



## Sebze ve Meyvelerde Hasat Sonrası Kayıpların Önlenmesinde Alternatif Bir Uygulama: UV-C

M.Ufuk KASIM<sup>1</sup>

Rezzan KASIM<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 13.06.2007

**Öz:** Meyve ve sebzelerde, gelişmiş ülkelerde %25 ve gelişmekte olan ülkelerde %50 oranında olan hasat sonrası kayıpların önlenmesinde yoğun olarak fungusitler kullanılmaktadır. Ancak fungusit kalıntılarının insan sağlığı ve özellikle de çocuklar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Dolayısıyla araştırmacılar, hasat sonrası hastalıkların kontrol edilmesinde kimyasal pestisitlere alternatif yöntemler üzerinde çalışmaktadır. Bu yöntemlerden ultraviyole-C ışınlaması (UV-C, 200-280 nm dalgaboyu) hasat sonrası çürümelerin kontrolünde olumlu sonuçlar vermektedir. Özellikle 254 nm dalgaboyundaki ultraviyole uygulamaları hafif stres tepkisi oluşturarak ürünün hasat sonrası dayanımını arttırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultraviyole-C ışınlaması, meyve, sebze, hasat sonrası, çürüme

### An Alternative Treatment of Reduction of Postharvest Losses in Fruits and Vegetables: UV-C

**Abstract:** A heavy reliance on synthetic fungicides has been necessary to control postharvest decay of produce, which results in about a 25% loss of fruit and vegetables in the developed countries. These losses can exceed 50% in developing countries. Fungicide residues have been found to pose a potential health threat to the consumer, and particularly to children. Because of this problem, researchers have attempted to find alternatives to chemical pesticides for controlling postharvest diseases of horticultural products. Among the alternative methods used for controlling decay, ultraviolet-C irradiation (UV-C, 200-280 nm wavelength) offers interesting possibilities. UV treatment, especially with radiation at 254 nm, can cause weak stress responses, often associated with the phenomenon of inducible pathogen resistance.

**Key Words:** Ultraviolet-C irradiation, fruit, vegetables, postharvest, decay

#### Giriş

Bahçe bitkileri ürünlerinde; fizyolojik bozulmalar ve patolojik hastalıklara bağlı olarak hasat sonrası ürün kayıpları meydana gelmektedir. Bu kayıpların oranı; gelişmiş ülkelerde %25 iken, gelişmekte olan ülkelerde; %50'ye kadar çıkabilmektedir (Salunkhe ve Kadam 1998).

Hasattan sonraki dönemde ürün kayıplarına neden olan fizyolojik ve patolojik hastalıkların kontrolünde; biyotik (Wilson ve ark. 1994) ve abiyotik (El-Ghaouth ve Arul 1992; Ippolito ve ark. 1997) maddelerin hasat öncesi ve sonrası dönemde uygulanması; ön soğutma, kontrollü atmosferde muhafaza (Li ve Kader 1989; Sanz ve ark. 1999; Harker ve ark. 2000), modifiye atmosfer paketlenme (MAP) (Kader ve ark. 1989; Artés ve Martinez 1996; Bennik ve ark. 1998; Devlieghere ve Debevere 2000), süperatmosferik O<sub>2</sub> düzeyleri (Allende ve ark. 2002),

yüksek hidrostatik basınç (Kim ve ark. 2001), gibi yöntemler kullanılmaktadır (Bower ve Daeschel 1999). Bu yöntemler arasında, fungusların kontrolünde yaygın olarak kullanılan fungusitlerin, üründe bıraktıkları kalıntıların, tüketiciler özellikle de çocuklar için zararlı etkili olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, son yıllarda yapılan araştırmalar bahçe bitkileri ürünlerinde, hasat sonrası hastalıkların kontrolünde kimyasal pestisitlere alternatif olacak biyolojik kontrol (Paull, 1990; Reddy ve ark. 1998; Wisniewski ve ark. 2001), kültürel adaptasyonlar ve ışınlama (UV-C) (Graham ve Stevenson 1997; Bais ve ark. 2000) gibi fiziksel yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır (Wilson ve Pausel 1985; Ben-Yehoshua ve ark. 1992; Wilson ve ark. 1997).

