

# KLİMAKTERİK VE KLİMAKTERİK OLMAYAN BAHÇE BİTKİLERİ ÜZERİNDE ETİLENİN ETKİSİ İLE ETİLEN ANTAGONİSTLERİNİN HASAT SONRASI FİZYOLOJİSİNDE KULLANIM İMKANLARI

## EFFECT OF ETHYLENE ON CLIMACTERIC AND NON-CLIMACTERIC HORTICULTURAL CROPS AND POSSIBILITIES OF USING ETHYLENE ANTAGONISTS IN POSTHARVEST PHYSIOLOGY

Gökhan SÖYLEMEZOĞLU

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, ANKARA

**ÖZET:** Klimakterik ve klimakterik olmayan bahçe bitkileri, uygulanan etilene karşı gösterdikleri tepki ve olgunlaşmaları sırasındaki etilen üretim mekanizmalarına göre farklılık gösterirler. Genel olarak, bütün meyvelerin gelişmeleri esnasında düşük düzeylerde etilen üretikleri yapılan araştırmalar ile kanıtlanmıştır. Bununla beraber, olgunlaşmayla birlikte klimakterik meyveler, non-klimakterik meyvelere göre çok daha fazla miktarda etilen üretirler. Bu iki grup arasındaki farklılığa, gelişmenin belirli aşamalarında ve olgunlaşma sırasında ölçülen içsel etilen konsantrasyonu örnek olarak gösterilebilir. Klimakterik meyvelerde ölçülen içsel etilen konsantrasyonu farklılık göstermekle beraber, klimakterik olmayan meyvelerde gelişme ve olgunlaşma sırasında içsel etilen konsantrasyonu açısından çok az bir değişim söz konusudur.

Etilenin etkisini engelleyen doğal engelleyicilerin dışında  $CO_2$ ,  $Ag^+$  ve Norbornadiene olmak üzere bilinen üç tip antagonisti vardır ki, bunlar etilenin etkisini engellemek amacıyla dışsal olarak uygulanırlar.

Bu makalede, klimakterik ve klimakterik olmayan bahçe bitkileri üzerinde etilenin etkileri ile etilen antagonistlerinin hasat sonrası fizyolojisinde kullanım mekanizması açıklanmıştır.

**ABSTRACT:** Climacteric and non-climacteric horticultural crops may be further differentiated by their response to applied ethylene production and during ripening. It has been clearly established that all fruit produces minute quantities of ethylene during development. However, coincident with ripening, climacteric fruits produce much larger amounts of ethylene than non-climacteric fruits. The difference between the two classes of fruit is further exemplified by the internal ethylene concentration found at several stages of development and ripening.

The internal ethylene concentration measured in several climacteric fruits varies widely but that of non-climacteric fruits changes little during development and ripening.

In addition to the natural inhibitors of ethylene action which have been postulated, there are 3 types of ethylene antagonists which may be applied exogenously to inhibit ethylene action.

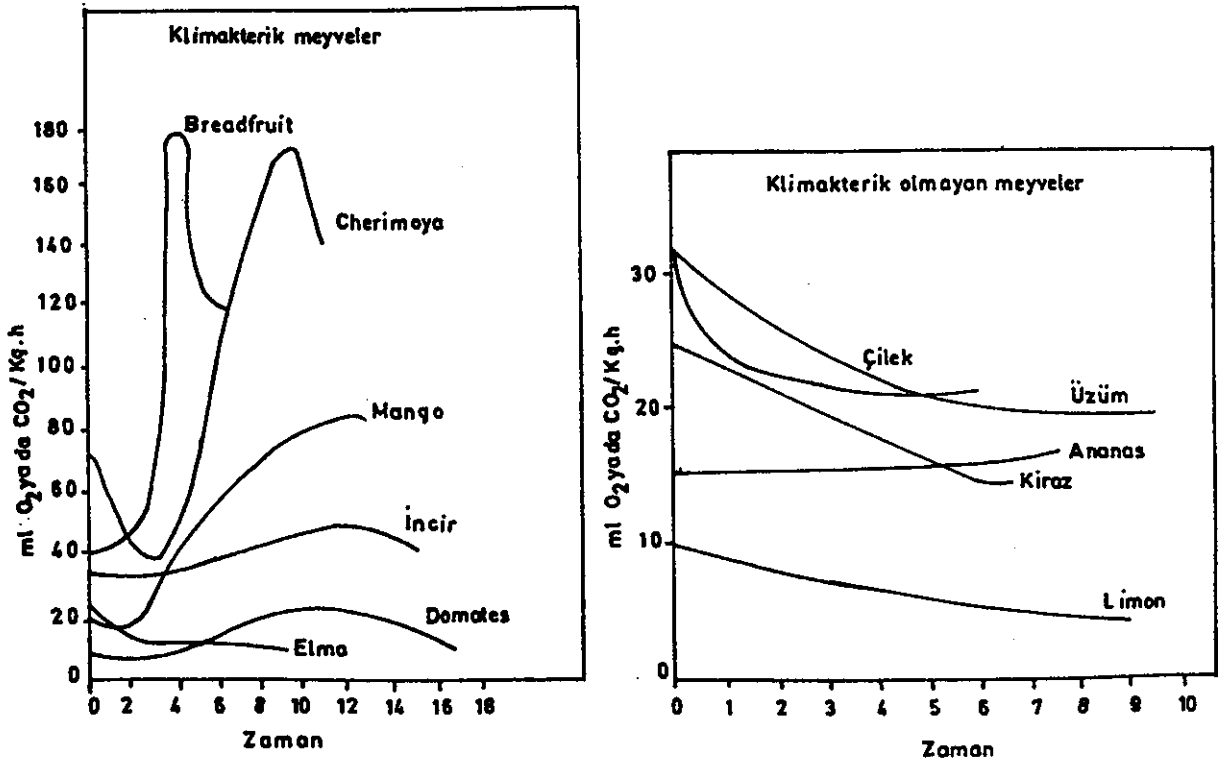
In this article, effect of ethylene on climacteric and non-climacteric horticultural crops and possibilities of using ethylene antagonists in postharvest physiology are given.

