

SEBZELERDE ETİLENİN ÖNEMİ ve 1-METİLSİKLOPROPEN (1-MCP)'İN KULLANIMI

Rezzan KASIM M.Ufuk KASIM

Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Meslek Yüksekokulu, 41285, Arslanbey, KOCAELİ

Sorumlu yazar: rkasim@kou.edu.tr

Geliş Tarihi:26.01.2007

Kabul Tarihi: 04.05.2007

ÖZET: Sebze; özellikle içerdikleri vitamin, mineral ve lifli maddeler ile insan beslenmesinde günlük olarak alınması gerekli önemli besin maddeleridir. Özellikle sebzelerde bulunan antioksidan maddelerin, kanser hastalığına karşı koruyucu etkisinden dolayı günümüzde önemleri daha da artmıştır. Sebzelerin hasattan sonraki ömürleri kök ve yumru sebzeler dışında oldukça kısadır. Bu sürenin azlığında sebzelerin ürettikleri etilenin yanında, buldukları ortamdaki etilen kaynakları da etkilidir. Dolayısıyla sebzelerin raf ömrünü uzatmada etilenin etkisinin azaltılması gereklidir. Bu amaçla soğuk depolama, ambalajlama, kontrollü atmosfer depolama ve modifiye atmosferde depolama gibi değişik depolama teknikleri kullanılmakla birlikte, bu tekniklerin etkileri de çoğu zaman sınırlı kalmaktadır. Son yıllarda geliştirilmiş olan 1-metilsiklopropen (1-MCP), ürünlerde etilen bağlanma noktalarına bağlanarak, etilenin etkisini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, sebzelerin etilen üretimleri ve 1-MCP'in sebzelerdeki kullanılabilirliği incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Sebze, etilen, 1-metilsiklopropen

THE IMPORTANCE OF ETHYLENE AND USING 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) IN VEGETABLES

ABSTRACT: Vegetables are important to the human diet, and many studies have shown that a close relation exists between the intake of vegetables and cancer prevention. Vegetables particularly contain great quantity of antioxidants. The postharvest life of vegetables very short except root and bulb vegetable because of both endogenous and exogenous ethylene. Cold storage, packaging, controlled atmosphere storage and modified atmosphere storage used to delay ethylene effect to vegetables but was not enough. Also shelf life can be potentially regulated through the use of compounds that inhibit ethylene action. The gaseous ethylene antagonist 1-methylcyclopropene (1-MCP) appears to be an effective inhibitor of ethylene action at extremely low levels. We evaluated, ethylene production of vegetables and using 1-MCP in this study.

Key Words: Vegetables, ethylene production, 1-methylcyclopropene

1. GİRİŞ

Bahçe bitkileri ürünlerinin çoğunun hasat sonrasında önemli etkiye sahip olan etilen; iki karbonlu, molekül ağırlığı 28.05, donma noktası -181°C, buharlaşma sıcaklığı -169.5°C, kaynama noktası -103.7°C olan; yanıcı, renksiz, eter benzeri kokusu olan bir gazdır (Abeles ve ark. 1992).

Etilen meyvelerin bazılarında; olgunlaşma sırasında doğal olarak üretilmektedir. Etilenin bitki büyümeyi düzenleyici olarak etkisi son 50 yıldır bilinmektedir (Jobling 2000). Sebzeler, etilen üretimlerine göre klimakterik ve klimakterik olmayan sebzeler olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Domates gibi hasattan sonra renk değişimi ile birlikte, tadı değişen ve yumuşayan sebzelere klimakterik sebzeler adı verilmekte ve bu sebze türlerinde olgunlaşma ile birlikte, etilen üretimi dolayısıyla solunum artmaktadır. Ancak hasattan sonra biraz yumuşayan, yeşil rengini kaybeden ancak tadında bir değişim olmayan patlıcan, biber ve yapraklı sebzeler gibi türlere klimakterik olmayan sebzeler denilmekte ve bu türlerde olgunlaşma ile etilen üretimi artmamaktadır (Çizelge 1).