Bu fiziksel yöntemlerden birisi olan, UV-C ışınlaması ile gıdada kalıntı bırakmadan gıda

<sup>1</sup> Kocaeli Üniv. Arslanbey Meslek Yüksekokulu - Kocaeli

yüzeyindeki mikroorganizmaların gelişimi engellenebilmektedir (Çizelge 1). Bu nedenle son dönemlerde bu tekniğin etki mekanizması değişik ürünler kullanılarak araştırılmıştır (Abshire ve Dunton, 1981; Yousef ve Marth 1988; El-Ghaouth ve Wilson 1995; Sommer ve ark. 1996; Wang ve ark. 1998; Bintsis ve ark. 2000; Gardner ve Shama, 2000; Yaun ve ark. 2004).

**Ultraviyole (UV-C) ışınlaması ve etki mekanizması:** UV ışınlaması, 1985 yılından bu güne kadar, içme sularının dezenfekte edilmesinde kullanılmakta ve bazı ülkelerde klasik olarak uygulanan klorlama işlemine alternatif uygulama olarak kullanılmaktadır. UV; 200-280 nm (UV-C) arasında dalga boyuna sahip elektromanyetik ışınlamadır. Mikroorganizmalar üzerinde en fazla öldürücü etkili olan optimum dalga boyu 254 nm'dir (Fritzenheimer ve ark. 1983; Sarig ve ark. 1996). Ultraviyole ışınlaması, UV-C lambaları kullanılarak yapılmaktadır. Patojenlerin yok edilmesinde hem yüksek hem de düşük basınçlı lambalar kullanılabilirken birlikte daha az enerji gerektirdiği için genellikle yüksek basınçlı lambalar tercih edilmektedir (Runia 1996). UV ışınlaması ile hücre genetik mutasyona uğramakta bu nedenle; bakteri, virüs, küf ve diğer mikroorganizmaların çoğalması engellenmekte ve mikroorganizmalar inaktif hale gelmektedir (Billmeyer, 1997; Bolton, 2001). Ayrıca UV ışınlaması ile meyve yüzeyindeki sporlar öldürülürken, ürün bünyesinde fitoaleksinlerin üretimleri artmaktadır. Fitoaleksinler ise ürünleri daha sonraki enfeksiyonlara karşı korumaktadır. Yani UV-C uygulamaları hem mikroorganizmaları yok ederken aynı zamanda ürünün dayanımını da arttırmaktadır. UV ışınlaması ürünün bütün yüzeyine yapılmakta, ürünün ambalajlı olması uygulamanın etkinliği üzerinde etkili olmamaktadır (Anonymous 2004).

UV-C uygulamalarının yararlı etkilerinin yanında; bitki dokularındaki protein sentezini azaltması, ürünün ekşimesine ve renk değişimlerine neden olması, kloroplast fonksiyonunu bozması ve DNA'nın zararlanmasına neden olması (Danon ve Gallois 1998; Brosché ve ark. 1999) gibi zararlı etkileri de bulunmaktadır (Luckey 1980). Yüksek dozlarda uygulanan UV ışığı, ürün yüzeyinde kanser oluşturarak, görünüşü bozabilmektedir.

Ancak mikroorganizma gelişimini önlemek için düşük dozlar yeterli olmakta ve bu dozlarda ürüne zararlı etkilerde bulunmamaktadır. Bu nedenle bu tekniğin gıdalarda yüzeysel dezenfektan olarak kullanımına Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Birliği (Food Drug Agency, FDA) tarafından izin verilmiştir. Genel olarak UV-C uygulamaları sağlam (bütün) ürünlerde uygulanmakla birlikte minimum işlenmiş ürünlerde de klor ve ozon gibi bilinen dezenfeksiyon uygulamalarından daha etkili olabilmektedir (Fonseca 2004).

**UV-C ışınlamasının bahçe bitkilerinde kullanımı:** UV-C ışınlaması bahçe bitkilerinde hasat sonrası hastalıkların kontrolünde ve ürünün olgunlaşmasıyla oluşan metabolik faaliyetlerin geciktirilmesinde kullanılabilir (Liu ve ark. 1993; Mercier ve ark. 1993; Maharaj ve ark. 1999; D'hallewin ve ark. 2000, Tian ve Farid 2004). UV-C ışığı tek başına veya diğer biyolojik yöntemlerle birlikte kullanılarak; pek çok sebze ve meyvede hasat sonrası çürümeler azaltılmaktadır (Stevens ve ark. 1996; Nigro ve ark. 1998). Ayrıca UV-C ışınlaması, hasat sonrasında yoğun olarak kullanılan sıcak uygulamaları ve ozon uygulamalarına göre daha ekonomik bir yöntemdir.