### GİRİŞ

Olgunlaşma hormonu olarak bilinen etilenin klimakterik ve klimakterik olmayan bahçe bitkileri üzerindeki etki mekanizmasının izah edilebilmesi için öncelikle terminolojide çok yaygın bir şekilde kullanılan "klimakterik" ve "klimakterik olmayan" meyve kavramlarının açıklanması gerekmektedir.

### KLİMAKTERİK VE KLİMAKTERİK OLMAYAN MEYVE

Bilindiği üzere meyveler solunum davranışlarına göre iki ana gruba ayrılmışlardır. Bunlardan birincisi klimakterik meyveler grubudur ki bu gruba giren meyveler, olgunlaşmanın erken dönemlerinde solunumlarında meydana gelen artış tarafından karakterize edilirler. Solunumlarında meydana gelen bu artış, meyvelerin yapı ve bileşimindeki değişimlerle paralellik göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerdeki solunum eğrileri (BIALE ve YANG, 1982).

Bu durum ilk defa bu olaya "klimakterik" adını veren KIDD ve WEST (1924) tarafından elmada gözlenmiştir. Son zamanlarda bu terim klimakterik meyvelerin olgunlaşması sırasında meydana gelen olayların tümünü belirlemede kullanılmakta olup, yerini daha belirgin bir terim olan "solunum klimakteriği"ne bırakmıştır (RHODES, 1970).

Klimakterik olmayan model ise ilk olarak BIALE ve YOUNG (1949) tarafından turuncğil meyvelerinde belirlenmiştir. Bu meyvelerin olgunlaşma sırasında solunumlarında herhangi bir artış gözlenmez. Gerçekte çoğu klimakterik meyveler için olgunlaşma esnasında genelde solunumlarında bir azalma söz konusudur (TUCKER ve GRIERSON, 1987) (Şekil 1).

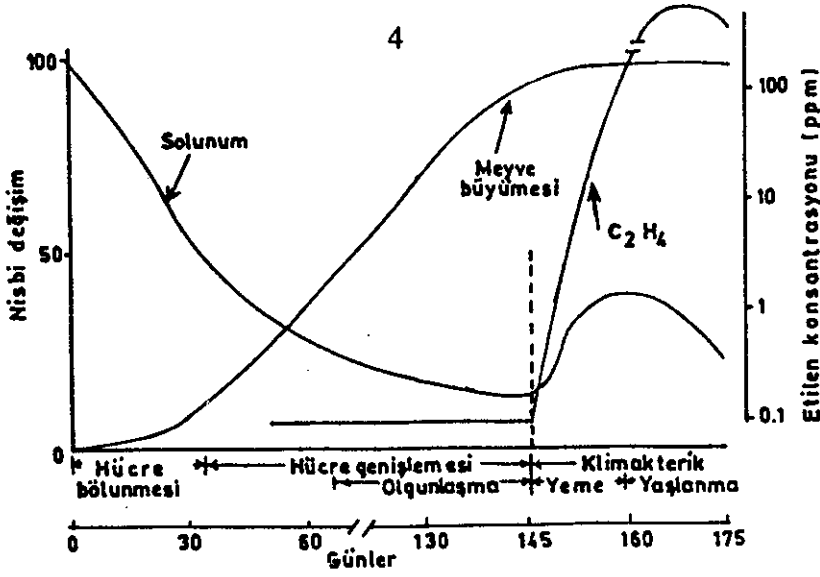
Çizelge 1. Meyvelerin olgunlaşma esnasında gösterdikleri solunum davranışlarına göre sınıflandırılması (McGLASSON ve Ark., 1978).

Klimakterik Meyveler	Klimakterik Olmayan Meyveler
Elma ( <i>Malus sylvestris</i> )	Kiraz ( <i>Prunus avium</i> )
Kayısı ( <i>Prenus armeniace</i> )	Vişne ( <i>Prunus cerasus</i> )
Avokado ( <i>Persea americana</i> )	Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> )
Muz ( <i>Musa sp.</i> )	Üzüm ( <i>Vitis vinifera</i> )
Cherimoya ( <i>Annona cherimolia</i> )	Limon ( <i>Citrus limonia</i> )
Kiwi ( <i>Actinidia chinensis</i> )	Ananas ( <i>Ananas comosus</i> )
İncir ( <i>Ficus carica</i> )	Mandarin ( <i>Citrus reticulata</i> )
Mango ( <i>Mangifera indica</i> )	Çilek ( <i>Fragaria sp.</i> )
Passion fruit ( <i>Passiflora edulis</i> )	Portakal ( <i>Citrus sinensis</i> )
Şeftali ( <i>Prunus persica</i> )	Yaban mersini ( <i>Vaccinium corymbosum</i> )
Armut ( <i>Pyrus communis</i> )	
Erik ( <i>Prunus sp.</i> )	
Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	
Karpuz ( <i>Citrullus lanatus</i> )	

Solunum klimakteriğinin ilk olarak elmalarda belirlenmesinden sonra, diğer birçok meyvede benzer solunum modelleri gözlenmiştir (Çizelge 1).

Bu iki grup arasındaki bir diğer önemli farklılık ise klimakterik meyvelerde olgunlaşma oldukça yüksek oranda etilen üretimindeki artışa bir paralellik gösterir (Şekil 2).

Klimakterik meyvelerde içsel etilen konsantrasyonu belirli bir sınır değeri aşınca solunum yükselişi başlar ve meyve olgunlaşır. Meyve tarafından salgılanan etilenin kendi metabolizmasını hızlandırması, onun stimulatif etkisini gösterir.