Genel olarak sebzelerin etilen üretim oranı düşük olmakla birlikte etilene maruz kaldıklarında, değişik nedenlerle kalite kaybına uğramakta ve satış kaliteleri azalmaktadır. Bu nedenle sebzeler etilene duyarlı ürünler arasında yer almaktadır (Çizelge 2). Örneğin,

brokkoli taçları 10°C sıcaklıkta orta düzeyde etilen içeren ortamda bırakılırsa, depo ömrü yarı yarıya azalmakta; aynı etki fasulyede 5°C sıcaklık ve 0,1 ppm etilen konsantrasyonunda meydana gelmektedir (Bower ve Mitcham 2001).

Sebzelerde etilene maruz kalma ile gelişme, olgunlaşma ve yaşlanma hızlanmakta, buna bağlı olarak ürünlerin raf ömrü ve kalitesi azalmaktadır. Etilenin bu etkisi, soğuk depolama, ambalajlama, modifiye atmosfer ve kontrollü atmosfer depolama vb. gibi teknikler kullanılarak azaltılmaktadır. Günümüzde etilenin etkisini azaltmaya yönelik olarak geliştirilmiş, yeni bir bileşik olan 1-metilsiklopropen (MCP)'de bu amaçla kullanılmaktadır.

1-MCP; standart sıcaklık ve basınçta, molekül ağırlığı 54 ve formülü C₄H₆ olan bir gazdır. 1-MCP, bitkiye uygulandığında, etilen alıcılarına bağlanarak, etilenin bu bölgeye bağlanmasını engellemekte ve bu nedenle etilenle ilişkili biyokimyasal tepkimelerin hızını yavaşlatmaktadır (Sisler ve Blankenship 1996, Sisler ve Serek 1997, 2003, Lurie 2005, Watkins 2006). 1-MCP'in alıcı ile uyumu, etileninkinden yaklaşık 10 kat daha fazladır ve etilen ile karşılaştırıldığında çok düşük konsantrasyonlarda aktiftir (Blankenship ve Dole 2003).

Etilen algılanmasını önleyen 1-MCP; meyve, sebze ve süs bitkilerinde olgunlaşma ve yaşlanma üzerinde etkili olmaktadır. 1-MCP'in etkisi, tür, çeşit

Çizelge 1. Sebze türlerinin etilen üretim oranları

Klimakterik Sebzeler	Önerilen Depolama Sıcaklığı (°C)	Etilen Üretim Oranı	Etilene Duyarlılık
Domates			
<i>Yeşil olgun</i>	13.3	ÇD	Y
<i>Pembe Olum</i>	10	O	Y
Kavun (bazı çeşitler)	4.4	Y	O
Klimakterik olmayan sebzeler			
Patlıcan	10	D	D
Biber			
<i>Dolma</i>	10	D	D
<i>Sivri</i>	10	D	D
Enginar	0	ÇD	D
Kuşkonmaz	2.2	ÇD	O
Fasulye			
<i>Lima</i>	0	D	O
<i>Snap</i>	7.2	D	O
Brokkoli	0	ÇD	Y
Brüksel lahanası	0	ÇD	Y
Lahana	0	ÇD	Y
Havuç	0	ÇD	D
Kavun	10	D	D
Karnabahar	0	ÇD	Y
Kereviz	0	ÇD	O
Hıyar	10	D	Y
Kabak (Yazlık)	7.2	D	O
Karpuz	10	D	Y

ÇD= Çok Düşük, D=Düşük, Y= Yüksek, O= Orta

Kaynak: <http://www.mindfully.org/Plastic/Ethylene-Gas.htm>

Çizelge 2. Bazı sebze türlerinde etilenin olumsuz etkileri

Sebze Türü	Etilenin Etkisi
Kuşkonmaz	Gövdenin kartlaşması ve sararma
Fasulye	Sararma
Brokkoli	Çiçekciklerin sararması ve çürümenin artışı
Brüksel lahanası	Dış yaprakların sararması
Lahana	Yaprak dökümü
Havuç	Tadın bozulmasına neden olan acı bileşiklerin oluşumu
Karnabahar	Çiçekciklerde renk bozulması, dış yaprakların dökülmesi
Hıyar	Sararma ve çürümenin hızlanması
Marul	Orta damarda kırmızı lekeler
Soğan	Depolama süresince filiz oluşumu
Bezelye	Kaliks damarlarında sararma
İspanak	Yaprak sararması
Tatlı patates	Tadın bozulması
Domates	Olgunlaşma, yumuşama

Kaynak: Reid (1992), Wills ve ark. (1998), Bower ve Mitcham (2001).

ve depo türlerine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak, olgunlaşma ve yaşlanmayı geciktirmekte, etilen üretimi, solunum, renk değişimi ve yumuşamayı geciktirmektedir (Watkins ve Miller 2005).

