



**ARMUT (*Pyrus communis* L.) ÇEŞİTLERİNDE *Erwinia amylovora*
ENFEKSİYONU SONRASI KATALAZ ve ASKORBAT
PEROKSİDAZ ENZİM SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

Aynur TÜRKAN
Yüksek Lisans Tezi

BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

- 1. Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen DÖNMEZ**
 - 2. Tez Danışmanı: Prof. Dr. İrfan ÇORUH**
- 2019**

Her hakkı saklıdır

T.C.

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARMUT (*Pyrus communis* L.) ÇEŞİTLERİNDE *Erwinia amylovora*
ENFEKSİYONU SONRASI KATALAZ ve ASKORBAT PEROKSİDAZ
ENZİM SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Aynur TÜRKAN

BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

İĞDIR

2019

Her hakkı saklıdır

Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen DÖNMEZ ve Prof. Dr. İrfan ÇORUH danışmanlığında Aynur TÜRKAN tarafından hazırlanan bu çalışma 29.08.2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Bitki Koruma Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Cafer EKEN.....İmza:

Üye: Prof. Dr. İrfan ÇORUHİmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen DÖNMEZİmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tuba GENÇ KESİMCİ.....İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZİmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 15. /19./2019 tarih ve 2019/362..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(İmza)
.....
Doç. Dr. Süleyman TEMEL

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Aynur TÜRKAN



Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017-FBE-L14

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

ÖZET

ARMUT (*Pyrus communis* L.) ÇEŞİTLERİNDE *Erwinia amylovora* ENFEKSİYONU SONRASI KATALAZ ve ASKORBAT PEROKSİDAZ ENZİM SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

TÜRKAN, Aynur

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı

1. Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen DÖNMEZ

2. Tez Danışmanı: Prof. Dr. İrfan ÇORUH

Ağustos 2019, 70 sayfa

Bu çalışmada iki farklı armut (*Pyrus communis* L.) çeşidinin *Erwinia amylovora* enfeksiyonuna karşı reaksiyonu katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla hastalığa dayanıklı olan Kieffer ve hassas olan Santa Maria armut fidanlarına *Erwinia amylovora* GG3 straini inokule edilmiş, aynı çeşitlerin kontrol grubunda yer alan fidanlara ise su sprey şeklinde uygulanmıştır. Uygulamalar sonrasında patojene dayanıklı ve hassas armut çeşitlerinde CAT ve APX enzim aktivitelerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Hastalığa dayanıklı olan Kieffer çeşidinde patojen inokulasyonu sonrasında 12. saatte CAT enzim aktivitesinin 2,17 kat artış gösterdiği saptanmıştır. Hassas çeşit olan Santa Maria'da ise CAT enzim aktivitesinin patojen inokule edilen bitkilerde kontrol grubuna kıyasla oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. APX enzim aktivitesinin de aynı şekilde Kieffer çeşidinin uygulama grubunda yüksek olduğu, Santa Maria çeşidinin ise kontrol grubunda en yüksek aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Armut, *Erwinia amylovora*, Katalaz, Askorbat peroksidaz, Oksidatif stres

ABSTRACT

DETERMINATION of CATALASE and ASCORBATE PEROXIDASE ENZYME LEVELS AFTER *Erwinia amylovora* INFECTION in PEAR (*Pyrus communis* L.) CULTIVARS

TÜRKAN, Aynur

Master Thesis, Plant Protection Main Discipline

1st Thesis Adviser: Asst. Prof Dr. Mesude Figen DÖNMEZ

2nd Thesis Adviser: Prof. Dr. İrfan ÇORUH

August 2019, 70 pages

In this study, the reaction against *Erwinia amylovora* infection of two different cultivars of pear (*Pyrus communis* L.) was evaluated with determination of catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) antioxidant enzyme activities. For this purpose, disease resistant Kieffer and disease sensitive Santa Maria pear cultivars were inoculated with *Erwinia amylovora* GG3 strain. The plants in the control group of the same cultivars were sprayed with water. After treatments, it was found that CAT and APX enzyme activities differ in pear cultivars. After inoculation of pathogen, at the 12 th hour, CAT enzyme activity in the disease resistant Kieffer cultivar was found to increase 2,17 times. In Santa Maria, which is a sensitive cultivar, CAT enzyme activity was found to be very low in the pathogen inoculated plants compared to the control group. APX enzyme activity was likewise found to be high in the application group of the Kieffer cultivar, while the Santa Maria cultivar had the highest activity in the control group.

Key words: Pear, *Erwinia amylovora*, Catalase, Ascorbate peroxidase, Oxidative stress

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ateş yanıklığı hastalığı yumuşak çekirdekli meyvelerin en tahripkar hastalığıdır. Çevre şartlarının uygun olması durumunda önemli verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Mücadelesinde kültürel, biyolojik, kimyasal yöntemler uygulanmaktadır ancak çok başarılı sonuçlar alınamamaktadır. Bu nedenle dayanıklı çeşit kullanımı önem taşımaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar patojene karşı dayanıklılıkta antioksidan enzimlerin önemli rol oynadığını göstermektedir.

Yüksek lisans tez çalışmamda desteğini ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mesude Figen DÖNMEZ'e, istatistiksel analizler kısmında yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ecevit EYDURAN'a, her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olan değerli aileme çok teşekkür ederim.

Aynur TÜRKAN

Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	25
3. MATERYAL ve METOT	34
3.1. Materyal	34
3.2. Metot	36
3.2.1. Patojen bakterinin geliştirilmesi	36
3.2.2. Bakteri süspansiyonunun hazırlanması ve fidanların inokulasyonu	37
3.2.3. Enzim analizi için bitki örneklerinin alınması	38
3.2.4. Bitki ekstraksiyonu	38
3.2.5. Katalaz (CAT) aktivitesinin belirlenmesi	40
3.2.6. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin belirlenmesi	40
3.2.7. İstatistiksel analizler	41
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	42
4.1. Kieffer ve Santa Maria Armut Çeşitlerinde <i>Erwinia amylovora</i> Enfeksiyonunun Katalaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi	42
4.2. Kieffer ve Santa Maria Armut Çeşitlerinde <i>Erwinia amylovora</i> Enfeksiyonunun Askorbat peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
CFU	Koloni oluşturan birim
CH ₃ OH	Metil alkol
dk	Dakika
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
g	Gram
H ₂ O	Su
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HCHO	Aldehit
K ₂ HPO ₄	Di-potasyum hidrojen fosfat
KH ₂ PO ₄	Potasyum fosfat monobazik
ml	Mililitre
mM	Milimolar
mmol	Milimol
NaOCl	Sodyum hipoklorit
nm	Nanometre
O ₂	Oksijen
O ₂ ⁻	Süperoksit anyonu
¹ O ₂	Singlet oksijen
OH ⁻	Hidroksil radikali
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun ölçüsü
ROOH	Alkil hidroperoksit
Rpm	Dakikadaki devir sayısı
sdH ₂ O	Steril distile su
YA	Yaş ağırlık
µl	Mikrolitre

Kısaltmalar

AOT	Aktif oksijen türleri
APX	Askorbat peroksidaz
CA	Karbonik anhidraz
CAT	Katalaz
DNA	Deoksiribonükleik asit
<i>E.amylovora</i>	<i>Erwinia amylovora</i>
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GST	Glutasyon S-transferaz
GPOD	Guaiakol peroksidaz
GPX	Glutasyon peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
LOX	Lipoxygenaz
MDHA	Monodehidroaskorbat
MDHAR	Monodehidroaskorbat redüktaz
MÖ	Milattan önce
NADPH	Nikotin amid difosfat hidrojen
NSA	Nutrient sukroz agar
NB	Nutrient broth
PAL	Fenilalanin amonyum liyaz
POD	Peroksidaz
PPO	Polifenol oksidaz
ROT	Reaktif oksijen türleri
rRNA	Ribozomal ribonükleik asit
SOD	Süperoksit dismutaz
spp	Türler
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. <i>Erwinia amylovora</i> 'nın elektron mikroskopta çekilmiş görüntüsü	6
Şekil 1.2. Ateş yanıklığı hastalığının armut çiçeğindeki belirtisi	8
Şekil 1.3. a) Armut yaprağında oluşan hastalık belirtisi b) Armut ağacında sağlıklı sürgünler ile hastalıklı sürgünlerin oluşturduğu zıt görünüm	8
Şekil 1.4. a) Enfeksiyondan sonra ağaçta asılı kalan meyveler b) Nemli dönemde meyvede oluşan bakteriyel akıntı	9
Şekil 1.5. Armut sürgününde oluşan çoban değneği belirtisi	10
Şekil 1.6. Patojenin dalda oluşturduğu hastalık belirtisi	10
Şekil 1.7. a) Ateş yanıklığı hastalığının gövde de oluşturduğu bakteriyel akıntı b) Hastalığın gövdedeki belirtisi	11
Şekil 1.8. <i>Erwinia amylovora</i> 'nın yaşam döngüsü	13
Şekil 1.9. Antioksidanlar tarafından serbest radikallerin nötralize edilmesi	20
Şekil 3.10. a) Kieffer armut çeşidi b) Santa Maria armut çeşidi	35
Şekil 3.11. a) Nutrient sukroz agar besiyerinin hazırlanması b) Nutrient sukroz agar besiyerinin petri kaplarına dökülmesi	36
Şekil 3.12. a) <i>Erwinia amylovora</i> GG3 strainin nutrient sukroz agar besiyerine çizilmesi b) Nutrient sukroz agar besiyerinde patojen straininin gelişimi	37
Şekil 3.13. a) Nutrient broth inokulasyonu içerisinde patojenin geliştirilmesi b) Patojenin fidanlara inokulasyonu	37
Şekil 3.14. a) Bitki örneklerinin alınması b) 1 gram yaprağın hassas terazide tartılması c) Yaprak örneklerinin alüminyum folyoya sarılarak derin dondurucuda muhafaza edilmesi	38
Şekil 3.15. a) Yaprak örneklerinin havanda ezilmesi b) Yaprakların fosfat tamponuyla homojenizasyonu c) Karışımın cam huniden süzülmesi d) Homojenat içeren tüplerin santrifüje yerleştirilmesi e) Santrifüj sonrası tüplerdeki görünüm f) Santrifüj tüpünün üst kısmında oluşan süpernatantın tüplere aktarılması g) Süpernatant içeren tüplerin derin dondurucuya bırakılması	39

Şekil 3.16. a) Kimyasalların hassas terazide tartılması b) Çözeltilerin pH'sının ayarlanması c) Kontrol ve numunelerin kuvars küvete aktarılması d) Spektrofotometrede örneklerin absorban değerlerinin ölçülmesi	41
Şekil 4.17. Kieffer armut çeşidinde katalaz aktivitesi	43
Şekil 4.18. Santa Maria armut çeşidinde katalaz aktivitesi	45
Şekil 4.19. Kieffer armut çeşidinde askorbat peroksidaz aktivitesi.....	47
Şekil 4.20. Santa Maria armut çeşidinde askorbat peroksidaz aktivitesi	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Bazı ülkelerde armut üretim miktarları.....	3
Çizelge 1.2. Türkiye’de yıllara göre armut üretim miktarları.....	4
Çizelge 1.3. Hastalık etmeninin taksonomisi	5
Çizelge 1.4. Bitkilerde enzimatik olmayan ve enzimatik antioksidanların lokalizasyonları ve rolleri	21
Çizelge 4.5. Kontrol ve <i>Erwinia amylovora</i> inokulasyonu yapılmış Kieffer armut çeşidinde katalaz enzim aktivitesi.....	42
Çizelge 4.6. Kontrol ve <i>Erwinia amylovora</i> inokulasyonu yapılmış Santa Maria armut çeşidinde katalaz enzim aktivitesi	44
Çizelge 4.7. Katalaz enzimine ait varyans analizi	45
Çizelge 4.8. Kontrol ve <i>Erwinia amylovora</i> inokulasyonu yapılmış Kieffer armut çeşidinde askorbat peroksidaz enzim aktivitesi.....	46
Çizelge 4.9. Kontrol ve <i>Erwinia amylovora</i> inokulasyonu yapılmış Santa Maria armut çeşidinde askorbat peroksidaz enzim aktivitesi	47
Çizelge 4.10. Askorbat peroksidaz enzimine ait varyans analizi.....	49

1. GİRİŞ

1.1. Ateş Yanıklığı Hastalığı (Etmen: *Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow *et al.*,)

Türkiye, dünya üzerinde bulunduğu coğrafi konumu nedeniyle tüm meyve türleri için oldukça elverişli bir iklime sahiptir. Bu bakımdan Türkiye, bahçe bitkileri kültürünün doğuş yeri, dünyada yetişen birçok meyve türünün ana vatanı konumundadır (Ağaoğlu ve ark., 1997). Günümüze gelen en eski kayıtlara göre armut (*Pyrus communis* L.) meyvesinin uzun bir geçmişinin olduğu anlaşılmaktadır. M.Ö. IX. yüzyılda yaşayan eski Yunan yazarı Homeros “Odisa” adlı eserinde armut yetiştiriciliği hakkında bilgi vermiştir. Daha sonra ise M.Ö. 370-286 yıllarında yaşayan ve botanik babası unvanını alan Theophrastus, yabancı ve kültür armutları hakkında bilgiler verip yetiştiriciliğinden bahsetmiştir. Romalı yazar M. P. Cato (M.Ö. 235-150), armut yetiştiriciliği hakkında bilgiler vermiş ve 6 armut çeşidinin pomolojik özelliklerini ortaya koymuştur. Bu yazarlar tarafından verilen bilgilere göre Anadolu, Çin, Eski Roma ve Yunanistan’ın armut üretiminde geçmişten günümüze kadar uzun bir tarih sürecine sahip olduğu bildirilmektedir (Özçağırın ve ark., 2004).

Armut türleri taksonomik olarak Rosales takımı, Rosaceae familyası, Pomoideae (Meloideae) alt familyasının *Pyrus* cinsinde yer almaktadır (Westwood, 1982). Meyveleri çoğunlukla sofralık olarak tüketilmekle birlikte konserve, şurup ve kurutmalık olarak da değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra likör, meyve salatası, reçel, jöle, sirke, meyve suyu, pekmez, tatlı, kek ve pastaların yapılmasında kullanılmaktadır (Özçağırın ve ark., 2005).

Armut, ekolojik istekleri bakımından mutedil iklime adapte olmuş, elmaya göre sıcağa ve kurağa daha toleranslı bir meyve türüdür. Bu yönüyle elma yetiştiriciliği yapılamayan sıcak bölgelerde armut yetiştiriciliği yapılabilen, -30 °C’ye kadar soğuklara dayanabilmektedir. Armut yetiştiriciliğinde yüksek bir verim ve düzenli bir gelişimin olması için toprak özelliklerine dikkat edilmelidir. Toprak yönünden seçici olmamasına rağmen ne kadar geçirgen, derin, sıcak ve besin maddelerince zengin olan topraklarda yetiştirilirse o oranda iyi bir verim alınmaktadır (Özbek, 1978; Özçağırın ve ark., 2004). Çiçeklenme süresi ekolojik koşullara bağlı olarak 7-17 gün arasında değişmektedir. Meyveler olgunluk durumlarına göre kışlık, yazlık ve güzlük olarak 3

grupta sınıflandırılmaktadır. İyi bakım koşulları sağlandığı takdirde armut ağacı çeşide bağlı olarak 2-5 yaşından itibaren ürün vermeye başlamaktadır (Karaçalı, 1990; Özçağırın ve ark., 2004).

Pyrus türleri ilk olarak coğrafik dağılımlarına göre batı (Occidental) ve doğu (Oriental) armutları olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Bailey, 1917). Daha sonra coğrafik dağılımları yanında tür özellikleri de dikkate alınarak sınıflandırmalar yapılmıştır. Buna göre en önemli armut türleri; Avrupa armut türleri (*Pyrus communis* L., *P. cordata* Desv., *P. nivalis*), Batı Asya armut türleri (*P. amygdaliformis* Vill., *P. elaeagnifolia* Pall., *P. syriaca* Boiss., *P. globra* Boiss., *P. regelei* Rehd., *P. salicifolia* Pall.), Kuzey Afrika türleri (*P. longipes* Coss. and Dur., *P. mamorensis* Trab., *P. gharbiana* Trab.), Asya küçük armut türleri (*P. betulifolia* Bunge., *P. calleryana* Decne., *P. dimorphophylla* Makino, *P. fauriei* Schneid., *P. koehnei* Schneider) ve Asya orta iri meyveli armut türleri (*P. hondoensis* Kik. and Nak., *P. pyrifolia* Nak., *P. ussuriensis* Maxim., *P. poshia* D.Don., *P. kawakamii* Hayata) olmak üzere beş grupta toplanmaktadır (Challice and Westwood, 1973; Layne and Quamme, 1975; Bell and Hough, 1986).

FAO 2017 yılı verilerine göre dünya armut üretim miktarı 24.168.309 ton'dur. Üretimde Çin ilk sırada yer almakta Arjantin, İtalya, Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye ve Güney Afrika da önemli ülkeler olarak Çin'i takip etmektedir. Türkiye ise 503.004 ton armut üretimiyle 5. sırada bulunmaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Bazı ülkelerde armut üretim miktarları (ton) (Anonymous, 2019a)

ÜLKE ADI	2015	2016	2017
Dünya	24.621.710	23.676.110	24.168.309
Çin	16.654.016	16.074.424	16.527.694
Arjantin	869.000	905.605	930.340
İtalya	753.667	701.928	772.577
ABD	744.345	682.061	677.891
Türkiye	463.623	472.250	503.004
Güney Afrika	399.665	423.128	414.879
İspanya	355.410	349.247	360.957
Hindistan	303.000	323.000	346.000
Hollanda	349.000	374.000	330.000
Şili	287.440	307.166	309.189
Avustralya	105.243	104.928	96.741

Türkiye de 2006 ve 2017 yılları arasında belirlenen armut üretim miktarları Çizelge 1.2’de verilmiştir. Armut üretim miktarının 2017 yılında önceki yıllara göre arttığı, 2006 yılında 317.750 ton olan üretimin 2017 yılında 503.004 ton olarak artış gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 1.2. Türkiye’de yıllara göre armut üretim miktarları (ton) (Anonim, 2019b)

YILLAR	ÜRETİM
2006	317.750
2007	356.281
2008	355.476
2009	384.244
2010	380.003
2011	386.382
2012	442.646
2013	461.826
2014	462.336
2015	463.623
2016	472.250
2017	503.004

Armut yetiştiriciliği ülkemizde çok eski yıllardan beri bütün bölgelerimizde yapılmaktadır. Ancak armut yetiştiriciliğini kısıtlayarak, verim ve kalite kayıplarına yol açan önemli hastalıklar bulunmakta ve bu hastalıklar içerisinde de bakteriyel etmenlerin neden olduğu hastalıklar oldukça önem taşımaktadır. Bakteriyel ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora* (Burrill) Bergey *et al.*), bakteriyel acı benek (*Pseudomonas syringae* pv. *papulans* (Rose) Dhanvantari), bakteriyel tomurcuk yanıklığı ve kabuk kavlaması (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall.), kök kanseri (*Agrobacterium tumefaciens* (E. F. Smith & Townsend) (Conn), saçak kök (*Agrobacterium rhizogenes* (Riker *et al.*)) ve bakteriyel dal yanıklığı (*Erwinia stewartii*) (Jones and Aldwinckle, 1991) yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında yaygın olarak görülen en önemli bakteriyel hastalıklardır. Bu hastalıklar içerisinde yer alan ateş yanıklığı dünya’da ilk kez 1780’de New York’ta görülmüştür (Arthur, 1985). Avrupa’da ise 1957 tarihinde İngiltere’de rastlanılmış ve hızlı bir şekilde öteki Avrupa ülkelerinde yaygın hale gelmiştir (Van Der Zwet and Keil, 1979). Ayrıca hastalığın İsrail, Mısır, Kıbrıs, Yunanistan gibi diğer ülkelerde de görüldüğü bilinmektedir (Van Der Zwet and Bonn, 1999).