UV-C uygulamaları soğan (Lu ve ark. 1987), tatlı patates (Stevens ve ark. 1990), havuç (Mercier ve ark. 1993) ve domates (Liu ve ark. 1993) gibi bazı sebze türleri ile elma, şeftali ve tangerin gibi bazı meyve türlerinde patojenlere karşı dayanımı arttırmaktadır (Stevens ve ark. 1996; Nigro ve ark. 1998). Dayanımın artışının nedeni, fenilalanin ammonia liyase gibi enzimlerin aktivitesinin artması sonucu patojenlere karşı toksik maddelerin artışı ile ilişkili olabilir (Fritzenheimer ve Kindl 1981).

**UV-C uygulamalarının ürün kalitesi ve üşüme zararı üzerindeki etkileri:** Yaprığı ve çiçekleri tüketilen sebze türlerinde hasat sonrası çalışmaların en önemli amaçlarından biri, yaşlanma belirtilerinin geciktirilmesidir (Page ve ark. 2001). Hasat sonrası dönemde bu türlerin kalitesi; yeşil renk kaybı ve klorofil metabolizması sonucu petallerin sararması nedeniyle, önemli oranda azalmaktadır (Funamoto ve ark. 2002). Bu türlerde hasat sonrası yaşlanma sırasında diğer istenmeyen değişimler; doku bozulmaları, lipid ve protein parçalanması ile antioksidant bileşiklerin kaybı sonucu ürünün besleyici değerinin azalmasıdır (Page ve ark. 2001). Yaprakları ve çiçekleri tüketilen sebzelerin hasat sonrası ömrünü arttırmak için, soğukta muhafaza (Toivonen 1997), kontrollü atmosfer ve modifiye atmosferde muhafaza (Jacobson ve ark. 2004), ısı uygulamaları (Funamoto ve ark. 2002), 1-MCP uygulamaları (Ku ve Wills 1999; Able ve ark. 2002), sitokinin (Clarke ve ark. 1994) ve etanol (Suzuki ve ark. 2004) uygulamaları gibi pek çok uygulama yapılmaktadır.

Bu uygulamaların yanı sıra son dönemlerde ürünlerde yaşlanma belirtilerinin geciktirilmesinde UV ışınlamasının etkinliği de belirlenmeye çalışılmaktadır. Örneğin; brokolinin hasat sonrası ömrünün uzatılması için; 20°C sıcaklıkta 10 kJ/m<sup>2</sup> dozunda uygulanan UV-C ışınlaması, klorofil parçalanmasını dolayısıyla çiçekciklerin sararmasını geciktirmiştir. Ayrıca bu uygulama ile brokolinin antioksidant kapasitesi de korunmuştur (Costa ve ark. 2006).

Çizelge 1. Bazı meyve ve sebzelerde UV-C ışınlamasının kullanım amacı, uygulama süresi ve dozu

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz	Uygulama süresi	Kaynak
Turunçgiller	Patojenlere dayanımın artırılması	310 nm	5 dak.	Higashio ve ark. 1999
Çilek	<i>B.cinerea</i> enfeksiyonunun önlenmesi	0.25-4.00 kJ/m <sup>2</sup>	--	Nigro ve ark. 2000
Kabak (Zucchini)	Mikrobiyal aktivite ve üşüme zararının önlenmesi	250-280 nm	10-20 dak.	Erkan ve ark. 2001
Mango (Tommy Atkins)	Çürümelerin önlenmesi	--	10-20 dak.	González-Aguilar ve ark. 2001
Üzüm (Sultani çekirdeksiz)	Gri küf hastalığının önlenmesi	0.25 kJ/m <sup>2</sup>	--	Akbadak ve Karabulut 2002
Şeftali ( <i>P.persica</i> cv. Jefferson)	Üşüme zararının önlenmesi	254 nm	3,5-10 dak.	González-Aguilar ve ark. 2004
Domates (Trust)	Yaşlanmanın geciktirilmesi	Hormic doz	--	Charles ve ark. 2005
Marul (Red Oak Leaf)	Mikroorganizma gelişiminin azaltılması	1.18;2.37;7.11	--	Allende ve ark. 2006
Brokoli (Ciclo)	Yaşlanmanın geciktirilmesi	4;7;10 ve 14 kJ/m <sup>2</sup>	--	Costa ve ark. 2006