Şekil 2. Klimakterik meyvelerde solunum, etilen ve büyüme ilişkileri (REID, 1990).

Şekil 2'den de görüldüğü gibi klimakterik meyvelerde etilenin salgılanma eğrisi, solunum hızı artışına paraleldir. Olgunlaşma döneminde etilenin salgılanma hızı, tür ve çeşide göre değişen bir süre içinde en yüksek değere ulaştıktan sonra biraz geriler.

Salgılanan etilenin en yüksek değeri elma, armut, kayısı ve kantoloup gibi meyvelerde klimakterik maksimumdan önce, domates ve erik gibi ürünlerde ise klimakterik maksimumdan sonra gerçekleşir.

Etilenin salgılanma hızı, içsel etilen miktarına, dokunun yüzey/hacim oranına ve difüzyonu engelleyen yapının kalınlığına bağlıdır. Küçük meyvelerde difüzyon hızlıdır. İçsel etilen miktarı ile (Y, ppm), salgılanan miktar (X, micro.l/kg.h) arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu honeydew kavununda  $y=3.7+1.2x$ 'dir. Elma ve armutta ise içsel etilen miktarı 600 ppm, 80 ppm iken aynı meyve türlerinde salgılanan etilen miktarı ise sırasıyla 52 nl/kg.h ve 16 nl/(kg.h)'dir.

Meyvelerin etilen salgılayabilme yeteneği, tür ve çeşitlere göre uzun veya kısa sürelidir. Örneğin muz, kavun, karpuz, domates gibi meyve gelişmesinin erken dönemlerinden itibaren hasat edilebilen ve olgunlaşan ürünlerde bu süre uzundur. Genel olarak diğer meyveler ancak hasada yakın gelişme döneminde ve kısa bir dönem içerisinde etilen salgılayabilirler.

Çizelge 2. Bazı meyvelerde olgunlaşma öncesinde ve olgunlaşma döneminde içsel etilen miktarları (ppm) (BURG ve BURG, 1962).

Elma	0.2-1000	Avokado	0.5-500
Armut	0.1-300	Erik	0.14-0.23
Şeftali	0.9-21	Portakal	0.13-0.32
Domates	0.8-30	Limon	0.11-0.17
Muz	0.2-50	Lime	0.30-1.96

Klimakterik olmayan meyvelerden turunçgillerin olgun, sağlıklı meyveleri normal koşullarda etilen salgılamaz. Ancak düşük sıcaklıklarda, yüksek oksijenli ortamlarda sınırlı oranda etilen salgırlar (KARAÇALI, 1990).

İçsel etilen miktarının olgunlaşma dönemindeki değişimi, meyve türlerine göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 2'den de görüleceği üzere, klimakterik meyvelerde bu değer belirgin bir şekilde artarken, klimakterik olmayanlarda ise artış sınırlı kalmıştır.

Çizelge 3'te ise 20°C'de meyvelerde üretilen etilen miktarları görülmektedir.

Çizelge 3. 20°C'de meyvelerde üretilen etilen miktarları (REID, 1990).

l/kg.hr	Ürünler
0.01-0.1	Kiraz, Turunçgiller, Üzüm, Çilek
0.1-1.0	Hıyar, Bamya, Ananas, Yaban mersini
1.0-10.0	Muz, İncir, Mango, Domates
10.0-100.00	Elma, Avokado, Cantaloupe, Nektarin, Papaya, Şeftali, Armut, Erik
>100.00	Cherimoya, Possion Fruit

etilenin etkisini teşhis amacıyla yapılan testlerde sık sık kullanılmaktadır. CO<sub>2</sub>'in engelleyici yönü düşük etilen konsantrasyonu altında etkili olup, etilen konsantrasyonu 1µl.litre<sup>-1</sup>'i aştığında bu etkisini kaybeder. Bazı meyvelerde ise CO<sub>2</sub> hücreler arası boşluklarda birikir ve doğal etilen engelleyicisi olarak görev yapar.

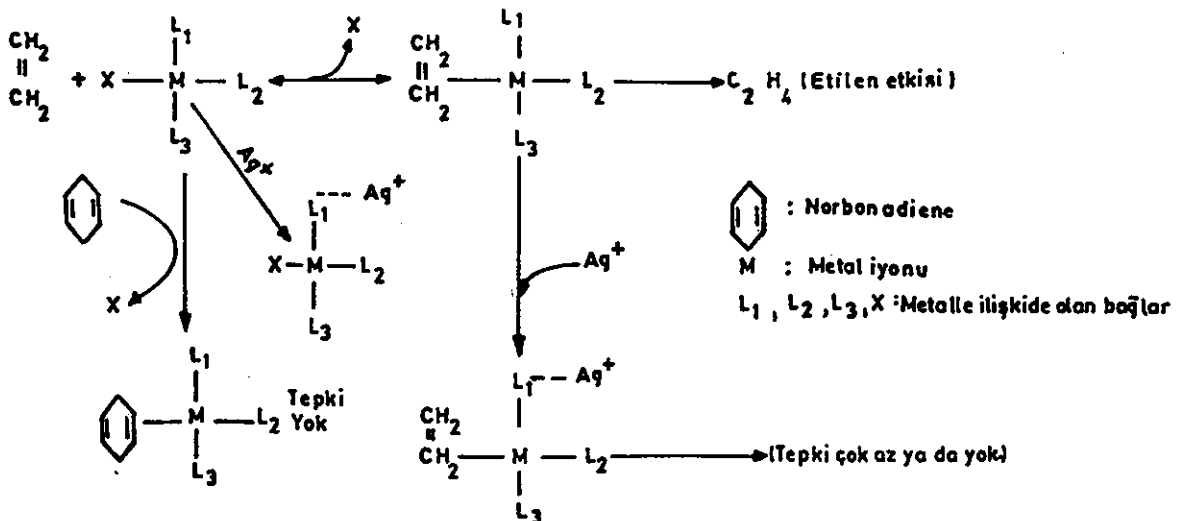
CO<sub>2</sub>'in engelleyici etki şekli henüz tam olarak açıklığa kavuşturulmuş değildir. Bununla beraber, BURG ve BURG (1967), CO<sub>2</sub>'in etilene bağlanma açısından bir yarış halinde olduğunu belirtmişlerdir (YANG, 1985).

