



**BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİN  
DOMATESTE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
MEYVE OLGUNLAŞMASI ÜZERİNE  
ETKİLERİ**

**Gözdenur ÖZGÜRLER**

**Yüksek Lisans Tezi  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Botanik Bilim Dalı  
Prof. Dr. Ökkeş ATICI  
2018**

**Her hakkı saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİN DOMATESTE  
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) MEYVE OLGUNLAŞMASI  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gözdenur ÖZGÜRLER

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
Botanik Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2018**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİN DOMATESTE (*Lycopersicon  
esculentum* Mill.) MEYVE OLGUNLAŞMASI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Prof. Dr. Ökkeş ATICI danışmanlığında, Gözdenur ÖZGÜRLER tarafından hazırlanan bu çalışma, 17/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı – Botanik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.....)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yavuz DEMİR

Üye : Prof. Dr. Ökkeş ATICI

Üye : Doç. Dr. Nevzat ESİM

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu...01.../02.../2018...tarih ve ...5.../39... nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ**  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİN DOMATESTE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) MEYVE OLGUNLAŞMASI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gözdenur ÖZGÜRLER

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Botanik Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ökkeş ATICI

Bu çalışma bazı bitki büyüme düzenleyicilerin, domateste (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hasat sonrası meyve olgunlaşmasında rol alan biyokimyasal parametreler üzerinde etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirildi. Çalışmada bitki büyüme düzenleyicileri olarak, nitrik oksit (NO) donörü olan sodyum nitroprussid (SNP), 24-epibrassinolid (EBL), salisilik asit (SA) ve absisik asit (ABA) kullanıldı. Domates meyveleri ilk olgunluk (açık yeşil), orta olgunluk (sarı-turuncu) ve son olgunluk (tam kırmızı) aşamalarında hasat edildi ve her olgunluk aşamasındaki meyvelere SNP (0.1, 1 ve 100  $\mu$ M), EBL (0.001, 0.1 ve 1  $\mu$ M), SA (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) ve ABA (0.1, 10 ve 100  $\mu$ M) uygulandı. Uygulamadan sonra meyveler, 25°C ve %75 nem koşullarında 1, 3 ve 5 gün süreyle inkübe edildi. Kontrol grubu meyvelere aynı hacimde saf su uygulandı. Uygulama yapılmış ve yapılmamış meyvelerde, olgunlaşmada rol alan pektin metilesteraz (PME) ve poligalakturonaz (PG) enzim aktiviteleri ile likopen içeriğindeki değişimler belirlendi. Çalışmada hasat sonrası olgunlaşma aşamaları sürecinde (ilk olgunluktan son olgunluk aşamasına kadar) ve hasat sonrası bekleme sürelerinde (1, 3 ve 5 gün) hem PME hem de PG aktivitesinde belirgin bir artış belirlendi. Ayrıca, aynı meyvelerde enzim aktivitelerindeki artışa paralel olarak likopen içeriği de arttı. Bitki büyüme düzenleyicilerinden SNP'nin 1 ve 100  $\mu$ M uygulamaları, üç olgunluk (ilk, orta ve son) aşamasında PME ve PG enzim aktivitelerini önemli derecede inhibe etti. Enzimlerin inhibisyonunda 100  $\mu$ M SNP, 1  $\mu$ M SNP'den daha etkili olduğu bulundu. EBL'nin 0.1 ve 1  $\mu$ M uygulamaları da ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PME ve PG aktivitesini genelde düşürdü. Aktivitelerin düşürülmesinde EBL'nin 1  $\mu$ M'nin daha etkili olduğu bulundu. SA'nın özellikle 1 ve 5 mM dozları üç olgunluk aşamasındaki domates meyvelerinde PME ve PG aktivitesini düşürdü. ABA'nın ise özellikle 100  $\mu$ M dozu meyvelerin olgunlaşmasında etkili olan PME ve PG enzim aktivitesini düşürerek meyve olgunlaşmasını geciktirici etki yaptı. İlave olarak, çalışılan büyüme düzenleyicileri özellikle orta ve son olgunluk aşamalarındaki domates meyvelerinde likopen içeriğini düşürdü. En önemli etki 100  $\mu$ M SNP; 1  $\mu$ M EBL ve 100  $\mu$ M ABA uygulamalarından elde edildi. SA ise düşük dozlarda likopen içeriğini arttırırken, yüksek dozda (5 mM) düşürdü. Elde edilen bulgulara göre, hasat sonrası domates meyvelerine uygulanan NO, SA, EBL ve ABA'nın uygun dozlarının genelde meyve olgunlaşma aşamasına bağlı olmaksızın PME ve PG aktivitelerini ve likopen içeriğini düşürebildiği belirlenmiştir. Sonuçlar, domateste hasat sonrası olgunlaşmanın geciktirilmesi ve meyve raf ömrünün uzatılması kapsamında tartışıldı.

**2018, 94 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Domates, meyve olgunlaşması, pektin metilesteraz, poligalakturonaz, likopen, bitki büyüme düzenleyicileri

## ABSTRACT

MS Thesis

### THE EFFECTS OF SOME PLANT GROWTH REGULATORS ON THE FRUIT RIPENING IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Gözdenur ÖZGÜRLER

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ökkeş ATICI

This study was conducted to investigate the effects of some plant growth regulators on the biochemical parameters involved in post-harvest fruit ripening in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In the study, as plant growth regulators, sodium nitroproprusside (SNP) being a donor of nitric oxide (NO), 24-epibrassinolide (EBL), salicylic acid (SA) and abscisic acid (ABA) were used. Tomato fruits were harvested at the first maturity (light green), middle maturity (yellow-orange) and late maturity (full red) stages, and SNP (0.1, 1, 100  $\mu$ M), EBL (0.001, 0.1, 1  $\mu$ M), SA (0.01, 0.1, 1.5 mM) and ABA (0.1, 10, 100  $\mu$ M) were applied to the fruits in each of the maturity stages. After the application, the fruits were incubated for 1, 3 and 5 days at 25°C and 75% humidity. The control group was treated with the same volume of pure water. Then, playing an important role in fruit ripening, the activities of pectin methylesterase (PME) and polygalacturonase (PG) enzymes and the changes in lycopene content were determined in the applied and non-applied fruits. A significant increase in both PME and PG activity was determined during the post-harvest ripening stages (from the first maturity to the last maturity stage) and post-harvest retention times (1, 3 and 5 days). In addition, lycopene content increased in parallel with the increase in the enzyme activities in the same fruits. From the plant growth regulators, 1 and 100  $\mu$ M of SNP significantly inhibited PME and PG activities at the three maturity (first, middle and last) stages. In the inhibition of the enzymes, 100  $\mu$ M SNP was more affected than 1  $\mu$ M SNP. Applications of 0.1 and 1  $\mu$ M of EBL also generally decreased PME and PG activity in the tomato fruits at the first, middle and last maturity stages. It was its 1  $\mu$ M more effective in lowering the activities. The applications of especially 1 and 5 mM of SA lowered the PME and PG activity in the three maturity stages of the tomato fruits. Specifically 100  $\mu$ M dose of ABA inhibited fruit ripening by reducing the activities of PME and PG, which are effective in the maturing of tomato fruits. In addition, the growth regulators reduced the content of lycopene in tomato fruits, especially during the middle and the last maturity stages. The most important effect is obtained from the applications of 100  $\mu$ M SNP; 1  $\mu$ M EBL and 100  $\mu$ M ABA. SA, however, increased lycopene content at its low doses while lowering it at its high (5 mM) doses. According to the findings, it was determined that appropriate doses of NO, SA, EBL and ABA applied to post-harvest tomato fruits could reduce PME and PG activities and lycopene content, regardless of fruit ripening stage in general. The results were discussed within the context of retarded post-harvest ripening in tomato and extension of fruit shelf life.

**2018, 94 pages**

**Keywords:** Tomato, fruit ripening, pectin methylesterase, polygalacturonase, lycopene, plant growth regulators

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmada bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Ökkeş ATICI'ya en içten teőekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında ve sonrasında her zaman yanımda olan ve desteğini her daim hissettiğim arkadaşlarım Dr.Alev SEZEN, Ülfet AKALOT ve Dr.Deniz TIRYAKI'ye en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca beni her zaman destekleyen ve hep arkamda olduklarını bildiğim aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

**Gözdenur ÖZGÜRLER**

**Ocak, 2018**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>13</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEMLER.....</b>	<b>20</b>
3.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar .....	20
3.2. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları.....	20
3.3. Yöntemler .....	22
3.3.1. Araştırma materyali ve uygulamalar .....	22
3.3.2. Enzim aktivitesi tayinleri.....	23
3.3.2.a. Pektin metilesteraz enzim ekstraksiyonu.....	23
3.3.2.b. Pektin metilesteraz aktivite tayini .....	24
3.3.2.c. Poligalakturonaz enzim ekstraksiyonu .....	24
3.3.2.d. Poligalakturonaz aktivite tayini.....	24
3.3.3. Likopen tayini.....	25
3.4. İstatistik Analizi .....	25
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>26</b>
4.1. PME Aktivitesi Üzerinde SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri.....	26
4.1.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasına ait bulgular .....	26
4.1.2. EBL uygulamasına ait bulgular .....	29
4.1.3. SA uygulamasına ait bulgular .....	33
4.1.4. ABA uygulamasına ait bulgular .....	37
4.2. PG Aktivitesi Üzerinde SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri.....	41
4.2.1. SNP (NO donörü) uygulamasına ait bulgular .....	41
4.2.2. EBL uygulamasına ait bulgular .....	45

4.2.3. SA uygulamasına ait bulgular .....	49
4.2.4. ABA uygulamasına ait bulgular .....	53
4.3. Likopen İçeriğine Üzerine SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri .....	57
4.3.1. SNP uygulamasına ait bulgular .....	57
4.3.2. EBL uygulamasına ait bulgular .....	60
4.3.3. SA uygulamasına ait bulgular .....	63
4.3.4. ABA uygulamasına ait bulgular .....	67
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....</b>	<b>71</b>
5.1. Çalışılan Bileşiklerin PME Aktivitesi Üzerine Etkileri .....	72
5.1.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi .....	72
5.1.2. EBL uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi.....	74
5.1.3. SA uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi .....	74
5.1.4. ABA uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi.....	76
5.2. Çalışılan Bileşiklerin PG Aktivitesi Üzerine Etkileri.....	77
5.2.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi .....	77
5.2.2. EBL uygulamasının PG enzim aktivitesi üzerine etkisi .....	78
5.2.3. SA uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi .....	79
5.2.4. ABA uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi.....	80
5.3. Çalışılan Bileşiklerin Likopen İçeriği Üzerine Etkileri.....	81
5.3.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının likopen içeriğine etkisi.....	81
5.3.2. EBL uygulamasının likopen içeriğine etkisi .....	82
5.3.3. SA uygulamasının likopen içeriğine etkisi.....	83
5.3.4. ABA uygulamasının likopen içeriğine etkisi .....	84
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>86</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>95</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$\mu\text{M}$	: Mikromolar
ABA	: Absisik asit
E.C	: Enzim kod numarası
E.U	: Enzim ünitesi
EBL	: 24-epibrassinolid
g	: Gram
mL	: Mililitre
mM	: Milimolar
nm	: Nanometre
NO	: Nitrik oksit
PG	: Poligalakturonaz
PME	: Pektin metil esteraz
SA	: Salisilik asit
SNP	: Sodyum nitroprussid

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerdeki solunum eğrileri.....	6
Şekil 4.1. SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	28
Şekil 4.2. SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	28
Şekil 4.3. SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	29
Şekil 4.4. EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	32
Şekil 4.5. EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	32
Şekil 4.6. EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	33
Şekil 4.7. SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	36
Şekil 4.8. SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	36
Şekil 4.9. SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	37
Şekil 4.10. ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	40
Şekil 4.11. ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	40
Şekil 4.12. ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri .....	41
Şekil 4.13. SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	44
Şekil 4.14. SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	44

<b>Şekil 4.15.</b> SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	45
<b>Şekil 4.16.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	48
<b>Şekil 4.17.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	48
<b>Şekil 4.18.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	49
<b>Şekil 4.19.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	52
<b>Şekil 4.20.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	52
<b>Şekil 4.21.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	53
<b>Şekil 4.22.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	56
<b>Şekil 4.23.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	56
<b>Şekil 4.24.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri .....	57
<b>Şekil 4.25.</b> SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	59
<b>Şekil 4.26.</b> SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	59
<b>Şekil 4.27.</b> SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	60
<b>Şekil 4.28.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	62
<b>Şekil 4.29.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	62
<b>Şekil 4.30.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	63

<b>Şekil 4.31.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	66
<b>Şekil 4.32.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	66
<b>Şekil 4.33.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	67
<b>Şekil 4.34.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	69
<b>Şekil 4.35.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	69
<b>Şekil 4.36.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri.....	70

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b> SNP uygulamasının domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri.....	27
<b>Çizelge 4.2.</b> EBL uygulamasının domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri.....	31
<b>Çizelge 4.3.</b> SA uygulamasının domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri.....	35
<b>Çizelge 4.4.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri.....	39
<b>Çizelge 4.5.</b> SNP uygulamasının domates meyvelerinde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri.....	43
<b>Çizelge 4.6.</b> EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi üzerine etkileri .....	47
<b>Çizelge 4.7.</b> SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri .....	51
<b>Çizelge 4.8.</b> ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri .....	55
<b>Çizelge 4.9.</b> SNP uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri .....	58
<b>Çizelge 4.10.</b> EBL uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri .....	61
<b>Çizelge 4.11.</b> SA uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri .....	65
<b>Çizelge 4.12.</b> ABA uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri .....	68

## 1. GİRİŞ

Günümüz koşullarında Dünya’da hızla artan nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanmasında, sınırlı tarım toprakları verimindeki artış kadar, alınan ürünün korunması ve muhafazası da büyük öneme sahiptir. Türkiye, sahip olduğu topraklar ile kendine yeterli olan ender tarım ülkelerinden biridir. Bu durum coğrafik koşullara ve özellikle son yirmi yılda biyoteknolojik kaynaklı verim artışına dayandırılmaktadır. Ancak, artan nüfusla birlikte sınırlı tarım topraklarından alınan ürünlerin korunması, muhafazası ve pazarlanması da en az verim artışı kadar önemlidir. Bu nedenle, tarımsal üretimin artışı ile birlikte üretim ve tüketim zincirinde ortaya çıkan ürün kayıplarının mümkün olan en düşük düzeye indirilmesi gerekmektedir. Bu kayıpların en aza indirilmesi ile milli servet kaybı azalabilir ve böylece daha fazla ve daha kaliteli ürün tüketime ve ihracata sunulabilir. Yapılan incelemeler, yaş meyve ve sebzelerdeki hasat sonrası kayıpların gelişmekte olan ülkelerde neredeyse %20-30 düzeylerinde oldukça ciddi rakamlara ulaştığını göstermektedir. Bu durum, çoğunlukla hasat sonrasında ürün canlılığının ve albenisinin yeterince kontrol edilememesiyle birlikte, ürünlerin muhafaza koşulları ve üretici-tüketici zinciri arasındaki hatalardan da kaynaklanmaktadır. Meyve ve sebzeler, hasat sonrası tazeliklerini, doğal bünyelerinde bulunan enzim faaliyetleri, oksidasyon ve su kaybı gibi olaylar sonucu yavaş yavaş kaybederek kalite kayıplarına uğrar. Bu yüzden son yıllarda bu yüzden, meyve ve sebzelerin bozulmadan uzun süre saklanabilmeleri veya raf ömrünün uzatılması konusu giderek önem kazanmaya başlamıştır (Dilek 2004).

Meyve oluşumu bitki yaşamında önemli bir süreçtir. Bu süreç çiçekte meyve tutumu, meyve gelişmesi ve meyve olgunlaşması olmak üzere üç farklı aşama içerir. Bunlardan olgunlaşma, araştırmacılar ve üreticiler tarafından en fazla ilgiyi çeken dönemdir. Çünkü meyveler hasattan sonrada canlı kalabilen, insanlar ve hayvanlar gibi nefes alıp verebilen bitkisel organlardır. Nefes aldıklarında, olgunlaşmak için ortamda bulunan havadan oksijen gazını solurlar ve sonrasında karbon dioksit ve özellikle etilen gazı ile bir miktar su verirler. Bu durum hasat edilen ürünlerin gelişimini, büyümesini, olgunlaşmasını ve dolayısıyla yaşlanmasını hızlandırır (Giovannoni 2001).

Günlük hayatta meyve olgunlaşması meyveyi tüketilmeye hazır hale getiren değişiklikleri ifade ederken, bilimsel açıdan; aroma, lezzet ve dış görünüşteki fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin bir sürecidir (Giovannoni 2001). Meyvenin olgunlaşması, genelde çekirdek tamamen oluştuktan ve meyve son büyüklüğüne ulaştıktan sonra başlamaktadır. Bu olgunlaşma süreci fizyolojik ve biyokimyasal seviyelerde gerçekleşen birbiriyle bağlantılı değişimler zincirinden oluşmaktadır (Boggio *et al.* 2000). Olgunlaşma döneminde meyvede biyosentez olayları yerini daha çok katabolik olaylardaki artışa bırakır (Karaçalı 1990). Bu süreçte pH, çözünür şekerler, total protein, beta-karoten, doku sertliği, hücre duvarı kompozisyonu, hücre duvarı yıkıcı enzimler, total kalsiyum, bağlı kalsiyum ve magnezyum miktarlarında ve turgorda önemli değişiklikler meydana gelmektedir (Lester *et al.* 1985; Heyes *et al.* 1994). Kalsiyum ve magnezyum gibi katyonlar meyve olgunlaşmasının düzenlenmesinde çok önemli rol oynamaktadırlar. Kalsiyum ve magnezyum içeriğindeki bir artış meyve sertliğinin artmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle bitki hücre duvarlarında bulunan iyonların ve tuzların miktarı ve doğası doku sertliğinde ve pektin yıkılmasında etkilidir (Femenia *et al.* 1998).

Hasat sonrası meyvelerin yumuşaması orta lameldeki pektik maddelerin ve hücre çeperi bileşiklerini parçalayan enzimlerin aktivitesiyle yakından ilgilidir. Bunlar selülaz ve pektinaz grubu enzimlerdir. Pektik maddeleri hidroliz eden pektinazlar pektinolitik enzimler olarak da bilinirler (Barnavon *et al.* 2001). Pektinolitik enzimler 2 ana gruba ayrılır. Bunlar protopektinazlar ve esterazlardır. Protopektinazlar, suda çözünemeyen protopektini parçalar ve suda çözünebilen pektini oluştururlar. Esterazlar, metoksi esterlerini değiştirerek pektinin de-esterifikasyonunu katalizlerler (Palomaki *et al.* 1997).

Pektik bileşikler bitkilerde bulunan yüksek molekül ağırlıklı, negatif yüklü, asidik, kompleks glikozidik makromoleküllerdir. Dikotiledon bitkilerde hücre duvarı polisakkarit yapısının yaklaşık %30'unu oluştururlar. Pektik maddeler, heteropolisakkaritler grubuna girerler ve  $\alpha$ -(1,4) glikozidik bağlarla bağlanan metille esterleşmiş galakturonik asit alt ünitelerinden oluşmuşlardır. Primer hücre çeperi ve orta

lamelde diğerk yapısal maddelerle beraber bulunup hücreleri birbirine bağlarlar. Bu bileşim pektin olarak adlandırılmaktadır. Sebzelerde az, meyvelerde fazla miktarda bulunurlar (Blanco *et al.* 1999; Willats *et al.* 2001). Meyve gelişmesi döneminde pektin miktarı önce hızlı, sonra yavaş biçimde artarken; yüzde pektin miktarı, tür ve çeşitlere göre farklı şekilde azalır. Bu azalma hasattan sonra da devam eder. Pektinlerde olgunlaşma döneminde gözlenen değişimler, kantitatif olmaktan çok kalitatifdir. Bu nedenle değişik pektin fraksiyonları arasında değişmeler daha önemlidir (Kaur *et al.* 2004). Birçok meyvede olgunlaşma boyunca en çok gözlenen değişim pektinin moleküler ağırlığındaki azalmadır. Pektin hidroliziyle serbest COOH grupları açığa çıktığı için ortamın pH'sı değişmektedir (Pressey *et al.* 1982). Pektin bozulması meyve olgunlaşmasından başka bitki hastalıklarında, besin ve yiyecek ürünlerinin kararlılığında önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin olgun meyve yumuşaklaşır, çünkü pektin ve diğerk hücre duvarı karbohidratları enzimatik olarak parçalanmıştır (Hagerman *et al.* 1986).

Pektini parçalayan enzimlerinden olan poligalakturonaz (PG; EC 3.2.1.15) bazı maya, bakteri, funguslarda ve olgunlaşma sırasında yumuşayan çoğu meyvelerde üretilir. Meyve olgunlaşmasının enzimatik sürecinde başat rol oynamaktadır (Muchuweti *et al.* 2005; Fontana and Salvador 2005). PG'nin substratı poligalakturonik asittir. Poligalakturonik asitin dallanmamış blokları hücre duvarı matriksine tutunurlar ve hücre adezyonu için hücreyi korurlar (Brummel and Harpster 2001). Poligalakturonazlar, depolimeraz enzim grubuna dahildirler ve endopoligalakturonaz ve ekzopoligalakturonaz olmak üzere ikiye ayrılırlar (Wasserman 1984; Tijkens 1998). Meyve olgunlaşmasının spesifik enzimi olarak genellikle endopoligalakturonaz bilinmekle beraber meyvede hem endopoligalakturonaz hem de ekzopoligalakturonaz enzimleri birlikte bulunmaktadır (Hadfield and Bennett 1998). Olgunlaşmamış ham domateste PG aktivitesi son derece düşüktür. Olgunlaşmanın başlangıcında ve olgunlaşmış meyvede PG aktivitesi belirgin olarak artar (Tucker and Grierson 1982).

Meyve olgunlaşmasında rol alan pektin enzimleri içinde en önemli bir diğeri pektin metilesterazdır (PME; EC 3.1.1.11). Meyve olgunlaşması sırasında aktivitesi

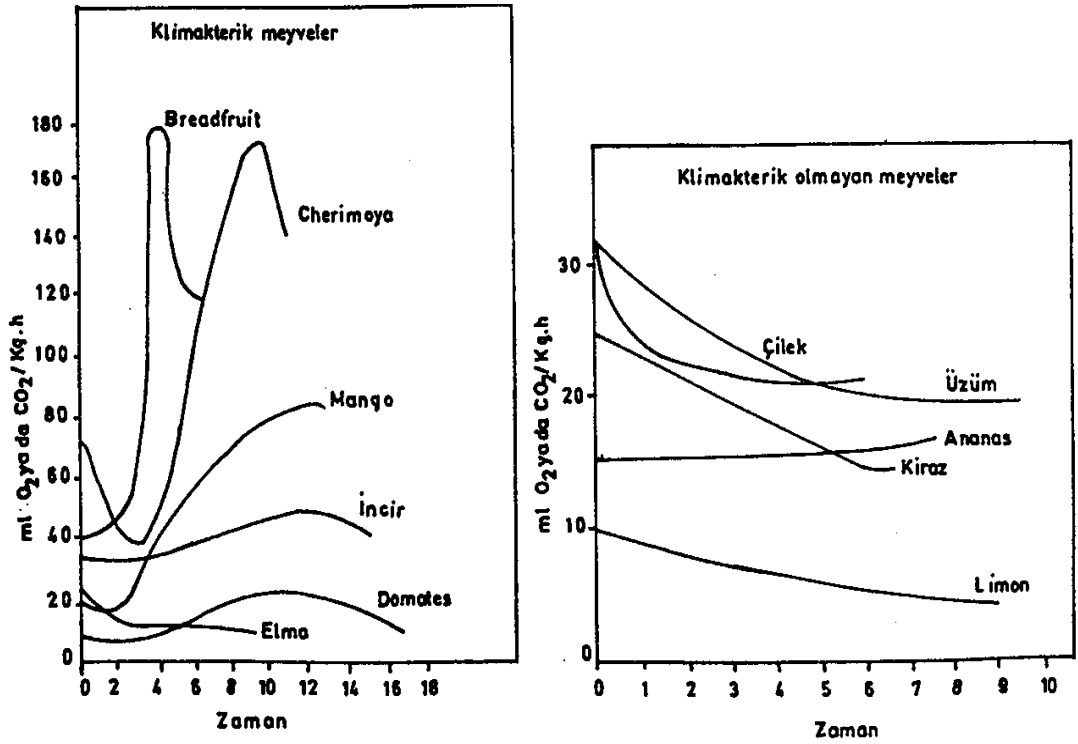
poligalakturonaz enziminden daha fazladır (Karaçalı 1990). Pektin değişimindeki önemi nedeniyle PME meyve ve sebzelerin yapısal özelliklerini önemli düzeyde etkiler. PME pek çok bitki dokusunda bulunur ve bitki metabolizması için önemli bir rol oynamaktadır. Meyve olgunlaşması esnasında PME, hücre duvarındaki pektik bileşenlerden metil gruplarını uzaklaştırır ve daha sonra poligalakturonaz ile depolimerleşmelere neden olarak hücrelerarası yapışkanlığı ve doku sertliğini azaltır (Abacı 2007). PME ayrıca hücre büyümesi sırasında birincil duvarın (primer çeper) yumuşatılma sürecine dahil olur. Ayrıca bu enzim birçok bitki patojeni tarafından da sentezlenir ve bunlar tarafından bitki dokularını eritmek için kullanılır (Alonso *et al.* 1995). PME etkinliğinin apoplastik pH'yı ve dolayısıyla hücre genişleme sürecini kontrol ettiği de bildirilmiştir (Bordenave and Goldberg 1994). Yüksek bitkilerden, özellikle elma, muz, çilek, böğürtlen, turuncgiller, kiraz, üzüm, mango, armut, erik, fasulye, havuç, salatalık, pırasa, soğan, bezelye, patates, turp ve domateste PME saptanmıştır. Bu enzimin genel olarak biyokimyasal özellikleri farklılık gösteren bazik, nötral ve asidik olarak farklı izoformları bulunmuştur. PME'ler değişik dokularda bulunurlar ve serbest formları saptanmış olsa da esas olarak hücre duvarındaki proteinlerle iyonik etkileşimlerle birleşirler (Benen *et al.* 2003). PME pektinin pektat ve metanole hidrolizini katalizler ve bitkilerde, hücre duvarı metabolizmasında, meyvenin olgunlaşması sırasında hücre duvarının genişlemesinde ve polen filizlenmesi süresince önemli rol oynarlar (Kertesz 1955). Olgunlaşmadaki rolü metilasyon derecesi düşük pektin oluşturmalarıdır. Hücre duvarının büyümesindeki rolü ise otoliz ve büyümede rol oynayan enzimleri aktive eden pH düşmesine neden olmasıdır. Pektinin depolimerizasyonu genellikle meyvenin olgunlaşmasıyla ilgilidir. Bu nedenle PME meyve ve sebzelerde hasat sonrası depolama sırasında meydana gelen değişikliklerde çok önemli rol oynarlar (Benen *et al.* 2003).

Meyvede olgunlaşma süresince hücre çeper polisakaritlerindeki değişimler, meyvede doku değişimlerine neden olur (Seymour 1990; Prabha and Bhagyalakshmi 1998). Orta lameldeki pektinlerin parçalanması hücreler arasındaki adezyonun azalmasına yol açar (Crookes and Gierson 1983), olgunlaşma boyunca meyvede pH düşer ve hücrelerin turgorunda bir azalma olur. Bu nedenle de hücre duvarında kayıplar başlar ve

hücrelerarası (apoplast) boşlukta çözelti konsantrasyonu artar (Shackel 1991). Bu dönemde olgunlaşmaya özgü bir metabolik aktivite de gözlenir. Örneğin, protein sentezinde (transkripsiyon ve translasyon), ATP üretiminde, uçucu madde ve içsel etilen, antosiyanin ile karotenoid sentezinde belirgin bir artış belirlenir. Bu arada hücrelerde Krebs çemberinin aktivitesi artar, buna paralel olarak şeker katabolizması hızlanır, ancak mitokondrilerin ve membranların düzeni bir süre korunur (Karaçalı 1990; Giovannoni 2001). Olgunlaşma sırasında depo maddeler hidrolitik değişime uğrayarak şeker oranını artırır. Böylece lezzet değişimi ve koku oluşması olgunlaşmanın önemli sinyallerini oluşturmaktadır. Meyvenin olgunlaşması meyvenin dış çeperinin renk değişikliği ile de ilgilidir. Ham meyvelerin dış tabakalarında çok fazla kloroplast vardır, ileri evrelerde klorofil kaybı ve karotenoid pigmentlerin artışı, dokunun sarı, turuncu ya da domatesteki gibi kırmızı renk değişimine neden olmaktadır. Olgunlaşan meyvelerde dokuya kırmızı, pembe ya da mavi rengi verenler çoğunlukla antosiyaninler olmakla birlikte, domateste likopendir (Fraser *et al.* 1994).

Meyveler, olgunlaşma süreçlerine bağlı olarak klimakterik ve klimakterik olmayan meyveler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Klimakterik meyvelerde olgunlaşmayla birlikte etilen miktarında belirgin bir artış meydana gelir ve bu durum solunumun ani artışına yol açar (Lester and Dunlap 1985). Klimakterik solunum olarak adlandırılan bu maksimum nokta meyveler arasında farklılık gösterir (Yentür 1995). Klimakterik olmayan meyvelerde solunumun seyrinde böyle bir durum genelde görülmez (Lester and Dunlap 1985; Kadioğlu 1999). Etilen klimakteriği terimi, meyvelerin olgunlaşmaya başladığı zaman sürekli ve hızlı etilen üretiminin bir sonucu olarak içsel etilen düzeyinde gerçekleşen artışı ifade etmektedir (Reid *et al.* 1973; Watada *et al.* 1984). Klimakterik meyvelerde içsel etilen üretimi belirli bir seviyeye ulaştığında, meyve olgunlaşması başlar ve bu olay geri dönüşümlü değildir. Bu durum klimakterik meyvelerde hasat sonrasında da olgunlaşma sürecinin devam etmesine olanak sağlamaktadır. Klimakterik meyvelere elma, muz, avakado, domates, incir, armut, kavun örnek olarak verilebilir. Turunçgiller, üzüm, kiraz, çilek ve karpuz klimakterik olmayan grupta yer alırlar (Taiz and Zeiger 2008). Klimakterik meyvelerin raf ömürlerinin, etilen üretim düzeyleri ile yakından ilişkili olduğu, geç olgunlaşan meyve

çeşitlerinde ise erken olgunlaşanlara göre daha uzun bir raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Çünkü, geç olgunlaşan meyvelerde etilen üretiminin başlaması için ihtiyaç duyulan zamanın daha uzun ve klimakterik periyot sürecinde üretilen etilen miktarının daha az olduğu bildirilmiştir (Inaba 1993). Etilen klimakteriğinin ilk olarak elmada belirlenmesinden sonra, birçok meyvede de benzer solunum modelleri gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1.1. Klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerdeki solunum eğrileri (Biale and Yang 1982'den)

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Solanaceae* familyasının bir üyesi olup üzüksü yapıda meyvelere sahiptir (Petro and Turza 1987). Diğer yaş meyve ve sebzelerde olduğu gibi domatesin de yaklaşık %90lık kısmını su oluşturmaktadır. Su dışında meyvenin yaklaşık %5-6'sını oluşturan maddelerin ortalama %55'i şekerler (glukoz, fruktoz, sukroz), %21'i proteinler, selüloz, pektinler, polisakkaritler, %12'si organik asitler (sitrik, malik, galakturonik, karboksilik asit), %5'i karotenoidler,

askorbik asit, uçucu bileşikler, aminoasitler ve %7'si inorganik bileşiklerden oluşmaktadır (Tigcleaar 1986).

Domates yüksek düzeyde A, E ve C vitaminleri içermesi ve başta potasyum olmak üzere birçok mineral madde ve bitkisel lif zenginliğinin yanında; içerdiği likopen, beta karoten, flavonoidler ve diğer fenolik bileşikler domatesin sağlık açısından değerini arttırmaktadır (Özalp 2015). Bunlardan özellikle likopen en fazla domateste olmak üzere karpuz ve pembe greylift gibi meyvelerde bulunur. Likopen, düz bir zincir halinde düzenlenmiş 11 adet çift ve 2 adet tekli bağ içeren hidrokarbon zincirinin açık formundan oluşur. Barsaklardan emilebilen nadir karotenoidlerden olduğu gibi, plazmada en çok bulunan karotenoiddir (Agarwal *et al.* 2001). İnsanlar karotenoid sentezleyemediklerinden onları besin olarak almak zorundadır. Beslenmedeki likopenin en az %85'i domates ve domates ürünlerinden temin edilmektedir (Clinton 1998; Shimada *et al.* 2015). Karotenoidlerin antioksidan özellikleri sayesinde, kanser, kalp rahatsızlıkları gibi ciddi hastalıklara karşı koruyucu etkileri olduğu gösterilmiştir (Omoni and Aluko 2005; Kun *et al.* 2006). Domatesin likopen içeriği varyeteler arasında ve olgunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Shi and Maguer 2000; Scalfi *et al.* 2000; McClain and Bausch 2003).

Domates dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmesi, insan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu üretimi gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle önemli meyvelerin başında gelmektedir (Keskin and Gül 2004). FAO verilerine göre 1.1 milyar ton olan toplam üretimde domates 162 milyon ton ile %15'lik paya sahiptir. Türkiye'de ise 12.6 milyon tona ulaşan üretimi ile toplam üretimdeki payı %40'ı geçmiştir. Yüksek adaptasyon yeteneği, açıkta tarımının yanında örtüaltı yetiştiriciliğine de yatkınlığı, ayrıca çeşitli biçimlerdeki işleme endüstrisine elverişliliği gibi nedenlerle Ekvator'dan güney ve kuzey yarım kürenin uç noktalarına kadar her yerde üretilmekte ve tüketilmektedir. En yoğun yetiştirildiği ve en çok tüketildiği bölgelerden birisi, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası'dır (Spooner 2007).

Domates ilginç bir tarihe de sahiptir. İlk olarak Bolivya ve Peru'da yabani sarı renkli bir domates türü bulunmuş ve sonra Meksika'da yetiştirilip, Kristof Kolomb'un Amerika'yı keşfinden sonra Avrupa'ya gemilerle gönderilmiştir. Domates ABD'de ilk defa Thomas Jefferson tarafından yetiştirilmiştir. 1900'lere kadar pek çok insan zehirli olduğuna inanarak yemeyi reddetmiştir. ABD'de 1893 yılında mahkeme kararıyla sebzelerle birlikte saklanıp yenildiğinden onu sebze diye sınıflandırmıştır, fakat domates biyolojik olarak gerçek bir meyvedir (Gould 1983; Wikipedia 2013).

Olgunlaşma sırasında domates çok geniş kapsamlı metabolik reaksiyonlar geçirmekte ve bu reaksiyonlar sonucunda da meyvenin son bileşimi oluşmaktadır. Bu süreçler bitki hormonları ile düzenlenen, genetik ve çevresel faktörler tarafından etkilenebilen oldukça düzenli değişimleri içerir (Giuntini *et al.* 2005). Domates gibi klimakterik meyveler, klimakterik olmayanlardan artan solunum ve etilen biyosentez hızları ile ayrıldığı yukarıda ifade edilmişti. Domatesin gelişimi ve olgunlaşması, hücre duvarı bileşenlerinde ve duvar polisakkaritlerini parçalayıcı enzimler olan PME ve PG'deki önemli değişimler ile takip edilebilmektedir (Fraser *et al.* 1994; Tomassen *et al.* 2007). Bu enzimlerin aktivitesi doğrudan meyvenin raf ömrü ile de ilişkilidir ve domatesin özellikle pazardaki önemli özelliklerinden birini oluşturmaktadır. Domates gibi etli meyveler temel olarak glikoproteinler, su, pektik ve hemiselüloz polisakkaritlerden oluşan bir matriks içindeki selüloz mikrofibril tabakası ile çevrelenmiş parankima hücrelerinden oluşmaktadır (Burg and Burg 1965; Carrari 2007). Domatesin gelişimi farklı aşamalardan oluşmaktadır. Meyve gelişimi sırasında kompleks bir biyolojik süreç olan doku özelleşmesi yer almakta ve fiziksel, biyokimyasal ve morfolojik boyutta dönüşümler hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu dönüşümler tüm metabolik yollarda hücre bölünmesi, hücre genişlemesi ve olgunlaşmayı sağlayan bir dizi dinamik değişimlerle sonuçlanmaktadır (Boggio *et al.* 2000).

Bitki büyüme ve gelişmesinin düzenlenmesinde büyük önemi olan ve doğal olarak sentezlenen ve bir bitki büyüme inhibitörü olan Absisik asit (ABA), (Creelman 1989; Aurisano *et al.* 1993; Neill and Burnett 1999) fizyolojik olarak; tohum dormansisi, tomurcuk dormansisi, büyüme, yaşlanma (senesens), kopma (absisyon), embriyo

gelişimi ve tohum çimlenmesi, meyve oluşumu ve gelişimi, tomurcukların inhibisyonu (apikal dominansi), çiçeklenme, kökte ve diğer dokularda su ve iyon alınması ve taşınması, nükleik asit ve protein sentezi, enzimler, strese adaptasyon mekanizması, kök geotropizması, osmoregülasyon üzerinde etkilidir (Agarwall *et al.* 2005). Vejetatif dokularda kuraklık, tuzluluk ve yüksek ve düşük sıcaklık gibi abiyotik stres koşulları, ABA biyosentezinin artmasına ve birikimine yol açmaktadır. Abiyotik strese bitkinin yanıtının en önemli düzenleyicisi olan ABA bu nedenle stres hormonu olarak adlandırılmaktadır (Taylor *et al.* 2000; Gonai *et al.* 2004). Abiyotik stres koşulları ABA biyosentezinin artmasına ve birikmesine sebep olurken, biriken ABA stresin etkisi ile yıkıma uğramaktadır (Rock 2000). Strese yanıt olarak özellikle köklerde ABA seviyesi artar (Shashidhar 1996). ABA çevresel strese özellikle kuraklığa maruz kalan bitkilerde köklerden ksilem ile bekçi hücrelerine taşınır ve buradaki hipotetik ABA reseptörüne bağlanarak stomaların kapanmasına ve stresle ilgili birçok genin ifadesinin uyarılmasına neden olur (Taiz and Zeiger 1998; Thompson 2000). Tohumlarda dormansiyi teşvik eden, RNA ve protein sentezini engelleyen ABA, fide büyümesi üzerinde de engelleyici etki yapmaktadır (Trewavas and Jones 1991; Tsai *et al.* 1997). Stres koşulu altında bulunmayan bitki hücrelerinde ABA miktarları çok düşüktür. Düşük miktardaki ABA, normal bitki büyümesi için gereklidir (Jiang and Zhang 2001; Finkelstein *et al.* 2002). ABA her ne kadar genel anlamda büyüme engelleyici olarak kabul edilse de, engelleyici etkinin daha çok yüksek dozlarda kendisini gösterdiği ve özellikle düşük dozlarda büyümeyi teşvik edici etkisinin olduğu da bildirilmiştir (Sharp 2002). ABA'nın aynı zamanda meyve olgunlaşmasında da önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Vendrell and Palomer 1997). Domates gibi klimakterik meyvelerde olgunlaşma esnasında artan ABA seviyeleri bildirilmiştir (Ruan *et al.* 2005). Yapılan literatür çalışmalarında dışsal ABA uygulamasının meyve olgunlaşması üzerindeki etkisini açıklayan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yakın zamana kadar, bitki büyüme ve gelişimini, oksinler, gibberellinler, sitokininler, absisik asit ve etilen olarak adlandırılan 5 grup hormonun düzenlediği düşünülmekteydi. Ancak, son yıllarda Brassinosteroid'ler de bitki hormonlarının steroid grubunda altıncı hormon olarak düşünülmektedir (Rao *et al.* 2002). Brassinler, ilk olarak *Brassica napus*

(kanola/kolza) poleninden izole edilen en aktif büyüme teşvik edici bileşiklerdir (Mitchell *et al.* 1970). Araştırmacılar 1979 yılında, kolza poleninden aktif olan brassin bileşiğini izole etmiş ve bunu brassinolid olarak isimlendirmişlerdir (Grove *et al.* 1979). Son yıllarda, hayvan hormonu steroidleri gibi birçok brassinolide benzer bileşik bulunmuştur ve böylece toplu olarak Brasinosteroidler (BR) olarak adlandırılmıştır (Clouse and Sase 1998). BR'ler, hücre uzaması, hücre bölünmesi, vasküler farklılaşma, üreme gelişiminin yanı sıra patojen ve abiyotik tolerans da dahil olmak üzere çeşitli bitki büyüme ve gelişme süreçlerinde rol oynayan bir grup steroidal bitki hormonudur (Clouse 2002). Brasinosteroid, hücre uzaması ve bölünmesi, çiçeklenme, polen gelişimi ve fotomorfogenez gibi bitki fizyolojik yanıtlarının çeşitli yönlerinde de önemli bir rol oynamaktadır (Clouse 2011). Klimakterik domates meyvesinde, BR uygulamasının artan etilen üretimi sayesinde domates perikarp disklerinin olgunlaşmasını değiştirdiği bildirilmiştir (Vardhini and Rao 2002). Bu nedenle, meyve olgunlaşması sırasında endojen BR seviyelerinin değişip değişmediği ve BR'lerin klimakterik meyve olgunlaşmasında önemli bir rol oynayıp oynamadığı hala ilginç konular arasındadır.

Salisilik asit (SA) ya da *orto*-hidroksi benzoik asit, eskiden beri bilinen bir madde olup 1800'lü yıllardan sonra asetil-salisilik asit ilaç (aspirin etkin maddesi) olarakta kullanılmaya başlanmıştır (Raskin *et al.* 1995). Salisilik asit kelimesi 1938'de Rafack Piria tarafından söğüt ağacı anlamına gelen "salix" kelimesinden türetilerek isimlendirilmiştir. Bütün bitkilerde bulunması, bitkide oldukça hızlı taşınabilmesi ve çok düşük seviyelerde fizyolojik etkiler oluşturması nedeniyle SA'nın bir bitki hormonu olabileceği düşünülmektedir. SA'nın fizyolojik etkilerinden ilki tütün hücre kültüründe çiçeklenme hareketini teşvik etmesi ve gonca oluşumunun keşfidir (Eberhard *et al.* 1989). Daha sonra başka bitki türlerinde de gösterilen bu etkisi ile SA'nın içsel bir düzenleyici olduğu kanısı artmıştır (Cleland and Ajami 1974). Buğdayda kuraklık ve tuz stresinin engelleyici etkisini azaltması, tuz ve osmotik stresin düzenlenmesine katılması, domates ve fasulyede stres cevabının düzenlenmesi gibi pek çok abiyotik strese cevapta önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Al-Hakimi and Hamada 2001; Borsani *et al.* 2001; Mutlu *et al.* 2009). SA, ayrıca bitki savunma mekanizmasında ve direncinde

merkezi bir rol oynamaktadır (Sticher *et al.* 1997). SA'nın ekzojen uygulaması, tatlı kirazda ve üzüm çekirdeklerinde fungal patojene direnci artırmıştır (Yao and Tian 2005). Bunun yanında ekzojen SA uygulamasının muz meyvelerinin olgunlaşmasını geciktirdiği bildirilmiştir. Hücre duvarını parçalayan bazı enzimlerin, (selülaz, poligalakturonaz ve ksilanaz) SA varlığında azaldığı ileri sürülmüştür (Manoj *et al.* 2000).

Uzun yıllardan beri canlılarda var olduğu bilinen nitrik oksit (NO: azot monoksit), son yıllarda hem memelilerde hem de bitkilerde sinyal molekül olarak dikkat çekmiş ve (Lamattina *et al.* 2003; Wendehenne *et al.* 2004; Unsal and Arısan 2009). Amerikan Bilim Gelişimi Kuruluşu tarafından 1992 yılında yılın molekülü olarak seçilmiştir (Neill *et al.* 2003). NO'nun bitki savunma ve strese cevap mekanizması olaylarında bir sinyal molekül olarak tanımlanmasından sonra, NO ve bitki biyolojisi ile ilgili çalışmalarda önemli derecede artış olmuştur (Durner and Kleressig 1999; Beligni and Lamattina 2001; Wendehenne *et al.* 2001; Neill *et al.* 2002 ve 2003). Birçok biyolojik süreçte görev alan NO bitki savunma mekanizmasında rol almasının yanı sıra büyüme ve gelişmede hormonal özelliklere sahip bir bileşik olarak da görev yapmaktadır (Leshem and Haramaty 1996; Beligni and Lamattina 1997; Delledonne *et al.* 1998; Beligni and Lamattina 1999). Bitki büyümesi üzerine NO'nun etkilerinde konsantrasyonun son derece önemli olduğu vurgulanmıştır (Anderson and Mansfield 1979; Leshem *et al.* 1997; Pedrosso *et al.* 2000; Zottini *et al.* 2002). NO yüksek seviyelerinin domates, marul ve bezelye bitkisinde büyümeyi inhibe ettiği, düşük konsantrasyonlarının ise büyümeyi teşvik ettiği ileri sürülmüştür (Hufton *et al.* 1996; Leshem and Haramaty 1996). Yapılan araştırmalarda 1 mM Sodyum Nitroprussid (NO salınımı yapan bileşik) sulu çözeltisi tarafından salınan NO'nun meyvelerde etkin bir şekilde etilen üretimini bastırdığı ve saklama sırasında kalite parametrelerini artırdığı ileri sürülmüştür (Tongfei *et al.* 2011).

Yapılan literatür araştırmalarında yukarıda ifade edilen bitki sinyal bileşiklerinden bazılarının meyve olgunlaşmasında rol aldıklarına dair sınırlı bilgiler bulunsa da bunların özellikle meyve olgunlaşmasında rol alan Poligalakturonaz (PG) ve Pektin

metil esteraz (PME) enzim aktiviteleri üzerinde etkilerini değerlendiren herhangi bir çalışma belirlenememiştir. Bu yüzden, çalışmamızda klimakterik bir meyve olan domates (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Kayra) meyvelerine ekzojen uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinden ABA, SA, BR ve NO bileşiklerinin, meyve olgunlaşmasında önemli rolleri bulunan PG ve PME enzimlerinin aktiviteleri ve likopen içeriği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin, domates meyvelerinin depolanması, raf ömrünün uzatılması ve ürün kaybının azaltılması çalışmalarına önemli bir katkı yapacağı beklenmektedir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Domates dünya genelinde tüketicilere yüksek ekonomik önemi ve besleyici etkisi olan çok önemli bir meyvedir. Klimakterik özellik gösteren ve sıcaklık, nem etilen ve CO<sub>2</sub> miktarı gibi çevresel faktörler tarafından etkilenebilen bir meyvedir. Klimakterik ürünlerde olgunlaşmanın başlaması ile birlikte etilen üretiminde önemli artışlar meydana gelmektedir. Meyvede etilen üretiminin artması, dışsal etilen birikiminin de artmasına ve solunum oranının yükselmesine neden olmaktadır. Etilen, meyvede yumuşama, renk değişimi, yapısal değişim ve aroma maddelerinin üretimini teşvik etmektedir.

Etilen, derimi (hasat) yapılan ürünlerde kaliteyi etkileyen en önemli etkidir. Bu etki ürüne, olgunluk aşamasına ve kullanım amacına göre yararlı veya zararlı yönde olabilmektedir. Çoğu bahçe ürünlerinin derimden sonra etilene maruz kalmasından kaçınılmakta veya olgunlaşma, derim, taşıma, depolama veya işleme sırasında sıcaklık kontrolü, kontrollü atmosfer, kimyasal uygulamaları ile etilen üretim ve faaliyeti en aza indirilmeye çalışılmaktadır (Lee 2003).

Meyvelerde olgunlaşma ile birlikte meydana gelen en önemli değişikliklerden birisi renk pigmentlerinin birikimi veya yıkımı sonucu ortaya çıkan renk değişimleridir. Olgun yeşil aşamaya kadar domateslerde baskın pigment klorofildir. Olgunlaşma süresince kloroplastlar kromoplastlara dönüşmekte ve olgun meyvelerde kırmızı rengi veren likopen sentezi başlamaktadır (Madhavi and Salunkhe 1998).

Domateslerde meyve olgunlaşması süresince hücre duvarlarında meydana gelen en önemli değişiklik pektinlerin çözünmesi ve yıkımı olduğu ileri sürülmüştür. Domateslerde olgunlaşma süresince pektin bütünlüğünün kaybolması, olgunlaşmada baskın bileşiklerin yumuşama ile ilgili olduğunu göstermektedir. Pektin yıkımı ile ilgili olgunlaşmadan sorumlu enzimatik aktivite, pektin yıkımı ve meyve yumuşaması ile

paralel olarak biriken endo-poligalaktronaz ile ilişkilendirilebilir (Giovannoni *et al.* 1992).

Domateslerde PG aktivitesi ile meyve yumuşaması arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada yeşilden tam kırmızıya kadar bütün olgunluk aşamalarında hücre orta lamelleri *in vitro* koşullarda olgunlukla birlikte PG seviyesinin arttığı belirtilmiştir (Giovannoni *et al.* 1992). PG aktivitesinin renk değişimleri ile birlikte başladığını ve olgunlukla birlikte artış gösterdiğini belirtilmiştir (Tucker *et al.* 1980).

Muz meyvesinin olgunlaşması boyunca meydana gelen biyokimyasal ve fizyolojik değişimlerin incelendiği bir çalışmada, iki ayrı muz çeşidinde (Hom Thong ve Namwa) poligalakuronaz ve pektin metilesteraz aktiviteleri incelenmiştir. Her iki çeşitte de meyvenin kabuk kısmında ve orta kısımlarında enzim aktivitelerinin zamanla arttığı saptanmıştır. Birinci ve ikinci günde Namwa çeşidindeki pektin metilesteraz aktivitesinin Hom Thong çeşidine oranla daha yüksek olduğu, ikinci günden sonra Namwa çeşidindeki pektin metilesteraz aktivitesinin azalmaya başladığı ve dördüncü günde her iki çeşit arasında enzim aktivitesi bakımından herhangi bir farklılık olmadığı bildirilmiştir (Imsabai *et al.* 2006).

Şeftali meyvesinde yapılan bir çalışmada, meyveler 4 hafta depolanmış, poligalakuronaz ve pektin metilesteraz aktiviteleri meyvenin iç ve dış mezokarpında normal atmosfer şartlarında incelenmiştir. Olgunlaşma boyunca pektin metilesteraz aktivitesinin depolanan meyvelerde arttığı ve iç mezokarpta dış mezokarptan daha yüksek olduğu, meyvenin iç ve dış mezokarpında poligalakuronaz aktivitelerinin de farklı olduğu bildirilmiştir (Zhou *et al.* 2000).

Muz, guava, mango, papaya ve domates meyvelerinde olgunlaşma boyunca hücre duvarı yıkıcı enzimlerin pektin modifikasyonları ve yumuşama üzerine yapılan bir çalışmada, en hızlı yumuşamanın birinci ve beşinci günde %50 sertlik kaybıyla guava meyvesinde olduğu belirtilmiştir. Üçüncü günde domates ve muzda, dördüncü ve

beşinci günlerde mango meyvesinde yumuşama olduğu bildirilmiştir. Olgunlaşma boyunca bütün meyvelerde total pektin içeriğinin azaldığı, çözülebilir pektin içeriğinin arttığı saptanmıştır. Olgunlaşmamış meyve dokularında poligalakturonaz enzim aktivitesi düşükken olgunlaşmayla birlikte giderek arttığı belirtilmiştir. Aktivitedeki en büyük artışın domates meyvesinde (%250-300) olduğu saptanmıştır. Pektin metilesteraz enzim aktivitesinde mango meyvesinde olgunlaşmayla azalma olduğu; ham guava meyvesinde, domates, muz, papaya, mango meyvesinde olgunlaşmayla birlikte aktivite artışı olduğu belirtilmektedir (Ali *et al.* 2004).

Yapılan bir çalışmada mango meyvesinde poligalakturonazın farklı formları incelenmiş ve farklı olgunluk safhalarında poligalakturonaz aktivitesinde önemli değişiklikler saptanmıştır. Poligalakturonaz aktivitesi ham meyvede düşükken olgunluk ile aktivitede artış gözlenmiştir ve postklimakterik safhada en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Fakat olgunluk safhasında ani bir düşüş göstermiştir. Çalışmada poligalakturonaz enziminin aktivitesinin klimakterik yükselişe kadar düşük olduğu, klimakterik solunumun artışıyla yükseldiği ve daha sonra tekrar azaldığı belirtilmiştir (Prasanna *et al.* 2005).

Kayısı meyvesinde hasat sonrası olgunlaşma üzerine dışarıdan uygulanan propilenin pektin metilesteraz ve glikozidaz aktiviteleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, olgunlaşma süresince meyvenin pektin metilesteraz enzim aktivitesinde değişimler saptanmıştır. Pektin metilesteraz aktivitesinin hasat edilen meyvenin olgunlaşması süresince büyük oranda arttığı ve hasat sonrası dönemde ilk 10 gün boyunca meyve sertliğinin azaldığı rapor edilmiştir (Cardarelli *et al.* 2002).

Muz meyvesinde etilenin neden olduğu olgunlaşma boyunca hücre duvarı hidrolazlarının aktivitelerindeki değişimleri inceledikleri bir araştırmada etilen ile başlatılan olgunlaşmadan sonra 7 günlük bir dönemde pektin metilesteraz, poligalakturonaz aktivitelerinde değişimler saptanmıştır. İlk gün kabuk dokularında bulunan klorofil içeriğinin azaldığı, meyvenin 4. günde yenilebilir yumuşaklığa ulaştığı bildirilmiştir. Pektin metilesteraz aktivitesinin etilen uygulanmasından sonra hızlı bir artış gösterdiği rapor edilmiştir. Birinci günde pektin metilesteraz aktivitesindeki artışın

başlangıçtakine göre sekiz katı daha fazla olduğu, ikinci gündeki aktivitenin başlangıçtakine oranla yirmi yedi kat fazla olduğu bildirilmiştir. Üçüncü günden sonra tedrici olarak azalmaya başlayan pektin metilesteraz aktivitesinin yedinci günde başlangıçtaki seviyeye düştüğü bildirilmiştir. Poligalakturonaz aktivitesinin çalışma dönemi boyunca başlangıca oranla kademeli olarak arttığı, preklimakterik safhada yavaşça arttığı ve daha sonra ikinci günde (klimakterik safha) aniden artmaya başladığı belirtilmiştir. Poligalakturonaz maksimum aktivitesinin yedinci günde olduğu bildirilmiştir (Lohani *et al.* 2004).

Salisilik asit uygulamasının, armutta (Leslie and Romani 1986 ve 1988), havuç süspansiyon kültürlerinde (Roustan *et al.* 1990), elma ve armut disklerinde ve mung fasülyesi hipokotillerinde etilen üretiminin inhibe edildiği bildirilmiştir (Romani *et al.* 1989).

Bir başka çalışmada ise salisilik asit muamelesinin muz meyvesinin (*Musa acuminata*) olgunlaşmasını geciktirdiği gösterilmiştir. Meyve yumuşaması, kabuk oranı, indirgenmiş şeker içeriği ve solunum hızı, salisilik asit ile muamele gören meyvelerde kontrollerden daha düşük bulunmuştur. Hücre duvarını parçalayan enzimlerin faaliyetlerinin (selülaz, poligalakturonaz ve ksilanaz) salisilik asit varlığında azaldığı bulunmuştur (Srivastava and Dwivedi 2000).

Salisilik asitin (SA) eksojen uygulaması, hasat sonrası domates meyvelerinin olgunlaştırılması sırasında araştırılmıştır. Meyveler 0.5, 0.75 ve 1.0 mM SA'ya batırılmış ve 5-7 gün inkübe edilmiştir. Araştırmada, ağırlık kaybı yüzdesi, mineral içeriği (Ca, Zn ve Cu), klimakterik solunum ve etilen üretimi değerlendirilmiştir. SA (0,75 mM) daldırma işleminin, klimakterik solunum ve etilen biyosentezini bastırdığı ve domates meyvelerinin raf ömrünü yedi güne kadar arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca, kontrol ve diğer SA muamelelerine göre Ca, Zn ve Cu'nun optimum içeriği, ağırlık kaybı yüzdesi azalmış ve olgunlaşma sürecinin uzadığı bildirilmiştir (Kant and Arora 2014).

Son bulgular, bitki hormonlarının yanında, meyvelerin olgunlaşmasının kontrolünde etilenden bağımsız etkenlerin de bulunduğunu ortaya koymaktadır. Yakın zamanda, domates meyvesinin olgunlaşmasının bozulmasında bir ara düzenleyici olarak absisik asitin (ABA) merkezi bir rolü olduğu düşünülmektedir (Zhang *et al.* 2009; Su *et al.* 2015). Ayrıca ABA'nın doğrudan meyve pigmentasyonunda ve nutrasötik bileşiklerin birikiminde yer aldığı (Li *et al.* 2015) ve meyve olgunlaşması ile yaşlanmasında da önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Giovannoni 2001, 2004; Zhang *et al.* 2009a,b). Meyve olgunlaşması esnasında meyvelerdeki endojen ABA seviyelerindeki değişim, ABA'nın şeftali (Zhang *et al.* 2009a), avokado (Adato *et al.* 1976), domates (Sheng *et al.* 2008; Zhang *et al.* 2009b), muz (Lohani *et al.* 2004), elma (Buesa *et al.* 1994) gibi klimakterik meyvelerde olgunlaşma ve yaşlanmada kilit bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Yaban mersini (*Vaccinium darrowii*) ile ilgili yapılan bir çalışmada iki çeşit (Star ve Windsor) yaban mersininde ABA'nın iki konsantrasyonu (200 ve 400 ppm) uygulanmış ve ekzojen ABA uygulamasının yaban mersini olgunlaşmasını ertelediği bildirilmiştir (Buran *et al.* 2012).

Bir başka çalışmada ise ekzojen ABA uygulamasının yeşil yapraklı marulda klorofil miktarını artırdığı, kırmızı yapraklı marulda ise antosiyanin içeriğini artırdığı görülmüştür (Li *et al.* 2010). Üzüm meyvesinde ise dışsal ABA uygulamasının fenolik bileşiklerin içeriğini artırdığı ve antosiyanin biyosentezini uyardığı bulunmuştur (Sandhu *et al.* 2010). ABA'nın çilek ve liçi meyvesine ekzojen uygulanması ile antosiyanin birikimine neden olduğu gözlenmiştir (Jiangand and Joyce 2003; Wei *et al.* 2011).

Şeftali meyvesi (*Prunus persica laevis* L. Batsch) ile yapılan bir çalışmada birinci ve beşinci günlerde ABA (0.02 mM) uygulanmış ve sonuç olarak ABA'nın olgunlaşma ilerlemesine müdahale ederek fizyolojik aşamaya bağlı olarak daha az olgunlaşmış veya sert meyvelere yol açtığı bildirilmiştir (Soto *et al.* 2013).

Hem NO hem de etilen önemli sinyal molekülleridir. Birçok çalışma, etilen ve NO'nun bazı fizyolojik süreçlerde birlikte çalıştığını göstermektedir (Wojtaszek 2000; Garcia *et*

*al.* 2011; Del Rio *et al.* 2004). NO vericisi olan sodyum nitroprussid (SNP) ile hasat öncesi muamele yapılan elma meyvesinde etilen birikiminin geciktiği bildirilmiştir (Deng *et al.* 2013).

Likopen, domateste en fazla bulunan karotenoid olup, domateste bulunan pigmentlerin %80-90'nını oluşturmaktadır. Ancak, taze domateste likopen miktarının çeşide ve olgunluk durumuna göre değiştiği bilinmektedir (Omoni and Aluko 2005).

ABD'de domates olgunluk sınıflandırma standartlarına göre, 6 farklı olgunluk döneminde hasat edilen çiftlik domatesinin içerdiği 7 karotenoid (Phytoene, Phytofluene,  $\alpha$ -Karoten,  $\beta$ -Karoten, Z-Karoten,  $\Gamma$ -Karoten ve Likopen) araştırıldığında; yeşil olum (maturegreen) döneminde hasat edilen meyvelerde yapılan analizlerde likopene rastlanmazken,  $\beta$ -karoten  $1.17 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Olgunlaşmanın artması ile  $\beta$ -karoten ve likopen miktarı lineer olarak artmıştır. Kırmızı olum döneminde  $\beta$ -karoten  $2.5 \mu\text{g}$ , likopen ise  $82.8 \mu\text{g g}^{-1}$  düzeyinde bulunmuştur (Meredith and Purcell, 1966).

Giovanelli vd. (1999) dalında ve hasat sonrası olgunlaşan domateste antioksidan içeriği, likopen,  $\beta$ -karoten, askorbik asit ve toplam fenolikleri incelemiştir. Araştırmacılar, domatesleri renk değerlerine göre yedi farklı olgunluk döneminde hasat etmişlerdir. Olgunlaşma şartları, hem antioksidan içeriğindeki birikim hızını hem de, olgunlaşma sonundaki birikim miktarını etkilemiş, hasat sonundaki olgunlaşma aşamasında en yüksek değere ulaşılmıştır. Likopen birikiminin renk değişimi ile lineer bir ilişki içerisinde olmadığı ve olgunlaşmanın son döneminde daha fazla biriktiği belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise domatesin olgunluk dönemine göre likopen değerlerini belirlediklerinde, likopen içeriğinin olgunlaşma seviyesi ile korelatif bir ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir (Arias *et al.* 2000; Helyes *et al.* 2006).

Farklı hasat dönemlerinde hasat edilerek (yeşil, sarı turuncu renge dönme aşamasında, kırmızı) domates meyvelerinde çeşitli metabolitlerin değişiminin incelendiği pek çok çalışmada,  $\beta$ -karoten ve likopen miktarlarının olgunlaşmamış domateste düşük,

olgunlaşmış olanlarda ve özellikle kırmızı rengin artmasıyla birlikte yüksek oranlarda bulunduğu ortaya konmuştur (Kozukue and Friedman, 2003; Wold *et al.* 2004; Veazie *et al.* 2006; İlahy *et al.* 2011).



### 3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

#### 3.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Masa santrifüjü	: Hettich EBA 21
Soğutmalı santrifüj	: Hettich Micro 22 R
Spektrofotometre	: Shimadzu UVmini-1240
pH metre	: WTW unilab pH metre
Hassas terazi	: Shimadzu AY220
Buzdolabı	: Arçelik
Derin dondurucu (-30°C)	: Arçelik
Derin dondurucu (-80°C)	: Nuaire
Karıştırıcı	: Fisons Whirlimixer
Otomatik pipetler	: Nichipet EX ve Socorex
Çalkalayıcı	: Gallenkamp
Manyetik karıştırıcı	: Chiltern HS31
Sıcak su banyosu	: Wise Bath
Soğuk su banyosu	: Huber Polystat CC1
Multiscan	: Multiscan GO

#### 3.2. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları

Araştırma süresince kullanılan çözeltilerin kullanıldığı yerler ve hazırlanış biçimleri aşağıda verilmiştir. Çalışmalarımızda kullanılan kimyasal maddeler Sigma ve Fuluka'dan temin edilmiştir.

1. %0.5 pektin çözeltisi: 0.5 g pektin yaklaşık 80 mL saf su içerisinde hafif ısıtılarak (40°C) ve sürekli karıştırılarak 2 N NaOH ile pH: 7.5'e kadar titre edilerek hazırlanır. Son hacim 100 mL'ye tamamlanır. Bu çözelti 4°C'de 7 gün saklanabilir.

2. 0.003 M  $K_2HPO_4$ , pH: 7.5 (Pektin metilesteraz enzim aktivitesi ölçümünde kullanılan tampon): 0.046 g  $K_2HPO_4$ , 80 mL saf suda çözülmüş ve pH: 7.5'e ayarlandıktan sonra toplam hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.
3. %0.01'lik brom timol mavisi: 0.01 g indikatör boya, 16 mL 0.1 N NaOH içerisinde çözüldükten sonra su ile hacmi 100 mL'ye tamamlanmıştır.
4. 250 mL %8.8'lik NaCl çözeltisi (Pektin metilesteraz enzim aktivitesinde ekstraksiyon tampon): 22 g NaCl 240 mL saf suda çözülerek üzeri 250 mL'ye tamamlanmıştır.
5. 2 M NaOH çözeltisi: 8 g NaOH 80 mL saf suda çözülmüş ve son hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.
6. 200 mM Na Asetat tamponu: 2.72 g Na Asetat 80 mL saf suda çözülmüş, pH: 4.5'e ayarlandıktan sonra toplam hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.
7. %7.5 NaCl ve %1 PVP (polyvinylpirrolidon) içeren Na-asetat tamponu: 0.68 g Na Asetat 80 mL saf suda çözülmüş, pH: 4.5'e ayarlandıktan sonra 0.5 g PVP ilave edilerek hacmi saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.
8. DNS (Dinitrosalisilik asit) indikatörü: 1 g DNS 50 mL saf suda çözülmüş üzerine 30 g Na-K tartarat yavaş yavaş katılmış ve çözülmüştür. Karışım üzerine 1.6 g NaOH eklenerek son hacim saf suyla 100 mL'ye tamamlanmıştır.
9. 0.01 mM salisilik asit çözeltisi: 0.001381 g salisilik asit 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 6.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır.
10. 0.1 mM salisilik asit çözeltisi: 0.01381 g salisilik asit 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 6.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır.
11. 1 mM salisilik asit çözeltisi: 0.1381 g salisilik asit 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 6.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır.
12. 5 mM salisilik asit çözeltisi: 0.691 g salisilik asit 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 6.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır.
13. 100  $\mu$ M SNP çözeltisi: 0.0297 g SNP 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 7.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Bu çözelti SNP nin diğer konsantrasyonları için stok çözelti olarak kullanılmıştır.
14. 1  $\mu$ M SNP çözeltisi: stok çözeltiden 10 mL alınmış üzerine 990 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.
15. 0.1  $\mu$ M SNP çözeltisi: stok çözeltiden 1 mL alınmış üzerine 999 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.

16. 100 µM ABA çözeltisi: 0.0264 g ABA 900 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 7.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Bu çözelti ABA'nın diğer konsantrasyonları için stok çözelti olarak kullanılmıştır.
17. 10 µM ABA çözeltisi: stok çözeltden 100 mL alınmış üzerine 900 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.
18. 0.1 µM ABA çözeltisi: stok çözeltden 1 mL alınmış üzerine 999 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.
19. 100 µM 24-epibrassinolid (EBL) çözeltisi: 0.0481 g EBL 900 mL saf suda çözülmüş 1 N NaOH ile pH: 7.5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Bu çözelti EBL'nin diğer konsantrasyonları için stok çözelti olarak kullanılmıştır.
20. 1 µM EBL çözeltisi: stok çözeltden 10 mL alınmış üzerine 990 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.
21. 0.1 µM EBL çözeltisi: stok çözeltden 1 mL alınmış üzerine 999 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.
22. 0.001 µM EBL çözeltisi: stok çözeltden 0.01 mL alınmış üzerine 999.9 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır.

### 3.3. Yöntemler

#### 3.3.1. Araştırma materyali ve uygulamalar

Bu araştırmada kullanılan domates (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Kayra) meyveleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü seralarının bulunduğu domates bahçesinden temin edilmiştir. Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri sera görevlisi araştırmacı ile birlikte takip edilmiştir. Serada, çalışmada kullanılan domates meyvelerine ait örnekler 3 farklı dönemden alınmıştır (Wang *et al.* 2011). Bunlar henüz olgunlaşmanın başlangıcında olan açık yeşil renkli ancak meyve tabanında ilk sararmanın olduğu aşama (ilk olgunluk), olgunlaşma evresinin ortasında olan tam sarı-turuncu renkli meyveler (orta olgunluk) ve tam olgunlaşmanın gerçekleştiği kırmızı renkteki meyveler (son olgunluk) olmak üzere üç gruptur. Çalışmamızda meyvelere

uygulanan bileşiklerin konsantrasyonları literatür bilgileri ve yapılan ön deneme çalışmalarına göre belirlenmiştir. Buna göre çalışmamızda, bir NO donörü olan SNP'nin 0.1, 1 ve 100  $\mu\text{M}$ ; EBL'nin 0.001, 0.1 ve 1  $\mu\text{M}$ ; SA'nın 0.01, 0.1, 1 ve 5 mM; ABA'nın ise 0.1, 1 ve 100  $\mu\text{M}$  konsantrasyonları tercih edilmiştir. Sera bahçesinden fiziksel olarak sağlam, eşit büyüklükte uniform meyveler hasat edilir edilmez laboratuvara getirilmiştir. Sonra her olgunluk aşamasındaki meyveler, kullanımdan önce 2 dakika %2 (v/v) sodyum hipoklorit ile yüzeysel olarak dezenfekte edilmiş, musluk suyu ile durulanmış ve kurutulmuştur (Wang *et al.* 2011). Çalışılan bileşiklerin (SNP, EBL, SA ve ABA) konsantrasyonları bir atomizer ile meyve üzerine püskürtülmüş ve meyvelerin yüzeylerindeki ıslaklığın kuruması beklenmiştir. Püskürtme işlemi meyve yüzeyinin tamamen ıslanması sağlanıncaya kadar yapılmıştır. Yüzeyleri kuruyan meyveler 1, 3 ve 5 gün boyunca ortam sıcaklığı 25°C ve nem oranı %75 olan karanlık şartlarda inkübe edilmiştir (Hasat sonrası geçen zaman taklit edilmiştir). Kontrol grubu meyvelere aynı oranda saf su püskürtülmüştür. Her bir sürenin sonunda, o gruba ait meyveler alınmış ve biyokimyasal analizler için -80°C koşullarında saklanmıştır. Her bir grupta 6 adet meyve kullanılmıştır.

### **3.3.2. Enzim aktivitesi tayinleri**

#### **3.3.2.a. Pektin metilesteraz enzim ekstraksiyonu**

Çalışmada, derin dondurucuda (-80°C) muhafaza edilen domates numunelerinden 2.5 g örnek alınmıştır. Örnekler 10 mL, %8.8 NaCl, 20 mM Sistein, 20 mM EDTA ve %0.05 Triton X-100 içeren 20 mM Tris-HCL ekstraksiyon tamponunda homojenize edilmiştir. Homojenat 1 saat 4°C'de hafif karıştırılarak bekletilmiştir. Daha sonra karışım 12000xg'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Örneklerin süpernatant kısımları 2 N NaOH ile pH: 7.5'e ayarlanarak enzim kaynağı olarak kullanılmıştır.

### 3.3.2.b. Pektin metilesteraz aktivite tayini

Pektin metilesteraz (PME) aktivitesi Hangermann ve Austin'e (1986) göre belirlenmiştir. Bunun için 2 mL %0.05'lik pektin çözeltisi, 0.1 mL %0.01'lik Brom timol mavisi ve 0.2 mL saf sudan oluşan reaksiyon karışımı 3 mL cam küvet içerisinde hazırlanmıştır. Bu karışıma 50 µL enzim özütü eklendikten sonra 545 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Absorbans düşüşü 1 dk aralıklarla 5 dk boyunca kaydedilmiştir. Sonra 0. ve 5. dk'daki lineer absorbans farkına göre pektin metilesteraz aktivitesi hesaplanmıştır.

PME aktivitesinin bir ünitesi için 1 dakika içinde 545 nm absorpsiyondaki 0.001'lik bir düşüş 1 enzim ünitesi (EU) olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar EU/mg taze doku olarak sunulmuştur.

### 3.3.2.c. Poligalakturonaz enzim ekstraksiyonu

Çalışmamızda -80°C'de dondurulmuş olan domates numunelerinden 2.5 g örnek alınıp sıvı azotta homojenize edilmiş ve üzerine 4 mL Na-asetat ekstraksiyon tamponu (pH: 4.5) ilave edilmiştir. Homojenat 1 saat 4°C'de hafif karıştırılarak bekletilmiştir. Daha sonra karışım 12000xg'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant alınarak enzim kaynağı olarak kullanılmıştır.

### 3.3.2.d. Poligalakturonaz aktivite tayini

Poligalakturonaz (PG) aktivitesi Nelson ve Somogyi (1952)'ye göre belirlenmiştir. Bunun için 0.2 mL 200 mM Na-asetat, 0.1 mL 200 mM NaCl, 0.1 mL supernatant ve 0.3 mL distile su içeren reaksiyon karışımı hazırlanmıştır. Bu karışıma 0.3 mL %1'lik poligalakturonik asit eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 37°C'de 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda karışım içerisine 1 mL %1'lik dinitrosalisilik asit (DNS) eklenmiştir. Karışım 5 dk kaynar su banyosunda tutulmuş ve karışım üzerine 8 mL saf

su eklenerek reaksiyon sonlandırılmıştır. Sonra 540 nm’de absorbans ölçümü yapılmıştır.

PG aktivitesinin bir ünitesi için 1 dakika içinde 540 nm absorpsiyondaki 0.001’lik bir düşüş, 1 enzim ünitesi (EU) olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar EU/mg taze doku olarak sunulmuştur.

### 3.3.3. Likopen tayini

Domates meyvelerinde likopen tayini, Muzolf-Panek *et al.* (2017)’de sunulan yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için -80°C’de dondurulmuş olan domates numunelerinden 2.5 g örnek alınıp sıvı azotta ezilerek üzerine 5 mL Hekzan: Aseton: Etanol (2:1:1) ekstraksiyon çözeltisi ilave edilmiş ve iyice homojenize edilmiştir. Karışım üzerine 1 mL saf su eklenip tekrar iyice karıştırılmıştır. Karışımda faz ayrılması olması için yaklaşık 10-20 dk beklenmiş ve karışımın hekzan fazının 503 nm’de absorbans ölçümü yapılmıştır. Kör olarak hekzan kullanılmıştır. Bütün işlemler loş ışık altında yapılmış ve bütün kimyasal karışımlar alüminyum folyo sarılı tüplerde gerçekleştirilmiştir.

Likopen içeriğinin hesaplanması:

Likopen (mg/kg taze ağırlık) =  $A_{503} \times 0.0312 / \text{kg doku} = A_{503} \times 31.2 / \text{g taze doku}$  (Fish *et al.* 2002).

### 3.4. İstatistik Analizi

Tez içerisinde sunulan sonuçlarda, istatistik anlamlılık analizleri için Duncan’ın çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır ( $P < 0.05$ ). Sonuçların analizi altı bağımsız deneyden elde edilen verilerin SPSS 15.0 paket programı kullanılarak ortalamalarının karşılaştırmalarına göre yapılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde ilk, orta ve son olgunluk aşamasındaki domates meyvelerine uygulanan farklı konsantrasyonlardaki SNP (NO donörü olarak), EBL, SA ve ABA'nın meyvelerde PME (pektin metilesteraz) ve PG (poligalakturonaz) enzim aktiviteleri ile likopen içeriği üzerindeki etkilerine ait bulgular verilmiştir. Elde edilen bulgular çizelgelerde ayrıntılı olarak belirtilmiş, ayrıca farklı yaklaşımların ve değerlendirmelerin yapılabilmesi için şekillerle de sunulmuştur.

##### 4.1. PME Aktivitesi Üzerinde SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri

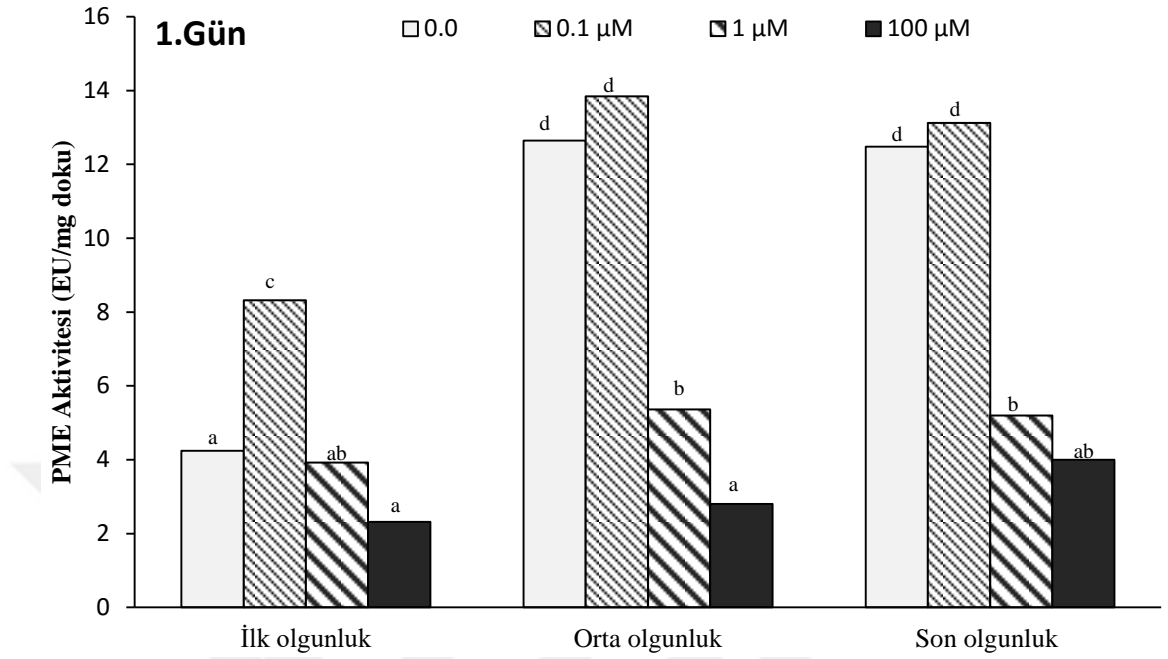
###### 4.1.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasına ait bulgular

Farklı konsantrasyonlarda (0.1, 1 ve 100  $\mu$ M) SNP uygulaması sonucu 1, 3 ve 5 gün bekletilen domates meyvelerine ait PME enzim aktivitesi üzerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Uygulamadan sonra, 1. günde 0.1  $\mu$ M SNP uygulaması orta ve son olgunlukta PME enzim aktivitesinde önemli bir değişikliğe neden olmazken ( $p>0.05$ ), 1 ve 100  $\mu$ M SNP uygulamaları PME aktivitesinde kontrole göre önemli bir düşüşe sebep olmuştur (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Uygulamadan sonra 3. günde 0.1  $\mu$ M SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde PME aktivitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir. Ancak özellikle 100  $\mu$ M SNP uygulamasının PME aktivitesi üzerinde kontrol grubuna göre önemli derecede bir düşüşe neden olduğu ( $p<0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.2). Uygulamadan sonra 5. günde ise SNP uygulamalarının orta olgunlukta meyvelerde PME aktivitesi üzerinde kontrole göre önemli bir etki göstermezken, son olgunlukta meyvelerde 0.1, 1 ve 100  $\mu$ M SNP uygulamalarının PME aktivitesi üzerinde kontrole göre önemli bir düşüşe neden olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.1, Şekil 4.3).

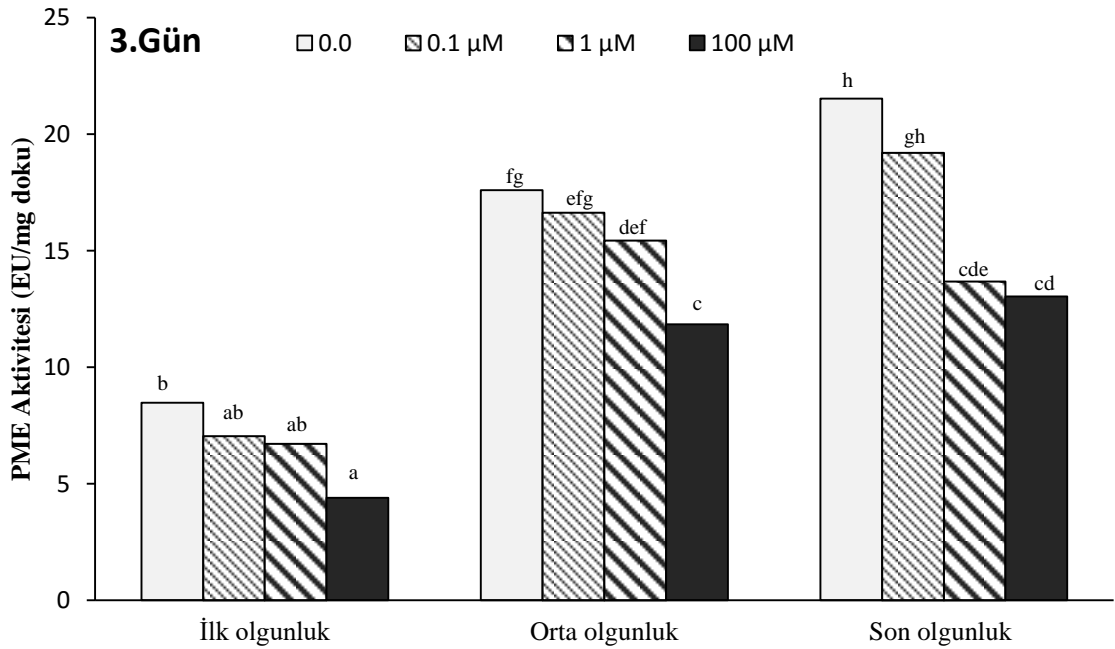
**Çizelge 4.1.** SNP uygulamasının (NO donörü olarak) domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

Olgunluk	SNP (µM)	1. gün Abs	PME (EU/mg doku)	3. gün Abs	PME (EU/mg doku)	5. gün Abs	PME (EU/mg doku)
İlk	0.0	0.053±0.005 <sup>a</sup>	4.24	0.106±0.0080 <sup>b</sup>	8.48	0.087±0.0010 <sup>b</sup>	6.96
	0.1	0.104±0.001 <sup>c</sup>	8.32	0.088±0.0048 <sup>ab</sup>	7.04	0.066±0.0152 <sup>a</sup>	5.28
	1	0.049±0.003 <sup>ab</sup>	3.92	0.084±0.0006 <sup>ab</sup>	6.72	0.059±0.0003 <sup>a</sup>	4.72
	100	0.029±0.008 <sup>a</sup>	2.32	0.055±0.0048 <sup>a</sup>	4.40	0.075±0.0023 <sup>ab</sup>	6.00
Orta	0.0	0.158±0.0153 <sup>d</sup>	12.64	0.220±0.0187 <sup>fg</sup>	17.60	0.192±0.0012 <sup>cd</sup>	15.38
	0.1	0.173±0.0151 <sup>d</sup>	13.84	0.208±0.0176 <sup>efg</sup>	16.64	0.174±0.0058 <sup>cd</sup>	13.92
	1	0.067±0.0115 <sup>b</sup>	5.36	0.193±0.0186 <sup>def</sup>	15.44	0.195±0.0003 <sup>cd</sup>	15.6
	100	0.035±0.0003 <sup>a</sup>	2.8	0.148±0.0140 <sup>c</sup>	11.84	0.192±0.0001 <sup>cd</sup>	15.36
Son	0.0	0.156±0.0006 <sup>d</sup>	12.48	0.269±0.0243 <sup>h</sup>	21.52	0.289±0.0036 <sup>f</sup>	23.12
	0.1	0.164±0.0027 <sup>d</sup>	13.12	0.240±0.0034 <sup>gh</sup>	19.20	0.225±0.0003 <sup>e</sup>	18.00
	1	0.065±0.0065 <sup>b</sup>	5.20	0.171±0.0144 <sup>cde</sup>	13.68	0.206±0.0045 <sup>de</sup>	16.48
	100	0.050±0.0078 <sup>ab</sup>	4.00	0.163±0.0155 <sup>cd</sup>	13.04	0.197±0.0162 <sup>d</sup>	15.76

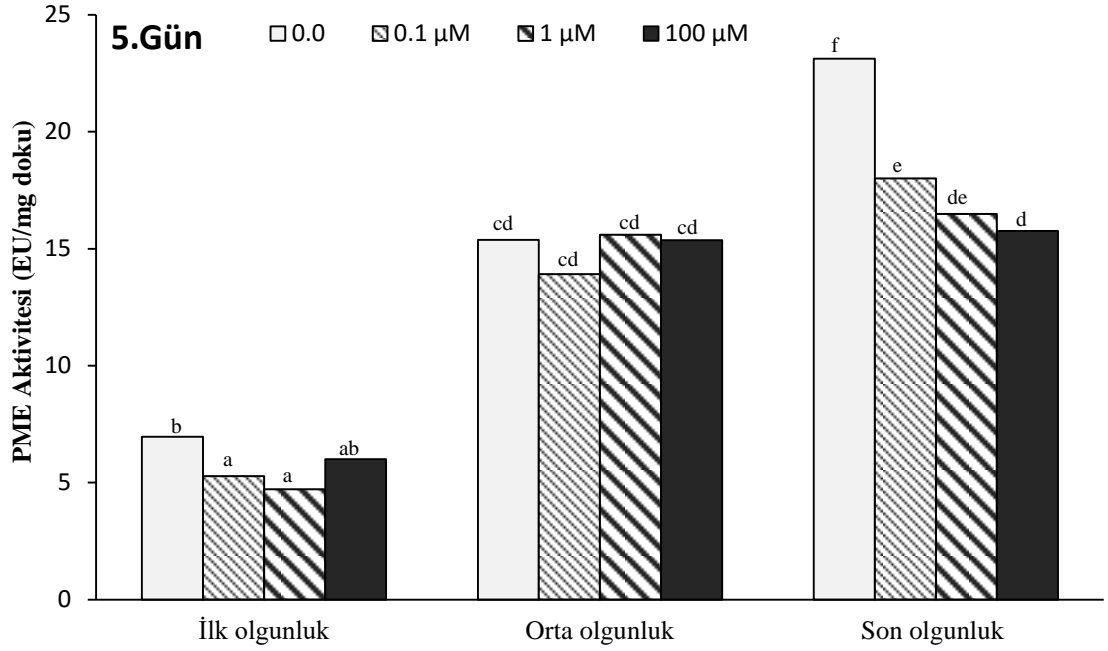
Bir sütündeki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre (p>0.05) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir.  
Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.1.** SNP uygulamasının (NO donörü olarak) ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.2.** SNP uygulamasının (NO donörü olarak) ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.3.** SNP uygulamasının (NO donörü olarak) ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri

#### 4.1.2. EBL uygulamasına ait bulgular

Farklı konsantrasyonlarda (0.001, 0.1 ve 1 µM) EBL uygulaması 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvelerine ait PME enzim aktivitesinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Uygulamadan 1. gün sonunda; ilk, orta ve son olgunlukta 0.1 ve 1 µM EBL uygulaması PME aktivitesini, kontrole göre düşürmüştür ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.2). Ayrıca ilk, orta ve son olgunlukta meyvelere uygulanan 1 µM EBL uygulaması PME aktivitesi üzerinde en fazla inhibe edici etki göstermiştir (Şekil 4.4). 1 µM EBL uygulamasını 0.1 ve 0.001 µM EBL uygulamaları takip etmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, EBL uygulamasının kontrol gruplarına göre PME aktivitesini inhibe ettiği söylenebilir. Uygulamadan sonra 3. gün verilerinde ise; ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde PME aktivitesi üzerinde 0.1 ve 1 µM EBL uygulamalarının istatistiki olarak en önemli azaltıcı etkiyi gösterdiği belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ) ve 1 µM EBL uygulaması kontrol gruplarına göre enzim aktivitesini düşürücü etki göstermiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.5). Uygulamadan sonra 5. gün sonunda ise ilk, orta ve son

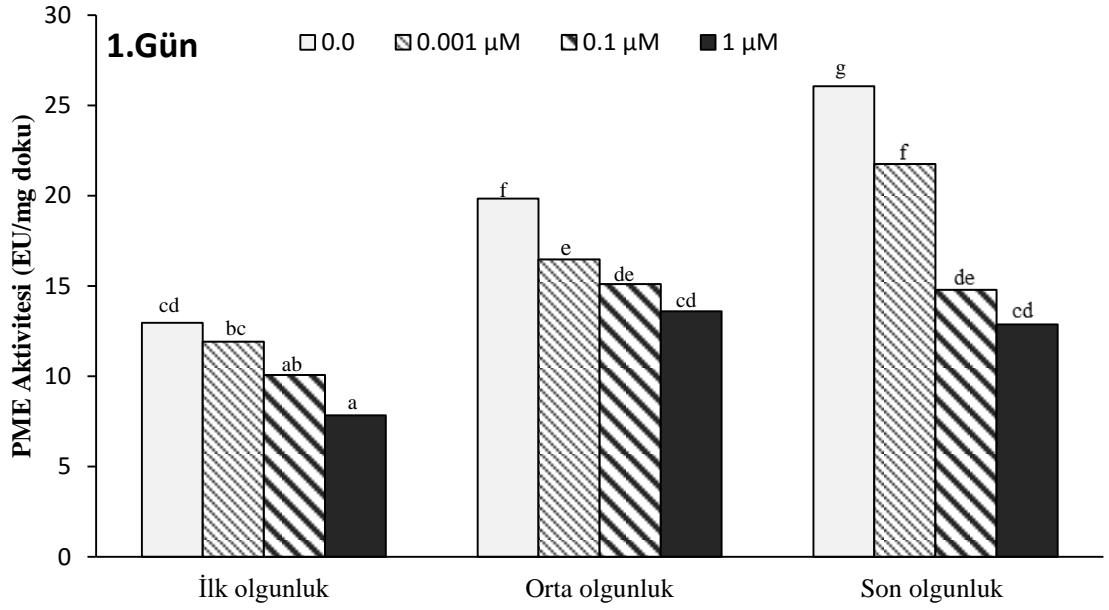
olgunluktaki meyvelerde 0.001, 0.1 ve 1  $\mu$ M EBL uygulamalarının hepsi aktiviteyi dűűűrmede etkili olmuűtur ( $p<0.05$ ) (űekil 4.6).



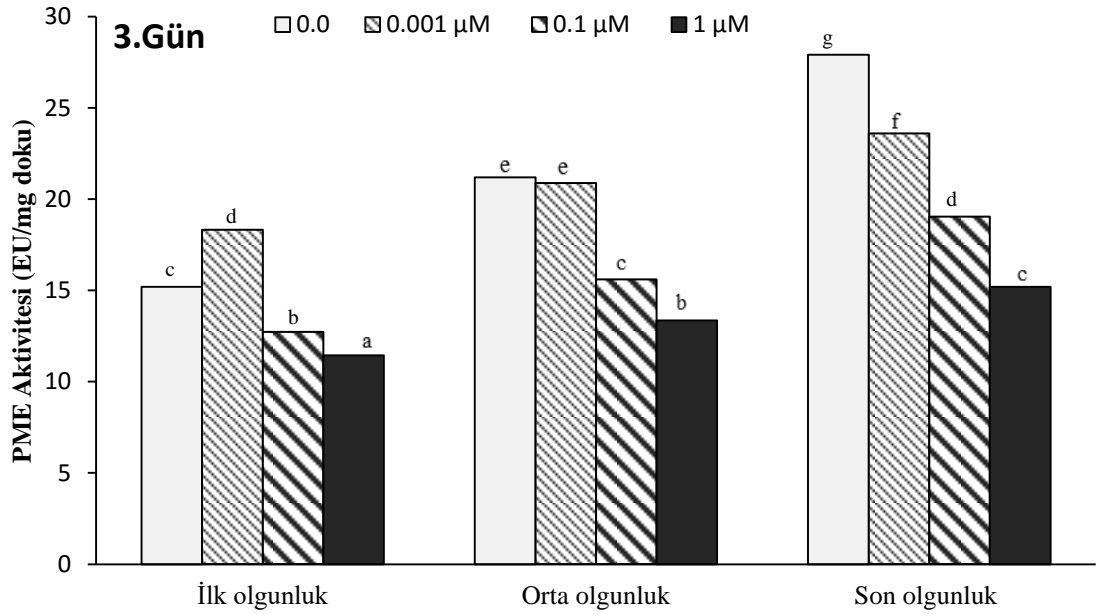
**Çizelge 4.2.** EBL uygulamasının domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>EBL (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>PME (EU/mg doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>PME (EU/mg doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>PME (EU/mg doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	0.162±0.019 <sup>cd</sup>	12.96	0.190±0.0003 <sup>c</sup>	15.20	0.190±0.0003 <sup>d</sup>	15.20
	0.001	0.149±0.001 <sup>bc</sup>	11.92	0.229±0.0133 <sup>d</sup>	18.32	0.063±0.0270 <sup>a</sup>	5.04
	0.1	0.126±0.013 <sup>ab</sup>	10.08	0.159±0.0037 <sup>b</sup>	12.72	0.076±0.0038 <sup>a</sup>	6.08
	1	0.098±0.014 <sup>a</sup>	7.84	0.143±0.0010 <sup>a</sup>	11.44	0.080±0.0020 <sup>a</sup>	6.40
<b>Orta</b>	0.0	0.248±0.002 <sup>f</sup>	19.84	0.265±0.0018 <sup>e</sup>	21.20	0.224±0.0005 <sup>e</sup>	17.92
	0.001	0.206±0.001 <sup>e</sup>	16.48	0.261±0.0010 <sup>e</sup>	20.88	0.122±0.0020 <sup>b</sup>	9.76
	0.1	0.189±0.001 <sup>de</sup>	15.12	0.195±0.0010 <sup>c</sup>	15.60	0.115±0.0001 <sup>b</sup>	9.20
	1	0.170±0.001 <sup>cd</sup>	13.60	0.167±0.0054 <sup>b</sup>	13.36	0.107±0.0012 <sup>b</sup>	8.56
<b>Son</b>	0.0	0.326±0.002 <sup>g</sup>	26.08	0.349±0.0018 <sup>g</sup>	27.92	0.273±0.0012 <sup>f</sup>	21.84
	0.001	0.272±0.021 <sup>f</sup>	21.76	0.295±0.0153 <sup>f</sup>	23.60	0.205±0.0003 <sup>de</sup>	16.40
	0.1	0.185±0.001 <sup>de</sup>	14.80	0.238±0.0005 <sup>d</sup>	19.04	0.164±0.0055 <sup>c</sup>	13.12
	1	0.161±0.002 <sup>cd</sup>	12.88	0.190±0.0003 <sup>c</sup>	15.20	0.129±0.0008 <sup>b</sup>	10.32

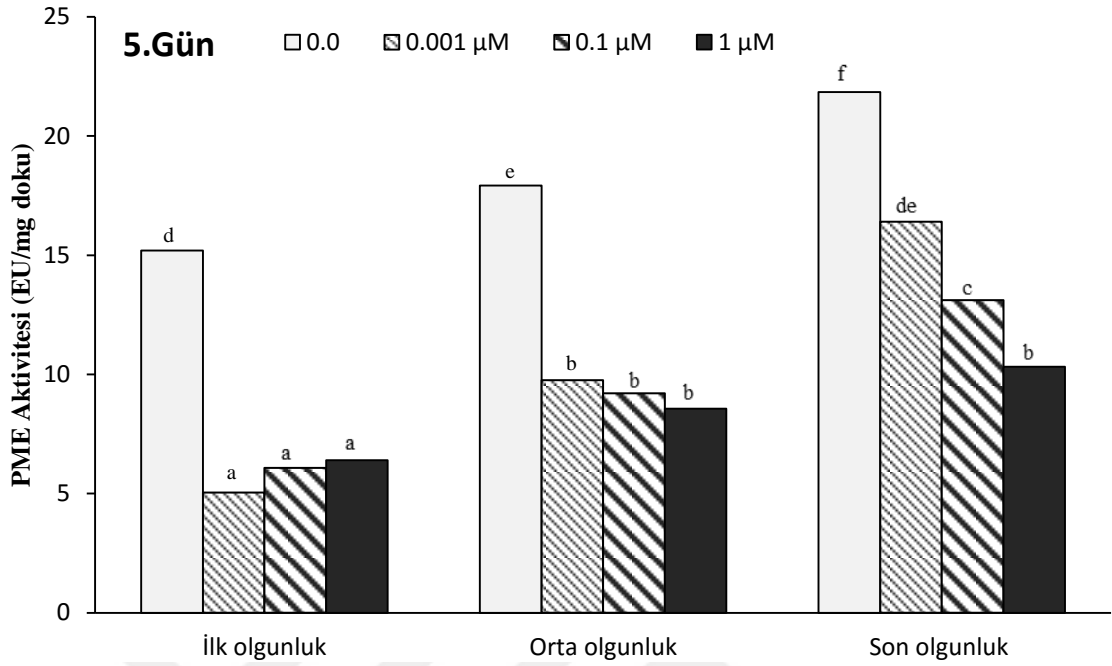
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir.  
Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.4.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.5.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.6.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri

#### 4.1.3. SA uygulamasına ait bulgular

İlk, orta ve son olgunluktaki meyvelere farklı seviyelerde (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) SA uygulamasından sonra 1, 3 ve 5 gün bekletilen meyvelerde PME enzim aktivitesine ait bulgular çizelge (Çizelge 4.3) ve grafiklerle (Şekil 4.7-9) sunulmuştur. Uygulamadan sonra 1. günde, ilk olgunluk aşamasında SA uygulamaları (5 mM hariç) PME aktivitesini, kontrol grubuna göre arttırırken, orta olgunlukta 0.01 ve 0.1 mM SA uygulaması arttırmıştır ( $p < 0.05$ ). Bu uygulamaları 1 ve 5 mM takip etmiştir. Son olgunluktaki meyvelerde ise 0.1 mM SA PME aktivitesini istatistiki olarak önemli oranda düşürmüştür (Çizelge 4.3, Şekil 4.7). Uygulamadan sonra 3. gün sonuçlarında ise ilk olgunlukta SA uygulamaları PME aktivitesini düşürmede önemli etki gösterememiştir aksine arttırmıştır ( $p > 0.05$ ). Orta olgunluktaki meyvelerde özellikle 1 ve 5 mM SA uygulamalarının PME aktivitesini düşürmede önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 0.1 ve 0.01 mM uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.8). SA uygulamalarının 5. gün de ilk ve son olgunluktaki meyvelerde olgunlaşmada etkili olan PME enzimi üzerinde istatistiki olarak önemli

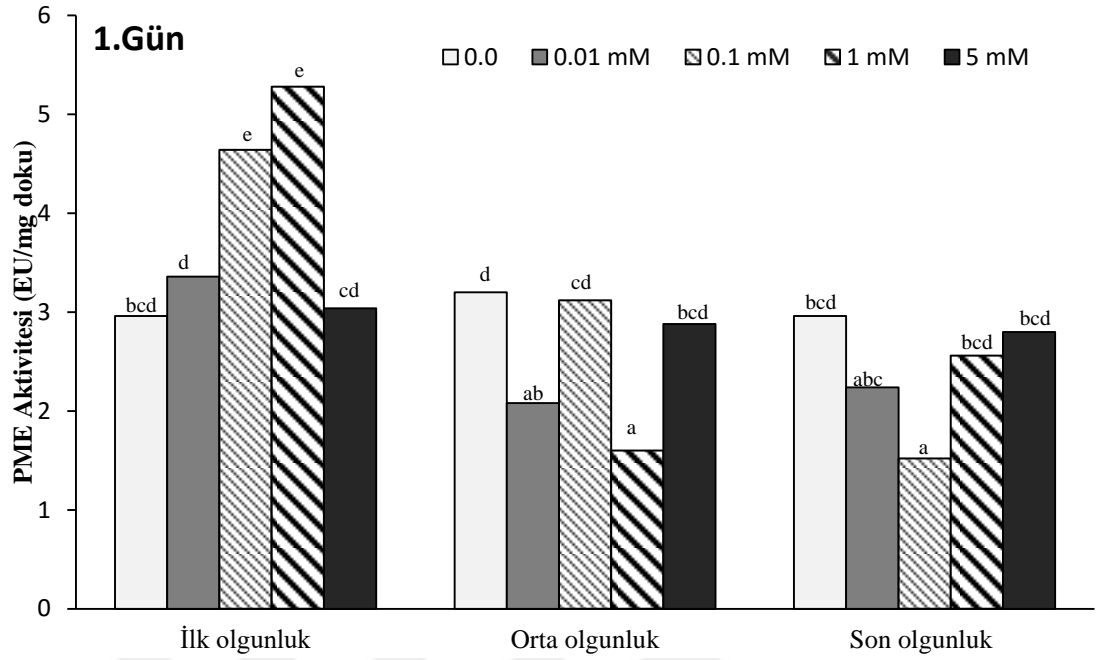
oranda azalttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). İlk olgunlukta 0.01, 1 ve 5 mM uygulamalarının PME enzimi üzerinde kontrol grubuna göre önemli derecede düşürücü etki gösterdiği gözlenmiştir. 1 ve 5 mM SA uygulamaları orta olgunlukta PME aktivitesini düşürürken, son olgunlukta SA uygulamalarının hepsi aktiviteyi düşürmüştür (Çizelge 4.3, Şekil 4.9)



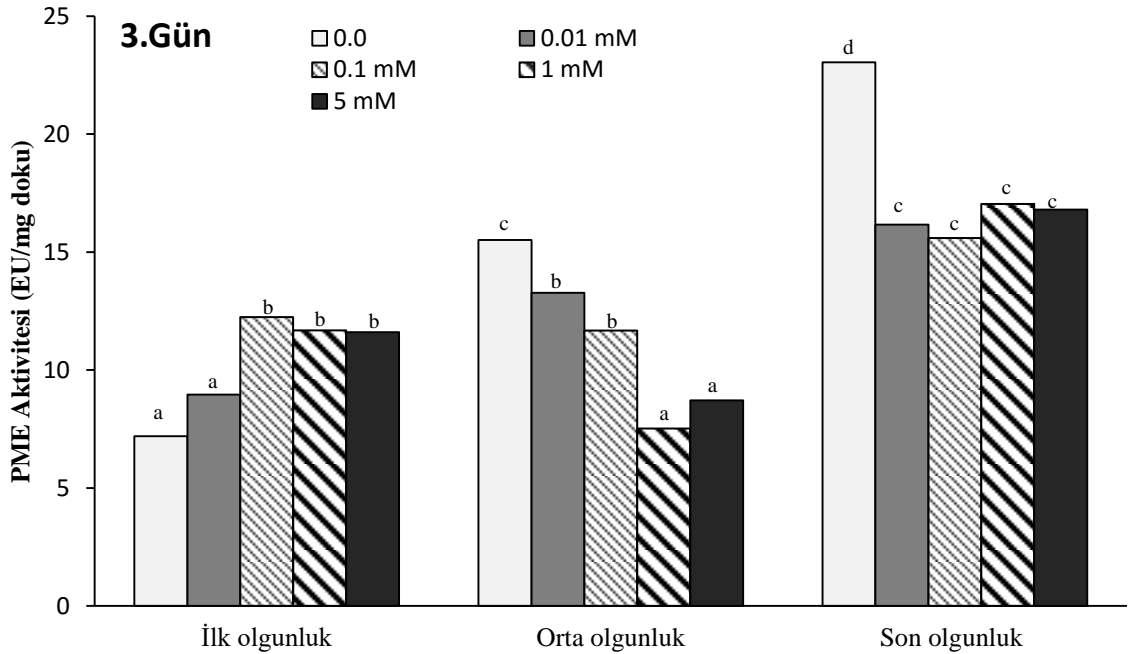
**Çizelge 4.3.** SA uygulamasının domates meyvelerinde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

Olgunluk	SA (mM)	1. gün Abs	PME (EU/mg doku)	3. gün Abs	PME (EU/mg doku)	5. gün Abs	PME (EU/mg doku)
İlk	0.0	0.037±0.0021 <sup>bcd</sup>	2.96	0.090±0.0052 <sup>a</sup>	7.20	0.173±0.0008 <sup>ab</sup>	13.84
	0.01	0.042±0.0026 <sup>d</sup>	3.36	0.112±0.0078 <sup>a</sup>	8.96	0.103±0.0005 <sup>a</sup>	8.24
	0.1	0.058±0.0008 <sup>e</sup>	4.64	0.153±0.0092 <sup>b</sup>	12.24	0.125±0.0008 <sup>d</sup>	10.00
	1	0.066±0.0034 <sup>e</sup>	5.28	0.146±0.0207 <sup>b</sup>	11.68	0.094±0.0006 <sup>a</sup>	7.52
	5	0.038±0.0029 <sup>cd</sup>	3.04	0.145±0.0045 <sup>b</sup>	11.6	0.082±0.0009 <sup>a</sup>	6.65
Orta	0.0	0.040±0.0087 <sup>d</sup>	3.20	0.194±0.0041 <sup>c</sup>	15.52	0.165±0.0003 <sup>f</sup>	13.20
	0.01	0.026±0.0023 <sup>ab</sup>	2.08	0.166±0.0018 <sup>b</sup>	13.28	0.182±0.0009 <sup>g</sup>	14.56
	0.1	0.039±0.0037 <sup>cd</sup>	3.12	0.146±0.0037 <sup>b</sup>	11.68	0.179±0.0006 <sup>g</sup>	14.32
	1	0.020±0.0018 <sup>a</sup>	1.60	0.094±0.0023 <sup>a</sup>	7.52	0.156±0.0011 <sup>e</sup>	12.48
	5	0.036±0.0045 <sup>bcd</sup>	2.88	0.109±0.0054 <sup>a</sup>	8.72	0.152±0.0006 <sup>e</sup>	12.66
Son	0.0	0.037±0.0005 <sup>bcd</sup>	2.96	0.288±0.0052 <sup>d</sup>	23.04	0.275±0.0067 <sup>l</sup>	22.00
	0.01	0.028±0.0029 <sup>abc</sup>	2.24	0.202±0.0075 <sup>c</sup>	16.16	0.266±0.0046 <sup>k</sup>	21.28
	0.1	0.019±0.0006 <sup>a</sup>	1.52	0.195±0.0043 <sup>c</sup>	15.6	0.246±0.0024 <sup>j</sup>	19.68
	1	0.032±0.0016 <sup>bcd</sup>	2.56	0.213±0.0029 <sup>c</sup>	17.04	0.205±0.0017 <sup>h</sup>	16.40
	5	0.035±0.0025 <sup>bcd</sup>	2.80	0.210±0.0011 <sup>c</sup>	16.80	0.217±0.0018 <sup>i</sup>	17.36

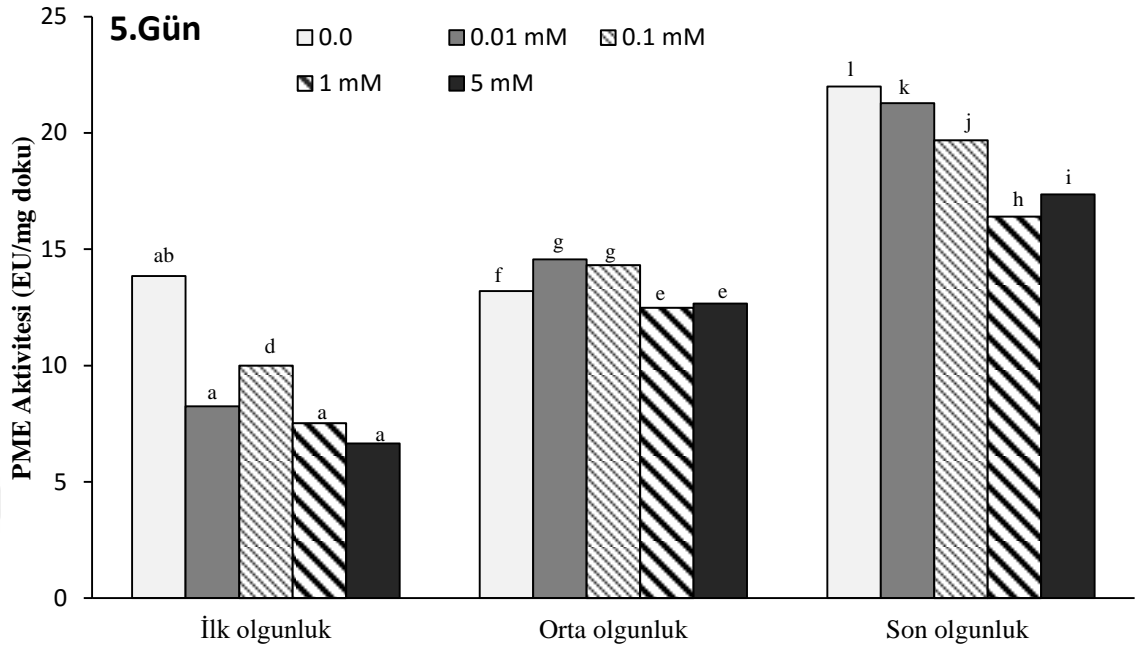
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir. Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.7.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.8.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.9.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri

#### 4.1.4. ABA uygulamasına ait bulgular

Domates meyvelerine ABA (0.1, 10 ve 100  $\mu\text{M}$ ) uygulandıktan sonra 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen meyvelerde PME aktivitesinde önemli sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Uygulamadan sonra 1. gün ABA uygulamaları ilk olgunlukta PME aktivitesi üzerinde, orta ve son olgunluk aşamasında ise ABA'nın düşük konsantrasyonu (0.1) PME aktivitesi üzerinde kontrol grubuna göre önemli etki yapmazken, daha yüksek ABA (10 ve 100  $\mu\text{M}$ ) uygulamaları PME aktivitesini düşürmüştür (Şekil 4.10). Uygulamadan sonraki 3. Gün de ise üç olgunluk aşamasında da 0.1  $\mu\text{M}$  ABA PME aktivitesini arttırırken, 10 ve 100  $\mu\text{M}$  ABA uygulaması aktiviteyi önemli derecede düşürmüştür (Şelik 4.11). Uygulamadan sonra 5. gün sonuçlarına bakıldığında ise özellikle orta ve son olgunlukta meyvelerde 10 ve 100  $\mu\text{M}$  ABA uygulamaları PME aktivitesini düşürmede istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.4, Şekil 4.12). Bu verilere göre, düşük konsantrasyonlarda ABA uygulamasının olgunlaşmada etkili olan PME aktivitesi üzerinde aktiviteyi arttırma yönünde bir etki

yönünde bir etki gösterirken, yüksek konsantrasyonlardaki uygulamaların PME aktivitesini inhibe edici yönde etki gösterdiği belirlenmiştir.

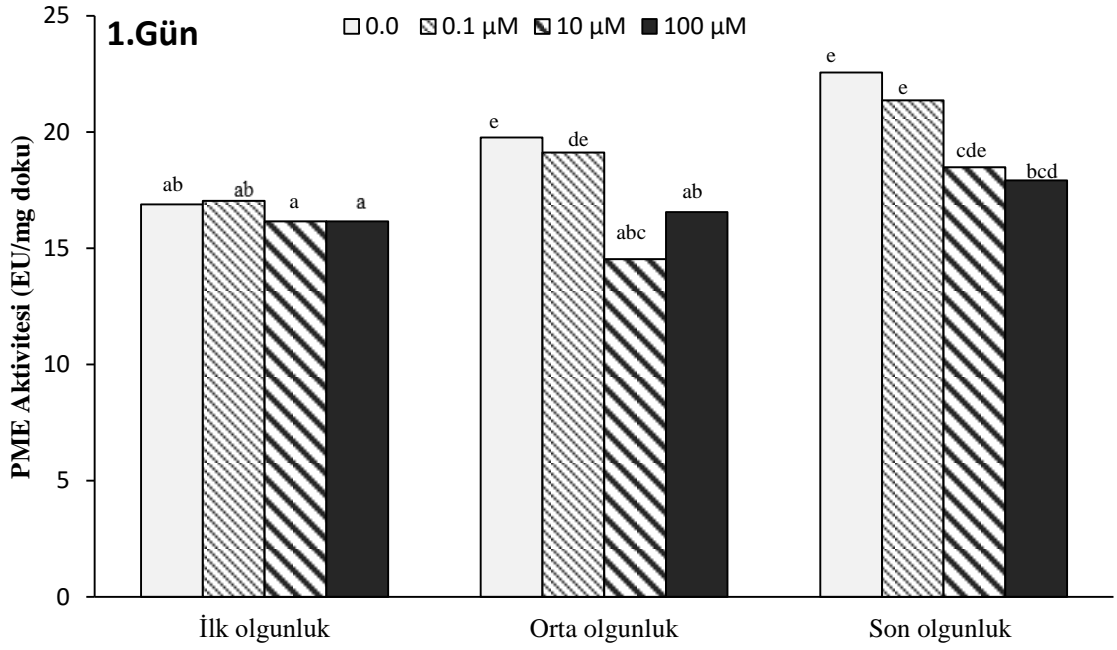


**Çizelge 4.4.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PME aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

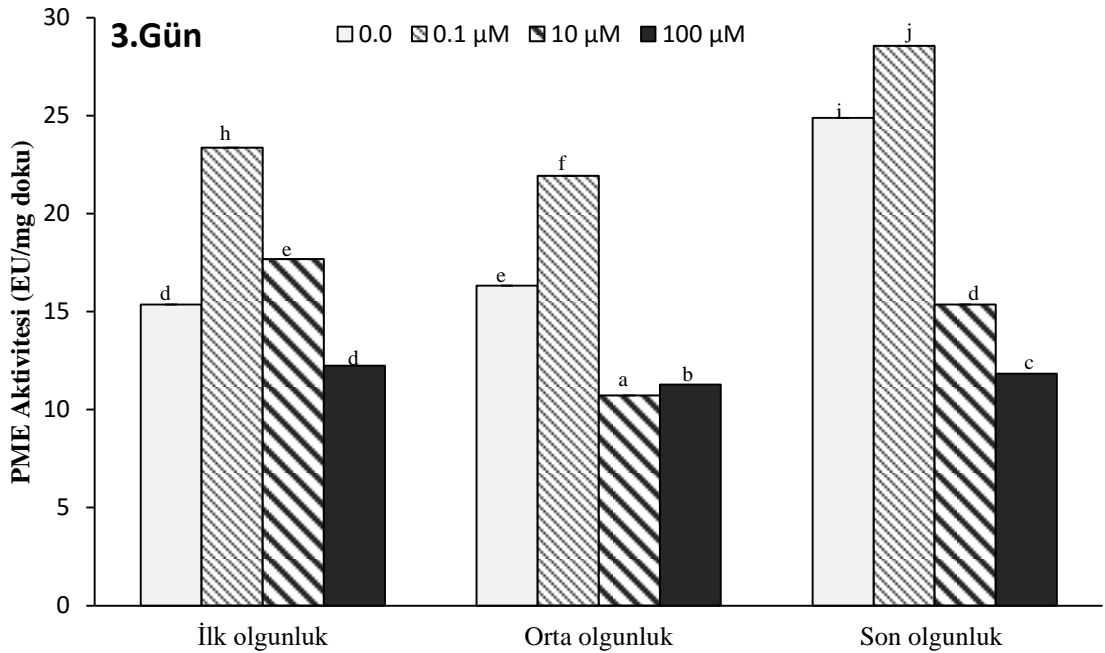
Olgunluk	ABA (µM)	1. gün Abs	PME (EU/mg doku)	3. gün Abs	PME (EU/mg doku)	5. gün Abs	PME (EU/mg doku)
İlk	0.0	0.211±0.0186 <sup>ab</sup>	16.88	0.192±0.0003 <sup>d</sup>	15.36	0.226±0.0003 <sup>d</sup>	18.08
	0.1	0.213±0.0200 <sup>ab</sup>	17.04	0.292±0.0002 <sup>h</sup>	23.36	0.250±0.0001 <sup>f</sup>	20.00
	10	0.202±0.0005 <sup>a</sup>	16.16	0.221±0.0003 <sup>e</sup>	17.68	0.276±0.0004 <sup>i</sup>	22.08
	100	0.202±0.0003 <sup>a</sup>	16.16	0.153±0.0004 <sup>d</sup>	12.24	0.272±0.0010 <sup>h</sup>	21.76
Orta	0.0	0.247±0.0006 <sup>c</sup>	19.76	0.204±0.0010 <sup>e</sup>	16.32	0.231±0.0007 <sup>e</sup>	18.48
	0.1	0.239±0.0014 <sup>de</sup>	19.12	0.274±0.0007 <sup>f</sup>	21.92	0.293±0.0006 <sup>j</sup>	23.44
	10	0.218±0.0001 <sup>abc</sup>	14.53	0.134±0.0009 <sup>a</sup>	10.72	0.217±0.0004 <sup>g</sup>	17.36
	100	0.207±0.0033 <sup>ab</sup>	16.56	0.141±0.0007 <sup>b</sup>	11.28	0.255±0.0006 <sup>c</sup>	20.40
Son	0.0	0.282±0.0003 <sup>e</sup>	22.56	0.311±0.0001 <sup>i</sup>	24.88	0.372±0.0007 <sup>l</sup>	29.76
	0.1	0.267±0.0004 <sup>e</sup>	21.36	0.357±0.0003 <sup>j</sup>	28.56	0.310±0.0012 <sup>k</sup>	24.80
	10	0.231±0.0009 <sup>cde</sup>	18.48	0.192±0.0001 <sup>d</sup>	15.36	0.181±0.0012 <sup>a</sup>	14.48
	100	0.224±0.0006 <sup>bcd</sup>	17.92	0.148±0.0252 <sup>c</sup>	11.84	0.195±0.0010 <sup>b</sup>	15.60

Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir.

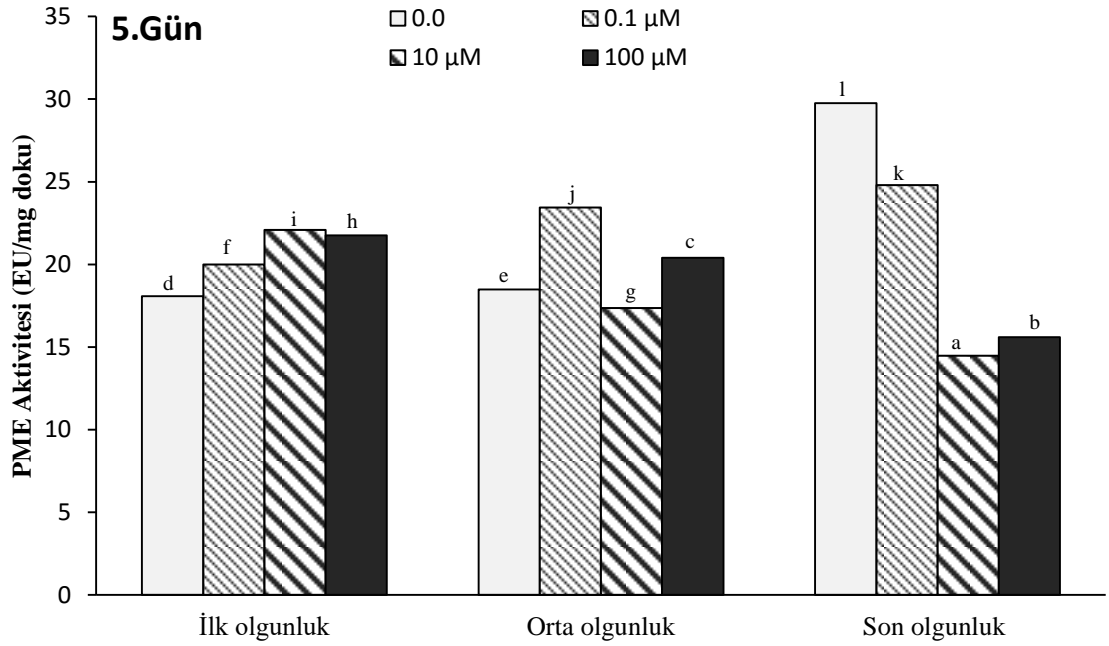
Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.10.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.11.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri



**Şekil 4.12.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PME aktivitesine etkileri

#### 4.2. PG Aktivitesi Üzerinde SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri

##### 4.2.1. SNP (NO donörü) uygulamasına ait bulgular

SNP (0.1, 1 ve 100 µM) uygulamasından sonra 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvelerine ait PG enzim aktivitesinde önemli sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Uygulamadan sonra 1. gün sonunda; ilk olgunlukta meyvelerde SNP uygulamaları PG aktivitesi üzerinde istatistik olarak önemli bir etki yapmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak orta ve son olgunlukta 1 ve 100 µM SNP uygulamaları PG aktivitesini önemli seviyede düşürmüştür ( $p<0.05$ ) (Şekil 4.13). Aktivitedeki düşüşler özellikle son olgunluk aşamasında %50'den daha fazla olmuştur (Şekil 4.13). Uygulamadan sonra 3. gün verileri incelendiğinde ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde özellikle 1 ve 100 µM SNP uygulamalarının PG aktivitesini düşürdüğü bulunmuştur ( $p<0.05$ ) ve özellikle 100 µM SNP uygulamasının PG aktivitesini düşürmede daha etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.14). Uygulamadan sonra 5. günde ise ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde özellikle 1 ve 100 µM SNP uygulamaları aktiviteyi önemli oranda

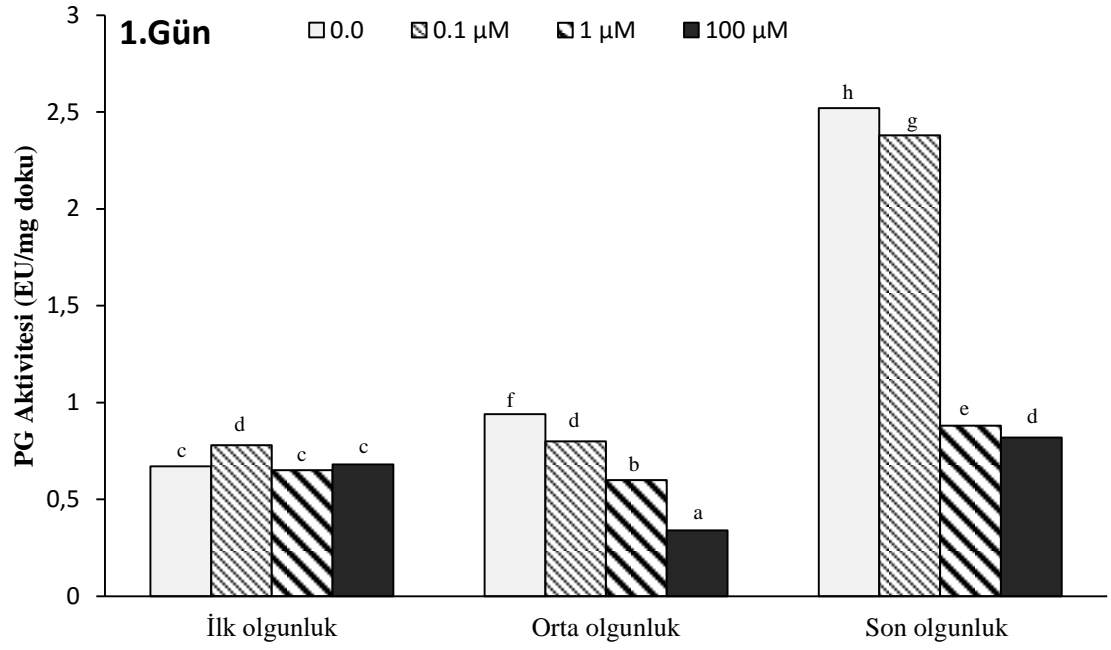
düşürmüştür ( $p<0.05$ ) (Şekil 4.15). Veriler genel olarak değerlendirildiğinde, 100  $\mu\text{M}$  SNP uygulamasının özellikle orta ve son olgunluk aşamasında PG aktivitesini hasat sonrası bekletilen sürelerde inhibe ettiği belirlenmiştir.



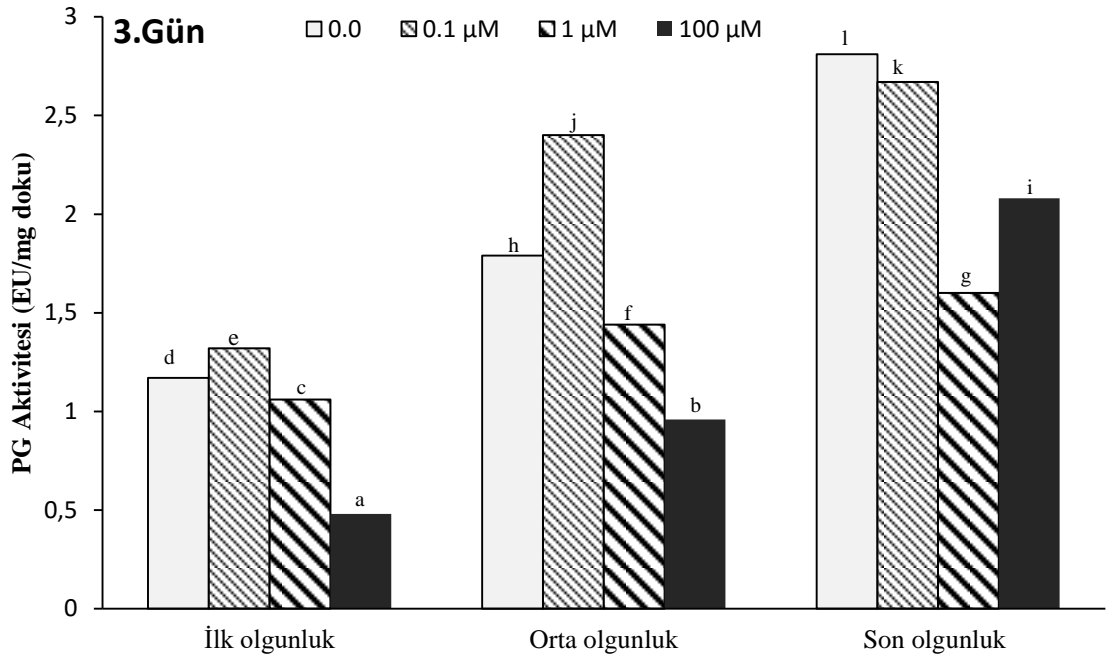
**Çizelge 4.5.** SNP uygulamasının domates meyvelerinde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

Olgunluk	SNP (µM)	1. gün Abs	PG (EU/mg doku)	3. gün Abs	PG (EU/mg doku)	5. gün Abs	PG (EU/mg doku)
İlk	0.0	0.042±0.0011 <sup>c</sup>	0.67	0.073±0.0005 <sup>d</sup>	1.17	0.063±0.0018 <sup>c</sup>	1.01
	0.1	0.049±0.0012 <sup>d</sup>	0.78	0.803±0.0003 <sup>e</sup>	1.32	0.057±0.0012 <sup>b</sup>	0.92
	1	0.041±0.0006 <sup>c</sup>	0.65	0.066±0.0006 <sup>c</sup>	1.06	0.072±0.0018 <sup>d</sup>	1.15
	100	0.043±0.0015 <sup>c</sup>	0.68	0.030±0.0011 <sup>a</sup>	0.48	0.033±0.0013 <sup>a</sup>	0.52
Orta	0.0	0.059±0.0005 <sup>f</sup>	0.94	0.112±0.0012 <sup>h</sup>	1.79	0.134±0.0006 <sup>h</sup>	2.14
	0.1	0.050±0.0006 <sup>d</sup>	0.80	0.150±0.0009 <sup>j</sup>	2.40	0.153±0.0008 <sup>i</sup>	2.44
	1	0.036±0.0011 <sup>b</sup>	0.60	0.090±0.0007 <sup>f</sup>	1.44	0.096±0.0011 <sup>f</sup>	1.53
	100	0.021±0.0007 <sup>a</sup>	0.34	0.060±0.0006 <sup>b</sup>	0.96	0.084±0.0012 <sup>e</sup>	1.34
Son	0.0	0.158±0.0008 <sup>h</sup>	2.52	0.176±0.0011 <sup>l</sup>	2.81	0.186±0.0012 <sup>k</sup>	2.97
	0.1	0.149±0.0012 <sup>g</sup>	2.38	0.167±0.0012 <sup>k</sup>	2.67	0.164±0.0013 <sup>j</sup>	2.62
	1	0.055±0.0006 <sup>e</sup>	0.88	0.100±0.0007 <sup>g</sup>	1.60	0.128±0.0008 <sup>g</sup>	2.04
	100	0.051±0.0005 <sup>d</sup>	0.82	0.130±0.0008 <sup>i</sup>	2.08	0.136±0.0011 <sup>h</sup>	2.17

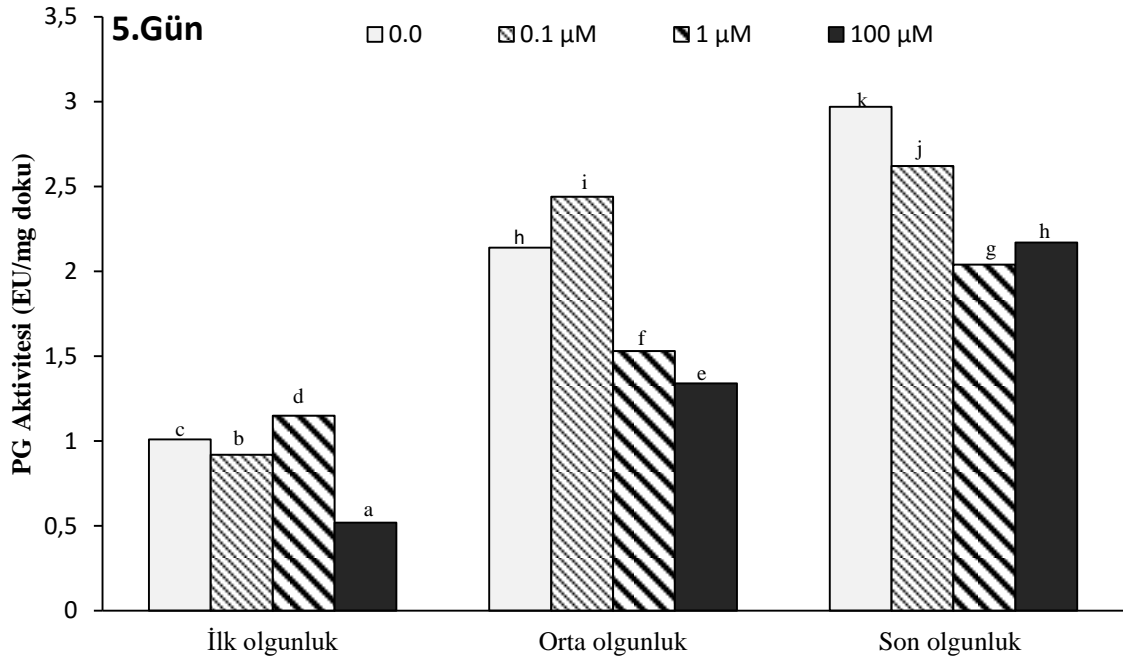
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir. Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.13.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.14.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.15.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunlukta domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri

#### 4.2.2. EBL uygulamasına ait bulgular

İlk, orta ve son olgunlukta meyvelere farklı konsantrasyonlarda (0.01, 0.1 ve 1 µM) EBL uygulamasından sonra 1, 3 ve 5 gün bekletilen meyvelerde, PG enzim aktivitesine ait bulgular çizelge (Çizelge 4.6) ve grafiklerle (Şekil 4.16-18) sunulmuştur. Uygulamadan sonra 1. günde EBL'nin üç dozu da ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde PG enzim aktivitesini inhibe etmede başarılı olmuştur ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, PG aktivitesi, artan EBL konsantrasyonları ile ters orantılı olarak düşmüştür (Şekil 4.16). Uygulamadan sonra 3. gün sonuçlarına bakıldığında ilk, orta ve son olgunlukta özellikle 0.1 ve 1 µM EBL uygulamasının PG aktivitesini düşürmede önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.17). Uygulamadan sonra 5. gün verilerinde ise EBL uygulamalarının tümü PG aktivitesini üç olgunluk aşamasında da kontrol grubuna göre önemli oranda inhibe etmiştir (Çizelge 4.6. ve Şekil 4.18). Özellikle 1 µM EBL uygulaması hemen her aşamada PG aktivitesini %20'den fazla inhibe edebilmiştir. Örneğin PG aktivitesi 1 µM EBL ile ilk olgunlukta %29, orta olgunlukta %39 ve son olgunlukta %23 oranında inhibe olmuştur (Çizelge 4.6). Bu veriler genel olarak

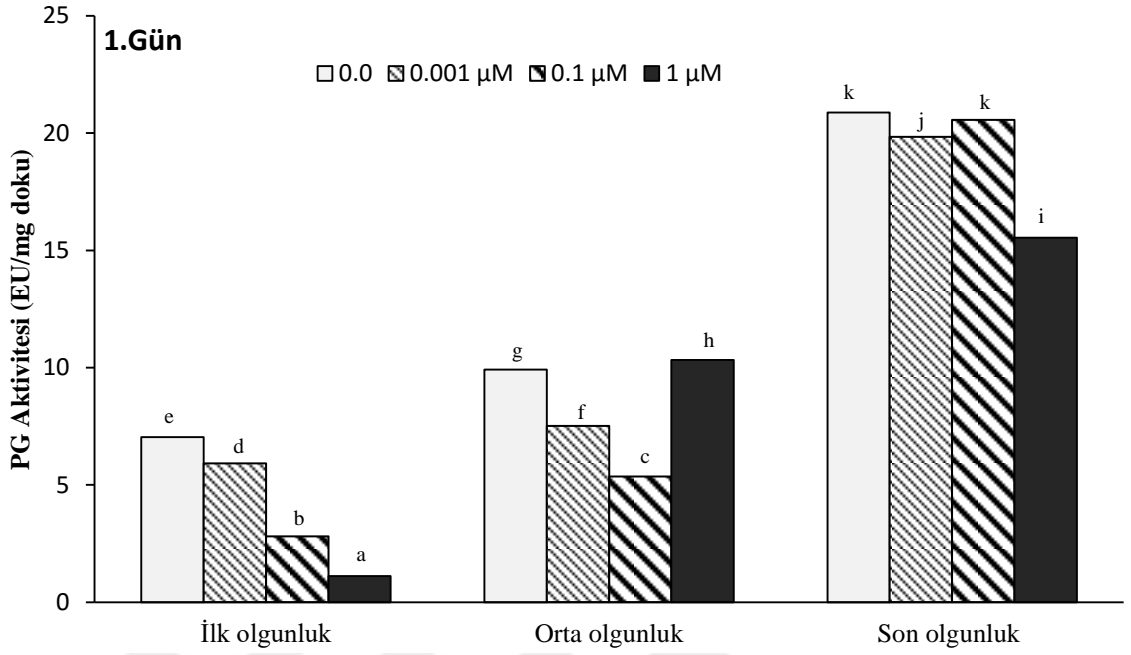
değerlendirildiğinde, yapılan EBL uygulamalarının olgunlaşmadan sorumlu enzimlerden biri olan PG aktivitesini önemli seviyede inhibe ettiği bulunmuştur.



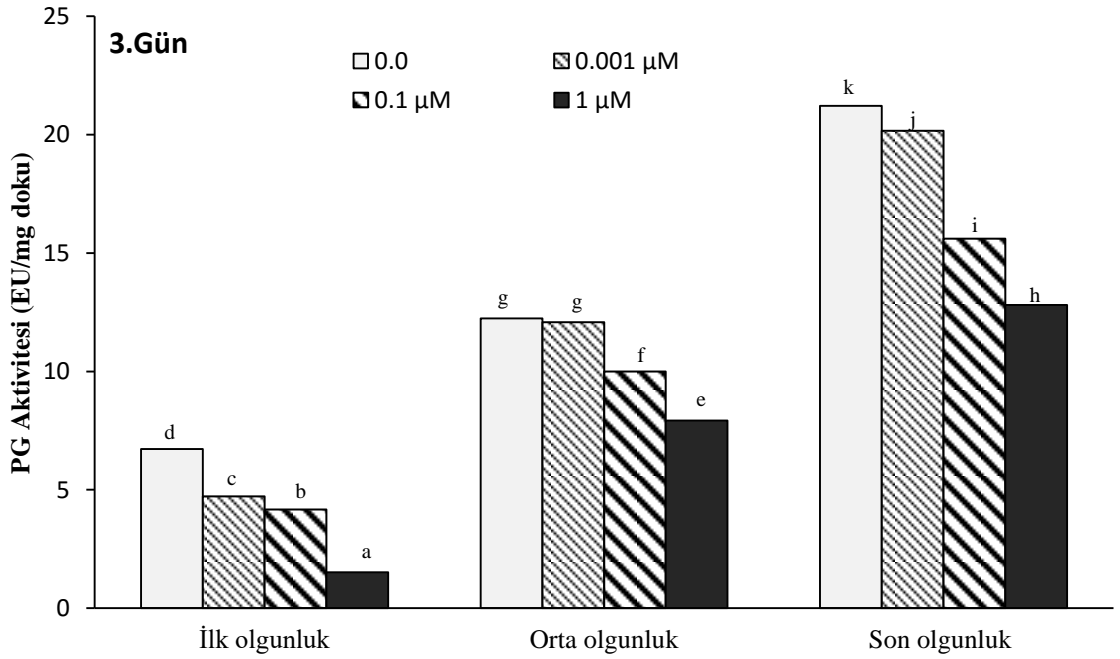
**Çizelge 4.6.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>EBL (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	0.088 $\pm$ 0.0011 <sup>e</sup>	7.04	0.084 $\pm$ 0.0011 <sup>d</sup>	6.72	0.096 $\pm$ 0.0012 <sup>d</sup>	7.68
	0.001	0.074 $\pm$ 0.0008 <sup>d</sup>	5.92	0.059 $\pm$ 0.0006 <sup>c</sup>	4.72	0.084 $\pm$ 0.0012 <sup>c</sup>	6.72
	0.1	0.035 $\pm$ 0.0014 <sup>b</sup>	2.80	0.052 $\pm$ 0.0012 <sup>b</sup>	4.16	0.082 $\pm$ 0.0011 <sup>c</sup>	6.56
	1	0.014 $\pm$ 0.0012 <sup>a</sup>	1.12	0.019 $\pm$ 0.0006 <sup>a</sup>	1.52	0.068 $\pm$ 0.0012 <sup>a</sup>	5.44
<b>Orta</b>	0.0	0.124 $\pm$ 0.0011 <sup>g</sup>	9.92	0.153 $\pm$ 0.0005 <sup>g</sup>	12.24	0.134 $\pm$ 0.0012 <sup>e</sup>	10.72
	0.001	0.094 $\pm$ 0.0017 <sup>f</sup>	7.52	0.151 $\pm$ 0.0006 <sup>g</sup>	12.08	0.168 $\pm$ 0.0017 <sup>f</sup>	13.44
	0.1	0.067 $\pm$ 0.0014 <sup>c</sup>	5.36	0.125 $\pm$ 0.0006 <sup>f</sup>	10.00	0.077 $\pm$ 0.0006 <sup>b</sup>	6.16
	1	0.129 $\pm$ 0.0015 <sup>h</sup>	10.32	0.099 $\pm$ 0.0005 <sup>e</sup>	7.92	0.081 $\pm$ 0.0005 <sup>c</sup>	6.48
<b>Son</b>	0.0	0.261 $\pm$ 0.0006 <sup>k</sup>	20.88	0.265 $\pm$ 0.0009 <sup>k</sup>	21.21	0.171 $\pm$ 0.0006 <sup>f</sup>	13.68
	0.001	0.248 $\pm$ 0.0011 <sup>j</sup>	19.84	0.252 $\pm$ 0.0008 <sup>j</sup>	20.16	0.168 $\pm$ 0.0012 <sup>f</sup>	13.44
	0.1	0.257 $\pm$ 0.0012 <sup>k</sup>	20.56	0.195 $\pm$ 0.0009 <sup>i</sup>	15.60	0.170 $\pm$ 0.0011 <sup>f</sup>	13.60
	1	0.193 $\pm$ 0.0011 <sup>i</sup>	15.54	0.160 $\pm$ 0.0012 <sup>h</sup>	12.80	0.132 $\pm$ 0.0012 <sup>e</sup>	10.56

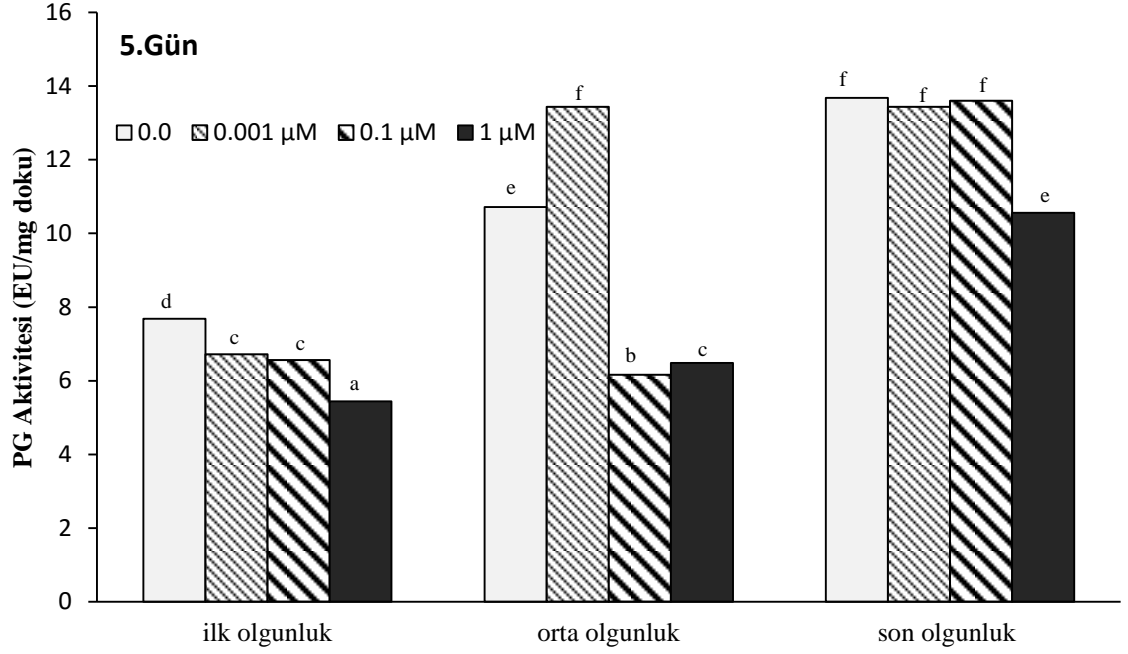
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir.  
Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.16.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.17.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.18.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri

#### 4.2.3. SA uygulamasına ait bulgular

SA (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) uygulamaları sonucu 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvelerine ait PG enzim aktivitesinde önemli sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.7). Uygulamadan sonra 1. gün, ilk olgunluk ve orta olgunluk aşamasındaki meyvelerde çalışılan bütün SA konsantrasyonları PG aktivitesini düşürmüştür (Şekil 4.19). Aktivitedeki düşüşler %10 ile %15 arasında olmuştur ( $P < 0.05$ ). Son olgunluk aşamasında ise özellikle 1 ve 5 mM SA uygulamaları kontrole göre aktiviteyi önemli ( $p > 0.05$ ) oranda düşürmüştür. Ancak 0.01 ve 0.1 mM SA uygulamaları PG aktivitesi üzerinde etkili olmamıştır (Şekil 4.19). Uygulamadan sonra 3. gün sonuçlarına bakıldığında; SA uygulamaları ilk olgunluk ve orta olgunluk aşamasında PG aktivitesi üzerinde önemli bir etki yapmazken ( $p > 0.05$ ), son olgunluk aşamasında PG aktivitesini düşürmüştür. Aktivitenin düşürülmesinde en etkili konsantrasyon 5 mM SA olmuştur (Çizelge 4.7, Şekil 4.20). Uygulamadan sonra 5. gün sonuçlarında da ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde 1 ve 5 mM SA uygulamalarının PG enzim aktivitesi üzerinde istatistiki olarak önemli düşüş sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.21). Bu

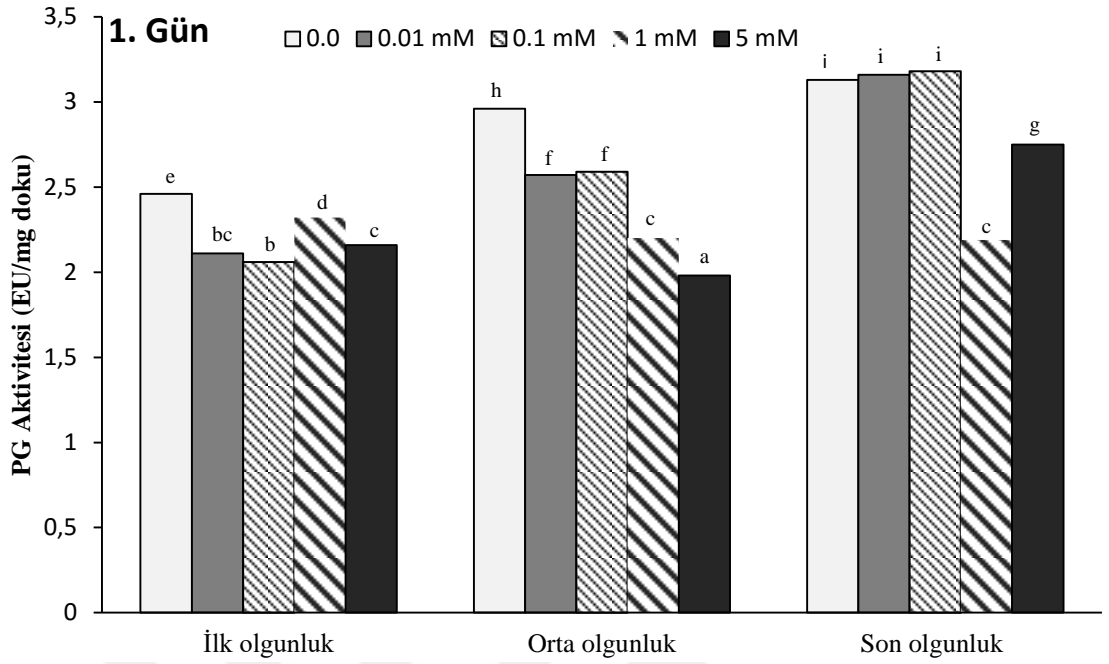
verilere göre, özellikle 1 ve 5 mM SA uygulamalarının olgunlaşmada etkisi bulunan PG aktivitesi üzerinde önemli inhibisyon sağladığı belirlenmiştir.



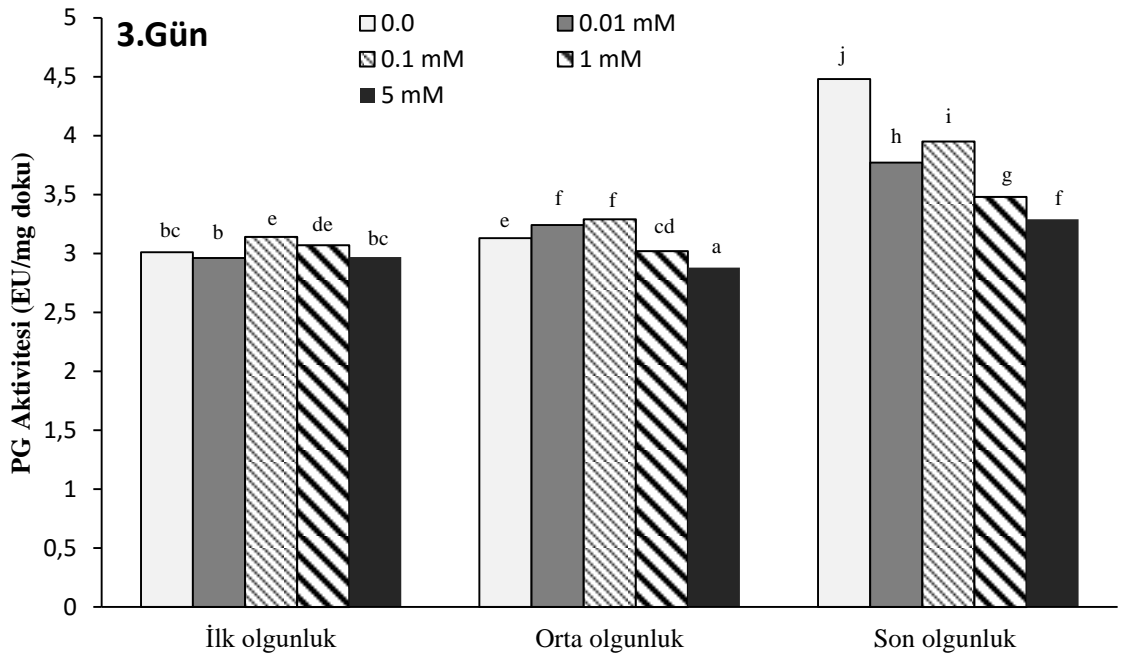
**Çizelge 4.7.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

Olgunluk	SA (mM)	1. gün Abs	PG (EU/mg doku)	3. gün Abs	PG (EU/mg doku)	5. gün Abs	PG (EU/mg doku)
İlk	0.0	0.154±0.0021 <sup>e</sup>	2.46	0.188±0.0004 <sup>bc</sup>	3.01	0.184±0.0006 <sup>c</sup>	2.94
	0.01	0.132±0.0012 <sup>bc</sup>	2.11	0.185±0.0007 <sup>b</sup>	2.96	0.192±0.0011 <sup>g</sup>	3.07
	0.1	0.129±0.0021 <sup>b</sup>	2.06	0.196±0.0023 <sup>e</sup>	3.14	0.198±0.0012 <sup>h</sup>	3.16
	1	0.145±0.0022 <sup>d</sup>	2.32	0.192±0.0017 <sup>de</sup>	3.07	0.164±0.0009 <sup>c</sup>	2.62
	5	0.135±0.0015 <sup>c</sup>	2.16	0.186±0.0012 <sup>bc</sup>	2.97	0.112±0.0009 <sup>b</sup>	1.79
Orta	0.0	0.185±0.0006 <sup>h</sup>	2.96	0.196±0.0023 <sup>e</sup>	3.13	0.186±0.0012 <sup>ef</sup>	2.97
	0.01	0.161±0.0017 <sup>f</sup>	2.52	0.203±0.0003 <sup>f</sup>	3.24	0.194±0.0011 <sup>g</sup>	3.10
	0.1	0.162±0.0015 <sup>f</sup>	2.59	0.206±0.0023 <sup>f</sup>	3.29	0.172±0.0012 <sup>d</sup>	2.75
	1	0.138±0.0012 <sup>c</sup>	2.20	0.189±0.0008 <sup>cd</sup>	3.02	0.110±0.0011 <sup>b</sup>	1.76
	5	0.124±0.0012 <sup>a</sup>	1.98	0.180±0.0006 <sup>a</sup>	2.88	0.099±0.0012 <sup>a</sup>	1.58
Son	0.0	0.196±0.0023 <sup>i</sup>	3.13	0.280±0.0012 <sup>j</sup>	4.48	0.264±0.0006 <sup>i</sup>	4.22
	0.01	0.198±0.0009 <sup>i</sup>	3.16	0.236±0.0011 <sup>h</sup>	3.77	0.265±0.0003 <sup>i</sup>	4.24
	0.1	0.199±0.0021 <sup>i</sup>	3.18	0.247±0.0008 <sup>i</sup>	3.95	0.271±0.0012 <sup>j</sup>	4.33
	1	0.137±0.0027 <sup>c</sup>	2.19	0.218±0.0012 <sup>g</sup>	3.48	0.199±0.0003 <sup>h</sup>	3.18
	5	0.172±0.0011 <sup>g</sup>	2.75	0.206±0.0011 <sup>f</sup>	3.29	0.188±0.0007 <sup>f</sup>	3.01

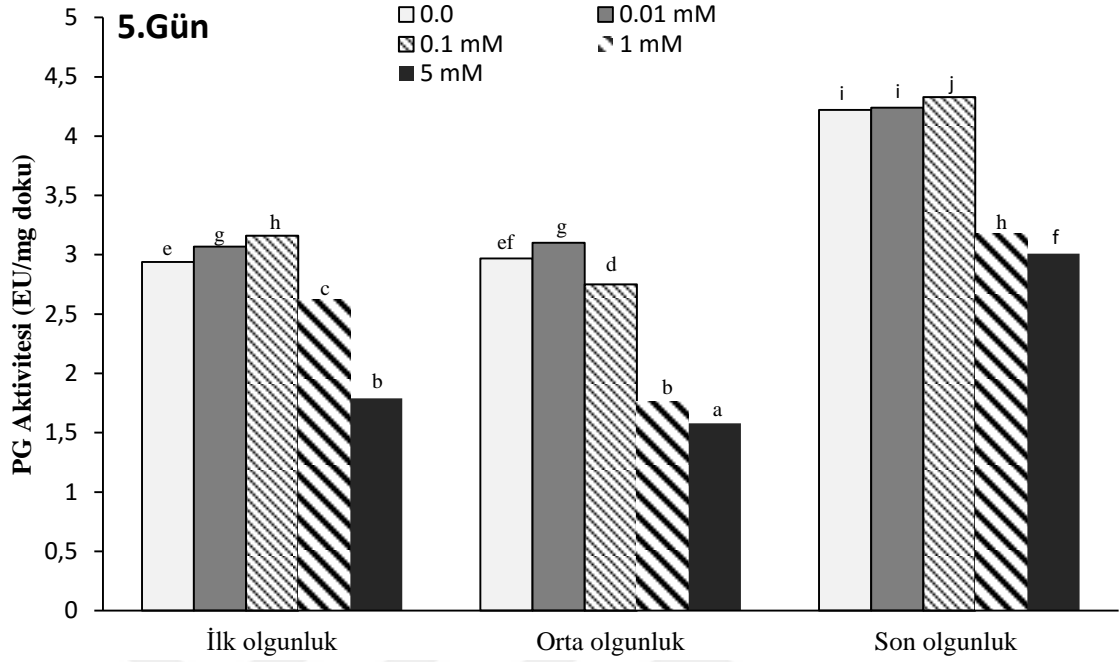
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir. Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.19.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.20.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.21.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri

#### 4.2.4. ABA uygulamasına ait bulgular

ABA (0.1, 10 ve 100  $\mu\text{M}$ ) uygulamaları sonucu 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvelerine ait PG enzim aktivitesindeki değişiklikler çizelge ve grafiklerle sunulmuştur (Çizelge 4.8, Şekil 4.22-24). 1. gün sonuçlarında ilk ve orta olgunluktaki meyvelere ABA uygulaması sonucunda PG enzim aktivitesinin önemsiz oranda arttığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Ancak son olgunlukta ise özellikle 100  $\mu\text{M}$  SA PG aktivitesini önemli oranda düşürmüştür. Uygulamadan sonra, 3. gün sonuçlarında ise ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelere 10 ve 100  $\mu\text{M}$  uygulamalarının PG enzim aktivitesi üzerinde istatistiki olarak önemli ( $p < 0.05$ ) azalış sağladığı görülmüştür (Çizelge 4.8, Şekil 4.23). Uygulamadan sonra 5. gün sonuçlarına göre ise ilk olgunlukta 100  $\mu\text{M}$  ABA uygulamasının PG enzim aktivitesi üzerinde kontrol grubuna göre önemli derecede düşüş sağladığı belirlenirken, orta olgunlukta 10 ve 100  $\mu\text{M}$  ABA uygulamalarının istatistiki olarak önemli düşüş sağladığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Son olgunluktaki meyvelere ABA uygulamaları sonucunda ise 10 ve 100  $\mu\text{M}$

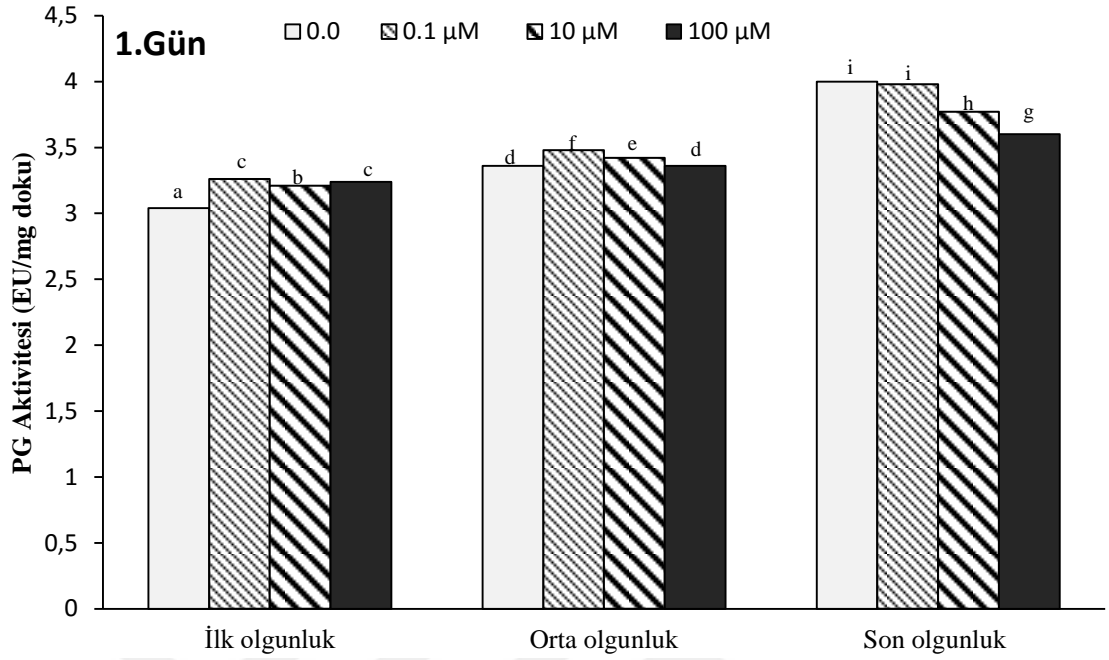
konsantrasyonlarında istatistiki olarak oldukça önemli düşüş belirlenmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.24).



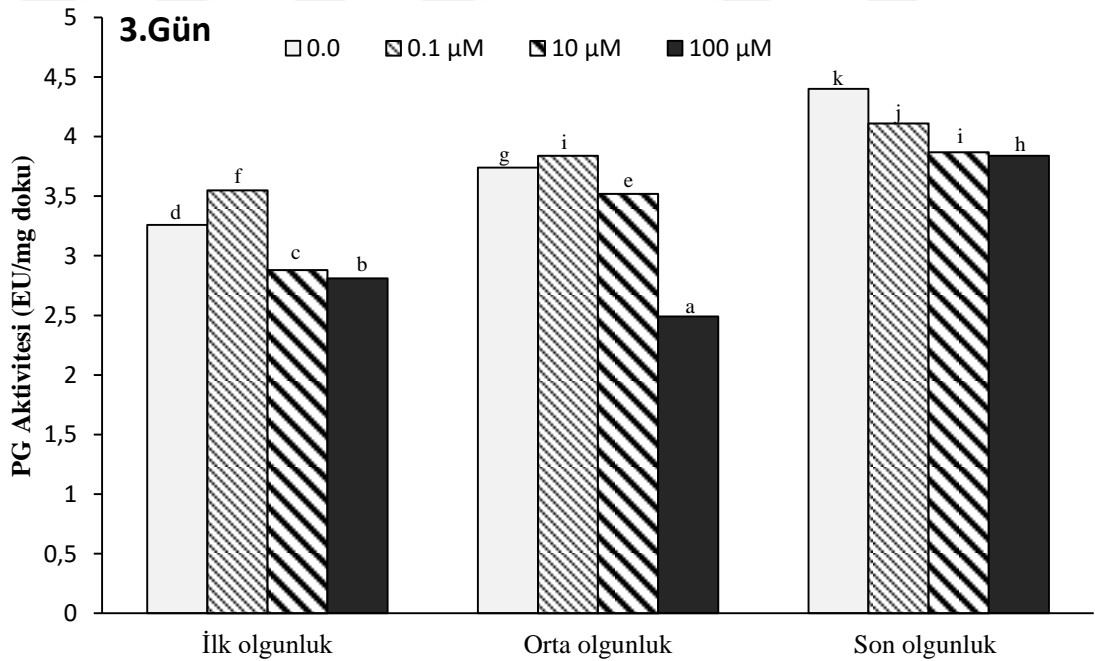
**Çizelge 4.8.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG aktivitesi (EU/mg doku) üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>ABA (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>PG (EU/mg doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	0.190 $\pm$ 0.0006 <sup>a</sup>	3.04	0.204 $\pm$ 0.0005 <sup>d</sup>	3.26	0.227 $\pm$ 0.0018 <sup>e</sup>	3.63
	0.1	0.204 $\pm$ 0.0003 <sup>c</sup>	3.26	0.222 $\pm$ 0.0005 <sup>f</sup>	3.55	0.220 $\pm$ 0.0012 <sup>c</sup>	3.52
	10	0.201 $\pm$ 0.0003 <sup>b</sup>	3.21	0.180 $\pm$ 0.0006 <sup>c</sup>	2.88	0.227 $\pm$ 0.0011 <sup>e</sup>	3.63
	100	0.203 $\pm$ 0.0006 <sup>c</sup>	3.24	0.176 $\pm$ 0.0005 <sup>b</sup>	2.81	0.181 $\pm$ 0.0013 <sup>a</sup>	2.89
<b>Orta</b>	0.0	0.210 $\pm$ 0.0006 <sup>d</sup>	3.36	0.234 $\pm$ 0.0006 <sup>g</sup>	3.74	0.232 $\pm$ 0.0009 <sup>f</sup>	3.71
	0.1	0.218 $\pm$ 0.0006 <sup>f</sup>	3.48	0.242 $\pm$ 0.0003 <sup>i</sup>	3.84	0.250 $\pm$ 0.0006 <sup>g</sup>	4.00
	10	0.214 $\pm$ 0.0005 <sup>e</sup>	3.42	0.220 $\pm$ 0.0006 <sup>e</sup>	3.52	0.216 $\pm$ 0.0012 <sup>b</sup>	3.45
	100	0.210 $\pm$ 0.0006 <sup>d</sup>	3.36	0.156 $\pm$ 0.0004 <sup>a</sup>	2.49	0.224 $\pm$ 0.0006 <sup>d</sup>	3.58
<b>Son</b>	0.0	0.250 $\pm$ 0.0005 <sup>i</sup>	4.00	0.275 $\pm$ 0.0006 <sup>k</sup>	4.40	0.313 $\pm$ 0.0012 <sup>j</sup>	5.00
	0.1	0.249 $\pm$ 0.0003 <sup>i</sup>	3.98	0.257 $\pm$ 0.0004 <sup>j</sup>	4.11	0.311 $\pm$ 0.0011 <sup>j</sup>	4.97
	10	0.236 $\pm$ 0.0006 <sup>h</sup>	3.77	0.242 $\pm$ 0.0008 <sup>i</sup>	3.87	0.277 $\pm$ 0.0008 <sup>i</sup>	4.43
	100	0.225 $\pm$ 0.0009 <sup>g</sup>	3.60	0.240 $\pm$ 0.0005 <sup>h</sup>	3.84	0.272 $\pm$ 0.0009 <sup>h</sup>	4.35

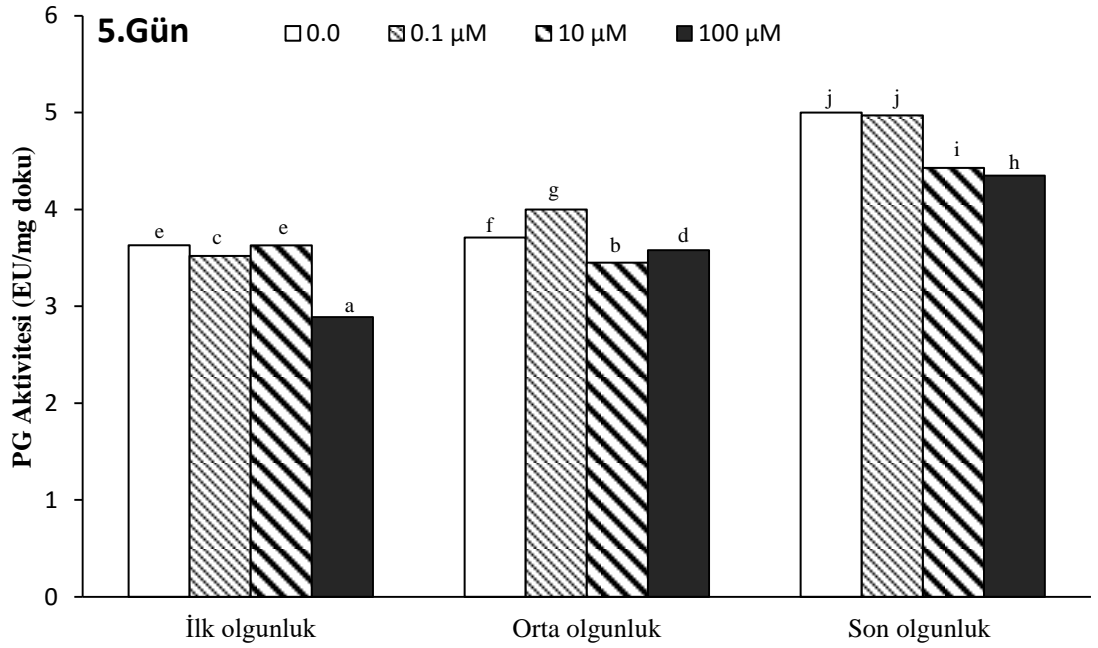
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir. Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.22.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.23.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri



**Şekil 4.24.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG aktivitesine etkileri

### 4.3. Likopen İçeriğine Üzerine SNP, EBL, SA ve ABA'nın Etkileri

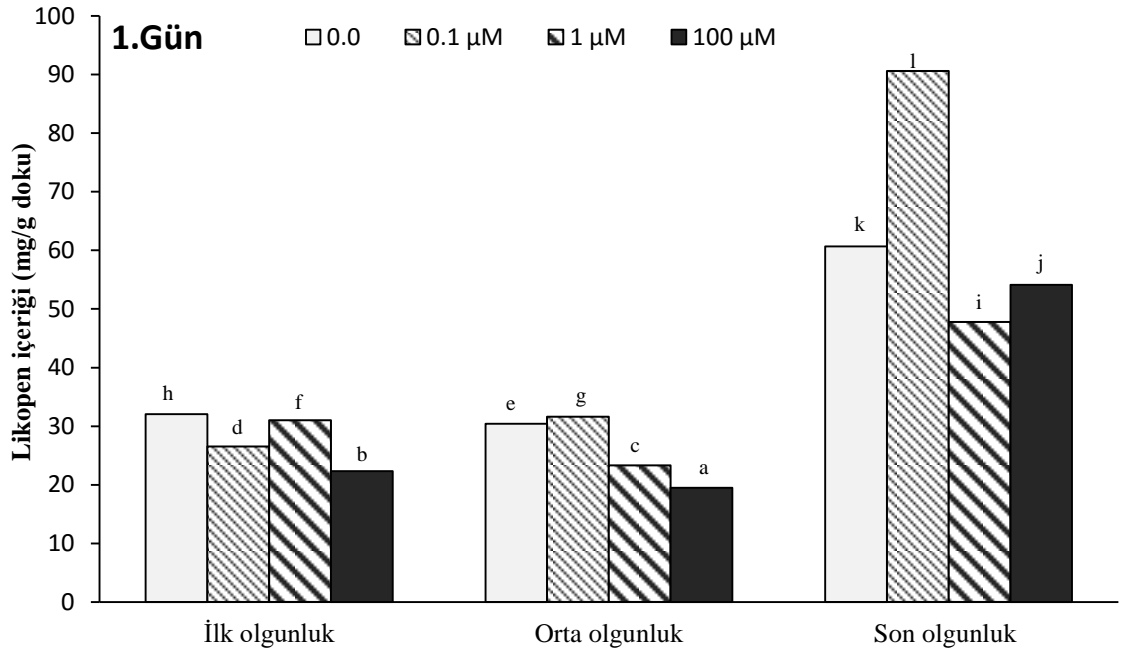
#### 4.3.1. SNP uygulamasına ait bulgular

Farklı konsantrasyonlarda (0.1, 1 ve 100 µM) SNP uygulamalarından sonra 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvelerine ait likopen içeriğine ait bulgular çizelge ve şekillerde sunulmuştur (Çizelge 4.9, Şekil 4.25-27). Hasat sonrası 1. gün sonunda ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde 1 ve 100 µM SNP uygulamaları kontrol grubuyla karşılaştırıldığında likopen içeriğini azaltırken, 0.1 µM SNP uygulaması aktivite üzerinde genelde artırıcı etki göstermiştir. Bu artırıcı etki özellikle son olgunlukta daha belirgin olmuştur (Şekil 4.25). Hasat sonrası 3. ve 5. gün sonuçlarında da özellikle 1 ve 100 µM SNP uygulamaları likopen içeriğini düşürmede belirgin bir etki göstermiştir (Şekil 4.26-27). Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde SNP uygulamalarının 0.1 ve 100 µM konsantrasyonları olgunlaşma aşamasının hemen her safhasında domatesteki likopen içeriğini düşürdüğü belirlenmiştir. Bu sonuçlar SNP'nin domatesteki olgunlaşma hızının yavaşlatılmasında etkin bir rol oynadığını gösterebilir.

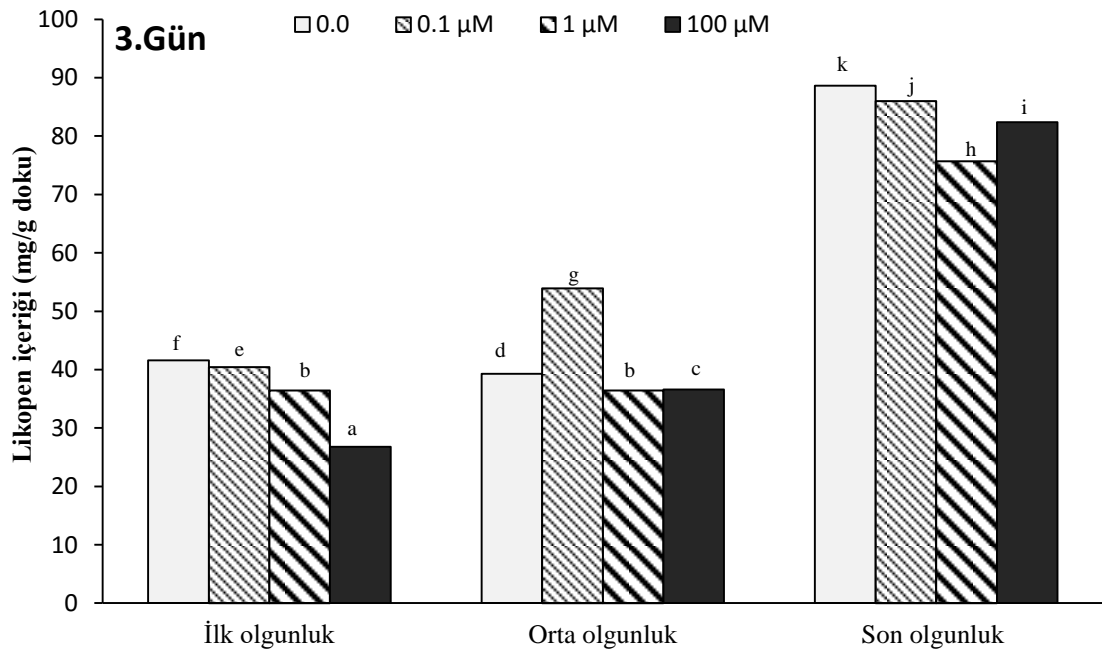
**Çizelge 4.9.** SNP uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>SNP (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	1.028 $\pm$ 0.008 <sup>h</sup>	32.07	1.335 $\pm$ 0.0051 <sup>f</sup>	41.60	1.422 $\pm$ 0.0030 <sup>g</sup>	44.36
	0.1	0.850 $\pm$ 0.0011 <sup>d</sup>	26.52	1.296 $\pm$ 0.0018 <sup>e</sup>	40.43	1.212 $\pm$ 0.0076 <sup>f</sup>	37.81
	1	0.994 $\pm$ 0.0081 <sup>f</sup>	31.01	1.168 $\pm$ 0.0055 <sup>b</sup>	36.44	1.188 $\pm$ 0.0037 <sup>e</sup>	37.06
	100	0.715 $\pm$ 0.0002 <sup>b</sup>	22.30	0.865 $\pm$ 0.0072 <sup>a</sup>	26.76	0.874 $\pm$ 0.0078 <sup>c</sup>	27.26
<b>Orta</b>	0.0	0.975 $\pm$ 0.0018 <sup>e</sup>	30.42	1.259 $\pm$ 0.0010 <sup>d</sup>	39.28	1.779 $\pm$ 0.0052 <sup>h</sup>	55.50
	0.1	1.014 $\pm$ 0.0070 <sup>g</sup>	31.60	1.728 $\pm$ 0.0077 <sup>g</sup>	53.91	1.103 $\pm$ 0.0044 <sup>d</sup>	34.41
	1	0.748 $\pm$ 0.0049 <sup>c</sup>	23.30	1.167 $\pm$ 0.0063 <sup>b</sup>	36.41	0.830 $\pm$ 0.0039 <sup>b</sup>	25.89
	100	0.628 $\pm$ 0.0022 <sup>a</sup>	19.50	1.173 $\pm$ 0.0040 <sup>c</sup>	36.59	0.769 $\pm$ 0.0027 <sup>a</sup>	23.99
<b>Son</b>	0.0	1.947 $\pm$ 0.0006 <sup>k</sup>	60.70	2.841 $\pm$ 0.0006 <sup>k</sup>	88.63	2.493 $\pm$ 0.0052 <sup>l</sup>	77.78
	0.1	2.904 $\pm$ 0.0007 <sup>l</sup>	90.60	2.756 $\pm$ 0.0065 <sup>j</sup>	85.98	2.161 $\pm$ 0.0040 <sup>k</sup>	67.42
	1	1.535 $\pm$ 0.0093 <sup>i</sup>	47.89	2.426 $\pm$ 0.0003 <sup>h</sup>	75.69	1.843 $\pm$ 0.0032 <sup>i</sup>	57.50
	100	1.734 $\pm$ 0.0035 <sup>j</sup>	54.10	2.646 $\pm$ 0.0088 <sup>i</sup>	82.36	1.904 $\pm$ 0.0097 <sup>j</sup>	59.40

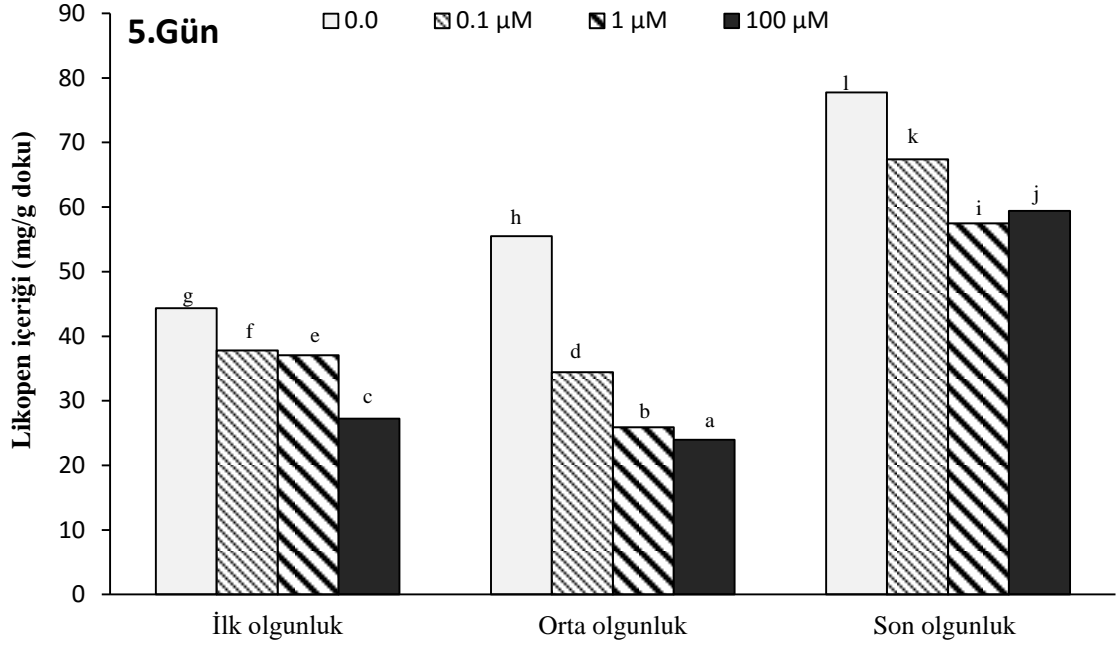
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir. Abs: absorpsiyon değerleri



**Şekil 4.25.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.26.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.27.** SNP uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri

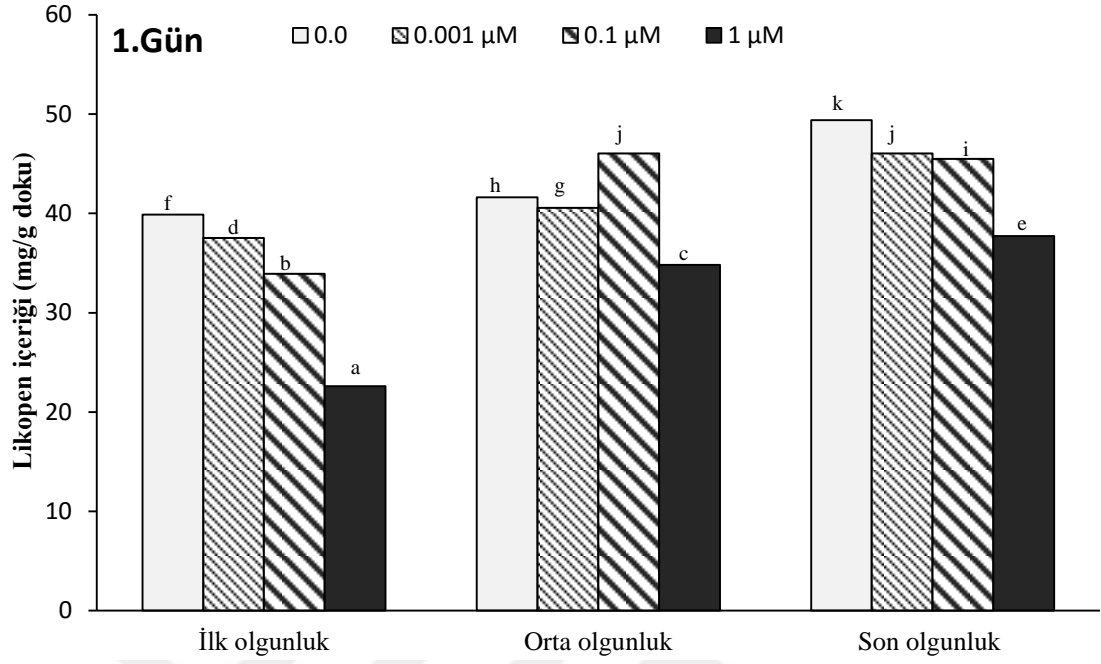
#### 4.3.2. EBL uygulamasına ait bulgular

İlk, orta ve son olgunluktaki meyvelere EBL (0.01, 0.1 ve 1 µM) uygulamaları ile 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen meyvelerde likopen içeriği ait veriler Çizelge 4.10 ve Şekil 4.28-30 de gösterilmiştir. Uygulamadan sonra 1. gün sonuçlarına göre ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde uygulanan EBL'nin neredeyse tüm konsantrasyonları kontrol grubuyla kıyaslandığında likopen içeriğini azaltıcı etki göstermiştir. Ayrıca genelde bu azalma EBL konsantrasyonu artışına paralel olmuştur (Şekil 4.28). Uygulama sonrası 3. gün sonuçlarında ise özellikle orta ve son olgunlukta 0.1 ve 1 µM EBL uygulamaları likopen miktarını düşürmede istatistiksel olarak daha etkili bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.29). 5. gün sonuçlarında genelde EBL uygulamalarının hepsi ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde kontrol grubuna kıyasla likopen içeriğini düşürmede etkili olmuştur (Çizelge 4.10, Şekil 4.30). EBL'nin 0.1 ve 1 µM konsantrasyonları olgunlaşmanın hemen her aşamasındaki domates meyvelerinde likopen içeriğinin düşmesine neden olmuştur.

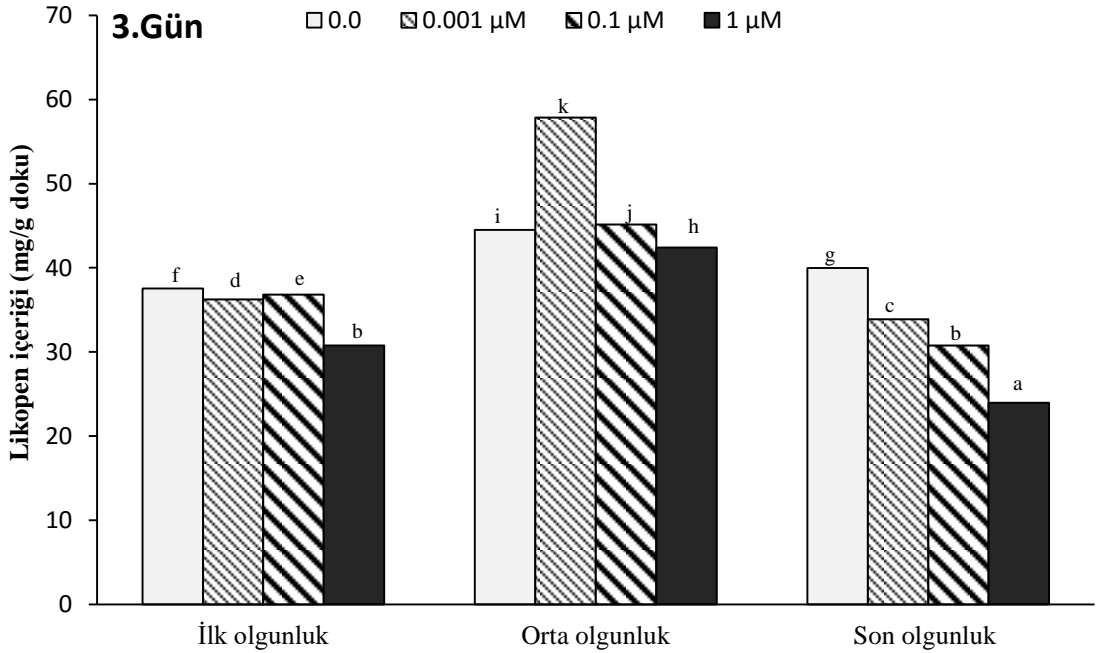
**Çizelge 4.10.** EBL uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>EBL (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	1.278 $\pm$ 0.0055 <sup>f</sup>	39.87	1.203 $\pm$ 0.0071 <sup>f</sup>	37.53	1.256 $\pm$ 0.0042 <sup>g</sup>	39.18
	0.001	1.203 $\pm$ 0.0002 <sup>d</sup>	37.53	1.162 $\pm$ 0.0063 <sup>d</sup>	36.25	1.037 $\pm$ 0.0034 <sup>e</sup>	32.35
	0.1	1.087 $\pm$ 0.0075 <sup>b</sup>	33.91	1.180 $\pm$ 0.0058 <sup>e</sup>	36.81	0.789 $\pm$ 0.0068 <sup>c</sup>	24.61
	1	0.725 $\pm$ 0.0057 <sup>a</sup>	22.62	0.986 $\pm$ 0.0042 <sup>b</sup>	30.76	0.709 $\pm$ 0.0054 <sup>b</sup>	22.12
<b>Orta</b>	0.0	1.334 $\pm$ 0.0082 <sup>h</sup>	41.62	1.426 $\pm$ 0.0036 <sup>i</sup>	44.49	1.484 $\pm$ 0.0027 <sup>i</sup>	46.30
	0.001	1.300 $\pm$ 0.0080 <sup>g</sup>	40.56	1.855 $\pm$ 0.0072 <sup>k</sup>	57.87	1.409 $\pm$ 0.0035 <sup>h</sup>	43.60
	0.1	1.476 $\pm$ 0.0095 <sup>j</sup>	46.05	1.448 $\pm$ 0.0051 <sup>j</sup>	45.17	0.955 $\pm$ 0.0051 <sup>d</sup>	29.79
	1	1.116 $\pm$ 0.0077 <sup>c</sup>	34.81	1.359 $\pm$ 0.0089 <sup>h</sup>	42.40	0.681 $\pm$ 0.0063 <sup>a</sup>	21.24
<b>Son</b>	0.0	1.583 $\pm$ 0.0071 <sup>k</sup>	49.38	1.282 $\pm$ 0.0055 <sup>g</sup>	39.99	1.553 $\pm$ 0.0009 <sup>k</sup>	48.45
	0.001	1.476 $\pm$ 0.0068 <sup>j</sup>	46.05	1.087 $\pm$ 0.0009 <sup>c</sup>	33.91	1.894 $\pm$ 0.0086 <sup>l</sup>	59.09
	0.1	1.458 $\pm$ 0.0022 <sup>i</sup>	45.48	0.986 $\pm$ 0.0086 <sup>b</sup>	30.76	1.517 $\pm$ 0.0052 <sup>k</sup>	47.33
	1	1.209 $\pm$ 0.0086 <sup>e</sup>	37.72	0.768 $\pm$ 0.0027 <sup>a</sup>	23.96	1.229 $\pm$ 0.0045 <sup>f</sup>	38.34

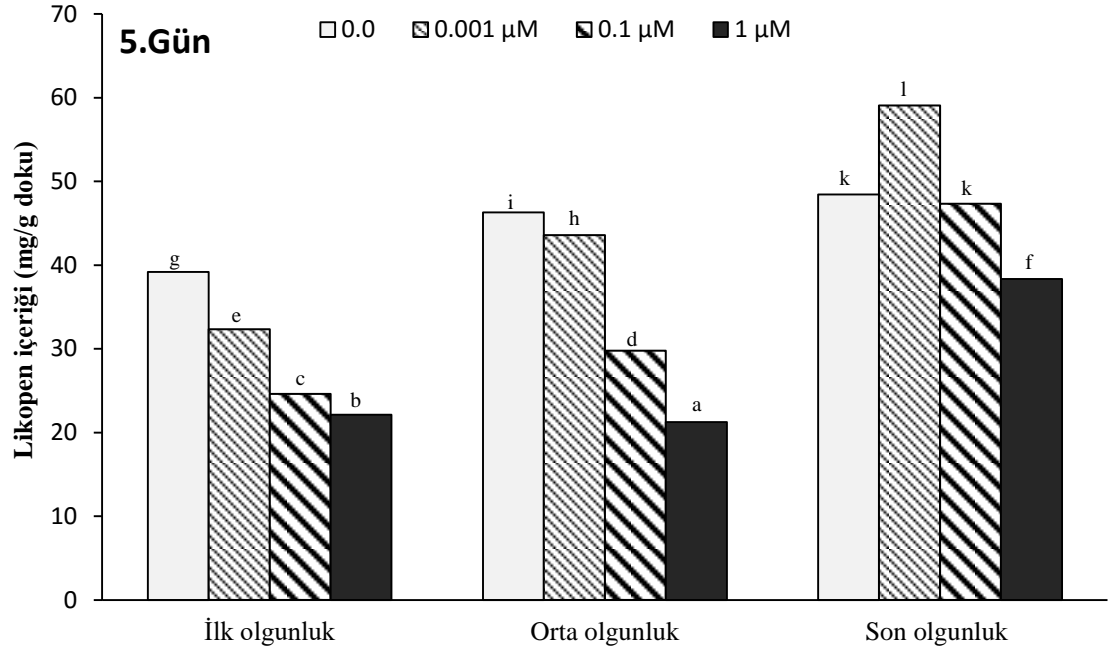
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir.  
Abs: absorban değerleri



**Şekil 4.28.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.29.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.30.** EBL uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri

#### 4.3.3. SA uygulamasına ait bulgular

İlk, orta ve son olgunluktaki meyvelere farklı konsantrasyonlarda SA (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) uygulamaları ile 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen meyvelerde likopen içeriğine ait bulgular Çizelge 4.11 ve Şekil 4.31-33'te sunulmuştur. Uygulamadan sonra 1. gün sonunda ilk olgunluktaki meyvelerde 1 ve 5 mM SA uygulamaları kontrol grubuyla kıyaslandığında likopen içeriğini önemsiz derecede düşürmüştür ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.31), 0.01 ve 0.1 mM SA uygulamaları ise anlamlı bir değişiklik yapmamıştır ( $p > 0.05$ ). Orta ve son olgunluk aşamasındaki meyvelerde ise özellikle 5 mM SA uygulaması kontrole kıyasla likopen içeriğini önemli oranda düşürmüştür ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.31). Uygulamadan sonra, 3. gün sonuçlarında ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde genelde SA uygulamalarının hemen hepsi likopen içeriğini kontrole göre düşürmüştür (Şekil 3.32). Ayrıca SA'nın 5 mM konsantrasyonunun likopen içeriğini düşürmede çok daha etkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin kontrol grubuyla kıyaslandığında 5 mM SA orta olgunlukta likopen içeriğini kontrole göre %32, son olgunlukta ise %76 oranında düşürmüştür (Çizelge 4.11). Uygulamadan sonra 5. gün sonuçlarına bakıldığında; ilk,

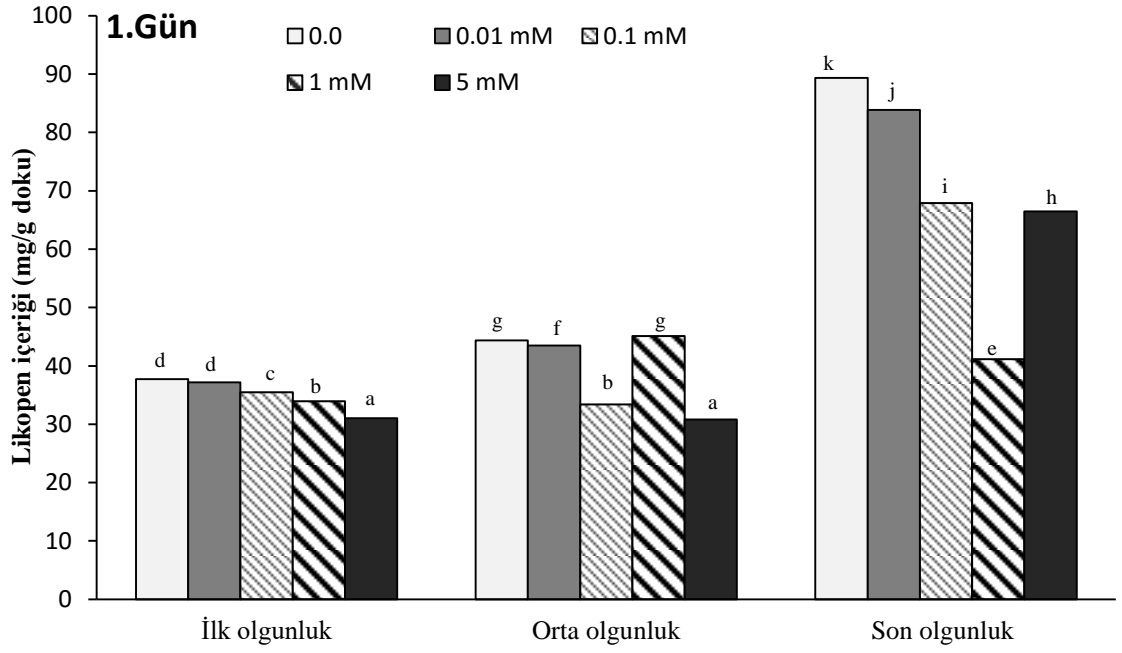
orta ve son olgunluk aşamasındaki meyvelerde SA'nın tüm konsantrasyonları bazı istisnalarla likopen içeriğini önemli oranda düşürmüştür (şekil 4.33). Genelde SA uygulamaları ile likopen içeriğinin düşüşü SA'nın konsantrasyon artışına paralel olmuştur. Ancak 0.01 ve 0.1 mM SA uygulamaları likopen içeriğini arttırıcı bir etki göstermiştir ( $p<0.05$ ) (şekil 4.33).



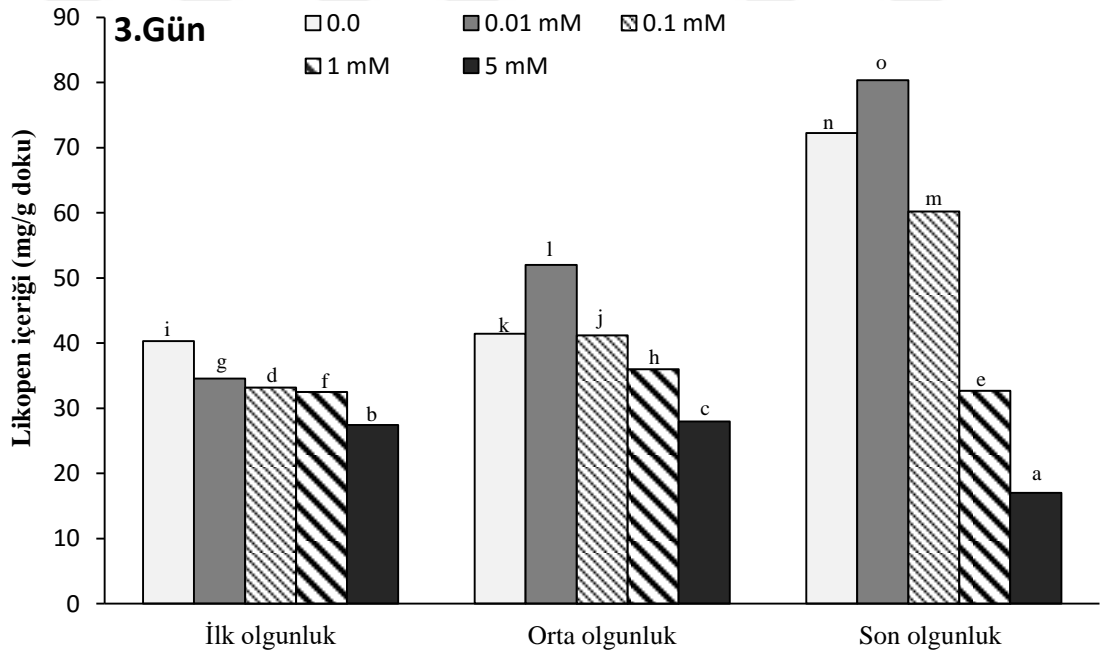
**Çizelge 4.11.** SA uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri

Olgunluk	SA (mM)	1. gün Abs	Likopen (mg/g doku)	3. gün Abs	Likopen (mg/g doku)	5. gün Abs	Likopen (mg/g doku)
İlk	0.0	1.210±0.0002 <sup>d</sup>	37.75	1.292±0.0014 <sup>i</sup>	40.31	1.408±0.0042 <sup>f</sup>	43.92
	0.01	1.192±0.0005 <sup>d</sup>	37.19	1.108±0.0021 <sup>g</sup>	34.56	1.104±0.0036 <sup>c</sup>	34.44
	0.1	1.137±0.0034 <sup>c</sup>	35.47	1.064±0.0033 <sup>d</sup>	33.19	1.066±0.0045 <sup>d</sup>	33.25
	1	1.088±0.0058 <sup>b</sup>	33.94	1.042±0.0042 <sup>f</sup>	32.51	0.933±0.0021 <sup>c</sup>	29.10
	5	0.994±0.0069 <sup>a</sup>	31.01	0.879±0.0051 <sup>b</sup>	27.42	0.622±0.0018 <sup>a</sup>	19.40
Orta	0.0	1.422±0.0023 <sup>g</sup>	44.36	1.328±0.0062 <sup>k</sup>	41.43	1.686±0.0044 <sup>h</sup>	52.60
	0.01	1.393±0.0057 <sup>f</sup>	43.46	1.667±0.0048 <sup>l</sup>	52.01	2.018±0.0015 <sup>k</sup>	62.96
	0.1	1.071±0.0069 <sup>b</sup>	33.41	1.321±0.0074 <sup>j</sup>	41.21	2.064±0.0012 <sup>l</sup>	64.39
	1	1.446±0.0076 <sup>g</sup>	45.11	1.154±0.0023 <sup>h</sup>	36.00	1.465±0.0040 <sup>g</sup>	45.70
	5	0.988±0.0011 <sup>a</sup>	30.82	0.897±0.0034 <sup>c</sup>	27.98	0.858±0.0082 <sup>b</sup>	26.76
Son	0.0	2.864±0.0036 <sup>k</sup>	89.35	2.316±0.0057 <sup>n</sup>	72.25	2.326±0.0071 <sup>n</sup>	72.57
	0.01	2.688±0.0041 <sup>j</sup>	83.86	2.575±0.0084 <sup>o</sup>	80.34	2.144±0.0032 <sup>m</sup>	66.89
	0.1	2.167±0.0027 <sup>i</sup>	67.89	1.930±0.0062 <sup>m</sup>	60.21	1.909±0.0065 <sup>j</sup>	59.56
	1	1.319±0.0066 <sup>e</sup>	41.15	1.048±0.0027 <sup>c</sup>	32.69	1.899±0.0054 <sup>i</sup>	59.24
	5	2.130±0.0006 <sup>h</sup>	66.45	0.545±0.0042 <sup>a</sup>	17.00	1.614±0.0058 <sup>g</sup>	50.35

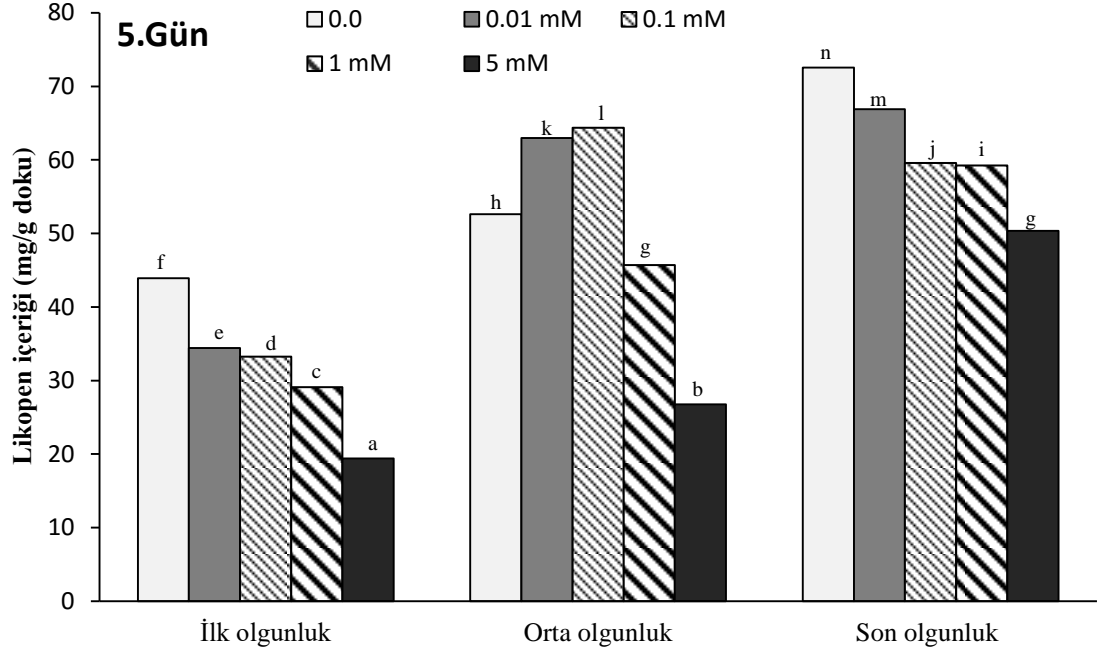
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre (p>0.05) önemsizdir. ± standart hatayı gösterir.  
Abs: absorbans değerleri



**Şekil 4.31.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.32.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.33.** SA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri

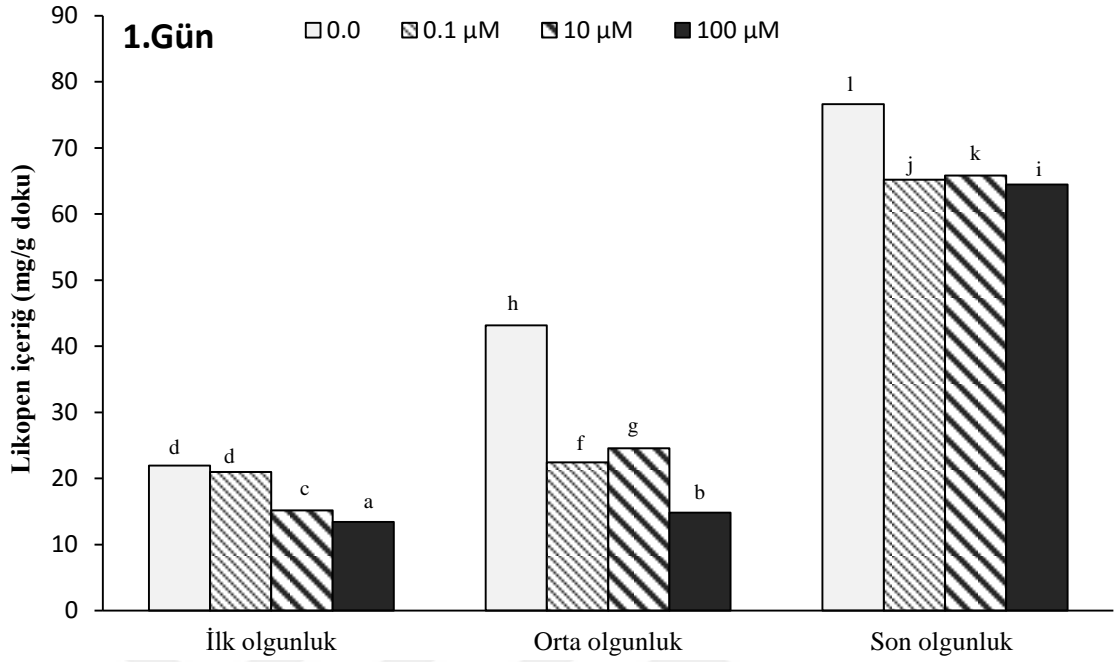
#### 4.3.4. ABA uygulamasına ait bulgular

ABA uygulaması (0.1, 10 ve 100  $\mu\text{M}$ ) sonucu 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen domates meyvesine ait likopen içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.12 ve Şekil 4.34-36'te sunulmuştur. Uygulamadan sonra 1. gün sonunda; ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde ABA konsantrasyonlarının hepsi likopen içeriğini kontrol grubuna göre istatistiki olarak önemli oranda düşürmüştür ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.12 Şekil 4.34). Uygulamadan sonra 3. gün de de ABA benzer şekilde kontrole göre likopen içeriğini düşürmüştür (Şekil 4.35). Uygulamadan sonra 5. gün sonuçlarında ise 0.1  $\mu\text{M}$  uygulamasının etkisi önemli olmazken, 10 ve 100  $\mu\text{M}$  uygulamalarının likopen değerini azaltıcı etki gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.35). Bu verilere göre ABA uygulamaları özellikle ilk ve orta olgunluk aşamasında domates meyvelerinde likopen içeriğini önemli oranda düşürmüştür. En etkili ABA konsantrasyonunun 100  $\mu\text{M}$  olduğu belirlenmiştir.

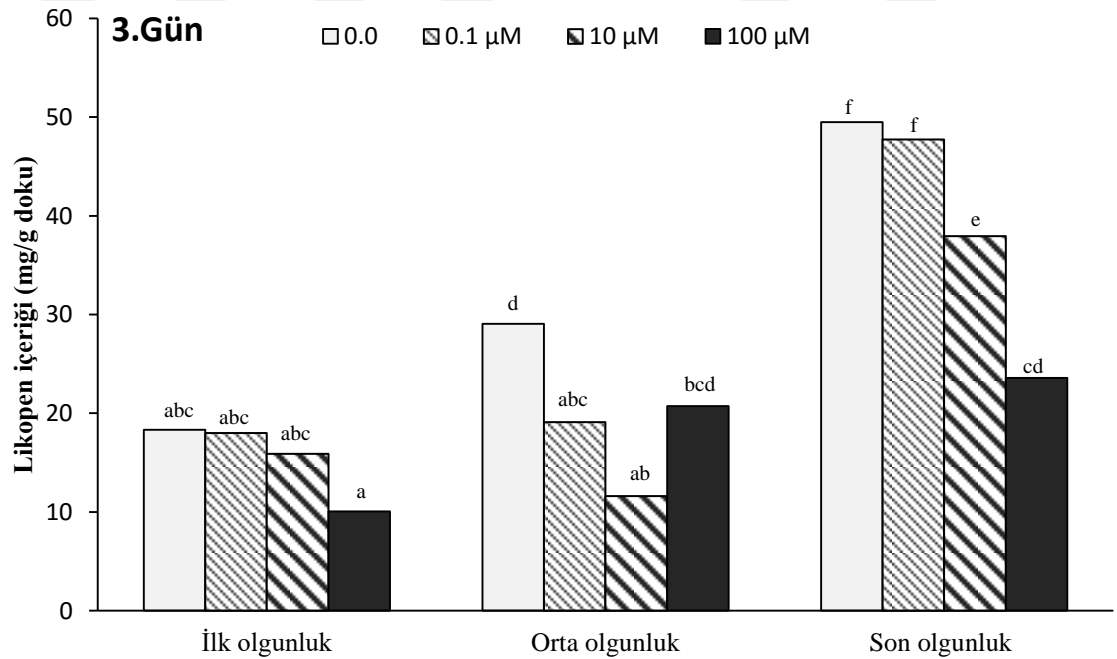
**Çizelge 4.12.** ABA uygulamasının likopen içeriği (mg/g doku) üzerine etkileri

<b>Olgunluk</b>	<b>ABA (<math>\mu</math>M)</b>	<b>1. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>3. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>	<b>5. gün Abs</b>	<b>Likopen (mg/g doku)</b>
<b>İlk</b>	0.0	0,703 $\pm$ 0,0006 <sup>d</sup>	21,93	0,588 $\pm$ 0,0066 <sup>abc</sup>	18,34	0,753 $\pm$ 0,0062 <sup>c</sup>	23,49
	0.1	0,673 $\pm$ 0,0058 <sup>d</sup>	20,99	0,577 $\pm$ 0,0097 <sup>abc</sup>	18,00	0,594 $\pm$ 0,0035 <sup>b</sup>	18,53
	10	0,507 $\pm$ 0,0063 <sup>c</sup>	15,18	0,510 $\pm$ 0,0031 <sup>abc</sup>	15,91	0,678 $\pm$ 0,0042 <sup>a</sup>	21,15
	100	0,430 $\pm$ 0,0006 <sup>a</sup>	13,41	0,323 $\pm$ 0,0085 <sup>a</sup>	10,07	0,763 $\pm$ 0,0057 <sup>d</sup>	23,80
<b>Orta</b>	0.0	1,383 $\pm$ 0,0047 <sup>h</sup>	43,14	0,932 $\pm$ 0,0058 <sup>d</sup>	29,07	1,098 $\pm$ 0,0061 <sup>g</sup>	34,25
	0.1	0,719 $\pm$ 0,0085 <sup>f</sup>	22,43	0,613 $\pm$ 0,0048 <sup>abc</sup>	19,12	1,161 $\pm$ 0,0019 <sup>h</sup>	36,22
	10	0,788 $\pm$ 0,0080 <sup>g</sup>	24,58	0,373 $\pm$ 0,0080 <sup>ab</sup>	11,63	0,853 $\pm$ 0,0063 <sup>e</sup>	26,61
	100	0,476 $\pm$ 0,0022 <sup>b</sup>	14,85	0,665 $\pm$ 0,0046 <sup>bcd</sup>	20,74	1,003 $\pm$ 0,0006 <sup>f</sup>	31,29
<b>Son</b>	0.0	2,456 $\pm$ 0,0063 <sup>l</sup>	76,62	1,586 $\pm$ 0,0052 <sup>f</sup>	49,48	2,356 $\pm$ 0,0024 <sup>k</sup>	73,50
	0.1	2,090 $\pm$ 0,0057 <sup>j</sup>	65,20	1,530 $\pm$ 0,0062 <sup>f</sup>	47,73	2,394 $\pm$ 0,0077 <sup>l</sup>	74,69
	10	2,110 $\pm$ 0,0021 <sup>k</sup>	65,83	1,216 $\pm$ 0,0071 <sup>e</sup>	37,93	2,186 $\pm$ 0,0022 <sup>j</sup>	68,20
	100	2,067 $\pm$ 0,0089 <sup>i</sup>	64,49	0,148 $\pm$ 0,0252 <sup>c</sup>	23,58	0,195 $\pm$ 0,0010 <sup>b</sup>	65,17

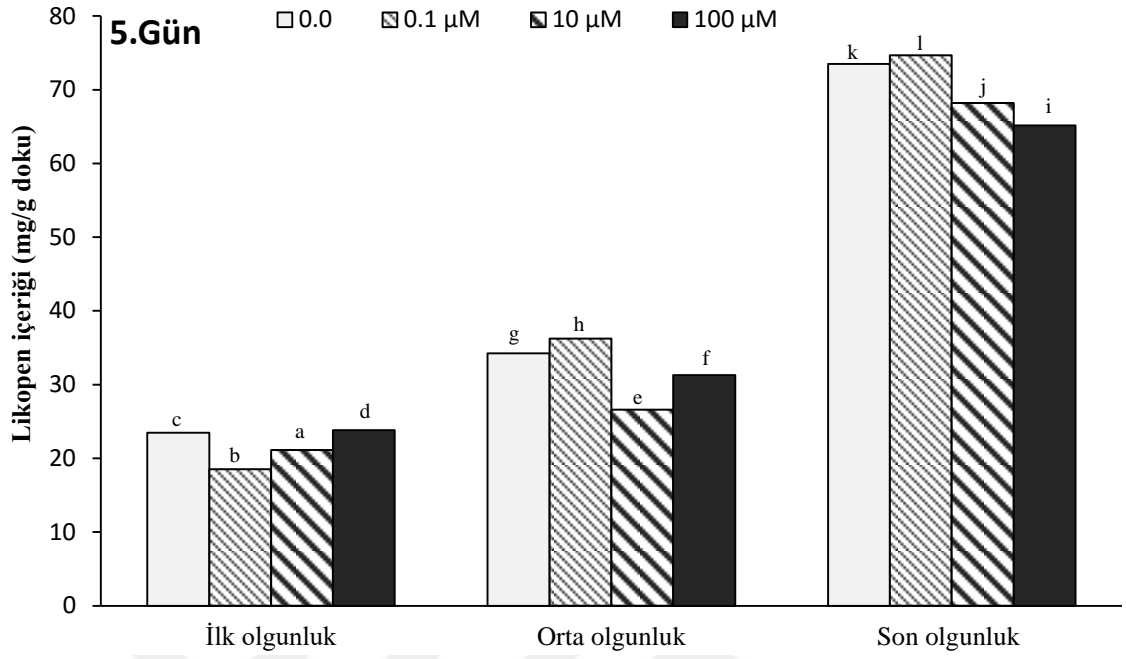
Bir sütundaki aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testine göre ( $p>0.05$ ) önemsizdir.  $\pm$  standart hatayı gösterir.  
Abs: absorbans değerler



**Şekil 4.34.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.35.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri



**Şekil 4.36.** ABA uygulamasının ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde likopen içeriğine etkileri

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Meyveler ticari açıdan önemli ve beslenme açısından vazgeçilmez bir gıda maddesidir. Dengeli bir diyetin parçası olarak meyveler, normal sağlığın korunması için gerekli olan büyüme düzenleyici faktörleri sağlayarak insan beslenmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Meyvelerde yüksek oranda ürün kaybına ve sonuçta ekonomik değerlerinin düşmesine neden olan en önemli faktörlerden biri, hasat sonrası depolama ve taşıma sürecinde hızlı olgunlaşma problemidir. Meyvelerde hızlı olgunlaşma, taşıma veya depolama esnasında meyve albenisinin kaybolmasına, meyvelerde deformasyonlara ve çürümelere yol açmaktadır. Günümüzde yapılan meyve ticaretinde, meyvelerin hasat edildiği yerden çok daha uzak pazarlara (ülkeler arası) nakliyesi, bu olumsuz süreçleri daha fazla etkilemektedir. Bu nedenle meyvelerin önemli bir kısmı hedef kitleye ulaşmadan ya yolda ya da toplu aktarım alanları olan şehir hallerinde veya marketlerde zayi olmaktadır.

Biyolojik anlamda meyve olgunlaşması, son derece koordine edilmiş bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve organoleptik değişiklik içeren ve geri dönüşümü olmayan bir olgudur. Ham meyve sonuçta, arzu edilen nitelikleri taşıyan yumuşak yenilebilir olgun bir meyveye dönüşür. Olgunlaşma sırasında meydana gelen aşırı miktarda dokusal yumuşama, depolama sürecinde bozulmaya neden olur. Özellikle karbohidratlar, olgunlaşma sürecinde depolimerizasyona uğrayarak daha küçük yapıtaşlarına parçalanır. Bu da belirli enzimlerin indüklenmesiyle olgunlaşma düzeylerinin eş zamanlı olarak başlamasına neden olur. Olgunlaşma sırasında modifikasyona tabi tutulan hücre polisakaritlerinin başlıca sınıfları nişasta, pektinler, selüloz ve hemiselülozlardır. Pektinler, primer hücre duvarı ve orta lamelin ortak ve ana bileşenleri olup meyvelerin dokusuna ve kalitesine önemli katkıda bulunur. Olgunlaşma sırasında parçalanması, meyvelerin doku yumuşamasından sorumlu olan ana faktördür. Poligalakturonaz, pektin metilesteraz, liyaz ve ramnogalakturonaz gibi pektin parçalayıcı enzimler bu olgunlaşma işlevinde en başat olan enzimlerdir (Prasanna *et al.* 2010).

Domatesin üreticiden tüketiciye ulaştırılması aşamasında diğer birçok klimakterik meyvede olduğu gibi bazı problemler yaşanmaktadır. Domateste hızlı meyve olgunlaşmasından dolayı depolama ve raf ömrü kısaldığı için her ne kadar üretimde verim yüksek olsa da yaşanan bu durumlar yüzünden üründe önemli kayıplar meydana gelmektedir. Dünyanın en başarılı üretimini gerçekleştiresek bile ürünümüz hedef kitleye ulaşmadan yumuşuyor, çabuk bozuluyor ise bu bir anlam ifade etmemektedir. Bu problemler değerlendirilerek mevcut araştırmamızda klimakterik bir meyve olan domateste hasat sonrası olgunlaşmayı hızlandıran (Poligalakturonaz ve Pektin metilesteraz) enzimlerin inhibisyonu yapılarak domatesin raf ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. Bu nedenle çalışmamızda, domates meyvesinin farklı olgunluk dönemlerinde (ilk, orta ve son) NO donörü olarak sodyum nitroprussid (SNP), brassinosteroid (BR), salisilik asit (SA) ve absisik asit'in (ABA) farklı konsantrasyonlarının, pektin metilesteraz (PME), poligalakturonaz (PG) enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri ve meyvedeki likopen değişimleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen istatistik olarak anlamlı ( $P<0.05$ ) bulgular literatür verileriyle tartışılmıştır.

## **5.1. Çalışılan Bileşiklerin PME Aktivitesi Üzerine Etkileri**

### **5.1.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi**

SNP yaygın şekilde çalışılan demir nitrosil ailesinin bir üyesi olup sistematik ismi sodyum pentasiyanotirosil ferrat (II)'dir. Bu inorganik bileşikte demir ferrous ( $Fe^{+2}$ ) formundadır ve nitrik oksit (NO) radikali, ( $NO^+$ ) olarak ona bağlıdır. Kimyasal reaktivitenin, özellikle de tiollerle yapılan kapsamlı çalışmalara rağmen, SNP'den NO salınım mekanizması halen net olarak anlaşılamamıştır (Rico and Rodriguez 2014). Ancak SNP bulunduğu ortama NO salınımı yapan bileşiklerden en önemlisidir. Çalışmamızda domates meyveleri ilk olgunluk (açık yeşil), orta olgunluk (tam sarı-turuncu) ve son olgunluk (tam kırmızı) aşamalarında toplanmış ve her olgunluk aşamasındaki meyvelere SNP (0.1, 1 ve 100  $\mu M$ ) uygulandıktan sonra, meyveler 1, 3 ve 5 gün süreyle inkübe edilmiştir. Uygulama yapılmış ve yapılmamış (kontrol) domates

meyve dokularında PME enzim aktivitesi belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, domates meyvelerinde olgunluk aşaması ilerledikçe (ilk olgunlaşma aşamasından tam olgunlaşma aşamasına kadar) PME aktivitesinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.1-3). Bu sonuç, olgunlaşma ile PME enzim aktivitesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Örneğin 5. gündeki domates meyveleri değerlendirildiğinde, PME aktivitesi kontrol meyveleri için ilk olgunlukta 6,96, orta olgunlukta 15,38 ve son olgunlukta 23,12 EU/mg doku olmuştur. Diğer taraftan, 0.1  $\mu$ M SNP uygulaması genel olarak ilk, orta ve son olgunlukta meyvelerde, çalışılan bekletme sürelerinde (1, 3 ve 5 gün) PME aktivitesi üzerinde anlamlı bir etki yapmamıştır. Ancak; 1 ve 100  $\mu$ M SNP uygulamaları, özellikle uygulamanın 1. ve 3. günlerden sonra çalışılan üç olgunluk aşamasında da PME enzim aktivitesini önemli derecede inhibe etmiştir. Bu inhibisyonda 100  $\mu$ M SNP uygulaması, 1  $\mu$ M uygulamasından daha etkili olmuştur (Şekil 4. 1-3). Daha önce yapılan bir çalışmada erik meyvesine SNP uygulanmasının sonucunda PME enzim aktivitesini azaltarak pektin çözünürlüğünü baskıladığı belirtilmiştir. Buna bağlı olarak da erik meyvesinin raf ömrünü %120 oranında arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Zhang *et al.* 2007b). Elma ve şeftali meyveleri ile yapılan bir çalışmada SNP (NO donörü olarak) uygulamasının meyvelerde etilen biyosentezini baskıladığını ve böylece olgunlaşma sürecinin uzadığını belirlenmiştir (Rudel and Mattheis 2005). Etilen hormonundaki artışın PME gibi pektin parçalayıcı enzimlerin aktivitesini artırdığı bilinmektedir. Elma ve muz meyveleri üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise SNP uygulamasının PG, PME ve endo- $\beta$ -1,4-glukanaz enzimleri üzerinde inhibe edici etki gösterdiği belirtilmiştir (Cheng *et al.* 2009).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, daha önce yapılan çalışmalarla mevcut çalışmadaki sonuçların paralellik gösterdiği görülmektedir. Çalışmada; SNP uygulamasının domates meyvesinde PME enzim aktivitesini önemli ölçüde düşürerek meyve olgunlaşmasının yavaşlatılmasına önemli katkı yaptığı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak SNP uygulamasıyla domates meyve raf ömrünü uzatılabileceği söylenebilir. İlave olarak SNP'nin çok düşük konsantrasyonlarda etkiye sahip olması ve SNP'nin etkisini gösterdikten sonra bitki dokularında hızla metabolize edilmesi insan ve çevre sağlığı açısından kullanımının yararlı olabileceği düşünülmektedir.

### 5.1.2. EBL uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi

İlk, orta ve son olgunluk aşamasındaki domates meyvelerine EBL (0.001, 0.1 ve 1  $\mu$ M) uygulanmış meyvelerde 1, 3 ve 5 gün sonra PME aktivitesi belirlenmiştir (Çizelge 4.2 ile Şekil 4. 4-6). Verilere göre, özellikle 0.1 ve 1  $\mu$ M EBL uygulamaları ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME aktivitesini genelde düşürmüştür. Aktivitenin düşürülmesinde 1  $\mu$ M uygulamasının daha etkili olduğu da görülmektedir. Veriler EBL uygulamasından sonraki inkübasyon sürelerine göre değerlendirildiğinde, aktivitedeki düşüş özellikle çalışılan her üç sürede (1, 3 ve 5 gün) görülmekle birlikte 5. gündeki aktivitedeki düşüşler daha anlamlı olmuştur (Çizelge 4.2). Bu verilere göre EBL uygulaması yapıldıktan sonra 5 gün geçmesine rağmen, EBL'nin PME aktivitesi üzerinde inhibisyon etkisinin devam ettiği görülmektedir. Bu sonuç domates meyvelerinin olgunlaşma hızında yavaşlamayı gösteren en önemli göstergelerden birisidir. Bu sonucu destekleyen bazı literatür verileri de bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada çevre dostu güvenli bir regülatör olan brassinosteroidlerin, meyvede yalnızca bozulmayı azaltarak değil, aynı zamanda meyve ve sebzelerin besleyici kalitesini korumak ve hasat sonrası kayıpları en aza indirmek için kullanılmıştır (Aghdam *et al.* 2016). Örneğin EBL'nin çilek meyvesinin olgunlaşmasında önemli bir rol oynadığı ve erken meyve gelişiminde rol oynayabileceği gösterilmiştir. Ayrıca bu çalışma, çilek meyvesinin renginin yeşilden kırmızıya doğru renklenmesinde belirgin şekilde gecikme olduğunu da ileri sürmüştür (Chai *et al.* 2013). Çalışmamızdan elde edilen bulgular, literatürü desteklemekle birlikte, ayrıca EBL uygulamasının PME enzim aktivitesini inhibe ederek meyve olgunlaşmasının gecikmesine katkı yaptığını göstermektedir.

### 5.1.3. SA uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi

Son yıllarda bir bitki hormonu olarak değerlendirilen SA'nın bitkide çok geniş spektrumda fizyolojik etkileri ortaya konmuştur. Özellikle bitkilerin patojen saldırısında sistemik direnci (SAR) harekete geçirmesi ve hücre çeperlerinin patojen girişine karşı güçlendirmesi bunlardan en önemlileri arasındadır. Ayrıca SA, bitkide hücre çeperini yumuşatan etilen hormonunun sentezini de baskılayarak hücre çeperi dayanıklılığını

artırabilmiştir. Örneğin SA'nın, armutta (Leslie and Romani 1986, 1988), havuç süspansiyon kültürlerinde (Roustan *et al.* 1990), elma ve armut disklerinde ve mung fasülyesi hipokotillerinde etilen üretimini inhibe ettiği bildirilmiştir (Romani *et al.* 1989). Bu çalışmada, ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerine farklı SA (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) uygulamalarından sonra, 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen meyvelerde PME aktivitesinde önemli sonuçlara ulaşılmıştır (Şekil 4.7-9). SA uygulamasından sonra 1 gün bekletilen ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde ilk olgunlukta 0.01 ve 1 mM; son olgunlukta 0.1 mM SA uygulamaları PME enzim aktivitesini düşürmüştür (Şekil 4.7). 3. gündeki uygulama sonuçlarında ise orta olgunluktaki meyvelerde 1 ve 5 mM SA uygulamaları, 5. günde ise ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde 0.01, 0.1, 1 ve 5 mM SA uygulamaları PME enzim aktivitesini önemli derecede düşürebilmiştir (Şekil 4.7-9). Elde edilen bulgular literatür verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, örneğin muz meyvesi üzerine yapılan bir çalışmada; SA uygulaması sonucunda meyve hücre duvarını parçalayan enzimlerin faaliyetlerini azalttığı, buna bağlı olarak meyve olgunlaşmasını geciktirerek raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir (Srivastava and Dwivedi 2000). Bu sonuç mevcut çalışmayla paralellik göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada ise ilk olgunluk aşamasındaki domates meyvesine farklı konsantrasyonlarda SA (0.5, 0.75 ve 1 mM) uygulaması sonucunda meyvede olgunlaşmada yer alan etilen ve etilen biyosentezi enzimlerinin (ACS ve ACO) (Asetil CoA sentaz ve Asetil CoA oksidaz) baskılanarak olgunlaşmanın geciktiği görülmüştür. Bu konsantrasyonlardan özellikle 0.75 mM uygulamasının daha etkili olduğu belirlenmiştir (Kant *et al.* 2014). Bu bağlamda mevcut çalışmada elde edilen verilere göre; ilk, orta ve son olgunluk aşamasındaki domates meyvesinde diğer konsantrasyonlara kıyasla özellikle 1 mM SA uygulamasının PME aktivitesini azaltarak olgunlaşmayı geciktirmede başarılı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgulara göre; özellikle 1 mM SA uygulamasının domates meyvesinde olgunlaşmayı geciktirerek meyve raf ömrünü uzatmada etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. SA'nın doğal bir bileşik olması ve bitkilerde kısa süre içerisinde metabolize edilmesi, kullanılmasının insan ve çevre sağlığı açısından uygun olduğunu da göstermektedir.

#### 5.1.4. ABA uygulamasının PME aktivitesi üzerine etkisi

Son yıllarda, meyvelerin olgunlaşmasının kontrolünde etilenden bağımsız etkenlerin de bulunduğu birçok çalışmayla gösterilmiştir. Örneğin, domates meyvesinin olgunlaşmasının inhibisyonunda, bir ara düzenleyici olarak, absisik asitin (ABA) merkezi bir rolü olduğu ileri sürülmüştür (Zhang *et al.* 2009; Su *et al.* 2015). Ayrıca ABA'nın meyve olgunlaşması ve yaşlanmasında önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Giovannoni 2001, 2004; Zhang *et al.* 2009a,b). Meyve olgunlaşması esnasındaki olgunlaşmamış meyvelerdeki düşük içsel ABA seviyeleri ve önemli miktarda birikimi, ABA'nın şeftali (Zhang *et al.* 2009a), avokado (Adato *et al.* 1976), domates (Sheng *et al.* 2008; Zhang *et al.* 2009b), muz (Lohani *et al.* 2004), elma (Buesa *et al.* 1994) gibi klimakterik meyvelerde olgunlaşma ve yaşlanmada kilit bir rol oynadığını düşündürmektedir. Bu çalışmada, elde edilen bulgulara göre, domates meyvelerinde olgunluk aşamalarına göre PME aktivitesinin arttığı görülmektedir (Şekil 4. 10-12). Bu da olgunlaşmayla PME enzim arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Diğer taraftan, uygulama yapılmamış (kontrol grubu) domates meyvelerine kıyasla 0.1 µM ABA uygulandıktan sonra 1 ve 3 gün süreyle bekletilen ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerin hepsinde PME enzim aktivitesinde anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır. Ancak aynı koşullardaki meyvelere 10 ve 100 µM ABA uygulaması, PME enzim aktivitesini önemli derecede inhibe etmiştir. İlave olarak, her üç olgunluk aşamasında özellikle uygulamanın 5. günündeki meyvelerde 100 µM ABA, diğer konsantrasyonlara göre, PME enzim aktivitesini önemli seviyede düşürmüştür. Literatürde yapılan bir çalışmada klimakterik olmayan bir meyve olan yaban mersinine dışsal ABA uygulamasının olgunlaşmayı erteleyen etkileri ve bitki büyümesini inhibe eden fonksiyonları ile katkı sağlayabileceği belirlenmiştir (Seeman and Sharkey 1987). Mevcut bulgulara göre domates meyvelerinin her üç olgunluk aşamasında da PME enzimini anlamlı derecede inhibe eden 100 µM ABA'dır. Mevcut bulgular literatür verileri ile değerlendirildiğinde, domates meyvelerine ABA uygulamaları PME aktivitesini inhibe ederek meyvenin olgunlaşma hızının yavaşlatılmasında önemli katkı sağlayabileceği ileri sürülmüştür.

## 5.2. Çalışılan Bileşiklerin PG Aktivitesi Üzerine Etkileri

### 5.2.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi

Domates meyveleri ilk olgunluk (sarı-yeşil), orta olgunluk (sarımsı-kırmızı) ve son olgunluk (tam kırmızı) aşamalarında toplanmış ve her olgunluk aşamasındaki meyvelere bir NO donörü olan SNP (0,1, 1 ve 100  $\mu\text{M}$ ) uygulanmıştır. Daha sonra meyveler 1, 3 ve 5 gün süreyle inkübe edildikten sonra, uygulama yapılmış ve yapılmamış domates meyve dokularında PG enzim aktivitesi belirlenmiştir. Çalışmada ilk dikkati çeken bulgu, meyvelerde olgunluk aşaması ilerledikçe (ilk olgunlaşma aşamasından tam olgunlaşmasına) PG aktivitesinin arttığı görülmektedir (Şekil 4. 13-15). Bu sonuç, olgunlaşma ile PG enzim aktivitesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Örneğin 1., 3. ve 5. gündeki domates meyvelerinde, PG aktivitesi kontrol meyvelerinde ilk olgunluktan son olgunluk aşamasına kadar düzenli bir artış göstermiştir. SNP uygulaması yapılarak 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PG enzim aktivitesine ait bulgular Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Sunulan verilere göre, 1 ve 100  $\mu\text{M}$  SNP uygulamasından 1 gün sonra (1. gün) orta ve son olgunluktaki meyvelerde PG enzim aktivitesini düşürmüştür. Ancak aynı SNP uygulamaları ilk olgunlukta PG enzim aktivitesinin düşürülmesinde başarılı olamamıştır. SNP uygulamasından 3 gün sonra (3. Gün) ise SNP’nin 3 konsantrasyonu da (0,1, 1 ve 100  $\mu\text{M}$ ) üç olgunluktaki meyvelerde PG enzim aktivitesini azaltmıştır. Buna ilave olarak, 5. gün sonunda da ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelere uygulanan 100  $\mu\text{M}$  SNP PG enzim aktivitesinin düşmesine neden olmuştur. Bu veriler genel olarak değerlendirildiğinde, SNP’nin 100  $\mu\text{M}$  uygulaması hemen her olgunluk aşamasında uygulamadan sonraki günlere çok bağımlı olmaksızın PG aktivitesini inhibe etmiştir (Şekil 4. 13-15).Mevcut çalışmadan elde edilen bulguları destekleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin daha önce yapılan bir çalışmada PG aktivitesi ile meyve yumuşaması (olgunlaşması) arasındaki ilişki ortaya konmuş ve yeşilden (ham) tam kırmızıya olgunlaşma sürecinde PG aktivitesinin arttığı ve bu artışın bir sebebi olarak hücreler arası orta lamelin eridiği belirtilmiştir (Giovannoni *et al.* 1992). Yine şeftali meyvelerine dışsal olarak hasattan önce 14 gün boyunca 25, 50 and 100  $\mu\text{M}$  SNP uygulamaları yapılmış ve sonucunda 25

ve 50  $\mu\text{M}$  SNP uygulamalarının etilen üretimini baskılayarak olgunlaşmayı geciktirdiği görülmüştür (Saba and Moradi 2017). Bu çalışmada doğrudan PG aktivitesi çalışılmamış olsa da literatürde etilenin PG aktivitesini artırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Lohani *et al.* 2004). Bir başka çalışmada ise domates meyvesine 1 mM NO (SNP olarak) uygulamasının olgunlaşmayı geciktirerek meyve kalitesini arttırdığı belirlenmiştir (Wang *et al.* 2011). Yaptığımız çalışma ile literatürde yer alan çalışmaları kıyasladığımızda; literatürde yer alan çalışmalarda dışsal SNP uygulamasının etilen üretimini baskıladığı ve olgunlaşmayı geciktirdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise SNP'nin meyve olgunlaşmasında yer alan PG enzim aktivitesini inhibe ettiği ve bunun sonucu olarak meyvelerde olgunlaşmanın yavaşlamasına katkı yaptığı belirlenmiştir.

### **5.2.2. EBL uygulamasının PG enzim aktivitesi üzerine etkisi**

Çalışmada EBL (0.001, 0.1 ve 1  $\mu\text{M}$ ) uygulamaları yapılarak 1, 3 ve 5 gün süreyle bekletilen ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde, ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerine EBL uygulamalarının tümü PG aktivitesini düşürmüştür (Şekil 4.6). Ayrıca PG aktivitesinde belirlenen düşüşler, uygulanan EBL konsantrasyon artışıyla doğru orantılıdır (Şekil 4. 16-18). Özellikle 1  $\mu\text{M}$  EBL, kontrol grubuna göre, enzim aktivitesini önemli ölçüde düşürmüştür. Bu verilere göre bekletme süresi arttıkça meyvelere uygulanan EBL'nin tüm konsantrasyonlarının PG enzim aktivitesini düşürdüğü belirlenmiştir. Bu bulgulara göre domates meyvelerinde her aşamada (ham veya olgunluk) EBL uygulamalarının PG aktivitesini inhibe ettiği ileri sürülebilir. Literatürde doğrudan EBL uygulaması ile PG aktivitesi arasında ilişkiyi gösteren bir çalışma olmamasına rağmen, bazı çalışmalarda mevcut bulguları destekleyecek sonuçlara ulaşmışlardır. Örneğin yapılan bir çalışmada; mango meyvesine dışsal EBL uygulandığında, meyve dokularında etilen üretiminin arttığı ve bunun sonucu olarak solunum ve meyve olgunlaşmasının hızlandığı ileri sürülmüştür (Zaharah *et al.* 2012). Mevcut bulgular bu çalışma verilerine ilave olarak EBL'nin olgunlaşma sürecinde PG aktivitesini inhibe ettiğini göstermiştir.

### 5.2.3. SA uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi

SA (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) uygulamaları yapılan farklı olgunluklardaki (ilk, orta ve son) domates meyvelerinin 1., 3. ve 5. gün sonundaki PG enzim aktivitelerine ait bulgular değerlendirildiğinde, SA uygulamalarının ilk ve orta olgunlukta meyvelerde, uygulamadan 1 ve 3 gün sonra PG aktivitesi üzerinde istatistik olarak anlamlı ve düzenli bir etki yapmadığı görülmektedir (Şekil 4. 19-20). Ancak özellikle 1 ve 5 mM SA, PG aktivitesini inhibe etmiştir (Şekil 4. 19-20). Diğer taraftan SA uygulamasından sonra, 5. günde, her üç olgunluk aşamasında uygulanan 1 ve 5 mM SA PG aktivitesini önemli oranda düşürmüştür (Şekil 4.21). Bu sonuçlara göre domates meyvelerine SA uygulandığında PG aktivitesinin düştüğü ve bu düşüşte en etkili konsantrasyonun 1 ve 5 mM SA olduğu belirlenmiştir. Dikkat edilirse SA uygulaması daha çok, domateste uygulamadan en az 5 gün geçtikten sonra PG aktivitesini düşürmektedir. Bu SA'nın olgunlaşma cevaplarını daha geç başlattığının bir delili olabilir. Bu diğer bileşiklere göre, SA'nın meyve olgunlaşmasını daha uzun sürede yavaşlatarak meyvenin depolama sürecinde bir avantaj sağlayabileceğine işaret edebilir. Literatürde mevcut bulguları destekleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Kant ve Arora, (2014) tarafından yapılan çalışmada; ilk olgunlukta domates meyveleri 0.5, 0.75 ve 1.0 mM SA uygulandığında, 5-7 günlük aralıklarla klimakterik solunum, etilen üretimi ve etilen biyosentez enzim aktiviteleri (ACS ve ACO) değerlendirildiğinde, 0.75 mM SA uygulamasının klimakterik solunum ve etilen biyosentezini düşürdüğü ve domates meyvesinin raf ömrünü yedi gün arttırdığı ileri sürülmüştür. Bu çalışmada da 1 ve 5 mM SA uygulaması, uygulamadan 5 gün sonra PG aktivitesini düşürmüştür. Srivastava ve Dwivedi (2000) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise muz meyvesine çeşitli konsantrasyonlarda (500 ve 1000  $\mu$ M) dışsal SA uygulaması yapılmış ve kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. SA uygulaması yapılan meyvelerde klimakterik solunum hızı azalmış ve hücre duvarını parçalayan enzimlerin (selülaz, PG ve ksilanaz) aktivitelerinde azalma meydana geldiği bulunmuştur. Bunun sonucunda SA varlığında muz meyvesinin olgunlaşmasında azalma olduğu sonucuna varmışlardır. Literatürde yer alan çalışmalar ve mevcut çalışmadaki sonuçlar arasında paralellik olduğu

görülmektedir. Buradan dışsal SA uygulamasının, meyveler üzerinde olgunlaşmayı geciktirici etkisi olduğunu ve raf ömrünü uzattığı ileri sürülebilir.

#### 5.2.4. ABA uygulamasının PG aktivitesi üzerine etkisi

Çalışmada ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvesine farklı konsantrasyonlarda (1, 10 ve 100  $\mu$ M) ABA uygulamasıyla 1., 3. ve 5. gün bekletilen meyvelerde PG enzim aktivitesi üzerinde önemli sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.22-24). ABA uygulaması yapılarak bir gün (1. gün) bekletilen domates meyvelerinin ABA'nın tüm konsantrasyonları PG enzim aktivitesini üzerinde anlamlı bir etki yapmamıştır (Şekil 4.22-23). Üçüncü ve 5. gündeki uygulama sonuçlarında ise meyvenin tüm olgunluklarında 10 ve 100  $\mu$ M ABA uygulamaları aktiviteyi düşürmüştür (Şekil 4.23 ve 4.24). Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; yaban mersini (*Vaccinium darrowii*) meyvesinin Star ve Windsor varyeteleri üzerinde yapılan çalışmada, bu varyetelere farklı konsantrasyonlarda (0, 200 ve 400 ppm) dışsal ABA uygulanarak meyvelerdeki antioksidan kapasite, meyve kalitesi ve fitokimyasal içerikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Uygulama sonuçlarında; ABA her iki varyete üzerinde de meyve kalitesini arttırırken, aynı zamanda meyve olgunlaşmasını geciktirmiştir. Ancak, uygulamalar yabanmersini meyvesinde antioksidan kapasitesi ve fitokimyasal içeriği etkilemezken, meyve olgunlaşması üzerinde geciktirici etki yapmıştır (Buran *et al.* 2012). Yapılan başka çalışmada ise mango (*Mangifera indica*) meyvesine 1.0 mM ABA ve 0.2 mM nordihidroguaiaretik asit [(4,4-2,3 dimethyl tetramethylen) dipyrocatechol] uygulanarak, etilen biyosentezi ve meyve olgunlaşması incelendiğinde, ABA'nın meyve olgunlaşmasının düzenlenmesinde yer aldığını ileri sürmüşlerdir (Zaharah *et al.* 2012).

Mevcut çalışmada ise ABA'nın özellikle 10 ve 100  $\mu$ M konsantrasyonlarının domates meyvelerinin olgunlaşmasında etkili olan PG enzim aktivitesini düşürerek meyve olgunlaşmasını geciktirici etki yaptığını ve meyve olgunlaşmasını düzenlemede yer aldığı sonucuna varılmıştır. Yapılan literatür çalışmalarının mevcut çalışmayla örtüşerek ABA'nın meyve olgunlaşmasında; etilenle birlikte meyve olgunlaşmasını hızlandıran PG aktivitesi de düzenleyerek etkili olduğu desteklenmiştir.

### 5.3. Çalışılan Bileşiklerin Likopen İçeriği Üzerine Etkileri

#### 5.3.1. SNP (NO donörü olarak) uygulamasının likopen içeriğine etkisi

Bir meyvede olgunlaşmanın en önemli göstergelerinden biri pigmentlerin miktarındaki değişimdir. Örneğin domateste olgunlaşmaya kadar baskın pigment klorofildir. Olgunlaşma süresince kloroplastlar kromoplastlara dönüşmekte ve olgun meyvelerde kırmızı rengi veren likopen birikmektedir (Madhavi and Salunkhe 1998). Beta-karoten gibi likopen de 40 karbonlu karotenoid ailesinin bir üyesidir. Bu terpenoid bileşikleri meyve ve sebzelerin turuncu, kırmızı ve sarı gibi renklerde olmasını sağlarlar. Domateste olgunlaşmanın ve ticari pazarlamada ürünün kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri likopen içeriğidir. Meyve olgunlaşması sürecinde likopen oluşum hızının meyve olgunlaşma hızıyla doğrudan bir korelasyonundan dolayı, mevcut çalışmada domates meyvelerinde likopen seviyeleri de belirlenmiştir.

Çalışmada dışsal SNP uygulaması yapılarak (0.1, 1 ve 100  $\mu\text{M}$ ) 1., 3. ve 5. Gün süreyle inkübe edilen ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvesinde bulunan likopen değerlerindeki değişimler değerlendirildiğinde, kontrol grubu meyvelerinin olgunlaşma sürecinde (ilk olgunluktan son olgunluğa kadar) likopen içeriğinin arttığı görülmektedir (Çizelge 4.9). Bu da olgunlaşma ile likopen içeriği arasındaki korelasyonu göstermektedir. Bu bulgu literatür verileriyle de uyumludur (Madhavi and Salunkhe 1998). Ayrıca her üç inkübasyon süresinde 0.1  $\mu\text{M}$  SNP uygulaması genel olarak ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde likopen içeriği üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır. Ancak; 1 ve 100  $\mu\text{M}$  uygulamaları hem üç olgunlukta hem de üç farklı bekletme süresince de likopen değerlerini azaltmıştır. Farklı olarak 5. günde her konsantrasyon likopen değerini azaltıcı etki göstermiştir. Her üç gün boyunca yapılan uygulama sonuçları birlikte yorumlandığında likopen içeriğinin düşürülmesinde en önemli etkiyi 100  $\mu\text{M}$  SNP konsantrasyonunun verdiğini açıkça görmekteyiz. 100  $\mu\text{M}$  uygulaması ile kıyaslandığında diğer iki konsantrasyon da likopen içeriğinin düşürülmesinde etkili olduğu söylenebilir (Çizelge 4.9). Genel olarak yapılan SNP uygulaması domates meyvelerinde likopen seviyesini azaltmıştır. Literatürde domates

bitkilerine fide veya çimlenme aşamasında uygulanan SNP'nin domates meyve kalitesine olumlu etki yaptığı ve likopen artışını sağladığı rapor edilmiştir (Ali and İsmail 2014; Jangid and Dwivedi 2017). Ancak bu çalışmada yapıldığı gibi doğrudan domates meyvelerine SNP (NO donörü olarak) uygulamasının meyve olgunlaşmasıyla arasındaki ilişkiyi açıklayan herhangi bir çalışma olmadığından, bizim bulgularımız literatür için yeni bir bilgidir. Bu konuda daha fazla çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır.

### 5.3.2. EBL uygulamasının likopen içeriğine etkisi

Çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (0.001, 0.1 ve 1  $\mu$ M) EBL uygulaması yapılarak 1., 3. ve 5. gün bekletilen ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvesinde bulunan likopen içeriğine ait veriler Çizelge 4.10 ve değerlendirilmelerin daha iyi yapılabilmesi için Şekil 4. 28-30'da sunulmuştur. Genel olarak kontrol grubu verilerine dikkat edilirse, meyve olgunluğunun ilk aşamasından son olgunluk aşamasına kadar likopen içeriğinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.28-30). Bu sonuç domates meyvelerinin olgunlaşma ile birlikte likopen içeriğinin yükseldiğini göstermektedir. Ancak EBL uygulamasından 1 gün sonra (1. gün) ilk ve son olgunluktaki domates meyvelerine 0.001, 0.1 ve 1  $\mu$ M BR uygulaması, meyvelerde likopen içeriğini düşürmüştür. Orta olgunlukta ise yapılan uygulamalar önemli bir etki göstermemiştir. Ancak 3. gün sonuçlarında ise; 0.1 ve 1  $\mu$ M uygulamaları likopen içeriğini azaltmıştır. İlave olarak 5. günde ise her üç uygulama, her üç olgunluk aşamasında da likopen içeriğinin düşürülmesi üzerinde etkili olmuştur.

Genel bir değerlendirme altında ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerini karşılaştırıldığımızda, domates meyvelerinde olgunlaşma süreci arttıkça likopen içeriği artmıştır, ancak EBL uygulamaları meyvelerdeki likopen seviyesini genel olarak azaltmıştır. Likopen içeriğini düşürmede EBL'nin en etkili konsantrasyonu ise 1  $\mu$ M olmuştur. Buradan yola çıkılarak EBL'nin olgunlaşmayı geciktirerek likopen seviyesi üzerinde baskılayıcı etki gösterdiği sonucuna varabiliriz. Elde edilen bulgular, EBL'nin olgunlaşmada rol alan enzimlerin (PG ve PME) aktivitelerinden elde edilen bulguları da desteklemektedir (Çizelge 4.2 ve 6 ve Çizelge 4.10). Literatürde domates bitkilerine fide

aşamasında uygulanan EBL'nin domates meyvesinde likopen içeriğini düşürdüğü rapor edilmiştir (Jangid and Dwivedi 2017). Ancak bu çalışmada yapıldığı gibi doğrudan domates meyvelerine EBL uygulamasının meyve olgunlaşmasıyla arasındaki ilişkiyi açıklayan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda daha fazla çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır.

### **5.3.3. SA uygulamasının likopen içeriğine etkisi**

İlk, orta ve son olgunluktaki meyvelere farklı konsantrasyonlarda (0.01, 0.1, 1 ve 5 mM) SA uygulamasıyla 1., 3. ve 5. gün bekletilen meyvelerde likopen içeriğindeki değişimler Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Bu verilere göre; likopen içeriğinin düşürülmesi üzerinde 1. ve 3. günlerde 0.1, 1 ve 5 mM SA konsantrasyonları etkili olmuştur. Ayrıca 5 mM SA diğer dozlara göre daha etkili olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.31-33). Beşinci günde ise 1 ve 5 mM uygulamaları likopen içeriğini düşürmede etkili olmuştur. Ancak, 0.01 mM SA uygulaması genelde likopen içeriğini artırıcı etki göstermiştir. Bu bulgular SA'nın konsantrasyona bağlı olarak likopen içeriği üzerinde etkili olabildiğine de işaret eder. Farklı olgunluktaki (ilk, orta ve son) domates meyvelerini kendi içerisinde karşılaştırdığımızda; uygulama yapılan meyvelerde olgunlaşma arttıkça etkili olan konsantrasyon miktarında da artış görüldüğü ve özellikle 5 mM SA uygulamasının daha etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Likopen içeriğinden elde edilen bulgular, SA'nın olgunlaşmada rol alan enzimlerin (PG ve PME) aktiviteleri üzerinde elde edilen bulgularla da örtüşmektedir. Yapılan çalışmadaki verilere göre, düşük konsantrasyonlardaki SA uygulamalarının likopen değerlerini arttırdığını, buna nazaran konsantrasyon arttıkça SA'nın likopen içeriğini azalttığını ileri sürülebilir. Bu bulgu hemen hemen her olgunluk aşamasında gözlenmiştir. Wang vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada da 5 mM SA'nın domates meyvelerinde likopen içeriğini hem ilk olgunluk hem de orta olgunluk aşamasında düşürdüğü gösterilmiştir. Mevcut bulgular bu sonucu desteklemekle birlikte SA'nın düşük konsantrasyonlarının likopen içeriğinin artırdığını da göstermiştir.

### 5.3.4. ABA uygulamasının likopen içeriğine etkisi

Domates meyvelerine hasat sonrası farklı konsantrasyonlarda (0.1, 10 ve 100  $\mu\text{M}$ ) ABA uygulandıktan sonra 1., 3. ve 5. gün bekletilen domates meyvelerine ait likopen içeriğine ait sonuçlar Çizelge 4.12 ve Şekil 4. 34-36'da sunulmuştur. Uygulamadan sonra 1. gün; ilk, orta ve son olgunluktaki meyvelerde konsantrasyonların tümü likopen miktarında kontrol grubuna göre azaltıcı etki meydana getirmiştir (Çizelge 4.12 Şekil 4.34). Üçüncü gün verilerinde de genelde benzer bulgular belirlenmiştir. (Şekil 4.35). Beşinci gün sonuçlarında ise 0.1  $\mu\text{M}$  uygulamasının etkisi önemli olmazken, 10 ve 100  $\mu\text{M}$  uygulamalarının likopen değerini azaltıcı etki gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.35). Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde ABA'nın likopen içeriğini düşürmede hemen her aşamada etkili olduğu görülmektedir. Hasattan sonraki zamana göre ise özellikle 10 ve 100  $\mu\text{M}$  ABA daha etkili olmuştur. Literatürde yer alan bir çalışmada, domates meyvelerinde içsel ABA ile likopen arasında ters bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Yine ABA uygulaması ile de benzer veriler elde edilmiştir. Bu sonuç özellikle olgunlaşan meyvelerde daha bariz olduğu ortaya konmuştur (Ma *et al.* 2014). Bu çalışma ile bizim bulgularımız birbirini desteklemektedir. Ayrıca yine yapılan diğer bir çalışmada ise ABA'nın domates meyvelerinde etilen üretimini baskılayarak meyve olgunlaşmasını kontrol ettiği ileri sürülmüştür (Ji *et al.* 2014).

### Bu araştırmadan elde edilen önemli sonuçlar

1. SNP'nin 1 ve 100  $\mu\text{M}$  uygulamaları, üç olgunluk (ilk, orta ve son) aşamasında da PME ve PG enzim aktivitelerini ve likopen içeriğini önemli derecede inhibe etmiştir. Enzimlerin inhibisyonunda ve likopen üzerinde 100  $\mu\text{M}$  SNP, 1  $\mu\text{M}$  SNP'den daha etkili olmuştur.
2. EBL'nin 0.1 ve 1  $\mu\text{M}$  uygulamaları ilk, orta ve son olgunluktaki domates meyvelerinde PME ve PG aktivitesini genelde düşürmüştür. Aktivitelerin düşürülmesinde EBL'nin 1  $\mu\text{M}$ 'ı daha etkili olmuştur. Ayrıca bu konsantrasyonlar likopen üzerinde de aynı etkiyi göstermiştir.

3. SA'nın özellikle 1 ve 5 mM konsantrasyonları her üç olgunluk aşamasındaki domates meyvelerinde PME ve PG enzim aktivitesini düşürmüştür. Aynı sonuçlar likopen üzerinde de gözlemlenmiştir.
4. ABA'nın özellikle 100 µM dozu domates meyvelerinin olgunlaşmasında etkili olan PME ve PG enzim aktivitesini ve likopen içeriğini düşürerek meyve olgunlaşmasını geciktirici etki yapmıştır.
5. Bu bağlamda; yaptığımız çalışmada hasat sonrasında uygulanan SNP (NO donörü olarak), SA, EBL ve ABA gibi bitki büyüme düzenleyicilerinin hasat öncesinde de uygulanarak meyvelerin olgunlaşma süreçlerindeki değişimler araştırılabilir ve bu sayede de meyvelerin raf ömürlerinin uzaması sağlanabilir.
6. Sonuç olarak, hasat sonrası domates meyvelerine uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinden NO, SA, EBL ve ABA'nın uygun dozlarının meyvenin olgunlaşma aşamasına bağlı olmaksızın PME ve PG aktivitelerini ve likopen içeriğini düşürebildiği ve meyve olgunlaşmasını geciktirerek raf ömrünün uzatılmasını sağladığı belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Abacı, Z. T., 2007. Kayısı meyvesinde erken ve geç olgunlaşma üzerine etki eden biyokimyasal faktörlerin araştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Adato, I., Gazit, S. and Blumenfeld, A., 1976. Relationship between changes in abscisic acid and ethylene production during ripening of avocado fruits. *Functional Plant Biology*, 3(4), 555-558.
- Agarwal, A., Shen, H., Agarwal, S. and Rao, A. V., 2001. Lycopene content of tomato products: its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties. *Journal of medicinal food*, 4(1), 9-15.
- Agarwal, S., Sairam, R. K., Srivastava, G. C., Tyagi, A. and Meena, R. C., 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedlings. *Plant Science*, 169(3), 559-570.
- Aghdam, M. S., Babalar, M. and Sarcheshmeh, M. A. A., 2016. Impact Of Brassinosteroids On Postharvest Physiology Of Fruits and Vegetables. *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*, 203.
- Ali, Z. M., Chin, L. H. and Lazan, H., 2004. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science*, 167(2), 317-327.
- Alonso, J., Rodríguez, M. T. and Canet, W., 1995. Detection of pectinesterase in polyacrylamide gels. *Electrophoresis*, 16(1), 39-42.
- Arias, R., Lee, T. C., Logendra, L. and Janes, H., 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L, a, b color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1697-1702.
- Aurisano, N., Bertani, A., Mattana, M. and Reggiani, R., 1993. Abscisic acid induced stress-like polyamine pattern in wheat seedlings, and its reversal by potassium ions. *Physiologia Plantarum*, 89(4), 687-692.
- Balestrieri, C., Castaldo, D., Giovane, A., Quagliuolo, L. and Servillo, L., 1990. A glycoprotein inhibitor of pectin methylesterase in kiwi fruit (*Actinidia Chinensis*). *The Febs Journal*, 193(1), 183-187.
- Barnavon, L., Doco, T., Terrier, N., Ageorges, A., Romieu, C. and Pellerin, P., 2001. Involvement of pectin methyl-esterase during the ripening of grape berries: partial cDNA isolation, transcript expression and changes in the degree of methyl-esterification of cell wall pectins. *Phytochemistry*, 58(5), 693-701.
- Beligni, M. V. and Lamattina, L., 2000. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants. *Planta*, 210(2), 215-221.
- Benen, J. A. E., Van Alabeek, G. J. W. M., Voragen, A. G. J., Ve Visser, J., 2003. Pectic Esterases, (Whitaker, J. R. , Voragen, A. G. J., Ve Wong, D. W. S. Editörler), *Handbook of Food Enzymology*, Marcel Dekker Inc., N.Y., 849-856.
- Blanco, P., Sieiro, C. and Villa, T. G., 1999. Production of pectic enzymes in yeasts. *FEMS Microbiology Letters*, 175(1), 1-9.

- Boggio, S. B., Palatnik, J. F., Heldt, H. W. and Valle, E.M., 2000. Changes in amino acid composition and nitrogen metabolizing enzymes in ripening fruits of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Science*, 159(1), 125-133.
- Bordenave, M. and Goldberg, R., 1994. Immobilized and free apoplastic pectinmethylesterases in mung bean hypocotyl. *Plant Physiology*, 106(3), 1151-1156.
- Brummell, D. A. and Harpster, M. H., 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47(1-2), 311-339.
- Buesa, C., Dominguez, M. and Vendrell, M., 1994. Abscisic acid effects on ethylene production and respiration rate in detached apple fruits at different stages of development. *Revista española de ciencia y tecnología de alimentos*, 34(5), 495-506.
- Buran, T. J., Sandhu, A. K., Azeredo, A. M., Bent, A. H., Williamson, J. G. and Gu, L., 2012. Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. *Food chemistry*, 132(3), 1375-1381.
- Burg, S. P. and Burg, E. A., 1965. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science*, 148(3674), 1190-1196.
- Cardarelli, M., Botondi, R., Vizovitis, K. and Mencarelli, F., 2002. Effects of exogenous propylene on softening, glycosidase, and pectinmethylesterase activity during postharvest ripening of apricots. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(6), 1441-1446.
- Carrari, F., Asis, R. and Fernie, A. R., 2007. The metabolic shifts underlying tomato fruit development. *Plant biotechnology*, 24(1), 45-55.
- Chai, Y. M., Zhang, Q., Tian, L., Li, C. L., Xing, Y., Qin, L. and Shen, Y. Y., 2013. Brassinosteroid is involved in strawberry fruit ripening. *Plant Growth Regulation*, 69(1), 63-69.
- Clinton, S. K., 1998. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition reviews*, 56(2), 35-51.
- Clouse, S. D. and Sasse, J. M., 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annual review of plant biology*, 49(1), 427-451.
- Clouse, S. D., 2002. Brassinosteroids plant counterparts to animal steroid hormones?. *Vitamins & Hormones*, 65, 195-223.
- Clouse, S. D., 2011. Brassinosteroid signal transduction: from receptor kinase activation to transcriptional networks regulating plant development. *The Plant Cell*, 23(4), 1219-1230.
- Creelman, R. A., Mason, H. S., Bensen, R. J., Boyer, J. S. and Mullet, J. E., 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings analysis of growth, sugar accumulation, and gene expression. *Plant Physiology*, 92(1), 205-214.
- Crookes, P. R. and Grierson, D., 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. *Plant Physiology*, 72(4), 1088-1093.
- Del Río, L. A., Corpas, F. J. and Barroso, J. B. 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. *Phytochemistry*, 65(7), 783-792.

- DellaPenna, D., Bennett, A. B. and Fischer, R. L., 1992. Polygalacturonase and tomato fruit ripening. *Horticultural reviews*, 13, 67.
- Dilek, K., 2004. VI. Bahçe ürünlerinde muhafaza ve pazarlama sempozyumu, Bursa.
- Dinar, M. and Stevens, M. A., 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal American Society for Horticultural Science*, 106, 415-418.
- Femenia, A., Sánchez, E. S., Simal, S. and Rosselló, C., 1998. Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricot (*Prunus armeniaca*) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4), 487-493.
- Finkelstein, R. R., Gampala, S. S. and Rock, C. D., 2002. Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. *The Plant Cell Online*, 14, 15-45.
- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K., 2002). A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of food composition and analysis*, 15(3), 309-317.
- Fontana, R. C., Salvador, S. and Da Silveira, M. M., 2005. Influence of pectin and glucose on growth and polygalacturonase production by *Aspergillus niger* in solid-state cultivation. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 32(8), 371-377.
- Fraser, P. D., Truesdale, M. R., Bird, C. R., Schuch, W. and Bramley, P. M., 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development (evidence for tissue-specific gene expression). *Plant physiology*, 105(1), 405-413.
- Fraser, P. D., Truesdale, M. R., Bird, C. R., Schuch, W. and Bramley, P. M., 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development (evidence for tissue-specific gene expression). *Plant physiology*, 105(1), 405-413.
- García, M. J., Suárez, V., Romera, F. J., Alcántara, E. and Pérez-Vicente, R., 2011. A new model involving ethylene, nitric oxide and Fe to explain the regulation of Fe-acquisition genes in Strate plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(5), 537-544.
- Giovannoni, J. J., 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The plant cell*, 16, 70-180.
- Giovannoni, J., 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual review of plant biology*, 52(1), 725-749.
- Giuntini, D., Graziani, G., Lercari, B., Fogliano, V., Soldatini, G. F. and Ranieri, A., 2005. Changes in carotenoid and ascorbic acid contents in fruits of different tomato genotypes related to the depletion of UV-B radiation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(8), 3174-3181.
- Gonai, T., Kawahara, S., Tougou, M., Satoh, S., Hashiba, T., Hirai, N. and Yoshioka, T., 2004. Abscisic acid in the thermoinhibition of lettuce seed germination and enhancement of its catabolism by gibberellin. *Journal of Experimental Botany*, 55(394), 111-118.
- Gould, W. A., 1974. Tomato, production, processing and quality evaluation (No. 635.64 G3).
- Grove, M. D., Spencer, G. F., Rohwedder, W. K., Mandava, N., Worley, J. F., Warthen, J. D. and Cook, J. C., 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus pollen*. *Nature*, 281(5728), 216-217.
- Hadfield, K. A. and Bennett, A. B., 1998. Polygalacturonases: many genes in search of a function. *Plant physiology*, 117(2), 337-343.

- Hagerman, A. E. and Austin, P. J., 1986. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(3), 440-444.
- Heyes, J. A., Blaikie, F. H., Downs, C. G. and Sealey, D. F., 1994. Textural and physiological changes during pepino (*Solanum muricatum* Ait.) ripening. *Scientia horticultrae*, 58(1-2), 1-15.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I. and Dalessandro, G., 2011. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4), 588-595.
- Imsabai, W., Ketsa, S. and van Doorn, W. G., 2006. Physiological and biochemical changes during banana ripening and finger drop. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2), 211-216.
- Inaba, A., 1993. Recent studies on postharvest physiology and technology of horticultural crops in Japan. *Postharvest News and Technology*, 4(4), 101-104.
- Ji, K., Kai, W., Zhao, B., Sun, Y., Yuan, B., Dai, S. and Wang, H., 2014. SINCED1 and SICYP707A2: key genes involved in ABA metabolism during tomato fruit ripening. *Journal of experimental botany*, 65(18), 5243-5255.
- Jiang, M. and Zhang, J., 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. *Plant and Cell Physiology*, 42(11), 1265-1273.
- Jiang, Y. and Joyce, D. C., 2003. ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. *Plant Growth Regulation*, 39(2), 171-174.
- Kadioglu, A., Bitki Fizyolojisi, Eser Ofset, Trabzon, 1999.
- Kant, K. and Arora, A., 2014. Effects of salicylic acid on postharvest physiology of tomato. *Indian Journal of Horticulture*, 71(2), 247-252.
- Kant, K., Arora, A. and Singh, V. P., 2016. Salicylic acid influences biochemical characteristics of harvested tomato (*Solanum lycopersicon* L.) during ripening. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(1), 50-55.
- Karaçalı, İ., 1990. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, (494).
- Kaur, G., Kumar, S. and Satyanarayana, T., 2004. Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* Apinis. *Bioresource Technology*, 94(3), 239-243.
- Kertesz, Z. I., 1955. Pectic Enzymes, (Collowick, S. P. Ve Kaplan, N. O. Editörler), *Methods İn Enzymology*, Academic Press, N. Y. C., 158-166.
- Keskin, G. and Gül, U., 2004. Domates. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, TEAE-Bakış*, (5).
- Kozukue, N. and Friedman, M., 2003. Tomatine, chlorophyll,  $\beta$ -carotene and lycopene content in tomatoes during growth and maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(3), 195-200.
- Kun, Y., Ssonko Lule, U. and Xiao-Lin, D., 2006. Lycopene: Its properties and relationship to human health. *Food Reviews International*, 22(4), 309-333.
- Lai, T., Wang, Y., Li, B., Qin, G. and Tian, S., 2011. Defense responses of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 127-132.

- Lee, Y. S., 2003. Development of a 1-methylcyclopropene Package Delivery System to Control Tomato Ripening (Doctoral dissertation, Michigan State University. School of Packaging).
- Leopold, A. C. and Kriedemann, P. E., 1975. Plant Growth and Development. Tata Me.
- Leslie, C. A. and Romani, R. J., 1986. Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis. *Plant Cell Reports*, 5(2), 144-146.
- Leslie, C. A. and Romani, R. J., 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. *Plant physiology*, 88(3), 833-837.
- Lester, G. E., and Dunlap, J. R., 1985. Physiological changes during development and ripening of 'Perlita' muskmelon fruits. *Scientia Horticulturae*, 26(4), 323-331.
- Li, D., Li, L., Luo, Z., Mou, W., Mao, L. and Ying, T., 2015. Comparative transcriptome analysis reveals the influence of abscisic acid on the metabolism of pigments, ascorbic acid and folic acid during strawberry fruit ripening. *PloS one*, 10(6), e0130037.
- Li, Z., Zhao, X., Sandhu, A. K. and Gu, L., 2010. Effects of exogenous abscisic acid on yield, antioxidant capacities, and phytochemical contents of greenhouse grown lettuces. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(10), 6503-6509.
- Lohani, S., Trivedi, P. K. and Nath, P., 2004. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. *Postharvest Biology and Technology*, 31(2), 119-126.
- Ma, N., Feng, H., Meng, X., Li, D., Yang, D., Wu, C. and Meng, Q., 2014. Overexpression of tomato SINAC1 transcription factor alters fruit pigmentation and softening. *BMC Plant Biology*, 14(1), 351.
- McClain, R. M. and Bausch, J., 2003. Summary of safety studies conducted with synthetic lycopene. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 37(2), 274-285.
- Meredith, F. I. and Purcell, A. E., 1966, January. Changes in concentration of carotenes of ripening homestead tomatoes. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* (Vol. 89, No. DEC, p. 544). 701 North Saint Asaph Street, Alexandria, Va 22314-1998: American Society Horticultural Science.
- Mitchell, J. W., Mandava, N., Worley, J. F., Plimmer, J. R. and Smith, M. V., 1970. Brassins-a new family of plant hormones from rape pollen. *Nature*, 225(5237), 1065-1066.
- Muchuweti, M., Moyo, E. and Mushipe, S., 2005. Some properties of the polygalacturonase from four Zimbabwean wild fruits (*Uapaca kirkiana*, *Zizphus mauritiana*, *Tamarindus indica* and *Berchemia discolor* fruits). *Food chemistry*, 90(4), 655-661.
- Muzolf-Panek, M., Kleiber, T. and Kaczmarek, A., 2017. Effect of increasing manganese concentration in nutrient solution on the antioxidant activity, vitamin C, lycopene and polyphenol contents of tomato fruit. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(3), 379-389.
- Neill, S. J. and Burnett, E. C., 1999. Regulation of gene expression during water deficit stress. *Plant Growth Regulation*, 29(1), 23-33.
- Omoni, A. O. and Aluko, R. E., 2005. The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 16(8), 344-350.

- Palomäki, T. and Saarilahti, H. T., 1997. Isolation and characterization of new C-terminal substitution mutations affecting secretion of polygalacturonase in *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora*. *FEBS letters*, 400(1), 122-126.
- Peralta, I. E. and Spouner, D. M., 2007. History origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*) pp: 1-27. In genetic improvement of solanaceous crops, Vol. 2 tomato.
- Perkins-Veazie, P., Roberts, W. and Collins, J. K., 2007. Lycopene content among organically produced tomatoes. *Journal of vegetable science*, 12(4), 93-106.
- Petro-Turza, M., 1986. Flavor of tomato and tomato products. *Food Reviews International*, 2(3), 309-351.
- Prabha, T. N. and Bhagyalakshmi, N., 1998. Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit. *Phytochemistry*, 48(6), 915-919.
- Prasanna, V., Prabha, T. N. and Tharanathan, R. N., 2004. Pectic polysaccharides of mango (*Mangifera indica* L.): structural studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(13), 1731-1735.
- Prasanna, V., Prabha, T. N. and Tharanathan, R. N., 2005. Multiple forms of  $\beta$ -galactosidase from mango (*Mangifera indica* L. *Alphonso*) fruit pulp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(5), 797-803.
- Pressey, R. and Avants, J. K., 1982. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. *Journal of Food Biochemistry*, 6(1), 57-74.
- Qiana, W. E. N. G., Bao-lia, Z. H. O. U., Yangb, Y. U. and Ya-wena, F. U., 2007. Effects of Exogenous ABA, BR, ETH on Changes of Lycopene's Contents in Fruit of Tomato [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 6, 003.
- Reid, M. S., Rhodes, M. J. C. and Hulme, A. C., 1973. Changes in ethylene and CO<sub>2</sub> during the ripening of apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(8), 971-979.
- Rico-Lemus, M. and Rodríguez-Garay, B., 2014. SNP as an effective donor of nitric oxide for in vitro. *Plant Cell and Tissue Culture. Journal of Plant Biochemistry and Physiology*, 2, e127.
- Rock, C. D., 2000. Pathways to abscisic acid-regulated gene expression, *New Phytologist*, 148, 357-396.
- Romani, R. J., Hess, B. M. and Leslie, C. A., 1989. Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissues. *Journal of plant growth regulation*, 8(1), 63-69.
- Roustan, J. P., Latche, A. and Fallot, J., 1990. Inhibition of ethylene production and stimulation of carrot somatic embryogenesis by salicylic acid. *Biologia Plantarum*, 32(4), 273-276.
- Saba, M. K. and Moradi, S., 2017. Sodium nitroprusside (SNP) spray to maintain fruit quality and alleviate postharvest chilling injury of peach fruit. *Scientia Horticulturae*, 216, 193-199.
- Salunkhe, D. K. and Kadam, S. S., 1998. *Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Storage and Processing*.
- Sandhu, A. K., Gray, D. J., Lu, J. and Gu, L., 2011. Effects of exogenous abscisic acid on antioxidant capacities, anthocyanins, and flavonol contents of muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) skins. *Food Chemistry*, 126(3), 982-988.

- Scalfi, L., Fogliano, V., Pentangelo, A., Graziani, G., Giordano, I. and Ritieni, A., 2000. Antioxidant activity and general fruit characteristics in different ecotypes of Corbarini small tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1363-1366.
- Seymour, G. B., Colquhoun, I. J., Dupont, M. S., Parsley, K. R. and Selvendran, R. R., 1990. Composition and structural features of cell wall polysaccharides from tomato fruits. *Phytochemistry*, 29(3), 725-731.
- Shackel, K. A., Greve, C., Labavitch, J. M. and Ahmadi, H., 1991. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. *Plant Physiology*, 97(2), 814-816.
- Shackel, K. A., Greve, C., Labavitch, J. M. and Ahmadi, H., 1991. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. *Plant Physiology*, 97(2), 814-816.
- Sharp, R. E., 2002. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 211-222.
- Shashidhar, V. R., Prasad, T. G. and Sudharshan, L., 1996. Hormone signals from roots to shoots of sunflower (*Helianthus annuus L.*). Moderate soil drying increases delivery of abscisic acid and depresses delivery of cytokinins in xylem sap. *Annals of Botany*, 78(2), 151-155.
- Sheng, J., Ruan, Y., Liu, K. and Shen, L., 2008. Spatiotemporal relationships between abscisic acid and ethylene biosynthesis during tomato fruit ripening. *Acta Horticulturae*, 774, 59-65.
- Shi, J. and Maguer, M. L., 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40(1), 1-42.
- Shimada, K., Jong, C. J., Takahashi, K. and Schaffer, S. W., 2015. Role of ROS production and turnover in the antioxidant activity of taurine. In *Taurine 9* (pp. 581-596). Springer, Cham.
- Silverman, P., Seskar, M., Kanter, D., Schweizer, P., Metraux, J. P. and Raskin, I., 1995. Salicylic acid in rice (biosynthesis, conjugation, and possible role). *Plant Physiology*, 108(2), 633-639.
- Soto, A., Ruiz, K. B., Ravaglia, D., Costa, G. and Torrigiani, P., 2013. ABA may promote or delay peach fruit ripening through modulation of ripening-and hormone-related gene expression depending on the developmental stage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 64, 11-24.
- Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N., 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158(1), 87-96.
- Sticher, L., Mauch-Mani, B. and Métraux, A. J., 1997. Systemic acquired resistance. *Annual review of phytopathology*, 35(1), 235-270.
- Su, L., Diretto, G., Purgatto, E., Danoun, S., Zouine, M., Li, Z. and Chervin, C., 2015. Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxin-ethylene balance. *BMC plant biology*, 15(1), 114.
- Taiz, L. and Zeiger, S. C. E., 1998. *Plant Physiology*, University of California, Los Angeles Sinauer Associates, Inc., Publisher, 726-735.
- Taiz, L., Zeiger, E. and Türkan, İ., 2008. *Bitki fizyolojisi*. Palme Yayıncılık.

- Taylor, I. B., Burbidge, A. and Thompson, A. J., 2000. Control of abscisic acid synthesis. *Journal of Experimental Botany*, 51(350), 1563-1574.
- Thompson, A. J., Jackson, A. C., Parker, R. A., Morpeth, D. R., Burbidge, A. and Taylor, I. B., 2000. Abscisic acid biosynthesis in tomato: regulation of zeaxanthin epoxidase and 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase mRNAs by light/dark cycles, water stress and abscisic acid. *Plant molecular biology*, 42(6), 833-845.
- Tigchelaar, E.C., 1986. Tomato breeding. In *breeding vegetable crops*, Basset, M.J. Ed., AVI, 135-171.
- Tijsskens, L. M. M., Rodis, P. S., Hertog, M. L. A. T. M., Kalantzi, U. and Van Dijk, C., 1998. Kinetics of polygalacturonase activity and firmness of peaches during storage. *Journal of food engineering*, 35(1), 111-126.
- Tomassen, M. M., Barrett, D. M., van der Valk, H. C. and Woltering, E. J., 2007. Isolation and characterization of a tomato non-specific lipid transfer protein involved in polygalacturonase-mediated pectin degradation. *Journal of experimental botany*, 58(5), 1151-1160.
- Trewavas, A., 1991. An assessment of the role of ABA in plant development. In 'Abscisic acid: physiology and biochemistry'. (Eds WJ Davies, H Jones) pp. 169-188.
- Tsai, F. Y., Lin, C. C. and Kao, C. H., 1997. A comparative study of the effects of abscisic acid and methyl jasmonate on seedling growth of rice. *Plant Growth Regulation*, 21(1), 37-42.
- Tucker, G. A. and Grierson, D., 1982. Synthesis of polygalacturonase during tomato fruit ripening. *Planta*, 155(1), 64-67.
- Tucker, G. A., Robertson, N. G. and Grierson, D., 1980. Changes in polygalacturonase isoenzymes during the " ripening" of normal and mutant tomato fruit [*Lycopersicon esculentum*]. *European Journal of Biochemistry* (Germany, FR).
- Vardhini, B. V. and Rao, S. S. R., 2002. Acceleration of ripening of tomato pericarp discs by brassinosteroids. *Phytochemistry*, 61(7), 843-847.
- Vendrell, M. and Palomer, X., 1997, April) Hormonal control of fruit ripening in climacteric fruits. In VIII International Symposium on Plant Bioregulation in Fruit Production 463 (pp. 325-334).
- Wang, Y. Y., Li, B. Q., Qin, G. Z., Li, L. and Tian, S. P., 2011. Defense response of tomato fruit at different maturity stages to salicylic acid and ethephon. *Scientia Horticulturae*, 129(2), 183-188.
- Wasserman, B. P., 1984. Thermostable enzyme production. *Food technology* (USA).
- Watada, A. E., Herner, R. C., Kader, A. A., Romani, R. J. and Staby, G. L., 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience*.
- Watkins, B.C., 2003. Fruit maturity. in: Baugher, T.A., Singha, S. (Eds.), *Concise encyclopedia of temperate tree fruit*, Food products press, New York, London, Oxford. pp.103-112.
- Willats, W. G., Orfila, C., Limberg, G., Buchholt, H. C., van Alebeek, G. J. W., Voragen, A. G. and Knox, J. P., 2001. Modulation of the Degree and Pattern of Methyl-Esterification of Pectic Homogalacturonan in Plant Cell Walls Implications for Pectin Methyl Esterase Action, Matrix Properties, and Cell Adhesion. *Journal of Biological Chemistry*, 276(22), 19404-19413.

- Wojtaszek, P., 2000. Nitric oxide in plants: to NO or not to NO. *Phytochemistry*, 54(1), 1-4.
- Wold, A. B., Rosenfeld, H. J., Holte, K., Baugerød, H., Blomhoff, R. and Haffner, K., 2004. Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as related to total antioxidant capacity and chemical composition. *International journal of food science & technology*, 39(3), 295-302.
- Yanmaz, R., Duman, İ., Yaralı, F., Demir, K., Sarıkamış, G., Sarı, N. And Özalp, R., 2015. Sebze Üretiminde Değişimler Ve Yeni Arayışlar.
- Yao, H. and Tian, S., 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 253-262.
- Yentür, S., 1995. Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İstanbul (in Turkish) 492–512.
- Zaharah, S. S., Singh, Z., Symons, G. M. and Reid, J. B., 2012. Role of brassinosteroids, ethylene, abscisic acid, and indole-3-acetic acid in mango fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(3), 363-372.
- Zhang, M., Leng, P., Zhang, G. and Li, X., 2009. Cloning and functional analysis of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase (NCED) genes encoding a key enzyme during abscisic acid biosynthesis from peach and grape fruits. *Journal of plant physiology*, 166(12), 1241-1252.
- Zhang, M., Yuan, B. and Leng, P., 2009. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 60(6), 1579-1588.
- Zhou, H. W., Ben-Arie, R. and Lurie, S., 2000. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. *Phytochemistry*, 55(3), 191-195.

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Erzurum'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2011'de biyolog olarak mezun oldu. Aynı yıl başladığı Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