UV-C ışınlaması ile diğer kalite özellikleri de korunabilmektedir. Domateslerle yapılan bir çalışmada, UV-C uygulandıktan sonra 13°C sıcaklıkta depolanan domateslerin; şeker oranı kontrole göre azalmakla birlikte, tat ve tekstür, kontrol meyvelerine göre daha iyi olmuştur (Charles ve ark. 2005). Değişik yeşil sebzelerde ise UV uygulamaları ile antioksidantların ( $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten ve askorbik asit) düzeyi arttırılmıştır (Higashio ve ark. 1999). UV-C uygulaması, portakal suyundaki C vitamininin korunmasını sağlamıştır. Ayrıca portakal suyunda bulunan ve ısı işlem sırasında inaktif hale gelen pektin metil esteraz enzim aktivitesi bu uygulanmadan etkilenmemiştir (Tian ve Farid 2004).

UV-C uygulamaları, hasat sonrası dönemde ürün kayıplarına neden olan fizyolojik bozulmaların önlenmesinde de kullanılmaktadır. Bu tip bozulmalardan birisi olan üşüme zararı (ÜZ); tropik ve subtropik kökenli ürünlerde, bitki hücresi, dokusu ve organlarında kritik sıcaklığın altına inilmesi ile ortaya çıkan ve dönüşü olmayan bir zararlanma şeklidir (Halloran ve ark. 1996). ÜZ'ni oluşturan sıcaklıklar donma noktasının (0°C) üzerinde ve ürüne göre değişmekle birlikte 5°-15°C'nin altındaki sıcaklık dereceleridir (Kader, 1992). Üşüme zararı gösteren türler 7-10°C sıcaklığın altında, çeşit ve zamana bağlı olarak depolanamamakta dolayısıyla depolamaya alternatif yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Üşüme zararının şiddeti, modifiye atmosferde paketlenme (Serrano ve ark. 1997), aralıklı olarak ısıtma (Cabrera ve Saltveit 1990) ve kimyasal uygulamalar (Buta ve Moline 1998) ile azaltılabilmektedir. UV uygulamalara ek olarak son dönemlerde UV-C ışınlaması uygulamasının üşüme zararını önlemedeki etkinliği de değişik türlerde denenmiştir. Kabaklarda

UV-C'nin üşüme zararını önlemede etkili olmadığı (Erkan ve ark. 2001), biberlerde (Vicente ve ark. 2005) ve şeftalilerde (González-Aguilar ve ark. 2004) üşüme zararını azalttığı bulunmuştur. UV-C ışınlamasının sıcak uygulamaları ile kombinasyonu, çileklerde (Marguene ve ark. 2003), portakal ve altıntoplarda çürümeleri önlerken aynı zamanda scoporano ve scolepectin gibi fitoaleksinlerin sentezini arttırmıştır (Ben-Yehoshua, 2002). Buna benzer şekilde UV-C uygulaması ile modifiye atmosfer paketlenme uygulamalarının kombinasyonu, minimum işlenmiş marullarda kaliteyi bozmadan mikroorganizma gelişimini önlemiştir (Allende ve Artés, 2003; Allende ve ark. 2006).

#### UV-C uygulamalarının gri küf gelişimi üzerindeki etkileri

Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kayıplara neden olan bir diğer konu patolojik bozulmalardır. Bu bozulmalar ise, bakteri ve fungusların uygun ortam bulduklarında ürün yüzeyinde gelişerek enfeksiyon yapmaları sonucu oluşur. Genel olarak, ürünlerde fiziksel veya fizyolojik bozulmaların ardından mikroorganizma enfeksiyonu oluşmaktadır. Meyve ve sebzeler, hasat sonrası dönemde potansiyel patojenlere karşı önemli bir dayanım göstermekle birlikte, bazı ürünlerde olgunlaşmayla birlikte; büyük bir çoğunluğunda ise yaşlanma dönemindeki ürün patojen enfeksiyonlara karşı daha duyarlıdır. Ayrıca mekanik zararlanma, üşüme zararı ve güneş yanığı gibi fizyolojik hastalıklar da ürünün patojenlere karşı dayanımını azaltmaktadır (Kader, 1992).

Depolama sırasında patolojik hastalıklara neden olan funguslar; minimum gelişme sıcaklığı 0° ve daha

düşük olanlar şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Genel olarak -1 ile 0°C sıcaklıklarda çok az fungusun zarar yaptığı görülür. Depolama sırasında zararlara neden olan bu funguslardan en önemlisi *Botrytis cinerea*'dir (Sommer, 1992; Stensvand, 1998; Xu ve ark. 2000).