Türkiye’de hastalık ilk kez 1985’te Afyon ilinin Sultandağı ilçesinde görülmüştür (Öktem and Benlioğlu, 1988). Bu tarihten sonra ateş yanıklığı hastalığı birçok bölgede önemli kayıplara yol açmıştır. Yapılan araştırmalarda Doğu Akdeniz’de %42-37, Orta Anadolu’da %15-60 ve Ege’de %23-93 oranında bulaşıklık meydana geldiği ve bu yüzden ağaçların eradike edildiği bildirilmiştir (Öktem and Benlioğlu, 1988; Tokgönül ve Çınar, 1991; Demir and Gündoğdu, 1993). Ayrıca Ege Bölgesi’nde hastalık ilk olarak 1986’da Aydın ve Denizli’de tespit edilmiş ve 1991 yılına kadar tüm illerde etmenin varlığı saptanmıştır (Demir and Gündoğdu, 1993). Batı Akdeniz’de 1989 senesinde havanın yağışlı olduğu nisan-mayıs döneminde ateş yanıklığı hastalığının etkileri belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır (Momol and Zeller, 1992). Doğu Anadolu Bölgesi’nde de yumuşak çekirdekli meyvelerde en önemli hastalığın ateş yanıklığı hastalığı olduğu belirtilmiştir (Kotan, 2002). Momol and Yeğen (1993), tarafından 1987 tarihi ve sonrasında hastalığın Türkiye’de her yörede bulunduğu ve zararın oldukça ciddi boyutlarda olduğu belirtilmiştir. 2016 yılında yapılan çalışmada hastalığın varlığı Iğdır ilinde de tespit edilmiştir (Gök, 2016).

Hastalık etmenine ait taksonomi Çizelge 1.3’te belirtilmiştir.

Çizelge 1.3. Hastalık etmeninin taksonomisi (Kado, 2010)

Takson
Alem: Prokaryota
Şube: Bacteria
Bölüm: Proteobacteria
Sınıf: Gammaproteobacteria
Familya: Enterobacteriaceae
Cins: <i>Erwinia</i>
Tür: <i>Erwinia amylovora</i> (Burr.) Winslow <i>et al.</i> ,

Enterobacteriaceae familyasında *Erwinia* cinsine ait olan patojen, gram negatif, katalaz pozitif, fakültatif anaerob, 3,0 nm uzunluğunda, 0,5-1,0 nm çapında ve peritrik kamçılıdır (Şekil 1.1) (Schroth and Hilderbrand, 1980; Mohammadi *et al.*, 2009). *E.amylovora*’nın *in vitro*’da en iyi gelişme gösterdiği sıcaklık değeri 21-28 °C olup 45-

50 °C’de canlılığını kaybetmektedir. En uygun geliştiği pH değeri ise 6 ile 7,5 arasındadır (Shtienberg *et al.*, 2015). Sakkaroz içeren besiyerlerinde mukoid koloniler oluşturan, birçok şeker, organik asit ve şeker alkoloitlerini karbon kaynağı olarak kullanabilen, büyüme faktörü olarak nitrojen ve nikotinic asidin amino kaynaklarına ihtiyaç duyan bir bakteridir (Agrios, 1997). Patojen konukçu bitkilerde amylovorin toksini sentezlemekte ancak yapay besiyerinde bu toksini oluşturmamaktadır (Aldwinckle and Jones, 1990; Kado, 2010). Duyarlı ve dayanıklı konukçu bitkilerin amylovorinden etkilenme şekli farklılık göstermekte, duyarlı olanlar olumsuz yönde etkilenirken, dayanıklı olanlarda herhangi bir etki görülmemektedir. Etmen suni besi yerinde +4 °C sıcaklıkta uzun süre canlılığını korumakta, doğal şartlarda ise 90. günde canlılığını kaybetmektedir (Van Der Zwet and Keil, 1979; Tokgönül, 1991).



Şekil 1.1. *Erwinia amylovora*'nın elektron mikroskopta çekilmiş görüntüsü (Anonymous, 2019c)

Erwinia amylovora Rosaceae familyasına ait 37 farklı cinse dahil 129 türde ateş yanıklığı hastalığına neden olmaktadır. Bu konukçular arasında en fazla zarar görenler armut (*Pyrus* spp.), elma (*Malus* spp.), ayva (*Cydonia* spp.) ve yenedünya (*Eriobotrya* spp.)'dır. Ayrıca süs ve yabani bitkilerden olan *Cydonia* spp., *Cotoneaster* spp., *Crataegus* spp., *Chaenomeles* spp., *Photinia* spp., *Stranvaesia* spp., *Pyracantha* spp. ve *Sorbus* spp.'de önemli konukçuları arasında yer almaktadır (Koski and Jacobi, 2014; Park *et al.*, 2017).

Hastalığa ateş yanıklığı denilmesinin sebebi, patojen bakterinin enfeksiyonundan sonra ağacın yangından çıkmış gibi bir görünüm almasındandır (Çınar, 1988). Bu

nedenle hastalık literatürde etkilenen bitki kısımlarına göre çiçek yanıklığı, dal yanıklığı, meyve yanıklığı, elma yanıklığı ve armut yanıklığı olarak da isimlendirilmektedir (Hubbel, 2018).

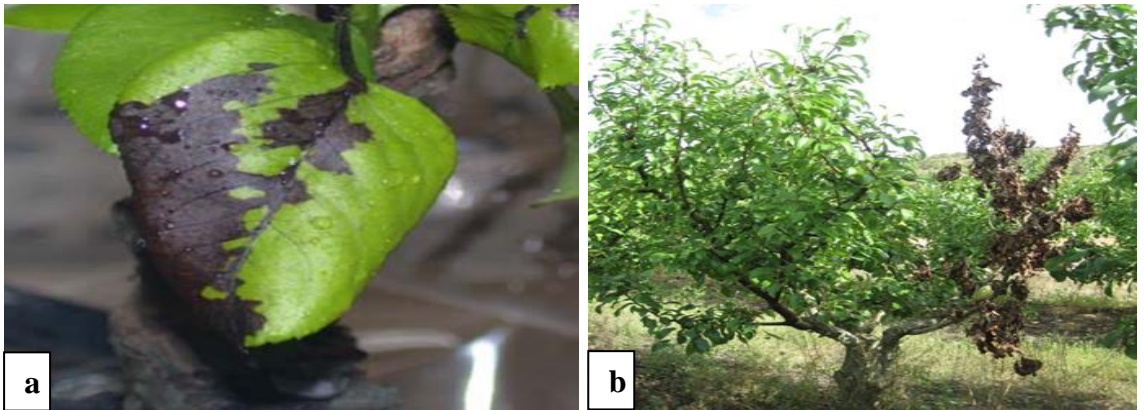
Hastalık etmeni konukçu dokularına stoma, lentisel, stigma tepeciği gibi doğal açıklıklardan ve yaralardan giriş yapabilmekte ve interselüler olarak dokuda yayılmaktadır (Koski and Jacobi, 2014). Hastalık özellikle armutlarda çok zarar oluşturmakta ve uygun çevre koşullarında sürgünlerde oluşan yanıklık enfeksiyonları çok hızlı ilerlemektedir (Agrios, 1997). Hastalığın şiddeti, *E. amylovora*'nın virülensliğine, hızlı yayılmasına, bitkide sistemik şekilde ilerlemesine ve uygulanan kontrol metotlarının varlığına bağlı olarak yıllara göre değişmektedir. Ateş yanıklığı hastalığı bazı yıllarda hızlı bir şekilde yayılırken bazı zamanlarda da belli yerlerde görülmektedir (Garret, 1990; Larue and Vincent, 1990). Hastalık, özellikle fidanlıklarda çok önemli zararlara neden olmakta elma ve armut ticaretini önemli ölçüde etkileyecek boyutlara ulaşmaktadır (Hale *et al.*, 1996; Sobiczewski *et al.*, 1997).

Hastalığın ilk belirtileri bahar başlangıcında, havanın nemli ve ılık olduğu dönemlerde, genellikle çiçeklerde görülmektedir (Fahy and Hayward, 1983). Çiçekler ilk önce sulanmış gibi görünmekte sonra hızla pörsüyerek, önce kahverengi sonra siyah renge dönüşmekte ve genellikle ağaçta asılı kalmaktadır (Şekil 1.2) (Baştaş ve Saygılı, 2008). Çiçeklenme döneminde oluşan nem ve 18–24°C sıcaklık primer enfeksiyonlar için uygun koşulları sağlamaktadır (Benlioğlu ve Özakman, 1992).



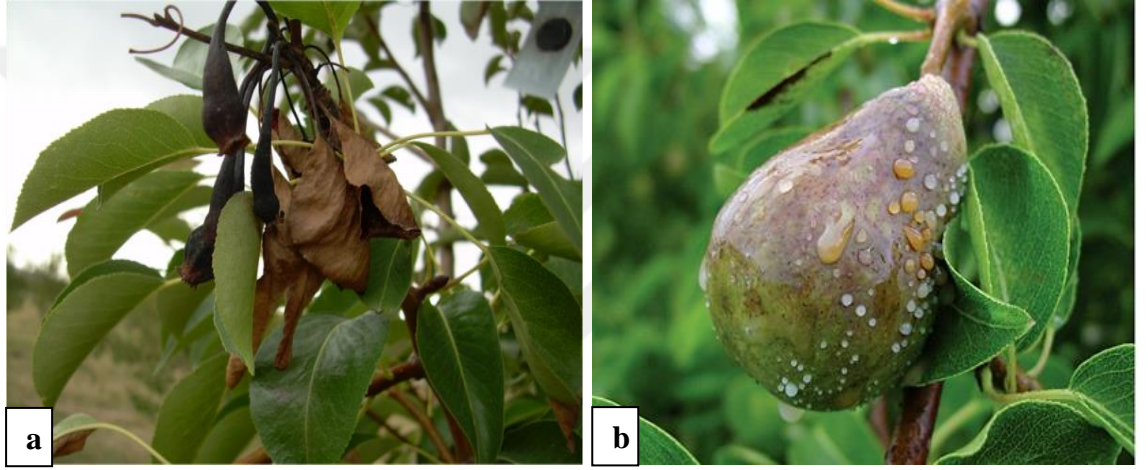
Şekil 1.2. Ateş yanıklığı hastalığının armut çiçeğindeki belirtisi (Anonymous, 2019d; Shtienberg *et al.*, 2015)

Yaprakta simptomları ise ana damarda, yaprağın sap kısmında ve yaprağın kenarında kahverengi ve siyah lekeler şeklinde görülmekte, ilerleyen dönemlerde bu lezyonlar tüm yaprağı kaplamaktadır (Şekil 1.3a) (Van Der Zwet and Beer, 1991). Yapraklar pörsümekte, kıvrılıp kurumakta ve dallarda asılı kalmaktadır (Maden, 1989). Bu simptom ateş yanıklığı hastalığının en tipik belirtisi olup yazın koyu yeşil yapraklı sağlıklı sürgünler ile hastalıklı sürgünlerin zıt bir görünüm oluşturmasına sebep olmaktadır. Diğer hiç bir meyve hastalığında yapraklar bu kadar sağlam, ölü sürgünlere asılı kalmamaktadır (Şekil 1.3b) (Çınar, 1988). Genellikle elma yapraklarında meydana gelen lekeler kahverengi, armut yapraklarındaki lekeler ise siyah renklidir (Fahy and Persley, 1983).



Şekil 1.3. a) Armut yaprağında oluşan hastalık belirtisi (Olamendı, 2005) b) Armut ağacında sağlıklı sürgünler ile hastalıklı sürgünlerin oluşturduğu zıt görünüm (Clares, 2017)

Meyve enfeksiyonları genellikle saptan meydana gelmekte, meyveler kahverengileşerek mumyalaşmakta, sonrasında ise siyah renk almaktadır. Ölen meyveler enfeksiyon sonrası birkaç ay bile ağaçta asılı olarak görülebilmektedirler (Şekil 1.4a) (Fahy and Persley, 1983; Maden, 1989). Nemli koşullarda meyve üzerinde süt rengi yapışkan akıntı görülmekte ve akıntının rengi hava ile temas eder etmez kahverengileşmektedir. Bakteriye akıntıyı oluşturan damlalar birleşip daha büyük damlaları oluşturmaktadır ve akararak bitki yüzeyine yayılmaktadır (Şekil 1.4b). Köke kadar ulaşan etmen ağaçların kurummasına neden olmaktadır (Koski and Jacobi, 2014).



Şekil 1.4. a) Enfeksiyondan sonra ağaçta asılı kalan meyveler (Anonymous, 2019e) b) Nemli dönemde meyvede oluşan bakteriyel akıntı (Anonim, 2019f)

Enfeksiyona uğrayan sürgünler uçtan geriye doğru solmakta ve kabuk rengi kahverengi-siyaha dönmektedir. Sürgünlerde oluşan lezyonlar önce yumuşak olmakta, fakat sonra çökerek sertleşmektedir (Maden, 1989). Yanmış sürgünde oluşan en tipik belirti ise sürgünlerin uç kısımlarının kanca veya çoban değneği şekline dönmesidir (Şekil 1.5) (Ward and Kaiser, 2012).



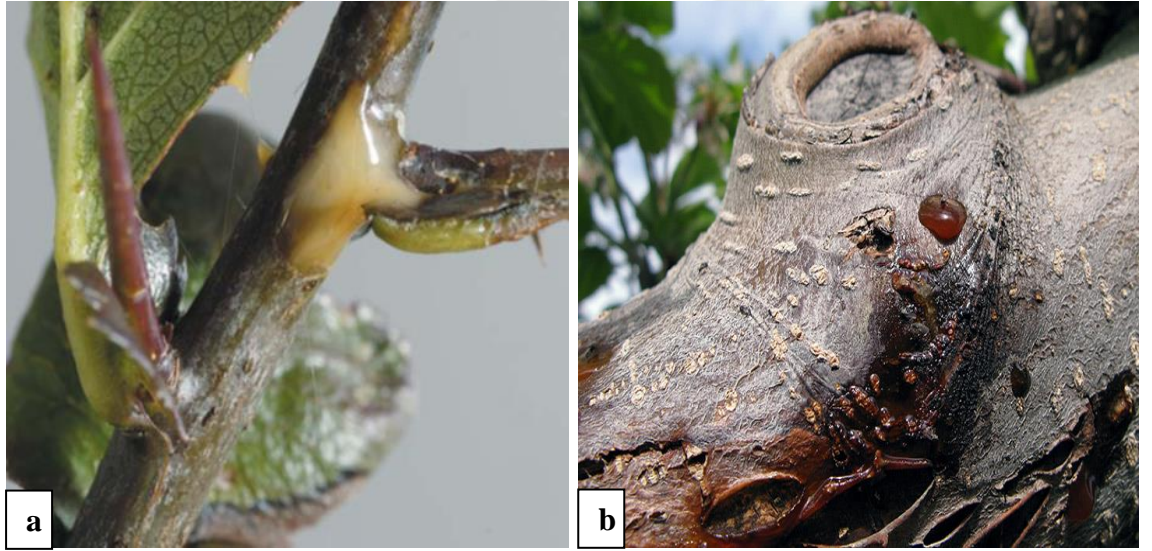
Şekil 1.5. Armut sürgünün de oluşan çoban değneği belirtisi (Clares, 2017)

Simptomların dalların uçlarından aşağıya doğru ilerlemesi sonucu yan dallarda kanserler oluşmaktadır. Eğer kanser genişlerse dalın enfeksiyon üstündeki kısmı ölmektedir. Tam ilerlemeyen enfeksiyon sonucu çatlak kenarlı inaktif kanserler oluşmaktadır (Şekil 1.6) (Maden, 1989). Sürgünün uç kısımlarında bulunan ateş yanıklığı hastalığı, enfeksiyonun şiddetli olması durumunda sürgünü, kalın dallara kadar kurutmaktadır (Karaca, 1977).



Şekil 1.6. Patojenin dalda oluşturduğu hastalık belirtisi (Hubbel, 2018)

Ağaç gövdesinde oluşan ateş yanıklığı, genelde gövde yanıklığı olarak adlandırılmakta, bakteriye ait akıntıların kabuk boyunca akması sonucunda meydana gelmektedir. Özellikle etmene duyarlı ağaç gövdelerinde, enfeksiyon, kısa bir sürede ağaç ölümünün gerçekleşmesine yol açmaktadır (Şekil 1.7a,b) (Van Der Zwet and Beer, 1991). Vejetasyon süresinin nemli olduğu dönemlerde, kanser kısımları su emerek şişkinleşmekte ve bakteriler doğal açıklıklar ve yaralar aracılığıyla bu dokulardan dış kısma çıkmaktadır. Oluşan bu salgı %20'si bakteri olan damlacıklardan oluşmaktadır. Damlalar bir araya gelerek yoğunluk oluşturabilmekte ve akarak bitkilerin yüzeylerini kaplamaktadır (Maden, 1989). Bakteriyel akıntının hava ile temasının gerçekleşmesiyle rengi kahveden siyaha dönerek kurumakta ve 'strand' olarak isimlendirilen iplikçikler meydana gelmektedir ki bu yapılar hastalığın önemli inokulum kaynaklarını oluşturmaktadır (Momol, 1990). Damlalarcıklarda yer alan bakterilerin hücreleri virülenttir ve 2 sene boyunca patojen özelliğini devam ettirmektedir (Van Der Zwet and Keil, 1979; Tokgönül, 1991). Patojenin oluşturduğu bakteri iplikçikler rüzgarlar ile taşınabilmekte, yağmur damlalarıyla konukçusuna bulaşmaktadır (Ramos *et al.*, 2015).



