4.BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. UV Kabinin Oluşturulması ve Dozlarının Ölçülmesi

Bu araştırmada ilk aşamada UV işlemlerinin uygulanması için kabinde UV dozlarının ölçümleri belirlenmiştir. Doz belirlenirken kabinde 15 farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Bu noktalardan alınan ölçümler ile ölçümlerin stabilitesi tespit edilip uygulama şiddetleri belirlenirken lambaların performansları saptanmıştır. UV-A ve UV-B lambalarının kabin içerisinde değişen mesafelerdeki şiddet grafikleri Grafik 4.1 ve Grafik 4.2’de yer almaktadır. UV lambaları ile uygulama rafı arasındaki mesafe arttıkça şiddetin azaldığı görülmektedir. Böylece ilgili ölçülerde hazırlanan ve 36 Watt ampül gücünde kullanılan UV lambalarıyla marula uygulanabilecek şiddette performans aralığı oluşturulmuştur. UV uygulama sırasında sıcaklığın oda sıcaklığının üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir.



**Grafik 4.1.** UV-A Lambalarının Şiddet Grafiği



**Grafik 4.2.** UV-B lambalarının şiddet grafiği

#### 4.2. UV Uygulama Dozlarının Belirlenmesi

UV lambalarıyla uygulama rafı arasındaki mesafelerin değişmesiyle beraber değişen şiddet miktarının farklı sürelerde ancak aynı dozlarda uygulanmasının marul üzerindeki etkilerine bakarak kabinde kullanılacak UV lamba ile uygulama rafı arasındaki mesafeye karar verilmiştir. Bu amaç için marulda Du vd. (2014) aysberg marul için kullandığı ve en iyi sonuçlar aldığı 3.1 kJ/m<sup>2</sup> dozu belirlenmiştir. Dolayısıyla doz miktarı ~3.1 kJ/m<sup>2</sup> olacak şekilde farklı mesafelerden farklı sürelerde UV uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda uygulanan UV-A ve UV-B şiddetleri ile uygulama mesafesi ve uygulama süresi Tablo 4.1’de yer almaktadır.

**Tablo 4.1.** Kabindeki UV Lambası ile Ürünün Yerleştirildiği Raf Mesafesi, UV Lambalarıyla Uygulanan Şiddet, Uygulama Süresi ve Uygulama Dozları

Mesafe	UV-B Şiddet (W/m <sup>2</sup> )	UV-A Şiddet (W/m <sup>2</sup> )	Süre (dak.)	UV Dozları (kJ/m <sup>2</sup> )
95 cm	4.24	4.24	12	3.05
65 cm	6.33	6.32	8	3.04
50 cm	7.93	7.98	6.5	3.09
30 cm	11.13	11.12	4.6	3.07

Du vd. (2014) yaptığı çalışmada marul örnekleri UV uygulamasından sonra 0, 3, 6 ve 10. günlerde değerlendirilmiş ve 10. günde marulların bozulduğu belirtilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkarak ve marulunda çabuk bozulan bir ürün olmasından dolayı marul örneklerinin UV uygulamasından sonra 4°C’de maksimum 7 gün saklanarak değerlendirilmesine karar

verilmiştir. Kıvrıkcık marullara 2 paralel olarak ilgili mesafelerde ve sürelerde UV-A ve UV-B uygulaması yapılmıştır ve devamında marulların buzdolabında 7 gün saklanması neticesinde elde edilen görsel değerlendirmeler Tablo 4.2’de yer almaktadır.

**Tablo 4.2.** Farklı Mesafelerde UV-A ve UV-B Uygulaması Yapılan Marul Örneklerinin Değerlendirme Tablosu

UV Türü	Şiddet (W/m <sup>2</sup> )	Uygulama Mesafesi ve Süre	Görsel Değerlendirme
		Kontrol Örnekleri	10 yaprağın 3 tanesi kötü durumda olup, bozulmalar vardır.
UV-A	4.24	95 cm -12 dak.	Tüm yapraklar sağlıklı görünüyor.
UV-A	6.32	65 cm -8 dak.	Tüm yapraklar sağlıklı görünüyor.
UV-A	7.98	50 cm- 6,5 dak.	Paralellerden 1 tanesinin kenarında kahverengi bozulma var.
UV-A	11.12	30 cm – 4,6 dak.	Tüm yapraklar sağlıklı görünüyor.
UV-B	4.24	95 cm -12 dak.	2 yaprakta enfeksiyon var. 1’i çok fazla bozulmuş. Kontrol örneklerinde daha iyiler ama UV-A numuneleri kadar canlı, parlak ve diri görünmüyorlar.
UV-B	6.33	65 cm -8 dak.	Kontrol örneklerinden daha iyiler. Ama UV-A numuneleri kadar canlı, parlak ve diri görünmüyorlar.
UV-B	7.93	50 cm- 6,5 dak.	Kontrol numuneleri gibi cansız görünüyorlar. 3 yaprak uçlardan kahverengi enfeksiyonludur.
UV-B	11.13	30 cm – 4,6 dak.	10 yaprağın 3 tanesinde kenarlardan kahverengi bozulmalar mevcut. Ancak kontrol örneklerine göre daha canlı görünüyor.

Genel olarak kontrol numuneleri tüm diğer numunelere göre çok daha cansız ve buruşmuş olarak görülmüştür. UV-A uygulaması yapılan marulların ise UV-B uygulaması yapılan marullara göre daha diri olduğu görülmüştür. 65 cm mesafeden ve 8 dakika UV-A uygulaması yapılan marul örnekleri Şekil 4.1’de yer almaktadır. Mesafe olarak hem UV-A hem de UV-B ışık uygulamasında 65 cm’den uygulanan marul örneklerinin daha iyi olması sebebiyle marul örneklerine 65 cm mesafeden UV-A (6.33 W/m<sup>2</sup>) ve UV-B (6.33 W/m<sup>2</sup>) ışık uygulanmasına karar verilmiştir.



**Şekil 4.1.** 65 cm Mesafeden ve 8 Dakika UV-A Uygulaması Yapılan Marul Örnekleri

Ortalama UV şiddeti belirlendikten sonra 65 cm mesafeden marullara 4, 8, 12, 16, 20 ve 24 dakika olmak üzere 6 farklı sürede ve dolayısıyla farklı dozlarda UV-A ve UV-B uygulaması gerçekleştirilmiştir. UV ışıklarının dozu aşağıda denklem kullanılarak hesaplanmış ve hesaplanan doz miktarları Tablo 4.2’de verilmiştir.

$$\text{UV doz} \left( \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right) = \text{UV Şiddeti} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right) \times \text{Etki Süresi (s)}$$

UV uygulaması sonrası marul örnekleri buzdolabı koşullarında 7 gün saklanarak sonrasında görsel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.3). Uygulanacak doz miktarı belirlenirken ayrıca literatüre de bakılmış ve marul için olabilecek uygun doz aralığı belirlenmeye çalışılmıştır. Marul özelinde değerlendirdiğimizde UV-A ve UV-B'nin hasat sonrasında marula etkilerine yönelik çok fazla çalışma yapılmamış olup, bu konuda bir tane çalışma vardır. Du vd. (2014) taze kesilmiş aysberg marulunun dahil olduğu meyve, sebze ve kök mahsullerine yönelik UV-B ışıklamanın uygulama olasılığının değerlendirildiği bir çalışma yapmıştır. Marullara 1.3, 3.1, 5.9 ve 12 kJ/m<sup>2</sup>'de UV-B ışık işlemi uygulamış ve ardından 5 °C'de 0, 3, 6 ve 10 gün saklamışlardır. Uygulanan işlemlerin mahsullerin toplam çözünür fenolik içerikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. 1.3 ve 3.1 kJ/m<sup>2</sup>'de 6 güne kadar fenolik içerikte olumlu sonuçlar alınmış, ancak 10. günde marulda bozulmalar olmuştur. Fiziksel bir yöntem olarak UV-A ve UV-B ışıklarının hasat sonrası brokoli, ıspanak, havuç ve biber gibi çeşitli sebzelerde kullanıldığı çalışmalarda doz ve etkisi değerlendirilmiştir ve çalışmalar Tablo 4.4’de özetlenmiştir.

**Tablo 4.3.** 65 cm Mesafeden Farklı Sürelerde Uygulanan UV-A ve UV-B Işıklarının Dozları ve Marul Örneklerine Etkisi

UV	Süre (dak.)	Doz (kJ/m <sup>2</sup> )	Görsel Değerlendirme
	Kontrol Örnekleri		Paralellerden birinin tüm yaprakları sağlıklı görünürken, diğer paralelde 7 yapraktan 2 yaprakta kısmen buruşma vardı.
UV-A	4	1.52	4 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'i epey, 1'i kısmen buruşma var.
UV-A	8	3.03	4 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'i epey, 1'i kısmen buruşma var.
UV-A	12	4.55	6 yaprak parlak ve sağlıklı görünüyor, 1 tanesinde buruşma var.
UV-A	16	6.06	4 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'i epey, 2 tanesinde kısmen buruşma var.
UV-A	20	7.58	6 yapraktan 1 tanesinde kısmen buruşma var.
UV-A	24	9.09	5 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'inde kısmen buruşma var.
UV-B	4	1.52	5 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'inde kısmen buruşma var.
UV-B	8	3.04	6 yapraktan hepsi sağlıklı ve parlak görünüyor.
UV-B	12	4.56	6 yapraktan hepsi sağlıklı ve parlak görünüyor.
UV-B	16	6.08	4 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 2'sinde kısmen buruşma var.
UV-B	20	7.60	4 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 1'nde tamamen, 1'inde kısmen buruşma var.
UV-B	24	9.12	3 yaprak parlak ve sağlıklı görünürken; yapraklardan 3 tanesinde kısmen buruşma var.