1-MCP, etilenin etkisini engelleyen bir bileşik olduğu için, etkisi öncelikle yoğun etilen üreten elma, armut, avokado ve muz gibi meyve türlerinde araştırılmış (Fan ve ark. 1999, Fan ve Mattheis 1999, Watkins ve ark. 2000, Fan ve Mattheis 2001, Jiang ve Joyce 2002, Pre-Aymard ve ark. 2003, Saftner ve ark. 2003, Defilippi ve ark. 2004, Mattheis ve ark. 2005, Toivonen ve Lu, 2005), sebzelerdeki etkisine yönelik çalışmalar ise, etilen üretimi orta düzeyde olmasına karşılık, etilene duyarlılığı yüksek olan domateslerle başlamış (Hoerberichts ve ark. 2002, Wills ve Ku

2002, Krammes ve ark. 2003, Opiyo ve Ying 2005) ve daha sonra brokkoli, hıyar, kavun ve yapraklı sebzeler gibi etilene karşı duyarlılığı yüksek olan türlerle devam etmiştir (Watkins 2006).

2. SEBZELERDE KULLANILAN 1-MCP DOZU, UYGULAMA ŞEKLİ VE SICAKLIKLARI

1-MCP'in etkisi incelenen tür, kullanılan doz, uygulama süresi ve uygulama yöntemine göre değişmektedir (Çizelge 3). 1-MCP, toz olarak veya tabletler şeklinde üretilmekte, su veya buffer çözeltisi ile karıştırıldığında kolaylıkla gaz olarak ayrılmaktadır. 20°-25°C arasındaki sıcaklıklarda uygulanmakta, daha düşük sıcaklıklarda da uygulanabilmesine karşılık, etkisi; uygulama zamanı,

Çizelge 3. Sebzelere 1-Metilsiklopropan (1-MCP)'in uygulama sıcaklıkları, dozu ve zamanı

Sebzelere	Uygulanan Doz	Uygulama Sıcaklığı (°C)	Uygulama Zamanı
Brokkoli	1;12 µL/L	5, 10, 20	6, 12, 16 saat
Kavun	0.1 µL/L	-	10 dakika
Karpuz	5 µL/L	20	18 saat
Havuç	1 µL/L	20	4 saat
Marul	1; 0.1 µL/L	6	4 saat
Domates (meyve)	5-7; 10-20; 150 nL/L, 20 µL/L	20	2-24 saat
Domates (bitki)	4 mg ethylBloc tozu/L	Yetiştirme sıcaklığı	Geceboyu
Bezelye	40 nL/L	-	24 saat

Kaynak: Ku ve Wills (1999), Wills ve Ku (2002), Blankenship ve Dole (2003), Watkins (2006).

dozu ve sıcaklıklara bağlı olarak daha az olmaktadır (Blankenship ve Dole 2003).

3. SEBZELERİN OLGUNLAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Meyvesi yenilen sebze türlerinden olan domates (Kasım ve ark. 2006)'te, hasat sonrası olgunlaşmanın önlenmesinde düşük sıcaklık dereceleri kullanılmamaktadır. Çünkü domates, üşümeye karşı duyarlıdır (Sargent ve Moretti 2004) ve bu nedenle 10°C'nin altındaki sıcaklıklarda üşüme zararı nedeniyle düzensiz olgunlaşma göstermektedir. Domatesin 19°-21°C sıcaklık ve %90-95 oransal nem şartlarında depolanması gerekmektedir. Ancak bu sıcaklıkta depolanan domateslerde de etilen üretimi nedeniyle solunum ve dolayısıyla olgunlaşma artarak raf ömrü azalmakta ve kalitesi düşmektedir. Yüksek sıcaklıklarda depolanması gerekli olan domateste, etilen üretiminin artması nedeniyle oluşan kalite kayıplarının azaltılması amacıyla 1-MCP'den yararlanılmaktadır. Domateslere 0.005 ppm 1-MCP uygulaması 25°C'de olgunlaşmayı 8 gün geciktirmektedir (Bower ve Mitcham 2001). Bu durumda domateslere 1-MCP uygulanarak yüksek sıcaklık derecelerinde daha uzun süre muhafaza edilebilmeleri sağlanabilecektir.