*Botrytis cinerea* fungusunun kontrolünde yoğun olarak depolama öncesi fungusit uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalara alternatif olarak kullanılan UV-C'nin düşük dozları, altıntoplarda (D'hallewin ve ark. 2000), çileklerde (Nigro ve ark. 2000; Pan ve ark. 2004), üzümde (Akbudak ve Karabulut 2002) ve mangolarda (González-Aguilar ve ark. 2001) çürümeleri azaltmıştır.

UV-C ışınlanması ile patojenler inaktif hale getirilirken, ürünün dayanım metabolizması da uyarılmaktadır. Bu uyarı, ürün bünyesinde fenil alanin ammonia lyase gibi enzimlerin aktivitesini artırarak, patojenlere karşı toksik maddeler özellikle de fenollerin biosentezinin artmasına neden olmaktadır (Frietzenheimer ve Kindl, 1981). Turunçgil meyvelerinde de scoparone ve scopoletin artışı ile patojenlere karşı dayanım artmaktadır (D'hallewin ve ark. 1999).

UV-C uygulaması ile dayanım metabolizmasının artırılmasının yanı sıra kalite ile ilgili değişimlerde uyarılmaktadır. Pek çok yeşil sebze, UV-C uygulamaları ile, antioksidanların ( $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten ve askorbik asit) düzeyi de artmıştır (Higashio ve ark. 1999). Şeftalilere 3,5 ve 10 dakika UV-C uygulaması, meyvelerin daha sert olmasına, etilen üretiminin hızlanmasına ve putrescine düzeyinin artmasına neden olmuştur (González-Aguilar ve ark. 2004).

#### Kaynaklar

- Able, A.J., L.S. Wang, A. Prasad, T.J. and O'Hare. 2002. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*B. Oleraceae* var. *Italica*) than a leafy brassica (*B. Rapa* var. *chinensis*). *Postharvest Biol. Technol.* 26:147-155.
- Abshire, R.L. and H. Dunton. 1981. Resistance of selected strains of *Pseudomonas aeruginosa* to low intensity ultraviolet radiation. *Appl. Environ. Microbiol.* 41:1419-1423.
- Akbudak, B. ve Ö.A. Karabulut. 2002. Üzüm muhafazasında gri küften (*B. cinerea* Pers:Fr.) kaynaklanan kalite kaybı ve çürümelerin ultraviolet-C (UV-C) ışık uygulamaları ile önlenmesi üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2):35-46.
- Allende, A. and F. Artés. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.* 36:779-786.
- Allende, A., J.L. McEvoy, Y. Luo, F. Artes and C.Y. Wang. 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., L. Jacxsens, F. Devlieghere, J. Debevere and F. Artés. 2002. Effect of superatmospheric oxygen packaging on sensorial quality spoilage and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviage* growth in fresh processed mixed salads. *J. of Food Protection.* 65:1563-1573.
- Anonymous, 2004. Postharvest treatment against fungi on horticultural crops based on UV-C light irradiation. [www.bit.or.at/irc/bbs-show.php](http://www.bit.or.at/irc/bbs-show.php) (Mart 2007).
- Artés, F. and J.A. Martinez. 1996. Influence of packaging treatments on the keeping quality of "Salinas" lettuce. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.* 29:664-668.
- Bais, A.J., P.J. Murphy and I.B. Dry. 2000. The molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in *Vitis vinifera* during grape berry development. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:425-433.
- Bennik, M., W. Vorstman, E. Smid and L. Gorris. 1998. The influence of oxygen and carbon dioxide on the growth of prevalent *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* species isolated from fresh and modified atmosphere stored vegetables. *Food Microbiology.* 15:459-469.
- Ben-Yehoshua, S. 2002. Effects of the postharvest heat and UV applications on decay, chilling injury and resistance against pathogens of citrus and other fruits and vegetables. *Postharvest Unlimited*, June 11-14 2002, Leuven, Belgium.
- Ben-Yehoshua, S., V. Rodov, J. Kim and S. Carmeli. 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatment. *J.Agric.Food Chem.* 40:1217-1221.
- Billmeyer, F.W. 1997. *Ultraviolet Lamp.* (8th ed.) McGraw-Hill. *Encyclopedia of Science and Technology.* Vol:19, (pp:19-20). New York, USA:McGraw-Hill.
- Bintsis, T., E. Litopoulas-Tzanetaki and R.K. Robinson. 2000. Existing and potential application of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *J. Sci. Food Agric.* 80:637-645.
- Bolton, J. 2001. What is ultraviolet? In: IUWA Website (International Ultraviolet Association). [http://www.iuva.org/public/what\\_is\\_uv](http://www.iuva.org/public/what_is_uv) (Mart 2007).
- Bower, C.K. and M.A. Daeschel. 1999. Resistance responses of microorganisms in food environments. *Intern. International Journal of Food Microbiology.* 50:33-40.
- Brosché, M., C. Fast, S.W. Bengkvist, H. Strid, A. Svensk, V. Olson and A. Strid. 1999. Molecular markers for UV-C stress in plants: alteration of the expression of four classes of genes in *Pisum sativum* and the formation of high molecular mass RNA adducts. *Biochim. Biophys. Acta* 1447:185-198.
- Buta, J.C. and H.E. Moline. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh cut celery and peppers. *J.Agric. Food. Chem.* 46:1253-1256.