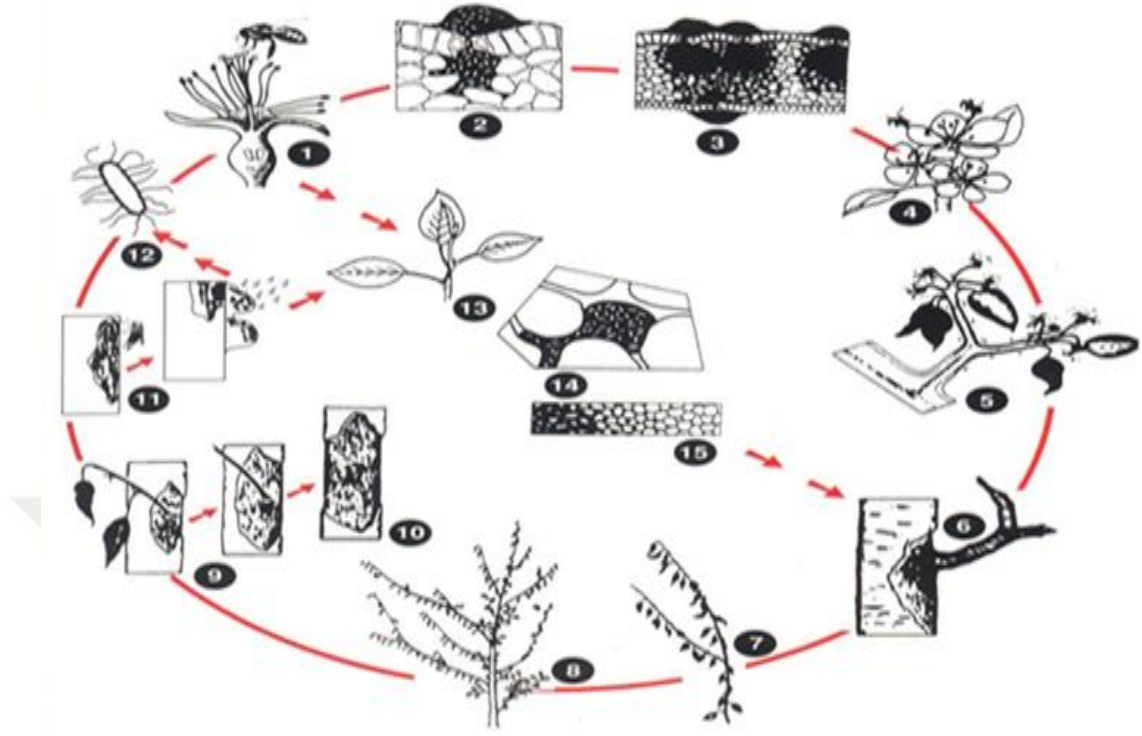
Şekil 1.7. a) Ateş yanıklığı hastalığının gövde de oluşturduğu bakteriyel akıntı (Anonymous, 2019g) b) Hastalığın gövdedeki belirtisi (Anonymous, 2019h)

Patojen bir önceki mevsimde oluşan gövdelerdeki kanserlerin kenarında ve hastaliksız görünen odunsu dokularda kışlamaktadır. Primer enfeksiyon, ilkbahar döneminde kanserli yerlerde bulunan bakterinin aktif olmasıyla ve hastaliksız kabuklara yayılmasıyla gerçekleşmektedir. Rüzgar, yağmur, böcekler patojeni yaprak, sürgün ve

çiçeklere taşımaktadır. Primer enfeksiyondan sonra etmen doku içerisinde çoğalmaya ve ilerlemeye devam etmektedir. Sekonder enfeksiyon ise enfeksiyon oluşan kısımlarda meydana gelen bakteriyel akıntılardan oluşmaktadır (Van Der Zwet and Beer, 1995).

Erwinia amylovora'nın enfeksiyonu çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıda belirtilmektedir;

1. Bakterinin arılar tarafından çiçeklere taşınması,
2. Bakterinin çiçek ve stomalardan bitkiye penetrasyonu,
3. Etmenin interselüler olarak çoğalarak yayılma göstermesi,
4. Enfekte olan çiçeklerin buruşarak ölmesi,
5. Enfeksiyonun başka meyve, çiçek, yaprak ve sürgünlere yayılması,
6. Gövde ve dalda kanserlerin oluşması,
7. Sürgünlerin ölümü ve nekroz olmuş yaprakların dallarda asılı kalması,
8. Ağaçta meydana gelen önemli hasar,
9. Kanserli kısımların kenarında kışlayan bakteri,
10. Kanserli bölgelerinin genişlemesi ve bakteriyel akıntının oluşması,
11. Akıntıda bulunan bakterinin yağmurlar ve böcekler vasıtasıyla bitkinin diğer organlarına bulaşması,
12. Patojen yayılımının artması,
13. Genç olan sürgünlerin doğrudan enfekte olması,
14. Odunsu dokuda etmenin interselüler olarak çoğalması ve yayılması,
15. Enfekte olan dokuların çökmesi (Şekil 1.8) (Van Der Zwet and Beer, 1995).



Şekil 1.8. *Erwinia amylovora*'nın yaşam döngüsü (Van Der Zwet and Beer, 1995)

Erwinia amylovora'nın oluşturduğu enfeksiyonun gelişmesinde patojen, konukçu ve çevre interaksiyonu oldukça etkili olmaktadır. Konukçu açısından bitki dayanıklılığını bitkinin aksamı, yaşı, gelişme dönemi, toprağın özellikleri, ağaçların beslenme durumu ve kültürel yöntemler etkilemektedir. Bu durum patojenin hem miktarında hem de hastalığın derecesinde önemlidir (Van der Zwet and Beer, 1991). Hastalık gelişimi patojen açısından değerlendirildiğinde ise enfeksiyona neden olan patojen miktarı ve etmenin virülensliği önemli rol oynamaktadır (Thomson, 2000). Hastalığı etkileyen bir diğer önemli faktör çevredir. Çevre, hava şartları ve böcekler olarak ele alınmaktadır. Hava şartları hastalığın ortaya çıkmasında ve şiddetinde önemli bir etkidir. Yüksek orandaki nem, çiğ, yağmur ve toprak nemi bitki dokularındaki nemi artırmakta ve etmenin ilerleyişini etkilemektedir. Dokuların zararlanması ve enfeksiyon yayılışında meteorolojik durumlar oldukça önemlidir. Enfeksiyonun erken başladığı meyve bahçelerinde dolu yağışları ciddi zararlanmalara sebep olmaktadır. Ayrıca sert esen rüzgarlar, yaprakların birbirlerine temasıyla hasarlara yol açmakta ve etmenin bitkiye girişini kolaylaştırmaktadır (Van Der Zwet and Beer, 1991). Hastalığın bitkiden bitkiye yayılmasında, bir diğer faktör böcekler olarak kabul edilmektedir

(Spinelli *et al.*, 2005). 1891’de bal arıları ve yaban arılarının bakteriyi çiçekten çiçeğe yaydığı gözlenmesinden sonra yapılan çalışmalar neticesinde böceklerden 77 cinsin bakteriyi yayabildiği belirtilmiştir. Bunlardan bazıları: *Aphis pomi*, *Aphis mellifera*, *Vespula spp.*, *Edwardsiana rosae*, *Eriosoma lanigerum*, *Formica spp.*, *Haplocampa testudinea*, *Musca domestica*, *Panonychus ulmi*, *Psylla pyricola*, *Scolytus spp.* ve *Tetranychus spp.*’dir (Van Der Zwet and Keil, 1979). Böceklerden sokucu-emici ağız yapısında olanlar etmeni bitkilere taşımakta ve etmenin girişi için yaralar oluşturmaktadır (Van Der Zwet *et al.*, 1988). Ateş yanıklığı hastalığının yayılımında kuşların rolü olduğu ve *Sturnus vulgaris* (sığırcık), *Phylloscopus trochilus* (bülbul) gibi göçmen kuşların bakteriyi ülkeler arasında taşıdıkları düşünülmektedir (Van Der Zwet and Keil, 1979). Türkiye’de ateş yanıklığının ilk tespit edildiği il olan Afyon’un Sultandağı ilçesinin civarlarındaki göllerin, güneyden gelen göçmen kuşların barınma ve dinlenme yeri olduğu belirlenmiştir. Özellikle Mısır ve Kıbrıs’tan gelmiş göçebe kuşların hastalığı ilk kez bu bölgeden ülkemize bulaştırdıkları sanılmaktadır (Öktem and Benlioğlu, 1988).

Etmen insan, aletler, meyve veya aşı gözü ile yayılış gösterebilmektedir. Bitkinin kanserli kısımlarının budanmasından sonra makas ve testereler iyice temizlenmelidir. Aksi takdirde *E. amylovora* başka bitki kısımlarına ve ağaçlara kolayca bulaşabilmektedir. Ayrıca elbise, ayakkabı, el ve araçların tekerleği de hastalığın yayılmasında önemli etkenlerdir (Van Der Zwet and Keil, 1979).

Ateş yanıklığı hastalığının yayılmasını önlemede mücadele yöntemlerinden karantina önemli bir yere sahiptir. Birçok ülkede karantina uygulanmaktadır ve alınan sonuçlar olumludur (Maden ve Toros, 1991).

Tüm bitki hastalıklarıyla mücadelede olduğu gibi ateş yanıklığı ile mücadelede de temiz üretim materyallerinin kullanılmasına öncelik verilmelidir. Bu yöntem sonradan bulaşmalar oluncaya kadar etkili olacaktır. Yeni bahçelerin kurulmasında da hastaliksız aşı gözleri, aşı kalemleri ve temiz fidanların kullanımına önem verilmelidir (Baştaş ve Saygılı, 2008).

Hastalık ile mücadele yöntemlerinden birisi de hastalıklı bitki kısımlarını budama yaparak temizlemektir. Yalnızca budamanın %67,42 değerinde etki sağladığı

belirtilmiştir (Tokgönül ve Başpınar, 1995). *E. amylovora*'nın yayılmasını engellemek için her zaman kullanılan aletlerin %10'luk sodyum hipoklorit (NaOCl) ile dezenfeksiyonuna dikkat edilmelidir (Van der Zwet and Beer, 1991).

Bitkide yaprak ve toprak analizleri yapıldıktan sonra gerekli bitki besin elementleri verilmelidir. Toprağın pH değeri 6,5'in üzerinde olmamalıdır. Mümkün olduğunca yağmurlama ve salma sulama yerine damla sulama yapılmalıdır (Van Der Zwet and Beer, 1991). Besin maddeleri, ilkbahar başlangıcında verilmeli ancak azot için başka bir yol izlenmelidir. Azot uygulama dozunun yarısı büyüme başlamadan 1 ay önce toprağa verilmelidir. Çiçek enfeksiyonunun şiddetinin fazla olmaması durumunda diğer yarı doz da yaprak aşamasında veya taç yaprakları dökülünce püskürtme şeklinde ağaçlara verilmelidir. Drenaj yönünden sıkıntı olmayan topraklarda, azotun nitrat formunun kullanılması etkinin hızlı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca hastalığa karşı dayanıklılığı arttırmamasından dolayı kalsiyum nitrat uygulanmalıdır (Van Der Zwet and Beer, 1995). Havalanmanın iyi olmadığı ya da suyun fazla olduğu topraklarda yetişen ağaçlar, ateş yanıklığı hastalığına duyarlıdır. Drenajın iyi olmadığı bölgelerde potasyum miktarı az ve hastalığın şiddetli, drenajın iyi olduğu yerlerde ise potasyumun yüksek oranda olduğu ve hastalığın şiddetinin daha az olduğu belirtilmiştir. Bu sebeplerden dolayı yeni bahçeler oluşturulurken verimi ve drenajı iyi yerler seçilmelidir (Baştaş ve Saygılı, 2008).

Elma ve armut ağaçlarında görülen bu hastalıkla savaşmada kullanılan kimyasallar iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birisi 1900'lerden beri kullanılmakta olan bakırlı bileşikler, diğeri ise 1950'lerin ortalarında kullanılmaya başlanan antibiyotiklerdir (Van Der Zwet and Keil, 1979). Bakırlı bileşiklerin kullanımı ile hastalık yavaşlamakta fakat vejetasyon döneminde kullanıldığında bitki fizyolojisini olumsuzca etkilemekte, paslı ve küçük meyvelerin oluşmasına, sürgünlerde geriye doğru ölümlere ve bitki zayıflığına neden olarak fitotoksik etkiler oluşturmaktadır (Benlioğlu ve Özakman, 1992; Teviotdale and Viveros, 1999). Antibiyotiklerin kullanılmasıyla mücadelede başarılı olursa da ilerleyen dönemlerde dayanıklı biyotiplerin meydana gelmesine sebep olması ve insanların sağlığını olumsuz olarak etkilemesinden dolayı tercih edilmemektedir (Moller *et al.*, 1981).

Ateş yanıklığı hastalığının yayılmasında arılar, sinekler, karıncalar ve afitler gibi birçok zararlı önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle böceklere karşı ilaçlama programı oluşturulurken tozlayıcı böceklere zarar vermekten kaçınılmalıdır (Baştaş ve Saygılı, 2008).

Ateş yanıklığı hastalığına karşı kimyasal mücadelenin sınırlı olması, önerilen kimyasalların yeterince etkili ve ekonomik olmaması, ayrıca bu kimyasalların dayanıklılık gibi sorunları beraberinde getirmesinden dolayı son yıllarda hem dünyada hem de ülkemizde alternatif bir mücadele yöntemi olarak biyolojik mücadele olanakları araştırılmakta ve bu yöndeki çalışmalar giderek daha büyük bir ağırlık kazanmaktadır. Bu amaçla kullanılan biyolojik mücadele elemanları yumuşak çekirdekli meyve ağaçları üzerinde epifitik olarak yaşayan ve *E. amylovora* ile çeşitli şekillerde interaksiyona giren bakterilerdir. Bu grup bakterilerin etki mekanizmaları, antibiyotik oluşturma ve rekabet ilişkisine girerek patojenden önce enfeksiyon noktalarında kolonize olma şeklindedir. Bu amaçla kullanılan bakteriler genellikle *Bacillus subtilis*, *Erwinia herbicola* ve floresant *Pseudomonas* olmak üzere 3 grupta toplanmaktadır. Bunlardan *B. subtilis* gram (+), *E. herbicola* ve floresant *Pseudomonaslar* ise gram (-) epifitik karakterli bakterilerdir. Bu antagonistik bakterilerin *E. amylovora*'ya karşı antibiyosis (antibiyotik salgılayarak) ve rekabet (yer ve besin rekabeti) etki mekanizmalarını kullanarak etkili olduğu bilinmektedir (Erdoğan, 1999). Pusey *et al.* (2011), tarafından armut ve elma stigmalarında yapılan araştırmada, *Pseudomonas agglomerans* E325' in, etmene karşı fosfat ve alkalin içeren antibiyotik ürettiği ve antibiyosis etkisi gösterdiği bildirilmiştir. ABD'de ise etmene karşı kullanılan *P. fluorescens* str. A-506 bakterisinin ticari preparatı BlightBan'ın erken uyarı sisteminin uyarısıyla ağaçlarda enfeksiyon başlamadan kullanıldığında oldukça etkili olduğu belirtilmektedir (Smith, 2001). Bu biyokontrol ürün, ateş yanıklığına karşı geliştirilen ilk ticari biyopreparat olup 1995 yılında ticari olarak piyasaya sürülmüştür (Stelljes and Senft, 1998).

Hastalıkla mücadelede kullanılan yöntemlerden birisi de değişik ülkelerde uygulanmış ve uygulanmakta olan, önceden tahmin ve uyarı sistemleridir. Klimatolojik faktörlerden özellikle yağmur ve sıcaklık, hastalığın epidemi oluşturmada oldukça etkilidir. Önceden tahmin ve uyarı sistemleri, geçmişte olan epidemileri açıklama ve hastalığın arazide yayılımı için potansiyel oluşturan faktörleri değerlendirmekte,

hastalığın baskı altına alınması, hastalık gelişimi ve enfeksiyon seyrinin bitki gelişimini nasıl engellediğini belirlemede önem kazanmaktadır (Psallidas *et al.*, 1989; Jones, 1992).

Dayanıklı çeşit kullanımı hastalıkların kontrolü için kullanılan en önemli önlemdir. Hastalıktan dolayı kayıplar arttıkça etmenin yaygınlık gösterdiği ülkelerde yumuşak çekirdekli meyve yetiştiriciliği konusunda dayanıklı çeşitlerin kullanımı artış göstermektedir (Alston, 1994). Dayanıklı çeşitlerin kullanımı ile diğer mücadele çalışmaları için yapılan harcamalar azalmakta ve daha az kimyasal kullanılmakta, bazen de kimyasal mücadeleye gerek kalmamaktadır (Hammond-Kosack and Jones, 1996). Ancak bu konuda patojen popülasyonları, patojenlerin çevreyle olan ilişkileri, patojenlere karşı konukçunun dayanıklılık yapısının sürekli incelenmesi gerekmektedir (Dolar ve ark., 2011). Bu durum patojen açısından değerlendirildiğinde patojenin karşılaştığı zorluk, bitkinin patojene karşı oluşturduğu savunma mekanizmalarıdır. Bitkiler ya hastalık öncesi var olan kendilerine özgü yapısal veya kimyasal karakterlerle ya da enfeksiyon başladıktan sonra oluşan yapısal değişiklikler ya da kimyasal bileşiklerle dayanıklılık sergilemektedir.