Farklı olgunluk aşamasında toplanan domateslerde ve kiraz domateslerinde (cherry tomato) 1-MCP uygulaması ile olgunlaşma geciktirilmekte, yani 1-MCP hem hasat olumundaki (yeşil olum; dönüşüm dönemi) hem de yeme olumundaki (kırmızı olum) domateslerde olgunlaşmayı geciktirebilmektedir (Moretti ve ark. 2002, Opiyo ve Ying 2005, Lee ve ark. 2002, Mostofi ve ark. 2003, Guillén ve ark. 2005). Kavunlarda da 1-MCP olgunlaşmayı geciktirerek hasat sonrası ömrünü iki kat arttırmakta (Alves ve ark. 2005) ve domateslerde olduğu gibi kavunlarda da 1-MCP olgunluk aşamasına bağlı olmaksızın etkili olmaktadır. Ancak tam olgun aşamada toplanan kavunlarda, yarı olgun toplananlara göre etkisi artmaktadır. Karpuzlarda ise 1-MCP uygulamasının olgunlaşma

üzerinde herhangi bir etkisi belirlenmemiştir (Villereal ve Cisneros-Zevallos 2005).

1-MCP sebzelere daha çok olgunlaşmanın önlenmesine yönelik kullanılmasına karşılık,

uygulanan doza ve uygulama süresine bağlı olarak, olgunlaşmanın hızlandırılmasında da kullanılabilir. Örneğin, domatesler daha çok kırmızı olum aşamasında toplanmakla birlikte pazarlama durumuna göre yeşil olgun aşamada toplanıp etilen uygulanarak olgunlaştırılmaktadır. İşte bu olgunlaştırma işlemi 1-MCP kullanılarak da yapılabilmektedir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada 0,1 µL/L etilen içeren ortamda ve 20°C sıcaklıkta depolanan yeşil olgun domateslere 1 saat süreyle 5 µL/L 1-MCP uygulaması olgunluğun %70 artmasına neden olmuştur (Wills ve Ku 2002).

4. SEBZELERİN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

1-MCP uygulamaları ile olgunluk geciktirilirken, olgunlaşmaya bağlı olarak oluşan kalite kayıpları da azaltılabilmektedir. Özellikle yaprağı yenilen sebze türlerinde kalite kaybının en önemli göstergelerinden birisi olan ve bu türlerde oda sıcaklığında klorofil parçalanması nedeniyle oluşan renk kaybı da 1-MCP uygulamaları ile geciktirilmektedir.

Domateslerde olgunlaşma ile birlikte klorofil parçalanmakta, likopen sentezi ve karotenoid birikimi artmaktadır. Olgunlaşmanın ilerlemesi ve yaşlanma ile etilen üretiminin artmasına paralel olarak bu değişimler daha da artmakta ve ürünün raf ömrü azalmaktadır. 1-MCP uygulaması domateslerdeki renk pigmentlerinde meydana gelen bu değişimleri yavaşlatarak, ürünün daha uzun sürede olgunlaşmasını dolayısıyla kalite kayıplarının önemli oranda azalmasını sağlamaktadır (Opiyo ve Ying 2005). Örneğin; domateslerde renk oluşumu tek 1-MCP uygulaması ile 6 gün geciktirebilmiştir (Mir ve ark. 2004).

Ancak hıyarlarda 1-MCP, etilen içeren ortamda depolanan meyvelerde klorofil parçalanmasını önleyememiştir (Nillson 2005). Yapraklı sebzelere 1-MCP uygulamaları ile klorofil kaybı azaltılırken (Ella ve ark. 2003, Cantwell ve ark. 2004, Saltveit 2004, Ma ve ark. 2006) kesilmiş baş salatalardaki fenolik madde artışı bazı çeşitlerde engellenmiş bazılarında ise uygulama bu açıdan etkili olmamıştır (Saltveit 2004, Tay ve Perrera 2004). Çiçekleri tüketilen sebze türlerinden brokkolide de 0.02-50 µL/L 1-MCP uygulaması, 5° ve 20°C sıcaklıkta depolama süresince taçlardaki sararma başlangıcını geciktirmiş, 5°C

sıcaklıkta ise çürümeyi engelleyerek raf ömrünü arttırmıştır (Ku ve Wills 1999).