- Cabrera, R.M. and M.E. Saltveit. 1990. Physiological response to chilling temperatures on intermitently warmed cucumber fruit. *J.Amer. Soc.Hort.Sci.*115:256-261.
- Charles, M.T., S. Kalantary, R. Corcuff and J. Arul. 2005. Postharvest quality and sensory evaluation of UV-treated tomato fruit. *Acta Horticulturae*, 682:537-540.
- Clarke, S.F., P.E. Jameson and C.G. Downs. 1994. The influence of 6-benzylaminoprine on postharvest senescence of floral tissues of broccoli (*B. Oleraceae var. Italica*). *Plant Growth Regul.* 14:21-27.
- Costa, L., A.R. Vicente, P.M. Civello, A.R. Chaves and G.A. Martinez. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biol. Technol.* 39:204-210.
- D'hallewin, G., M. Schirra, M. Pala and S. Ben-Yehoshua. 2000. Ultraviolet-C irradiation at 0,5 kJ/m<sup>2</sup> reduce decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C.paradisi* Macf.). *J.Agric. Food Chem.* 48:4571-4575.
- D'hallewin, G., M. Schirra, E. Manueddu, A. Piga and S. Ben-Yehoshua. 1999. Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date. *J. of the Amer. Soc. Hort.Sci.* 124:702-707.
- Danon, A. and P. Gallois. 1998. UV-C radiation indices apoptotic like changes in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Lett.* 437:131-136.
- Devlieghere, F. and J. Debevere. 2000. Influence of dissolved carbon dioxide on the growth of spoilage bacteria. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.* 33:531-537.
- El-Ghaouth, A. and C.L. Wilson. 1995. Biologically based Technologies for the control of postharvest diseases. *Postharvest News and Inform.* 6:5-11.
- El-Ghaouth, A. and J. Arul. 1992. Potential use of chitosan in postharvest preservation of fresh fruit and vegetables. In: *Proceedings of the International Symposium on Physiological Basis of Postharvest Technology*. Davis, 1992. 50 (Abstract).
- Erkan, M., C.Y. Wang and D.T. Krizek. 2001. UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Environmental and Experimental Botany.* 45:1-9.
- Fonseca, J. 2004. The effect of UV-C radiation on vegetable quality. *Western Vegetable Quality, Western News.* 2(2):2004. The University of Arizona, Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences. [www.cals.arizona.edu/crops/vegetables/quality/newsletter/2004/westveg0304](http://www.cals.arizona.edu/crops/vegetables/quality/newsletter/2004/westveg0304) (Nisan 2007).
- Frietzenheimer, K.H. and H. Kindl. 1981. Coordinate induction by UV light of stilbene synthase, phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase in leaves of *Vitaceae*. *Planta.* 151:48-52.
- Frietzenheimer, K.H., C.H. Ralfs, J. Pfou and H. Kindl. 1983. Action of ultraviolet-C on stilbene formation in callus of *Arachis hypogaea*. *Planta.* 159:25-29.
- Funamoto, Y., N. Yamauchi, T. Shigenaga and M. Shiggo. 2002. Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*B. Oleraceae* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 24:163-170.
- Gardner, D.W. and G. Shama. 2000. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *J.Food Prot.* 63:63-70.
- González-Aguilar, G., C.Y. Wang and G.J. Buta. 2004. UV-irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *J. Of the Science Food and Agriculture.* 84:415-422.
- González-Aguilar, G., J.Y. Wang, J.G. Buta and D.T. Krizek. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe "Tommy Atkins" mangoes. *International Journal of Food Science and Technology.* 36:767-773.
- Graham, W.D. and M.H. Stevenson. 1997. Effect of irradiation on vitamin C content of strawberries and potatoes in combined with storage and with further cooking in potatoes. *J. Sci. Food Agric.* 75:371-377.
- Halloran, N., R. Çağiran (Kasım) ve M.U. Kasım, 1996. Sebzelelerde Hasat Sonrası Üşüme Zararı. *GIDA*, 21(5): 359-366.
- Harker, F.R., H.J. Elgar, C.B. Watkins, P.J. Jacobson and I.C. Hallet. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 16:139-146.
- Higashio, H., H. Ippoushi, H. Ito and K. Azuma. 1999. Introduction of an oxidative defense system against UV-stress and application to improve quality of green vegetables. In: Lee, J.M., K.S. Gross, A.E. Watada, S.K. Lee (Eds.) *Proc. Int.Symp. on Quality of Fresh and Fermented Vegetables*. *Acta Hort.* 483:299-302.
- Ippolito, A., V. Lattanzio, F. Nigro, D. Di Venere, V. Linsalata, G. Lima, M.A. Castellano and M. Salerno. 1997. Resistance of kiwifruit to *Botrytis cinerea* infection enhanced by curing. *Acta Horticulturae.* 444:719-724.
- Jacobson, A., T.M. Nielsen, I. Sjöholm and K. Wendin. 2004. Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli. *Food Qual.Prot.* 15:301-310.
- Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Karbel. 1989. Modified atmosphere packaging fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 28:1-30.
- Kader, A.A., 1992. *Postharvest Biology and Technology: An overview*. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Special Publication, 3311, p: 3-7.

