

ETİLEN HAREKETİNİ ENGELLEYEN İNHİBİTÖRLERİN SEBZE MUHAFAZASINDA KULLANIMI

Muharrem ERGUN¹

¹K. Sütçü İmam Üniv., Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, mergun71@yahoo.com

ÖZET

Olgunlaştırma hormonu olarak bilinen etilen, sebzelerin hasattan sonra raf ömrünü ve kalitesini etkileyen etmenlerden biridir. Etilen ve etilene bağlı etkiler sadece sebze muhafazasında değil meyve ve kesme çiçek muhafazasında da mutlaka kontrol alınması gereken önemli bir konudur. Etilen ve etilene bağlı etkileri kontrol altına almanın bir yolu etilen hareketini engelleyen yani etilen reseptör inhibitörlerinin kullanılmasıdır. Etilen reseptör inhibitörlerinin sayısının fazla olmasına rağmen şimdilik sadece bir tanesi, 1-methylcyclopropene, sebze muhafazasında kullanılmaya elverişli gözükmektedir. Nitekim yapılan çalışmalar 1-MCP'nin sebze muhafazasında başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir. Bu derleme etilen hareketini engelleyen inhibitörlerin ve bu inhibitörlerden 1-methylcyclopropenenin sebze muhafazasındaki rolünü gözden geçirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: etilen reseptörü, 1-MCPmethylcyclopropene, 2,5 norbonadiene, *trans*-cyclooctene, diazocyclopentadiene

USE OF ETHYLENE ACTION INHIBITORS IN VEGETABLES HANDLING AND STORAGE

ABSTRACT

Ethylene known ripening hormone is one of the factors affecting shelf life and quality of vegetables after harvest. Ethylene and ethylene effects are crucial steps that must be controlled in not only the handling and storage of vegetables but fruits and cut flowers as well. One of the methods controlling ethylene end ethylene effects is the use of ethylene action inhibitors or ethylene receptor inhibitors. Although ethylene receptor inhibitors number is quite high, only one of them, 1-methylcyclopropene, seems to be suitable for the handling and storage of vegetables. As matter of fact that studies showed that 1-MCP can be used successfully in the storage and handling of vegetables. This review has been prepared to examine ethylene action inhibitors and the role of 1-methylcyclopropene upon the storage and handling of vegetables.

Key Words: ethylene receptor, 1-methylcyclopropene, 2,5 norbonadiene, *trans*-cyclooctene, diazocyclopentadiene

ETİLEN

Etilen bitkiler, bakteriler ve mantarlar tarafında üretilen oda koşullarında gazımsı yapıda bir hormondur. Bu hormon ayrıca olgulaşma hormonu olarak ta bilinmektedir. Etilen yaprak ve çiçek senesensini ve dökümünü, renk değişimlerini, solunumu, olgunlaşmayı hızlandırmaktadır. Mikroorganizmalara karşı etkisi henüz tam açıklanamamıştır; bazılarının gelişmesine yardım ederken, bazılarının gelişmesine engellemekte veya etkilememektedir. Etilen bir bitki hormonu olarak bilinmesi 1901 yılına (Neljubov, 1901) dayanmasına rağmen etilen ile ilgili birçok önemli buluş son 30 yıl içerisinde gerçekleşmiştir. Burg ve Burg (1967) adındaki iki araştırmacı etilen hareketinde bir metalin görev aldığını fikrini ileri sürmüşler fakat bugüne kadar böyle bir metal içeriği kanıtlanamamıştır. Bununla birlikte bazı deliller böyle bir metalin varlığını kuvvetlice desteklemektedir.

ETİLEN RESEPTÖR İNHİBİTÖRLERİ

Etilen reseptörlerinin çalışmasını engelleyen veya sınırlayan maddeler Sisler ve arkadaşları tarafından 1970 ile 1980'li yıllarında keşfedilmiştir (Blankenship ve Dole, 2003). Bu maddelerin keşfinden sonra etilenin çalışma mekanizması biraz daha anlaşılır hale gelmiştir. Bu maddeler etilen hareketini engelleyerek etilen hareketine bağlı biyokimyasal değişimlerin gecikmesine veya ortadan kalmasına neden olmaktadır.