Bitkinin aktif biyokimyasal savunmasında yer alan ana bileşikler fenolikler ve fitoaleksinlerdir. Bu iki bileşik grubu arasında kimyasal yapı bakımından bir fark yoktur, yani fitoaleksinler de fenollü bileşikler sınıfındadır. Ancak fenoller sağlıklı bitkide bulunmakta, enfeksiyon sonrası veya fiziksel yaralanmalar sonucunda miktarca artmaktadır. Fitoaleksinler ise sağlıklı bitkide bulunmamakta veya az miktarda yer almaktadır (Alaoğlu ve ark., 2014).

Bitkilerin aktif savunma mekanizmaları, pasif dayanıklılıktan farklı olarak bir enerji gerektirmektedir. Patojenden gelen elisitör ile konukçu bitkideki reseptör arasında spesifik bir etkileşim meydana gelmekte ve enfeksiyon noktasında birçok savunma mekanizması harekete geçmektedir. Bitkilerde bu şekilde ortaya çıkan aktif savunma mekanizmalarına örnek olarak HR (hypersensitive reaction), bitki hücre duvarlarında gözlenen yapısal değişiklikler, patojenisite ile ilgili proteinlerin (PR proteinler) ve antimikrobiyal bileşiklerin sentezlenmesi verilebilir (Dixon and Harrison, 1990).

Bitki patojen interaksiyonlarının başlangıç aşamasında aktif oksijen türlerin (AOT) ortaya çıkması HR oluşumunun en belirgin özelliklerindedir (Mehdy *et al.*, 1996). Hücreler genellikle AOT seviyesini en düşük düzeyde tutmak için bir takım koruyucu mekanizmalar kullanmaktadır. Özellikle stres şartları altında hassas bitkilerde bu koruyucu mekanizmalar aşılmakta, hızla geçici olarak yüksek miktarlarda AOT üretilmekte ve bu durum oksidatif açılım (oxidative burst) olarak adlandırılmaktadır. Süperoksit anyon (O_2^-), hidroksil radikal (OH^\cdot) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi AOT birçok konukçu-patojen ilişkisinde yaygın olarak gözlenmektedir (Apostol *et al.*, 1989). AOT türlerinin özellikle de H_2O_2 'in patojenlere karşı dayanıklılıkta önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Levine *et al.*, 1994). AOT sitotoksik etkisinden dolayı patojeni öldürmek suretiyle patojenlere karşı savunmada ilk rolü oynamaktadır. H_2O_2 dayanıklılık mekanizmalarını yönlendiren bazı genleri teşvik etmekte, bitki dokularında enfeksiyona tepki olarak patojenin giriş yaptığı yerlerde lignin oluşumunu aktive etmektedir. AOT bitkilerde antimikrobiyal özellikle maddelerin üretiminde rol oynamaktadır. Ayrıca AOT sinyal görevi yaparak komşu hücrelerde sistemik kazandırılmış dayanıklılığı teşvik etmektedir. Bunun sonucunda antimikrobiyal etkiye sahip birçok protein bitkide üretilmektedir ki bunların bir kısmını protein yapısındaki enzimler oluşmaktadır. Bitki patojenlerine karşı savunmada birçok enzim peroksidaz (POD), polifenol oksidaz (PPO), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT)) kombine şekilde görev alarak fitoaleksin ve fenolik bileşen biyosentezinde rol oynamaktadır. Bitkiler dayanıklılık durumlarına göre farklı seviyelerde bu savunma enzimlerini sentezlemektedir.

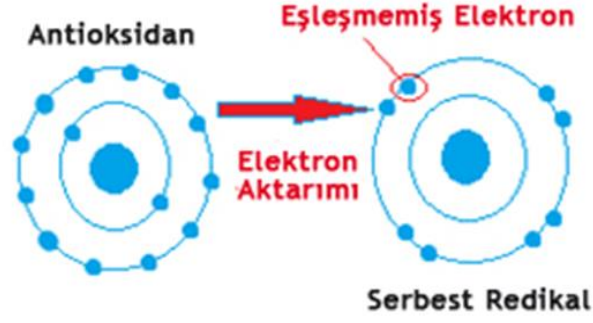
1.2. Bitkilerde Antioksidan Savunma Sistemi

Bitkiler yaşam döngüleri boyunca büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkileyen birçok stres faktörü ile karşılaşmaktadır. Biyotik (mikroorganizmaların enfeksiyonu, böcekler, hayvan ve insan tahripleri sonucu oluşan stres faktörleri) ve abiyotik kökenli (tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksiklik veya fazlalıkları, kimyasallar, ağır metaller, hava kirliliği, radyasyon, rüzgar, manyetik ve elektriksel alanlar gibi çevre faktörleri) olabilen bu stres faktörleri bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal zararlara yol açmakta, ürünün nicelik ve niteliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Kocaçalışkan, 2004; Yağmur, 2008). Biyotik faktörlerin

etkisi ile oluşan oksidatif stres, serbest radikallerin, özellikle reaktif oksijen türlerinin [süperoksit anyonu (O_2^-), singlet oksijen (1O_2), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH^\cdot)] oluşumunu içeren ve reaktif oksijen türleri aracılığıyla bitkilerde zararlara neden olan stres olarak tanımlanmaktadır (Raychaudhuri, 2000). Reaktif oksijen türleri (ROT), eşleşmemiş elektron içeren oldukça reaktif moleküller olup metabolizmanın yan ürünleri olarak ya da enzimler yoluyla fotosentez ya da solunum sırasında üretilmektedir (Vranova *et al.*, 2002; Desikan *et al.*, 2004). Stres koşullarında sentezlenen serbest oksijen radikalleri, tüm metabolizma üzerinde oldukça ciddi sonuçlara neden olan lipid peroksidasyonuna, enzimlerin inaktivasyonuna, pigment yıkımına, proteinlerin parçalanmasına, klorofil gibi çeşitli hücre komponentlerinin bozulmasına ve nükleik asit hasarına neden olmaktadır (Bray *et al.*, 2000; Johnson *et al.*, 2003; Hansen *et al.*, 2006).

Bitkiler stres koşullarında meydana gelen oksidatif hasarın yol açtığı bu yıkıcı etkilerle mücadele etmek için ROT'un seviyesini kontrol eden ve bunların normal formlara dönüşümünü katalizleyen karmaşık bir antioksidant savunma sistemine sahiptir (Minibayeva and Gordon, 2003; Srivalli *et al.*, 2003; Güler, 2011). Antioksidanlar düşük konsantrasyonlarda oksidasyon yapabilen ve diğer bir substratın oksidasyonunu azaltan (elektron aktarımıyla) veya engelleyen yani oksidasyona karşı mücadele eden maddelerdir (Şekil 1.9) (Elliot, 1999). Antioksidanlar, enzimatik olmayan antioksidanlar ve enzimatik antioksidanlar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Enzimatik antioksidanlar; mevcut radikallerle reaksiyona girerek bunların daha zararlı formlara dönüşmelerini ve yeni serbest radikal oluşumunu önleyen bileşiklerdir. Bu enzimler genel olarak serbest radikallerin DNA, proteinler ve lipidler gibi hücrenel bileşenlere zarar vermesini sınırlandırmak suretiyle bir hücrenel bölgeden diğerine geçişini de önleyebilmektedir (Diplock, 1998). Enzimatik antioksidanlar süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX), glutatyon redüktaz (GR), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR) ve katalaz (CAT) olarak bilinmektedir (Blokhina, 2000; Agarwal and Pandey, 2004; Pinheiro *et al.*, 2004) . Enzimatik olmayan antioksidanlar ise; oksijen radikalini yakalayan ve radikal zincir reaksiyonlarını kıran bileşiklerdir (Ou *et al.*, 2002). Mannitol, sistein, hidrokinin, melatonin, koenzim Q10, selenyum, çinko, A,

C ve E vitaminleri, flavanoidler (quercetin, rutin, tanninler), bazı alkoloidler, ksantofiller antosiyaninler, karotenoidler (likopen, α -karoten, β -karoten, lutein, zeaksantin, astaksantin), tokoferoller, askorbik asit ve fenolik bileşikler enzimatik olmayan antioksidanlar grubunda yer almaktadır (Jung, 2004; Türkan *et al.*, 2005).



Şekil 1.9. Antioksidanlar tarafından serbest radikallerin nötralize edilmesi (Büyük ve ark., 2012)

Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar hücredeki lokalizasyonlarına ve rollerine göre farklılık göstermektedir (Çizelge 1.4). Örneğin enzimatik antioksidan grubunda yer alan SOD süperoksit radikalini hidrojen peroksit ve oksijene dönüştürmektedir. Fakat hidrojen peroksitte toksik radikallerden birisidir. Meydana gelen bu toksik radikalın zararsız hale getirilmesinde katalaz H_2O_2 'nin moleküler oksijene dönüşümünü katalizlerken, askorbat peroksidaz H_2O_2 'nin su ve monodehidroaskorbata dönüşümünü katalizlemektedir. Glutasyon redüktaz okside glutasyonu indirgenmiş glutatyona katalizleme görevine sahipken glutasyon peroksidaz hidroperoksitlerin indirgenmesinden sorumlu bir enzim olarak rol oynamaktadır (Zhu *et al.*, 2004; Sairam *et al.*, 2005; Uyar, 2011).

Çizelge 1.4. Bitkilerde enzimatik olmayan ve enzimatik antioksidanların lokalizasyonları ve rolleri (Büyük ve ark., 2012)

Enzimatik Olmayan Antioksidanlar	Rolü	Hücrel Lokasyonu
Askorbik Asit	Direk olarak O_2^- , OH ve H_2O_2 'yu temizler.	Kloroplast, apoplast, vakuol, sitozol
Tokoferoller	Lipit peroksidasyonunu kırar. Lipit peroksitlerini O_2^- ve OH 'i temizler.	Bitkilerin tüm kısımlarında bulunur. Kloroplast membranlarında tokoferol yoğun olarak bulunur.
Karotenoidler	Peroksi radikalleri ile O_2^- ve OH'i temizler.	Sitozol, vakuol
Glutasyon	Redoks döngüsünün bir substratı olarak, OH ile 1O_2 'nin direk temizlenmesinde yararlıdır.	Sitozol, endoplazmik retikulum, vakuol, mitokondri
Fenolik Bileşikler	Antioksidan özelliklerini iyi birer hidrojen veya elektron vericisi olmaları, zincir kırıcı özellikleri ile gösterirler.	Sitozol, vakuol
Enzimatik Olan Antioksidanlar	Rolü	Hücrel Lokasyonu
Süperoksit Dismutaz (SOD)	O_2^- 'i H_2O_2 'ye dönüştürür.	Kloroplast, sitozol, mitokondri, peroksizom
Askorbat Peroksidaz (APX)	H_2O_2 'yi H_2O 'ya çevirir.	Kloroplast, sitozol, mitokondri, peroksizom
Katalaz (CAT)	H_2O_2 'yi moleküler oksijene çevirir.	Peroksizom
Glutasyon Peroksidaz (GPX)	H_2O_2 'yi ve lipit peroksitlerini etkisizleştirir.	Kloroplast, sitozol, mitokondri

Bitki yaşamında kritik role sahip olan antioksidan enzimlerden CAT ve APX'in özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Katalaz enzimi

Katalaz (CAT), indirgen bileşenlere gerek duymadan hidrojen peroksitin detoksifikasyonundan sorumlu olan karakteristik tek antioksidan enzimdir (Çimen ve ark., 2005; Scandalios *et al.*, 1997; Patykowski and Urbanek, 2003). Aerobik mikroorganizmaların hepsinde, omurgalılarda, omurgasızlarda, bitkilerde ve mantarlarda bulunmaktadır (Bergmeyer and Grabl, 1983). Varlığı ilk kez hidrojen

peroksiti keşfeden bilim adamı Louis Jacques Thenard (1811) tarafından bilinmeyen madde olarak ortaya atılmıştır. 1900 yılında Oscar Loew enzime bugünkü adını vermiş ve birçok bitki ve hayvan türünde var olduğunu göstermiştir (Loew, 1900). 1937 yılında enzim James B. Sumner ve Alexander Dounce (Sumner and Dounce, 1937) tarafından kristalize edilmiş ve 1938 yılında moleküler yapısı ortaya konulmuştur (Sumner and Gralen, 1938). 1969'da enzimin amino asit dizisi (Schroeder *et al.*, 1969) ve 1981 yılında 3 boyutlu modeli bulunmuştur (Murthy *et al.*, 1981).

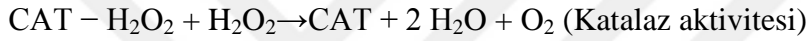
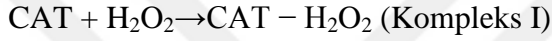
Oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonlarında rol oynayan enzimlere oksidoredüktazlar denilmektedir ve CAT oksidoredüktazların (oksidazlar, dehidrojenazlar, hidroperoksidazlar, oksijenazlar) bir grubu olan hidroperoksidazlar sınıfında yer almaktadır. Hidroperoksidazlar, substrat olarak hidrojen peroksit veya diğer organik peroksitleri kullanmakta ve aynı zamanda canlıyı zararlı peroksitlere karşı korumaktadır (Halliwell and Gutteridge, 1990; Nicholls *et al.*, 2000).

Katalaz tetramerik yapıya sahip, molekül ağırlığı 240 000 dalton olan ve aktif merkezinde dört tane 'ferri hem' grubu içeren bir enzimdir. Her bir alt birim genellikle enzimin stabilizasyonunu sağlayan bir molekül nikotin amid difosfat hidrojen (NADPH) içermektedir (Aydın, 2003). İçerdiği 4 adet demir bağlı porfirin grubu, enzimin hidrojen peroksitle tepkime vermesini sağlamaktadır (Brenda, 2009). Esas olarak peroksizomlarda ve aynı zamanda glioksizomlarda bulunmaktadır (Mittler 2002; Del Rio *et al.*, 2003). Ancak az miktarda da mitokondride ve apoplast bölgede de yer almaktadır (Taşgın *et al.*, 2006).

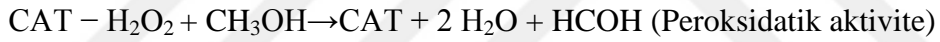
Katalaz'ın temel fonksiyonu, moleküller O_2 mevcudiyetinde metabolizmanın bazı kademelerinde sentezlenen, singlet oksijen (1O_2) ve hidroksil radikallerinin (OH) potansiyel kaynağı olan H_2O_2 'nin ve ROOH gibi bir peroksitin radikalliğini gidererek özellikle membranlarda oluşabilecek geri dönüşümsüz hasarları engellemektir (Huang *et al.*, 1983; Scandalios, 1993). Bununla birlikte bitkiler genel olarak üç sınıf CAT'a sahiptir. Birinci sınıf CAT'lar, fotosentetik dokularda çok fazla bulunmakta ve fotosentez sürecinde üretilen H_2O_2 'nin giderilmesini sağlamaktadır. İkinci sınıf CAT'lar, vasküler dokularda aşırı üretilmekte ve lignifikasyonda önemli rol oynamaktadır. Üçüncü sınıf CAT'lar ise tohum ve genç bitkilerde bulunmakta,

gliksizomlarda gliksilat döngüsünde yağ asitlerinin parçalanması sürecinde üretilen H₂O₂'nin ortadan kaldırılmasında görev yapmaktadır (Breusegem *et al.*, 2001).

Katalaz en yüksek hızla reaksiyon veren enzimlerden birisidir ve bir molekül CAT, bir saniyede milyonlarca hidrojen peroksit molekülünü su ve oksijene dönüştürmektedir (Dhindsa *et al.*, 1981; Scandalios, 1994; Willekens *et al.*, 1997). CAT'ın bu reaksiyonu iki basamakta gerçekleşmektedir. Birinci basamakta hidrojen peroksidin enzime bağlanması ile kompleks I olarak ifade edilen ara ürün oluşmaktadır. Kompleks-I'in ikinci hidrojen peroksit molekülüyle reaksiyonu, su ve moleküler oksijen oluşumuyla sonuçlanmaktadır (Whittaker, 2012).



Eğer CAT metanol, etanol gibi bir hidrojen verici kompleks I ile reaksiyona girdiğinde ise su ve bir aldehit oluşmaktadır.



Katalitik aktivite için iki hidrojen peroksit molekülü reaksiyona girerken, peroksidatik aktivite için bir hidrojen peroksit molekülü reaksiyona girmektedir. Enzimin bu iki aktiviteden hangisini göstereceğini bulunduğu hücrenin hidrojen peroksit üretim hızı yani hücre metabolizması belirlemektedir. Çünkü hidrojen peroksit üretim hızı dokulara ve hücrelere göre değişiklik göstermektedir (Uslu *et al.*, 1998).

1.2.2. Askorbat peroksidaz enzimi

Askorbat peroksidaz (APX), H₂O₂'nin suya indirgenmesini katalizleyen ve H₂O₂'in detoksifikasyonunda en önemli indirgen substrat olan askorbata büyük bir afinite ve özgüllük gösteren bir enzimdir (Asada, 1999). APX aktivitesi bitkilerde, alglerde, bazı siyanobakterilerde ve böceklerde bulunmuştur (Mathews *et al.*, 1997). APX süperoksit anyonu, singlet oksijen ve H₂O₂ gibi ROT'ların geniş bir bölümünü elemine etmekte ve zincir kırıcı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca fotosentezin düzenlenmesinde, ışığa karşı korumada önemli olmasının yanısıra prostetik grup olarak metal iyonu bulunduran enzimlerin aktivitelerinin korunmasında da önemli bir role sahiptir (Beyer, 1994).

Askorbat en önemli antioksidanlardan birisidir ve doğrudan hidroksil radikalleri, süperoksit ve singlet oksijen ile reaksiyona girmektedir (Shigeoka *et al.*, 2002). APX enzimi ise iki molekül askorbatı kullanarak H₂O₂'i suya parçalamakta, bu reaksiyon sonucunda askorbat iki molekül monodehidroaskorbata (MDHA) dönüşmektedir (Kumar *et al.*, 2011).



Askorbat peroksidaz enzimi hücrede kloroplast stromasındaki çözünebilir (sAPX), tillakoyide bağlı (tAPX), sitosolik (cAPX) ve glioksizom membranına (gmAPX) bağlı olmak üzere 4 farklı formda bulunmaktadır (Noctor and Foyer, 1998; Madhusudhan *et al.*, 2003). Organellerde bulunan APX, organellerin içinde üretilen H₂O₂'yi bertaraf ederken, sitozolik APX, sitozolde ve apoplastta üretilen ya da organellerden difüzyon yapan H₂O₂'yi bertaraf etmektedir (Mittler and Zilinskas, 1992).

