

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Taze Kesilmiş Ispanaklarda Farklı Dalga Boyundaki Ultraviyole Işınlarnın Hasat Sonrası Kaliteye Etkisi

M.Ufuk KASIM*, Rezzan KASIM

Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Meslek Yüksekokulu, Kartepe, Kocaeli
*e-posta: mukasim@kocaeli.edu.tr; Tel: +90 262 351 32 81/162; Fax: +90 262 351 32 83

Özet: Bu çalışma, farklı dalga boylarına sahip, ultraviyole (UV) radyasyonunun taze kesilmiş ıspanakların muhafazasında kalite korunması, klorofil kaybı ve enfeksiyon oluşumunu engellemedeki etkisinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Bu amaçla, taze kesilmiş ıspanaklara; UV-A (12.96 kJ m^{-2}), UV-B (3.65 kJ m^{-2}) ve UV-C (2.83 kJ m^{-2}) olmak üzere 3 farklı UV radyasyonu yapılmış ve uygulama yapılmayan örnekler kontrol grubu olarak kullanılmıştır. UV radyasyon uygulanan ıspanaklar Polietilen teraftalat (PET) ambalajlar içerisinde $5\pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık ve %90-95 oransal nem içeren soğuk depoda muhafaza edilmiştir. 21 günlük muhafaza süresince depolama başlangıcında ve haftalık aralıklarla, ağırlık kaybı, klorofil miktarı, sararma oranı, iyon sızıntısı, enfeksiyon oranı, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı ve renk ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlara göre UV-A'nın enfeksiyonu kısmen baskılaması dışında olumlu bir etkisi tespit edilmezken; UV-C ve UV-B radyasyon uygulamaları enfeksiyonu engellemede UV-A'ya göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca UV-B uygulaması SÇKM miktarının korunmasını, sararmının ve klorofil kaybının geciktirilmesini sağlayarak, taze kesilmiş ıspanakların kalitesinin korunmasında hem UV-A hem de UV-C uygulamalarından daha etkili olmuştur.

Anahtar kelimeler: Enfeksiyon, Ispanak, Kalite, Taze kesilmiş, Ultraviyole radyasyonu

Effects of the Different Wavelength Ultraviolet Radiation on Postharvest Quality of Fresh-cut Spinach

Abstract: This research was carried out to determine the effects of ultraviolet irradiation that has different wavelength, on maintaining quality, preventing chlorophyll loss and infection formation of fresh-cut spinach leaves during storage. For this purpose, three different ultraviolet irradiation including UV-A (12.96 kJ m^{-2}), UV-B (3.65 kJ m^{-2}) and UV-C (2.83 kJ m^{-2}) was used, and untreated samples evaluated as controls. The fresh-cut spinach both in control and ultraviolet irradiation treatments were placed in polyethylene terephthalate (PET) package with cover, and stored in a cold room at $5\pm 1^\circ\text{C}$ temperature and 90-95% relative humidity. Weight losses, chlorophyll content, yellowing ration, electrolyte leakage, infection rate, total soluble solids (TSS) and color value of fresh-cut spinach were determined at the beginning and weekly intervals of storage during 21 days. According to the results, it was determined that UV-A had no positive effect except suppressed of infections; while UV-C and UV-B given better results with regard to prevent infection that UV-A. Also, the UV-B treatment was more effective compared to both UV-A and UV-C in terms of protecting quality of fresh-cut spinach leaves, because of providing maintain TSS content, delay yellowing and loss of chlorophyll.

Keywords: Infection, Spinach, Quality Fresh-cut, Ultraviolet irradiation

Giriş

Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) düşük sodyum içeriği; bitki besin elementleri ve klorofil içeriği bakımından doğanın en iyi kaynaklarından biridir (Kaur ve ark. 2011). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde 2014 yılında 171 145 dekar alanda 207 676 ton ıspanak üretilmiş (TÜİK 2014) ve ülkemiz 23 231 898 ton olan dünya üretiminde Çin, ABD ve Japonya'dan sonra 4. sırada yer almıştır (FAOSTAT 2013). Tüm yeşil yapraklı sebzelerde olduğu gibi ıspanakta da yaprakların tazeliği, temizliği ve homojen yeşil bir renkte olması önemlidir (Medina ve ark. 2012). Ancak ıspanak tüketiminde

karşılaşılan en önemli sorunlarından birisi kullanılmadan önce yıkama, ayıklama ve doğrama işçiliği ve süresinin oldukça yüksek olmasıdır.

Gelişen dünya ve özellikle çalışan insanların iş yoğunluğunun artışı, zamanlarının sınırlılığı ve ekonomik seviyelerindeki yükselme nedeni ile hazır ürünlere talep giderek artmıştır (Martin-Diana ve ark. 2007, Kaur ve ark. 2011). Bu sebeplerden dolayı, daha pratik olması açısından taze kesilmiş meyve ve sebzelerin kullanımında hızla artmıştır. Taze kesilmiş meyve ve sebze; yıkanmış, ayıklanmış, soyulmuş, doğranmış yada dilimlenmiş, tüketilmeye yada pişirilmeye hazır ve ağız sıkıca kapalı uygun polimerik bir ambalaj içindeki gıdalardır. Bu gıdalar taze kesilmiş, minimal işlenmiş, tüketime hazır meyve-sebze gibi isimlerle de adlandırılmaktadır (James ve Ngarmasak 2010; Barry-Ryan ve O'Beirne 1998, Kaur ve ark. 2011).

Taze kesilmiş ürünlerdeki en önemli sorun, depolama süresinin bütün (kesilmemiş) ürünlere göre daha kısa olmasıdır. Çünkü bu ürünlerde kesim nedeniyle solunum hızının artması sonucu, su kaybı, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmada artış olmakta, dolayısıyla, taze kesilmiş sebzelerde bozulmalar duysal kayıplar (renk, doku, lezzet, veya aroma) sonucunda oluşan mikrobiyolojik bozulmalardan kaynaklanmaktadır (Piagentini ve Güemes 2002).