**Tablo 4.4.** Bazı Sebzelerde UV-A ve UV-B Uygulamasının Dozları ve Etkileri

Sebze Çeşidi	UV Işık Türü UV Dozu (kJ/m <sup>2</sup> )	Etki	Kaynakça
Brokoli	UV-B (2; 4; 8; 12)	Düşük UV-B ışınlama yoğunluğu (3.2 W/m <sup>2</sup> ) ve dozları (2 ve 4 kJ/m <sup>2</sup> ) brokoli kilo kaybını azaltmış, klorofil bozulmasını ve yaşlanmayı geciktirmiştir.	Darré vd., 2017
Brokoli	UV-A (4.5; 9) UV-B (4.4;8.8; 13.1; 17.5; 26.3)	Genel olarak UV-B, UV-A'dan daha iyi sonuç vermiştir. Ancak renk ve klorofil açısından değerlendirildiğinde en iyi sonuç 8.8 kJ/m <sup>2</sup> 'dedir.	Aimla-or vd., 2009
Brokoli	UV-B(4.4; 8.8; 13.1)	En az 8.8 kJ/m <sup>2</sup> 'lik bir UV-B dozunun, ton açısı değerinin ve klorofil a ve b içeriklerinin azalmasını etkili bir şekilde geciktirmiştir.	Aimla-or vd., 2010
Kapya Biber	UV-B (4.46; 8.93)	Kapya biberlerinin kırmızı rengi her iki doz ile de iyileşmiş, UV-B 4,46 kJ/m <sup>2</sup> işleminin soğutma sıcaklığında depolanan biberlerin çürüme oranını ve yoğunluğunu azaltmıştır.	Kasım ve Kasım, 2017a
Ispanak	UV-B (0.3; 0.6; 0.9)	Yüksek doz ışınlama (0.9 kJ/m <sup>2</sup> ) ile ıspanak yapraklarının sararması azalmış ve örneklerin görsel kalite puanları yükselmiştir. Kontrol örneklerinden daha iyi sonuç vermiştir.	Kasım ve Kasım, 2017b
Ispanak	UV-A (12.96) UV-B (3.65)	UV-A'nın 12.96 kJ/m <sup>2</sup> gibi yüksek bir dozda uygulanmasına rağmen gerek ağırlık kaybını azaltması, gerekse enfeksiyonların oluşumunda kontrole göre daha iyi sonuçlar verse de UV-B'den daha az etkili olmuş, renk üzerinde olumlu bir etkisi de tespit edilmemiştir. UV-B uygulaması enfeksiyonları baskılamada, sararmayı ve klorofil kaybını geciktirmede etkili olmuştur. Ancak UV-B sonuçları kontrol örneğinden daha iyi çıkmamıştır.	Kasım ve Kasım, 2016
Havuç	UV-B (1.575; 3.15; 6.30)	3.15 ve 6.30 kJ/m <sup>2</sup> dozunda UV-B radyasyonunun siyah havuçların antosiyanin içeriğini arttırdığını ancak 3.15 kJ/m <sup>2</sup> dozun daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.	Aztekin vd., 2020

Brokoli özelinde değerlendirildiğinde Aimla-or vd. (2009, 2010) ortalama 8.8 kJ/m<sup>2</sup> dozunda renk ve klorofil içeriği gibi kalite özellikleri açısından en iyi sonuçları aldığını ifade ederlerken; Darré vd. (2017) 2 ve 4 kJ/m<sup>2</sup> dozlarda brokolide klorofil bozulmasının ve yaşlanmanın geciktiğini tespit etmişlerdir. Marul ile kıyaslandığında brokolinin daha odunsu

bir sebze olması sebebiyle 8.8 kJ/m<sup>2</sup> gibi bir dozun marul için yüksek olacağı düşünülmüştür. Ispanak için uygulanan UV-B dozları ise oldukça düşük dozlar olup bu dozlar içerisinde en yüksek doz ışınlama sonucunda (0.9 kJ/m<sup>2</sup>) ıspanak yapraklarında sararmanın azaldığı tespit edilmiştir (Kasım ve Kasım, 2017b). Kasım ve Kasım (2016)'ın ıspanaklara UV-A ve UV-B ışıklarını uyguladığı başka bir çalışmada ise UV-A ışınlama için UV-B'den çok daha yüksek dozlarda uygulama yaptığı tespit edilmiştir. Meyve ve sebzelerin düşük dozlarda UV ışınlama ile abiyotik strese maruz kalması sağlığa yararlı fitokimyasalların sentezi ve birikmesini artırma, taze ürünlerin hasat sonrası kayıplarını azaltma, kalitesini koruma ve raf ömrünü uzatma gibi potansiyellerinin olduğu bilinmektedir (Cisneros-Zevallos, 2003: 1560).

Gerek yapılan ön denemeler ve gerekse literatür taraması neticesinde marullara uygulanacak UV-A ve UV-B işlemlerinde sırasıyla 6.32 ve 6.33 W/m<sup>2</sup> şiddetinde ve düşük dozlardaki parametrelerin uygulanmasına karar verilmiştir. Dolayısıyla marul örneklerine 0, 4, 8 ve 12 dakika UV-A veya UV-B ışık uygulanmasına karar verilmiş olup, bu uygulama sürelerinin doz karşılığı Tablo 4.5'de yer almaktadır.

**Tablo 4.5.** UV-A ve UV-B Uygulama Süreleri ile Şiddet ve Doz Miktarları

UV Türü	Süre (dak.)	UV Şiddet (W/m <sup>2</sup> )	Doz (kJ/m <sup>2</sup> )
UV Uygulanmayan Kontrol Örnekleri	0	-	-
UV-A	4	6.32	1.52
UV-A	8	6.32	3.03
UV-A	12	6.32	4.55
UV-B	4	6.33	1.52
UV-B	8	6.33	3.04
UV-B	12	6.33	4.56

### 4.3. Ağırlık Kaybı

Marul örneklerinde buzdolabında muhafaza edildiği süre zarfında belirlenen ağırlık kaybı yüzdelerine ait değerler Tablo 4.6'da verilmiştir. UV ışık uygulanmayan kontrol örneklerde depolamanın 1. gününde %0.4, 3. Gününde %0.9 kayıp oluşurken, 7 günlük depolamanın sonunda bu değer %1.8'e ulaşmıştır. Genel olarak ağırlık kaybı açısından tüm uygulamalarda 1. günden başlayarak ağırlık kaybının 7. Güne kadar arttığı tespit edilmiştir. 7 günlük depolama sonunda yapılan ölçümler sonucunda en düşük ağırlık kaybı %1.2 ile orta ve

yüksek doz UV-B uygulamalarında olduğu tespit edilirken, en fazla ağırlık kaybı %2.1 ile UV-A 8 yani orta doz UV-A uygulanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.6.** Marul Örneklerinde 1, 3, ve 7 Günlük Muhafaza Süresince Ağırlık Kayıpları