Bitki dokularının patojenle enfeksiyonu sırasında elisitör ve reseptör moleküller arasındaki interaksiyon sonucunda oksidatif stres meydana gelmekte ve bu durum reaktif oksijen türlerinin hızlı bir şekilde oluşmasına neden olmaktadır (Xing *et al.*, 1997). Meydana gelen reaktif oksijen türleri sinyal molekül olarak görev yapmakta ve bunun sonucunda bitkinin savunma mekanizmalarını harekete geçirmektedir (Lamb, 1997). Sinyal molekülleri sadece enfekte olmuş bölgedeki genleri uyarmakla kalmamakta, aynı zamanda sistemik olarak bitkinin hastalık tarafından henüz etkilenmediği bölgelerdeki genlerinde aktif hale gelmesini sağlamaktadır. Böylece bitki daha sonraki enfeksiyonlarda dayanıklı hale gelmektedir (Heil, 2002). Bu tez çalışmasında *E. amylovora* inokulasyonu sonucu oluşan oksidatif stresin ateş yanıklığı hastalığına dayanıklı ve hassas olan armut çeşitlerinde, zamana bağlı olarak, CAT ve APX antioksidan enzim aktivitesi üzerinde oluşturduğu değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda farklı patojen-konukçu interaksiyonlarında, bitkilerin patojenlere karşı gösterdiği dayanıklılıkta CAT, APX, SOD, POD gibi antioksidant enzimlerin önemli rol oynadığına dair birçok çalışma bulunmaktadır (Soylu *et al.*, 2003; Sklodowska *et al.*, 2011; Nisha *et al.*, 2012). Bu çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Venisse *et al.* (2001), tarafından yapılan çalışmada, armut (uyumlu interaksiyon) ve tütünde (uyumsuz interaksiyon) *Erwinia amylovora* (Ea) ve *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (Pst) enfeksiyonu sonrası antioksidant enzimlerin aktivitesindeki değişimler incelenmiştir. Armut ve tütün bitkilerinin yapraklarına Ea strainleri (Ea 1430, Ea 6089, Ea 6023) ve Pst'nin 2016 straini ile inokulasyon yapılmıştır. İnokulasyon sonrasında yaprak örneklerinde APX, GR, GST ve POD enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Bakteriyel enfeksiyondan sonra dört enzim içinde maksimum aktivite armut bitkisinde 30. saatte, tütün bitkisinde ise 24. ve 30. saatlerde saptanmıştır.

Venisse *et al.* (2003), tarafından yapılan çalışmada, doku kültürü ile çoğaltılmış armut bitkilerin de *E. amylovora* strainlerinin inokulasyonu sonucu meydana gelen oksidatif stres oluşumuna GST, APX, GR, CAT'in etkisi test edilmiştir. *E. amylovora*'nın çeşitli oksidatif enzimleri aktive ettiği bulunmuştur. Aktivasyonun genelde 12 saat sonra başladığı ve 24 saat sonra maksimum seviyeye ulaştığı kaydedilmiştir.

Jetiyanon (2007), tarafından yapılan çalışmada, farklı patosistemlere karşı *Bacillus amiloliquefaciens* IN937a ve *Bacillus pumilus* IN937b strainlerinin karışım şeklinde uygulanmasının bitkilerde savunma ile ilişkili enzimlerin üretimine etkisi incelenmiştir. Sera şartlarında dört farklı patosistemde (domateste *Sclerotium rolfsii* ve *Ralstonia solanacearum*, biberde *Sclerotium rolfsii* ve *Colletotrichum gloeosporioides*) bakterilerin enzimler üzerine etkisi negatif kontrol, patojen, bakteri karışımı ve patojen+bakteri karışımı uygulamaları ile test edilmiştir. Negatif kontrol ve patojen uygulamasına kıyasla bakterilerin karışım halinde uygulandığı bitkilerde SOD ve POD aktiviteleri daha yüksek seviyede bulunmuştur. Sadece patojen uygulanan bitkilere kıyasla patojen uygulamasından sonra bakteri karışımı ile inokulasyon yapılan

bitkilerde %25-30 daha fazla SOD ve POD enzim aktivitesi tespit edilmiştir. Patosistemlerin hepsinde bakterilerin karışım şeklinde uygulanmasının bitkileri patojene karşı dikkat çekecek düzeyde koruduğu gözlenmiştir. Negatif kontrol grubundaki bitkilerde düşük seviyede SOD ve POD enzim aktivitesi belirlenmiştir. Sonuçlar bakteri strainlerinin karışım şeklinde uygulanmasının farklı patojenler için SOD ve POD enzim aktivitesini teşvik ettiğini, bunun sonucunda meydana gelen fizyolojik değişimlerin hastalıklara karşı korunmayı sağladığını göstermiştir.

Vanitha and Umesha (2008), tarafından yapılan çalışmada, domateste solgunluğa neden olan *Ralstonia solanacearum*'a karşı savunma ile ilişkili enzimlerin bitki dayanıklılığındaki rolü araştırılmıştır. Bu amaçla sera şartlarında patojenin inokulasyonu sonrasında hassas, çok hassas ve dayanıklı 20 farklı domates çeşidinde savunmayla ilişkili enzimlerin etkisi ve dayanıklılık reaksiyonları incelenmiştir. 8 günlük domates fidelerinin kökleri 10^8 CFU/ml konsantrasyondaki bakteri süspansiyonuna daldırılmış ve inokulasyondan sonraki farklı zaman aralıklarında (0, 3, 6, 9, 12, 15 vb. 72 s) bitkilerden örnekler alınmıştır. POD ve LOX enzimlerinin zamana bağlı birikimi değerlendirildiğinde dayanıklı çeşitlerde inokulasyondan 9 saat sonra maksimum aktivite saptanmıştır. Hassas ve çok hassas çeşitlerde ise POD enzim aktivitesinin inokulasyondan 15 ve 24. saat sonra, LOX enziminin aktivitesinin ise 18 ve 27 saat sonra artış gösterdiği tespit edilmiştir. Dayanıklı çeşitlerin kontrol ve hassas çeşitlere nazaran patojen inokulasyonundan sonra daha yüksek enzim aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir.

Xu *et al.* (2008), tarafından yapılan çalışmada, *Monilia fructicola* enfeksiyonuna maruz kalan şeftalilerde meydana gelen oksidatif hasarın giderilmesinde veya hafifletilmesinde biyokontrol mikroorganizmaların (*Cryptococcus laurentii*, *Candida guilliermondii*, *Pichia membranaefaciens* ve *Rhodotorula glutinis*) etkisi araştırılmıştır. 4 antagonistik mayanın *M. fructicola*'nın neden olduğu reaktif oksijen türlerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Antagonistik mayaların kitinaz, β -1,3- glukanaz, CAT, POD enzim aktivitelerini önemli derecede arttırdığı bulunmuştur. Çalışma sonucuna bağlı olarak maya uygulamalarının patojen kaynaklı oksidatif zararı azalttığı ve şeftali meyvelerinde *M. fructicola*'nın neden olduğu çürümeyi kontrol etmede etkili olduğu belirlenmiştir. Şeftali meyvelerinde steril bir çivi ile yara açılmış ve bu kısım maya

türleri ile inokule edilmiştir. Biyokontrol uygulamasından 12 saat sonra meyveler patojen süspansiyonu ile muamele edilmiş ve 0., 1., 2., 3. ve 4. günde CAT, POD enzim aktiviteleri belirlenmiştir. En yüksek CAT ve POD enzim aktivitesi 1. günde *P. membranaefaciens* uygulanan şeftali meyvelerinde, en düşük enzim aktivitesi ise 4. günde *R. glutinis* uygulanan meyvelerde elde edilmiştir.

Koç and Üstün (2012), tarafından yapılan çalışmada, üç biber çeşidinde (Hassas çeşit Kahramanmaraş – Hot (KM-Hot) ve Demre-8 (DEM-8), dayanıklı çeşit Criollo de Morelos Morelos = CM 334 (PM- 702) *Phytophthora capsici*'nin farklı inokulum konsantrasyonlarının (10^2 , 10^3 ve 10^4 zoospor / ml) enfeksiyon düzeyine ve fenolik bileşiklere, CAT ve POD enzim aktivitelerine etkisi araştırılmıştır. İnokulasyon sonrası PM – 702'nin patojene karşı dayanıklılığının yüksek olduğu saptanmıştır. KM–Hot ve Dem-8 çeşitlerinin ise patojene karşı hassas reaksiyon sergilediği görülmüştür. Kökte çürüklüğe neden olan patojenin inokulasyonundan sonra bitkilerin yaprak ve gövdelerinden yapılan analizler sonucunda dayanıklı ve hassas çeşitlerde biyokimyasal parametreler arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Hastalığa dayanıklı olan PM-702 çeşidinde CAT ve POD enzim aktivitesinin maksimum artış gösterdiği saptanmıştır. Hassas çeşitlerde ise yüksek inokulum konsantrasyonunda CAT enzim aktivitesinde kayıp gözlenmiştir. Fenolik bileşiklerdeki maksimum artış ise hassas çeşit DEM-8'in yapraklarında ve PM-702'nin gövdesinde belirlenmiştir. Antioksidant sistem ile hastalık arasında bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin patojenin ilerleyişini etkilediği bulunmuştur.

Chandrashekar and Umesha (2012), tarafından yapılan çalışmada, domateste bakteriyel leke hastalığına sebep olan *Xanthomonas axonopodis* pv.*vesicatoria*'ya karşı dayanıklılıkta antioksidant enzimlerin rolü araştırılmıştır. On farklı domates çeşidi (Solar, Sun hybrid, Indam, Ashwini TA-4, Amulya, PKM-1, Rohini-TR, Golden, Ujwala, Quality seeds) sera koşullarında test edilmiştir. Patojenin 1×10^8 CFU/ml konsantrasyonundaki süspansiyonu ile sekiz günlük domates fideleri daldırma ve sprej şeklinde inokule edilmiştir. Farklı zaman aralıklarında (0, 3, 6, 9, 12, 15 vb. 72 s) bitkilerden örnekler alınmış ve örneklerin CAT ile APX aktiviteleri belirlenmiştir. Dayanıklı domates çeşitlerinde CAT ve APX enzimlerinin patojen inokulasyonundan sonraki 12. ve 21. saatlerde maksimum aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Hassas ve

çok hassas çeşitlerde askorbat peroksidaz enzim aktivitesinin 18. ve 36. saatte, CAT aktivitesinin ise 42. ve 54. saatlerde arttığı saptanmıştır. Hassas çeşitler ve patojen inokule edilmeyen bitkilerle kıyaslandığında dayanıklı çeşitlerde enzimlerin aktiviteleri daha yüksek bulunmuştur.

Faize *et al.* (2012), tarafından yapılan çalışmada, tütün bitkisinin farklı hatlarında (hat 17, 35, 39 ve 51) *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*'nin (Pst) neden olduğu vahşi ateş ve *Agrobacterium tumefaciens*'in (At) neden olduğu ur hastalıklarına karşı APX ve SOD enzimlerinin etkisi araştırılmıştır. Sekiz haftalık tütün bitkilerine 3×10^5 CFU/ml konsantrasyonda Pst ile yaprak ve At ile gövde inokulasyonu şeklinde uygulama yapılmıştır. Patojen inokulasyonundan hemen sonra 0., 1. ve 2. gün bitkilerden örnekler alınarak antioksidant enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Her iki patojene karşı da tütün hatlarının farklı seviyede dayanıklılık sergilediği görülmüştür. Özellikle 35 ve 39 hatlarının vahşi ateş hastalığına, 51 hattının ise ur hastalığına karşı en dayanıklı bitkiler olduğu belirlenmiştir. Hastalık toleransının ve semptomlardaki azalmanın antioksidan savunma enzimlerinin daha yüksek seviyede olması ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Karacif (2012), tarafından yapılan çalışmada *E. amylovora* enfeksiyonundan sonra elma (Skarlet, Breaburn, Golden, Gala,) ve armut (Ankara, Santa Maria) çeşitlerinde SOD, CAT ve APX antioksidan enzim seviyelerini belirlemişlerdir. Bu amaçla bitkiler $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$, %60-65 nisbi nem koşullarında, serada yetiştirilmiştir. Bakteri inokulumun hazırlanmasında en yüksek virülensliğe sahip Ea 43b straini kullanılmış ve inokulumun yoğunluğu 10^8 CFU/ml olarak hazırlanmıştır. Kontrol grubunda yer alan bitkilerin yapraklarına ise saf su inokule edilmiştir. Bitkilerin yapraklarından 24. ve 72. saatlerde örnekler alınmıştır. *E. amylovora* inokulasyonu sonrasında elma çeşitlerinde SOD aktivitesi en yüksek 24. saatte Skarlet çeşidinde, 72. saatte Golden çeşidinde saptanmıştır. CAT aktivitesi en yüksek 24. saatte Golden çeşidinde, 72. saatte Gala çeşidinde bulunmuştur. APX enzim aktivitesi en yüksek 24. saatte Breaburn, 72. saatte Gala çeşidinde tespit edilmiştir. En yüksek enzim aktivitesi Santa Maria çeşidinde SOD, CAT ve APX için 24. saatte belirlenmiştir. Ankara çeşidinde ise CAT ve APX için en yüksek enzim aktivitesi 72. saatte saptanmıştır.

Murthy *et al.* (2014), tarafından yapılan çalışmada, 10 rhizobakteri straininin domateste solgunluğa neden olan *Ralstonia solanacearum*'a karşı etkisi araştırılmış ve 3 tanesinin (Pf 3, Pf 5 ve Pf 8) antagonistik özellik gösterdiği saptanmıştır. Yapılan 16S rRNA analizi ile bakteri strainlerinin *Pseudomonas fluorescens* olduğu belirlenmiştir. *P. fluorescens* strainleri ile yapılan tohum uygulamalarının tohum çimlenmesini ve fide gelişimini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu 3 strainin bitkilerde savunma ile ilişkili enzimlerin üretilmesini teşvik etme yeteneği hassas domates çeşidinde (Arka Meghali) test edilmiştir. 10 günlük domates fidelerinin kökleri *R. solanacearum* ve *P. fluorescens*'ın 10^8 CFU/ml konsantrasyonundaki solüsyonuna daldırılarak inokule edilmiştir. İnokulasyon sonrası farklı zaman aralıklarında (0, 3, 6, 9, 12, 15 vb. 72 s) bitkilerden örnekler alınmış ve savunma ile ilişkili enzimlerin aktiviteleri belirlenmiştir. *P. fluorescens* ve *P. fluorescens* + *R. solanacearum* uygulamalarında POD, PPO, PAL ve β -1,3-glukanaz enzimlerinin önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir. POD enzim aktivitesinin inokulasyondan sonraki 18. saatte, PAL, PPO ve β -1,3-glukanaz enzim aktivitelerinin ise 24. saatte maksimum seviyeye ulaştığı saptanmıştır.

Nowogorska and Patykowski (2015), tarafından yapılan çalışmada, fasulye bitkisinde *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Psp) ve *Botrytis cinerea* (Bc) enfeksiyonu sonrası SOD, CAT ve GPOD enzimlerinin aktiviteleri araştırılmıştır. Çalışma farklı saldırı stratejisine sahip patojenlerin çoklu enfeksiyonu ile fasulye bitkisinin nasıl mücadele edeceğini anlamak için yapılmıştır. Fasulye bitkileri önce Psp ile bulaştırılmış, inokulasyondan iki gün sonra Bc ile inokule edilmiştir. Diğer uygulamalar ise negatif kontrol, Psp inokulasyonu ve Bc inokulasyonu şeklinde düzenlenmiştir. Süperoksit anyon (O_2^-) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonu, SOD, GPOD ve CAT gibi antioksidant enzimlerin aktiviteleri inokulasyonlardan 6, 12, 24 ve 48 saat sonra belirlenmiştir. Reaktif oksijen türler için ölçümler sitozolik ve apoplastik kısım için yapılmıştır. Psp enfeksiyonunun deneyin başlangıcından beri ROT seviyesinde belirgin bir artışa neden olduğu saptanmıştır. Apoplastik enzim aktivitesinin sitozolik olanların aksine deneyin başlangıcında dikkat çekecek derecede arttığı belirlenmiştir. Sitosolik SOD ve GPOD aktivitesinin uygulamadan sonraki 48. saatte maksimum değere ulaştığı saptanmıştır.

Sumayo *et al.* (2014), tarafından yapılan çalışmada, tütünde bakteriyel yumuşak çürüklük patojeni olan *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*'a karşı linoleik asitin altı farklı dozu (0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 0.25, 0.5) bitkiye uygulanmış ve linoleik asitin PAL, POD ve PPO gibi savunma enzimlerinin indüklenmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tütün bitkisinin kök kısmına linoleik asit koyulmuş, 7 gün sonra bitkiye patojen inokule edilmiştir. Uygulama sonrası bitkiden örnekler alınarak süpernatantlar elde edilmiş ve enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Kontrol bitkilerine ise sadece sdH₂O uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre PAL ve POD aktivitesi en yüksek 0.5 mM linoleik asit uygulamasında, maksimum PPO aktivitesi ise 0.01 mM linoleik asit uygulamasında tespit edilmiştir.

Farahani and Taghavi (2016), tarafından yapılan çalışmada, *Xanthomonas hortorum* pv. *polargonii* (Xhp) – maş fasulyesi (konukçu olmama durumu) ve *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) – maş fasulyesi interaksyonunda (konukçu olma durumu) SOD ve APX ifadesi, CAT ve POD enzim aktivitesi araştırılmıştır. Patojenlere ait inokulumlar 10⁷ CFU/ml konsantrasyonunda 25 günlük fasulye yapraklarına sprey şeklinde inokule edilmiştir. Negatif kontrol olarak bitkilere sdH₂O sprey şeklinde uygulanmıştır. Uygulamadan 12, 24, 48, 72 ve 96 saat sonra bitkilerden örnekler alınarak SOD, CAT, APX ve POD antioksidant enzimlerin aktiviteleri analiz edilmiştir. SOD, APX, CAT ve POD enzim aktivitesinin Xhp-fasulye interaksyonunda 48. saatte, Xap-fasulye interaksyonunda 72. saatte en yüksek değerde olduğu görülmüştür. SOD ve APX ifadesinin uyumlu ve uyumsuz etkileşimler arasında farklılık gösterdiği bulunmuştur. Uyumlu ve uyumsuz etkileşimler kıyaslandığında SOD ve APX ifadesinin uyumsuz etkileşimde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca antioksidant enzimlerin indüksiyonunun konukçu olmama - patojen interaksyonunda, konukçu patojen interaksyonuna göre daha erken meydana geldiği tespit edilmiştir.