Taze kesilmiş sebzeler kullanıma hazır olduklarından dolayı özellikle çalışan kişiler için oldukça cazip hale gelmiştir. Ancak bu ürünlerde kesim yüzeyinde meydana gelen doku hasarları mikrobiyal büyüme için ideal bir ortam sağlamaktadır. Mikrobiyal kontaminasyonu azaltmak için, taze kesilmiş ürünlerde dezenfeksiyon ajanları olarak sodyum hipoklorit (NaOCl) ve asitleri kullanılmaktadır. Ancak bu ürünler insanlar için zararlı olan trihalometan ve kloramin gibi yan ürünlerin oluşmasına neden olduklarından, alternatif dezenfektan maddeler ile çalışılması gerekmektedir (Escalona ve ark. 2010).

Bu amaçla ultraviyole (UV) radyasyonu kimyasal maddelere bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. UV radyasyon dört farklı dalga boyu aralığında sınıflandırılmaktadır: 315-400 nm dalga boyundaki UV-A, insan derisinde bronzlaşmaya neden olurken; UV-B (280-315 nm), cilt yanmalarına ve sonuçta deri kanserine yol açmaktadır. 200-280 nm dalga boyundaki UV-C ise bakteri ve virüsleri inaktive etmekte, dolayısıyla dezenfektan amaçlı kullanılmaktadır. Vakum şartlarında iletilen vakum UV (100-200 nm), hemen hemen tüm maddeler tarafından absorbe edilebilmektedir (Koutchma 2009).

UV-C konusunda yapılan çalışmalar oldukça fazla olmasına karşın UV-B ve UV-A radyasyonu ile ilgili çalışmalar henüz daha yeni olduğundan fazla bir bilgi bulunmamaktadır (Ribeiro ve ark. 2012). UV-C radyasyonunun en önemli etkisi, mikroorganizmaları inaktive ederek, çürüme ve yaşlanmayı geciktirmektir (Escalona ve ark. 2010, Artés-Hernández ve ark. 2009). Ayrıca üşüme zararının engellenmesi, yaşlanmanın geciktirilmesi ve kabuk dokusunun güçlendirilmesi amacı ile de kullanılmaktadır (Kasım ve Kasım 2007, Kasım ve Kasım 2014). UV-A ve UV-B uygulamaları daha çok kalitenin korunması (renk koruma, antosiyanin ve likopenin artırılması, üşüme zararı, antioksidan madde seviyesinin, şeker miktarı) amacıyla kullanılmıştır (Aiama-or ve ark. 2010, Castagna ve ark 2013, Maneerat ve ark. 2003, Kasım ve Kasım 2015b, Liu ve ark. 2011).

Ultraviyole radyasyonunun enfeksiyon ve kalite korunumu konusundaki çalışmalarda farklı dalga boylarının etkisine yönelik çalışmalar oldukça sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu amaçla bu çalışmada taze kesilmiş ıspanaklarda farklı UV dalga boylarının (UV-A, UV-B, UV-C) kalite korunumu, klorofil kaybı ve enfeksiyon oluşumunu engellemedeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca farklı dalga boyundaki UV uygulamaları karşılaştırılarak, UV-C'ye alternatif olup olamayacağı sorusunu cevaplamakta çalışmanın amaçları arasındadır.

Materyal ve Yöntem

Bitkisel Materyal

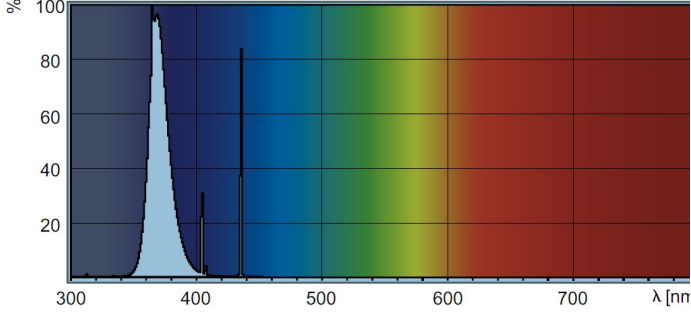
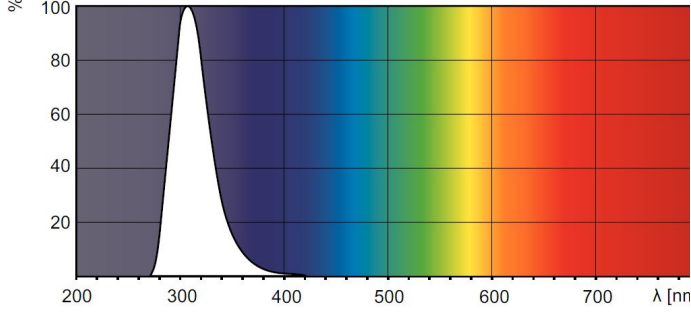
Denemede kullanılan ıspanaklar (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador), Kocaeli ili Kandıra ilçesindeki bir üretici arazisinden hasat edilerek 45 dakika içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Kök kısımları kesilerek uzaklaştırılan ıspanaklar yaprak boyutuna göre 2 ya da 3 parçaya bölünmüştür. Doğranan ürünler önce musluk suyunda yıkanarak temizlenmiş, ardından yüzey dezenfeksiyonu için %1 klor ve %1 sirke içeren çözeltide 60 saniye bekletilmiştir. Yıkama ve yüzey dezenfeksiyonunun ardından santifrijlü salata

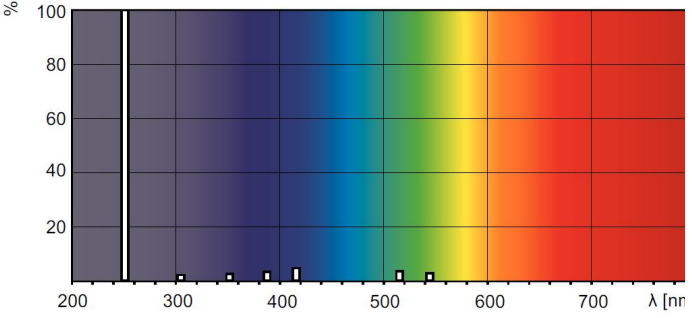
kurutucusunda suyu uzaklaştırılmış ve 15 dakika oda koşullarında kurutma kağıdı üzerinde kurutulmuştur.

Ultraviyole radyasyonu uygulamaları

Kurutulan ıspanaklar bir grubu kontrol olmak üzere 4 gruba ayrılarak ultraviyole uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalarda Ultraviyolenin 3 farklı dalga boyu kullanılmıştır. Bu dalga boylarına ilişkin veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Ispanaklar ultraviyole ışığın altında UV-A’da 16 dk (8 dk bir yüz+8 dk diğer yüz), UV-B’de 8 dk (4 dk bir yüz+4 dk diğer yüz) ve UV-C’de 4 dk (2 dk bir yüz+2 dk diğer yüz) süreler ile tutulmuş ve uygulanan toplam radyasyon miktarı da Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan Ultraviyole radyasyonları ve özellikleri

Uygulama Adı	Özellikleri	Işık Spektrumları
Ultraviyole A (UV-A)	<p>Dalga boyu 350-400 nm (pik yoğunluğu 370 nm)</p> <p>Işık Kaynağı TL 60W/10-R SLV, Philips, Hollanda</p> <p>Doz: 12.96 kJ m⁻²</p>	 <p>Kaynak: http://download.p4c.philips.com/lfb/f/fp-928008401003/fp-928008401003_pss_en_aa_001.pdf</p>
Ultraviyole B (UV-B)	<p>Dalga boyu 290-315 nm (pik yoğunluğu 305 nm)</p> <p>Işık Kaynağı TL 40 W/12 RS Philips, Hollanda</p> <p>Doz: 3.65 kJ m⁻²</p>	 <p>Kaynak: http://download.p4c.philips.com/lfb/f/fp-928011301201/fp-928011301201_pss_en_aa_001.pdf</p>

Ultraviyole C (UV-C)	Dalga boyu 250-256 nm(pik yoğunluğu 254 nm)	
	Işık Kaynağı TUV 30 W/T8, Philips, Hollanda Doz: 2.83 kJ m ⁻²	

Ambalajlama ve depolama koşulları

Uygulamalar yapıldıktan sonra ıspanaklar 115 x 115 x 58 mm boyutlarında kendinden sızdırmaz kapakları bulunan PET (Polietilen teraftalat) ambalaj malzeme içerisine yerleştirilmiştir. Her ambalaja 65 g örnek konulmuştur. Ambalajlanan ürünler 5±1°C sıcaklık ve %90-95 nem içeren soğuk odada 21 gün boyunca depolanmıştır. Depolama başlangıcında ve depolama süresince her 7 günde bir ölçüm ve gözlemler yapılmıştır.

Renk ölçümleri

Bu amaçla L*, a* ve b* değerleri, üzerinde D65 lambası olan CR-400 renkölçer ile (Konica Minolta, Inc. Osaka, Japan) ölçülmüştür. Ölçümler yapılmadan önce cihaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir. Buna göre L* (0 = siyah, 100 = beyaz), a* (+ kırmızı, - yeşil), ve b* (+ sarı, - mavi) rengi ifade etmektedir. Yapılan ölçümler kullanılarak açı değeri (h°) ve toplam renk değişimini ifade eden ΔE değerleri aşağıdaki eşitlikler aracılığı ile hesaplanmıştır. (Kasım ve Kasım 2015a).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L^*)^2 + (a_0 - a^*)^2 + (b_0 - b^*)^2}$$

$$h^\circ = 180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

Ağırlık kaybı

Başlangıçta her uygulamadan 3'er kutu örnek ağırlık kaybı ölçümleri için ayrılmış ve her analiz döneminde tartılmıştır. Ağırlık kayıpları başlangıç değerine göre % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$A.K.(\%) = ((\text{başlangıç ağırlığı} - \text{analiz dönemindeki ağırlık}) \times 100) / \text{başlangıç ağırlığı}$$

Klorofil ölçümü

Klorofil ölçümleri ürün parçalanmadan Spad-502 Plus (Konica Minolta, Inc. Osaka, Japan) klorofil ölçer ile ölçülmüştür. Bu amaçla her kutudan 10 yaprak parçası kullanılmış ve sonuçlar SPAD cinsinden verilmiştir.

Suda çözünabilir kuru madde miktarı

Mikro sıkıcı kullanılarak ıspanak yapraklarından elde edilen öz suyu, Atago DR-A1 digital refraktometre (Atago Co. Ld., Japan) kullanılarak 20 °C'de ölçülmüş ve (%) olarak belirlenmiştir.

Sararma ve enfeksiyon oranı

Her analiz döneminde kutu içinde sararan ve enfeksiyon olan yaprakların sayısı kutudaki toplam yaprak sayısına oranlanarak ve (%) olarak hesaplanmıştır.

İyon Sızıntısı

Elektrolit iyon sızıntısı ölçümleri için ıspanak yapraklarından 5 adet 1 cm genişliğinde şeritler alınmış, iki kez 50 mL destile su ile yıkanmış ve 50 mL destile su içerisinde 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonunda çözeltideki elektriksel iletkenlik (EC) değeri ölçülmüş ve örnekler dondurulmuştur. Donmuş örnekler çözündürülerek, çözelti sıcaklığı 18°C'ye ulaştığında yapılan EC ölçümü ile başlangıç EC değeri oranlanarak (%) olarak iyon sızıntısı tespit edilmiştir (Kasım ve Kasım 2014).

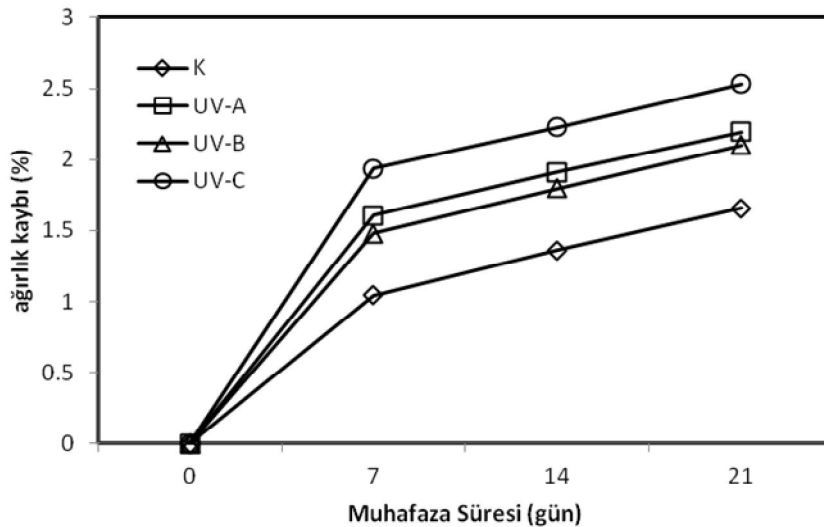
İstatistiksel analiz

Deneme tesadüf parselleri deneme deseni faktöriyel (ultraviyole uygulamaları x muhafaza süresi) düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Verilere SPSS 16.0 istatistik programı kullanılarak varyans analizi yapılmış ve ortalamaların karşılaştırılması için de Duncan testi uygulanmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Ağırlık Kaybı

Tüm uygulamalarda muhafaza süresince ağırlık kaybında bir artış tespit edilmiş, 21 günlük muhafaza süresinde en yüksek ağırlık kaybı %2.53 ile UV-C uygulamasında, en düşük ise %1.65 ile kontrol grubunda gerçekleşmiş (Şekil 1), dolayısıyla ultraviyole uygulamalarının ağırlık kaybını artırdığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmeler sonucunda kontrol grubu ile UV-B uygulaması arasındaki farkın önemsiz olduğu; ancak UV-C ve UV-A arasındaki farklılığın %5 hata sınırları içerisinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). Ispanakta pazarlanabilir kalite açısından %3 su kaybı sınır değer olarak ifade edilmektedir (Sams 1999). Bu çalışmamızda örneklerin su kaybında artış olmakla birlikte, sınır değere ulaşılmamıştır. Taze kesilmiş ürünlerde ürünün bütünlüğünün bozulması, hücre ve dokularda kesimden kaynaklanan hasarların olması nedeni ile su ve ağırlık kaybı fazla olmaktadır (Garcia ve Barrett 2002). Charles ve ark. (2008) domateslerde UV-C uygulamalarının epikütikular mum miktarında değişime neden olduğunu bildirmişlerdir. Ispanakta da UV uygulamaları ile epikütikular dokuda meydana gelen değişim nedeni ile ağırlık kaybının arttığı görülmektedir. Bu durumun kesimlerle ilişkili olmadığı UV şiddetine bağlı olarak arttığı; radyasyon gücü daha yüksek olan UV-C radyasyonunun daha düşük şiddette uygulanmış olsa da dokuları diğer UV dalga boylarına ve kontrole göre daha fazla tahrip ettiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 1. Muhafaza süresince taze kesilmiş ıspanaklarda meydana gelen ağırlık kaybı değişimleri

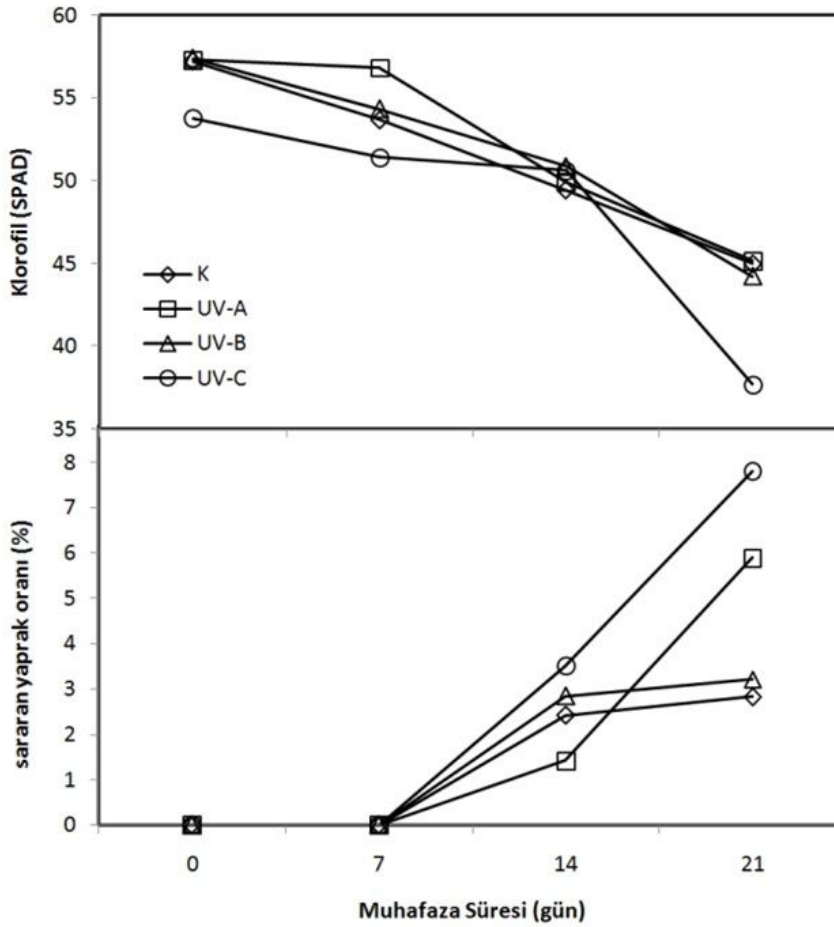
Çizelge 2. Yapılan varyans analizi sonucu elde edile F değerleri ve önemlilik durumları

Vary.Kayn.	Ağırlık Kaybı	Klorofil	SÇKM	Elektrolit	Sararma Oranı	Enfeksiyon	ΔE
Muh.Süresi	60.342**	80.484**	13.579**	30.218**	10.535**	114.334**	125.277**
Uygulama	5.024**	7.114**	1.549öd	0.067öd	0.850öd	16.009**	4.356*
MS.xUyg.	0.559öd	1.766öd	2.260*	0.617öd	0.698öd	11.410**	4.177**

MS: muhafaza süresi, Uyg: Uygulamalar, (*): ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 hata sınırlarına göre önemli, (**):ortalamalar arasındaki farklılıklar %1 hata sınırlarına göre önemli, öd: önemli değil

Klorofil ve sararma oranı

Meyve ve sebzelerde yeşil rengi veren klorofil muhafaza süresince parçalanmakta ve sonuçta sararma meydana gelmektedir. (Toivonen ve Brummell 2008). Ispanak yapraklarında SPAD ölçümü ile belirlenen klorofil miktarı depolama süresince azalmıştır. Ancak UV-C uygulamasının taze kesilmiş ıspanaklarda uygulamadan hemen sonra yapılan ölçümlerde çok hızlı bir şekilde klorofil parçalanmasına neden olduğu ve muhafaza süresince diğer uygulamalara göre bu örneklerin klorofil miktarının daha düşük olduğu dikkat çekici bir sonuçtur. (Şekil 2). UV-A uygulaması klorofil parçalanmasını 1 haftalık dönemde engellemiş, ancak bu etkisini daha sonraki dönemde devam ettirememiştir. Depolama süresince uygulama ortalamalarının klorofil miktarı en düşük UV-C (48.39) uygulamasından elde edilirken bu uygulamayı kontrol (51.33), UV-A (52.31) ve UV-B (51.71) uygulamaları izlemiş ve uygulamalar arasındaki farklılık %5 hata sınırları içerisinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2).



Şekil 2. Taze kesilmiş ıspanaklarda muhafaza süresince klorofil (SPAD) miktarı ve sararma oranlarındaki değişim.

Sararma oranları da klorofil miktarı ile paralellik göstermiştir. Yapraklarda klorofil parçalanmasına bağlı olarak gerçekleşen sararma ilk olarak 14. günde görülmeye başlamıştır. Bu dönemde sararma oranı %1.42 (UV-A) ile %3.51 (UV-C) arasında değişmekle beraber uygulamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Depolamanın 21. gününde sararma oranlarının özellikle UV-C ve UV-A uygulamalarında arttığı tespit edilmiştir.

Aiamala-or ve ark. (2009) 2 farklı UV-A ve 5 farklı UV-B dozunun brokolide sararma üzerine etkilerini incelemiş, UV-A'nın sararmayı geciktirmekte bir etkisinin olmadığını, UV-B'nin ise klorofil parçalanması ve sararmayı geciktirdiğini tespit etmiş ve UV-B uygulamasının sararmayı geciktirmesinde klorofili parçalayan enzimlerin aktivitesini baskı altına almış olabileceği olarak ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmada UV-C uygulamasının klorofil parçalanmasını başlangıçtan itibaren artırdığı, depolama sonunda da en düşük klorofil miktarının UV-C uygulanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık UV-A ve UV-B uygulanan ıspanak yapraklarında klorofil miktarının daha iyi korunduğu tespit edilmiştir.

Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM)

Genel olarak hasat sonrasında ürünlerden meydana gelen su kaybı ile beraber SÇKM miktarında artışlar meydana gelmektedir. Özellikle polimerik bir ambalaj içinde olmayan yapraklı ürünlerde bu değer çok yükselebilmektedir. Nitekim bu çalışmada da başlangıçta %4.3 olan SÇKM değeri tüm uygulamalarda yükselmiştir (Şekil 3). Bu yükseliş 21. günde K, UV-A ve UV-C uygulamalarında hemen hemen aynı seviyelerde kalırken (sırası ile %5.3, %5.4 ve %5.4) UV-B'de daha düşük (%5.0) olduğu tespit edilmiş ve elde edilen farklılık %5 hata sınırları içerisinde de önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Karbonhidratlar kök-yumru sebzelerde fazla miktarda bulunan ve kuru ağırlığının %50-80'ini oluşturan kimyasal bileşiklerdir. Ispanakta ise toplam karbonhidrat miktarı %4.3 (100 g yenilebilir porsiyonda)'dür. Çözülebilir karbonhidratlar depo karbonhidratlarının parçalanması sonucu veya diğer organlardan taşınan şekerlerden oluşmaktadır. Ispanağın fruktoz içeriği yaprakların fotosentez hızının yüksek olması nedeniyle fazladır (Manes ve Perkins-Veazie 2003). Bitkilerde stres şartlarında savunma mekanizması devreye girerek metabolizma faaliyetlerinde artışa neden olmaktadır. Minimal işleme solunum ve transpirasyon gibi metabolik faaliyetlerinin artmasına neden olmakta; dolayısıyla depo karbonhidratları çözünebilir karbonhidratlara dönüşümünü hızlandırmaktadır. Yapılan denemede de, SÇKM miktarının tüm uygulamalarda yüksek bulunması, stres şartları nedeniyle metabolizma hızının artmasından kaynaklanmıştır.

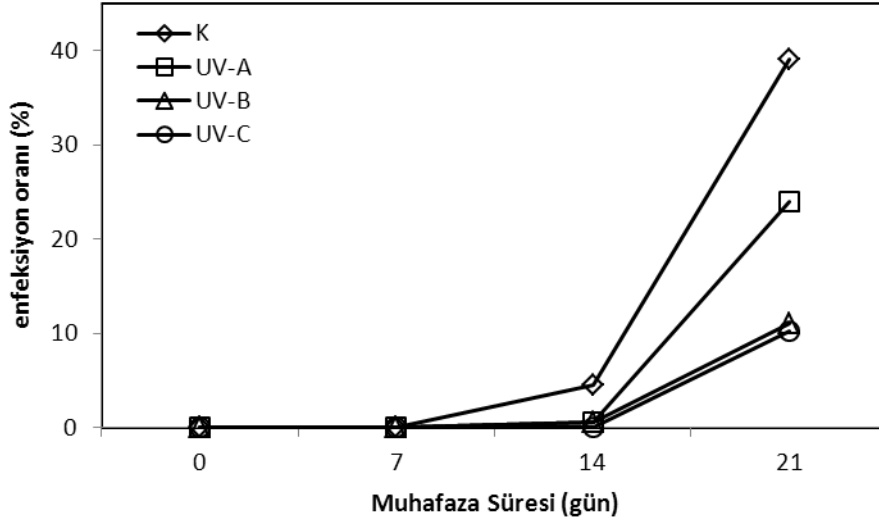


Şekil 3. Taze kesilmiş ıspanaklarda muhafaza süresince SÇKM miktarları

Enfeksiyon oranı

Muhafaza süresince örneklerde ilk enfeksiyon 14. günde Kontrol (%4.6) grubunda gözlemlenmiştir. Ancak önemli düzeyde ($p < 0.05$) enfeksiyon oluşumu 21.günde tespit edilmiştir (Şekil 4 ve Çizelge 2). UV-C ve UV-B enfeksiyon gelişimini önemli ölçüde baskılayan, UV-A'nın enfeksiyonları engelleme

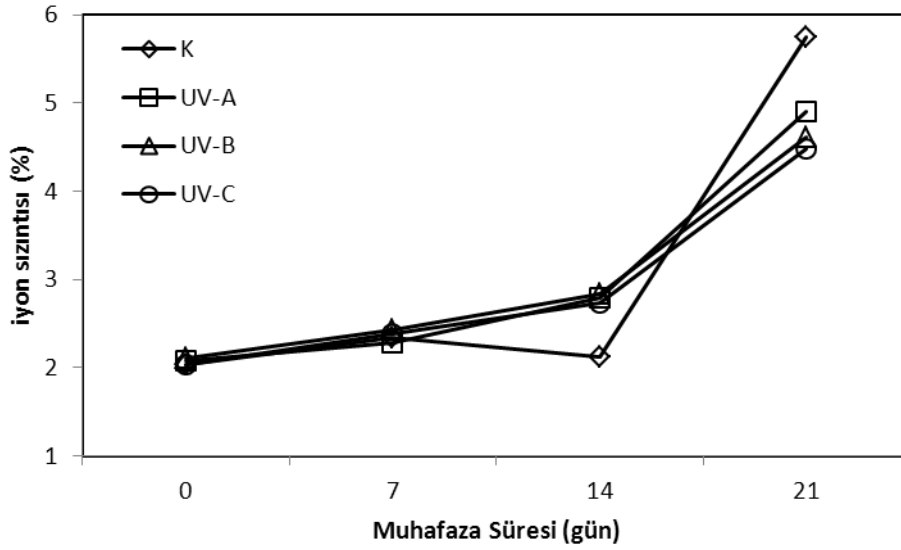
düzeyi diğer UV uygulamalarına göre daha sınırlı kalmıştır. Kontrol grubunda ise bu değer %39.1 seviyesine kadar çıkmıştır. Buda UV uygulamalarının enfeksiyon oluşumunu engellemede etkili olduğunu, ancak bu etkinin UV-A'da daha düşük olduğunu göstermiştir. Escalona ve ark. (2010) ıspanakta UV-C uygulamalarının enfeksiyon kaynaklarını baskı altına aldığı tespit etmiştir. Yapılan çalışmada da enfeksiyonu kontrol bakımından en iyi uygulamanın UV-C olduğu belirlenmiştir. Taze kesilmiş ürünlerde enfeksiyon oluşumu, kesim yüzeylerinde mikroorganizmaların daha hızlı gelişimi nedeniyle bütün (sağlam) ürünlere göre daha yüksek seviyelerde oluşabilmektedir (Heard 2002). Bu nedenle UV-C ve UV-B uygulamalarının bu noktada daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. Taze kesilmiş ıspanaklarda muhafaza süresince enfeksiyon oranları.

İyon Sızıntısı

Bitkilerde; zaman zaman yüksek ultraviyole dozlarından kaynaklanan hücre duvarı hasarlanmaları meydana gelebilmektedir. Bu durum ilerleyen aşamada hücrelerin bütünlüğünün kaybolmasına ve enfeksiyon riskinin artmasına neden olmaktadır. Hücre duvarında olası hasarların belirlenmesinde etkili yöntemlerden birisi de iyon sızıntısı oranının belirlenmesidir. Başlangıçta ortalama %2.07 olan sızıntı oranı 7. güne kadar pek değişim göstermemiş, ancak 14. günde UV uygulamalarında çok az oranda yükselme; kontrolde ise azalma meydana gelmiş, fakat uygulamalar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur (Şekil 5 ve Çizelge 2). 21. günde uygulamalarda artış olduğu, bu artışın kontrol uygulamasında en yüksek, UV-C uygulamasında ise en düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemdeki artışların enfeksiyonların üründe yaygınlaşması ile hücre ve doku bütünlüğünde meydana gelen zayıflamalardan kaynaklandığı düşünülmüştür. UV uygulamaları ve kontrol arasında oluşan küçük farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur. Bu durum kullanılan UV dozlarının doku ve hücrelerde hasarlanmaya neden olmadığına bir göstergesi olmuştur.



Şekil 5. Muhafaza süresince taze kesilmiş ıspanaklarda meydana gelen iyon sızıntısı değişimleri

Renk Değişimleri

Muhafaza başında ortalama 39.7 olan L değeri, muhafaza süresince artmış; 7. gündeki artış istatistiki önemli değil iken, 14. günde (43.7) ve 21. gündeki (48.4)'e artışlar %1 hata sınırları içinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Uygulamalardan K, UV-A ve UV-B gruplarından elde edilen L değerlerinde (sırasıyla 42.7, 42.8, 42.8) önemli bir farklılık tespit edilmezken, UV-C uygulanan ıspanaklarda L değeri hem ortalama olarak (43.7) hem de tüm analiz dönemlerinde daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak muhafaza süresince ıspanak yapraklarında parlaklığın arttığı, bu artışın UV-C uygulamasında diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Muhafaza süresince taze kesilmiş ıspanaklarda L*, b* ve hue açısı değerlerinde meydana gelen değişimleri

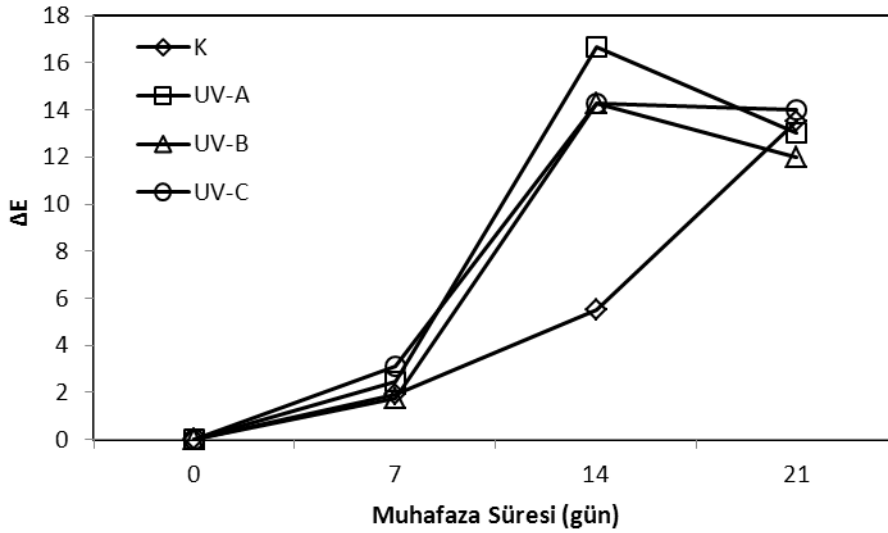
Uyg.	L değeri					b* değeri					Hue açısı değeri°				
	0	7.gün	14.gün	21.gün	Ort	0	7.gün	14.gün	21.gün	Ort	0	7.gün	14.gün	21.gün	Ort
K	39.7	39.9	43.1	48.4	42.7 b	21.3 a	22.8 a	25.5 c	31.4 a	25.3	124.2 a	124.3 a	120.6 a	116.9 ab	121.5
UV-A	39.5	39.4	43.8	48.1	42.8 b	22.1 a	21.9 a	38.1 a	31.7 a	28.4	124.5 a	124.1 a	112.2 c	116.6 ab	119.3
UV-B	39.6	40.0	44.0	47.6	42.8 b	20.9 a	22.0 a	34.4 b	29.7 a	26.8	124.4 a	124.0 a	114.0 b	118.0 a	120.1
UV-C	40.0	41.7	43.9	49.3	43.7 a	21.3 a	23.5 a	34.9 b	31.6 a	27.8	123.9 a	123.1 a	114.1 b	115.5 b	119.2
Ort	39.7 c	40.2 c	43.7 b	48.4 a		21.4	22.5	33.2	31.1		124.2	123.9	115.2	116.7	
F değ.	MS: 202.588** Uyg: 3.130* MSxUyg: 0.887 öd.					MS: 194.672** Uyg: 10.478** MSxUyg: 10.490**					MS: 250.085** Uyg: 12.665** MSxUyg: 9.723**				

MS: muhafaza süresi, Uyg: Uygulamalar, (*): ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 hata sınırlarına göre önemli, (**): ortalamalar arasındaki farklılıklar %1 hata sınırlarına göre önemli, öd: önemli değil

Taze kesilmiş ıspanaklarda muhafaza süresince farklı UV uygulamalarının b* değeri üzerindeki etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre başlangıçta ortalama 21.4 olan b* değeri depolama süresince artmıştır. Ancak 14. günde kontrol grubundaki artış 25.5 ile en düşük seviyede kalmış, UV-A uygulaması ise 38.1 ile en yüksek seviyeye çıkmış ve %5 hata sınırları içerisinde farklılıklar önemli bulunmuştur. 21. günde tüm UV radyasyon uygulamalarında azalma meydana gelmiş, fakat uygulamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar; tüm UV uygulamalarının b* değerinde artışa neden olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuç sararma oranları sonucu ile uyumludur.

Taze kesilmiş ıspanak yapraklarının hue açısı değerleri depolamanın 14. gününe kadar tüm uygulamalarda azalmıştır. Fakat, 14. güne kadar uygulamalar arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 3). Buna karşın 14. günde kontrol örneklerinden elde edilen hue açısı değeri en yüksek bulunurken bunu ikinci grupta UV-B ve UV-C; son grupta da UV-A takip etmiş ve gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. 21. günde ise en yüksek hue açısı değeri UV-B uygulamasında 118.0° ile, en düşük değeri de 115.5° ile UV-C uygulamasında tespit edilmiştir. Aiamla-or ve ark. (2009), brokolide UV-A uygulamalarının farklı dozlarda bile hue açısı değerindeki azalmayı engellemediğini, ancak UV-B uygulamalarında dozun artması ile hue açısı değerlerindeki azalmanın sınırlandığını ve kontrol uygulamasından önemli farklılıkların oluştuğunu bildirmektedir. Benzer şekilde çalışmamızda da UV-A uygulaması hue açısındaki azalma en yüksek olmuş, bunu UV-B, UV-C ve kontrol grubu izlemiştir. Dolayısıyla çalışmada, UV radyasyonu ilk 7 günde yeşil rengin korunmasını sağlarken; 7. günden sonra kontrolle kıyaslandığında; sararmayı arttırdığı tespit edilmiştir.

Tüm renk değerlendirmeleri sonucunda başlangıç değerlerine göre meydana gelen değişimleri ifade eden ΔE değerleri Şekil 6'da sunulmuştur. Burada da görüldüğü gibi, taze kesilmiş ıspanaklarda UV uygulamaları 14. günde, kontrol uygulamasında da 21. günde 16 birimlik bir değişime uğratmıştır. 14. günde kontrol uygulaması (5.52) ile UV uygulamaları (UV-A: 16.70; UV-B: 14.27 ve UV-C: 14.28) arasında %5 önem derecesinde önemli farklılık bulunmaktadır. 14. günde bu farklılık ortadan kalkmıştır. Benzer şekilde taze kesilmiş tere yapraklarında da yüksek dozdaki UV-C radyasyonu sararmayı önlemiştir (Kasım ve Kasım 2012). Ancak yapılan çalışmada kullanılan hem UV-B hem de UV-C dozları önceki çalışmalara göre çok daha yüksektir. Bu nedenle, çalışma sonucu UV radyasyonunun sararmayı arttırması, metabolizma hızının artmış olmasına bağlanabilir.



Şekil 6. Muhafaza süresince taze kesilmiş ıspanaklarda ΔE değerlerinde meydana gelen değişimleri

Sonuç

Taze kesilmiş ıspanaklarda üç farklı ultraviyole radyasyonu (UV-A, UV-B ve UV-C) uygulamasının kalite üzerinde etkisini belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, UV-A'nın 12.96 kJ m⁻² gibi yüksek bir dozda uygulanmasına rağmen, gerek ağırlık kaybını azaltması, gerekse enfeksiyonların oluşumunda kontrole göre daha iyi sonuçlar verse de UV-C ve UV-B'den daha az etkili olmuş, renk üzerinde olumlu bir etkisi de tespit edilmemiştir. UV-C ve UV-B enfeksiyon oluşumun önemli ölçüde baskılamış olmakla beraber UV-C klorofil kaybına ve sararmasının artmasına neden olmuştur. UV-B uygulaması enfeksiyonları baskılamada, sararmayı ve klorofil kaybını geciktirmede, etkili olmasından dolayı en iyi sonucu vermiştir. Buna karşılık denemede tüm uygulamalarda SÇKM miktarları hem kesimin hem de UV radyasyonunun oluşturduğu stres etkisi nedeniyle artmış, fakat bu artış en az UV-B uygulamasında elde edildiğinden; UV-B'nin UV-A ve UV-C'den daha az stres oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; incelenen üç farklı dalga boyuna ve etkiye sahip UV radyasyonu içerisinde; UV-B radyasyonunun taze kesilmiş ıspanaklarda olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda UV-B'nin farklı dozlarının araştırılması faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- 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.
- Artés-Hernández F, Escalona VH, Robles PA, Martínez-Hernández GB, Artés F (2009). Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *J Sci Food Agric* 2009; 89: 414–421.
- Barry-Ryan C, O'Beirne D (1998). Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. *Journal of Food Science*, 63: 851–856.
- 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.
- Charles MT, Makhlof J, Arul J (2008). Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. II. Modification of fruit surface and changes in fungal colonization. *Postharvest Biol. Technol.*, 47: 21-26.
- Escalona VH, Aguayo E, Martínez-Hernández GB, Artés F (2010). UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth *in vitro* and in baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 56(3): 223–231.
- FAOSTAT (2013). <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. (Erişim tarihi: 05 Şubat, 2016).
- Garcia E, Barrett D (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In O. Lamiranka (Ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market*. Boca Raton: CRC Press.
- Heard MG (2002). Microbiology of Fresh-cut produce. (In O. Lamiranka (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. Boca Raton: CRC Press.
- James JB, Ngarmak T (2010). Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations, rap publication 2010/16, 86p.
- Kasım MU, Kasım R (2007). Sebze ve meyvelerde hasat sonrası kayıpların önlenmesinde alternatif bir uygulama: UV-C. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(4): 413-419.
- Kasım R, Kasım MU (2012). UV-C treatments on fresh-cut garden cress (*Lepidium sativum* L.) enhanced chlorophyll content and prevent leaf yellowing. *World Applied Journal*, 17(4):509-515.
- Kasım R, Kasım MU (2014). Biochemical and color changes of fresh-cut melon (*Cucumis melo* L. cv. Galia) treated with UV-C. *Food Science and Technology (Campinas.)*, 34(3): 547-551.
- Kasım R, Kasım MU (2015a). Biochemical changes and color properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv.gina) treated with calcium chloride during storage. *Food Science and Technology (Campinas.)*, 35(2): 266-272.
- Kasım MU, Kasım R (2015b). Postharvest UV-B treatments increased fructose content of tomato (*Solanum lycopersicon* L. cv. Tayfun F1) harvested at different ripening stages. *Food Sci. Technol, Campinas*, 35(4): 742-749.
- Kaur P, Rai DR, Paul S (2011). Quality changes in fresh-cut spinach (*Spinacia oleracea*) under modified atmospheres with perforations. *Journal of food Quality*, 34:10-18.
- Koutchma T (2009). Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-thermal Processing of Liquid Foods. *Food and Bioprocess Technology* 2(2): 138-155. DOI: 10.1007/s11947-008-0178-3.
- 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.
- Maneerat C, Hayata Y, Muto N, Kuroyanagi M (2003). Investigation of UV-A light irradiation on tomato fruit injury. *Journal of Food Protection*, 66(11): 2168-2170.
- Manes N, Perkins-Veazie P (2003). Soluble and storage carbohydrates. In: *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. (Ed: Jerry A. Bartz, Jeffrey K. Brecht) p: 361-366. Marcel-Dekker, Inc. Newyork.

- Martin-Diana AB, Rico D, Frias JM, Barat JM, Henehan GTM, Barry-Ryan C (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology* 18(4): 210-218.
- Medina MS, Tudela JA, Marín A, Allende A, Gil MI (2012). Short postharvest storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimally processed baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology* 67: 1-9.
- Piagentini AM, Güemes DR (2002). Shelf life of fresh-cut spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. *Braz. J. Chem. Eng.* 19(4): 2838-389.
- Ribeiro C, Canada J, Alvarenga B (2012). Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. *Emir. J. Food Agric.* 2012. 24(6): 586-597.
- Sams CE (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3): 249-254.
- Toivonen PMA, Brummell DA (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- TÜİK (2014). Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. (Erişim tarihi: 05 Şubat 2016).