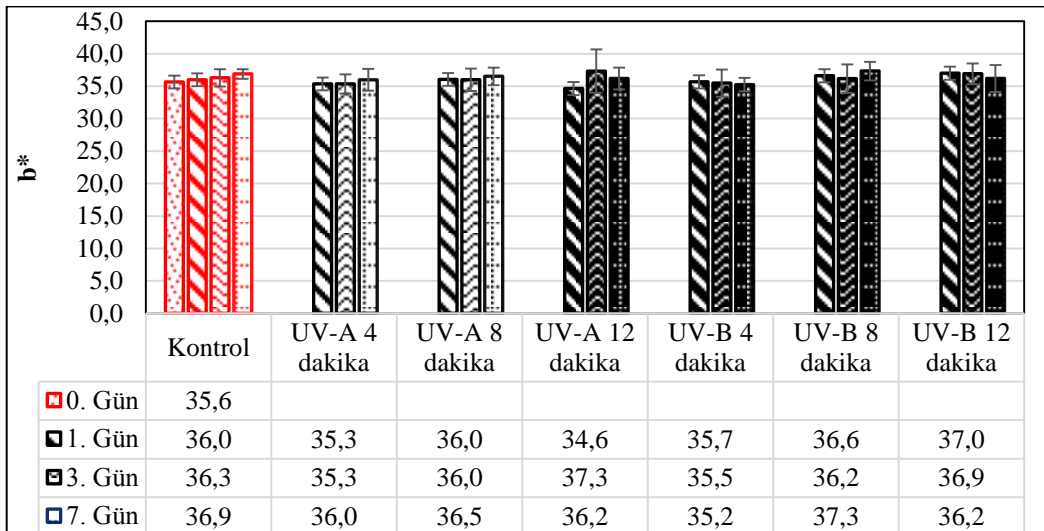
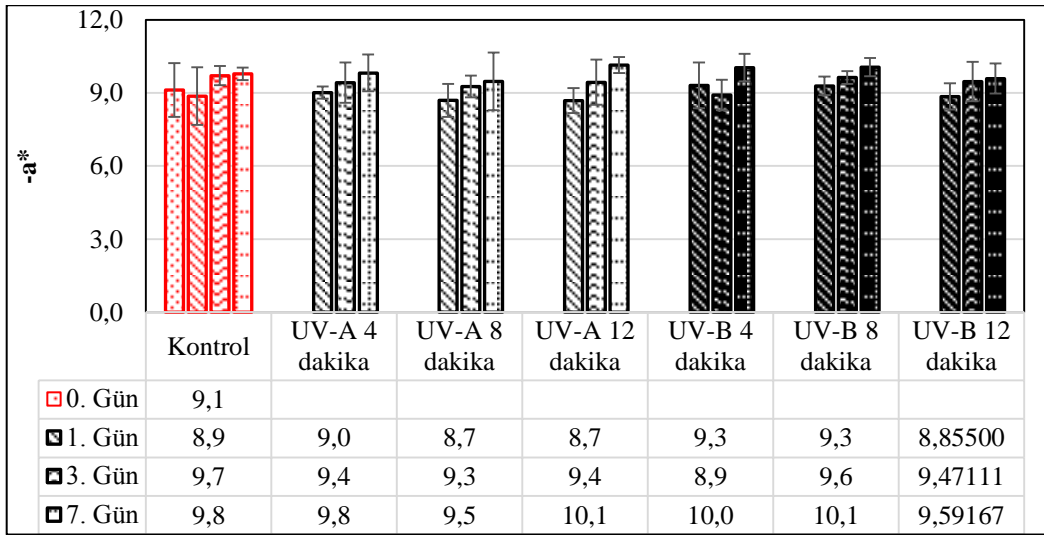
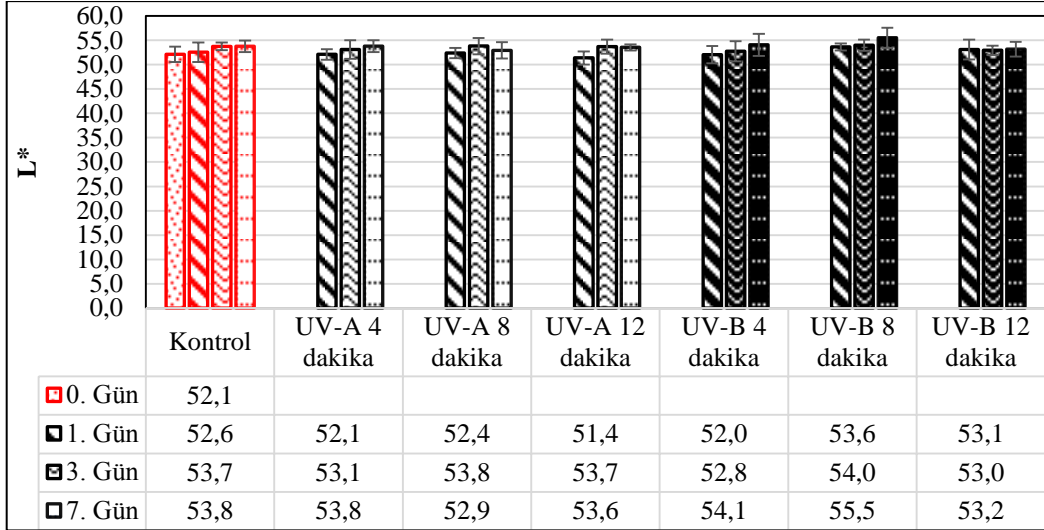
	<b>Marul Örnekleri Başlangıç Ağırlığı (g)</b>	<b>Marul Örnekleri 1, 3 veya 7. Gündeki Ağırlığı (g)</b>	<b>Buzdolabında Ağırlık Kaybı (%)</b>
Kontrol Örneği Depolamada 1. Gün	371.0	369.5	0.4
Kontrol Örneği Depolamada 3. Gün	372.6	369.3	0.9
Kontrol Örneği Depolamada 7. Gün	351.8	345.5	1.8
UV-A 4 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	348.1	346.7	0.4
UV-A 4 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	324.1	321.1	0.9
UV-A 4 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	342.5	336.8	1.7
UV-A 8 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	310.3	309.1	0.4
UV-A 8 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	333.8	329.7	1.2
UV-A 8 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	290.9	284.9	2.1
UV-A 12 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	333.9	332.0	0.6
UV-A 12 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	335.3	331.2	1.2
UV-A 12 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	341.7	335.8	1.7
UV-B 4 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	307.7	306.2	0.5
UV-B 4 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	293.5	289.8	1.3
UV-B 4 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	275.8	270.4	2.0
UV-B 8 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	381.6	380.4	0.3
UV-B 8 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	414.7	411.9	0.7
UV-B 8 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	410.8	405.7	1.2
UV-B 12 Dakika Örneği Depolamada 1. Gün	434.9	432.3	0.6
UV-B 12 Dakika Örneği Depolamada 3. Gün	421.8	418.2	0.9
UV-B 12 Dakika Örneği Depolamada 7. Gün	435.2	430.0	1.2

#### 4.4. Renk Tayini

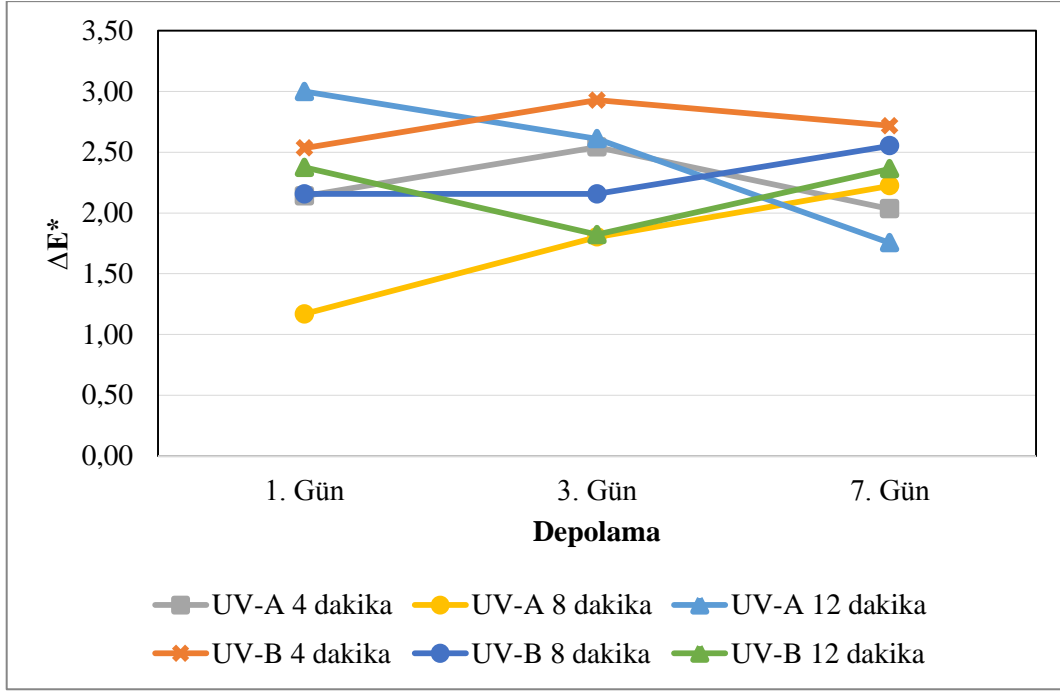
UV uygulamalarının ve depolamanın marul yapraklarında  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine etkisi incelenmiş ve bu değerlerde meydana gelen değişimler Grafik 4.3'de gösterilmiştir. UV uygulanan marul yapraklarında  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak ( $p>0,05$ ) önemli bir fark görülmemişken, depolamanın istatistiksel olarak önemli olduğunu tespit edilmiştir. İşlem görmemiş marul örneklerinin  $L^*$  değeri 52.1 olarak bulunmuştur. Yüksek dozda UV-A ( $4.55 \text{ kJ/m}^2$ ) ve orta düzeyde UV-B ( $3.04 \text{ kJ/m}^2$ ) ile muamele edilmiş marullardaki  $L$  değeri, depolamanın 3. ve 7. Gününde %5 hata sınırları içinde önemli bulunmuştur. Sonuç olarak yüksek dozda UV-A ve orta düzeyde UV-B uygulamasının yapıldığı örneklerde depolama süresince marul yapraklarında parlaklığın arttığı tespit edilmiştir.

Marul kontrol örneklerinde başlangıçta  $a^*$  değeri ortalama -9.1'dir. Marul yapraklarının  $a^*$  değerinde sadece yüksek dozda UV-A uygulamasında ( $4.55 \text{ kJ/m}^2$ ) depolama süresince istatistiki olarak önemli bir artış (3. gün -9.4; 7. gün -10.1) yani yeşilliği arttırdığı tespit edilmiştir. Uygulanan tüm dozlarda UV ışıklarının ve depolamanın marul örneklerinin sarılığı simgeleyen  $b^*$  değeri üzerinde herhangi bir değişime neden olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Dolayısıyla marul örneklerinde, 7 günlük depolama süresinde veya UV uygulamaları neticesinde sararmaya yönelik bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

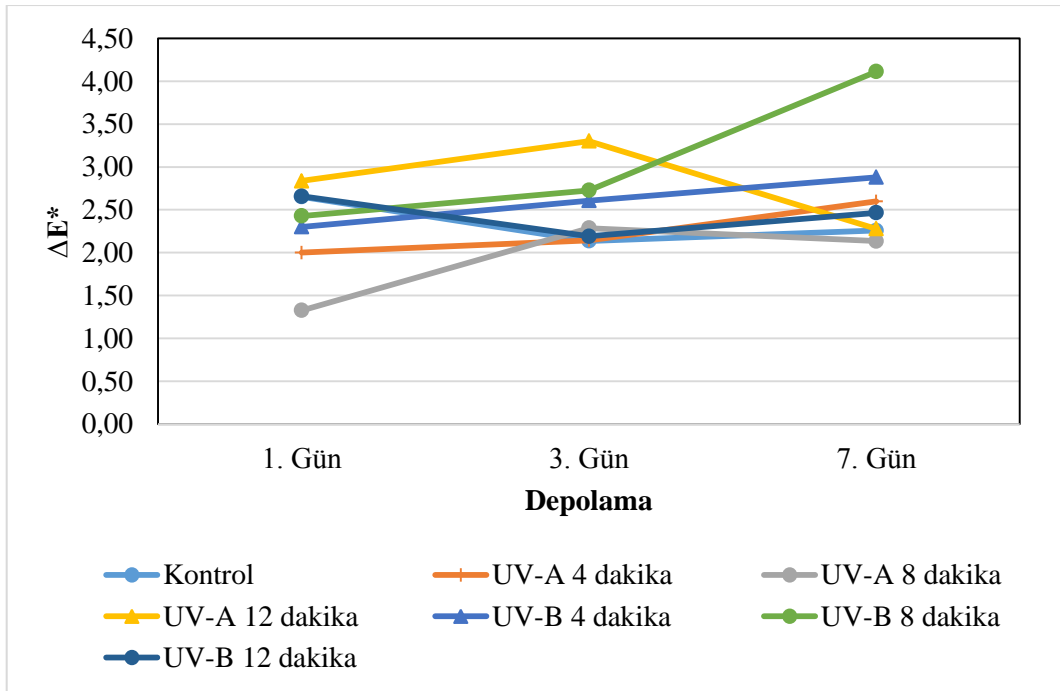
Tüm renk değerlendirmeleri sonucunda başlangıç değerlerine göre meydana gelen değişimleri yani toplam renk farkını ifade eden  $\Delta E$  değerleri Grafik 4.4 ve Grafik 4.5'de sunulmuştur. Marul yapraklarında UV uygulamalarından sonra  $\Delta E$  değerleri 1.17-3.00 aralığında bulunurken, depolama sürecinde renk değişimleri 1,33- 4,11 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan UV uygulamaları neticesinde  $\Delta E$  değerleri bağlamında renk değişiminin istatistiki olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ).