Rais *et al.* (2017), tarafından yapılan çalışmada, pirinçte enfeksiyona neden olan *Pyricularia oryzae*'ya karşı kullanılan *Bacillus* strainlerinin bitkinin antioksidan enzim aktivitesine olan etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada siderefor, proteaz ve glukanaaz üretebilen üç *Bacillus* straini (KFP-5, KFP-7, KFP-17) ve Basmati-515, Basmati süper ve Basmati-385 olmak üzere üç pirinç varyetesi kullanılmıştır. Çalışma üç tekerrürlü olarak altı uygulama (fungusit + patojen, KFP-5 + patojen, KFP-7 + patojen, KFP-17 +

patojen, patojen, negatif kontrol) şeklinde yürütülmüştür. Antagonistik *Bacillus* strainlerinin pirinç bitkisinin yaprak ve köklerinde SOD' u 1,7-1,9 kat, POD' u 3,5-4,1 kat, PPO' yu 3-3,8 kat, PAL' ı 3,9-4,4 kat arttırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuç *Bacillus* strainleri ile yapılan uygulamaların enfekteli pirinç bitkilerinde antioksidan savunma aktivitesini belirgin şekilde yükselttiğini ve patojenin neden olduğu oksidatif zararı engelleyerek, hastalığın meydana gelmesini önlediğini, dolayısıyla biyolojik mücadelede kullanılabileceklerini göstermiştir.

Azarabadi *et al.* (2017), tarafından yapılan çalışmada, *E. amylovora* (Ea) inokulasyonu sonrası dört armut anacında (Pyrodwarf, OH x F40, OH x F69, OH x F333) oluşan hidroksil anyonu, hidrojen peroksit ve süperoksit anyon oranı ve yoğunluğu incelenmiştir. Ayrıca en tolerant ve en hassas armut anaçlarında Ea enfeksiyonuna tepki olarak ROT' u etkisiz hale getiren SOD, CAT ve APX enzim aktivasyonu araştırılmıştır. Patojene karşı en yüksek hastalık toleransı OH x F69 anacında tespit edilmiştir. Hastalığa dayanıklılık seviyesinin belirlenmesinde H₂O₂ ve OH birikiminin ve yoğunluğunun belirleyici olduğu görülmüştür. Hem hassas hem de tolerant armut ağaçları kontrol ile kıyaslandığında SOD, CAT ve APX genlerinin transkripsiyon aktivitesinin 24., 48., 72. ve 96. saatlerde oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Ea enfeksiyonunun armutta ROT oluşumunu yeterince uyardığı ancak ROT oluşumunun ilerlemesinin konukçu bitkinin hassaslık oranına son derece bağlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Ea enfeksiyonu sırasında ROT' un zararını azaltan antioksidant enzimleri kodlayan genleri kademeli olarak aktive ettiği saptanmıştır.

Kharazian (2017), tarafından yapılan sera denemesinde, *Lactobacillus* strainlerinin [*Lactobacillus paralimentaris*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri* (*sunkii*) ve *Lactobacillus pentosus*] mısır bitkisinden izole edilen *Fusarium verticillioides*' e etkisi araştırılmıştır. *Fusarium* ve *Fusarium* + *Lactobacillus* inokulasyonu sonrasında bir aylık fidelerde SOD, CAT ve APX antioksidant enzim aktivitesi belirlenmiştir. Mısır fidelerine uygulanan *Lactobacillus* strainlerinin bitki gelişimini belirgin bir şekilde arttırdığı görülmüştür ve bu konuda en başarılı strainin *Lactobacillus buchneri* (*sunkii*) olduğu tespit edilmiştir. *F. verticillioides* inokulasyonunun bitkide antioksidant enzim aktivitesini uyararak arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca *Lactobacillus* strainleri ile birlikte yapılan inokulasyonun

ise tek başına *Fusarium verticillioides* uygulamasına kıyasla enzim aktivitesini düşürdüğü belirlenmiştir.

Narayan *et al.* (2017), tarafından yapılan çalışmada, nohut bitkisinin gelişimini arttıran ve patojen olan *Botrytis cinerea*'ya karşı bitkiyi koruyan *Piriformospora indica*'nın antioksidant savunma enzimleri üzerine etkisi incelenmiştir. *P. indica*'nın bitkiye inokulasyonu ile kolonizasyonunun yavaş yavaş arttığı ve bunun sonucunda *B. cinerea* kolonizasyonunun engellendiği tespit edilmiştir. Ayrıca *P. indica* kolonizasyonunun antioksidant enzim aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir. İlginç bir biçimde *B. cinerea* ve *P. indica* ile enfekteli sürgünlerde antioksidant enzim aktivitesinin azaldığı gözlenmiştir. *P. indica*'nın biyo-koruyucu etkisinin konukçu bitkide sistemik olarak antioksidant savunma sisteminin harekete geçmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Veeralakshmi *et al.* (2017), tarafından yapılan çalışmada, *Vigna radiata* bitkisinde *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* inokulasyonu sonrası antioksidant enzimlerin aktiviteleri araştırılmıştır. Bu amaçla patojen kültürü 15 günlük fidelerin gövdesine steril bir iğne ile enjekte edilmiştir. İnokulasyondan 4 gün sonra yaprak ve gövde de hastalık belirtileri gözlenmiştir. Enfekteli bitkilerdeki hastalık şiddeti POD, CAT, SOD ve PPO antioksidant enzim seviyelerindeki değişimin izlenmesi ile belirlenmiştir. Patojenle muamele edilmiş bitkilerde bütün enzimlerin aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir.

Hasan (2017), tarafından laboratuvar ve sera koşullarında yapılan çalışmada, farklı topraklardan izole edilen *Pseudomonas fluorescens* (Pf) ve *Bacillus subtilis* (Bs) 'in domateste patojen olan *Fusarium oxysporum*'a karşı biyokontrol özelliği araştırılmış ve antagonist uygulamalarının bitkideki enzim aktivitelerine etkisi incelenmiştir. Pf ve Bs'nin antagonistik özelliği King B Agar üzerinde değerlendirilmiş ve patojen gelişimini sırasıyla %76 ve %55,05 inhibisyon oranı ile engellediği bulunmuştur. Negatif kontrol ile biyokontrol mikroorganizmalarının kullanıldığı uygulamalar kıyaslandığında, bakteri uygulamasının yapıldığı bitkilerde SOD, POD, CAT ve GPX antioksidantlarının enzimatik aktiviteleri arasında dikkate değer farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. SOD enzim aktivitesinin diğer enzim aktivitelerine kıyasla 30 gün

içerisinde azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca Pf inokulasyonunun Bs inokulasyonuna kıyasla çalışılan enzim aktivitelerinde artışa yol açtığı saptanmıştır.

Uysal and Baştaş (2018), tarafından yapılan çalışmada hassas ve dayanıklı fasulye genotiplerinde *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* neden olduğu hale yanıklığı ve *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* neden olduğu adi yaprak yanıklığı hastalığına karşı dayanıklılıkta antioksidant enzimlerin rolü araştırılmıştır. Bu amaçla 5 günlük fasulye fideleri patojenlerin 10^8 CFU/ml konsantrasyonundaki solüsyonları ile inokule edilmiştir. İnokulasyon sonrası farklı zaman aralıklarında (0, 12, 24, 36, 72 s) bitkilerden örnekler alınmıştır. Dayanıklı fasulye genotipinde her iki patojen içinde inokulasyondan sonraki 12. saatte enzim aktivitesindeki artışın maksimum seviyede olduğu saptanmıştır. Hassas fasulye genotipinde ise yine her iki patojen içinde inokulasyondan sonraki 72. saatte CAT, 12. ve 24. saatlerde ise APX enzim aktivitesinin maksimum seviyede artış gösterdiği tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar

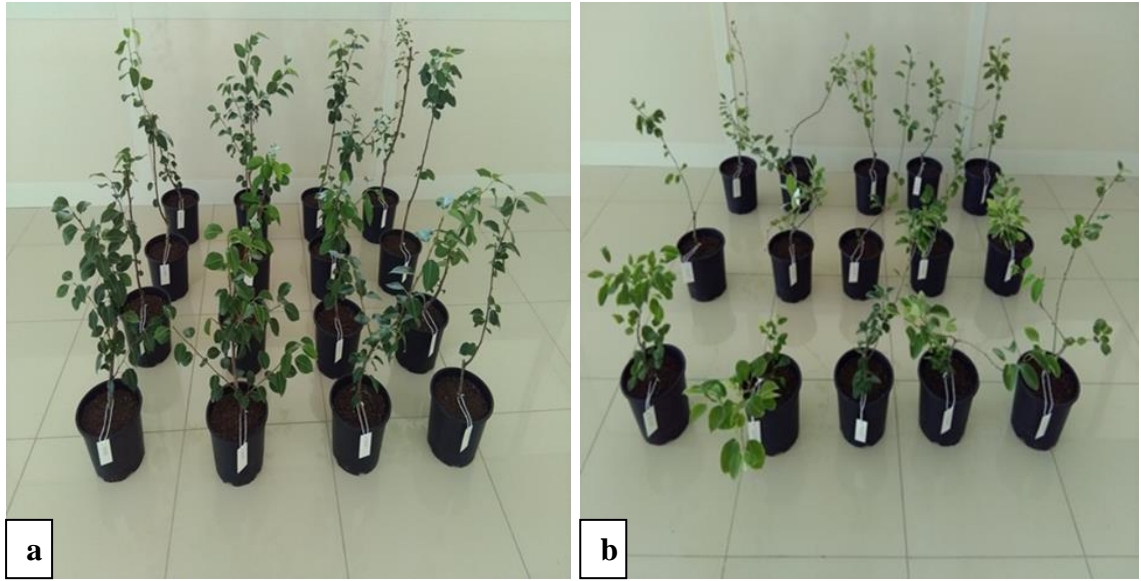
Çalışmada; spektrofotometre (THERMO EVOLUTION 160 UV-VIS), santrifüj (HETTICH UNIVERSAL 320 R), kırık buz makinesi (INNOVA INOF-20), -80 derin dondurucu (ESCO UUS-439B-1-SS), -20 derin dondurucu (VESTEL FT 280), buzdolabı (BEKO B9463NMS), otoklav (HMC HIRAYAMA HV-50L), steril kabin (ESCO CLASS II TYPE A2), saf su cihazı (MILLIPORE, DIRECT-Q 3UV), inkübatör (MEMMERT INB 500), hassas terazi (SHIMADZU ATX224), magnetik karıştırıcı (DAIHAN WISESTIR MSH-20A), pH metre (METTLER TOLEDO), çalkalayıcı (IKA KS 4000 I CONTROL), vortex (DAIHAN WISEMIX VM-10), mikro pipetler (EPPENDORF ve AXYGEN), porselen havan, 1 ml hacimli kuvars küvet (TECHNICAL QUARTZ PRODUCTION –Q-452), 15 ml'lik cam huni, erlenmayer, beher ve 15 ml'lik falkon tüp kullanılmıştır.

3.1.2. Çalışmada kullanılan bitki materyali

Çalışmada ateş yanıklığı hastalığına dayanıklı olan Kieffer çeşidi ve hastalığa hassas olan Santa Maria armut çeşidi kullanılmıştır. Çeşitlere ait 2 yaşındaki fidanlar e-fidancım internet sitesinden temin edilmiştir (Şekil 3.10a,b).

Santa Maria çeşidi; Williams x Coscia 29 melezi olarak 1951 yılında İtalya'da bulunmuştur. Ağaçları orta kuvvette büyümekte ve dik olarak gelişmektedir. Meyvesi iri, ortalama 225 g ağırlığında, boyun kısmı uzundur. Meyve kabuğu sarımtırak yeşil, meyve zemin rengi yeme olumunda çok açık sarı olup bazen güneş gören tarafı pembemsi kırmızıdır. Meyve eti beyaz, orta sulu, az tatlı olup orta kalitededir (Özçağırın ve ark., 2011).

Kieffer çeşidi; meyveleri iri, konik, orta kısmı geniş, küt boyunlu bir armut çeşididir. Meyve kabuğu açık yeşil, paslı ve orta-kalındır. Hasat olgunluğunda meyve rengi sarıya dönmektedir. Meyve eti beyaz krem renkte, çok sulu ve güzel aromalıdır. Depolamaya uygun bir çeşittir (Akçay ve ark., 2008; Evrenosoğlu ve ark., 2014).



Şekil 3.10. a) Kieffer armut çeşidi b) Santa Maria armut çeşidi

3.1.3. Çalışmada kullanılan çözeltiler ve besi yerleri

Çalışmada kullanılan çözeltilerin ve besi yerlerinin hazırlanış şekilleri aşağıdaki gibidir:

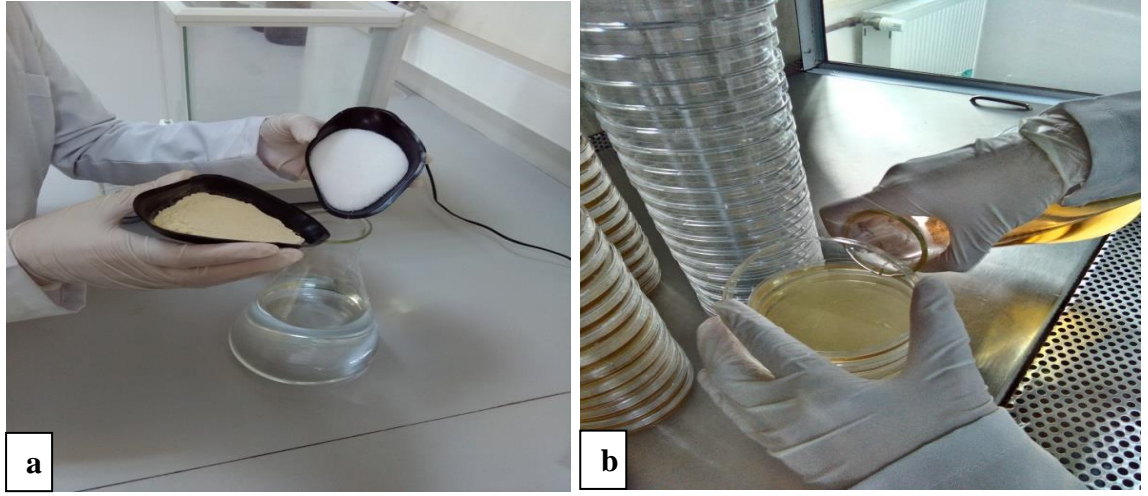
Bitki ekstraksiyonu için kullanılan fosfat tamponu: 800 ml saf suda 6,964 g K_2HPO_4 ve 5,404 g KH_2PO_4 çözülmüş ve karışımın pH'sı 7,0'a ayarlanarak hazırlanmıştır.

Katalaz aktivitesinin ölçülmesi için kullanılan çözelti: 200 ml saf suda 1,741 g K_2HPO_4 ve 1,351 g KH_2PO_4 çözülmüş ve karışımın pH'sı 7,0'a ayarlanmıştır. Karışıma %30'luk H_2O_2 'den 200 μ l ilave edilerek çözelti hazırlanmıştır.

Askorbat peroksidaz aktivitesinin ölçülmesi için kullanılan çözelti: 1000 ml saf su içerisine 6,804 g KH_2PO_4 , 0,0830 g askorbik asit, 0,0372 g EDTA ilave edilerek çözülmüş ve ardından %30'luk H_2O_2 'den 1,021 μ l karışıma ilave edilmiştir. Daha sonra karışımın pH'sı 7,0'a ayarlanmıştır.

Nutrient broth (NB) besiyerinin hazırlanması: 3,2 g nutrient broth (Merck) 400 ml saf su içerisine ilave edilmiş ve karışım otoklavda 121°C'de 15 dakika steril edilmiştir. Sterilizasyon sonrası hazırlanan sıvı besiyeri soğumaya bırakılmıştır.

Nutrient sukroz agar (NSA) besiyerinin hazırlanması: 21 g nutrient agar (Himedia) ve 37,5 g sukroz (Merck) 750 ml saf suya ilave edilerek karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım otoklavda 121 °C'de 15 dakika steril edilmiştir. Sterilizasyon sonrası 45 °C'ye kadar soğutulan besiyeri steril petri kaplarına dökülerek katılaşması sağlanmıştır (Şekil 3.11a,b).



Şekil 3.11. a) Nutrient sukroz agar besiyerinin hazırlanması b) Nutrient sukroz agar besiyerinin petri kaplarına dökülmesi

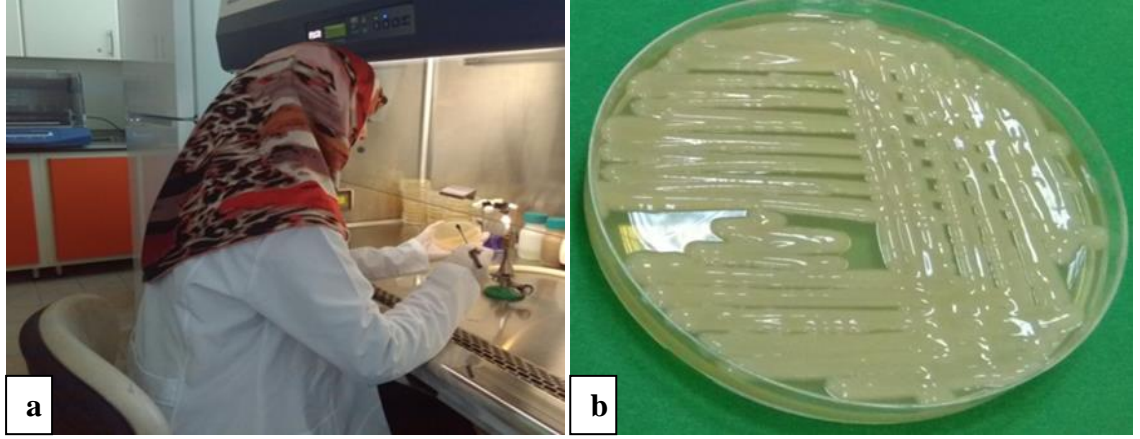
3.1.4. Çalışmada kullanılan patojen bakteri straini

İğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji laboratuvarı bakteri koleksiyonunda yer alan *Erwinia amylovora* GG-3 kodlu bakteri straini kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Patojen bakterinin geliştirilmesi

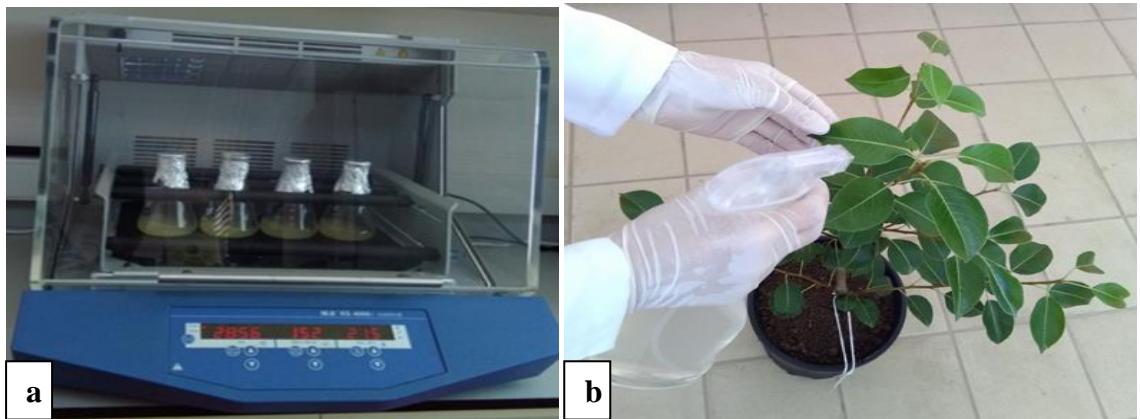
-80 °C'de muhafaza edilen bakteri straini nutrient sukroz agar (NSA) besi ortamına ekilmiştir. Ekim yapılan petriler 27 °C'ye ayarlı inkübatörde 48 s inkübasyona bırakılarak bakterinin gelişmesi sağlanmıştır (Şekil 3.12a,b).