### GÜMÜŞ (Ag<sup>+</sup>)

Gümüş, büyümenin engellenmesi, absizyon, hıyar çiçeklerindeki cinsiyet değişimi gibi birçok tepkileri içeren bitkideki çok geniş alanlarda etilenin etkisini engeller. Ag<sup>+</sup>, bilindiği gibi ayrıca kesme karanfillerde ticari olarak vazo ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır.

Ag<sup>+</sup>'ün etileni bloke edici ya da azaltıcı özelliğinin kesin etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Etilenin etkisini azaltmadaki gümüşün etkisi, etilen konsantrasyonu artırıldığında azalır. Bununla beraber Ag<sup>+</sup>'ün etilene karşı olan etkisi, yüksek etilen konsantrasyonlarında CO<sub>2</sub>'den daha fazladır ki, araştırmacılar gümüşün engelleyici etkisinin sadece basit bir yarıştan ibaret olmadığını belirtmektedirler.

Ag<sup>+</sup>'ün kabul edilen etilenin etkisini azaltıcı fonksiyonu Şekil 3'de gösterilmiştir. Buna göre alıcı kısmında birden fazla birbiriyle koordine olan bağlar (L), etilenin alıcıya bağlanmasını kolaylaştırarak biyolojik olarak aktif bir kompleks oluşumuyla, Ag<sup>+</sup> uygulandığında ise diğer bağlarla tepkimeye girerek alıcıdan etileni bağlama açısından daha düşük kapasiteye sahip olan ya da çok az aktif etilen-alıcı kompleksinin oluşumuyla sonuçlanır (YANG, 1985).



Şekil 3. Etilen ve engelleyicilerinin muhtemel durumları.

### ETİLENİN ANTAGONİSTLERİ (ETİLEN KARŞITI MADDELER)

Etilenin etkisini engelleyen doğal engelleyicilere ek olarak bilinen üç tip antagonisti vardır ki bunlar etilenin etkisini engellemek amacıyla dışsal olarak uygulanırlar.

### KARBONDİOKSİT (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksit etilenin birçok etkisini geciktirir yada önler. Etilen üretimiyle bağımlı ACC'nin engellenmesi için verilen CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sadece atmosferdeki miktarın birkaç katı kadardır. Ayrıca CO<sub>2</sub>,

## NORBORNADIENE

SISLER VE PIAN (1973), etilenin sentezlenmesini önleyen, tütün yapraklarındaki bazı olefinlerin solunum oranını arttırdıklarını belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar, bezelye fidesinde etilenle ters etkiye sahip olan birçok olefinlerin yapı ve aktiviteleri arasındaki ilişkileri karşılaştırdıklarında, 2.5-norbornadiene'in en aktif bileşik olduğu ve etilenin etkisini engellediğini tespit etmişlerdir.

Norbornadiene'in etilen üzerindeki rekabete dayanan etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Buna göre yapısal olarak etilene benzeyen norbornadiene, etilenle aynı bağ için rekabet eder ve bunun sonucunda biyolojik olarak inaktif norbornadiene-alıcı kompleksi oluşur.

1000  $\mu\text{litre}^{-1}$  dozunda norbornadiene yeşil domateslere uygulandığında, tüm meyve iki haftalık deneme periyodu boyunca yeşil kalmış, kontroller ise yani hiç uygulama yapılmayanlar ise beş gün içerisinde olgunlaşmıştır (YANG, 1985). Bu sonuçlar PEACOCK (1972)'un bulgularını desteklemektedir. Bu araştırmacının da belirttiği gibi yeşil domateslerde mevcut olan düşük orandaki içsel etilen miktarı, meyvenin yeşil döneminin kısaltılması yoluyla onların olgunlaşmalarını etkileme yolunda sarf olur.

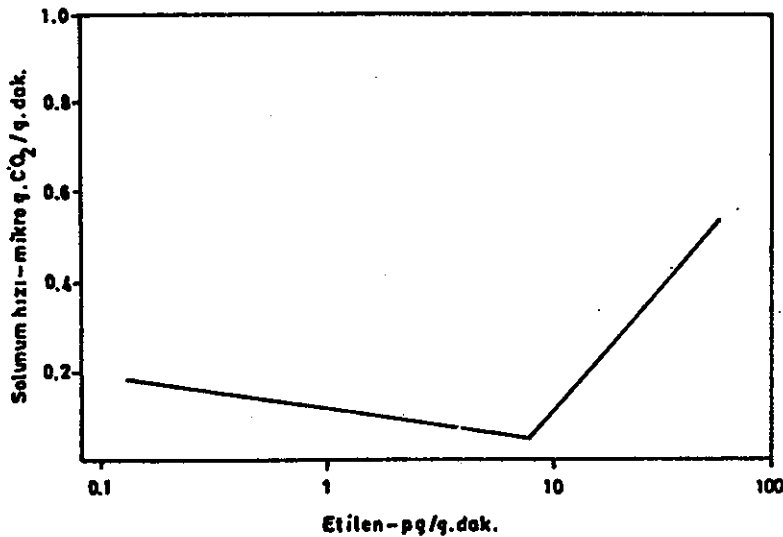
Yeşil meyvelerde mevcut olan düşük orandaki içsel etilen miktarının etkisi norbornadiene tarafından engellendiği zaman, olgunlaşmanın başlaması engellenmektedir. Bu norbornadiene uygulanmış meyveler tekrar etilenle muamele edildiklerinde ise olgunlaşma olayları hızlanmakta ve etilen, sözkonusu olan rekabetten kaynaklanan engelleme etkisinden dolayı norbornadiene'in etkisini engellemektedir.