5. SEBZELERİN SOLUNUMU VE ETİLEN ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Klimakterik sebze türlerinde olgunlaşma ile etilen üretimi dolayısıyla solunum hızlanmakta ve ürünün raf ömrü azalmaktadır. Klimakterik olmayan türlerde ise renk değişimine neden olmakta ancak tad kalitesini etkilememektedir. Bu etki özellikle taşıma sırasında önemlidir. Bu nedenle taşıma araçlarının içindeki etilen miktarına dikkat edilmelidir. Örneğin: brokkoli konteynerlerinin içindeki etilen düzeyi 0.01-1.8 µL/L'dir ve 1-MCP, bu ortamdaki brokkolilerde klorofil kaybını azaltabilmektedir (Ku ve Wills 1999). 1-MCP uygulaması, karışık taşınan ürünlerin etilene duyarlılığını da azaltmaktadır. Kiraz domateslerinde 1-MCP uygulaması ile oda sıcaklığında etilen üretimi azaltılarak, olgunluk geciktirilmekte ancak içsel etilen üretimi durdurulamamaktadır (Opiyo ve Ying 2005). Yapraklı sebzelerde ise 1-MCP uygulamaları ortamda etilen bulunması durumunda bile kaliteyi korumaktadır (Able ve ark. 2003).

Sebzelerin hasattan sonra kalitesinin korunması için; mümkün olan en düşük sıcaklıklarda depolanarak, solunum hızının düşürülmesi gerekmektedir. Ancak domates gibi bazı tropik kökenli sebze türlerinde düşük depo sıcaklıklarında zararı olarak adlandırılan fizyolojik bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu türlerde depo sıcaklıkları fazla düşürülemediği için solunumdaki artışa bağlı olarak kalite kayıpları meydana gelmektedir. 1-MCP uygulanan ve yüksek sıcaklıkta depolanan domateslerde 6-8 hafta sonra solunum hızı azalmakta (Wills ve Ku 2002, Colelli ve ark. 2003, Krammes ve ark.2003), kavunlarda da 1-MCP uygulamaları ile hem karbondioksit hem de etilen üretim oranı azaltılmaktadır (Alves ve ark. 2005).

6. DİĞER KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

1-MCP uygulamaları sebzelerde solunum hızı ve etilen üretimini azaltıp, renk kaybını korurken aynı zamanda diğer kalite kriterleri üzerinde de etkili olmaktadır. 1-MCP uygulanan domateslerde, şeker ve asit miktarı etkilenmekte, kalite özelliklerinde çok az yükselmeler meydana gelmekte ancak 1-MCP uygulamaları domateslerde ağırlık kaybını etkilememektedir (Mir ve ark. 2004). 1-MCP sebzelerdeki içsel biyokimyasal tepkimelerin hızını yavaşlatmakta, buna bağlı olarak sebzelerin görsel kalitesi de korunmaktadır. 20 mL/L 1-MCP uygulaması domateslerde dış görünüşü önemli oranda korunmuş ve domateslerin raf ömrünü %25 arttırmıştır (Wills ve Ku 2002). Ayrıca 1-MCP uygulamaları ile olgunlaşmanın azaltılmasına bağlı olarak, özellikle meyvesi yenilen sebzelerde yumuşama da azaltılmaktadır (Lee ve ark. 2002, Huber ve ark. 2003).