- Kim, Y.S. S.J. Park, Y.H. Cho and J. Park, 2001. Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *Journal of Engineering and Physical Properties*. 66:1355-1360.
- Ku, V.V.V. and R.B.H. Wills, 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. *Postharvest Biol. Technol.* 17:127-132.
- Li, C. and A.A. Kader. 1989. Residual effect of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. *Journal of Amer. Soc.Hort.Sci.* 114:629-634.
- Liu, J., C. Stevens, V.A. Khan, J.Y. Lu, C.L. Wilson, O. Adeyeye, M.K. Kabwe, P.L. Pusey, E. Chalutz, T. Sultana and S. Droby. 1993. The effect of ultraviolet-C light on storage rots and ripening tomatoes. *J. Food Prot.* 56:868-972.
- Lu, J.Y., C. Stevens, P. Yakobu, P.A. Loretan and D. Eakin. 1987. Gamma, electron beam and ultraviolet radiation on control of storage rots and quality of Walla Walla onions. *J. Food Preserv.* 12:53-62.
- Luckey, T.D. 1980. *Hormesis with Ionizing Radiation*. CRC Press., Boca Raton.
- Maharaj, J.R., J. Arul and P.Nadeau. 1999. Effect of phytochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biol. Technol.* 15:13-23.
- Marguenie, D., C.W. Michiels, J.F. Van Impe, E. Schrevens and B.N. Nicolai. 2003. Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry. *Postharvest Biol. Technol.* 28:455-461.
- Mercier, J., J. Arul, R. Ponnampalam and M. Boilet. 1993a. Induction of 6-methoxymellerin and resistance to storage pathogens in carrot slaces, by UV-C. *J. Phytopathol.* 137:44-54.
- Nigro, F., A. Ippolito and G. Lima. 1998. Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 13:171-181.
- Nigro, F., A. Ippolito, V. Lattanzio, D. Di Venere and M. Salerno. 2000. Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *J. of Plant Pathology*. 82(1):29-37.
- Page, T., G. Griffiths and V. Buchanan-Wollaston. 2001. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiol.* 125:718-727.
- Pan, J., A. Vicente, A. Martinez, A. Chaves and M. Civello. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *J. Sci. Food Agric.* 84:1831-1838.
- Paull, R.E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharvest News Inf.* 355-363.
- Reddy, M.V.B., P. Angers, A. Gosslin and J. Arul. 1998. Characterisation and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. *Phytochemistry*. 47:1515-1520.
- Runia, W. 1996. Disinfection of recirculation water from closed production system. In: *Proceedings of the Seminar on Closed Production Systems*, E. Van Os (Ed.). IMAG-DLO report. 96-01, p:20-24.
- Salunkhe, D.K. and S.S. Kadam. 1998. *Handbook of Vegetable, Science and Technology, Production, Composition, Storage and Processing*. Ed. By D.K. Salunkhe, and S.S. Kadam, Vol.1, Introduction, Marcel Dekker, New York, pp:1-10.
- Sanz, C., A.G. Perez, R. Olias and J.M. Olias. 1999. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. *J. Food Sci.* 64:748-752.
- Sarig, P., T. Zahavi, Y. Zutlehi, S. Yannai, N. Lisker and R. Ben-Arie. 1996. Ozon efor control of postharvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 48:403-415.
- Serrano, M., M.C. Martinez-Madrit, M.T. Pretel, F. Riguelme and F. Remajaro. 1997. Modified atmosphere packing minimizes increases in putrescine and abscisic acid caused by chilling injury in pepper fruit. *J.Agric.Food Chem.* 45:1668-1672.
- Sommer, N.F., 1992. *Principles of Disease Suppression by Handling Practices*. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Special Publication, 3311, p: 75-82.
- Sommer, R., T. Haider, A. Cabaj, E. Heidenberck and M. Kundi. 1996. Increased inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by protraction of UV radiation. *Appl. Environ. Microbiol.* 62:1977-1983.
- Stensvand, A. 1998. Evaluation of new fungicides and a biocontrol agent against grey mould in strawberry. *Ann. Appl. Biol.* 19:70-71.
- Stevens, C., C.L. Wilson, J.Y. Lu, V.A. Khan, E. Chalutz, S. Droby, M.K. Kabwe, Z. Haung, O. Adeyeye, P.L. Pusey, M.E. Wisniewski and M. Went. 1996. Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Prot.* 15:129-134.
- Stevens, C., V.A. Khan, A.Y. Tang and J.Y. Lu. 1990. The effect of ultraviolet radiation on mold rots and nutrients of stored sweet potatoes. *J. Food Prot.* 53:223-226.
- Suzuki, Y., T. Uji and H. Terai. 2004. Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. *Postharvest Biol. Technol.* 31:177-182.
- Tian, T.T.M. and M. Farid. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5:495-502.