Sisler ve Pian (1973) bazı siklus olefinlerin etilen etkilerini artıracığı yerine engellediğini bulmuşlardır. Bunlardan 2,5-norbornadiene (2,5-NBD) en düşük konsantrasyonda etileni engellemiş fakat etkinin devamını için bu olefinin kesintisiz uygulanması gerekmiştir. Sisler ve Yang (1984) bu olefinlerin izafi engelleme kabiliyetinin gümüş iyonun bağlanma kabiliyeti ile aynı olduğunu ve bunun sonucunda da olefinlerin halka yapılarının önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu maddelerin hala nasıl çalıştığı açıklanamamıştır.

Sisler ve Blankenship (1993a, b) diazocyclopentadiene (DACP)'nin etilen reseptörlerini uzun süre engellediğini rapor etmişlerdir. Bu madde oda sıcaklığında gaz olmasına rağmen kararsız ve

dengelessiz yapı gösterir. 1990 yıllara gelindiğinde, etilen hareketlerin engelleyen bunu çok düşük konsantrasyonlarda başarabilen siklopropenler yine Sisler grubu tarafından bulunmuştur (Sisler ve ark.,1996a, b; Serek ve ark., 1995)

ETİLEN RESEPTÖR İNHİBİTÖRLERİN TİCARİ VE BİLİMSEL AMAÇLI KULLANIMI

Şimdiye kadar keşfedilen etilen reseptör inhibitörleri şunlardır: AgNO₃, STS, 2,5-NBD, trans-cycloocten, DACP, cyclopropene, 1-MCP, 1-ethylcyclopropene, 1-propylcyclopropene, 1-butylcyclopropene, 1-pentylcyclopropene, 1-hexylcyclopropene, 1-heptylcyclopropene, 1-octylcyclopropene, 1-nonylcyclopropene, 1-decylcyclopropene, 3,3-dimethylcyclopropene (Sisler ve Yang, 1982; Sisler ve Serek, 1997; Sisler ve Serek, 1999; Sisler et al., 2003). Günümüzde etilen reseptör engelleyicilerden ancak 5 tanesi ticari ve bilimsel amaçlı kullanılmaktadır: Ag⁺, 2,5 NBD, trans-cyclooctane, DACP ve 1-MCP.

Ag⁺

Araştırmalarda genelde AgNO₃ veya gümüş thisülfat (STS) formunda kullanılmaktadır. Gümüş ağır bir metal olduğu için sebze çalışmalarında kullanılmamaktadır.

2,5-NBD

Oda sıcaklığında sıvıdır ve gaz haline getirilerek uygulanır. İlk keşfedilen engelleyici olmasından dolayı 2000 yılından önce çok sayıda araştırma bu inhibitör üzerine odaklanmıştır fakat kötü kokusu neden ile ticari olarak kullanımı tercih edilmemiştir. Bu inhibitörün etkili olabilmesi için devamlı uygulanması gerekmektedir ve düşük konsantrasyonları etilen üretiminin artmasına neden olabilmektedir.

Trans-cyclooctene

Oda sıcaklığında sıvıdır ve yine 2,5-NBD gibi gaz olarak uygulanır. 2,5-NBD'den daha etkili bir inhibitördür. Konsantrasyonu, 2,5 NBD ile karşılaştırılınca 50-100 kat daha düşük oranlarda etkilidir. Ticari olarak bulunamadığından sentezlenerek elde edilmesi, üzerine yapılan çalışmaları sınırlamaktadır. Etkinin elde edilebilmesi için sürekli uygulanması gerekir ve ayrıca kokusu da pek hoş değildir

DACP

İyi bir etilen inhibitörü değildir. Buna karşın florasan ışığında parçalanarak daha etkili bir inhibitöre dönüşür. Bu parçalanma ürünü hala teşhis edilememiştir. DACP ticari olarak üretilmemektedir bu yüzden kullanımı oldukça sınırlıdır. Yoğun hale getirildiğinde patlayıcı özelliği vardır o nedenle pentan veya diğer organik maddeler içerisinde saklanması gerekmektedir.