Bununla beraber norbornadiene, kesme karanfil çiçeklerinde yaşlanma ve turuncgillerde yaprakların ab-sizyonunu engellemede de etkilidir.

Norbornadiene uygulanabilen yada sözkonusu olduğu ortamdan uzaklaştırılabilen bir gazdır ki bu özelliğiyle etilenin etkisi üzerindeki çalışmalar için kullanışlı bir element olduğu görülmektedir.

## KLİMATERİK MEYVELERDE ETİLENİN ETKİSİ

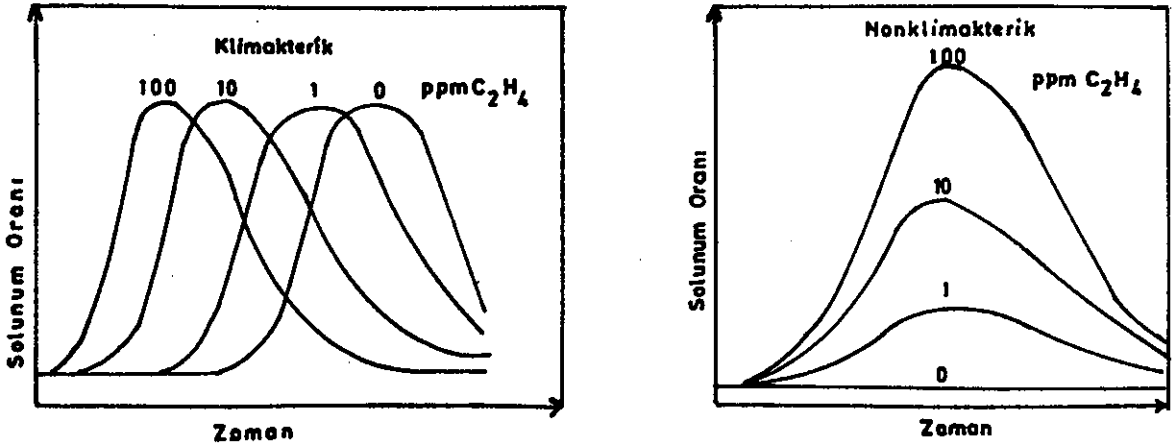
Daha öncede belirtildiği gibi, klimakterik meyvelerde etilen ile olgunlaşma arasında sıkı bir ilişki vardır. Olgunlaşma mekanizmasını simgeleyen klimakterik yükseliş, içsel etilen miktarı belirli bir sınır düzeyi aştığında başlar. Etilen ile solunum hızı arasındaki ilişki ise iki aşamalıdır. Örneğin domatestede klimakterik öncesi dönemde etilen birikirken, solunumun giderek yavaşladığı gözlenir. Bu aşamada henüz etilen birikimi sınır doza ulaşmamıştır. Ancak sınır etilen dozu aşıldığında etilenin birikimi solunum hızı artışı ile birlikte görülür (KARAÇALI, 1990) (Şekil 4).



Şekil 4. Domates meyvesinde ölçülen solunum ve etilen sentezi değerleri arasındaki ilişki (KARAÇALI, 1990).

Tabiki bu sınır etilen değeri, tür, çeşit ve özel durumlara göre değişiklik gösterir. Örneğin bitki üzerindeki domatestede 5 ppm iken, hasat edilen domatestede 1 ppm'dir. Etilen bu tip meyvelerde klimakterik yükselişi erkenleştirir ve hızlandırır. Ancak klimakterik maksimum değeri değişmez. Bu değer hemen hemen her etilen dozu için aynıdır (Şekil 5).

Elma gibi klimakterik meyvelerde olgunlaşma için otokatalitik etilen sentezinin engellenmesi, yumuşama, aroma üretimi ve solunumdaki artış gibi olgunlaşma olaylarını da önler (BAN-GERT ve STUT, 1978).

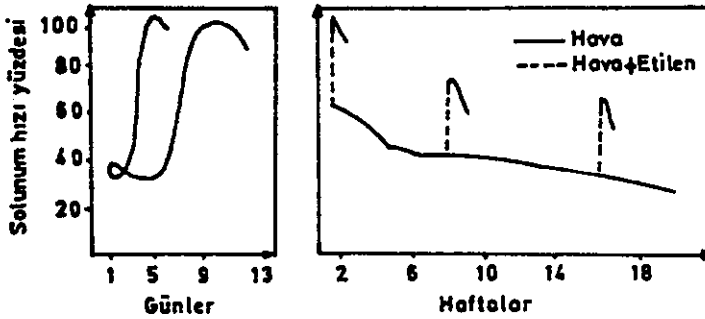


Şekil 5. Klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerde uygulanan etilen dozları (ppm) ile solunum hızı ilişkileri (TUNCER ve GRIERSON, 1987).

### KLİMAKTERİK OLMAYAN MEYVELERDE ETİLENİN ETKİSİ

Etilen bu tip meyvelerde azalmakta olan solunum eğrisini aniden yükselişe çevirir (Şekil 5). Uygulanan etilenin dozu yükseldikçe (0.1-100 ppm) solunum hızı maksimum değere yükselir ve erkenleşir. Etilenin solunum maksimumuna etkisi, olgunluğun ilerlemesiyle geriler ve değeri düşer (Şekil 5).

Genç meyve döneminde ağaç üzerinde bulunan meyvelere etilen uygulanması, olgun meyvelere göre değişik sonuçlar vermektedir. Bu meyvelerde olgunlaşma ve tatlanma olmaz, yalnız kabuk rengi sararır ve hemen dökülürler. Bu tür meyveler, koparılmış olsalar bile sonuç değişmez. Etilenin klimakterik meyvelerde tam olgunlaşmayı sağlayabilmesi için yeterli madde birikimi ve gelişme tamamlanmış olmalıdır.