Şekil 3.12. a) *Erwinia amylovora* GG3 strainin nutrient sukroz agar besiyerine çizilmesi
b) Nutrient sukroz agar besiyerinde patojen straininin gelişimi

3.2.2. Bakteri süspansiyonunun hazırlanması ve fidanların inokulasyonu

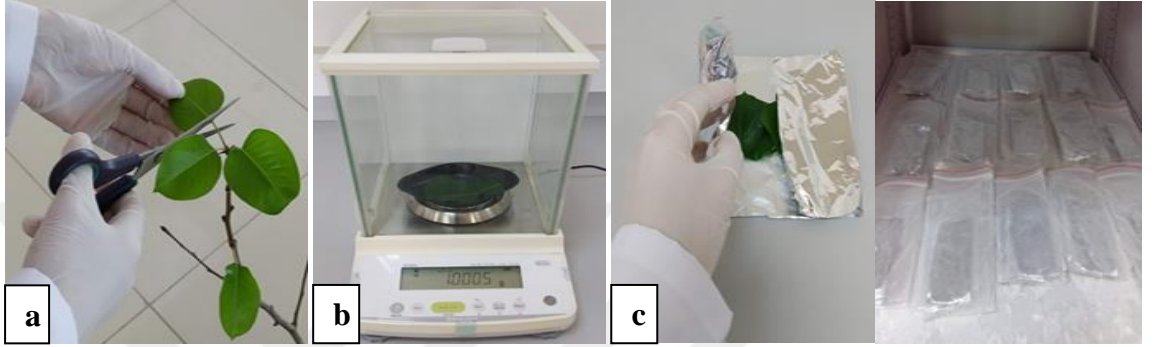
48 s'lik bakteri kültüründen 1 öze dolusu alınarak içerisinde nutrient broth (NB) bulunan erlenmayere aktarılmıştır. Süspansiyona bakteri hücrelerinin yapışma özelliğini arttırmak için sukroz ilave edilmiştir. Kontamine edilen sıvı besiyeri 27 °C'ye ayarlı çalkalayıcıda 152 rpm'de bir gece inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 3.13a). Turbidimetre ile hazırlanan bakteri inokulumunun konsantrasyonu su ile seyreltilerek 10^8 CFU/ml'ye ayarlanmıştır. Elde edilen süspansiyon fidanlara spray şeklinde inokule edilmiştir (Şekil 3.13b). Kontrol grubundaki fidanlara ise su spray edilmiştir. Ayrıca fidanlara günde iki kez spray şeklinde H₂O verilmiştir.



Şekil 3.13. a) Nutrient broth inokulasyonu içerisinde patojenin geliştirilmesi b) Patojenin fidanlara inokulasyonu

3.2.3. Enzim analizi için bitki örneklerinin alınması

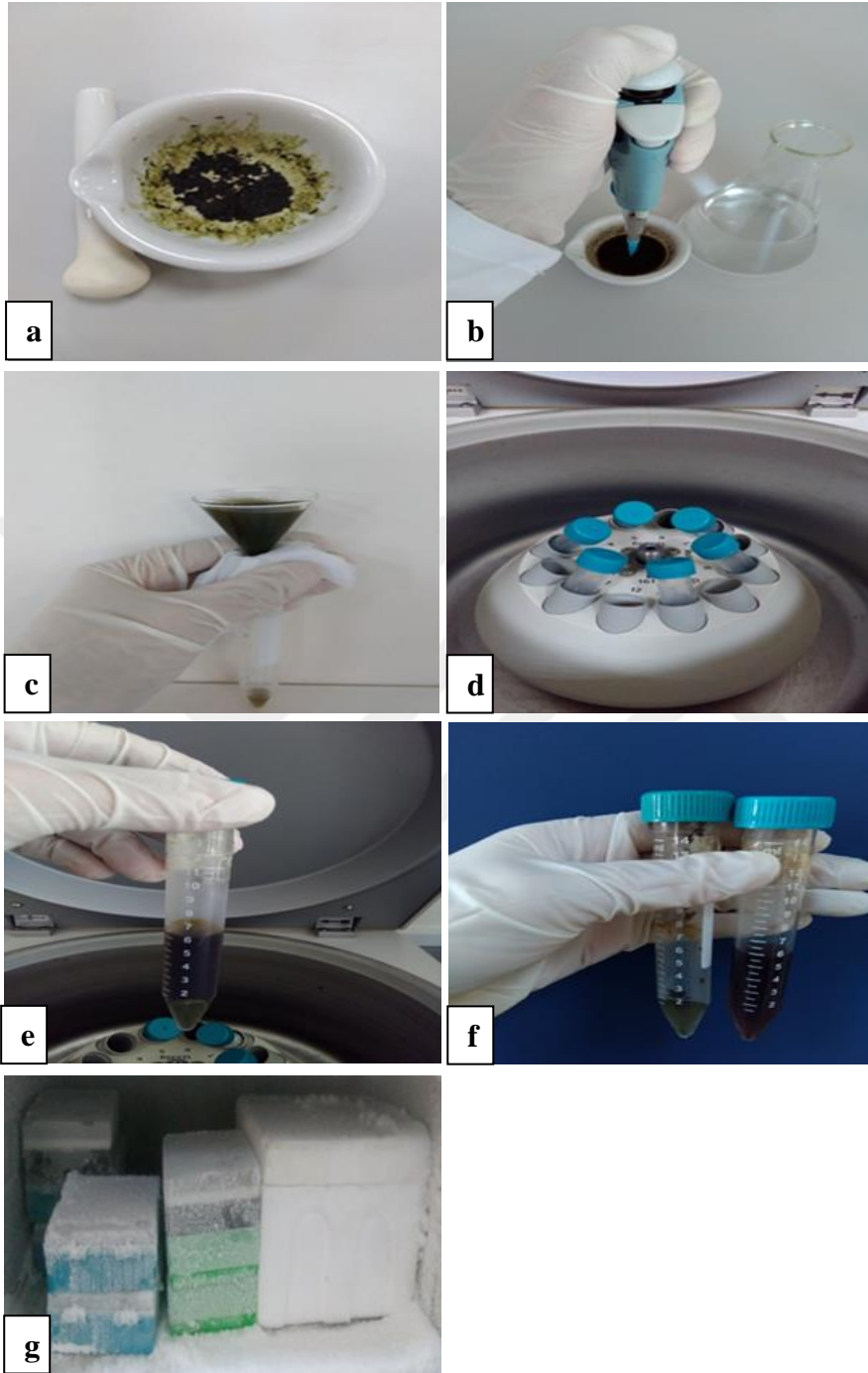
Bakteri inokulasyonundan sonraki 0., 12., 24., 36. ve 72. saatlerde fidanlardan 1 g yaprak alınmış, alınan örnekler alüminyum folyoya sarılarak enzim analizi yapılıncaya kadar -80 °C'de muhafaza edilmiştir. Aynı işlem kontrol grubunda yer alan fidanlar için de yapılmıştır (Şekil 3.14a,b,c) (Teranishi *et al.*, 1974).



Şekil 3.14. a) Bitki örneklerinin alınması b) 1 gram yaprağın hassas terazide tartılması c) Yaprak örneklerinin alüminyum folyoya sarılarak derin dondurucuda muhafaza edilmesi

3.2.4. Bitki ekstraksiyonu

Antioksidan enzim analizi için steril havanlara dondurulmuş yaprak örnekleri alınmış ve iyice ezilmiştir (Şekil 3.15a). Ezilen yaprak örneklerine soğuk ekstraksiyon çözeltisi olan 50 mM fosfat tamponundan 12 ml eklenmiş ve örnekler homojenize edilmiştir (Şekil 3.15b). Elde edilen karışım tülbent bezden geçirilerek santrifüj tüplerine aktarılmıştır (Şekil 3.15c). Tüplere alınan homojenat 4 °C'de 25 dakika 6.000 rpm'de santrifüj edilmiştir (Şekil 3.15d). Santrifüj sonrası tüpün üst kısmında oluşan süpernatant alınarak başka bir tüpe bırakılmıştır (Şekil 3.15f). Tüpler analizler yapılıncaya kadar -80 °C derin dondurucuda muhafaza edilmiştir (Şekil 1.15g) (Jebara *et al.*, 2005).



Şekil 3.15. a) Yaprak örneklerinin havanda ezilmesi b) Yaprakların fosfat tamponuyla homojenizasyonu c) Karışımın cam huniden süzülmesi d) Homojenat içeren tüplerin santrifüje yerleştirilmesi e) Santrifüj sonrası tüplerdeki görünüm f) Santrifüj tüpünün üst kısmında oluşan süpernatantın tüplere aktarılması g) Süpernatant içeren tüplerin derin dondurucuya bırakılması

3.2.5. Katalaz (CAT) aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz enzim aktivitesi, 240 nm'de H₂O₂'in kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi: 900 µl 50 mM fosfat tampon (pH 7,0), 0,3 mM H₂O₂ ve 100 µl enzim ekstraktıdır. Değerlendirme 1 g yaş ağırlık için 1 dk içinde absorbansdaki değişim ile hesaplanmıştır (Jebara *et al.*, 2005). Katalazın aktivitesinin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$E\ddot{U} = [(\Delta OD / 40)] / 0,02$$

EÜ: Enzim ünitesi

ΔOD: Bir dakikadaki absorbans değişimi

40: Ekstinksiyon katsayısı

3.2.6. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin belirlenmesi

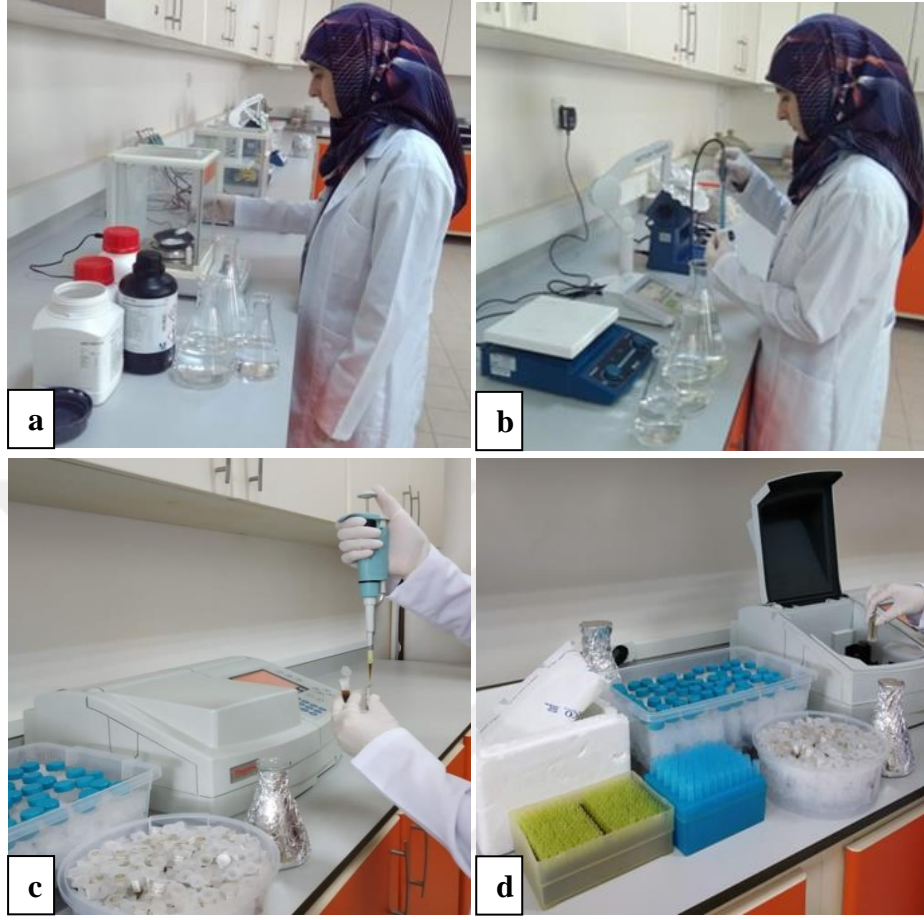
Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi 290 nm'de askorbik asite bağlı olarak H₂O₂'in indirgenmesiyle ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi: 900 µl 50 mM fosfat tampon çözeltisi (pH 7,0), 0,1 mM EDTA, 0,47 mM askorbik asit, 1,021 µl H₂O₂ ve 100 µl enzim ekstraktıdır. Reaksiyon 900 µl enzim ekstraktının ilavesi ile başlamıştır. Değerlendirme, 1 g yaş ağırlık için 2 dakika içinde absorbansdaki değişim olarak hesaplanmıştır (Sairam and Saxena, 2000). Askorbat peroksidazın aktivitesinin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$E\ddot{U} = [(\Delta OD / 2,8)] / 0,02$$

EÜ: Enzim ünitesi

ΔOD: İki dakikadaki absorbans değişimi

2,8: Ekstinksiyon katsayısı



Şekil 3.16. a) Kimyasalların hassas terazide tartılması b) Çözeltilerin pH'sının ayarlanması c) Kontrol ve numunelerin kuvars küvete aktarılması d) Spektrofotometrede örneklerin absorbans değerlerinin ölçülmesi

3.2.7. İstatistiksel analizler

Katalaz ve askorbat peroksidaz özelliklerine ilişkin tanıtıcı istatistikler ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir. Katalaz ve askorbat peroksidaz özellikleri bakımından çeşit, hastalık ve saat, çeşit \times hastalık interaksyonu, çeşit \times saat, hastalık \times saat ve çeşit \times hastalık \times saat interaksyon etkilerine ilişkin hipotezleri test etmek amacıyla üç tekerrürlü üç yönlü varyans analizi yapılmıştır. Çalışılan özellikler bakımından önemli farklılıkların belirlenmesinde LSD ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987). Elde edilen veriler IBM SPSS 23 istatistik programı ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yürütülen bu tez çalışmasında, yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının en tahripkar hastalığı olan ateş yanıklığı hastalığının Kieffer ve Santa Maria armut çeşitlerinde neden olduğu oksidatif stresin katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitelerinde zamana bağlı olarak oluşturduğu farklılıklar incelenmiştir.

4.1. Kieffer ve Santa Maria Armut Çeşitlerinde *Erwinia amylovora* Enfeksiyonunun Katalaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Patojen uygulanan Kieffer çeşidinde ve kontrol grubunda zamana bağlı olarak CAT enzim aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.5 ve Şekil 4.17’de yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Kontrol ve *Erwinia amylovora* inokulasyonu yapılmış Kieffer armut çeşidinde katalaz enzim aktivitesi

Çeşit	Saat	Hastalık Durumu	
		Kontrol	Uygulama
Kieffer	0. saat	0,098±0,023 aA	0,239±0,041 aB
Kieffer	12. saat	0,051±0,017 bA	0,519±0,093 aA
Kieffer	24. saat	0,056±0,004 bA	0,250±0,110 aB
Kieffer	36. saat	0,042±0,010 bA	0,308±0,144 aB
Kieffer	72. saat	0,032±0,007 bA	0,256±0,057 aB

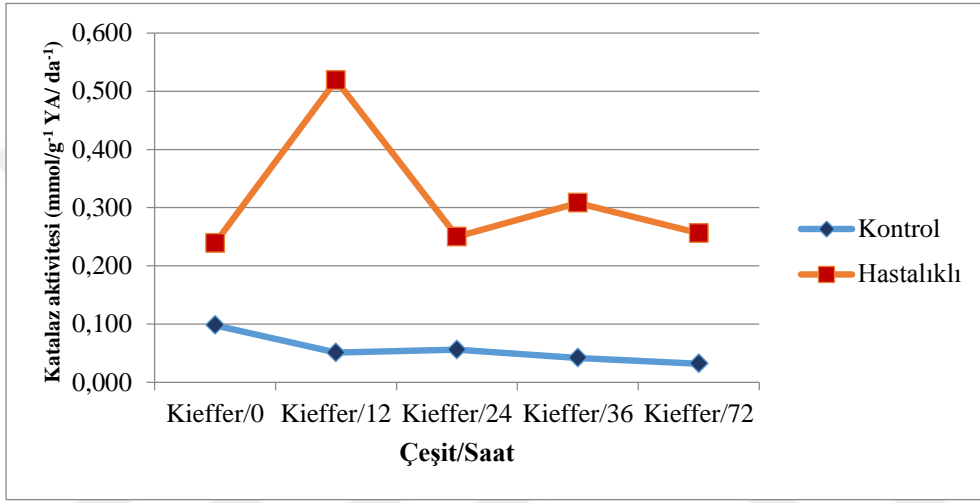
LSD (Çeşit x Saat x Hastalık) %5=0,1566

*Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır.

