

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

## Hasat Sonrası UV-C Uygulamalarının Çilekte Muhafaza Süresi ve Kalite Üzerine Etkileri

Ferhan KÜÇÜKBASMACI SABIR<sup>1\*</sup>, Fadime GENÇ<sup>2</sup>, Meryem ÇAVDARCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Konya, Türkiye

\*e-posta: fkbasmaci@selcuk.edu.tr; Tel: +90 (332) 223 2901; Fax: +90 (332) 241 0108

**Öz:** Hasat sonrası fizyolojik bozulmalara ve patolojik hastalıklara bağlı olarak meydana gelen tarımsal ürün kayıplarının önlenmesinde en etkili yöntemlerin başında fungusitlerin kullanımı gelmektedir. Ancak fungusit kalıntıları insan sağlığında önemli derecede olumsuz etki yapmakta ve bu nedenle araştırmacılar, hasat sonrası hastalıkların kontrol edilmesi ve muhafaza ömrünü artırılması için alternatif yöntemler üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan ultraviyole-C ışınlanması (UV-C, 200-280 nm dalga boyu) hasat sonrası çürümelerin kontrolünde olumlu sonuçlar vermektedir. Özellikle 254 nm dalga boyunda UV-C uygulamaları üründe az miktarda strese karşı tepki oluşturarak hasat sonrasındaki dayanımını artırmaktadır. Bu çalışmada Albion ve Monterey çilek çeşitlerine farklı dozlarda UV-C ışık uygulamalarının meyvelerde hasat sonrası muhafaza süresince meyve kalitesine etkileri araştırılmıştır. Hasat edilen meyveler Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarlarına getirilmiştir. Burada meyvelere iki farklı sürede (15 ve 30 dakika) UV-C uygulanarak 1°C ve % 90 oransal nem içeren depolarda 15 gün süreyle depolanmıştır. Belirli aralıklarla depolardan çıkartılan örneklerde, fiziksel ve biyokimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, 15 dk UV-C uygulamasının Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde 15 günlük soğukta depolama süresince kalite özelliklerini koruyarak muhafaza ömrünü uzatmada etkili bir uygulama olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çilek, Kalite, Muhafaza, UV-C

### Effects of Postharvest UV-C Treatments on Storage Duration and Quality of Strawberry

**Abstract:** Fungicide application is one of the most common postharvest strategies in preventing agricultural commodity losses due to postharvest physiological and pathological deteriorations. Researchers have been forced to investigate alternative methodologies for fungicide usage because chemicals have detrimental influences on human health. UV-C (UV-C, 200-280 nm), among such strategies, gives positive results in preventing postharvest decay of products. UV-C in 254 nm wave length in particular is effective to maintain postharvest quality of produces by inducing response of produce against stress factors. In the present study, effects of various doses of UV-C light on postharvest quality maintenance of Albion and Monterey strawberries have been investigated. The harvested fruits were immediately transported to the laboratory of Selcuk University Agriculture Faculty Horticulture Department. The fruits were subjected to UV-C treatment in varying time (15 and 30 min.) and stored at 1°C, 90% relative humidity. The fruits were sampled with regular intervals for physical and biochemical analyses. As a result, it was concluded that 15 min UV-C application was an effective application to extend the shelf life of Albion and Monterey strawberry varieties by maintaining the quality characteristics during 15 days cold storage.

**Keywords:** Strawberry, Quality, Storage, UV-C

### Giriş

Üzümsü meyveler grubunda yer alan çilek, *Rosales* takımı *Rosaceae* familyası, *Fragaria* cinsi içerisinde yer almaktadır (Hancock 1999). Türkiye 1990'lı yıllardan itibaren özellikle son 10 yılda modern ve gelişmiş yetiştirme teknikleri kullanarak çilek yetiştiriciliği yapmakta ve son yıllarda dünyanın en önemli çilek üreticilerinden birisi konumunda bulunmaktadır. 1986 yılında 35 000 ton olan üretim, yıldan yıla artan üretim değeri ile 2015 yılında 375 800 tona ulaşmıştır. Bu üretimle Türkiye, Çin, ABD ve Meksika'dan sonra dünya çilek üretiminde 4. sırada yer alan önemli bir ülke konumuna gelmiştir (Kafkas 2017).

Artan üretim miktarına bağlı olarak bu ürünlerde hasat sonrası uygulamaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu ürünlerde hasat sonrası yumuşama, renk değişimleri, tat ve aromadaki kayıplar ile fizyolojik ve patolojik kaynaklı çürümeler nedeniyle kalite özelliklerini hızla kaybetmekte ve muhafaza süresi kısalmaktadır.

Hasattan sonra ürün kaybına neden olan fizyolojik bozukluklar ve patolojik hastalıkların kontrolü için hasat öncesi ve sonrasında bazı fiziksel ve kimyasal uygulamalar yapılmaktadır. Kontrollü ve modifiye atmosferde muhafaza, hipobarik basınçta depolama, ön soğutma, sıcak uygulamaları, radyo frekansı ve mikrodalga uygulamalar ve ultraviyole ışık (UV) uygulamaları kullanılan fiziksel yöntemlerdendir (Erkan ve ark. 2009; Turtoi 2013; Usall ve ark. 2016).