1-MCP

Çok düşük konsantrasyonlarda etkili olabilmesi, dengeli olması, kokusuz olması ve ticari olarak elverişliliği bu madde üzerinde sayısız çalışma yapılmasına neden olmuş ve olmaktadır. Gaz olarak kolayca uygulanabilmektedir ve şimdiye kadar toksik bir etkisi rapor edilmemiştir. 1-MCP sebze muhafaza çalışmalarında kullanılan tek etilen reseptör inhibitörüdür. Çalışmalar bu maddenin sebze muhafazasında kolaylıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

1-MCP'İN SEBZE MUHAFAZASINDA KULLANIMI

1-MCP'nin sebzeler üzerine etkileri değişmekler beraber genelde senesensi, renk kayıplarını ve bozulmaları azaltıcı, raf ömrünü artırıcı ve kalite kayıplarını azaltıcı gibi etkileri gözlemlenmiştir. 1-MCP etkisi konsantrasyona, uygulama sıcaklığına, uygulama süresine, sebze, sebze dokusuna ve gelişme devresine göre değişmektedir. Çizelge 1'de bazı önemli sebze türlerinin 1-MCP'ye karşı verdiği tepkileri özetlemektedir.

SONUÇ

Etilen reseptörlerinin ve etilen reseptör engelleyicilerin keşfi hem zirai açıdan hem de ticari açıdan önemli bir olaydır. Özellikle 1-MCP üzerine yapılan çalışmalar, sebze muhafazasında bu ürünün rahatlıkla kullanılabilmesini göstermektedir. Bununla beraber konsantrasyona, uygulama süresine ve sıcaklığına, metoda, bitkiye v.b. etmenlere dair birçok soru hala cevaplanmayı beklemektedir. Hasat sonrası çalışmalar için etilen reseptör inhibitörün içeren araştırmaların iki yöne doğru yönlendirilmesi daha verimli sonuçların alınabilme ihtimali yükseltecektir. Birincisi bu maddelerin gerek zirai açıdan gerek tüketici açısından en verimli şekilde nasıl kullanılabileceğinin araştırılacağı yöndür. İkincisi etilenin bitki büyümesinde ve gelişmesindeki rolünü anlamak amacıyla bu maddeleri bir araştırma aracı olarak kullanılabileceği yöndür. Etilen sadece bir olgunlaşma hormonu değildir aksine gerek çimlenme gerek büyüme ve gelişme ve gerek çiçeklenme gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olaylara dolaylı ve

dolaysız etkide bulunmaktadır. Buda bu inhibitörlerin yalnız derim sonrası değil derim öncesi etkilerinin de araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. Bazı sebzelerde 1-MCP tarafından geciktirilen, azaltılan, artırılan veya etkilenmeyen bazı fizyolojik oluşumların veya bozuklukların özeti (Watkins ve William, 2006). İlgili kaynaklar çizelgenin altında verilmektedir. (↓ işareti azalan ve geciken, ↑ işareti artan, ↔ işareti etkilenmeyen ve - işareti boş olan parametreleri göstermektedir)

| Parametreler | Biber | Brokoli | Çin hardalı | Çin lahanası | Domates | Havuç |
|----------------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|
| Ağırlık kaybı | - | - | - | ↔ | ↔ | - |
| Aroma | - | - | - | - | ↑ | - |
| C vitamin kaybı | - | ↓ | - | - | - | - |
| Çürüme | - | ↓↔ | - | - | - | - |
| Depolama ömrü | - | ↑ | ↑ | ↑ | - | - |
| Etilen üretimi | ↓ | - | - | - | ↓ | - |
| Kalite kaybı | - | ↑ | - | ↔ | - | - |
| Protein kaybı | - | ↓ | - | - | - | - |
| Renk değişimi | ↓ | ↓ | ↓ | - | ↓↑ | - |
| SÇKM | - | - | - | - | ↔ | - |
| Solunum | - | ↓ | - | ↑ | ↓ | ↓ |
| TA kaybı | - | - | - | - | ↔ | - |
| Yeşil renk kaybı | - | - | - | - | ↓ | ↓ |
| Yumuşama | ↓ | - | - | - | ↓ | - |
| | Hıyar | Karpuz | Kışniş otu | Marul | Maydanoz | Patates |
| Ağırlık kaybı | - | - | - | - | - | ↔ |
| C vitamini kaybı | - | - | - | ↓ | - | - |
| Elektrolit sızıntısı | - | ↓ | ↓ | - | - | - |
| Etilen üretimi | - | - | ↑ | ↓ | ↑ | - |
| Kalite kaybı | - | - | - | ↓↔ | - | - |
| Meyve suyu | - | ↓ | - | - | - | - |
| Protein kaybı | - | - | ↓ | - | - | - |
| Renk değişimi | ↓↔ | - | ↓ | ↓ | - | - |
| Solunum | - | - | ↑↔ | ↓ | - | - |
| Sulu görünüm | - | ↓ | - | - | - | - |
| Senesens | - | - | ↓ | ↓ | ↓↑ | - |
| Filizlenme | - | - | - | - | - | ↔ |