**Grafik 4.3.** UV Uygulamalarının Marulun L\*, a\* ve b\* Değerlerine Etkisi



**Grafik 4.4.** UV Uygulamalarının Marul Örneklerinin Toplam Renk Değişimine Etkisi



**Grafik 4.5.** Depolama Süresinin Marul Örneklerinin Toplam Renk Değişimine Etkisi

#### 4.5. Askorbik Asit Sonuçları

Tüm marul örneklerine ait askorbik asit miktarları Tablo 4.7 ve Grafik 4.6’da verilmiş olup, UV-A ve UV-B uygulama dozları ve depolamanın askorbik asit miktarını etkilediği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Uygulama yapılmamış marul yapraklarında başlangıç askorbik asit

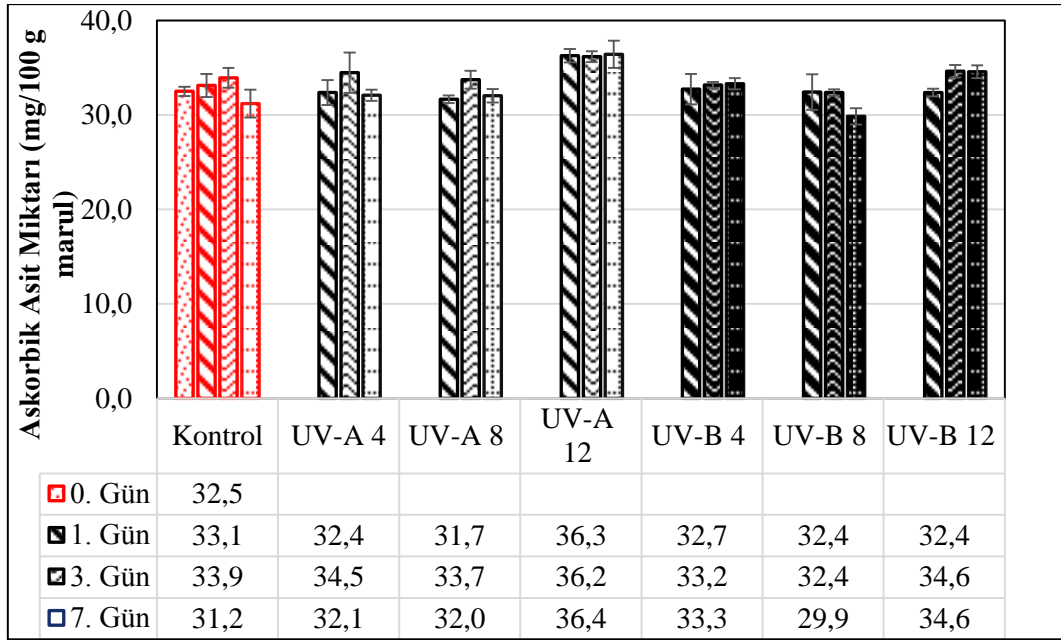
miktarı ortalama 32.5 mg/100 g marul iken, 4°C’de 7 günlük depolama sonrasında askorbik asit miktarı ortalama 31.2 mg/100 g marul seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. Hasat sonrası depolama askorbik asitin zamanla bozulmasına neden olmaktadır. Maruldaki C vitamini içeriği, marul çeşidi, hasat öncesi ve hasat sonrası faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Nicolle vd., 2004). Mampholo vd. (2016) yaptığı çalışmada kıvrıkcık marul çeşitleri arasında askorbik asit içeriğinin 13.39 ila 26.5 mg/100 g marul arasında değiştiğini bildirmiş olup, bu çalışmada başlangıç örneklerindeki askorbik asit miktarı bu aralığın üzerinde tespit edilmiştir.

Askorbik asit 200-280 nm olan germisit dalga boyu aralığında yüksek UV emilimine sahipken, bu dalga boylarında fotokimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak foto bozulması mümkündür (Koutchma, 2009; Tikekar vd., 2011; Tran ve Farid, 2004). Ancak 300 nm'nin üzerindeki dalga boylarında askorbik asit ışığı önemli ölçüde absorbe etmediği için (Koutchma, 2009), UV-A ve UV-B uygulamalarına bağlı olarak ciddi bir kayıp olmayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada genel olarak UV uygulamalarının etkisini değerlendirdiğimizde de askorbik asit miktarlarında yüksek oranlarda kayıplar görülmemektedir.

**Tablo 4.7.** Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle Askorbik Asit Miktarlarının Değişimi

UV İşlemi	Askorbik Asit Miktarı (mg/100 g marul)			
	0. Gün	1. Gün	3. Gün	7. Gün
<b>Kontrol</b>	32.5±0.5 AB	33.1±1.2 aB	33.9±1.1 abB	31.2±1.5 abA
<b>UV-A 4 Dakika</b>		32.4±1.3 aAB	34.5±2.1 bcB	32.1±0.6 bcA
<b>UV-A 8 Dakika</b>		31.7±0.4 aA	33.7±0.9 abB	32.0±0.7 bcA
<b>UV-A 12 Dakika</b>		36.3±0.7 bA	36.2±0.6 cA	36.4±1.4 eA
<b>UV-B 4 Dakika</b>		32.7±1.6 aA	33.2±0.3 abA	33.3±0.6 cdA
<b>UV-B 8 Dakika</b>		32.4±1.9 aB	32.4±0.3 aB	29.9±0.9 aA
<b>UV-B 12 Dakika</b>		32.4±0.4 aA	34.6±0.7 bcB	34.6±0.7 dB

Farklı küçük harfler, aynı depolama günü için farklı işlemler arasında önemli farklılıkları ( $p<0.05$ ) belirtir. Farklı büyük harfler, aynı işlem için farklı depolama günleri arasında önemli farklılıkları ( $p<0.05$ ) belirtir.



**Grafik 4.6.** Farklı dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki Ascorbic Asit Miktarı

Yapılan UV uygulamalarında en düşük askorbik asit miktarı 29.9 mg/100 g marul olarak orta doz UV-B uygulamasında elde edilirken, en yüksek değer 36.4 mg/100 g marul ile yüksek doz UV-A uygulamasında saptanmıştır. Ayrıca, depolamanın 7. gününde uygulama ortalamaları incelendiğinde 36.4 mg/100 g marul ile en yüksek askorbik asit miktarı yüksek doz UV-A uygulamasında ölçülürken, bunu sırasıyla yüksek doz UV-B (34.6 mg/100 g marul), düşük doz UV-B (33.3 mg/100 g marul) ve düşük doz UV-A (32.1 mg/100 g marul) uygulamaları izlemiştir. Literatürde benzer şekilde UV-B uygulamalarından sonra elma (Hagen vd., 2007) ve domates (Castagna vd., 2013) gibi ürünlerde askorbik asit içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Sonuçlarımız bu araştırmacıların bulguları ile uyumludur. Buna karşılık, UV-B ışınlamasının hasat sonrası yeşil olgun domateslerde askorbik asit içeriği olumsuz etkilediğini bildiren çalışma da mevcuttur (Liu vd., 2011: 232). Bu çalışmada aynı koşullar altındaki UV uygulamaları değerlendirildiğinde depolama sırasında kontrol marul örneklerine kıyasla C vitamini içeriğini korumada UV-A ya da UV-B'nin daha etkili bir role sahip olduğuna dair bir sonuç elde edilmemiştir. Ancak genel olarak askorbik asit miktarının korunduğu ve hatta bazı dozlarda daha iyi düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.6. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite

Marul önemli düzeyde antioksidan aktivite ve fenolik bileşen içeren bir sebze olup, özellikle yeşil yapraklı marullarda ana bileşikler fenolik asitler olarak bildirilmektedir (Das &