**^{a,b} Aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). ^{A,B} Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05)

Çizelge 4.5’teki veriler değerlendirildiğinde kontrol grubunda en yüksek enzim aktivitesi 0. saatte 0,098 (mmol/g⁻¹ YA/ da⁻¹) olarak belirlenirken, patojen inokule edilen bitkilerde en yüksek enzim aktivitesi 0,519 (mmol/g⁻¹ YA/ da⁻¹) değeri ile 12. saatte tespit edilmiştir. Hastalıklı bitkilerde 0. ile 12. saatlerde enzim aktivitesinin 2,17 kat artış gösterdiği saptanmıştır (P<0,05). 0. saatte kontrol grubunda yer alan bitkilerin CAT enzim aktiviteleri ile hastalıklı bitkilerin enzim aktiviteleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Ancak 12., 24., 36. ve 72. saatlerde patojen inokulasyonu yapılmış

bitkilerde kontrol grubundaki bitkilerden daha yüksek oranda CAT aktivitesi tespit edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Kieffer kontrol grubunda bütün saat aralıklarında CAT enzim aktivitesi ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulama grubunda ise patojen inokulasyonundan sonraki 12. saatteki enzim aktivitesi hariç diğer saat aralıklarındaki ortalamalar arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Kieffer armut çeşidinde katalaz aktivitesi

Patojen uygulanan Santa Maria çeşidinde ve kontrol grubunda zamana bağlı olarak CAT enzim aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.18’ de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kontrol ve *Erwinia amylovora* inokulasyonu yapılmış Santa Maria armut çeşidinde katalaz enzim aktivitesi

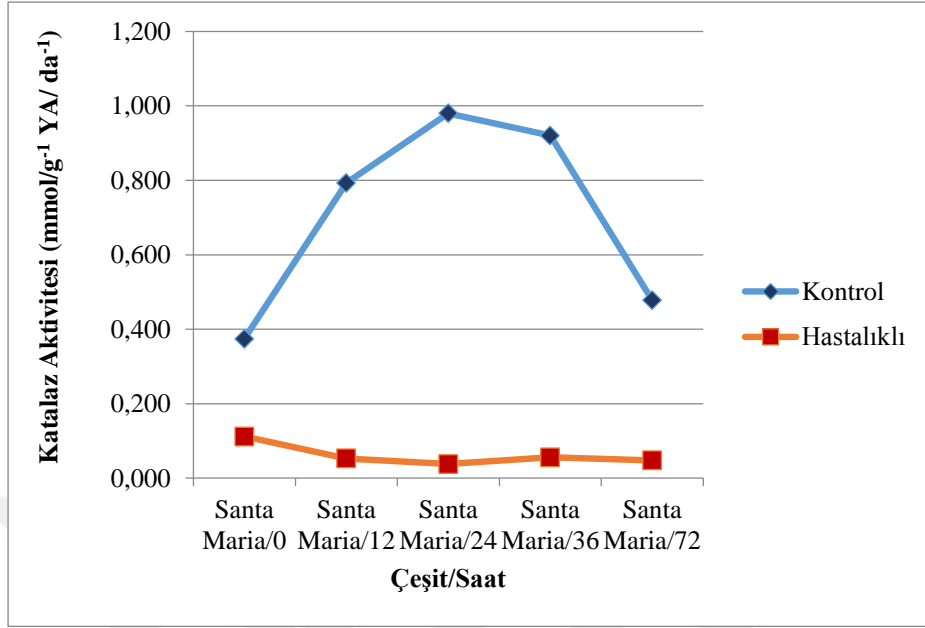
Çeşit	Saat	Hastalık Durumu	
		Kontrol	Uygulama
Santa Maria	0. saat	0,374±0,044 aC	0,112±0,054 bA
Santa Maria	12. saat	0,793±0,040 aB	0,053±0,013 bA
Santa Maria	24. saat	0,980±0,007 aA	0,038±0,011 bA
Santa Maria	36. saat	0,920±0,038 aAB	0,056±0,028 bA
Santa Maria	72. saat	0,478±0,088 aC	0,048±0,014 bA

LSD (Çeşit x Saat x Hastalık) %5=0,1566

*Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır.

**^{a,b} Aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). ^{A,B} Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05)

Santa Maria çeşidi için Çizelge 4.6’deki istatistiksel veriler incelendiğinde tüm saat aralıklarında kontrol grubunun katalaz aktivitesinin hastalık grubunun enzim aktivitesinden daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir ve ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğu görülmektedir (P<0,05). Kontrol grubunda katalaz enzim aktivitesi 0 ile 12. saat arasında artmıştır, 12 ile 24. saat arasında ise aktivitede 0,187’lik bir artış tespit edilmiştir. Enzim aktivitesinin 24 ile 36. saat aralığında azaldığı, 36 ile 72. saat arasında ise yarıya kadar düştüğü belirlenmiştir (P<0,05). Patojen inokulasyonu yapılmış bitkilerde ise 0., 12., 24., 36. ve 72. saatlerde CAT enzim aktivitesi bakımından fark bulunmamış ve ortalamalar arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Santa Maria armut çeşidinde katalaz aktivitesi

CAT enzimine ilişkin varyans analizi sonucu Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Katalaz enzimine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Sd	KT	KO	F	P
ÇEŞİT	1	0,600	0,600	62,03**	<,0001
HASTALIK	1	0,567	0,567	58,61**	<,0001
SAAT	4	0,264	0,066	6,83**	0,0003
ÇEŞİT*HASTALIK İnt.	1	3,079	3,079	318,28**	0,0003
ÇEŞİT*SAAT İnt.	4	0,189	0,047	4,90**	0,0026
HASTALIK*SAAT İnt.	4	0,218	0,054	5,64**	0,0011
ÇEŞİT*HASTALIK*SAAT İnt.	4	0,382	0,095	9,89**	<,0001
HATA	40	0,387	0,009		
GENEL	59	5,689			
R² : %93,1					

**P<0,01

Sd: Serbestlik derecesi, **KT:** Kareler toplamı, **KO:** Kareler ortalaması, **F:** F değeri, **P:** Olasılık, **İnt.:** İnteraksiyon, **R²:** Belirleme katsayısı

Çizelge 4.7’deki veriler incelendiğinde yapılan üç yönlü varyans analizi sonucunda modele dahil edilen tüm etkilerin (çeşit, hastalık, saat, çeşit×hastalık interaksiyonu, çeşit×saat interaksiyonu, hastalık×saat interaksiyonu ve

çeşit×hastalık×saat interaksiyonu) katalaz enzim aktivitesi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (P<0,01). CAT'da meydana gelen toplam farklılığın %93,1'nin modele dahil edilen etkiler tarafından açıklandığı tespit edilmiştir.

4.2. Kieffer ve Santa Maria Armut Çeşitlerinde *Erwinia amylovora* Enfeksiyonunun Askorbat peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Patojen uygulanan Kieffer çeşidinde ve kontrol grubunda zamana bağlı olarak askorbat peroksidaz enzim aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.8 ve Şekil 4.19' da yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Kontrol ve *Erwinia amylovora* inokulasyonu yapılmış Kieffer armut çeşidinde askorbat peroksidaz enzim aktivitesi

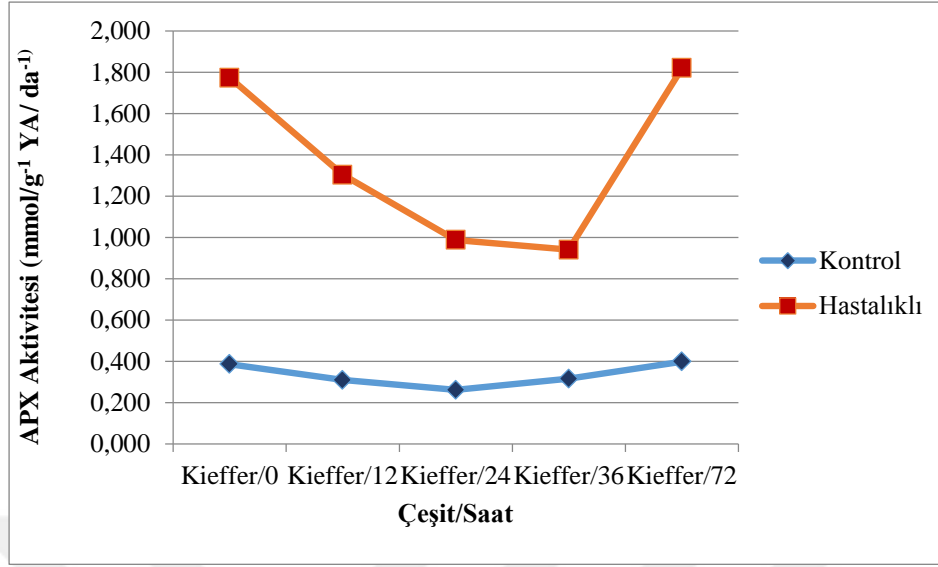
Çeşit	Saat	Hastalık Durumu	
		Kontrol	Uygulama
Kieffer	0. saat	0,387±0,073 bA	1,774±0,360 aAB
Kieffer	12. saat	0,310±0,083 bA	1,304±0,209 aABC
Kieffer	24. saat	0,262±0,170 aA	0,988±0,330 aBC
Kieffer	36. saat	0,316±0,222 aA	0,941±0,228 aC
Kieffer	72. saat	0,399±0,021 bA	1,821±0,117 aA

LSD (Çeşit x Saat x Hastalık) %5=0,7598

*Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır.

**^{a,b} Aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). ^{A,B} Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05)

Hastalığa dayanıklı Kieffer çeşidinde APX aktivitesi değerlendirildiğinde patojen inokulasyonu yapılan bitkilerde 0., 12. ve 72. saatlerde enzim aktivitesinin kontrole göre yüksek olduğu ve ortalamalar arasındaki farklılığın önemli olduğu saptanmıştır (P<0,05). Ancak 24. ve 36. saatlerde kontrol ve hastalık grubunun APX aktivitesi ortalamaları arasında rakamsal olarak fark saptanmasına rağmen istatistiksel olarak farklılığın olmadığı belirlenmiştir (P>0,05). Uygulama yapılmış bitkilerde 0. saatte 1,774 (mmol/g⁻¹ YA/da⁻¹) olan APX enzim aktivitesinin 12., 24. ve 36. saatlerde düşüş gösterdiği 72. saatte ise 1,821 (mmol/g⁻¹ YA/da⁻¹) değeri ile en yüksek aktiviteye ulaştığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Kieffer armut çeşidinde askorbat peroksidaz aktivitesi

Patojen uygulanan Santa Maria çeşidinde ve kontrol grubunda zamana bağlı olarak APX aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.9 ve Şekil 4.20’de değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.9. Kontrol ve *Erwinia amylovora* inokulasyonu yapılmış Santa Maria armut çeşidinde askorbat peroksidaz enzim aktivitesi

Çeşit	Saat	Hastalık Durumu	
		Kontrol	Uygulama
Santa Maria	0. saat	3,119±0,214 aAB	0,369±0,196 bA
Santa Maria	12. saat	2,036±0,417 aC	1,131±0,145 bA
Santa Maria	24. saat	3,435±0,546 aA	0,726±0,263 bA
Santa Maria	36. saat	3,851±0,447 aA	0,363±0,046 bA
Santa Maria	72. saat	2,560±0,354 aBC	0,375±0,052 bA

LSD (Çeşit x Saat x Hastalık) %5=0,7598

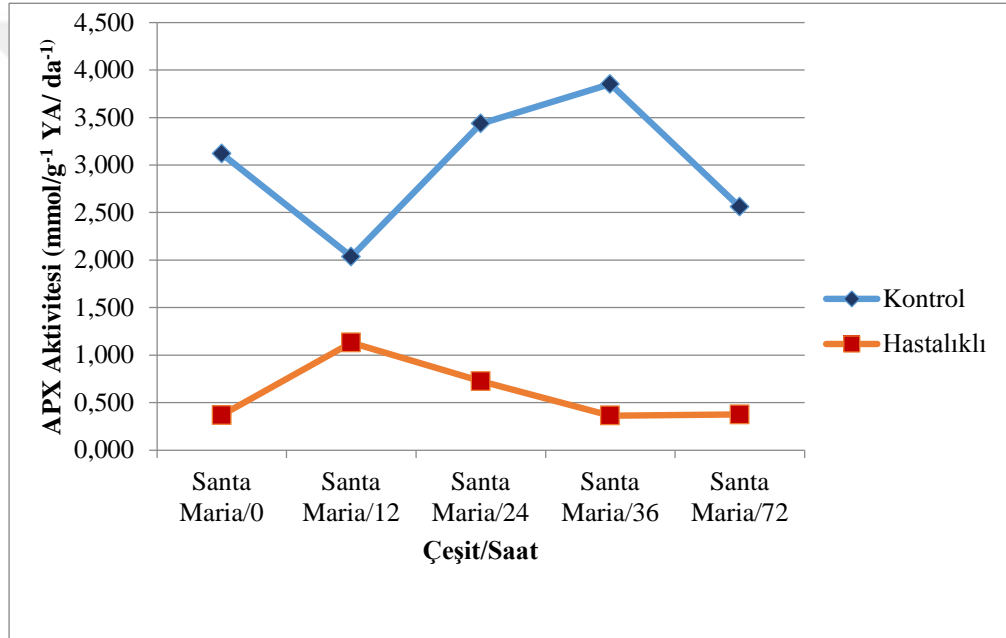
*Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır.

**^{a,b} Aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). ^{A,B} Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05)

Elde edilen veriler Çizelge 4.9’da incelendiğinde kontrol grubunda yer alan bitkilerde tüm saat aralıklarında APX enzim aktivitesinin uygulama grubunda yer alan bitkilerin enzim aktivitesinden oldukça yüksek olduğu ve kontrol grubu ile hastalık

grubu ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önem taşıdığı bulunmuştur ($P < 0,05$).

Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi bakımından Santa Maria çeşidinin kontrol grubunda bulunan bitkilerde 0-12, 12-24 ve 36-72. saat ortalamaları arasındaki farkların önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$). 0-24 ve 24-36. saat ortalamaları arasındaki farkların ise önemsiz olduğu saptanmıştır ($P > 0,05$). Santa Maria çeşidi *E. amylovora* inokulasyonu sonrasında enzim aktivitesi açısından değerlendirildiğinde tüm saat ortalamaları arasındaki farkların önemsiz olduğu belirlenmiştir ($P > 0,05$).



Şekil 4.20. Santa Maria armut çeşidinde askorbat peroksidaz aktivitesi

Askorbat peroksidaz enzimine ilişkin varyans analizi sonucu Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Askorbat peroksidaz enzimine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Sd	KT	KO	F	P
ÇEŞİT	1	13,435	13,435	63,26**	<,0001
HASTALIK	1	7,102	7,102	33,44**	<,0001
SAAT	4	0,340	0,085	0,40	0,8066
ÇEŞİT*HASTALIK İnt.	1	44,327	44,327	208,72**	<,0001
ÇEŞİT*SAAT İnt.	4	2,996	0,749	3,53*	0,0148
HASTALIK*SAAT İnt.	4	3,827	0,956	4,51**	0,0042
ÇEŞİT*HASTALIK*SAAT İnt.	4	2,506	0,626	2,95*	0,0315
HATA	40	8,495	0,212		
GENEL	59	83,031			
R² : %89,7					

*P<0,05, **P<0,01

Sd: Serbestlik derecesi, **KT:** Kareler toplamı, **KO:** Kareler ortalaması, **F:** F değeri, **P:** Olasılık, **İnt.:** İnteraksiyon, **R²:** Belirleme katsayısı

Çizelge 4.10'da belirtilen veriler incelendiğinde yapılan üç yönlü varyans analizi sonucunda saat faktörü dışında modele dahil edilen diğer tüm etkilerin (çeşit, hastalık, saat, çeşit×hastalık interaksiyonu, çeşit×saat interaksiyonu, hastalık×saat interaksiyonu ve çeşit×hastalık×saat interaksiyonu) APX aktivitesi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (P<0,05). APX'te meydana gelen toplam farklılığın %89,7'nin modele dahil edilen etkiler tarafından açıklandığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında biyolojik stres faktörü olan *E. amylovora* kaynaklı oksidatif stres sonucunda ateş yanıklığı hastalığına dayanıklı olan Kieffer armut çeşidinde 12. saatte CAT, 72. saatte ise APX enzim aktivitelerinin maksimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Hassas armut çeşidi Santa Maria'da ise Kieffer çeşidinden elde edilen sonuçların tersine patojen inokule edilen bitkilerdeki CAT ve APX enzim aktivitelerinin kontrol grubunun enzim aktivitelerinden oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Belirtilen enzimlerin hastalık gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı bazı çalışmalar incelendiğinde Venisse *et al.* (2001), tarafından armutda *E.*

amylovora inokulasyonu sonrasında APX enzim aktivitesinin 30. saatte maksimum seviyeye ulaştığı, Venisse *et al.* (2003) ve Azarabadi *et al.* (2017), tarafından CAT ve APX enzim aktivitelerinin 24. saatte en yüksek seviyeye çıktığı, Karacif (2012), tarafından ise CAT ve APX enzim aktivitelerinin Santa Maria'da 24. saatte, Ankara armut çeşidinde ise 72. saatte en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır.

Çalışmaların genelinde patojen inokulasyonundan sonra antioksidant enzimlerin artış gösterdiği konusunda benzer sonuçların elde edildiği ancak belirlenen aktivasyon zaman aralıklarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Alexieva *et al.* (2003), tarafından stres altında zamana bağlı olarak meydana gelen antioksidant enzim aktivitesinin ve miktarının bitki türlerinde ve hatta aynı türün 2 çeşidi arasında bile değişiklik sergilediği bildirilmektedir. Ayrıca bitkinin patojene tepki derecesinin stresin yoğunluğuna, bitkinin türüne, gelişimine, metabolik durumuna, patojene ve çevresel faktörlere bağlı olduğu ve bu parametrelerin hepsinin enzim aktivasyonunun başladığı zaman ve değeri etkilediği belirtilmektedir (Tüzün, 2001).

Faize *et al.* (2012), tarafından hastalığa karşı toleransın artmasının ve semptomların azalmasının daha düşük bakteri popülasyonu ve daha yüksek seviyede antioksidant savunma enzimleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar antioksidant savunma sisteminin bazı bakteriyel patojenlerin neden olduğu oksidatif strese karşı bitki dayanıklılığının artırılmasında önemli role sahip olduğunu göstermektedir. