


ZİRAAT, ORMAN VE SU  
ÜRÜNLERİ ALANINDA  
ARAŞTIRMA VE  
DEĞERLENDİRMELER



<b>Kitap Adı</b>	: Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler
<b>İmtiyaz Sahibi</b>	: Gece Kitaplığı
<b>Genel Yayın Yönetmeni</b>	: Doç. Dr. Atilla ATİK
<b>Kapak&amp;İç Tasarım</b>	: Melek ZORLUSOY
<b>Sosyal Medya</b>	: Arzu ÇUHACIOĞLU
<b>Yayına Hazırlama</b>	: Gece Akademi  Dizgi Birimi
<b>Yayıncı Sertifika No</b>	: 15476
<b>Matbaa Sertifika No</b>	: 34559
<b>ISBN</b>	: 978-605-7631-62-6

*Editör (ler)*

Doç. Dr. Atilla ATİK

Doç. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission. Gece Akademi is a subsidiary of Gece Kitaplığı.

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. Gece Akademi, Gece Kitaplığı'nın yan kuruluşudur.

**Birinci Basım/First Edition** ©Mart 2019/Ankara/TURKEY ©copyright



**Gece Publishing**

**ABD Adres/ USA Address:** 387 Park Avenue South, 5th Floor, New York, 10016, USA

**Telefon/Phone:** +1 347 355 10 70

**Gece Akademi**

**Türkiye Adres/Turkey Address:** Kocatepe Mah. Mithatpaşa Cad. 44/C Çankaya, Ankara, TR

**Telefon/Phone:** +90 312 431 34 84 - +90 555 888 24 26

**web:** [www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com) — [www.gecekitap.com](http://www.gecekitap.com)

**e-mail:** [geceakademi@gmail.com](mailto:geceakademi@gmail.com)

# İÇİNDEKİLER

- CHAPTER 1:** Kütahya-Gediz Koşullarında Yetiştirilen İzmir Kekiği (Origanum Onites L.)'Nin Uçucu Yağ Bileşenlerin Belirlenmesi  
HASAN BASRİ KARAYEL.....5
- CHAPTER 2:** Yağmur Suyu Hasadı Tekniklerinin Kurak Bölgelerde Sürdürülebilir Tarım için Uygulanabilirliği ve Önemi  
MERYEMKUZUCU.....15
- CHAPTER 3:** Meyve Gelişimi ve Olgunlaşmasının Moleküler Fizyolojisi  
BEHCET İNAL, SERDAR ALTINTAŞ.....29



# Kütahya-Gediz Koşullarında Yetiştirilen İzmir Kekığı (*Origanum Onites L.*)'Nin Uçucu Yağ Bileşenlerin Belirlenmesi

**Hasan Basri KARAYEL<sup>1</sup>**

## CHAPTER 1

---

<sup>1</sup> Dumlupınar Üniversitesi Gediz Meslek Yüksekokulu Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler



## 1. GİRİŞ

İzmir kekiği çok yıllık olup bir Akdeniz bölgesi bitkisidir. Kök yapısı kazık olup yan kökler iyi gelişmektedir. Toprak yapısına bağlı olarak kökler derine iner bu sebepten dolayı kurak şartlara karşı dayanaklığı artar. Bitki 20-50 cm arası boylanır, fazla miktarda dal bulunur. Dallar dik ve yan şekilde gelişir. Yapraklar küçük, sıcak bölgelerde kışın yaprağını dökmezler. Yaprak sapları çok kısa veya sapsızdır. Her dal bir çiçek başağı ile biter. Meyve döllenesin de sonra, gelişen meyve yumurta şeklindedir. Kekik bitkisi toprak bakımında çok seçici değildir. Bitkinin gelişimi bakımında iyi sonuçlar almak için istenen toprak tipi hafif yapılı, tınlı – killi, kireççe zengin topraklarda daha kaliteli ürün alınır. Üretim tohumla, fideyle, klonlama ile yapılır. Bakımı, yabancı otlarla mücadele edilir. Mücadele mekanik ve biyolojik ve kimyasal olarak yapılır. Sulama, ilk dikimde can suyu verilir daha sonra belli aralıklarla ilk yıl bitki sulanır. Daha sonraki yıllarda bitki su istediğinde sulama yapılır. Gübreleme, 4-5 kg/da  $P_2O_5$ , 12-15 kg/da  $K_2O$ 'in tamamı bir defada ve toprak hazırlığı sırasında verilir. Her biçimde sonra 4-6 kg/da azotlu gübre verilmelidir. Hasat, ilk yıl bitkinin gelişimine göre bir hasat yapılır. İklim şartlarına ve bitkinin bakımına göre ikinci yılda 2 ile 4 biçim yapılır. Biçim güneşli ve sıcak günlerde ve öğleden sonra yapılmalıdır. Bu saatlerde uçucu yağ miktarı en yüksek olduğu zamandır. Faydalanma yönleri; uçucu yağında bulunan önemli bileşenler tymol ve cavracrol'dur. Bu bakımdan kekik antiseptik, solunum yolları enfeksiyonları, öksürük, bronşit vb. gibi alanlarda kullanılır. Kekik bitkisinin güzel kokusundan dolayı kozmetik ve gıda sektöründe kullanılmaktadır ( Ceylan, A. 1987; İlisulu, K.1992; Koç, H.1999). Son yıllarda aromatik bitkilerden uçucu yağ elde etme yöntemlerine yönelik araştırmalar, üzerinde çalışılan konulardan birini oluşturmaktadır (Wang ve Ark., 2006; Azmir ve Ark., 2013). Bu yağlar bitkilerin yaprak, çiçek, kabuk, tohum ve köklerinden, genellikle su buharı destilasyonu veya farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda ve kolayca kristalleşebilme özelliğine sahip, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkli yağimsı karışımlardır. Buldukları bitkiye karakteristik koku ve yakıcı lezzet veren bu bileşenlerin en belirgin özellikleri oda sıcaklığında uçucu ve kokulu olmalarıdır (Sevinç ve Ark., 1995). Dünya üzerinde ekonomik önem taşıyan *Origanum* türleri; Yunan kekiği (İstanbul kekiği-*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* L. (Boiss.) Hayek), İzmir veya Türk Kekiki, Ak Kekik (*Origanum onites* L.), İspanyol kekiği (*Coridothymus capitatus* L.) ve Meksika Kekiki (*Lippia graveolens* HBK)'dır (Başer, 2000 a, 2002). Elde edilmelerinde su buharı destilasyonu eskiden beri yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle daha fazla yağ elde edilebilmesine karşın, nitelikli ürün elde edilememektedir. Ayrıca uzun damıtma süresi maliyeti arttırmak-

tadır. Diğer bir deyişle, elde edilecek ürünün kullanım amacına bağlı olarak, kullanılacak yöntem de değişkenlik göstermektedir. Üretilecek ürünlerde daha çok mekanik ekstraksiyon ve buhar destilasyonu tercih edilirken; parfümeri endüstrisi için üretilecek esansların üretiminde çözücü ekstraksiyonu veya süper kritik karbondioksit ekstraksiyon yöntemi tercih edilmektedir (Bakkali ve Ark.,2008). Uçucu yağların bileşim ve miktarları bitkinin cinsine, bitkinin hangi kısmından elde edildiğine, üretim sekline, yetiştirildiği bölgenin coğrafi yapısına ve iklime bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Özgüven ve Ark.,2006; Angioni ve Ark., 2006). Uçucu yağların bileşimlerinde temel olarak terpenoidler, asitler, alkoller, aldehitler, ketonlar, laktonlar, daha seyrek olarak azotlu ve kükürtlü bileşikler, kumarinler ve fenilpropanoidlerin homologları bulunmaktadır (Grassmann ve Ark., 2003; Cowan, M.M., 1999). Bu araştırmada *Origanum onites* L türünün uçucu yağ oranı ile uçucu yağ bileşenleri üzerine ekolojinin etkilerini incelemek, farklı kekik türlerinin bölgeye kazandırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Deneme yerlerinin iklim ve toprak özellikleri

Toprak analizleri 18.01.2016 tarihinde Kütahya ziraat odası toprak-bitki-sulama suyu analiz laboratuvarında yapılmıştır.

Analiz Tipi- kütahya	Sonuç	Durumu
Potasyum (K20) kg/da	20.0123	orta
Fosfor (P205) Kg/da	6.231	orta
Kireç(%)	4.0318	kireçli
Organik Madde (%)	0.7862	Çok az
Toplam Tuz (%)	0.0035	Tuzsuz
PH	7.14	Nötr
Saturasyon(%)	53.3	Killi-Tınlı

**Çizelge 1.** Deneme alanına ait toprak örneklerinde yapılan bazı kimyasal analiz sonuçları

Kütahya-Gediz'deki lokasyonun toprak analizi Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'e göre potasyum ve fosfor bakımında zengin olmadığı görülüyor. Kireç oranı yüksek bulunmuştur, organik madde bakımında fakir, toprak doyunluğu killi - tınlı olduğu analizler sonucunda belirlenmiştir.



**Çizelge 2.** Deneme yerlerine ait 2015-2016 yıllarına ilişkin Meteoroloji Rasat Cetveli

Aylık ortalama sıcaklık °C	Yıllar	Aylar												Top.ort.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	2.5	4.3	7.4	9.4	17.5	19.0	24.8	24.5	22.5	15.2	9.7	3.2	19,20	
2016	1.0	7.6	8.1	14.3	15.2	22.5	25.9	25.7	19.8	14.2	7.2	1.4	13,57	
Aylık ortalama nem (%)	2015	82.1	77	77.2	63.4	60.6	71.9	50.8	57.7	56.9	68.7	66.9	69.5	66,89
	2016	82.4	78.3	70.1	61.7	72.2	55.1	46.4	52.1	57.8	63.1	69.5	74.9	65,3
Aylık ortalama Yağış (mm)	2015	0	29.6	76.8	31	72.8	90.7	7.8	51.1	10.2	25.8	60.8	0.4	38,08
	2016	219.6	25.4	84.8	22.7	81.6	8.6	3.4	22.2	15.2	8	52.4	20.2	47,02

\*Devlet Meteoroloji işleri Genel Müdürlüğü Aylık Klimatoloji Rasat Cetveli

Kütahya – Gediz bölgesinde yazları sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Gediz ‘de Çizelge 2’de yıllık sıcaklık ortalaması 2015 yılında 19,20 °C dir. En sıcak aylar, Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar Ocak ve Şubat’tır. En düşük ölçülen sıcaklık ise 2,5 °C dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 38,08 mm’dir. En yağışlı ay Mayıs-Haziran, en kurak ay Eylül dür (Anonim., 2015). İç Ege bölgesinde bulunan Kütahya’da karasal iklim hâkimdir bu neden dolayı uçucu yağ kompozisyonu iklim durumuna göre olumlu veya olumsuz olarak etkilenir.

## 2.2. Bitki Materyali

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan tohumlar Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde temin edilmiştir. Tohumlar 2014 yılı Mart ayında Kütahya Dumlupınar üniversitesi Gediz Meslek Yüksekokulu Uygulama alanında yürütülmüştür. Tohumlar 2014 yılı Mart ayında deneme alanına direkt ekilmiştir. Tohumların çimlenmesi 15-20 gün sürmüştür. Tarla denemeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bitki dikim sıklığı 20 cm sıra arası, 30 cm sıra üzeri mesafelerine göre düzenlenmiş, her parsel 3 sıradan oluşmuştur. Her sraya 24 bitki olmak üzere, bir parselde 24x3 sıra =72 bitki ekilmiştir. Bitkiler çimlenene kadar hortumla sulanmış. Gözlemler ve ölçümler her parselde sağlıklı 60 bitki içerisinde etiketlenen 10 adet bitkiden örnekler alınmıştır. Birinci yıl bir biçim yapılmıştır. İkinci yıl iki biçim yapılmıştır. İkinci yıl ilk biçim zamanı olarak 10.07. 2015 tarihinde bitkilerin çiçeklenme başlandığı zaman hasat edilmiştir. Uçucu yağ oranı etiketlenen bitkilerde elde edilmiştir. Hasat toprak üstüne paralel olacak şekilde 10 cm derinlikte kesilerek hasat edilmiştir. İkinci hasat 25.10.2015 tarihinde yapılmıştır.

### 2.3. Uçucu Yağ Elde Edilmesi

Deneme uçucu yağ analizinin başlangıcında 20 g kuru materyal tartılarak 500 ml'lik balona alınmıştır. Üzerine 200 ml (örnek miktarına göre değişebilir, yaklaşık 10 kat) saf su eklenip çalkalanmıştır. İki saat süreyle hidrodestilasyon işlemine tabi tutularak uçucu yağ elde edilmiştir. Sistem soğuduktan sonra ve dereceli kısma toplanan uçucu yağ sulu fazdan ayrıldıktan sonra miktarı (ml) tespit edilmiştir. Tartımı alınan örnek miktarına (g) göre 100 g örnekteki uçucu yağ miktarı uçucu yağ oranı (%) olarak hesaplanmıştır (Skoula ve Ark., 2000).

### 2.4. Uçucu Yağ Kompozisyonunun GC-MS ile Belirlenmesi

Uçucu yağ bileşenlerine ait analizler Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Örnekler 1:100 oranında hekzan ile seyreltilip Gaz kromatografisi (Agilent 7890A) cihazına 1 µl olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Bileşenlerin ayırımı için kapiler kolon (HP InnowaxCapillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılmıştır. Kolon, bitiminde bir ayraç (splitter) yardımıyla FID ve kütle spektrometresi dedektörüne (Agilent 5975C) akış 1:1 oranında olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Analizde taşıyıcı gaz olarak 0.8 ml/dk akış hızında helyum kullanılmıştır. Enjektör sıcaklığı 250°C'de tutulmuş, kolon sıcaklık programı - 60°C'de 10 dakika, 60°C'den 220°C'ye 4°C/dakika (40 dakika) ve 220°C'de 10 dakika - toplamda 60 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Kütle detektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyon enerjisi 70 eV'dir. Uçucu yağın bileşenlerinin teşhisinde Oil Adams, Wiley ve Nist kütüphanelerinin verileri esas alınmıştır. Uçucu yağ bileşen oranlarında ise FID dedektörünün verileri kullanılmıştır (Özek ve Ark., 2010).

## 3- BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen *Salvia* türlerinin uçucu yağ oranı ve kompozisyonunun lokasyonlara göre değişimi *Origanum onites* L.(kuru herba) toplam uçucu yağ verimi %3,45 olarak ölçülmüştür. *Origanum onites* L.'in toprak üstü organlarından elde edilen uçucu yağın analizinde *Origanum onites* L. 20 bileşen tanımlanmıştır. Bu bileşenler toplam yağın *Origanum onites* L %99.99'luk kısmını oluşturmuştur. Uçucu yağ bileşen miktarları çizelge 1'de liste halinde verilmiştir. Uçucu yağ ana bileşenleri lokasyonlara göre; *Origanum onites* L. bitkisinin yaprağındaki uçucu yağında Carvacrol 75,00, γ-terpinene 6,33, Cymene3,69, β-bisabolene 2,44 olarak tespit edilmiştir. *Origanum onites* L. Uçucu yağ oranı ile ilgili Uçucu yağ oranlarının ise Kırman (1993), İzmir kekiği (*Origanum onites*) üzerine yaptığı çalışmasında, uçucu yağ oranının kuru herba da % 1.65-2.36 ve kuru yaprakta % 1.66-3.00 arasında de-

ğişim gösterdiğini belirlemiştir. Bayram (1995), Bornova ekolojik koşullarda 1992 ve 1993 yıllarında yürüttüğü çalışmada *Origanum onites* L. (İzmir kekiği) Uçucu yağ oranları ise 1992 yılında birinci biçimde % 2.0-2.81 olarak belirlemiştir. Kaya (1990), Antalya, Muğla, Aydın, Burdur lokasyonlarında toplanmış olan *Origanum onites* L. örneklerin uçucu yağ oranının %2.12-3.18 arasında değişim gösterdiği, uçucu yağın ana bileşeni carvacrol olduğunu ve lokasyonlara göre %30.87-84.62 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ceylan ve ark. (1988), İzmir Seferihisar yöresinden topladıkları *Origanum türlerinin* birinci yıl %1.73-3.60, ikinci yıl %1.44-3.61 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tepe ve ark. (2004), Ana bileşen carvacrolün kuvvetli antimikrobiyal özelliğinden dolayı uçucu yağın içeriği bu kritere bağlı olarak ele alınmaktadır. Kaçar ve ark. (2006), Yapılan araştırmada yaprak ve çiçekteki uçucu yağın ana bileşeninin carvacrol olduğu, bu bileşeni 1.8-cineol, borneol, linalool ve  $\gamma$ -terpinenin değişen sıralarda izlediği belirlenmiştir. Yaprakta carvacrol oranı ilk yıl %79.10-89.06, 2. yıl 1. Biçim %76.43-85.63, 2. Biçim %68.68-87.40, 3. yıl %81.05-84.39 arasında değişim göstermiştir. Çiçekte carvacrol oranı ilk yıl %89.14-97.97, 2. yıl % 85.00- 86.64, 3. yıl %78.94-86.31 arasında değişmiştir. Ceylan ve ark. (2003), Batı Anadolu Bölgesinde farklı lokasyonlardan topladıkları bitkilerden elde edilen A klonlarında carvacrol oranını %2.4-89.9 arasında değişen değerlerde belirlemişlerdir. Baydar(2002), Isparta koşullarında kültüre alınan İzmir kekiğinde carvacrol oranını % 54.81-72.43 arasında belirlemiştir. Uçucu yağ ve uçucu yağ bileşimine ait elde ettiğimiz verilerin literatürlerle uyumlu olduğunu görmekteyiz. Bu Farklılıkların, hem hasat dönemi hem de lokaliteden, iklim ve çevresel faktörlerden kaynaklanabileceğini belirtmiştir (Fleisher ve ark., 1982).

Yapılan Analiz			Analiz Metodu		
Uçucu Yağ Miktarı			Hidrodestilasyon		
Uçucu Yağ Bileşimi Tayini			GC-MS/FID		
Analiz Sonuçları (%)					
Uçucu Yağ Miktarı: %3,45					
No	Bileşen adı	Bileşen miktarı (%)	No	Bileşen adı	Bileşen miktarı (%)
1	$\alpha$ -pinene	0,54	11	Vetiverol	0,39
2	$\alpha$ -thujene	1,23	12	$\gamma$ -terpineol	1,17
3	Camphene	0,36	13	$\beta$ -caryophyllene	0,91
4	$\beta$ -myrcene	1,69	14	$\alpha$ -terpineol	0,44
5	$\alpha$ -terpinene	1,21	15	Borneol	1,76
6	$\gamma$ -terpinene	6,33	16	Germacrene-D	0,62
7	Cymene	3,69	17	$\beta$ -bisabolene	2,44
8	Trans-sabine- ne hydrate	0,47	18	Thymol	0,51
9	$\alpha$ -terpinolene	0,48	19	Tau-cadinol	0,42
10	Cis-sabinene hydrate	0,33	20	Carvacrol	75,00

#### 4. SONUÇ

Yürütülen çalışmalara göre test edilen bitki türlerinin uçucu yağ ana bileşenleri ile oranları bakımından diğer çalışmalara göre farklılıklar saptanmıştır. *Origanum onites* L., bitkisinin çiçeklenme zamanı, yetiştiği coğrafik ve iklimsel faktörlere bağlı olarak uçucu yağ kompozisyonunda da değişkenlik olacağını bildirmiştir. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkilerde var olan biyoaktif maddelerin çeşitliliği, miktarı aynı zamanda bitkinin kullanılan kısmına, hasat sonrası işlemler ile kullanılan uçucu yağ elde ve analiz metotlarına göre de farklılıklar gösterebilmektedir (Ceylan ve ark., 2003). Kütahya- Gediz lokasyonunda yapılan çalışmada *Origanum onites* L.'in en yüksek uçucu yağ ana bileşenleri sırasıyla carvacrol %75,00,  $\gamma$ -terpinene %6,33, Cymene %3,69,  $\beta$ -bisabolene %2,44 olarak tespit edilmiştir. Uçucu yağda 20 bileşen belirlenmiştir. Çevresel faktörlere göre uçucu yağ bileşenlerinin de farklılık gösterdiği düşünüldüğünde *Origanum onites* L., türünün kimyasal yapısının ortaya konulabilmesi için *Origanum* türleri açısından zengin olan ülkemizin farklı lokasyonlarından farklı *Origanum* türleri üzerinde daha fazla çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir (Yılar ve ark.,

2015). Yapılan çalışmanın diğer çalışmalarla farklılık göstermesi uçucu yağ miktarı ve uçucu yağındaki ana bileşen maddesinin değişimleri, genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir.

## KAYNAKLAR

1. Anonim.2015. <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx>.
2. Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., 2006. Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *J. Agric. Food Chem.* 54(12): 4364–4370.
3. Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A.,Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M., 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering* 117(4): 426-436.
4. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils- Areview. *Food and Chemical Toxicology* 46(2): 446-475.
5. Başer, K.H.C. 2002. The Turkish *Origanum* Species, In: *Oregano, The Genera Origanum and Lippia*, Ed.: S.E. Kintzios, Taylor and Francis, UK.
6. Baydar H., 2002. Isparta koşullarında İzmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) verimi ve uçucu yağ kalitesi üzerine araştırmalar.Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 6:2, 17-24.
7. Bayram E (1995). Geliştirilmiş İzmir kekiği (*Origanum Onites* L.) hatlarında bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *The Journal of Agricultural Faculty of Ege Universty*.32:3.41-48.
8. Ceylan, A., 1987. Tıbbi Bitkiler Ege Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 481, İzmir.
9. Ceylan A, Vömel A, Kaya N, Niğdeli E (1988). İzmir Kekliği (*Origanum Smyraeum* L.)'nin Adaptasyonu Ve Islahı Üzerinde Araştırmalar. I. Orman Tali Ürünleri Sempozyumu Programı.
10. Ceylan, A., E. Bayram, N. Şahbaz, H. Otan ve Ş. Karaman. 2003. Yield Performance and Essential Oil Composition of Individual Plants and Improved Clonnes of *Origanum onites* L. Grown in Aegean Region of Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51(4):285-290.
11. Cowan, M.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*12(4): 564-582.
12. Fleisher, A., N. O. Sneer. 1982. *Oregano* Spices and *Origanum* Chemotypes. *Journal of The Science of Food and Agriculture*.

- 33(5)411-446.
13. Grassmann, J., Elstner, E.F., 2003. Essential oils/properties and uses. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (Elsevier Science Ltd.): 2177-2184 p.
  14. Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M., 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering* 117(4): 426-436.
  15. İlisulu, K., 1992. İlaç ve Baharat Bitkileri Ankara Ü. Ziraat Fak. Yayın : 360, Ankara.
  16. Kaçar, O., Göksu, E., Azkan, N. 2006. İzmir Kekiğinde (*Origanum onites* L.) Farklı Sıklıkların Bazı Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi Sayı: 2 Cilt: 21)
  17. Kaya N (1990). Değişik Yöre Yabani Kekiklerinde (*Origanum Onites* L.) Bazı Kalite Kriterler Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2):11-24
  18. Kırman H (1993). Geliştirilmiş İzmir Kekiği (*Origanum onites* L.) Hatlarının Bazı Agronomik Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerinde Araştırma.(Y.Lisans Tezi). İzmir, Türkiye.
  19. Koç, H., 1999. İlaç ve Baharat Bitkileri Tokat Gaziosmanpaşa Ü. Ziraat Fak. Cilt.II., No:15, Tokat.
  20. Özgüven, M., Kırıcı, S., 1999. Farklı ekolojilerde Nane (*Mentha*) türlerinin verim ile uçucu yağ oran components and commercial antifungal agents. *Journal of Food Protection* 45(14): 1298-1301.
  21. Özek, T., Tabanca, N., Demirci, F., David E. Wedge and K. Hüsni Can Başer. Enantiomeric Distribution of Some Linalool Containing Essential Oils and Their Biological Activities. *Rec. Nat. Prod.* 4:4 (2010) 180-192
  22. Sevinç, A., Merdun, B., 1995. Türkiye’de yetisen uçucu yağ içeren bitkiler ve kullanım alanları. Bitirme Ödevi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
  23. Skoula, M., J. E. Abbes, C. B. Johnson. 2000. Genetic variation of volatile sandros marinic acid in populations of *Salvia fruticosa* Mill, growing in Crete. *Journal of Biochemical Systematics and Ecology*, 28:551-561.
  24. Yılar, M., Kadioğlu, İ., Telci, İ., 2015. Tokat İlinde Yayılış Gösteren Bazı Adaçayı Türlerinin Uçucu Yağ Kompozisyonlarının Belirlenmesi . *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2(4): 313-319.
  25. Wang, L., Weller, C.L., 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology* 17(6): 300-312.

# Yağmur Suyu Hasadı Tekniklerinin Kurak Bölgelerde Sürdürülebilir Tarım için Uygulanabilirliği ve Önemi

**Meryem KUZUCU<sup>1</sup>**

## CHAPTER 2

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü 134, Kilis, Türkiye





## 1. GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliği ve kuraklık en büyük çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlardan birisi olarak kabul edilmektedir. Bu sorunun etkileri şimdiden gözlenmekte ve gelecekte daha da belirgin hale geleceği bilinmektedir. Bu nedenle iklim değişiminin toplum üzerindeki olumsuz etkilerinin belirlenmesi gereklidir. Böylece gelecekte iklim değişikliği sebebiyle ortaya çıkabilecek sorunlara karşı çözüm arayışları gerçekleştirilebilecektir. Dünyada hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişme, aşırı su tüketim alışkanlıklarının devam etmesi, su kaynaklarının kirletilmesi ile iklim değişikliği ve kuraklık gibi iklimsel nedenlerle, kişi başına düşen su miktarının gelecekte hızla azalacağı beklenmektedir. Gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için su kaynaklarının çok iyi korunup, bilinçli kullanılması gerekmektedir. Bilindiği gibi, kurak ve yarı kurak iklimlerde, bitki gelişimini sınırlandıran en önemli etmen, kök bölgesinde bulunan yarayışlı suyun eksikliğidir (Falkenmark ve Rockström, 1993; Lal, 1991). Bu nedenle kurak ve yarı kurak alanlarda sulu tarım yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulanan alanların genişlemesi ve suyun etkin kullanımının, gelecekte, daha fazla gıda üretimine neden olacağı (Yudelma, 1994) ve anılan koşulun bir sonucu olarak, artan nüfustan dolayı, dünyada suya olan ihtiyacın da önemli ölçüde artacağı beklenmektedir.

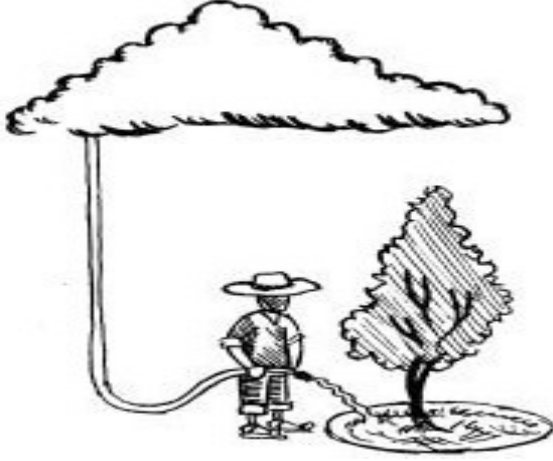
Yüzyıllar boyunca geleneksel olarak çeşitli su toplama biçimleri kullanılmıştır. En eski tarımsal uygulamaların bir kısmı, Orta Doğu'daki gibi "wadi" akışının tarımsal alanlara yönlendirilmesi şeklinde gerçekleşmiştir. İsrail'in Negev Çölünde, 4000 yıl veya daha eskilere dayanan Su Hasadı sistemleri keşfedilmiştir (Evanari ve ark. 1971). Bu su hasadı teknikleri ile yağmur sularının yamaçlardan ovalardaki tarlalara yönlendirilmesini sağlamaktaydı. Su kaynaklarının kısıtlı olduğu alanlarda, düşen her damla yağışın değerlendirilmesi, toprakta depolanması tarımsal üretime yarar sağlayacaktır. Bu nedenle yağmur sularından maksimum düzeyde faydalanılacak bir uygulamanın geliştirilmesi gerekmektedir. Kurak alanlara düşen yağış miktarı genellikle tarımsal üretimi gerçekleştirmede yetersiz kalmaktadır. Yağışın bitki yetişme dönemindeki yetersiz dağılımı, yarı kurak iklimde sahip bölgelerde ürün miktarını sınırlandırmaktadır. Yüksek sıcaklık, buharlaşma ve eğimli alanlarda oluşan yüzey akış sebebiyle su ihtiyacı karşılanamamaktadır.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla sulama yapmak zorunlu bir ihtiyaçtır. Kurak ve yarı kurak alanlarda sulama, kuraklığa karşı en iyi çözüm yolu olsa da; pahalı olması ve su kaynaklarının yetersiz kalması nedeniyle günümüzde genellikle daha düşük masraflı çözüm yolları aranmakta ve bu uygulama su hasadı olarak

belirtilmektedir. Çeşitli su hasadı teknikleri, yağmur suyunun toprakta muhafaza edilmesiyle, kurak geçen yaz döneminde bitkilerin su stresinin etkilerinden korunarak verim kayıplarının azalmasına yardımcı olmaktadır. Yağmur suyunu toprakta muhafaza etmek amacıyla alan büyüklüğüne göre makro ve mikro havza su hasadı teknikleri uygulanmaktadır. Bu teknikler kendi uygulama alanlarına ve çeşitli kriterlere göre dizayn edilerek araziye kurulmaktadır. Su hasadı teknikleri kolay tesis edilebilir, ekonomik ve üreticiye her zaman faydası olacak uygulamalardır. Özellikle su hasadı tekniklerinin neredeyse tamamı su ve toprak muhafazası sağladığından, eğimli tarım arazilerinde bu tekniklerin uygulamaya geçilmesi önem arz etmektedir. Su hasadı tekniklerinin bilinmesi uygulamaya geçilmesi günümüzde ve gelecekte çiftçilerimize yarar sağlayacaktır.

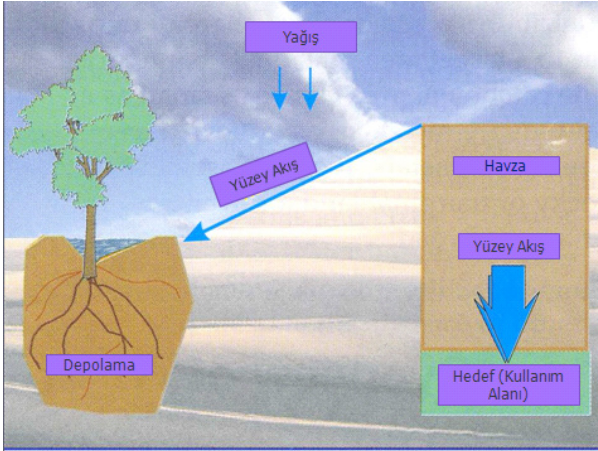
## 2. TANIMI VE ÖNEMİ

Kurak ve yarı kurak alanlarda düşen düşük ve verimsiz yağmur sularının yerinde biriktirilmesi veya yüzey akışa geçirilerek depolanması işlemi **su hasadı** olarak tanımlanmaktadır (Şekil.1). Verimli bir tarımsal üretim gerçekleştirmek için yağmur suyu arazide uygun bir şekilde yönetilmelidir. Yağmur suyu hasadı, tarımsal üretimi desteklemek için yağmur suyundan en iyi şekilde yararlanmayı hedefleyen bir yöntemdir. Çok eski bir gelenek olması ve dünyanın kurak bölgelerinde binlerce yıldır kullanılması nedeniyle su hasadı uygulamalarında çok sayıda farklı teknikler geliştirilmiştir. Bunların çoğu sulama amaçlı iken, bir kısmı da insan ve hayvanlar için içme suyu muhafazası için kullanılmaktadır. Su hasadı yöntemleri çoğunlukla kullanım ya da depolama çeşidine göre sınıflandırılmaktadır. En yaygın sınıflandırma su toplama alanı büyüklüğüne göre yapılan sınıflandırmadır. Küçük alanlarda uygulanan su hasadı mikro havzalar ve büyük alanlarda uygulanan makro havzalar olarak ikiye ayrılırlar. Mikro havza su hasadı sistemleri, küçük su toplama havzalarında yüzey akışa geçen yağmur suyunu biriktiren sistemlerdir (Oweis ve ark, 2001).



**Şekil 1.** Su Hasadı Tekniği Görsel Tanımı

Su hasadının bileşenleri şöyle sıralanabilir; Su toplama (havza) alanı; kendi sınırları dışındaki bir alana, kendi payına düşen yağmur suyunun tamamını veren alandır. Depolama; yüzey akış suyunun biriktirildiği ve kullanılacağı zamana kadar tutulduğu alandır. Hedef alan; hasat edilen suyun kullanılacağı alandır (Şekil. 2) (Oweis ve ark, 2001).



**Şekil 2.** Su Hasadı Tekniğinin Bileşenleri (Oweis ve ark, 2001)

Su hasadı tekniklerinin verimli bir şekilde uygulanabilmesi için arazinin topografyası, eğimi, iklim koşulları ve toprak tipi büyük önem

taşımaktadır. Arazi eğimi su hasadı için kilit bir faktördür. Eğimli arazilerde eşit olmayan yüzey akış dağılımı ve ekonomik olmayan toprak işleme uygulamaları nedeniyle eğimlerin %5'ten büyük olduğu bölgelerde mikro su toplama yapıları çoğunlukla önerilmemektedir. Toprak yapısı da arazi eğimi kadar önemli bir konudur. Su hasadı teknikleri sulamaya uygun olan toprakların temel özelliklerine sahip olmalıdır, derin olmalı, tuzlu veya sodik olmamalıdır. İdeal bir şekilde kil içeriğine sahip olmalıdır. Su hasadı uygulamasında kumlu topraklar için bir sınırlama söz konusudur. Derine sızma oranı yağış yoğunluğundan yüksekse, kumlu topraklarda yüzey akış gerçekleşemez. Bu nedenle toprak tekstürü, strüktürü ve toprak derinliği çok önemli bir ayrıntı olup, kumlu ve derin olmayan bozulmuş strüktüre sahip topraklarda su hasadı teknikleri verimli bir su toplama ve depolama işlemi gerçekleştirilemez.

### 3. SU HASADI TEKNİKLERİ

Su hasadının amacı, arazinin bir bölümüne düşen yağmur suyu payını başka bir bölümün payına eklemektir. Böylece ikinci bölgeye verilen su miktarı iki katına çıkararak o bölgede ekonomik bir tarımsal üretim gerçekleştirilmiş olur. Kurak bölgelerde düşük verim ve yüksek ürün kaybı riskiyle yapılan tarımsal üretimi düzene koyarak, verim artışı sağlayan tekniklerdir. Su hasadı ayrıca, çölleşmeden dolayı zarar görmüş arazilerde bitki örtüsünün artmasına ve çevresel zararın durdurulmasına yardımcı olmaktadır. Erozyona maruz kalmış veya yağış azlığından dolayı bitkisiz kalmış arazilerin ıslahı için de kullanılmaktadır.

Su hasadı uygulamalarında hedef; seçilen alanın yıllık yüzey akış katsayısını arttırmaktır. Toprak yüzeyini fiziksel ya da kimyasal işlemlerden geçirerek yüzey akış katsayısı artırılmaktadır. Bu teknik sayesinde yüzey akışı biriktirilip, hedef ürünün su ihtiyacı giderilmektedir. Kuru alanlarda tarımsal üretimin sorunsuz bir şekilde gerçekleşebilmesi için su ihtiyacını gidererek toprak muhafazası sağlayan bazı su hasadı teknikleri geçmişte ve günümüzde kullanılmaktadır. Su hasadı teknikleri birkaç şekilde kullanım ve depolama çeşidine göre sınıflandırılmaktadır. Ancak kullanılan en yaygın sınıflandırma; su toplama alanı büyüklüğüne dayanmaktadır. Mikro su toplama alanı sistemleri ve makro su toplama alanı sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

#### 3.1. Mikro Su Toplama Sistemleri

Mikro su toplama alanı sistemleri, küçük su toplama havzalarında yüzey akışa geçen yağmur suyunu çeşitli uygulamalarla bitki kök bölgesinde veya toprak profilinde depolayan sistemlerdir. Bu sistemler tarla bitkileri, ağaç ve çalı türleri için kullanılırlar. Bu sistemin bazıları;

kontur sırtlar, küçük çukurlar, yüzey akış şeritleri, Meskat, yarı dairesel toprak ve taş seddeler, Negarim ve sıra arası çiftlik sistemleri olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra mikro su toplama çatı su hasadı sistemleri de uygulanmaktadır. Bunlar evlerin veya seraların çatılarından yağmur suyunu toplayıp biriktiren uygulamaları içermektedir.

### 3.2. Makro Su Toplama Sistemleri

Makro su toplama alanı sistemleri genellikle daha büyük ve dik alanlarda elde edilen yağmur suları ya depolanmakta yahut bitkili alanlara yönlendirilerek değerlendirilmektedir. Makro toplama ve taşkın su hasadı olarak karakterize edilir. Genellikle, yağmur suyu toplama işlemi doğal mera, bozkır veya dağlık alanlarda gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin bazıları; küçük çiftlik rezervuarları, Jessour, sarnıçlar, su yayıcı sistemler, tanklar, geniş taş seddeler sayılabilir. Aşağıda Ülkemizde yağış azlığı çeken yarı kurak bölgelerimizde kullanımı uygun olan bazı su hasadı tekniklerine yer verilmiştir.

#### • Karık Su Hasadı Yöntemi

Karık su hasadı yöntemi kuru koşullarda üretim yapan çiftçiler için yağmur suyunu çapraz çizilen karıklarla bitki kök bölgesine yönlendiren ekonomik ve faydalı bir yöntemdir. ICARDA'da 2004–2005 yılları arasında yürütülen bir çalışmaya göre karık su hasadı uygulaması ile zeytin ağaçları için yüzey akış suyu toplanarak toprak profilinde muhafaza edilmiştir. Aynı çalışmada uygulanan taş örtü malçı ile buharlaşma azaltılmış ve daha fazla toprak nemi muhafazası sağlanmıştır (Turkelboom ve ark. 2007).



Şekil 3. Karık Su Hasadı Uygulama Tekniği Turkelboom ve ark. 2007)

### • Yarı Dairesel Toprak Seddeler Su Hasadı Yöntemi

Hilal şeklinde inşa edilen toprak seddeleri olup yetiştirilen bitkilerin önünden akıp giden yağmur suyunun ihtiyacı giderecek miktarda tutulmasını sağlarlar. Yüzeysel akış suyu bitki kök bölgesinde depolanır. Suriye’de hayvan yemi olarak değerlendirilen shrubs denilen çalimsi bitkiler bu yöntemle yetiştirilmektedir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Yarı Dairesel Seddeler Yağmur Suyu Hasadı Uygulamaları Yağmur Sonrası Görünümü (Oweis ve ark. 2001)

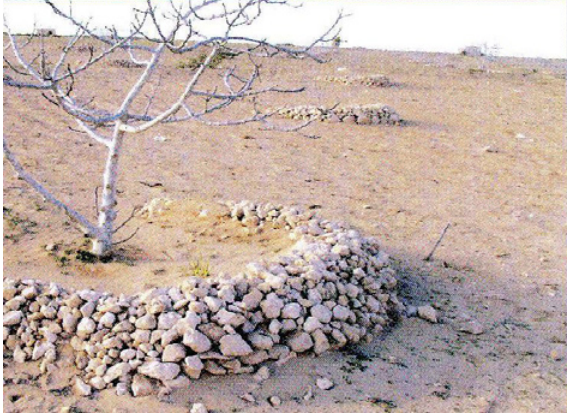
Ülkemizde Gaziantep ili kuru koşullarında antepfıstığı ağaçlarında verim ve kalitenin artırılması amacıyla yarı dairesel toprak seddeler ve kaş şeklindeki taş teraslar su hasadı teknikleri ile organik gübre uygulamaları 2011-2013 yılları arasında uygulanmıştır (Şekil 5). Çalışmanın sonucuna göre su hasadı ve organik gübre uygulanan konularda en yüksek antepfıstığı verimi elde edilmiştir. Su hasadı teknikleri, geleneksel uygulamaya göre daha fazla toprak nemi muhafazası gerçekleştirmiştir.



**Şekil 5.** Antepfıstığı Ağaçları İçin Uygulanmış Toprak Sedde ve Taş Teraslar Su Hasadı (Kuzucu 2017)

- **Kaş Şeklindeki Taş Teraslar Su Hasadı Yöntemi**

Kaş teraslar yarım daire kaş şeklinde inşa edilirler. Eğim arttıkça, eğim yönünde taşlar tarafından desteklenmelidir. Bu teknik diğerlerine göre daha fazla emek ve işgücü gerektirmektedir.



Şekil 6. Mısır'da İncir Ağaçları İçin Uygulanmış Taş Seddeler (Oweis ve ark. 2001)

- **Negarim Mikro Havzalar**

Her ne kadar bu tür mikro-havza su hasadı uygulamalarının ilk yayın raporları Güney Tunus'tan (Pacey ve Cullis, 1986) alınmış olsa da, bu teknik İsrail'in Negev çölünde geliştirilmiştir. Negarim adı İbranice "Neger" kelimesinden türemiştir. Negarim mikro alımları tüm su toplama sistemlerinin en iyi bilinen şeklidir.



Şekil 7. Negarim Mikro Havza Taş Malç Örtüsü Su Hasadı Uygulaması (Kuzucu, 2013)

Şanlıurfa ili kuru koşullarında Antepfıstığı bahçesinde farklı malç örtüleri ile Negarim mikro havza su hasadı tekniği 2009-2011 yılları arasında denenmiş en iyi yüzey akışı plastik malç örtüsü sağlarken en iyi toprak muhafazasını ise taş malç örtüsü gerçekleştirmiştir (Şekil 7). İsrail’de yıllık yağışların 100-150 mm kadar düşük olduğu Negev Çölü’ndeki araştırma çiftliklerinde bulunan en yaygın ve en gelişmiş Negarim mikro havzalar bulunmaktadır (Envarani et al. 1964). Bununla birlikte, Negarim mikro havza tekniğinin çeşitli uygulamaları Kuzey Afrika, Çin, Mısır, Suriye ve Tunus’ta yer alan çöl alanlarında yaygın olarak kullanılmıştır.

### • Zai Küçük Çukurlar

Batı Afrika’da taş genellikle verimsiz ve bozulmuş toprakların ıslahı için küçük çukurlar su hasadı tekniği kullanılmıştır. Bitkilerin dikileceği çukurlar veya «zai” yaklaşık 0,9 m aralıklarda oluşturulurlar. Bu çukurlar 0,15 m derinliğe ve 0,30 m çapında oluşturulurlar. Bitki büyüme ve gelişimini arttırmak için çukurlara dikimden önce gübre yerleştirilir. Çukurlar çöl alanlarında en az yağışlarda bile su ile dolmaktadır. Su ile dolan bu çukurlara fide dikimi yapılır. Böylece verimliliği azalmış ve çoraklaşmış bu topraklar yağmur suyu ve organik gübreler sayesinde bitkilendirilerek tarıma kazandırılmaktadır.



**Şekil 8.** Zai Su Hasadı Tekniği (Reij, 1987)

Batı Afrika’da bulunan Burkina Faso’ da, içinde toprak ve gübre karışımı içeren, sorgum veya darı tohumlarının ekildiği, Zai diye isimlendirilen küçük çukurlar mikro havza su hasadı tekniği uygulanmaktadır. Dikim çukurları yağmur suyunu içinde toplamakta, verilen organik gübre ve yağmur suyu sayesinde bitki kökleri için verimli bir ortam oluşturmaktadır. (Şekil 8). Organik gübre uygulandığından yabancı ot gelişimi izlenmektedir. Zai su hasadı tekniğinde yabancı ot mücadelesi yapılmalıdır.



- **Eş yükseltili Teraslar Su Hasadı Yöntemi**

Toprak ve su muhafazası ile su hasadı tekniklerini birleştirerek çok dik eğimlerde inşa edilirler. Tarımsal üretim yapılan alanlar su akışını yavaşlatmak ve erozyon kontrolü için düz şekilde inşa edilirler. Yemen dağlarında kahve ve gat ağaçlarının yetişmesini sağlayan eski dönemlere ait yağmur suyu toplama terasları bulunmaktadır (Şekil 9).



**Şekil 9.** Eşyükseltili Teraslar Yağmur Suyu Hasadı Uygulaması (FAO 1991).

- **Taş Duvarlar Su Hasadı Yöntemi**

Makro su hasadı tekniklerinden olan Jessour nispeten dik vadilerde eğim boyunca inşa edilen duvarları tanımlayan Arapça bir terimdir. Uzun yıllar boyunca yüzey akışa geçen yağmur suları inşa edilen duvarların arkasında durdurularak yağışla birlikte sürüklenen sedimentler bu alanda birikmektedir. Yağışlarla taşınan sedimentler verimli tarım arazilerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Mısır ve Tunus'ta incir yetiştiriciliğinde bu sistem yaygın olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 10.** Taş Duvarlar Su Hasadı Uygulaması (Oweis ve ark, 1999).

Genellikle incir, zeytin, hurma ve ekonomik değeri yüksek diğer meyve ağaçları için kullanılırlar (Şekil 10). Bu teknik ile yağmur suyunu toplayarak verimsiz dik eğimli alanlarda meyvecilik yapabilmek olanağının yanı sıra, toprak ve su muhafazası da sağlanmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, su hasadının birincil hedefi tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamaktır. Çevre dostu bir sistem ortaya koyarak, doğal kaynak olan yağmur suyundan yararlanmayı hedeflemektedir. Toprak muhafazası eksikliğinden kaynaklanan çölleşme problemi yaşamış alanlarda su hasadı, bitki örtüsünü arttırarak çevresel zararların etkisini azaltmaktadır. Doğallığı bozulmuş, erozyona maruz kalmış tarım arazilerinde su hasadı tarımsal üretimin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Su kaynaklarının giderek yetersiz kaldığı günümüzde, doğal kaynaklardan yararlanmaya yönelik düşünülen "Su Hasadı" çalışmalarının, beklenen olumlu sonuçları ile kurak bölgelerde yararlı olacağı bilinmelidir.

Yarı kurak iklime sahip birçok ülkede yıllardan beri uygulanan Su hasadı tekniklerinin çiftçilere tanıtılması ve yeni bir tarımsal uygulama olarak benimsetilmesi uygulamaya konulması tarımsal üretimi desteklemek için yarar sağlayacaktır. Su hasadı ile ilgili yapılan araştırmalar bu tekniğin sulama imkânı olmayan kurak bölgelerde tarımsal üretimde verimde artış sağlayabildiği, su ve toprak erozyonunu önlemede önemli ölçüde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. İklim değişikliği ve

küresel ısınmanın etkileri sonucunda, su kaynaklarımızın azaldığı ve zaman zaman yetersiz kaldığı dönemlerde kolay uygulanabilir bazı su hasadı tekniklerinin kullanmamız gerektiği bilinmelidir. Yağmur suyundan yararlanarak yağmur suyunu düştüğü anda yerinde kullanmak veya depolayarak ihtiyaç duyulduğu dönemde tarımsal üretim için muhafaza etmek tarımda verimi ve dolayısıyla gıda ihtiyacını karşılayacak ve aynı zamanda ekonomiye katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Evanari, M., Shanan, L. And Tadmor, N.H. (1964). Runoff Farming In The Negev Desert Of Israel: 2nd Progress Report Avdat And Shivta Farm Project. 1962/65. Rehovot, Israel.
2. Evanari, M., Shanan, L. And Tadmor, N.H. (1971). The Negev, The Challenge Of A Desert. Harvard University Press. Cambridge, Mass.
3. Falkenmark M. Rockstrom J. 1993. Curbing Rural Exodus From Tropical Drylands. *Ambio*-0122 No 71993.
4. Turkelboom, F. Tubeileh, A., Roberto La Rovere, Adriana Brugge-man, Furrow-Enhanced Runoff Harvesting For Olives. 2007. Icarda, Aleppo, Syria.
5. Kuzucu, M. 2013. Effects of Micro-Catchment Water Harvesting Technique On Young Pistachio Trees Growth, Soil and Water Conservation in Semi- Arid Areas. Unpublished Ph.D Thesis. Çukurova University Department of Soil Science and Plant Nutrition. Adana, Turkey.
6. Kuzucu, M. 2017. Effects Of Water Harvesting Techniques And Using Humic Acid On Soil Moisture, Plant Evaporation, Growth And Yield In Pistachio Orchards In Southeastern Of Turkey. *Frese-nius Environmental Bulletin* Volume 26 No. 12 pages 7521-7528
7. Lal, R., 1991. Current Research On Crop Water Balance And Implications For The Future. In: *Soil Water Balance in The Soudano Sahelian Zone*. Eds.
8. Pacey, A. And Cullis, A. (1986). *Rainwater Harvesting; The Collection Of Rainfall And Runoff In*
9. *Rural Areas*. It Publications, London, Uk
10. Rockström, J., 2003. Resilience Building And Water Diment Management For Drouth Mitigation. *Physics And Chemistry Of The Earth*.V. 28: 869-877.
11. Theib Oweis, Dieter Prinz, Ahmed Hachum. 2001. *Water Harvesting Indigenous Knowledge For The Future Of The Drier Environments*. Icarda. Aleppo, Syria.

12. Theib Oweis, Ahmed Hachum. 1999. Water Harvesting For Improved Rainfed Agriculture İn The Dry Environments Integrated Water And Land Management Program, International Center For Agricultural Research İn The Dry Areas (Icarda), Aleppo, Syria.
13. Yudelman, M., 1994. Feeding The World. Int. Irrig. Manage. Institute Rev. 8 (1) 4±15. R.K. Pandey Et Al. / Agricultural Water Management 46 (2000) 1±13 13.
14. Reij, C. (1987). The Agro-Forestry Project İn Burkina Faso; An Analysis Of Popular Participation İn Soil And Water Conservation. In: Reij Et Al. Soil And Water Conservation İn Sub-Saharan Africa, Annex 2.
15. Food And Agriculture Organization Of The United Nations – FAO Rome, 1991.

# Meyve Gelişimi ve Olgunlaşmasının Moleküler Fizyolojisi

**Behcet İNAL<sup>1</sup>**

**Serdar ALTINTAŞ<sup>2</sup>**

## CHAPTER 3

<sup>1</sup> Doç. Dr., Siirt Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü

<sup>2</sup> Arş. Gör., Siirt Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü



## 1. MEYVE

Meyve, çiçeğin dışı organının, döllenme sonucunda farklılaşmış, yumurtalığın gelişmesiyle meydana gelen ve tohumları taşıyan organa denir. Olgunlaşma esnasında çiçeğin ovaryumundan başka, diğer kısımları genellikle dökülür ve ovaryum olgunlaşarak meyveyi teşkil eder. Ovaryumu meydana getiren karpeller (meyve yaprağı), meyve kabuğu (perikarp) haline ve ovaryum içindeki tohum taslakları da tohum haline döner. Döllenme meydana gelmeden meyve teşekkülüne partenokarpi, böyle meyvelere de partenokarpik meyve denilir.

Meyveleri basit meyveler, küme (agregat) meyveler ve bileşik meyveler olmak üzere üç kısma ayırmak mümkündür. Basit meyveler bir çiçeğe ait bir tek ovaryumun gelişmesiyle meydana gelir. Agregat meyveler, bir çiçeğe ait birbirinden ayrı ovaryumlardan, mesela böğürtlen, çilek gibi; bileşik meyveler ise birden fazla çiçeğe ait ovaryumların bir bütün olarak gelişmesiyle meydana gelir, mesela dut ve incirde olduğu gibi.

Meyveyi teşkil eden meyve kabuğu (perikarp), üç kısımdan meydana gelmektedir. Dıştan içe doğru dış kabuk (ekzokarp), orta tabaka (mezokarp) ile iç kısımdır ve çoğunluk sertleşmiştir (endokarp).

Basit meyveler, kuru ve etli meyveler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Fındık, buğday, ayçiçeği, keçiboynuzu, bakla ve fasulye kuru meyvelere misal verilebilir. Etli meyveler de üzüm (bakka) ve eriksi (drupa) olmak üzere ikiye ayrılır. Üzüm meyvelerde dış kabuk (ekzokarp) ince ve zarımsıdır. Orta (mezokarp) ve iç (endokarp) kısım etlidir. Bu tip meyvelere üzüm, portakal, limon, kabak misal gösterilebilir. Eriksi meyvelerde ise iç kısım (endokarp) sertleşmiştir; erik, kiraz, şeftalide olduğu gibi.

Meyve, bitkilerin tohum taşıyan organıdır. Meyve dendiğinde hemen herkesin aklına muz, kiraz, erik, elma gibi çiğ olarak yenen genellikle tatlı besin maddeleri gelir. Oysa bu yaygın meyve anlayışına uymasa da patlıcan, kabak, fasulye ve domates gibi sebzeler ile meşe palamudu, ceviz, fındık, haşhaş kapsülü hatta karahindibanın uçuşan paraşütçükleri (tüylü tohum başları) bile botanik açısından gerçek birer meyvedir. Çünkü bunların tümü ileride ana bitkiye benzeyen yeni bitkileri oluşturacak tohumları taşır.

Çiçeklerde tozlaşma sonucunda tohum taslakları gelişerek tohuma, bunları barındıran yumurtalık da değişime uğrayarak meyveye dönüşür. Meyvelerdeki tohum sayısı tek bir taneden yüzlercesine kadar değişebilir. Bazı bitkilerde, çiçeğin çanak yaprakları ve bürgüler (brakte), çiçek solduktan sonra dökülmeyip sapın üzerinde kalır ve birbirine kaynaşarak gelişen meyveyi örter (örneğin meşe palamudu ve kayın meyesi).

Meyvelerin en temel görevlerinden biri tohumların olabildiğince uzak bir alana yayılmasını sağlamaktır; böylece tohumların ana bitkinin dibine düşerek onun besinini bölüşmesi ve burada çimlenen fidelelerin sıkışık bir biçimde, yani uygunsuz koşullar altında büyümesi önlenir. Nitekim çoğu bitkide meyvenin yapısına, biçimine ve hatta rengine bağlı olarak tohumlar birkaç metreden yüzlerce kilometreye kadar varan uzaklıklara sürüklenir.

Bazı meyve tipleri tohumlarına yapışık "kanatlar"ın ya da paraşüte benzeyen "tüy demetleri"nin yardımıyla, gerçek anlamda uçarak bitkiden uzaklaşır. Örneğin akçağaç ve karaağaç tohumlarının zarsı ya da kâğıtsı kanatlanmış tohumların rüzgârda dönerek uçmalarını sağlar. Karahindibada olduğu gibi bazı bitkilerin bir ucunda ipeksi tüy demeti taşıyan küçük ve hafif tohumları ise aynı bir paraşüt gibi en hafif bir esintide bile havada süzülerek uçar.

Çok sayıda tohum içeren bazı kuru meyveler (örneğin menekşe meyveleri) kendiliğinden yarılıp açılır ve bitki rüzgârda sallandıkça tohumlar çevreye saçılır. Yuvarlak bir tuzluğu andıran haşhaş kapsüllerinde tohumlar tepedeki deliklerden dökülür. Baklagillerden bazı bitkilerin badiçları (ince uzun tohum kılıfı) ise birdenbire patlayarak tohumlarını hızla çevreye fırlatır. Günün sıcak saatlerinde kırdan dolaşırken, bu bitkilerin yakınıdaysanız patlamaların sesini bile duyabilirsiniz.

Doğada meyveler genellikle başta kuşlar olmak üzere çeşitli hayvanlar tarafından çevreye yayılır. Örneğin sincaplar sonbahar geldiğinde fındık, kestane ve meşe palamudu gibi kabuklu meyveleri toplayıp kışın yemek üzere toprağa gömerler. Bunların tüketilmeyip yerde kalan bir bölümü çimlenerek yeni bitkiler oluşturur.

Kiraz, böğürtlen, kuşburnu ve üvez gibi bazı meyveler parlak renkleri, hoş kokuları ve tatları yüzünden hayvanların dikkatini çeker. Hayvanlar yedikleri bu meyvelerin etini sindirip, sert çekirdeklerini (tohum) dışkılarıyla atarlar. Örneğin, böğürtlen yiyen bir kuş, dışkısını kilometrelerce uzakta bırakarak tohumların çok uzaklara yayılmasına neden olur. Bazı bitkilerin çengelsi dikenlerle kaplı meyveleri ise hayvanların postlarına takılarak uzaklara taşınır. Örneğin pıtrak bu tip bitkilere bir örnek teşkil etmektedir.

### 1.1. Meyve Çeşitleri

Doğada çok çeşitli meyve tiplerine rastlanır. Günlük yaşantımızda hepimizin yaygın olarak tükettiği, ortasında tek bir tane taş gibi sert tohum bulunan derimsi bir kabukla örtülü yumuşak ve etli meyveler bilimsel olarak "eriksi meyve" adı altında toplanır. Erik, kiraz, kayısı ve şeftali bu tür meyvelerdendir. Dış bölümü yenmediği halde yarıldığında içinden sert kabuklu iri birer tohum çıkan ceviz ve badem meyveleri



ile dış çeperi kalın bir lif katmanıyla kaplı Hindistan cevizi de eriksi meyveler arasında yer alır. Böğürtlen ve ahududu gibi meyveler ise çok sayıda minik eriksi meyvenin bir araya toplanmasıyla oluşmuştur (bileşik meyve).

Birden çok tohum içeren ve tohumları etli bir özün içine gömülü olan meyvelere "üzümsü meyve" denir. Bu tür meyvelerde yumurtalığın çeperleri etlenip kalınlaşmıştır. Üzüm, Bektaşi üzümü, domates ve hıyar birer üzümsü meyvedir ve hepsinde de zarsı ya da derimsi bir dış kabuğun içinde sulu ve etli bir öz bulunur. Ayrıca, inanılması zor ama muz da bu tür meyvelerdendir. Görüldüğü gibi küçük, yuvarlak bir meyveyi çağrıştıran üzümsü meyve terimi aslında üzüme hiç benzeme-yeve değişik biçimli başka meyveleri de kapsar.

Fındık ve kestane gibi bazı sert kabuklu, kuru meyveler olgunlaştığında kendiliğinden açılmaz. "Fındıksı meyve" adı altında sınıflandırılan bu meyve çeşitlerinin çoğu yağ ya da nişastaca zengin tohumlarından ötürü insanlar ve hayvanlar için değerli bir besin kaynağı oluşturur.

Bu temel meyve gruplarının dışında bir de botanikçilerin "yalancı meyve" olarak adlandırdıkları bir meyve grubu daha vardır ki, bu gruptaki meyvelerin etli bölümü yumurtalığın değil çiçek sapının ucundaki çiçek tablasının, örtü yapraklarının ya da bürgülerin gelişmesiyle oluşmuştur. Nitekim yalancı meyvelerin en tipik örneği olan çileğin yediğimiz hoş kokulu ve yumuşak etli bölümü gerçek bir meyve olmayıp, meyve biçiminde gelişmiş çiçek tablasıdır; gerçek meyveler ise bu yalancı meyvenin yüzeyindeki küçük, esmer sarı çekirdekçiklerdir. Buruk lezzetinden ötürü çok sevilen ve çoğu kez marmelat yapılarak değerlendirilen kuşburnu (yabani gülün meyvesi) iç yüzeyindeki çok sayıda küçük meyveyi örten etli bir kılıftan başka bir şey değildir. Elma ve armutta ise yediğimiz sulu ve tatlı bölüm şişkinleşmiş çiçek tablasıdır; asıl meyve elma ya da armudun tam ortasında bulunan ve içinde çekirdekleri barındıran ince, derimsi bir örtüyle çevrili bölümdür. Dış görünüşüyle böğürtlene çok benzeyen dut ise aslında bir yalancı meyve çeşididir. Bir arada kümeler oluşturan çok sayıda çiçeğin örtü yapraklarının düşmeyip, etlenip gelişmesiyle oluşmuştur.

Çiçeklerin dışı üreme organı olan yumurtalık normal olarak yalnızca döllenikten sonra gelişerek meyveye döner. Ama bazen tozlaşma olsa bile döllenme gerçekleşmez ve sonuçta tohumları olgunlaşmamış ya da hiç tohum içermeyen meyveler gelişir. İşte doğada kendiliğinden ortaya çıkan bu olay insan eliyle yani yapay olarak da gerçekleştirilebilir. Örneğin, çekirdeksiz üzüm döllenmemiş üzüm çiçeklerinin meyvesidir. Meyvecilikte bu yolla üzüm dışında hıyar, muz, ananas, portakal ve greyfurtun da çekirdeksiz çeşitleri yetiştirilir.

Bitkilerde dölleme sırasında doğal olarak, meyvelerin gelişmesini sağlayan bir hormon salgılanır. Günümüzde, meyvesi için yetiştirilen pek çok tarım ürününün (örneğin domates) çiçeklerine, daha nitelikli ürün elde etmek amacıyla özel olarak yapay büyüme hormonları püskürtülmektedir.

## 1.2. Meyveler Arasındaki Botanik, Kompozisyonel ve Gelişimsel Farklılıklar

Farklı meyveler botanik orijinlerine, polisakkarit ve protein içeriklerine, hücre duvarı yapısına, enzimatik metabolizmasına, büyüme ve gelişme şekillerine veya yumuşama şekline göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Meyve eti sıklığı, yumuşama oranı ve meyve tekstürünü yansıtan bu farklılıkların sadece farklı türler arasında olmadığı aynı zamanda aynı türlere ait çeşitlerin, varyetelerin arasında da bulunduğu anlaşılmaktadır. Farklı meyve türleri farklı botanik orijinlere sahiptir. Meyvenin botanik tanımı yumurtalıktan gelişen ve tohum içeren yapılarıdır. Bu tanım, basit meyve, bileşik meyve, kuru meyve ve etli meyve gibi birçok çeşidi içermektedir. Etli meyveler aynı zamanda yumuşak çekirdekli ve üzümü meyveler olarak da sınıflandırılabilir. Aynı meyve tipinde bile bazen çok önemli farklılıklar görülebilmektedir. Örneğin elmada hücreler arası hava boşluğu hacmi %25'lere ulaşırken bu oran armutta %5 civarındadır (Seymour 1993). Ancak her iki tür'de yumuşak çekirdekli meyveler olarak sınıflandırılmaktadır. Elma göreceli olarak yüksek hemiselüloz ve selüloz içeriğine sahiptir, ancak lignin içeriği düşüktür. Diğer taraftan elma protein içeriğinin yüksek olduğu diğer üzümü meyvelere nispeten düşük protein içeriğine sahiptir. Meyveleri yumuşama ilişkilerine göre iki farklı gruba ayırmak mümkündür; ilk grup olgunlaştıkça önemli ölçüde yumuşama gösterirken ikinci grupta yumuşama olayı daha yavaş ve kademeli olarak meydana gelir (Bourne 1979). Birinci kategorideki meyvelerde hasat sırasında ve hasat sonrası meyve sıklığı arasında zayıf bir ilişki bulunurken, ikinci kategorideki meyvelerde tersine güçlü bir ilişki bulunmaktadır.

Bazı meyve türlerinde meyve büyümesi ve yumuşama aşaması arasında kesin bir ayırım bulunmaktadır. Ancak avokado gibi meyvelerde meyve kabuğundaki hücre bölünmesi olgunlaşma aşamasından kısa bir süre öncesine kadar devam etmekte, Çilekte olgunlaşma olayı meyve büyümesinin durmasına yakın bir zamanda başlar, yani olgunlaşma ve büyüme aşamalarında bir çakışma durumu söz konusudur. Meyve türlerindeki çeşitlilik göz önünde bulundurulduğunda metabolik açıdan da farklılık olması şaşırtıcı olmayacaktır. Bu farklılıklar hücre duvarında meydana gelen farklı biyokimyasal modifikasyonları etkilemektedir. Bu yüzden olgunlaşma ve yumuşama olayları farklı mekanizmalarla ilerler. Bu durumda olgunlaşma ve yumuşama olayları ile ilgili

soruları tür bazlı değerlendirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Hatta bazı durumlarda bir çeşit için elde edilen sonuçları aynı türün bütün farklı çeşitlerine yaymak bile mümkün olmamaktadır.

### 1.3. Meyve Ağaçlarında Periyodisite

Meyve ağaçlarının bir kısmı bir yıl meyve verir ertesi yıl ya hiç meyve vermez veya pek az meyve verirler. Bu olaya periyodisite denir. Periyodisiteye fazla eğilim gösteren meyve türleri: elma, armut, fındık, Antepfıstığı, zeytin ve mandarinler dinlenmeye en çok eğilim gösterirler. Periyodisiteye çok eğilimli olan türler içerisinde de çeşitlere göre farklar vardır. Örneğin Amasya elması mutlak periyodisite gösterdiği halde Hüryemez kısmi bir periyodisite gösterir, yani bir yıl çok ertesi yıl az ürün verir. Jonathan ve Golden Delicious çeşitleri ise her yıl normal bir ürün verirler. Periyodisiteye eğilim bir çeşit özelliğidir. Meyve ağaçlarında periyodisiteye eğilim, türlere hatta tür içindeki çeşitlere göre farklılık gösterebilmektedir. "mutlak periyodisite" Antep fıstığı ve Zeytin, Elmalardan Amasya çeşidi "kısmi periyodisite" Elmalarda Hüryemez çeşidi bir yıl çok, ertesi yıl daha az meyve vermektedir. Periyodisite'nin ağaç açısından sakıncaları: Periyodisite gösteren bir ağaç verim yılında çok fazla meyve ile yüklü olduğundan bütün gücünü meyvelerini büyütme ve olgunlaştırmaya harcar ve kışa yeteri kadar depo maddesi toplamadan girer. Bu ağaçlar, üzerinde meyve bulunmayanlara göre, yapraklarını güz içlerine kadar dökmeyerek bu noksanlarını kapatmağa çalışırlar. Fakat yine de şiddetli bir kış donundan bunlar daha çok zarar görürler. Periyodisite gösteren ağaçlarda sürgün büyümesi de kararsızdır. Verim yılında çiçek tomurcukları oluşamaz veya çok az sayıda olur. Genel olarak, bu ağaçların fizyolojik bir dengesizlik içinde buldukları görülür. Periyodisitenin ekonomik sakıncası: Hem üretici ve hem de tüketici yönündendir. Periyodisite gösteren ağaçların meyve miktarı ve meyve kalitesi, her yıl düzenli meyve veren ağaçlardan az ve düşüktür. Çünkü çok verim yılında ağacın bütün gücü meyveleri tam olarak beslemeye yetmez.

Meyveler ufak kalır, renksiz ve tatsız olurlar. Buna karşılık, her yıl orta derecede meyve veren ağaçların meyveleri iri, renkli ve nefis olur ve daha iyi gelir getirir. Periyodik meyve verimi belli bir bölgede hep aynı yıllara (verim ve dinlenme yılı) rastladığından çok verim yıllarında fiyatlar düşer ve üretici bundan zarar görür. Ayrıca yetiştirici her yıl düzenli bir gelir elde edemediğinden ekonomik durumu bozulur. Periyodisiteden tüketici de zarar görür. Verim yıllarında düşük kalite, periyodisite yıllarında yüksek fiyatlarla karşılaşmak zorundadır. İhraç edilen meyvelerde olay ülkenin dış ticaret dengesini bile etkileyebilir. Mutlak periyodisite gösteren tür veya çeşitlerde, genetik yapıdan kaynaklanan bu olay tam olarak ortadan kaldırılamamakta, ancak bazı kültürel uygulamalar ile şiddeti azaltılabilmektedir.

### Periyodisite Nedenleri:

Birçok meyve türünde periyodisite, fazla meyve yılında çiçek tomurcuğu oluşumunun aksaması sonucu meydana gelmektedir.

- “karbonhidrat / azot” dengesi,
- meyvelerdeki besin elementleri rekabeti,
- gelişen embriyonun çiçek tomurcuğu oluşumunu engelleyen bir madde meydana getirmesi

Özellikle genç tohumlarda sentezlenen gibberellinler birçok bitkide çiçeklenme başlangıcını engelleyen bir hormon olarak bilinmektedir. Bazı büyümeyi düzenleyici maddelerin dışsal uygulamaları ile sağlanan seyreltmenin ardından gibberellin sentezinin de azaldığı belirlenmiştir. Çünkü meyve (ve gelişen tohum) çiçek tomurcuğu oluşumu başlamadan önce ağaçtan ayrılmakta ve azalan embriyo sayısı nedeniyle gibberellin sentezi de azalmaktadır.

### Periyodisite – Alınacak Önlemler

- Bahçeler kurulurken periyodisite göstermeyen veya bunda az ısrarlı olan çeşitlerin seçimi
- Bodur anaçlar (örneğin elmalarda EM IX veya armutlarda ayva anacı) kullanılarak düzenli bir verimin elde edilmesi
- Çeşitlerin en iyi yetiştirdiği ekolojik bölgelerin seçilmesi
- Periyodisite gösteren çeşitlerle kurulan bahçelerde sulama ve gübrelemenin dengeli olarak yapılması,
- Hastalık ve böceklerle savaş periyodisitenin başlamasını önler ve ağacın fizyolojik dengede (normal bir meyve verimi yanında düzenli bir sürgün gelişmesi) uzun zaman kalmasına yardım eder.
- Periyodisite gösteren bahçelerde bozulmuş olan fizyolojik dengeyi kurmaya yarayacak önlemleri almak.

Bu bakımdan budama, gübreleme ve meyve seyreltmesi en başta gelir. Periyodisite gösteren ağaçta fizyolojik denge bozulur. Verim yılında: çok meyve, az sürgün teşekkülü ve çiçek tomurcuklarının meydana gelmemesi; dinlenme yılında: şiddetli bir sürgün ve bol çiçek tomurcuğu oluşumu Bu durumda yetiştirici verim yılında çiçek ve küçük meyve seyreltmesi yaparak ağacı sürgün ve çiçek tomurcuğu oluşumunu teşvik edebilir. Verim yılından önceki kışta şiddetli bir budama ile meyve veren dallar azaltılır ve sürgün oluşumu artırılır. Her yıl yapılacak düzenli gübrelemelerle periyodisitenin şiddeti azaltılabilir.

## 2. MEYVE OLGUNLAŞMA FİZYOLOJİSİ

### 2.1. Klimakterik ve Klimakterik Olmayan Meyvelerde Olgunlaşma

Birçok meyve olgunlaşma sırasında renk, tekstür, tat ve patojenlere karşı gösterdikleri hassasiyet açısından farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, olgunlaşan meyveler solunum ve etilen biyosentezi temel alınarak sınıflandırıldığında klimakterik olan ve klimakterik olmayan meyve türleri ön plana çıkmaktadır. Domates, kabak, muz, şeftali, erik ve elma gibi klimakterik meyveler olgunlaşma sırasında artan solunum hızı ve etilen biyosentezi oranlarıyla çilek ve üzüm gibi klimakterik olmayan meyvelerden ayrılırlar (Lelièvre et al. 1997). Klimakterik olmayan bazı meyveler etilene karşı bazı tepkiler oluştursa da, bu sınıflamaya tabi tutulan türlerin olgunlaşması için etilen gerekli değildir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi klimakterik meyveler klimakterik olmayanlardan artan solunum hızı ve etilen biyosentez oranlarıyla ayrılırlar (Lelièvre et al. 1997). Araştırmacılar tarafından uzun süredir klimakterik meyvelerde olgunlaşmanın düzenlenmesi için etilenin gerekli olduğunu bilinmektedir (Tucker and Brady 1987; Yang 1985). Klimakterik olgunlaşmada ve moleküler seviyede etilenin rolü ilk olarak domates bitkisinde etilen uyarıtlı olgunlaşma genlerinin analizi ile gözlemlenmiştir (Lincoln et al. 1987; Maunders et al. 1987). 1980'lerin sonu ve 1990'ların başında yapılan çalışmalarda farklı gen ifade paternleri ve biyokimyasal fonksiyonlar kullanılarak olgunlaşmayla ilgili birçok gen izole edilmiştir (Gray et al. 1992). HMG-CoA redüktaz, poligalakturonaz (PG), pektin metilesteraz, ACC sentetaz, ACC oksidaz, fitoeten sentetaz ve NR etilen reseptör gibi meyve gelişimi ve olgunlaşmayla ilgili birçok genin in vivo fonksiyonları antisens gen baskılamaya ve mutant komplementasyonu kullanılarak test edilmiştir (Gray et al. 1994). Bu genlerin fonksiyonları çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır, örneğin PG olgunlaşmayla ilgili pektin depolimerizasyonu için gereklidir, ancak meyvenin yumuşaması üzerine az bir etkisi vardır.

### 2.2. Meyve Gelişimi ve Olgunlaşmasında Model Sistemler

Şimdiye kadar birçok bitki türünün meyveleri gelişme, olgunlaşma, kalite ve verim açısından incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, meyve gelişimi ve olgunlaşmasının temelinde yatan moleküler mekanizmayı anlamamıza yardımcı olan kimi model sistemler ortaya çıkmıştır. Bu meyveler arasında domates, Arabidopsis ve kısmen de çilek önemli bir yere sahiptir. Bu modellerden her biri eşsiz bir gelişme ve olgunlaşma programına sahiptir ve her biri kullanışlı bir model sistemini yansıtacak özelliklere sahiptir. Örneğin, bu üç sistem gen fonksiyonunun direkt olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. (Clough and Bent 1998; Fillatti et al. 1987; Mathews et al. 1995).

Domates, ekonomik öneminden dolayı uzun süre klimakterik meyve olgunlaşmasına yönelik çalışmalar için primer modeli oluşturmuştur. Ekonomik öneminin yanı sıra diploid kalıtımı, klonal yolla ve tohumla çoğaltılmasının kolay olması ve kısa jenerasyon periyodu, domatesin model bitki olarak seçilmesinde önemli rol oynamıştır. Domatesin görece küçük bir genoma sahip olması (0.9 pg/haploid genom), bu bitkiyi moleküler ve genetik çalışmalar açısından da avantajlı bir konuma getirmiştir. Domates için her biri ortalama 2 cM'den daha az genetik mesafeye sahip 1000 markır tanımlanmıştır (Tanksley et al. 1992). Bu tanımlamalar sonucu elde edilen genetik harita özellikle meyve gelişimi ve olgunlaşması üzerinde etkili olan kantitatif özellik lokuslarının tanımlanması ve lokalizasyonu için çok önemlidir (Bucheli et al. 1999; Doganlar et al. 2000; Tanksley et al. 1992). Domates ve diğer bitki bilimi araştırmacılarının repertuvarlarına son zamanlarda eklenen diğer bir araç ise Ulusal Bilim Kurumunun finanse ettiği Domates eksprese dizi etiketleri (ETS) veri tabanıdır. Her bir dokudan 2000-10000 klonun parça parça dizilenmesi sonucu 20 tane cDNA kütüphanesi oluşturulmuştur. Bu konudaki çalışmalar devam etmekte ve veritabanı yakın zamanda tamamlanacaktır, veritabanına <http://www.tigr.org/tdb/lgi/index.html> adresinden ulaşmak mümkündür. Veri tabanı tamamlandığında gelişmenin farklı aşamalarında elde edilmiş yaklaşık 300.000 diziyi içerecektir (Giovannoni 2001).

Yukarıda bahsedilen moleküler gelişmelere ilaveten, yıllar süren ıslah ve mutagenesis çalışmaları değerli gen kaynaklarıyla sonuçlanmıştır. Bu olay gelişim ve olgunlaşma üzerine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu alandaki QTL analizleri meyve şekli, boyutu ve olgunlaşma zamanını düzenleyen lokusların tanımlanmasını sağlarken, bazı tek gen mutantlarının pigment birikimi gibi olgunlaşmayla ilgili ikincil olaylar üzerinde etkili olduğu bulunmuştur (Gray et al. 1994; Thomas and Grierson 1987). Ayrıca, Eshed and Zamir (1994) yabancı domates ve domatesin kültür formu arasında melezleme yaptıktan sonra geri melezleme yaparak 50 tane geri melez hattı elde etmiş ve bu hatlarda domates genomunu taramışlar ve verim farklılıklarını incelemişlerdir. Arabidopsis özel olarak açılan (çatlayan) meyve gelişiminde genel olarak da bitki biyolojisinde eşsiz bir model olarak kalmaya devam etmektedir. 0.15 pg/haploid genoma sahip Arabidopsis genomu görece küçük olup tamamen dizilenmiştir. Bu özellikler, klonlama stratejilerini daha anlaşılır hale getirmektedir. Büyük ölçekli mutagenesis programlarından sayısız mutant elde edilmiştir (Koornneef et al. 1997; Martienssen 1998; Parinov and Sundaesan 2000). Meyve gelişiminin genetik kontrolüne yönelik çalışmalardan AGAMOUS-like (AGL) genlerinin fonksiyonel analizi sonucu meyve gelişimi ve olgunlaşmayı düzenleyen çeşitli MADS-box genleri tanımlanmıştır (Ferrándiz et al. 1999).

### 2.3. Etilen ve Meyve Olgunlaşması

Meyveler olgunlaşmaları sırasında etilenin rolü olup olmamasına bağlı olarak iki ana grupta sınıflandırılabilirler. Çilek, kiraz ve yer elması gibi klimakterik olmayan meyvelerde olgunlaşma olayı etilenden bağımsız olarak meydana gelir. Domates, avokado, kavun, elma, armut, şeftali ve kivi gibi klimakterik meyveler ise olgunlaşma sırasında artış gösteren etilen biyosentezi ve solunum hızı ile karakterize edilirler (AbelesFB and Saltveit Jr 1992). Olgunlaşma sırasında meyveye tat, dış yapı ve tekstür gibi bazı organoleptik karakterler kazandıran çeşitli yapısal ve biyokimyasal değişiklikler meydana gelir (Seymour et al. 1993). Örneğin domates meyvelerinin renginde meydana gelen değişimler kloroplastların kromoplastlara dönüşümünden, klorofillerin degradasyonundan ve renk oluşumundan sorumlu pigmentlerin birikiminden kaynaklanmaktadır (Gray et al. 1994). Ayrıca olgunlaşma sırasında meydana gelen bir diğer değişiklikte meyve yapısında meydana gelen değişikliklerdir. Bu durumun temel sebebi ise birincil hücre duvarı bileşenlerinin (selüloz, hemiselüloz ve pektin) yapısında görülen değişimden kaynaklanan sıklığın kaybedilmesidir. Son olarak vakuollerde glikoz, früktoz ve organik asitlerin birikimi ve karmaşık uçucu bileşiklerin oluşumu meyvede tat ve aroma oluşumundan sorumlu olan olaylardır (Seymour et al. 1993). Domates meyvelerinin olgunlaşması sırasında görülen birçok fiziksel ve biyokimyasal değişimler invertaz (İki et al. 1978) ve poligalakturonaz (Tucker and Grierson 1982) gibi bazı enzimlerin aktivitesinde görülen değişikliklerle bağlantılıdır. Etilene maruz bırakılan bazı bitki türlerinin enzimatik aktivitesinde meydana gelen değişimler Tablo 1'de özetlenmiştir.

#### 2.3.1. Etilen Sinyal İletimi

*Arabidopsis etilen yanıt mutantları üzerinde yapılan çalışmalar, bitkilerde hormon sinyal iletimi için en belirgin (net) modeli ortaya koymuştur (Ecker 1995; Fluhr et al. 1996; Johnson and Ecker 1998; Kieber 1997). Domates bitkisinde, Nr mutantlarının etilen reseptör geninde lezyon göstermesi ve diğer meyve türlerindeki homologların izolasyonu domateste meyve olgunlaşması sırasında etilen reseptör ifadesinin fonksiyonel analizinin yanı sıra karşılaştırmalı analize de olanak sağlamıştır. Arabidopsis modelinden tahmin edilebileceği üzere, domates Nr genlerinin putative ethylene-binding domain'inde meydana gelen mutasyonlar, olgunlaşmanın inhibisyonu da dâhil etilene karşı tepkisizlikle sonuçlanmıştır (Lanahan et al. 1994; Wilkinson et al. 1995). Putative domates etilen reseptör lokuslarının genetik haritalaması Nr'ye ilaveten çeşitli domates reseptörlerinin varlığını ortaya koymuştur (Yen et al. 1995). Bahsedilen lokuslar çeşitli grupların ifade analizi için izole edilmiş ve karakterize edilmişlerdir (Lashbrook et al. 1998; Payton et al. 1996; Zhou*

et al. 1996). NR ve LeETR4 genlerinin olgunlaşma sırasında ifadelerinin arttığı ve antisens baskılaması için bu genlerin hedeflendikleri bulunmuştur. Özetle, NR baskılanması artan LeETR4 ifadesinden başka etilen sinyalizasyonu üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. LeETR4 ifadesinde meydana gelen baskılanma ise NR ifadesinde herhangi bir değişikliğe yol açmamış, ancak yapraklarda epinastiye, erken dökülmeye ve daha hızlı olgunlaşmaya yol açmıştır.

Arabidopsis ve domateste yapılan gen susturma ve baskılama analizleri her iki türün etilen reseptör gen ailelerindeki fonksiyonel çeşitliliği açıkça ortaya koymaktadır. Wilkinson et al. (1995) etilen reseptör fonksiyonunun tür sınırlarında bile oldukça korunmuş olduğunu ortaya koymuşlardır. Spesifik olarak, mutant Arabidopsis ETR1 trangeninin ifadesi sonucu, etilen bağlama yeteneği değişmiş olan gen ürünü oluşmuş (Sheehy et al. 1988) ve etilene karşı tepkisizlik durumu ortaya çıkmıştır. Wilkinson et al. (1995) Arabidopsis ETR1 trangeninin ifadesini petunya ve domateste de incelemişler ve benzer sonuçlar alınmıştır. Bu sonuç, ilgili fonksiyonun türler arasında korunduğunu göstermekte ve farklı taksonlar arasında etilen yanıt modifikasyonlarının çok çeşitli şekillerde meydana geldiğini ortaya koymaktadır.

### 2.3.2. Klimakterik Meyve Olgunlaşmasında Etilenin Rolü Üzerine Yapılmış Bazı Çalışmalar

Meyve olgunlaşması sırasında etilenden kaynaklanan çoklu olaylar dizisi bu olayda yer alan genlerin çeşitliliğini yansıtmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla etilen reseptör genleri ve etilen iletim yolağının bileşenleri açığa çıkarılmıştır. Ancak bu yolak vasıtasıyla indüklendiği belirlenen gen sayısı bitkilerin etilene verdiği fizyolojik yanıtların çeşitliliğinden dolayı azdır. Bu nedenden dolayı, etilenin düzenlediği olgunlaşma sürecinin moleküler temelini detaylıca anlamak için olgunlaşmamış yeşil domates meyvelerinde etilenin regüle ettiği yeni genler (ER-early ethylene-regulated) izole edilmiştir (Zegzouti et al. 1999). Ayrıca, transkripsiyonel ve post-transkripsiyonel düzenlemede, sinyal iletim bileşenlerinde, stres bağlantılı proteinlerde ve birincil metabolizmada yer alan homolog genleri gösteren çeşitli klonlar izole edilmiştir. Ancak bu klonlardan bazısının fonksiyonu bilinmemekte ve bunların olgunlaşmadaki rolünü incelemek için reverse genetik çalışmalar kullanılmaktadır (Pech et al. 2002). Bu konu ile ilgili elde edilen son veriler ER50'nin CTR-benzeri (constitutive-triple-response) bir klon olduğunu ve etilen iletim yolağında yer aldığını gösterirken (Adams-Phillips et al. 2004), ER24 klonunun transkripsiyonel aktivasyonda yer alan multi-bridging faktörünün homologu olduğu gösterilmiş (Tournier et al. 2003), diğer bir klon olan ER49'un ise solunumdaki artış sırasında etilen uyarılı mitokondriyel aktivitede yer aldığı düşünülen mitokondriyel translasyon uzama faktörü olduğu belirtilmiştir (Benichou et al. 2003).



**Tablo 1.** Etilene maruz bırakılan bazı bitki türlerinin enzimatik aktivitesinde meydana gelen değişimler (AbelesFB and Saltveit Jr 1992).

Enzim	Türler
Artan aktivite	
Alfa-amilaz	Pirinç ( <i>Oriza sativa</i> , L.)
Arjinin dekarboksilaz	Tütün ( <i>Nicotiana tabaccum</i> , L.)
Beta-1,3-Glukans	Bezelye ( <i>Pisum sativum</i> , L.) (fide)
Beta-Siyanoalanin sentetaz	Biber ( <i>Capsicum annum</i> , L.) (meyve)
Beta-Galaktozidaz	Havuç ( <i>Daucus carota</i> , L.) (kök)
Chalcone sentetaz	Fasulye ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) (yaprak)
Klorofilaz	Limon ( <i>Citrus sp.</i> ) (meyve)
Selülaz	Ayçiçeği ( <i>Helyanthus annuus</i> , L.)
DNA polimeraz	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> , L.)
ACC oksidaz	Avokado ( <i>Persea americana</i> , Mill.) (meyve)
İnvertaz	Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) (meyve)
Lizin dekarboksilaz	Tomato ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) (meyve)
Malonil transferaz	Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) (meyve)
Peroksidaz	Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> , L.)
Polifenol oksidaz	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> , L.)
Proteinaz	Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) (bitki)
Süperoksit dizmutaz	Fasulye ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) (yaprak)
RNA polimeraz	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> , L.)
Azalan aktivite	
Asit invertaz	Kavun ( <i>Cucumis melo</i> , L.)
ACC sentetaz	Kabak (meyve)
Beta-amilaz	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> , L.)
Arjinin dekarboksilaz	Fiğ ( <i>Vicia sativa</i> , L.) (fide)
SAM dekarboksilaz	Fiğ ( <i>Vicia sativa</i> , L.) (fide)
Sitrat sentetaz	Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) (meyve)

## 2.4. Hücre Duvarı Metabolizması ve Yumuşama

Meyvelerin yumuşamasına yol açan yapısal değişikliklere paralel olarak nötral şekerlerin kaybı, hücre duvarında yer alan polisakkaritlerin çözünmesi ve depolimerizasyonu gibi bazı düzenlemeler meydana gelir. Bütün bu olaylar hücre duvarını düzenleyen enzimlerin kombinasyonunun ortak bir sonucu olarak meydana gelir. Hücre duvarının yapısı üzerine yapılan son çalışmalar hücre duvarı bileşenleri arasında yer alan belirli sayıda biyokimyasal bağlantıyı açığa çıkarmıştır. Bu tür bağlantılar enzimatik reaksiyonların muhtemel hedefleri arasında yer almakta, ayrıca bu bağlantıların modifikasyonunda yer alan enzimlerin muhtemel rolleri araştırılmaktadır. Meyve olgunlaşmasında model bitki olarak domatesin kullanıldığı birçok çalışma yapılmış olup model bitkiler dışında diğer türlerin meyve olgunlaşmasına yönelik bilgiler tamamlanmamış durumdadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalardan elde edilen veriler farklı meyve türleri arasındaki farklılığı ve hatta aynı türün farklı çeşitleri arasındaki farklılıkları ortaya koymuştur. Bu tür farklılıklar, genellikle hücre duvarında yer alan polisakkaritlerin modifikasyonunun tipi ve modifikasyonun boyutuyla ilgili olmakta, ayrıca hücre duvarını düzenleyen enzimlerin regülasyonu ve ifade seviyesi de farklılığın bulunduğu bir diğer nokta olarak dikkat çekmektedir. Hücre duvarını düzenleyen enzimlerin genetik modifikasyonu, bu enzimlerin hücre duvarındaki fonksiyonları ve meyve yumuşamasındaki rolleri üzerine çeşitli tartışmaları tekrardan başlatmıştır (Goulao and Oliveira 2008).

Meyve olgunlaşmasına yönelik yapılan çalışmalarda, poligalakturonaz (PG) enzimi üzerinde en çok çalışılan hücre duvarı hidrolazıdır. Bunun nedeni büyük ölçüde, olgunlaşma sürecine paralel olarak artan yüksek seviyede ekstrakte edilebilir PG seviyesinin gözlemlenmesidir. Bu gözlemler domates PG geninin takibini mümkün kılar ve PG geninin olgunlaşmayla ilgili tekstürel modifikasyondaki rolü hakkında bilgi verir. Transgenik bitkilerde gen izolasyonu ve sonrasında da domates PG fonksiyonel analizleri, PG aktivitesinin tek başına tekstürü önemli ölçüde etkileyecek yeterlilikte olmadığını göstermektedir (Giovannoni et al. 1989; Sheehy et al. 1988; Smith et al. 1988). Bu yüzden tekstürde meydana gelen değişikliklerde diğer bazı faktörlerinde rol oynadığı düşünülmektedir. Kramer et al. (1990). PG enziminin, meyve olgunlaşmasına bağlı olarak artan patojen hassasiyetinin düzenlenmesinde de rol oynadığını öne sürmüşlerdir. PG enzimine ilaveten hücre duvarı metabolizmasında yer alan diğer bazı enzimler olgunlaşan meyvelerde tanımlanmışlar ve fonksiyonları için test edilmişlerdir. Pektin-metil-esteraz (PME) meyve gelişimi boyunca aktivite göstermekte ve PG enziminin kendi substratı olan pektine ulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Domates PME geninin antisens baskılaması pektin degradasyonun-

da azalmayla sonuçlanmıştır, ancak PG baskılanmasıyla tutarlı olarak yumuşama gibi olgunlaşmayla ilgili diğer özelliklerde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. CEL1 ve CEL2 olarak adlandırılan ve diferansiyel ifade gösteren iki tane domates  $\beta$ -glucanases (hemicellulases) geni, meyve olgunlaşması ve yumuşama üzerinde gözlemlenebilir herhangi bir etki göstermeden antisens aracılığıyla baskılanmışlardır (Brummell et al. 1999; Lashbrook et al. 1998). Burada ilginç olan, CEL1 baskılanması sapçık absisyonunu inhibe ederken (Lashbrook et al. 1998), CEL2 baskılanması meyve absisyonunu inhibe etmiştir (Brummell et al. 1999). Bu genlerin, olgunlaşma sırasında ifade olmaları bunların hücre duvarı metabolizmasında yer aldıklarını göstermekte, ancak mevcut transgenik hatlarda gözlemlenebilir olgunlaşan fenotiplerin eksikliğinden dolayı bu genlerin aşırı fonksiyonel olmadığı ya da daha karmaşık bir sürecin parçası oldukları düşünülmektedir.  $\beta$ -galaktozidaz gen ailesinin üyeleri gibi hücre duvarı metabolizmasında yer alan diğer genlerin baskılanması bu karmaşık sürecin genetik düzenlenmesine ışık tutabilir.

Olgunlaşmayla ilgili tekstür modifikasyonlarına ait en kesin sonuçlardan bir kısmı domates bitkisinde ekspansin adı verilen proteinlerin analizi sonucu elde edilmiştir. Bu proteinler şekil ve boyut olarak farklılaşan çeşitli doku ve gelişimsel süreçlerle bağlantılı hücre duvarı proteinleridir. Domates ve çilekte olgunlaşma sırasında upregüle olan ekspansin genleri izole edilmiş (26 124) ve domateste olgunlaşmaya özgü ekspansin geninin (Exp1) baskılanması sonucu yumuşama miktarında azalma görülmüştür. Bu genin aşırı ifade olması yumuşama miktarındaki artışla sonuçlanmıştır. Bu sonuçlar meyve hücre duvarı hidrolazlarının aktivitesi olgunlaşmayla ilgili in vivo tekstürel modifikasyonlar için önemli olsa da, meyve ekspansinlerinin yumuşama olayına katkısı çok büyüktür. Meyve yumuşaklığını ölçen metotlar bu süreçle ilgili bütün farklılıkları ortaya koymazlar ve en uygun koşullarda bile yaklaşık değerlerdir. Bununla birlikte bu kısımda belirtilen transgenik hatlar eşeysel melezleme ile kombine edildiğinde ve daha detaylı genomik yaklaşımlarla değerlendirildiğinde olgunlaşma sırasında meydana gelen yapısal değişiklikleri açıklayabilecek değerli bir rezerv sunacaktır.

#### **2.4.1. Olgunlaşma Sırasında Hücre Duvarında Meydana Gelen Yapısal Ve Kompozisyonel Modifikasyonlar**

Hücre duvarı yapısında meydana gelen değişimler orta lamelin dağılması ve birincil hücre duvarının yıkılmasıyla bağlantılıdır (Crookes and Grierson 1983). Pektin, hemiselüloz ve selülozda meydana gelen yapısal değişimlerin hücre duvarındaki değişimlerden sorumlu olduğu düşünülmektedir (Huber 1983). Bu değişimler polisakkaritlerin çözünmesi ve depolimerizasyonu ile birlikte bu moleküller arasındaki

bağlantıların tekrar düzenlemesini içerir (Redgwell et al. 1997). Olgunlaşma sırasında hücre duvarı bileşenlerinde meydana gelen biyokimyasal değişimlerin en önemli yönü; türlere bağlı olarak meydana gelmesi, farklı polisakkarit modifikasyonlarının görülebilmesi ve bu modifikasyonların boyutlarındaki farklılık göstermesidir. Pektin polisakkaritlerinin modifikasyonu iki farklı sürecin bir sonucudur: çözünebilirlik aşaması ve depolimerizasyonu aşaması. İlk aşama pektin modifikasyonlarının genel bir özelliği olsa da, depolimerizasyon aşaması sadece belirli türlerde meydana gelmektedir. Benzer şekilde, bazı meyve türleri ksiloglikan ve diğer matriks ksilanlarda görünür bir depolimerizasyon olmadan yumuşarken, diğer bazı türlerde bu bileşiklerin olgunlaşmaya bağlı depolimerizasyonu görülmektedir. Elma gibi bazı meyvelerde yumuşama olayı hücre duvarı polisakkaritlerinde çok fazla depolimerizasyon olmadan meydana gelmektedir. Bu durum klimakterik model bitki olan domates için bildirilen mekanizmayla uyumamaktadır. Domateste meydana gelen yumuşama olayında hücre duvarı bileşenlerinde depolimerizasyon ve çözünürlük aşaması da dahil olmak üzere çok önemli modifikasyonlar meydana gelmektedir.

Pektinlerin çözünür hale gelmesi ile beraber, pektin yan zincirlerinden nötral şekerlerin kaybı bütün meyve türlerinde olgunlaşmayla birlikte meydana gelen ortak bir mekanizmadır. (Gross and Sams 1984). Aynı şekilde galaktoz kaybı en önemli olaylardan biri olarak görülse de, farklı meyve türleri için kaybedilen şekerin türü değişmektedir. Galaktoz kaybı domates ve şeftali gibi türlerde çok önemli olsa da, kayısı, erik ve armut gibi türler için aynı önem derecesine sahip değildir (Gross and Sams 1984). Örneğin, arabinoz ve ksiloz sırasıyla armut ve kayısı için olgunlaşma döneminde kaybedilen başlıca şekerlerdir.

## 2.5. Işık Sinyalinin İletimi ve Meyvede Karotenoid Birikimi

Bugüne kadar ışığın meyve olgunlaşması üzerine etkisinin moleküler regülasyonu daha çok domates bitkisinde yapılan çalışmalarla anlaşılmaya çalışılmıştır. Mevcut kanıtlar ışığın etkisinin olgunlaşmadan ziyade pigmentasyon üzerine olduğunu göstermektedir. Domateste olgunlaşmanın tipik belirtisi olan yeşil renkten kırmızı renge geçiş kloroplastların kromoplastlara dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Çünkü olgunlaşma devresinde fotosentetik membranlar degrades olurken klorofil metabolize olur ve likopen gibi kimi karotenoidler birikmeye başlar. Olgunlaşma sürecinde karotenoid biyosentezinde meydana gelen regülasyonlar kısmen domates ve kavunda olgunlaşmayla ilgili ve etilen uyartılı gen ifadesinden kaynaklanmaktadır. Pigment akümüasyonları farklılık gösteren sayısız domates mutanları bildirilmişse de, bunların içinde net karotenoid birikimiyle sonuçlanan sadece birkaçı

tanımlanmıştır. Bununla birlikte genetik ve biyokimyasal yaklaşımların kombinasyonu sonucu, domateste likopen ve  $\beta$ -karoten seviyesinden sorumlu olan gen izole edilmiştir (Ronen et al. 2000). Bu genin bulunması domates  $\beta$  ve cr mutantlarının moleküler temelini aydınlatılmasını mümkün kılmıştır. Bu mutant hatlar siklaz geninin artan veya azalan ifadesine bağlı olarak değişen oranlarda likopen veya  $\beta$ -karoten içeren meyvelere sahiptirler. Biberde yapılan genetik analizler domateste pigmentasyondan sorumlu olan çeşitli lokusların biberde de korunumlu olduğunu göstermekte (Thorup et al. 2000), dolayısıyla da diğer türlerde de bu lokusların korunmuş olabileceği düşünülmektedir.

Karotenoid birikimine yönelik meydana gelen en ilginç mutasyonlardan birisi resesif high pigment-1 (hp-1) mutasyonudur. Karotenoid birikimiyle ilgili diğer mutasyonların aksine hp-1 mutasyonu sonucu meyve gelişimi sırasında hem etilen hem de  $\beta$ -karoten birikiminde artış gözlemlenir. Ayrıca bu mutasyon sonucu yapraklardaki klorofil seviyesi ve yeşil meyve sayısı artar (Wann et al. 1985). hp-1 mutasyonuna benzer ve hp-2 olarak adlandırılan diğer bir mutasyon Soressi (1975) tarafından tanımlanmıştır. Kısaca hp-1/hp-1 fideleri hipokotil uzamasının inhibisyonu ve yoğun antosiyanin pigmentasyonu ile karakterize edilirler (Peters et al. 1992). Domateste görülen deetilasyon olayı bir fitokrom yanıtıdır ve mavi ışık altından bu yanıtın şiddeti artabilir. Bu durum, hp-1'in fitokrom ve mavi ışık reseptör sinyalini etkileyebileceğini göstermektedir. Domateste fitokrom A'nın aşırı ifade olması sonucu hp-1'e mutasyonundakine benzer fenotipler elde edilmiştir (Boylan and Quail 1989). Normal ve hp-1 fidelerinde fitokrom seviyesinin ölçülmesi hp-1 mutantlarında gözlemlenen ve artış gösteren fitokrom yanıtlarının normal fitokrom aralığında meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum hp-1 gen ürünlerinin fitokrom sinyal iletiminde negatif düzenleyici olarak görev aldığını göstermektedir (Adamse et al. 1989; Peters et al. 1992).

Arabidopsis ışık sinyal iletiminin anlaşılmasına yönelik yapılan genetik çalışmalarda en yaygın çalışılan sistemdir. Bu türde yapılan çalışmalar sonucu ışık sinyalinde negatif düzenleyici olarak yer alan kimi genler ve mutasyonlar tanımlanmıştır (Chamovitz et al. 1996; Chory 1993; Quail et al. 1995). Bu genler fonksiyon açısından normal hp-1 ile benzerlik gösterebilir. Yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular ışığın pigmentasyon olayındaki rolünü doğrulamakta ve bu sürecin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte meyve kalitesi ve besin içeriğine yönelik çeşitli modifikasyonların mümkün olabileceğini göstermektedir. hp-1 lokusunun pozisyonel klonlama stratejisiyle izolasyonuna yönelik çalışmalar devam etmektedir (Yen et al. 1997).

### 3. SONUÇ

Olgunlaşma sürecinde yer alan farklı süreçler arasındaki sinerji ve düzenleme mekanizması hala tam olarak bilinmemektedir. Ancak şimdiye kadarki çalışmalar ile meyve gelişmesi ve olgunlaşması ile ilgili çok sayıda transkripsiyon faktörleri, mikroRNA'lar, uzun kodlama yapmayan RNA'lar ve CRISPR/cas9 sistemi ile bazı genlerin aktivitesi ortaya konulmuş durumdadır. Ancak meyve gelişme ve olgunlaşma mekanizmasının daha da anlaşılması için gelecekte daha gelişmiş ve global düzeyde olacak şekilde genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik yaklaşımlar kullanılarak meyve gelişme ve olgunlaşmanın genetik mekanizması daha da anlaşılır hale gelecektir.

### KAYNAKLAR

1. AbelesFB, M. P., and M. Saltveit Jr. 1992. Ethylene in plant biology: San Diego: Academic Press.
2. Adams-Phillips, L., C. Barry, P. Kannan, J. Leclercq, M. Bouzayen, and J. Giovannoni, 2004. Evidence that CTR1-mediated ethylene signal transduction in tomato is encoded by a multigene family whose members display distinct regulatory features. *Plant molecular biology*, 54 (3):387-404.
3. Adamse, P., J. L. Peters, P. A. Jaspers, A. V. Tuinen, M. Koornneef, and R. E. Kendrick, 1989. Photocontrol of anthocyanin synthesis in tomato seedlings: a genetic approach. *Photochemistry and photobiology*, 50 (1):107-111.
4. Benichou, M., Z. Li, B. Tournier, A. Chaves, H. Zegzouti, A. Jauneau, C. Delalande, A. Latché, M. Bouzayen, and L. L. Spremulli, 2003. Tomato EF-Ts mt, a functional mitochondrial translation elongation factor from higher plants. *Plant molecular biology*, 53 (3):411-422.
5. BOURNE, M. C., 1979. Fruit texture—an overview of trends and problems. *Journal of Texture Studies*, 10 (1):83-94.
6. Boylan, M. T., and P. H. Quail, 1989. Oat phytochrome is biologically active in transgenic tomatoes. *The Plant Cell*, 1 (8):765-773.
7. Brummell, D. A., B. D. Hall, and A. B. Bennett, 1999. Antisense suppression of tomato endo-1, 4- $\beta$ -glucanase Cel2 mRNA accumulation increases the force required to break fruit abscission zones but does not affect fruit softening. *Plant molecular biology*, 40 (4):615-622.
8. Bucheli, P., E. Voirol, R. de la Torre, J. López, A. Rytz, S. D. Tanksley, and V. Pétiard, 1999. Definition of nonvolatile markers for flavor of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as tools in selection and breeding. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47 (2):659-664.

9. Chamovitz, D. A., X. W. Deng, and E. Lam, 1996. Light signaling in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 15 (5-6):455-478.
10. Chory, J., 1993. Out of darkness: mutants reveal pathways controlling light-regulated development in plants. *Trends in Genetics*, 9 (5):167-172.
11. Clough, S. J., and A. F. Bent, 1998. Floral dip: a simplified method for *Agrobacterium*-mediated transformation of *Arabidopsis thaliana*. *The plant journal*, 16 (6):735-743.
12. Crookes, P. R., and D. Grierson, 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. *Plant Physiology*, 72 (4):1088-1093.
13. Doganlar, S., S. Tanksley, and M. Mutschler, 2000. Identification and molecular mapping of loci controlling fruit ripening time in tomato. *Theoretical and applied genetics*, 100 (2):249-255.
14. Ecker, J. R., 1995. The ethylene signal transduction pathway in plants. *Science*, 268 (5211):667.
15. Eshed, Y., and D. Zamir, 1994. A genomic library of *Lycopersicon pennellii* in *L. esculentum*: a tool for fine mapping of genes. *Euphytica*, 79 (3):175-179.
16. Ferrándiz, C., S. Pelaz, and M. F. Yanofsky, 1999. Control of carpel and fruit development in *Arabidopsis*. *Annual review of biochemistry*, 68 (1):321-354.
17. Fillatti, J., J. Kiser, B. Rose, and L. Comai, 1987. Efficient transformation of tomato and the introduction and expression of a gene for herbicide tolerance. *Plant biology*.
18. Fluhr, R., A. K. Mattoo, and D. R. Dille, 1996. Ethylene—biosynthesis and perception. *Critical reviews in plant sciences*, 15 (5-6):479-523.
19. Giovannoni, J., 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual review of plant biology*, 52 (1):725-749.
20. Giovannoni, J. J., D. DellaPenna, A. B. Bennett, and R. L. Fischer, 1989. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic rin (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but not fruit softening. *The Plant Cell*, 1 (1):53-63.
21. Gray, J., S. Picton, J. Giovannoni, and D. Grierson, 1994. The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. *Plant, Cell & Environment*, 17 (5):557-571.
22. Gray, J., S. Picton, J. Shabbeer, W. Schuch, and D. Grierson, 1992. Molecular biology of fruit ripening and its manipulation with antisense genes. *Plant molecular biology*, 19 (1):69-87.

23. Gross, K. C., and C. E. Sams, 1984. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. *Phytochemistry*, 23 (11):2457-2461.
24. Huber, D. J., 1983. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Horticultural Reviews*, Volume 5:169-219.
25. Iki, K., K. Sekiguchi, K. Kurata, T. Tada, H. Nakagawa, N. Ogura, and H. Takehana, 1978. Immunological properties of  $\beta$ -fructofuranosidase from ripening tomato fruit. *Phytochemistry*, 17 (2):311-312.
26. Johnson, P. R., and J. R. Ecker, 1998. The ethylene gas signal transduction pathway: a molecular perspective. *Annual review of genetics*, 32 (1):227-254.
27. Kieber, J. J., 1997. The ethylene response pathway in *Arabidopsis*. *Annual review of plant biology*, 48 (1):277-296.
28. Koornneef, M., C. Alonso-Blanco, and A. Peeters, 1997. Genetic approaches in plant physiology. *New Phytologist*, 137 (1):1-8.
29. Kramer, M., R. Sanders, R. Sheehy, M. Melis, M. Kuehn, and W. Hiatt, 1990. Field evaluation of tomatoes with reduced polygalacturonase by antisense RNA. *Plant biology*.
30. Lanahan, M. B., H.-C. Yen, J. J. Giovannoni, and H. J. Klee, 1994. The never ripe mutation blocks ethylene perception in tomato. *The Plant Cell*, 6 (4):521-530.
31. Lashbrook, C. C., D. M. Tieman, and H. J. Klee, 1998. Differential regulation of the tomato ETR gene family throughout plant development. *The Plant Journal*, 15 (2):243-252.
32. Lelièvre, J. M., A. Latchè, B. Jones, M. Bouzayen, and J. C. Pech, 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia plantarum*, 101 (4):727-739.
33. Lincoln, J. E., S. Cordes, E. Read, and R. L. Fischer, 1987. Regulation of gene expression by ethylene during *Lycopersicon esculentum* (tomato) fruit development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 84 (9):2793-2797.
34. Martienssen, R. A., 1998. Functional genomics: probing plant gene function and expression with transposons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95 (5):2021-2026.
35. Mathews, H., W. Wagoner, J. Kellogg, and R. Bestwick, 1995. Genetic transformation of strawberry: stable integration of a gene to control biosynthesis of ethylene. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 31 (1):36-43.
36. Maunders, M., M. Holdsworth, A. Slater, J. Knapp, C. Bird, W. Schuch, and D. Grierson, 1987. Ethylene stimulates the accumulation of ripening-related mRNAs in tomatoes. *Plant, Cell & Environment*, 10 (2):177-184.



37. Parinov, S., and V. Sundaresan, 2000. Functional genomics in *Arabidopsis*: large-scale insertional mutagenesis complements the genome sequencing project. *Current Opinion in Biotechnology*, 11 (2):157-161.
38. Payton, S., R. G. Fray, S. Brown, and D. Grierson, 1996. Ethylene receptor expression is regulated during fruit ripening, flower senescence and abscission. *Plant molecular biology*, 31 (6):1227-1231.
39. Pech, J.-C., I. El-Sharkawy, A. Chaves, Z. Li, J.-M. Lelièvre, M. Bouzayen, P. Frasse, H. Zegzouti, and A. Latché, 2002. Recent developments on the role of ethylene in the ripening of climacteric fruit.
40. Pech, J., E. Lasserre, R. Ayub, M. Guis, S. Bidonde, J. Hernandez, E. RAMASSAMY, C. ROMBALDI, M. Bouzayen, and C. Balagué, 1995. Involvement of ethylene in fruit ripening. Expression and control of ACC oxidase gene. *Austral J. Hort Res.*
41. Peters, J. L., M. E. Schreuder, S. J. Verduin, and R. E. Kendrick, 1992. Physiological characterization of a high-pigment mutant of tomato. *Photochemistry and photobiology*, 56 (1):75-82.
42. Quail, P. H., M. T. Boylan, B. M. Parks, and T. W. Short, 1995. Phytochromes: photosensory perception and signal transduction. *Science*, 268 (5211):675.
43. Redgwell, R. J., M. Fischer, E. Kendal, and E. A. MacRae, 1997. Galactose loss and fruit ripening: high-molecular-weight arabinogalactans in the pectic polysaccharides of fruit cell walls. *Planta*, 203 (2):174-181.
44. Riechmann, J. L., B. A. Krizek, and E. M. Meyerowitz, 1996. Dimerization specificity of *Arabidopsis* MADS domain homeotic proteins APETALA1, APETALA3, PISTILLATA, and AGAMOUS. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93 (10):4793-4798.
45. Ronen, G., L. Carmel-Goren, D. Zamir, and J. Hirschberg, 2000. An alternative pathway to  $\beta$ -carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of Beta and old-gold color mutations in tomato. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (20):11102-11107.
46. Seymour, G. 1993. Avocado In GBS Seymour, J. Tayler, and GA Tucker (Eds.), *Biochemistry of fruit ripening* (pp. 53-81): London: Chapman and Hall.
47. Seymour, G., J. Taylor, and G. Tucker, 1993. *Biochemistry of fruit ripening* Chapman & Hall. London, England. pp:327-341.
48. Sheehy, R. E., M. Kramer, and W. R. Hiatt, 1988. Reduction of polygalacturonase activity in tomato fruit by antisense RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85 (23):8805-8809.

49. Smith, C., C. Watson, J. Ray, C. Bird, P. Morris, W. Schuch, and D. Grierson, 1988. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature*, 334 (6184):724-726.
50. Soressi, G., 1975. New spontaneous or chemically-induced fruit ripening tomato mutants.
51. Tanksley, S., M. Ganai, J. Prince, M. De Vicente, M. Bonierbale, P. Broun, T. Fulton, J. Giovannoni, S. Grandillo, and G. Martin, 1992. High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes. *Genetics*, 132 (4):1141-1160.
52. Thomas, H., and D. Grierson. 1987. *Developmental mutants in higher plants*: Cambridge University Press.
53. Thorup, T., B. Tanyolac, K. Livingstone, S. Popovsky, I. Paran, and M. Jahn, 2000. Candidate gene analysis of organ pigmentation loci in the Solanaceae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (21):11192-11197.
54. Tournier, B., M. T. Sanchez-Ballesta, B. Jones, E. Pesquet, F. Regad, A. Latché, J.-C. Pech, and M. Bouzayen, 2003. New members of the tomato ERF family show specific expression pattern and diverse DNA-binding capacity to the GCC box element. *FEBS letters*, 550 (1-3):149-154.
55. Tucker, G., and C. Brady, 1987. Silver ions interrupt tomato fruit ripening. *Journal of plant physiology*, 127 (1-2):165-169.
56. Tucker, G. A., and D. Grierson, 1982. Synthesis of polygalacturonase during tomato fruit ripening. *Planta*, 155 (1):64-67.
57. Wann, E., E. Jourdain, R. Pressey, and B. Lyon, 1985. Effect of mutant genotypes hp ogc and dg ogc on tomato fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*.
58. Wilkinson, J. Q., M. B. Lanahan, H.-C. Yen, J. J. Giovannoni, and H. J. Klee, 1995. An ethylene-inducible component of signal transduction encoded by Never-ripe. *Science*, 270 (5243):1807.
59. Yang, S. F., 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience (USA)*.
60. Yen, H.-C., S. Lee, S. D. Tanksley, M. B. Lanahan, H. J. Klee, and J. J. Giovannoni, 1995. The tomato Never-ripe locus regulates ethylene-inducible gene expression and is linked to a homolog of the Arabidopsis ETR1 gene. *Plant Physiology*, 107 (4):1343-1353.
61. Yen, H., B. Shelton, L. Howard, S. Lee, J. Vrebalov, and J. Giovannoni, 1997. The tomato high-pigment (hp) locus maps to chromosome 2 and influences plastome copy number and fruit quality. *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 95 (7):1069-1079.

62. Zegzouti, H., B. Jones, P. Frasse, C. Marty, B. Maitre, A. Latché, J. C. Pech, and M. Bouzayen, 1999. Ethylene-regulated gene expression in tomato fruit: characterization of novel ethylene-responsive and ripening-related genes isolated by differential display. *The Plant Journal*, 18 (6):589-600.
63. Zhou, D., P. Kalaitzis, A. K. Mattoo, and M. L. Tucker, 1996. The mRNA for an ETR1 homologue in tomato is constitutively expressed in vegetative and reproductive tissues. *Plant molecular biology*, 30 (6):1331-1338.