- Toivonen, P.M.A. 1997. The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*B. Oleraceae* L.Italica group). *Postharvest Biol. Technol.* 10:59-65.
- Vicente, A.R., C. Pineola, L. Lemonie, P.M. Civello, G.A. Martinez and A.R. Chaves. 2005. UV-C treatments reduce decay, keep quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 35:69-78.
- Wang, E., R.H. Linton and D.E. Gerrard. 1998. Reduction of *E.coli* and *Salmonella senftenberg* on pork sink and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiol.* 15:415-423.
- Wilson, C.L., A. El-Ghaouth, B. Upchurch, C. Stevens, V.A. Khan, S. Droby and E.Chalutz. 1997. Using an on-line UV-C apparatus to treat harvested fruit for controlling postharvest decay . *HortTechnology.* 7:278-282.
- Wilson, C.L., A. El-Ghaouth, E. Chalutz, S. Droby, C. Stevens, J.Y. Lu, V. Khan and J. Arul. 1994. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease.* 78:837-844.
- Wilson, C.L. and P.L. Pausel. 1985. Potential for biological control of postharvest plant diseases. *Plant Dis.* 69:375-378.
- Wisniewski, M., C. Wilson, A. El Ghaouth, S. Droby, R. Ben-Arie and S. Philosoph Hadas. 2001. Non chemical approaches to postharvest disease control. *Proceedings of the Fourth International Congerence on Postharvest Science. Acta Horticulturae.* 553:407-412.
- Xu, X., D.C. Haris and A.M. Berrie. 2000. Modeling infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* using field data. *Phytopathology.* 90:1367-1374.
- Yaun, B.R., S.S. Summer, J.D. Eifert and J.E. Marcy. 2004. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Int. J. Food Microb.* 90:1-8.
- Yousef, A.E. and E.H. Marth. 1988. Inactivation of *Listeria monocytogenes* by ultraviolet energy. *J. Food Sci.* 53:571-573.

---

**İletişim adresi:**

M.Ufuk KASIM  
Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Meslek Yüksekokulu  
41285-KOCAELİ