Yapılan çalışmalarda Ultraviyole-C (UV-C) uygulamasının hasat sonrası kayıpların azaltılması ve çürümelerin engellenmesinde olumlu sonuçlar verebileceği belirtilmiştir (Kasım ve Kasım 2007). UV-C ışık uygulamaları uygulanan ürün yüzeyinde mikroorganizma faaliyetlerinin engelleyerek çürümeyi engellemekte ve olgunlaşmayı geciktirerek raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Turhan ve ark. 2006). Bahçe ürünlerinde hasat sonrası meydana gelen çürümenin azaltılması, UV-C ışınlarının mikrop öldürücü etkisi ve patojenlere karşı ürünlerde savunma mekanizmalarını uyararak meyve kabuğunda direnç sağlayan fitoaleksinin gibi sekonder metabolitlerin birikimini teşvik ederek sağlanmaktadır (Erkan ve ark. 2017). Havuçta 6-methoksilmelelin, turunçgillerde skopoletin ve skoparonin ve üzümde resveratrol direnç sağlayan fitoaleksinsilerden bazılarıdır (Usall ve ark. 2016). UV ışık uygulamalarında; uygulama dozu ve süresi ile ürün tipi başarıyı etkileyen en önemli faktörlerdendir.

Bu çalışmada, hasat sonrası kısa bir ömre sahip olan ve muhafaza süresince kalitesini çabuk kaybeden Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde hasat sonrası UV-C uygulamalarının meyve kalitesi ve muhafaza süresine etkileri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada Konya-Akşehir'de yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan Albion ve Monterey çeşitleri kullanılmıştır. Meyve yüzeyinin  $\frac{3}{4}$ 'ünün kırmızı rengi aldığı dönemde hasat edilen meyveler uygun koşullarda Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait laboratuvara getirilmiştir. Burada hasarlanmış meyveler ayrılarak, büyüklük ve renk bakımından bir örnek meyveler seçilerek hasat sonrası uygulamaları yapmak üzere her çeşit 3 eşit parçaya ayrılmıştır.

UV-C ışık uygulamalarında 254 nm dalga boyundaki ışıktan yararlanılmıştır. Çalışmada 15 watt'lık 230V/50Hz'lik 8 adet UV lamba kullanılmıştır. Meyveler seçildikten sonra UV-C ışık uygulaması için UV kabineye yerleştirilerek 2 farklı zamanda (15 ve 30 dakika) ışığa maruz bırakılmıştır.

Uygulama yapılan çilekler 500 gramlık kapaklı plastik kaplara tartılarak yerleştirilmiştir. Bütün meyveler her çeşit için 1°C ve % 90 oransal nem içeren soğuk hava deposunda 15 gün muhafaza edilmiştir. Çilekler 3 gün arayla depodan çıkartılarak fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak kalite değişimleri belirlenmiştir.

Ağırlık kaybı, depolama başlangıcında kaselelere tartılarak konulan meyvelerin muhafaza süresince tekrar tartılması ile meydana gelen farklılıklar hesaplanmış ve yüzde ağırlık kaybı (%) olarak belirtilmiştir. Meyve eti sertliği dijital penetrometre (Fruit Pressure Tester FT 327) kullanılarak karşılıklı iki noktadan ölçüm yapılarak belirlenmiştir ve sonuçlar Newton (N) olarak verilmiştir (Sabır 2012). Depolama boyunca meyvelerde meydana gelen renk değişimlerini belirlemek için depodan çıkartılan meyve örnekleri, karşılıklı yüzeylerinde CR 400 model Minolta marka renk cihazı kullanılarak CIE L\* a\* ve b\* değerleri okunarak gerçekleştirilmiştir. Renk değişimlerini belirlemede L\*, Chroma (C\*) değeri ve hue açısı (h°) değerleri hesaplanmıştır (McGuire 1992). Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM), meyvelerin sıklması ile elde edilen meyve sularında, el refraktometresi ile ölçülmüş ve sonuçlar % şeklinde verilmiştir. Titre edilebilir asitlik (TEA), meyvelerden elde edilen meyve suları 0.1 N NaOH ile pH'sı 8.1 oluncaya kadar titre edilmiş ve sonuçlar sitrik asit cinsinden % olarak ifade edilmiştir. Muhafaza edilen çilekler püre haline getirildikten sonra 25 ml metanol ile homojenize edilerek 16 saat 4 °C'de tutulduktan sonra santrifüj edilmiştir. Elde edilen bu ekstraksiyon toplam fenol ve toplam antioksidan analizinde kullanılmıştır (Thaipong ve ark. 2006).

Toplam fenol, Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. Ekstrakte edilen meyve örneğinden 100 µL alınarak üzerine saf su eklenmiş ve balon jöjeye aktarılmıştır. Bu karışım üzerine Folin-Ciocalteu ayracı eklenerek çalkalanmıştır ve 3 dakika süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilerek ve üzeri saf su ile tamamlanmıştır. 25 °C'de 2 saat inkübe edilen çözelti spektrofotometre'de 760 nm dalga boyunda okunarak ve sonuçlar mg g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Singleton ve ark. 1999).

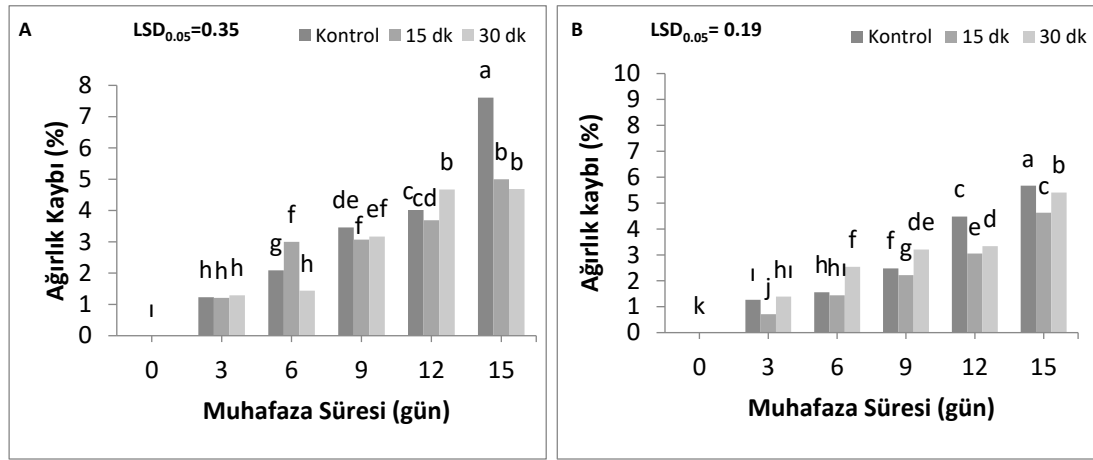
Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesinde Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) metodu uygulanmıştır. 150 µL örnek ekstraktı üzerine 2850 µL FRAP çalışma solüsyonu ilave edilerek 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bu süre sonunda spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Elde edilen değerler 10-100 µmol l<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında hazırlanan trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) standart eğrisi ile hesaplanarak FRAP antioksidan aktivitesi µmol trolox eşdeğeri (TE) g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak ifade edilmiştir (Benzie ve Strain 1996).

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü her tekerrürde 500 gramlık kaseler olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma sonucu elde edilen veriler JMP 5.0.1 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulup, ortalamaları arasındaki farklılıklar Student's t-test çoklu karşılaştırma testine ( $P < 0.05$ ) göre gruplandırılmıştır.

## Bulgular

### Ağırlık Kaybı

Muhafaza süresince her iki çeşitte de meydana gelen ağırlık kaybı üzerine uygulama\*muhafaza süresi interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte ağırlık kaybında artış meydana gelmiştir (Şekil 1). 15 günlük muhafaza süresi sonunda Albion çeşidinde en fazla ağırlık kaybı kontrol grubu meyvelerde meydana gelmiştir (% 7.61). UV-C uygulamalarının ağırlık kaybındaki artışı yavaşlattığı, muhafaza süresi sonunda en düşük kaybın 30 dk UV-C uygulanan meyvelerde meydana geldiği (% 4.69), 15 dk UV-C uygulamasının da istatistiksel olarak bu uygulama ile aynı grupta olduğu görülmüştür (%5.0). Monterey çeşidinde 15 günlük soğukta depolama süresi sonunda meydana gelen ağırlık kaybı % 5.67 (kontrol) ile %4.63 (15 dk UV-C) arasında değişim göstermiştir. Bu çeşitte de ağırlık kaybındaki artışın geciktirilmesinde UV-C uygulaması etkili bulunmuştur.

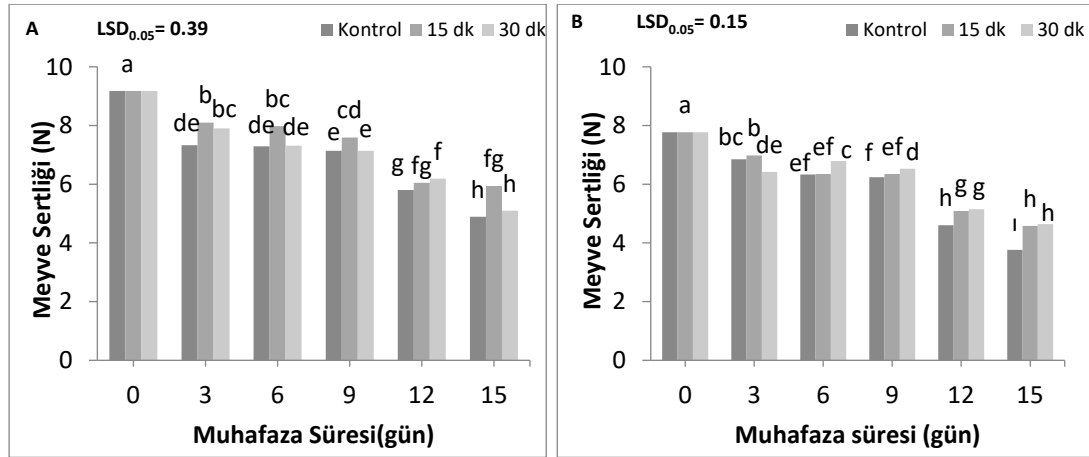


Şekil 1. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çilek çeşitlerinde ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

### Meyve Eti Sertliği

Bahçe ürünlerinde hasattan sonra kaliteyi belirleyen en önemli kalite kriterlerinden birisi meyve eti sertliğidir. Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde hasat sonrası UV-C uygulamalarının meyve eti sertliğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki çeşitte de 15 günlük soğukta depolama süresince meyve sertliği değeri azalırken, UV-C uygulamalarının bu azalışı yavaşlattığı belirlenmiştir (Şekil 2).

Albion çeşidinde başlangıç meyve eti sertlik değeri 9.18 N olarak ölçülmüştür. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte azalan değer en yüksek 15 dk UV-C uygulanmış meyvelerde (5.94 N) ölçülmüştür (Şekil 2A). 30 dk UV-C uygulanan meyvelerin meyve eti sertliği 5.10 N olarak ölçülürken, kontrol grubu meyveler de istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almıştır (4.89 N). Monterey çeşidinde 7.77 N olan başlangıç meyve eti sertliği soğukta depolama süresince azalış gösterirken, bu azalış özellikle muhafazanın 12.gününden itibaren hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 2B). Muhafaza süresi sonunda meyve eti sertliği en yüksek 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde ölçülürken (4.64 N), 15 dk UV-C uygulaması istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (4.58 N). En düşük meyve eti sertlik değeri kontrol grubu meyvelerde ölçülmüştür (3.76 N).



Şekil 2. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çilek çeşitlerinde meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri

### Meyve Rengi

Albion çilek çeşidinde muhafaza süresince hasat sonrası uygulamaların  $L^*$ , C ve Hue açısı değerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte parlaklığı ifade eden  $L^*$  değerinde azalma kaydedilirken, bu azalış en fazla kontrol grubunda, en az 15 dk UV-C uygulanmış meyvelerde gerçekleşmiştir. Meyvede renk yoğunluğunu ifade eden C değerinde de 15 günlük süre boyunca azalma kaydedilirken, en yüksek değer kontrol grubu meyvelerde ölçülmüştür. Meyve rengindeki değişimlerin açısı değeri ile ifade edildiği Hue değerinde muhafaza süresince azalış kaydedilirken, bu azalış en fazla 30 dk UV-C uygulanan meyvelerde gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion çilek çeşidinde meyve rengi ( $L^*$ , C ve Hue açısı) üzerine etkileri

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)					
	0	3	6	9	12	15
$L^*$						
Kontrol	34.53	31.55	30.57	30.25	29.78	29.09
15 d UV-C	34.53	32.35	31.20	30.91	30.07	29.86
30 d UV-C	34.53	32.16	30.54	30.08	30.00	29.46
C						
Kontrol	35.32	35.02	34.91	32.72	31.96	30.52
15 d UV-C	35.32	32.20	31.64	32.43	31.06	30.34
30 d UV-C	35.32	33.39	33.39	31.85	30.88	30.45
Hue						
Kontrol	33.73	33.25	32.62	31.59	31.52	30.23
15 d UV-C	33.73	33.33	33.42	31.99	31.79	31.29
30 d UV-C	33.73	31.29	30.72	31.67	30.82	30.13

LSD<sub>0.05</sub>  $L^*$ = Ö.D., C= Ö.D., Hue= Ö.D.

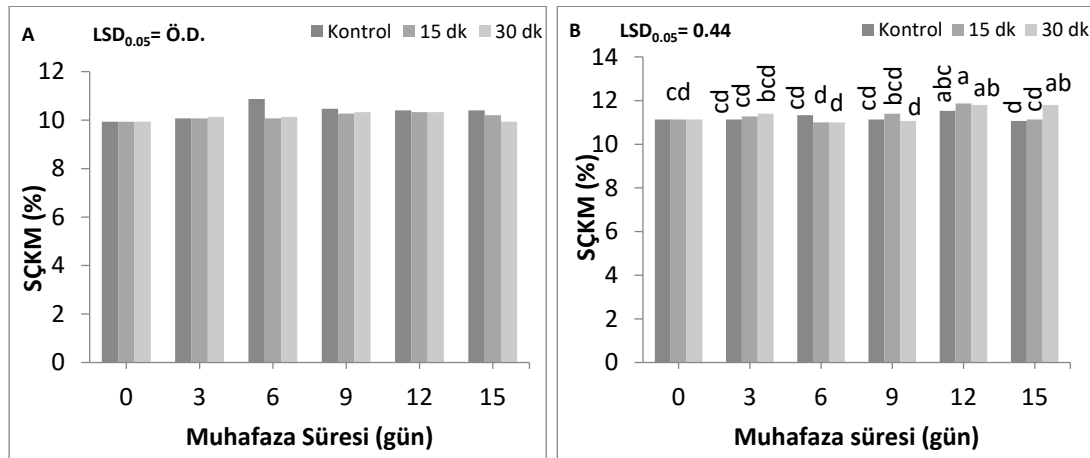
Monterey çilek çeşidinde hasat sonrası UV-C uygulamalarının muhafaza süresince  $L^*$ , C ve Hue açısı değerlerine etkisi Çizelge 2'de gösterilmiştir. Uygulamaların muhafaza süresince C ve Hue açısı değerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken,  $L^*$  değerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte  $L^*$  değerinde azalma meydana gelirken, bu azalış en fazla 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde gerçekleşmiştir (29.79). En yüksek  $L^*$  ise 15 dk UV-C uygulanmış meyvelerde ölçülmüştür (30.62). Renk yoğunluğunu ifade eden C değeri muhafaza başlangıcında 30.19 olarak ölçülürken soğukta depolama süresince azalış göstermiştir. 15 günlük muhafaza süresi sonunda en yüksek C değeri 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde ölçülürken (27.48), bunu sırasıyla 15 dk UV-C (27.34) ve kontrol grubu (26.43) takip etmiştir. Başlangıç değeri 33.08 olarak ölçülen Hue açısı değeri muhafazanın ilerlemesi ile birlikte renkte meydana gelen koyulaşmaya bağlı olarak azalış göstermiştir. Muhafaza süresi sonunda 29.72 (kontrol) ile 26.61 (30 dk UV-C) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 2. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Monterey çilek çeşidinde meyve rengi (L\*, C ve Hue açısı) üzerine etkileri

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)					
	0	3	6	9	12	15
<b>L*</b>						
Kontrol	32.69	31.83	31.96	30.82	30.43	30.17
15 d UV-C		31.93	31.45	31.85	31.11	30.62
30 d UV-C		32.40	31.82	31.92	30.32	29.79
<b>C</b>						
Kontrol	30.19 <sup>c</sup>	30.79 <sup>bc</sup>	29.96 <sup>c</sup>	32.47 <sup>a</sup>	31.96 <sup>ab</sup>	26.43 <sup>fg</sup>
15 d UV-C		27.44 <sup>def</sup>	25.91 <sup>g</sup>	27.86 <sup>de</sup>	28.07 <sup>d</sup>	27.34 <sup>def</sup>
30 d UV-C		25.57 <sup>g</sup>	26.72 <sup>efg</sup>	26.64 <sup>efg</sup>	28.46 <sup>d</sup>	27.48 <sup>def</sup>
<b>Hue</b>						
Kontrol	33.08 <sup>ab</sup>	33.03 <sup>ab</sup>	32.78 <sup>b</sup>	31.75 <sup>c</sup>	31.93 <sup>c</sup>	29.72 <sup>f</sup>
15 d UV-C		33.19 <sup>ab</sup>	33.22 <sup>ab</sup>	31.34 <sup>cd</sup>	30.67 <sup>de</sup>	27.41 <sup>g</sup>
30 d UV-C		33.57 <sup>a</sup>	31.55 <sup>c</sup>	30.34 <sup>ef</sup>	30.37 <sup>ef</sup>	26.61 <sup>h</sup>

LSD<sub>0.05</sub> L\* = Ö.D., C= 1.33, Hue= 0.69*Suda Çözülebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM)*

Albion çeşidinde hasat sonrası UV-C uygulamalarının muhafaza süresince SÇKM değerlerine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Muhafaza başlangıcında % 9.93 olarak ölçülen değer kontrol grubunda ilk 9 gün artış gösterip daha sonra azalma kaydedilmiştir. UV-C uygulanmış meyvelerde ise ilk 12 gün artış gösterirken, 15. günde bir miktar azalış meydana gelmiştir (Şekil 3A). Monterey çeşidinde muhafaza süresince uygulamaların SÇKM değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 3B). Muhafaza başlangıcında % 11.13 olan değer, muhafaza süresi sonunda en yüksek 30 dk UV-C uygulanan meyvelerde ölçülürken (%11.80) bunu sırasıyla 15 dk UV-C uygulaması (% 11.13) ve kontrol grubu takip etmiştir (% 11.07).



Şekil 3. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çilek çeşitlerinde SÇKM (%) üzerine etkileri

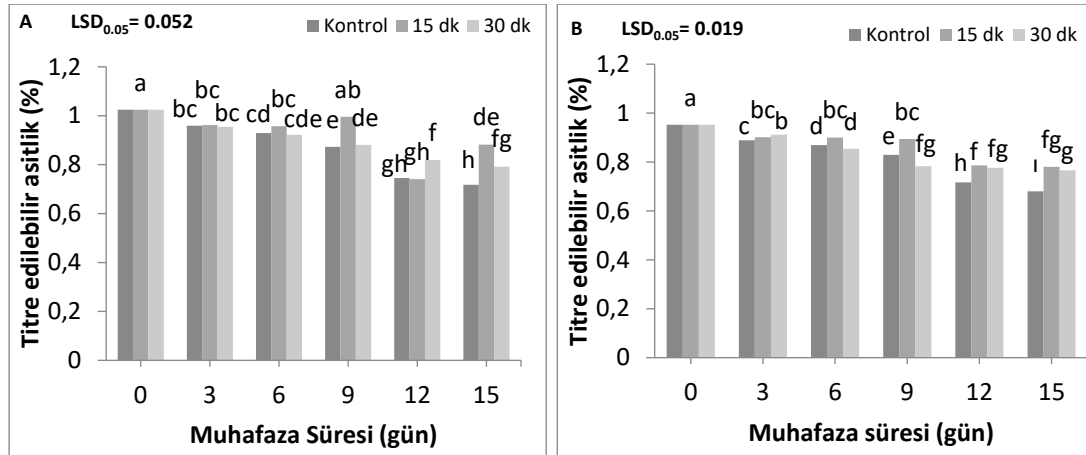
*Titre Edilebilir Asitlik (TEA)*

Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde soğukta muhafaza süresince titre edilebilir asit üzerine etkileri Şekil 4'de verilmiştir. Her iki çeşitte de hasat sonrası yapılan uygulamaların muhafaza süresince TEA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza süresi sonunda tüm gruplarda titre edilebilir asit miktarında başlangıca göre azalmalar meydana gelmiştir.