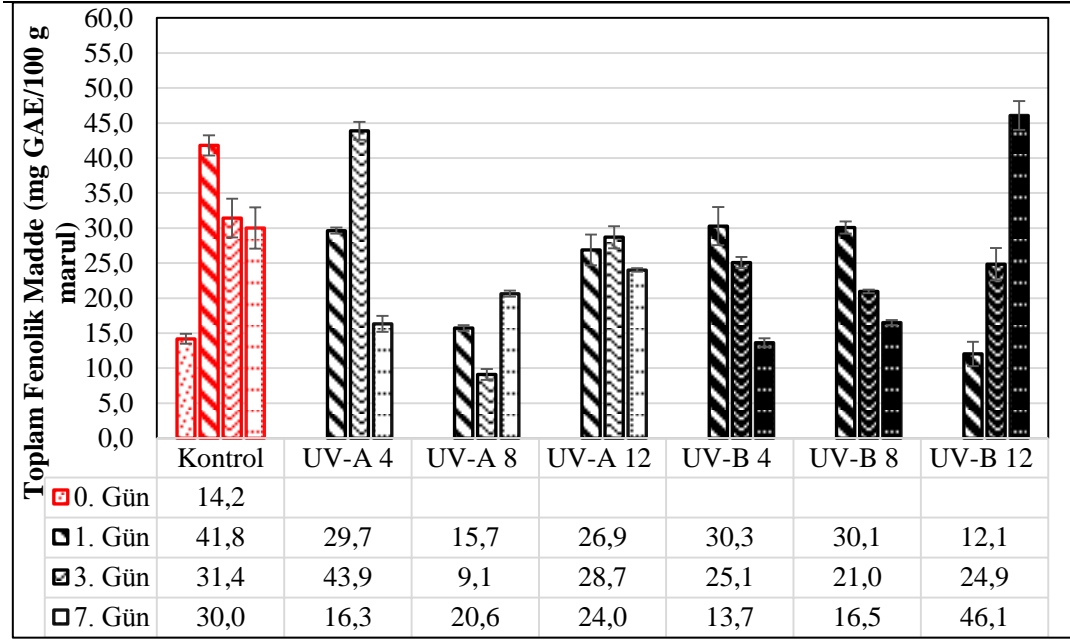
Bhattacharjee, 2020). Marulun tür, çeşit ve rengine bağlı olarak toplam fenol miktarı ve antioksidan aktiviteleri değişkenlik gösterirken, çevresel faktörler ve tarımsal uygulamalar ile stres faktörlerine kısa süreli maruz kalmak da önemli besin değerlerini ve antioksidan kapasiteyi iyileştirmek için kullanılabilir (Liu vd., 2007: 552; Martínez-İspizua vd., 2022; Nicolle vd., 2004; Zhou vd., 2009).

Marulun UV-A ve UV-B dozuna ve depolama işlemine bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği mg GAE olarak belirlenmiş ve değerler Tablo 4.8’de verilmiştir. Başlangıç marul örnekleri ortalama  $14.2 \pm 0.7$  mg GAE/g marul toplam fenol miktarına sahiptir. Kontrol örneklerinde  $4^{\circ}\text{C}$ ’de 7 günlük depolama sırasında toplam fenol miktarı birinci günde en yüksek seviyeye ( $41.8 \pm 1.4$  mg GAE/g marul) ulaşmış ve depolama süresinin sonunda toplam fenol konsantrasyonu düşüş göstererek 27.0-33.0 mg GAE/g marul arasında değişmiştir (Grafik 4.7).

**Tablo 4.8.** Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Değişimi

UV İşlemi	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GA/100 g marul)			
	0. Gün	1. Gün	3. Gün	7. Gün
<b>Kontrol</b>	$14.2 \pm 0.7$ A	$41.8 \pm 1.4$ eC	$31.4 \pm 2.7$ dB	$30.0 \pm 3.0$ eB
<b>UV-A 4 Dakika</b>		$29.7 \pm 0.5$ cdB	$43.9 \pm 1.3$ eC	$16.3 \pm 1.1$ bA
<b>UV-A 8 Dakika</b>		$15.7 \pm 0.4$ bB	$9.1 \pm 0.8$ aA	$20.6 \pm 0.4$ cC
<b>UV-A 12 Dakika</b>		$26.9 \pm 2.2$ cB	$28.7 \pm 1.6$ dB	$24.0 \pm 0.2$ dA
<b>UV-B 4 Dakika</b>		$30.3 \pm 2.7$ dC	$25.1 \pm 0.8$ cB	$13.7 \pm 0.6$ aA
<b>UV-B 8 Dakika</b>		$30.1 \pm 0.9$ dC	$21.0 \pm 0.2$ bB	$16.5 \pm 0.3$ bA
<b>UV-B 12 Dakika</b>		$12.1 \pm 1.7$ aA	$24.9 \pm 2.3$ cB	$46.1 \pm 2.0$ fC

Farklı küçük harfler, aynı depolama günü için farklı işlemler arasında önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) belirtir. Farklı büyük harfler, aynı işlem için farklı depolama günleri arasında önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) belirtir.



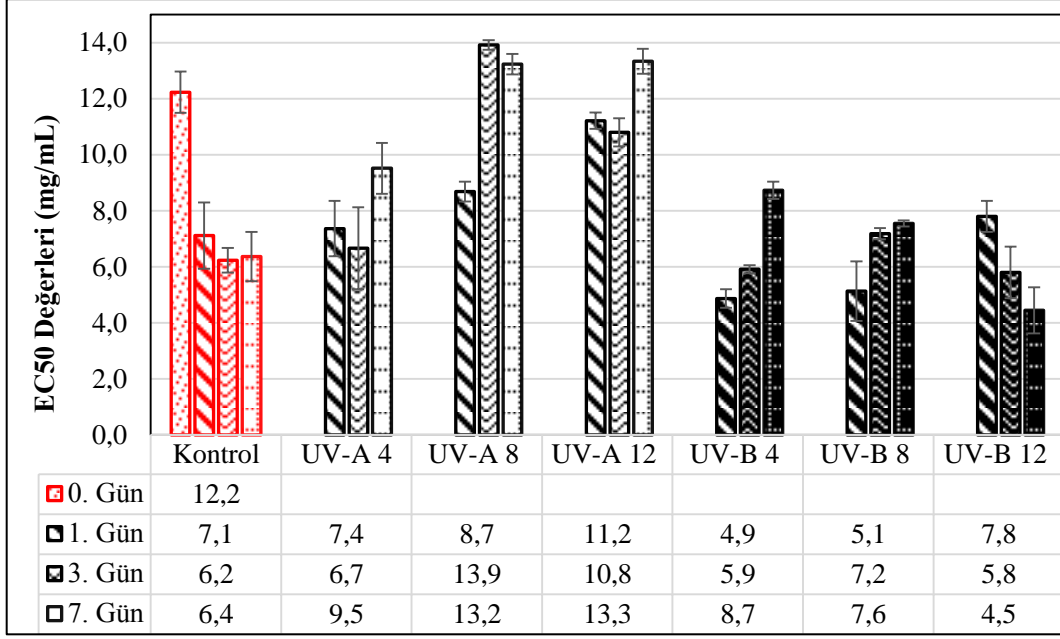
**Grafik 4.7.** Farklı Dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki Toplam Fenolik Madde Miktarı

4°C’de 7 günlük depolama boyunca toplam fenol miktarı hasat sonrası UV-A ve UV-B uygulamalarından etkilendiği gözlemlenmiştir. Meyve ve sebzelerde UV kaynaklı stres koşullarına bağlı olarak, toplam fenolik madde miktarında olumlu değişimler beklenmektedir. Naikoo vd. (2019) bitkilerde metabolitlerin sentezini etkileyebilen stres faktörlerinden birinin ışık olduğunu, ultraviyole ışıkların ise bitkilerde meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı epidermal hücre tabakası içinde bir ekran görevi gören fenolik bileşiklerin sentezini arttırabildiğini ifade etmişlerdir. UV ışık uygulamalarının meyve ve sebzelerde toplam fenol içeriğine etkisi ürün türüne, UV tipine, ışınlama dozuna, inkübasyon süresine ve çevresel faktörlere bağlıdır (Darré vd., 2017; Du vd., 2014; Nguyen vd., 2014: 12144; Scattino vd., 2016: 939). Abiyotik stres faktörü olan UV ışık uygulamalarına bağlı olarak ürünlerin biyokimyasal özelliklerinde elde edilen yanıtlar olumlu ve olumsuz yönde değişiklik gösterebilir (Jansen vd., 2008: 449) ve çeşitli faktörlere bağlı olarak yanıt etkilerinin kalıcılığı ve ürüne dair parametrelerin de değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

UV-A ile düşük ve orta düzeylerde UV-B uygulanan marul yapraklarında fenolik bileşikler depolama süresince azalmasına rağmen, yüksek dozda UV-B uygulanan marul örneklerinde 7 günlük depolamadan sonra toplam fenol miktarında kontrol marul örneklerine oranla %53.7’lik artış görülmüştür. Depolamanın 7. gününde UV uygulanmış örnekler içerisinde en düşük fenolik madde içeriği ise sırasıyla düşük doz UV-B (13.7 mg GAE/100 g marul), düşük doz UV-A (16.3 mg GAE/100 g marul) ve orta doz UV-B (16.5 mg GAE/100 g

marul) örneklerinde tespit edilmiştir. Du vd. (2014) yaptığı çalışmada 1.3 kJ/m<sup>2</sup> doz UV-B uygulanan marullarda 6. Günde toplam fenol miktarında yaklaşık %66 artış gözlenirken; 3.1 kJ/m<sup>2</sup> doz ve 5.9 kJ/m<sup>2</sup> doz UV-B uygulanan marullarda toplam fenol miktarında 6. Günde yaklaşık %150 artış tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ise yüksek doz UV-B uygulanan marul örneklerinde toplam fenol içeriği açısından kontrol örneklerine göre daha iyi bir sonuç elde edilmiş, ancak artış oranı Du vd. (2014)'nın yaptığı çalışmadaki artış oranına göre daha düşük düzeyde kalmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada depolamanın 7. gününde düşük ve orta düzeydeki UV-B ile UV-A işlemlerinde kontrole göre toplam fenol miktarında düşüş tespit edilmiştir. Marulların toplam fenol içeriği nicel ve nitel olarak marul tür ve çeşidine göre değişmekle birlikte UV uygulamalarında etkilerin emilen dozlarla da ilgili olmasından dolayı bu farklı etkilerin olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Interdonato vd. (2011) farklı türdeki bitkiler içerdikleri eşit olmayan UV emicilerden dolayı artan UV radyasyonuna karşı düzgün olmayan bir davranış sergilediklerini ve dolayısıyla farklı tepki verdiklerini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Scattino vd. (2014) da UV-B işlemi uyguladıkları şeftalilerde genotipe bağlı olarak toplam fenolik miktarlarında artan ve azalan olmak üzere farklı sonuçlar elde etmişlerdir (Grafik 4.8).