| | |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biber | Huang ve ark., 2003; Tian ve ark., 2004 |
| Brokoli | Ku ve Wills,1999; Fan ve Mattheis, 2000a; Able ve ark., 2002; Wang ve Win, 2002; Forney ve ark., 2003; Gong ve Mattheis, 2003; |
| Çin hardalı | Able ve ark., 2003 |
| Çin lahanası | Able ve ark., 2003 |
| Domates | Sisler ve ark., 1996; Sisler ve Serek, 1997; Nakatsuka ve ark., 1998; Sisler ve ark., 1999; Wills and Ku, 2002; Collelli ve ark., 2003; Itai ve ark., 2003; Krammes ve ark., 2003; Mostofi ve ark., 2003; Sun ve ark., 2003; Beno-Maulem ve ark., 2004; Feng ve ark., 2004; Mir ve ark., 2004; Yokotani ve ark., 2004; Saltveit, 2005; |
| Havuç | Fan ve Mattheis, 2000b; Fan ve ark., 2000 |
| Hıyar | Nilson, 2005 |
| Karpuz | Mao ve ark. 2004 |
| Kışniş otu | Jiang ve ark., 2002 |
| Marul | Fan ve Mattheis, 2000b; Manleitner ve ark., 2001; Wills ve ark., 2002; Able ve ark., 2003; Saltveit, 2004; |
| Maydanoz | Ella ve ark., 2003 |
| Patates | Suttle, 2003 |

KAYNAKLAR

- Able, A.J., Wong, L.S., Prasad, A., O'Hare, T.J. 2003. 1- MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) than a leafy brassica (*Brassica rapa* var. *chinensis*). *Postharvest Biol. Technol.* 26: 147-155.
- Beno-Moualem, D., Gusev, L., Dvir, O., Pesis, E., Meir, S., Lichter, A. . 2004. The effects of ethylene, methyl jasmonate and 1-MCP on abscission of cherry tomatoes from the bunch and

- expression of endo-1,4-beta-glucanases. *Plant Sci.* 167: 499-507.
- Blankenship, S.M., Dole, J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Burg, S.P., Burg, E.A. 1967. Molecular requirement for the biological activity of ethylene. *Plant Physiol.* 42: 144-152.
- Colelli, G., M.T., Sánchez, M.T., Torralbo, F.J. 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato. *Alimentaria* 342: 67-70.
- Ella, L., Zion, A., Nehemia, A., Amnon, L. 2003. Effect of the ethylene action inhibitor 1-methylcyclopropene on parsley leaf senescence and ethylene biosynthesis. *Postharvest Biol. Technol.* 30:67-74.
- Fan, X., Mattheis, J.P. 2000a. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 35:885-887.
- Fan, X., Mattheis, J.P. 2000b. Reduction of ethylene-induced physiological disorders of carrots and iceberg lettuce by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 35: 1312-1314.
- Fan, X., Mattheis, J.P., Roberts, R.G. 2000. Biosynthesis of phytoalexin in carrot root requires ethylene action. *Physiol. Plant.* 110: 450-454.
- Feng, X.Q., Apelbaum, A., Sisler, E.C., Goren, R. 2004. Control of ethylene activity in various plant systems by structural analogues of 1-methylcyclopropene. *Plant Growth Reg.* 42: 29-38.
- Forney, C.F., Song, J., Fan, L.H., Hildebrand, P.D., Jordan, M.A. 2003. Ozone and 1-methylcyclopropene alter the postharvest quality of broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:403-408.
- Gong, Y.P., Mattheis, J.P. 2003. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on chlorophyll catabolism of broccoli florets. *Plant Growth Reg.* 40:33-38.
- Huang, X.M., Z.Q. Zhang, X.W. Duan. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene on storage quality of hot pepper (*Capsicum frutescens*) at room temperature. *China Veg.* 1: 9-11.
- Itai, A., Ishihara, K. Bewley, J.D. 2003. Characterization of expression, and cloning, of beta-D-xylosidase and alpha-L-arabinofuranosidase in developing and ripening tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit). *J. Exper. Botany* 54:2615-2622.
- Jiang, W., Sheng, Q., Zhou, X-J., Zhang, M-J., Liu, X-J. 2002. Regulation of detached coriander leaf by 1-methylcyclopropene and ethylene. *Postharvest Biol. Technol.* 26:339-345.
- 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. (Use of 1-methylcyclopropene to delay fruit ripening of tomato.) *Horticultura Brasileira* 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.
- Laamim, M., A. Oubahou, A., Benichou, M. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of Clementine mandarin fruit at ambient temperature. *J. Food Agr. Envir.* 3: 34-36.
- Manleitner, S. R., Noga, G., Cameron, A.C. 2001. Influence of 1-MCP on russet spotting in lettuce midribs. *Acta Hort.* 553:321-322.
- Mao, L.C., Karakurt, Y., Huber, D.J. 2004. Incidence of water-soaking and phospholipid catabolism in ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit: induction by ethylene and prophylactic effects of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 33:1-9.
- Mir, N.A., Curell, E., Khan, N., Whitaker, M., Beaudry, R.M. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126:618-624.
- Mostofi, Y., Toivonen, P.M.A., Lessani, H., Lu., C.V. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 27:285-292.
- Nakatsuka, A., Murachi, S., Okunishi, H., Shiomi, S., Nakano, R., Kubo, Y., Inaba, A. 1998. Differential expression and internal feedback regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase, and ethylene receptor genes in tomato fruit during development and ripening. *Plant Phys.* 118:1295-1305.
- Neljubov, D.N. 1901. Über die horizontale nutation der stengel von *Pisium sativum* und eigener anderen pflanzen. *Beih. Bot. Centralbh.* 10:129-139.
- Porter, K.L., Collins, G., Klieber, A. 2005. 1-MCP does not improve the shelf-life of Chinese cabbage. *J. Sci. Food Agr.* 85(2):293-296
- 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 Biol. Technol.* 34:75-80.
- Saltveit, M.E. 2005. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) reduces ethylene and protein biosynthesis in excised discs of mature-green tomato pericarp tissue. *Postharvest Biol. Technol.* 35:183-190.
- Sisler, E.C., Alwan, T., Goren, R., Serek, M., Apelbaum, A. 2003. 1-substituted cyclopropenes: Effective blocking agents for ethylene action in plants. *Plant Growth. Reg.* 40:223-228.