Albion çeşidinde başlangıçta %1.025 olan TEA değeri muhafazanın 9. gününden itibaren hızlı bir azalış göstermiştir. Bu azalış en hızlı kontrol grubu meyvelerde meydana gelirken, UV-C ışık uygulamalarının TEA'daki azalışı geciktirdiği görülmüştür. Muhafaza süresi sonunda TEA değeri en düşük kontrol grubunda (% 0.718), en yüksek 15 dk UV-C ışık uygulamasında (% 0.882) ölçülmüştür (Şekil 4A).

Monterey çeşidinde TEA değerinin korunmasında UV-C uygulamalarının etkili olduğu belirlenirken, kontrol grubu meyvelerde kayıp daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil 4B). 15 günlük muhafaza süresi sonunda TEA değerinin

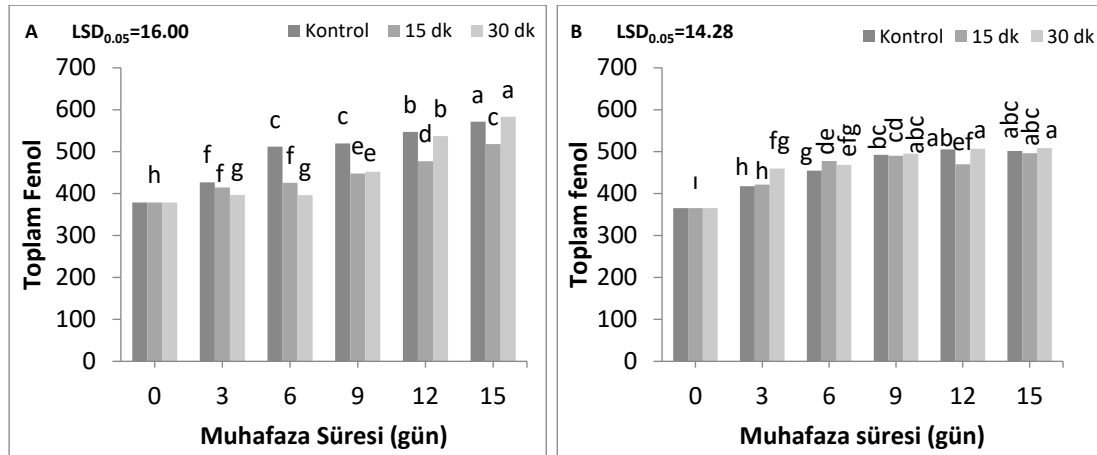
korunmasında en etkili uygulamanın 15 dk UV-C uygulaması olduğu (%0.780) tespit edilmiştir. Bu süre sonunda 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde TEA değeri % 0.766, kontrol grubunda ise % 0.680 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çilek çeşitlerinde TEA (%) üzerine etkileri

#### Toplam Fenol

Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde hasat sonrası UV-C uygulamalarının muhafaza süresince toplam fenol miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki çeşitte de muhafaza süresinin uzaması ile birlikte toplam fenol miktarında artış meydana gelmiştir (Şekil 5). Albion çeşidinde başlangıç toplam fenol miktarı  $378.94 \text{ mg g}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. 15 günlük muhafaza süresi sonunda en yüksek toplam fenol miktarı 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde ölçülürken ( $583.28 \text{ mg g}^{-1}$ ), kontrol grubu meyveler ( $571.72 \text{ mg g}^{-1}$ ) istatistiksel olarak bu uygulama ile aynı grup içerisinde yer almıştır. 15 dk UV-C uygulanmış meyvelerde en düşük toplam fenol miktarı tespit edilmiştir ( $518.17 \text{ mg g}^{-1}$ ) (Şekil 5A). Monterey çeşidinde muhafaza başlangıcında  $365.38 \text{ mg g}^{-1}$  olarak ölçülen değer depolamanın ilk 3 gününde hızlı bir artış göstererek muhafaza süresi sonunda  $508.72 \text{ mg g}^{-1}$ -  $496.28 \text{ mg g}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. 15 günlük muhafaza süresi sonunda en fazla artış 30 dk UV-C uygulanan meyvelerde meydana gelirken ( $508.72 \text{ mg g}^{-1}$ ), bu değeri sırasıyla kontrol ( $501.72 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve 15 dk UV-C uygulanan meyveler ( $496.28 \text{ mg g}^{-1}$ ) takip etmiştir (Şekil 5B).



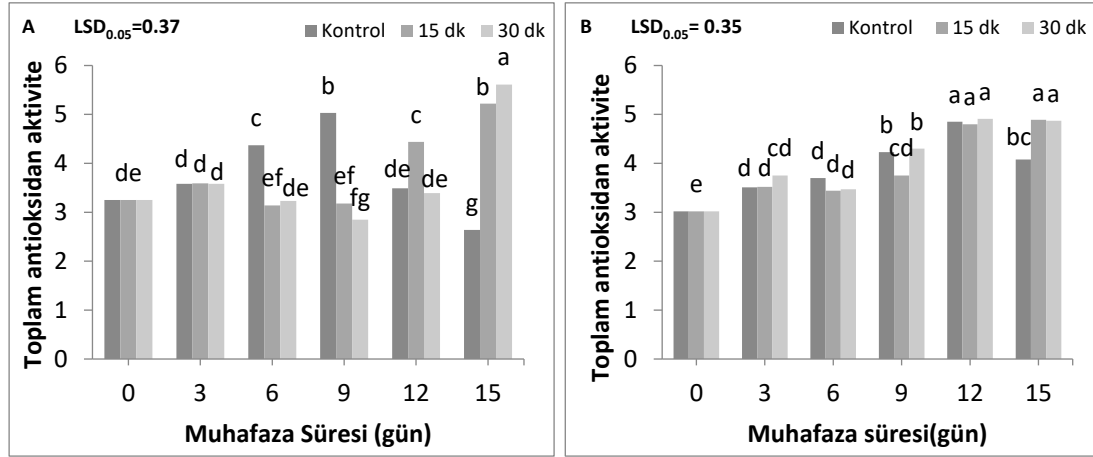
Şekil 5. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çilek çeşitlerinde toplam fenol miktarı üzerine etkileri

#### Toplam Antioksidan Aktivite

Albion ve Monterey çilek çeşitlerinde hasat sonrası UV-C uygulamaların soğukta muhafaza süresince toplam antioksidan aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Albion çeşidinde muhafaza başlangıcında  $3.25 \mu\text{mol g}^{-1}$  olarak ölçülen başlangıç değeri kontrol grubu meyvelerde ilk 9 gün hızla artarken, bu süre sonunda değerde azalış kaydedilmiştir (Şekil 6A). UV-C uygulamalarının genel olarak daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Muhafaza süresi sonunda en yüksek antioksidan aktivite 30 dk UV-C uygulanmış meyvelerde ölçülürken ( $5.61 \mu\text{mol g}^{-1}$ ), bunu sırasıyla 15 dk UV-C ( $5.22 \mu\text{mol g}^{-1}$ ) ve kontrol uygulamaları ( $2.64 \mu\text{mol g}^{-1}$ ) takip etmiştir. Monterey çeşidinde  $3.02 \mu\text{mol g}^{-1}$  olan başlangıç antioksidan

değeri muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte artmış ve 4.08  $\mu\text{mol g}^{-1}$ (kontrol) ile 4.89 $\mu\text{mol g}^{-1}$  (15 dk UV-C) arasında değişim göstermiştir. Muhafaza süresinin sonunda antioksidan aktivite değerinde UV-C uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır (Şekil 6B).



Şekil 6. Hasat sonrası UV-C uygulamalarının Albion (A) ve Monterey (B) çiçek çeşitlerinde toplam antioksidan aktivite üzerine etkileri

## Tartışma ve Sonuç

Ağırlık kaybı soğukta depolama süresince ürünlerde kalite kayıplarına neden olan en önemli kalite özelliklerinden birisidir. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte çiçeklerde ağırlık kayıplarında artışlar meydana gelirken, bu kayıpların azaltılmasında hasat sonrası uygulamaların etkili olduğu bilinmektedir (Küçükbasmacı ve ark. 2005; Öz ve Kafkas 2015). Bögürtlen (Xu ve ark. 2016) ve longan (Lin ve ark. 2017) meyvelerinde hasat sonrası UV-C ışık uygulamasının tek başına veya farklı uygulamalarla birlikte kullanımının ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğu belirtilmiştir. Albion ve Monterey çiçek çeşitlerinde hasat sonrası UV-C ışık uygulamalarının ağırlık kaybını azaltmadaki olumlu etkisi ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlar araştırmacıların bu bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Bahçe ürünlerinde hasat sonrası meydana gelen sertlik kaybı ürünlerin tüketici tercihlerini olumsuz etkilemektedir. Meyvedeki bu yumuşamanın temel nedeni hücre duvarlarında meydana gelen enzimatik yıkımlardır (Majeed ve Jawandha 2016). Öz ve Kafkas (2015) 'Festival' çiçek çeşidinde muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte sertliğin azaldığını, Pan ve ark. (2004) hasat sonrası UV-C ışık uygulamasının sıcak hava ile birlikte kullanıldığında çiçeklerde sertlik değerinin korumada etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre UV-C uygulamasının kontrol ile karşılaştırıldığında sertliği korumada etkili olduğu, bu etkinin hasat sonrası diğer kaliteyi artırıcı uygulamalarla birlikte kullanıldığında etkisinin artabileceği düşünülmektedir.

Çiçekte hasat sonrası renk ve parlaklık meyve kalitesinde önemli parametrelerden birisidir. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte azalan parlaklık ve Hue açısı değerlerinin azalış oranı hasat sonrası uygulamalarla geciktirilebilmektedir (Küçükbasmacı ve ark. 2005; Öz ve Kafkas 2015). Çiçekte UV-C uygulamalarının sıcak su ile birlikte kullanıldığında L ve Hue açısı değerlerindeki değişimin daha az gerçekleştiği belirtilmiştir (Pan ve ark. 2004). Elde ettiğimiz sonuçlar araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Üzüm meyveler besinsel ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle son yıllarda önemi artan ve 'süper meyve' olarak adlandırılan meyve türlerindedir (Huang ve ark. 2012). Panico ve ark. (2009) çiçek meyvelerinin antosiyanin ve fenolik bileşikleri ile bağlantılı olarak yüksek antioksidan içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayala-Zavala ve ark. (2004) çiçeklerde depolama süresinin artması ile birlikte antioksidan içeriğinde artış meydana geldiği, bu artışın depolama sıcaklığından etkilendiği düşük depolama sıcaklığında değişimin daha sınırlı kaldığını bildirmişlerdir. Erkan ve ark. (2008) 5 ve 10 dakika UV-C ışık uygulamalarının çiçeklerde oksijen radikal absorpsiyon değeri (ORAC) olarak değerlendirilen antioksidan kapasitesinin artırılmasında en iyi sonucu verdiğini belirtmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Alibon ve Monterey çiçek çeşitlerinde hasat sonrası farklı dozlarda UV-C (15 ve 30 dk) uygulamasının soğukta depolama süresince meyve kalitesine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, UV-C ışık uygulamasının kontrol ile karşılaştırıldığında ağırlık kaybının azaltılması, meyve sertliği ve titre edilebilir asitlik değerindeki azalışın geciktirilmesi ve toplam antioksidan değerindeki artışın sağlanmasında etkili olduğu belirlenmiştir. 15 dk UV-C uygulamasının çiçekte önemli birçok hasat sonrası kalite özelliklerini korumada 30 dk UV-C uygulamasına göre daha etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, 15 dk UV-C uygulamasının Albion ve Monterey çiçek

çeşitlerinde 15 günlük soğukta depolama süresince kalite özelliklerini koruyarak muhafaza ömrünü uzatmada etkili bir uygulama olabileceği sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışmayı 17402019 no'lu proje ile destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimine teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Ayala-Zavala JF, Wang CY, Wang SY, González-Aguilar GA (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT - Food Sci. Tech.* 37(7): 687-695.
- Benzie IFF, Strain JJ (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239:70-76.
- Erkan M, Kardeşin Yıldırım I, Pekmezci M (2017). Paketleme Evi Uygulamaları ve Derim Sonrası İşlemler. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması. (Ed: Türk, R., Güneş, N.T., Erkan, M., Koyuncu, M.A.). Somtaç Yayınları Ders Kitabı No:1, s. 185-224.
- Erkan M, Karhan M, Kardeşin I, Şahin G, Selçuk N, Turhan İ, Tetik N (2009). Modifiye atmosferde muhafaza ve ultraviyole-C (UV-C) uygulamalarının kabuklu ve danelenmiş narların antioksidan aktivitesi ve derim sonrası fizyolojileri üzerine etkileri. TÜBİTAK-TOVAG 106 O 407 nolu Proje Sonuç Raporu, 100 s.
- Erkan M, Wang SY, Wang CY (2008). Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 48 (2): 163-171.
- Hancock JF (1999). Strawberries. Printed & Bound in the UK at University Press, Cambridge p 231.
- Huang W, Zhang H, Liu W, Li C (2012). Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. *Journal of Zhejiang University Science B.* 13(2):94-102.
- Kafkas E (2017). Strawberry growing in Turkey: current status and future prospects. *Acta Hort.* 1156: 903-908.
- Kasım M, Kasım R (2007). Sebze ve meyvelerde hasat sonrası kayıpların önlenmesinde alternatif bir uygulama: UV-C. *Tarım Bilimleri Dergisi* 13 (4): 413-419.
- Küçükbaşmacı F, Özkaya O, Tülücü S, Paydaş S, Açar İT (2005). Camarosa çilek çeşidinde basınçlı hava ile ön soğutma ve modifiye atmosfer torbalarının meyve kalitesi üzerine etkileri. *Ç.Ü. Z.F. Dergisi* 20: 103-110.
- Lin MG, Lasekan O, Saari N, Khairunniza-Bejo S (2017). The effect of the application of edible coatings on or before ultraviolet treatment on postharvested longan fruits. *Hindawi Journal of Food Quality*, Volume 2017, Article ID 5454263, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/5454263>
- Majeed R, Jawandha SK (2016). Enzymatic changes in plum (*Prunus salicina* Lindl.) subjected to some chemical treatments and cold storage. *J Food Sci Technol* 53(5):2372-2379.
- McGuire RG (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27 (12): 1254-1255.
- Öz AT, Kafkas E (2015). Muhafaza süresinin ‘Festival’ çilek çeşidi meyvelerinde fiziksel özelliklere ve biyokimyasal bileşimine etkisinin belirlenmesi. *YYÜ Tar Bil Derg* 25(2): 105-112.
- Pan J, Vicente A, Martinez GA, Chavesand A, Civello M (2004). Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *J Sci Food Agric* 84: 1831-1838.
- Panico AM, Garufi F, Nitto S, Di Mauro R, Longhitano RC, Magri G, Catalfo A, Serrentino ME, De Guidi G (2009). Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. *Pharmaceutical Biology* 47(3): 203-208.
- Sabır FK (2012). Stanley erik çeşidinde kalsiyum klorür ve modifiye atmosfer paketlemenin muhafaza süresi ve kalite üzerine etkileri. V. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 18-21 Eylül 2012, 123-128, İzmir.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventó RM (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: *Methods in enzymology* (Ed. by L. Packer).
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros ZL, Byrne DH (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compost and Analysis*, 19: 669-675.
- Turhan İ, Topuz A, Tetik N, Karhan N (2006). Meyve ve sebzelerin muhafazasında ultraviyole ışık uygulamaları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Antalya. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Turtoi M (2013). Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: A review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 19(3): 325-337.
- Usall J, Ippolito A, Sisquella M, Neri F (2016). Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 122: 30-40.
- Xu F, Wang S, Xu J, Liu S, Li G (2016). Effects of combined aqueous chlorine dioxide and UV-C on shelf-life quality of blueberries. *Postharvest Biol. Technol.* 117: 125-131.