Marul örneklerinde antioksidan aktiviteleri DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gereken antioksidan miktarının göstergesi EC50 değeri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan EC50 değeri ne kadar düşükse örneklerin antioksidan aktivitesi de o kadar yüksek olmaktadır. Farklı dozlarda uygulanan UV-A ve UV-B işlemleri ile depolama süresi, marullarda EC50 değeri ile gösterilen antioksidan aktivitelerinde istatistiksel olarak önemli fark ( $p < 0,05$ ) meydana getirmiştir. Antioksidan kapasite olarak değerlendirildiğinde kontrol marul örneklerinin EC50 değeri 12.2 mg/mL olarak belirlenmiştir (Grafik 4.8). Depolamanın 1. gününde kontrol örneklerinde EC50 değerlerinde anlamlı düzeyde bir düşüş görülmüştür. EC50 değerinin düşük olması, antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu gösterdiği için depolamanın birinci gününde antioksidan bileşik birikimin arttığı ve sonrasında korunduğu görülmüştür (Tablo 4.9).



**Grafik 4.8.** Farklı Dozlarda UV Uygulanan Marul Örneklerinde 0, 1, 3 ve 7. Günlerdeki EC50 Değeri

Depolama süresince antioksidan aktivitesi tüm UV uygulamalarında artış ve azalış şeklinde değişmesine karşılık tıpkı toplam fenol içeriğinde olduğu gibi yüksek doz UV-B uygulamasında marulun antioksidan aktivitesini arttırmada etkili olduğu ve marul örneklerinin 7. gününde EC50 değerinin en düşük olduğu (4.5 mg/mL) tespit edilmiştir. Yüksek doz UV-B uygulamasıyla depolamanın 7. gününde antioksidan aktivitenin kontrol örneklerine göre %29.7 arttığı hesaplanmıştır. Düşük ve orta dozda UV-B uygulamaları ise 1. günde antioksidan kapasitesini geçici olarak arttırdığı, ancak sonrasında (3 ve 7. günler) azalttığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmaya benzer şekilde brokoli yaprak, sap ve taçlarına uygulanan UV-B uygulamaları neticesinde farklı düzeylerde antioksidan kapasitesinde artışlar tespit edilmiştir (Formica-Oliveira vd., 2017: 77). Orta ve yüksek dozlarda UV-A uygulamaları yapılan marul örneklerinin 7. Günlerinde ise sırasıyla 13.2 mg/mL ve 13.3 mg/mL ile en yüksek EC50 değerleriyle en düşük DPPH radikal süpürücü etkilerin olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.9.** Marul Örneklerinde UV Uygulamaları ve Depolama Süresiyle EC50 Değerinin Değişimi

UV İşlemi	EC50 Değerleri (mg/mL)			
	0. Gün	1. Gün	3. Gün	7. Gün
<b>Kontrol</b>	12.2±0.7 B	7.1±1.2 bA	6.2±0.4 abA	6.4±0.9 bA
<b>UV-A 4 Dakika</b>		7.4±1.0 bcB	6.7±1.5 abA	9.5±0.9 dC
<b>UV-A 8 Dakika</b>		8.7±0.4 cA	13.9±0.2 dC	13.2±0.4 eB
<b>UV-A 12 Dakika</b>		11.2±0.3 dA	10.8±0.5 cA	13.3±0.4 eC
<b>UV-B 4 Dakika</b>		4.9±0.3 aA	5.9±0.1 abB	8.7±0.3 dC
<b>UV-B 8 Dakika</b>		5.1±1.1 aA	7.2±0.2 bB	7.6±0.1 cB
<b>UV-B 12 Dakika</b>		7.8±0.6 bcC	5.8±0.9 aB	4.5±0.8 aA

Farklı küçük harfler, aynı depolama günü için farklı işlemler arasında önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) belirtir. Farklı büyük harfler, aynı işlem için farklı depolama günleri arasında önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) belirtir.

Depolama boyunca toplam antioksidan madde miktarındaki artış ve azalışlar toplam fenolik madde miktarındaki değişimler ile benzerlik göstermiştir, ancak sonuçlar arasında birebir doğrusal bir korelasyon tespit edilmemiştir. Çünkü yeşil marullardaki toplam fenol madde miktarı toplam antioksidan kapasitenin %60'ından fazlasını oluştururken, askorbik asit miktarı da antioksidan kapasitenin %3.2-%24.5'inden sorumludur (Nicolle vd., 2004). Ancak Avena-Bustillos vd., (2012: 2341) havuçlara farklı dozlarda UV-B uyguladığı çalışmalarında toplam fenol miktarıyla antioksidan kapasite arasında artış ve azalışlarda benzer eğilimin olduğunu bildirmişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taze kesilmiş veya minimum düzeyde işlenmiş ürünlere olan talebin artması ve gıda pazarında önemli bir parça haline gelmesiyle beraber meyve ve sebzelerin kalitesinin korunarak tüketiciye ulaşması ön plana çıkmıştır. Bu aşamada da meyve ve sebzelerde hasat sonrası depolamada yeni teknolojilerden biri olan ultraviyole ışık uygulamalarının kullanımıyla ürün ve besin kayıpları gibi çeşitli sorunlarla mücadele edilmektedir. Bu kapsamda tek veya bileşim olarak yemeye hazır salatalar için anahtar ve en popüler sebzelerden bir tanesi olan marul örnekleri üzerine çalışılmıştır.

Kullanılan UV kabininde öncelikle ürünün yerleştirildiği raf ile UV lambaları arasındaki mesafe değiştirilerek sabit dozda ancak değişen şiddetlerde UV-A ve UV-B uygulamalarının marul üzerindeki etkileri görsel olarak değerlendirilmiştir. Hem UV-A hem de UV-B ışık uygulamasında 65 cm'den uygulanan marul örneklerinin daha iyi olması sebebiyle marul örneklerine bu mesafeden yani sırasıyla 6.32 ve 6.33 W/m<sup>2</sup> şiddetinde ışık uygulanmasına karar verilmiştir. Şiddet belirlendikten sonra farklı sürelerde (4, 8, 12, 16, 20 ve 24 dak.) ve dolayısıyla farklı dozlarda UV-A ve UV-B uygulaması yapılmış; literatürdeki veriler neticesinde marul örneklerinde 4, 8 ve 12 dakikaya karşılık gelen düşük doz aralığında da (UV-A: 1.52, 3.03 ve 4.55 kJ/m<sup>2</sup>) (UV-B: 1.52, 3.04 ve 4.56 kJ/m<sup>2</sup>) ışık uygulanmasına karar verilmiştir.

Marul örneklerine belirlenen şiddet ve dozlarda UV-A ve UV-B uygulaması yapılarak kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Renk, askorbik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite gibi kalite özelliklerinde UV-A ve UV-B uygulama dozlarının ve depolamanın sonuçlara istatistiksel olarak etkili olduğu tespit edilirken, UV dozlarının etkileri her bir kalite kriterinde farklı eğilim göstermiştir. Deneme sonuçlarına göre;

- Genel olarak UV uygulamaları ile askorbik asit miktarlarında yüksek oranlarda kayıplar görülmemiş, askorbik asit miktarının koruma ve iyileştirme açısından etkili uygulama yüksek doz UV-A uygulaması olmuştur. Yüksek doz UV-A (4.55 kJ/m<sup>2</sup>) ışık uygulaması neticesinde kontrol örneğine göre askorbik asit miktarı %16.7 arttığı tespit edilirken, yüksek doz UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) ışık uygulamasında kontrol örneğine göre %10.9 düzeyinde artış olduğu tespit edilmiştir.
- Toplam fenolik maddeler açısından yüksek dozda UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) uygulanan marul örneklerinde 7 günlük depolamadan sonra en yüksek değerler elde edilmiştir.

Yüksek doz UV-B uygulanan marul örneklerindeki toplam fenol miktarında kontrol marul örneklerine oranla %53.7'lik artış tespit edilmiştir.