7. SONUÇ

Sebzelerde, çok düşükten çok yükseğe kadar

değişik oranlarda etilen üretilmekte ve raf ömürleri de ürettikleri etilen ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Çok yüksek etilen üretimine sahip olan sebzelerin hasat sonrası ömürleri daha kısadır. Bununla birlikte lahanaya grubu sebzelerde etilen üretimi çok düşük olmakla birlikte, ortamdaki etilene karşı duyarlılıkları oldukça yüksektir. 1-metilsiklopropan (1-MCP), etilen bağlanma noktalarına bağlanan bir bileşik olduğundan, ürünün bulunduğu ortamda etilen olsa bile ürünü etilene karşı korumaktadır. Sebzelerde bugüne kadar yapılan çalışmalar çoğunlukla etilen üretimi nispeten yüksek olan meyvesi yenilen türlerde özellikle de domateste yoğunlaşmış, daha sonra ise lahanagillerde özellikle de brokkoli de çalışmalar yapılmıştır. Sonuçta, 1-MCP'in sebzelerde de özellikle, solunum hızını ve etilen üretim oranını azaltarak, olgunlaşmayı yavaşlattığı, brokkoli gibi sebzelerde ise özellikle sararmaya bağlı olan yaşlanmayı geciktirdiği tespit edilmiştir.

8. KAYNAKLAR

- Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit, M.E., 1992. Ethylene in plant biology, 2nd. ed. Academic Pres., Comb xv, 414p.
- Able, A.J., Wong, L.S., Prasad, A., O'Hare, T.J., 2003. The effect of 1-methylcyclopropane on the shelf life of minimally processed leafy asian vegetables. Postharvest Biol. Technol. 27:157-161.
- Alves, R.E., Filgueiras, H.A.C., Almeida, A.S., Machado, F.L.C., Bastos, M.S.R., Lima, M.A.C., Terao, D., Silva, E.O., Santos, E.C., Pereira, M.E.C., Miranda, M.R.A., 2005. Postharvest use of 1-mcp to extend storage life of melon in brazil - current research status, ISHS Acta Horticulturae 682: V International Postharvest Symposium
- Blankenship, S.M., Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropane: a review. Post. Biol.Technol. 28: 1-25.
- Bower, J., Mitcham, B., 2001. Application of 1-MCP to Vegetable Crops. Perishables Handling Quarterly, November 2001, Issue No: 108.
- Cantwell, M.I., Freitas, P., Nie, X., Hong, G., 2004. Impact of storage temperature, ethylene exposure, and 1-MCP on respiration rates, shelf-life, and composition of spinach. IFT Annual Meeting, July 12-16, Las Vegas, NV.
- Colelli, G., Sanchez, M.T., Torralbo, F.J., 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropane (1-MCP) on tomato. Alimentaria. 342:67-70.
- Defilippi, B.G., Kader, A.A., Dandekar, A.M., 2004. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple (*Malus domestica* Borkh) fruits. J. Agric. Food Chem. 52:5694-5701.
- Ella, L., Zion, A., Nehemia, A., Amnon, L., 2003. Effect of the ethylene action inhibitor 1-methylcyclopropane on parsley leaf senescence and ethylene biosynthesis. Postharvest Biol. Technol. 30:67-74.
- Fan, X.T., Blankenship, S.M., Mattheis, J.P., 1999. 1-methylcyclopropane inhibits apple ripening. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 124: 690-695.
- Fan, X.T., Mattheis, J.P., 1999. Impact of 1-methylcyclopropane and methyl jasmonate on apple volatile production. J. Agric. Food Chem. 47: 2847-2853.

- Fan, X.T., Mattheis, J.P., 2001. 1-methylcyclopropene and storage temperature influence responses of "Gala" apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biol. Technol.* 23: 143-151.
- Guillén, F., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M., 2005. Tomato fruit quality retention during storage by 1-MCP treatment as affected by cultivar and ripening stage. *Acta Horticulturae* 682: V International Postharvest Symposium.
- Hoebrechts, F.A., Van der Plas, L.H.W., Woltering, E.J., 2002. Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 26:125-133.
- Huber, D., Jeong, J., Ritenour, M., 2003. Use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato and avocado fruits: Potential for enhanced shelf life and quality retention. HS914. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. (<http://edis.ifas.ufl.edu>).
- Jiang, Y.M., Joyce, D.C., 2002. 1-methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 77:19-21.
- Jobling, J., 2000. Postharvest ethylene: A critical factor in quality management. Sydney Postharvest Laboratory Information Sheet. www.postharvest.com.au/sites/index.html.
- Kasım, M.U., Kasım, R., Can, O., 2006. Sebze Yetiştiriciliğinin Temel İlkeleri. Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:222, ISBN:975-8047-66-3.220s. Kocaeli.
- Krammes, J.G., Megguer, C.A., Argenta, L.C., Amarante, C.V.T., Grossi, D., 2003. Uso do 1-metilciclopropeno para retardar a maturação de tomate. *Hortic. Bras.* 21:611-614.
- Ku, V.V.V., Wills, R.B.H., 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. *Postharvest Biol. Technol.* 17:127-132.
- Lee, Y.S., Beaudry, R.M., Hernandez, R.J., 2002. The effect of 1-MCP (1-methylcyclopropene) on the ripening process on tomato fruit during postharvest storage. 2002 Annual Meeting and Food Expo-Anaheim, California.
- Lurie, S., 2005. Application of 1-methylcyclopropene to prevent spoilage. *Stewart Postharvest Review. An International journal for reviews in postharvest biology and technology.* 4(2):1-4.
- Ma, S.J., Zheng, Y.H., Cao, S.F., Li, N., Yang, Z.F., Tang, S.S., 2006. The effects of 1-methylcyclopropene on shelf life and quality of three leafy vegetables. *Acta Horticulturae* 712.
- Mattheis, J.P., Fan, X.T., Argenta, L.C., 2005. Interactive responses of Gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. *J. Agric. Food Chem.* 53:4510-4516.
- Mir, N., Canoles, M., Beaudry, R., Baldwin, E., Pal Mehla, C., 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 129:112-120.
- Moretti, C.I., Araujo, A.L., Marouelli, W.A., Silva, W.L.C., 2002. 1-methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. *Hortic. Bras.* 659-663.
- Mostofi, Y., Toivonen, P.M.A., Lessani, H., Babalar, M., Lu, C.W., 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 27:285-292.
- Nilsson, T., 2005. Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. *Postharvest Biol. Technol.* 36:113-125.
- Opiyo, A.M., Ying, T.J., 2005. The effect of 1-methylcyclopropene treatment on the shelf life and quality of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) fruit. *Int.J. Food Sci. Technol.* 40: 665-673.
- Pre-Aymard, C., Weskler, A., Lurie, S., 2003. Responses of "Anna", a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 27:163-170.
- Reid, M., (1992). Ethylene in postharvest technology. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops.* Publication 3311 University of California.
- Saftner, R.A., Abbot, J.A., Conway, W.S., Barden, C.L., 2003. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in "Golden Delicious" apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 128:120-127.
- Saltveit, M.E., 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut "iceberg" lettuce. *Postharvest Biology and Technology.* 34:75-80.
- Sargent, S.A., Moretti, C.L., 2004. Tomato. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.* (Eds. Kenneth C.Gross, Chien Y. Wang, M. Saltveit). Agricultural Handbook Number 66 USDA, ARS.
- Sisler, E.C., Blankenship, S.M., 1996. Methods of counteracting an ethylene response in plants, USA Patent No. 5, 518, 988
- Sisler, E.C., Serek, M., 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- Sisler, E.C., Serek, M., 2003. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biol.* 5: 473-480.
- Tay, S.L., Perrera, C.O., 2004. Effect of 1-methylcyclopropene treatment and edible coatings on the quality of minimally processed lettuce. *J.Food Sci.* 69: C131-C135.
- Toivonen, P.M.A., Lu, C.W., 2005. Studies on elevated temperature, short-term storage of "Sunrise" summer apples using 1-MCP to maintain quality. *J.Hortic. Sci. Biotechnol.* 80:439-446.
- Villarreal J.E., Cisneros-Zevallos, L., 2005. 1-MCP postharvest effects on cantaloupes and watermelons harvested at different maturity stages. 2005 IFT Annual Meeting, July 15-20 - New Orleans, Louisiana
- Watkins, C.B., 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances.* 24: 389-409.
- Watkins, C.B., Miller, W.B., 2005. 1-methylcyclopropene (1-MCP) based Technologies for storage and shelf life extension. *Acta Hort.* 687:217-224.
- Watkins, C.B., Nock, J.F., Whitaker, B.D., 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 19:17-32.
- Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D. ve Joyce, D., 1998. *Postharvest. In introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.* 4th Edition. UNSW Press, Sydney.
- Wills, R.B.H., Ku, V.V.V., 2002. Use of 1-methylcyclopropene to extend the postharvest life of lettuce. *J.Sci.Food Agric.* 82:1253-1255.