Şekil 6. Klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerde dıştan verilen etilenin solunum hızına etkileri (KARAÇALI, 1990).

### SEBZELERİN ETİLENE DUYARLILIĞI

Sebzelerin çoğu  $10 \text{ l kg-hr}^{-1}$ 'den daha az etilen üretirler. Sadece olgunlaşan domatesler gibi botaniksel açıdan meyve olarak sınıflandırılan sebzeler daha fazla oranda etilen üretebilirler. Bununla beraber, sebzeler uygulanan etilene karşı gösterdikleri duyarlılık yönünden üç kategoriye ayrılırlar. Bu kategoriler Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Etilen uygulamasının belirli ürünler üzerindeki etkileri ise Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Bilindiği gibi, etilenin sentezlenmesinde bulunduğu yer, zaman ve miktarına göre etkili olan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , AVG ve AOA gibi organik bileşiklerin, yaralanma ve üşüme gibi bir takım olayların da etkileri vardır.

Co ve Cu gibi metalik iyonlar etilen üretiminde düzenleyici rol oynayabilirler. Bitkiler fizyolojik olarak Ca'un düzeyi tarafından büyüme ve gelişme esnasında çok derinden etkilenmektedir. Çoğu doğal olarak meydana gelen sistemlerde Ca, etilen sentezi sistemi baskı altında tutulduğu ve depolama sırasında birkaç çeşit fizyolojik hastalığın zararlarını azalttığı görülmektedir. Buna ilaveten solunum oranı ve etilen üretimini de azaltmaktadır (STAVROULAKIS, 1990).

Çizelge 4. Sebzelelerin etilene duyarlılığı (SCHOUTEN, 1985).

Duyarlılık derecesi	Ürünler
Düşük	Biber, Enginar, Havuç, Kurusoğan, Pancar, Patıcan, Turp
Orta	Bezelye, Fasulye, Kuşkonmaz, Patates, Pırasa, Sap Kerevizi
Yüksek	Brokkoli, Bütrüksel Lahanası, Çin Kabağı, Domates, Hıyar, Hindiba, Ispanak, Karnabahar, Kırmızı Kabak, Mısır, Salata, Yeşil Kabak

Çizelge 5. Etilen uygulamasının belirli ürünler üzerindeki etkileri (SCHOUTEN, 1985).

Ürünler	Etkileri
Ispanak, Hıyar	Yaşlanmanın hızlanması
Patıcan	Olgunlaşmanın hızlanması
Salata	Koyu kırmızı benekler, noktalar
Havuç	Acılaşma
Patates	Filizlenme
Kabak, Karnabahar	Yaprak dökümü

Mantari enfeksiyonlu Anjou armutları, sağlıklı armutlardan daha fazla ve erken etilen üretirler. Anjou armutlarında düşük Ca, olgunlaşma için gerekli olan üşüme gereksinimini azaltır ki bu arada Ca, ACC'nin etilene dönüşümünü etkilemiş yada etilen sentezinde diğer yer alan vasıtalarından biri de olabilir.

Bu konuda yapılan çalışmalar göstermektedir ki, membran geçirgenliğinin ve hücrenin bütünlüğünün korunmasında Ca temel bir rol oynar. Bir diğer etmen ise üşümedir. Olgunlaşan yazlık armutların aksine kışlık armutlar, genellikle belirli bir zaman etilen üretimi ve olgunlaştırılabilir için soğuklama uygulamasına gereksinimleri vardır.

Bartlett armutlarında kısa bir süre soğuklama uygulaması etilen üretimini ve etilen üretimindeki klimakterik artışı uyarır. Böylece solunumdaki klimakterik artış meyvenin yumuşamasıyla çözülebilir pektin ve protopektin artışıyla birliktedir (WANG ve ark., 1971; STAVROULAKIS, 1990).

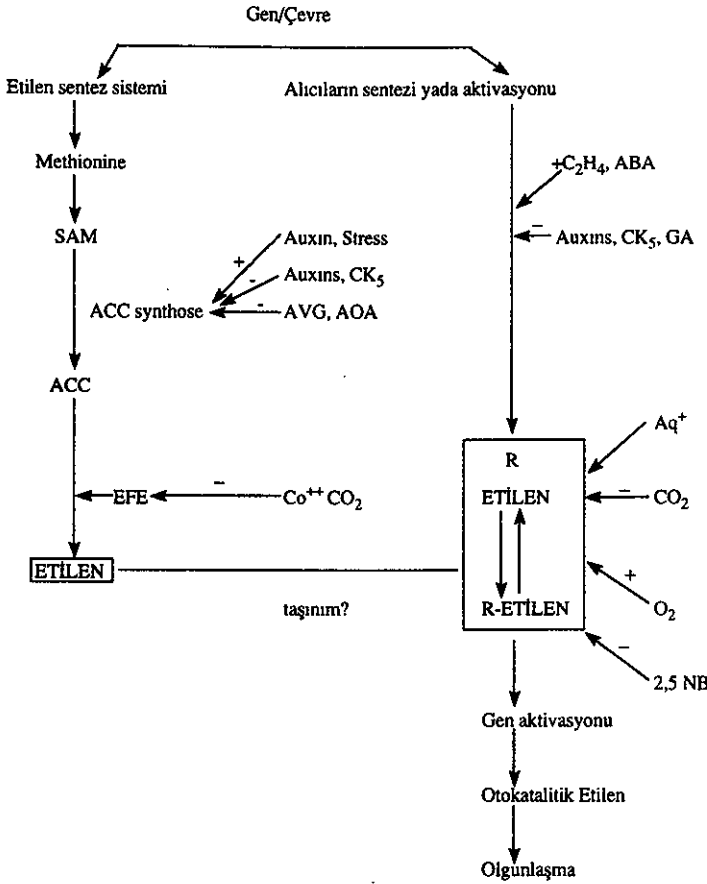
Bosc armutları, tipik olarak etilen üretilip olgunlaşabilmek için  $-1.1^{\circ}\text{C}$ 'de 20 gün gerektirir. Bununla birlikte  $20^{\circ}\text{C}$ 'ye transfer edilmeden önce altı gün  $5^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmaları oldukça yüksek bir etilen üretimi ve daha iyi bir olgunlaşmayla sonuçlanmıştır (STAVROULAKIS, 1990).