- Benzer şekilde yüksek doz UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) uygulamasında marulun antioksidan aktivitesini arttırmada etkili olduğu ve depolamanın 7. gününde antioksidan aktivitenin kontrol örneklerine göre %29.7 arttığı tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, kıvırcık marul örneklerine yönelik yürütülen çalışmada UV-A ya da UV-B daha etkili bir role sahiptir şeklinde bir sonuç elde edilmemiştir. Ancak uygulanan dozlar içerisinde yüksek doz UV-A (4.55 kJ/m<sup>2</sup>) ve UV-B (4.56 kJ/m<sup>2</sup>) uygulamalarının diğerlerine göre ön plana çıktığı görülmektedir. Yapılan çalışma bu konuda bir ilk niteliği taşımakta olup, gelecekteki çalışmalarda hem UV-A'nın hem de UV-B'nin farklı dozlarının araştırılmasında ve bu dozlar üzerinden optimizasyonların yapılmasında fayda olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, UV-A ve UV-B ışıklarına maruz bırakılan marul örneklerinde bazı kalite kriterlerinin korunabileceğine veya iyileştirilebileceğine dair kullanım potansiyelinin olabileceği bu çalışmayla da gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Aiamla-or, S., Yamauchi, N., Takino, S. & Shigyo, M.** (2009). Effect of UV-A and UV-B Irradiation on Broccoli (*Brassica oleracea L. Italica group*) Floret Yellowing During Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 54(3), 177–179.
- Aiamla-or, S., Kaewsuksaeng, S., Shigyo, M. & Yamauchi, N.** (2010). Impact of UV-B Irradiation on Chlorophyll Degradation and Chlorophyll-Degrading Enzyme Activities in Stored Broccoli (*Brassica oleracea L. Italica group*) florets. *Food Chemistry*, 120(3), 645–651.
- Abdipour, M., Sadat Malekhossini, P., Hosseinifarahi, M. & Radi, M.** (2020). Integration of UV Irradiation and Chitosan Coating: A Powerful Treatment for Maintaining The Postharvest Quality of Sweet Cherry Fruit. *Scientia Horticulturae*, 264, 109197.
- Allende, A., & Artés, F.** (2003a). Combined Ultraviolet-C and Modified Atmosphere Packaging Treatments for Reducing Microbial Growth of Fresh Processed Lettuce. *LWT-Food Science and Technology*, 36(8), 779-786.
- Allende, A., & Artés, F.** (2003b). UV-C Radiation as a Novel Technique for Keeping Quality of Fresh Processed ‘Lollo Rosso’ Lettuce. *Food Research International*, 36(7), 739-746.
- Allende, A., McEvoy, J. L., Luo, Y., Artes, F., & Wang, C. Y.** (2006). Effectiveness of Two-Sided UV-C Treatments In Inhibiting Natural Microflora and Extending The Shelf-Life Of Minimally Processed ‘Red Oak Leaf’ lettuce. *Food Microbiology*, 23(3), 241-249.
- Allende, A., Padilla, E., & Artés, F.** (2002). Changes in Microbial and Sensory Quality of Fresh Processed UV-C Treated ‘Lollo Rosso’ Lettuce. *Proceedings of the XXVI International Horticultural Congress*, Toronto
- Avena-Bustillos, R.J., Du, W.X., Woods, R., Olson, D., Breksa, A.P. & McHugh, T.H.** (2012). Ultraviolet-B Light Treatment Increases Antioxidant Capacity of Carrot Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2341–2348.
- Assumpção, C.F., Hermes, V.S., Pagno, C.H., Castagna, A., Mannucci, A., Sgherri, C., Pinzino, C., Ranieri, A., Flôres, S.H., & Rios, A.D.** (2018). Phenolic Enrichment in Apple Skin Following Post-Harvest Fruit UV-B Treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 138, 37-45.
- Aztekin, M.F., Kasım, R. & Kasım, M.U.** (2020). Different Doses of UV-B Treatments Increase Total Soluble Phenols And Anthocyanin Content of Ereğli Black Carrot (*Daucus*

*carota L. spp. sativus var. atrorubens Alef.*) During Storage. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 35(2), 14-23.

**Baysal, T., & İcier, F.,** (2012). Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler. Ankara: Nobel Akademik Araştırmalar Yayınevi

**Black, A. T.** (2014a). Ultraviolet A. In: P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology* (s. 893-895). London: Academic Press.

**Cantos, E., García-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S. & Tomás-Barberán, F.A.** (2000). Effect of Postharvest Ultraviolet Irradiation on Resveratrol and Other Phenolics of Cv. Napoleon Table Grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4606–4612.

**Castagna, A., Chiavaro, E., Dall’Asta, C., Rinaldi, M., Galaverna, G., & Ranieri, A.** (2013). Effect of Postharvest UV-B Irradiation on Nutraceutical Quality and Physical Properties of Tomato Fruits. *Food Chemistry*, 137(1–4), 151–158.

**Cisneros-Zevallos, L.** (2003). The Use of Controlled Postharvest Abiotic Stresses as a Tool for Enhancing the Nutraceutical Content and Adding-Value of Fresh Fruits and Vegetables. *Journal of Food Science*, 68(5), 1560–1565.

**Clarkson, Graham & O’Byrne, Eleanor & Rothwell, Steve & Taylor, Gail.** (2003). Identifying Traits to Improve Postharvest Processability in Baby Leaf Salad. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 287-298.

**Cooperstone, J. L., Tober, K. L., Riedl, K. M., Teegarden, M. D., Cichon, M. J., Francis, D. M., Schwartz, S. J., & Oberyszyn, T. M.** (2017). Tomatoes Protect Against Development of UV-Induced Keratinocyte Carcinoma via Metabolomic Alterations. *Scientific Reports*, 7(1), 5106.

**Darré, M., Valerga, L., Ortiz Araque, L.C., Lemoine, M.L., Demkura, P.V., Vicente, A.R. & Concellón, A.** (2017). Role of UV-B Irradiation Dose and Intensity on Color Retention and Antioxidant Elicitation in Broccoli Florets (*Brassica oleracea var. Italica*). *Postharvest Biology and Technology*, 128, 76–82.

**Das, R. & Bhattacharjee, C.** (2020). Lettuce. In: A.K. Jaiswal (Ed.), *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, Academic Press, 143-157.

**Du, W. X., Avena-Bustillos, R. J., Breksa III, A. P., & McHugh, T. H.** (2014). UV-B Light as a Factor Affecting Total Soluble Phenolic Contents of Various Whole and Fresh-Cut Specialty Crops. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 72-82.

- Duarte Sierra, A., Tiznado., Hernández, M.E., Jha, D.K., Janmeja, N. & Arul, J.** (2020). Abiotic Stress Hormesis: An Approach to Maintain Quality, Extend Storability, and Enhance Phytochemicals on Fresh Produce During Postharvest. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 3659–3682.
- Duman, İ. , Tüzel, Y. & Appelman, D. J.** (2020). Türkiye’de Sebze Üretiminde Tür ve Çeşit Tercihleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, E.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayısı*, 169-178
- Dyshlyuk, L., Babich, O., Prosekov, A., Ivanova, S., Pavsky, V. & Chaplygina, T.** (2020). The Effect of Postharvest Ultraviolet Irradiation on The Content of Antioxidant Compounds and The Activity of Antioxidant Enzymes in Tomato. *Heliyon*, 6(1).
- Eichholz, I., S. Huyskens-Keil, A. Keller, D. Ulrich, L. W. Kroh and S. Rohn.** (2011). UV-B Induced Changes of Volatile Metabolites and Phenolic Compounds in Blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). *Food Chem.* 126, 60–64.
- Errol W. Hewett** (2007), Progressive Challenges in Horticultural Supply Chains: Some Future Challenges. *Acta Horticulturae*, 712, 39-49
- Formica-Oliveira, A.C., Martínez-Hernández, G.B., Díaz-López, V., Artés, F. & Artés-Hernández, F.** (2017). Use of Postharvest UV-B and UV-C Radiation Treatments To Revalorize Broccoli by Products and Edible Florets. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 77–83.
- Gallotti, F. & Lavelli V.** (2020). The Effect Of UV Irradiation on Vitamin D2 Content and Antioxidant and Antiglycation Activities of Mushrooms. *Foods*, 9(8), 1087.
- Gardner, D. W. M. & Shama, G.** (2000). Modeling UV-induced Inactivation of Microorganisms on Surfaces. *Journal of food Protection*, 63(1), 63-70.
- Gilbert Shamaa and Peter Aldersonb** (2005), UV Hormesis in Fruits: A Concept Ripe for Commercialisation. *UK Trends in Food Science & Technology*, 16,128–136
- Harbaum-Piayda, B., Walter, B., Bengtsson, G. B., Hubbermann, E. M., Bilger, W., & Schwarz, K.** (2010). Influence of Pre-Harvest UV-B Irradiation and Normal or Controlled Atmosphere Storage on Flavonoid and Hydroxycinnamic Acid Contents of Pak Choi (*Brassica Campestris L. Ssp. Chinensis Var. Communis*). *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 202–208
- Hagen, S. F., Borge, G. I. A., Bengtsson, G. B., Bilger, W., Berge, A., Haffner, K., & Solhaug, K. A.** (2007). Phenolic Contents and Other Health and Sensory Related Properties

of Apple Fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1), 1–10.

**Huang, S.J., Lin, C.P. & Tsai, S.Y.** (2015). Vitamin D2 Content and Antioxidant Properties of Fruit Body and Mycelia of Edible Mushrooms By UV-B Irradiation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 38–45.

**HunterLab renk koordinatları, (2021).** (Erişim:30.05.2022 <https://www.alpolic-america.com/blog/how-is-color-measured-calculating-delta-e/>)

**Interdonato, R., Rosa, M., Nieva, C. B., González, J. A., Hilal, M., & Prado, F. E.** (2011). Effects of Low UV-B Doses on The Accumulation of UV-B Absorbing Compounds and Total Phenolics And Carbohydrate Metabolism in The Peel Of Harvested Lemons. *Environmental and Experimental Botany*, 70(2-3), 204–211.

**Jansen, M. A. K., Hectors, K., O'Brien, N. M., Guisez, Y., & Potters, G.** (2008). Plant Stress and Human Health: Do Human Consumers Benefit From UV-B Acclimated Crops? *Plant Science*, 175(4), 449–458.

**Kandemir, D. , Şahin, G. T. , Balkaya, A. & Sarıbaş, Ş.** (2021). Kıvrıkcık ve Yedikule Tipi Marul Çeşitlerinin Kök Gelişimi ve Kök Sistemi Mimarisi Yönünden İncelenmesi . *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences* , 11(2) , 120-130

**Kang, H. M., & Saltveit, M. E.** (2002). Antioxidant Capacity of Lettuce Leaf Tissue Increases After Wounding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(26), 7536–7541.

**Karaağaç, Onur & Balkaya, Ahmet.** (2017). Türkiye’de Yerel Sebze Çeşitlerinin Mevcut Durumu ve İslah Programlarında Değerlendirilmesi. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 5, 8-15.