- Sisler, E.C., Blankenship, S.M. 1993a. Diazocyclopentadiene (DACP), a light sensitive reagent for the ethylene receptor in plants. *Plant Growth Regul.* 12:125-132.
- Sisler, E.C., Blankenship, S.M. 1993b. Effect of diazocyclopentadiene on tomato ripening. *Plant Growth Regul.* 12:155-160.
- Sisler, E.C., Dupille, E., Serek, M. 1996b. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. *Plant Growth Regul.* 18:169-174.
- Sisler, E.C., Dupille, E., Serek, M. 1996a. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Regul.* 18:79-86.
- Sisler, E.C., Pian, A. 1973. Effect of ethylene and cyclic olefins on tobacco leaves. *Tob. Sci.* 17:698-720.
- 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., Yang, S.F. 1984. Anti-ethylene effects of *cis*-2-butene and cyclic olefins. *Phytochemistry* 23:2765-2768.
- Sisler, E.S., Serek, M. 1999. Compound controlling the ethylene receptor. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 40:1-7.
- Suttle, J.C. 2003. Auxin-induced sprout growth inhibition: Role of endogenous ethylene. *Amer. J. Potato Res.* 80: 303-309.
- Tian, M., Gupta, D., Lei, X.Y., Prakash, S., Xu, C. Fung., R.W. M. 2004. Effects of low temperature and ethylene on alternative oxidase in green pepper (*Capsicum annum* L.). *J. ort. Sci. Biotechnol.* 79:493-499.
- Wang, Q.M., Win, K.K. 2002. Effect of 1-MCP on storage life, quality and antioxidant enzyme activities of broccoli. *J. Zhejiang Univer. Agric. Life Sci.* 28: 507-512.
- Wills, R.B.H., Ku, V.V.V. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 26:85-90.
- Wills, R.B.H., Ku, V.V.V., Warton, M.A. 2002. Use of 1-methylcyclopropene to extend the postharvest life of lettuce. *J. Sci. Food Agric.* 82:1253-1255.
- Yokotani, N., Tamura, S., Nakano, R., Inaba, A., McGlasson, W.B. Kubo. Y. 2004. Comparison of ethylene- and wound-induced responses in fruit of wild-type, rin and nor tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 32:247-252.