Anjou armutları olgunlaşabilmek için  $-1.1^{\circ}\text{C}$ 'de 50-60 günlük bir soğukta muhafazaya ihtiyaçları vardır. Bununla beraber, etilen üretiminin hasattan kısa bir süre sonra yada hasatta aktive edildiği belirtilmiştir. Hasat öncesi erken dönemdeki sıcaklıklar, Anjou armutlarının derim olgunluğunu belirlemede çok önemlidir. Anjou armutlarının dışsal etilene duyarlılığı olgunlaşma sırasında önemli ölçüde artar. Meyve eti sertliği azalırken etilen üretimi, solunum oranı ve protein içeriği artar. Bununla birlikte çoğu kez armutlara  $0.05$  yada  $0.1 \mu\text{l/l}$  etilen uygulandığında otokatalitik etilen sentezinden önce yumuşadıkları gözlemlenmiştir. Bir diğer çalışmada, hasatta  $50$  ve  $500$  ppm'lik propilen uygulanan Anjou armutları, otokatalitik etilen sentezinden önce yumuşayarak meyve eti sertliği  $6.8$  kg'dan  $2.0$  kg'a düşmüştür (STAVRAULAKIS, 1990).

Şekil 7'den de görülebileceği gibi, etilenin otokatalitik sentezi; oksin, gibberellin, sitokin ve ABA'nın ve bu hormon için dokunun duyarlılığını değiştirmektedir (BANGERTH, 1990).

Oksinin olgun meyveye uygulanması sonucunda hormon sadece meyve yüzeyine işler ve ACC sentezini hızlandırır. Meyvenin tamamıyla oksinle infiltrasyonu ise olgunlaşmayı engeller. Çünkü bu durum dokunun etilene hassaslığını artırır.

Gibberellin ve sitokinler, olgunlaşmayı geciktirir yada azaltır. ABA ise olgunlaşmayı hızlandırır (BANGERTH, 1990).



Şekil 7. Otokatalitik etilen sentezi ile dokunun etilene duyarlılığını etkileyen içsel ve dışsal faktörlerin şematik olarak gösterilmesi (BANGERTH, 1990).  
?: Günümüze dek yapılan çalışmalar sonucunda kesinlik kazanmamasına rağmen kabul edilen hipotez

## ETİLENİN TİCARİ OLARAK KULLANIMI

Avokado, muz, mango, nektarin, papaya, şeftali, armut, erik, domates ve kavun gibi bazı ürünlerde etilen ticari anlamda kullanılmaktadır. Ayrıca turuncgillerde sarartma işlemi amacıyla kullanılmaktadır.

Yaygın olarak meyve olgunlaştırılması için tipik koşullar meyveye bağlı olarak 1-5 gün için 15-30°C sıcaklıkta 10-100 µl/l etilen konsantrasyonu uygulanmaktadır. Nispi nem ise genellikle %95'te tutulmakta birlikte olgunlaşmanın uyarılmasından sonra düşürülebilir.

Turuncgillerdeki sarartma işlemi için ise, daha özel gereksinimlere ihtiyaç vardır ki, bunlar Çizelge 6'da gösterilmiştir (VASILAKAKIS, 1990).

Bu konudaki her bir metodun kendine göre bir takım problemleri vardır. Etilen, bilindiği üzere çabuk yanıcı ve patlayıcı bir özelliğe sahiptir. Özellikle etilen konsantrasyonu 31.000 µl/l'nin üzerine çıkarsa patlama tehlikesi söz konusudur. İşte bu nedenle herhangi bir şekilde etilenin kaza ile birikimini önlemek için tedbirler alınmalıdır.

## ETİLENİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN METODLAR BİOASSAY METODU

Bu metoda göre, 0.1 ppm'den 10 ppm'e kadar olan etilen belirlenebilmektedir (PRATT ve BIALE, 1944).

## ETİLENİN MANOMETRİK METODLA BELİRLENMESİ

Etilen, hava akımı yardımıyla civaperklorat solüsyonu içerisine absorbe edilir. Birikmiş etilen daha sonra civa kompleksinden HCl'in ilavesiyle serbest bırakılır ve hacmi ölçülerek belirlenir.

Etilenin sıkça civaperklorat belirtecini absorbe etmesi ve sonra asitle serbest hale geçmesi nedeniyle günümüzde etilen manometrik olarak belirlenmemektedir (YOUNG ve ark., 1952).

## ETİLENİN KOLORİMETRİK METODLA BELİRLENMESİ

Etilen, formaldehit oksidasyonu ile de formaldehidin kolorimetrik olarak tespiti sonucunda belirlenir. Duyarlılığı manometrik metoda yakındır. Gaz örneği, serum kabından geçirilerek (KMnO<sub>4</sub> + NaIO<sub>4</sub>) oksidant solüsyon içeren erlenmayer içerisine enjekte edilir. Erlenmayer 90 dakika oda sıcaklığında kalan oksidant solüsyonu azaltmak amacıyla NaAsO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilavesinden sonra çalkalanır ve üzerine Nash eriyiği (amonyum asetat, asetik asit ve asetik aseten solüsyonu) ilave edilir ve erlenmayer 60 dak. bu halde bekletilir. Absorbans 412 nm'da belirlenir.