**Kasım, M.U. & Kasım, R.** (2017a). The Effects Of Ultraviolet B (UV-B) İrradiation on Color Quality And Decay Rate of Capia Pepper During Postharvest Storage. *Food Science and Technology*, 38(2), 363–368.

**Kasım, M.U. & Kasım, R.** (2017b). Yellowing of Fresh-Cut Spinach (*Spinacia Oleracea* L.) Leaves Delayed By UV-B Applications. *Information Processing in Agriculture*, 4(3), 214–219.

**Kasım, M.U. & Kasım, R.** (2018). UV-A treatment delays yellowing of cucumber during storage. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(2), 29-32.

- Keskin, Muharrem & Şetlek, Pınar & Demir, Sultan.** (2017). Renk Ölçüm Sistemlerinin Gıda Bilimleri ve Tarımda Kullanım Alanları (Use of Color Measurement Systems in Food Science and Agriculture ), *International Advanced Researches & Engineering Congress*. 16-18
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B. & Waterland, N. L.** (2016). Nutritional value, Bioactive Compounds and Health Benefits of Lettuce (*Lactuca sativa L.*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19-34.
- Koca, N. , Saatli, T. E. & Urgu, M.** (2018). Gıda Sanayisinde Ultraviyole Işığın Yüzeysel Uygulamaları. *Akademik Gıda*, 16 (1), 88-10
- Koutchma, T.** (2009). Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-Thermal Processing of Liquid Foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2), 138-155.
- Koutchma, T.** (2014). Food Plant Safety UV Applications for Food and Nonfood Surfaces. *Academic Press*, London, 50p.
- Koutchma, T.** (2019). Ultraviolet Light in Food Technology-Principles and Applications. *CRC Press, Boca Raton FL*, 343p.
- Lacasse, S. T., & Holcroft, D. M.** (2018). Novel Use of UV-C: Sanitation of Fresh and Fresh-Cut Produce. *IUVA News*, 19, 4-9.
- Liu, C., Han, X., Cai, L., Lu, X., Ying, T. & Jiang, Z.** (2011). Postharvest UV-B Irradiation Maintains Sensory Qualities and Enhances Antioxidant Capacity in Tomato Fruit During Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 59(3), 232–237.
- Liu, X., Ardo, S., Bunning, M., Parry, J., Zhou, K., Stushnoff, C., Stoniker, F., Yu, L. & Kendall, P.** (2007). Total Phenolic Content and DPPH Radical Scavenging Activity of Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) Grown in Colorado. *LWT - Food Science and Technology*, 40(3), 552–557.
- Mampholo, B. M., Maboko, M. M., Soundy, P., & Sivakumar, D.** (2016). Phytochemicals and Overall Quality of Leafy Lettuce (*Lactuca sativa L.*) Varieties Grown in Closed Hydroponic System: Lettuce Phytochemical Quality. *Journal of Food Quality*, 805-815
- Mcguire, R.G** (1992), Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Martínez-ispizua, E., Calatayud, Á., Marsal, J. I., Basile, F., Cannata, C., Abdelkhalik, A., Soler, S., Valcárcel, J. V., & Martínez-Cuenca, M. R.** (2022). Postharvest Changes in

the Nutritional Properties of Commercial and Traditional Lettuce Varieties in Relation with Overall Visual Quality. *Agronomy*, 12, 403.

**Nadkarni, B. Y.** (1965). Determination of Ascorbic Acid in Coloured Extracts: A New Modification of The Indophenol Technique. *Mikrochimica Acta*, 53(1), 21–27.

**Naikoo, M. I., Dar, M. I., Raghieb, F., Jaleel, H., Ahmad, B., Raina, A., ... Naushin, F.** (2019). Role and Regulation of Plants Phenolics in Abiotic Stress Tolerance. *Plant Signaling Molecules*, 157–168.

**Neelima Garg, J. J. Churey, and D. F. Splittstoesser** (1989), Effect of Processing Conditions on the Microflora of Fresh-Cut Vegetables, *Journal of Food Protection*, 701-703

**Nguyen, C. T. T., Kim, J., Yoo, K. S., Lim, S., & Lee, E. J.** (2014). Effect of Prestorage UV-A, -B, and -C Radiation on Fruit Quality and Anthocyanin of “Duke” Blueberries During Cold Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(50), 12144–12151.

**Nicolle, C., Carnat, A., Fraisse, D., Lamaison, J. L., Rock, E., Michel, H., Amoureux, P., & Remesy, C.** (2004). Characterisation and Variation of Antioxidant Micronutrients in Lettuce (*Lactuca sativa folium*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(15), 2061–2069.

**Nurcan, KOCA., Saatli, T. E. & Müge, URGU** (2018). Gıda Sanayisinde Ultraviyole Işığın Yüzey Uygulamaları. *Akademik Gıda*, 16(1), 88-100.

**Ribeiro, C., Canada, J. & Alvarenga, B.** (2012). Prospects of UV Radiation for Application in Postharvest Technology. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(6), 586-597

**Robert D. Hagenmaier and Robert A. Baker** (1997), Low-Dose Irradiation of Cut Iceberg Lettuce in Modified Atmosphere Packaging. *Agric. Food Chem.*, 45(8), 2864–2868

**Yanmaz, R.** (2002). Türkiye Sebzeçilik Bibliyografyası 1923 – 1999, Bahçe Bitkileri Derneği.

**Santin, M., Neugart, S., Castagna, A., Barilari, M., Sarrocco, S., Vannacci, G., Schreiner, M., & Ranieri, A.** (2018). UV-B Pre-treatment Alters Phenolics Response to Monilinia Fructicola Infection in a Structure-Dependent Way in Peach Skin. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1598.

**Salemi, S., Sadisomeolia, A., Azimi, F., Zolfigol, S., Mohajerani, E., Mohammadi, M. & Yaseri, M.** (2021). Optimizing The Production of Vitamin D in White Button Mushrooms (*Agaricus bisporus*) Using Ultraviolet Radiation and Measurement of Its Stability. *LWT - Food Science and Technology*, 137, 110401.

- Sethi, S., Joshi, A. & Arora, B.** (2018). UV Treatment of Fresh Fruits and Vegetables: Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*, 137–157.
- Scattino, C., Negrini, N., Morgutti, S., Cocucci, M., Crisosto, C. H., Tonutti, P., Castagna, A., & Ranieri, A.** (2016). Cell Wall Metabolism of Peaches and Nectarines Treated With UV-B Radiation: A Biochemical and Molecular Approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(3), 939–947.
- Shama, G. & Alderson, P.** (2005). UV Hormesis In Fruits: A Concept Ripe For Commercialisation. *Trends in Food Science & Technology*, 16(4), 128–136.
- Srilaong, V., Aiamla-or, S., Soontornwat, A., Shigyo, M., & Yamauchi, N.** (2011). UV-B Irradiation Retards Chlorophyll Degradation in Lime (*Citrus latifolia Tan.*) Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1), 110–112.
- Tikekar, R. V., Anantheswaran, R. C., Elias, R. J. & Laborde, L. F.** (2011). Ultraviolet-Induced Oxidation of Ascorbic Acid in A Model Juice System: Identification of Degradation Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(15), 8244–8248.
- Tomás-Callejas, A., Otón, M., Artés, F. & Artés-Hernández, F.** (2012). Combined Effect of UV-C Pretreatment and High Oxygen Packaging for Keeping The Quality of Fresh-Cut Tatsoi Baby Leaves. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 115–121.
- Topcu Y, Dogan A, Kasimoglu Z, Sahin-Nadeem H, Polat E, Erkan M.** (2015), The Effects of UV Radiation During the Vegetative Period on Antioxidant Compounds and Postharvest Quality of Broccoli (*Brassica oleracea L.*). *Plant Physiol Biochem.*, 93, 56-65.
- Tran, M. T. T. & Farid, M.** (2004). Ultraviolet Treatment Of Orange Juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(4), 495–502.
- TÜRK STANDARTLAR ENSTİTÜSÜ (TSE).** (2008), Türk Standartları Enstitüsü, Yeşil Salata ve Marul, TS1194.
- TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK),** (2022). Türkiye İstatistik Kurumu İnternet Sitesi ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)). Bitkisel Üretim İstatistikleri.
- Urban, L., Charles, F., Miranda, M., & Aarrouf, J.** (2016). Understanding The Physiological Effects of UV-C Light and Exploiting Its Agronomic Potential Before and After Harvest. *Plant Physiology and Biochemistry : PPB / Societe Francaise De Physiologie Vegetale*. 105.

**Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M., & Neri, F.** (2016). Physical Treatments to Control Postharvest Diseases of Fresh Fruits And Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 30-40.

**U.S. Department of Agriculture (USDA)**, 2021 Data of Food Central, Lettuce spp. Data  
**Lab Akademi** (2020), Ultraviyole Teknolojisi ve Sterilizasyonda Kullanımı. (Erişim:30.05.2022 <https://labakademi.com/ultraviyole-teknolojisi-ve-sterilizasyonda-kullanimi/>)

**Verdaguer, D., Jansen, M. A., Llorens, L., Morales, L. O., Neugart, S.**, 2017. UV-A Radiation Effects on Higher Plants: Exploring The Known Unknown. *Plant Science*, 255, 72-81.

**Zhang, W. & Jiang, W.** (2019). UV Treatment Improved The Quality of Postharvest Fruits and Vegetables By İnducing Resistance. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 71-80.

**Zhou, Y. H., Zhang, Y. Y., Zhao, X., Yu, H. J., Shi, K., & Yu, J. Q.** (2009). Impact of Light Variation on Development of Photoprotection, Antioxidants, and Nutritional Value in *Lactuca sativa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5494–5500.