Etilen bir kez okside olduğundan formaldehit için kullanılabilen birçok kolorimetrik madde vardır. Bu gibi maddelerden herhangi biri kromotropik asiti, thiourea'yı kullanır ve renkli absorbans ürün 570 nm'da belirlenir (LARUE ve KURZ, 1973).



Çizelge 6. Ticari anlamda turuncgillerin etilenle sarartılma koşulları.

Koşullar	California	Florida
Sıcaklık	20-25°C	27.5-29.5°C
Etilen	5.0-10µl/l	1.0-5.0 µl/l
Nispi nem	%90	%90-95
Hava sirkülasyonu	1 oda hacmi/dak. yada CO <sub>2</sub> 'nin %0.1 düzeyinde tutulması	1 defa/saat
Süre	72 saat yada daha az	72 saat yada daha az

## ETİLENİN GAZ KROMATOĞRAFİK METODLA BELİRLENMESİ

Genellikle duyarlılığın çok hassas olması nedeniyle etilen gaz kromatografisiyle analiz edilir. 10 ppb yada 10 nl/ml'lik düzeyi dahi analiz edebilir.

1.0 ppm ve 10 ppm'lik standartlar, meyve ve sebzelerin hasat sonrası çalışmaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Analiz süresi her örnek için yaklaşık iki dakikadır.

## DİĞER METODLAR

### KITAGAWA GAZ BELİRLEYİCİSİ

Taşınabilir özellikle olup, sistemin hassaslığı:  $\pm\%10$ 'dur. 0.1 ppm ile 100.0 ppm arasında çalışabilir.

### SNOPPY ELEKTRONİK ETİLEN BELİRLEYİCİSİ

Bu sistem 0.1 ppm etileni 1 ml'lik gaz örneğinde belirleme kapasitesine sahip olup, taşınabilir özelliktedir.

## SONUÇ

Klimakterik ürünlerinin başarılı bir şekilde soğukta muhafaza edilebilmeleri, ancak etilenin biyosentezi ve işleyiş mekanizmasının bilinmesi ve buna göre en uygun aşamalarda müdahale ederek, ürünlerin hasat sonrası muhafaza ömürlerini uzatacak önlemlerin alınmasıyla mümkündür. Fakat sadece etilenin biyosentezi ve işleyiş mekanizmasının bilinmesi, muhafaza sırasında ürünlere en uygun dönemlerde müdahale etmemizi sağlamıyacaktır. Bu noktadaki başarı, ancak etilen antagonistlerinin hasat sonrası fizyolojisinde kullanım imkanlarıyla sınırlıdır.

Bu makalede de izah edildiği gibi, etilenin etkisini engelleyen doğal engelleyicilere ek olarak bilinen CO<sub>2</sub>, Gümüş, Norbornadiene gibi üç tip etilen antagonisti vardır ki bunlar etilenin etkisini engellemek amacıyla dışsal olarak uygulanırlar.

Bu antagonistler günümüzde, pratikte klimakterik ürünler üzerinde etilenin olumsuz etkisini önleyerek muhafaza ve raf ömürlerini uzatmak amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Sonuç olarak; önemli olan nokta, ürünlerin hasadından tüketiciye ulaşana dek geçen süre içerisinde mevcut soğuk zincirin korunması ve ürünleri tüketiciye, hasat edildikleri zamanki tazeliğiyle ulaştırılması olduğuna göre ve öncelikle klimakterik ürünlerin hasat sonrası fizyolojisinde en önemli problemlerden biri olan etilenin kontrolünde ülkemizde de en kısa süre içerisinde burada açıklanan antagonistlerin sözkonusu ürünlerle bilimsel çalışmaların yapılarak sonuçlarının en kısa zamanda pratiğe aktarılmasıdır.

## KAYNAKLAR

- BANGERTH, F., 1990. Postharvest Physiology Notes. MAICh., Chania, Greece.
- BIALE, J.B. and YOUNG, R.E., 1982. In "Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables" Academic Press. New York, pp. 1,39.
- BURG, S.P. and BURG, E.A., 1962. The role of Ethylene in the Fruit Ripening. Plant Physiology, 37:179-189.
- KARAÇALI, I., 1990. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, Bornova, İzmir.
- LARUE, T.A. and KURZ, G.W., 1973. Estimation of Nitrogenase Using a Colorimetric Determination for Ethylene. Plant Physiol. 51: 1074-1075.
- MCGLASSON, W.B., WADE, N.L. and ADATO, I., 1978. Phytohormones and related compounds (D.S. LETHAM, P.B. Goodwin and T.J.V. Higgins, eds.) Vol:2, Elsevier, Amsterdam, pp. 447-493.
- PRATT, H.K. and BIALE, J.B., 1944. Relation of the Production of an Active Emanation to Respiration in the Avocado Fruit. Plant Physiol. 19(3): 519-528.
- REID, M.S., 1990. Postharvest Physiology Courses Handouts. Univ. of California, Davis, USA.
- RHODES, M.J., 1970. In "The Biochemistry of Fruits and Their Products" (A.C. Hulme ed.), Vol: 1, Academic Press, New York, pp. 521-533.
- STAVROULAKIS, G., 1990. Postharvest Physiology of pears. Handouts. MAICh. Chania, Greece.
- TUCKER, G.A. and GRIERSON, D., 1987. The Biochemistry of Plants. Vol:12, Academic Press Inc. London.
- VASILAKAKIS, M., 1990. Postharvest Physiology Handouts. MAICh. Chania, Greece.
- YANG, S.F., 1985. Biosynthesis and Action of Ethylene. Hortscience, Vol: 20(1).
- YOUNG, R.E., PRATT, H.K., and BIALE, J.B., 1952. Manometric Determination of Low Concentrations of Ethylene. Anal. Chem. 24: 551-555.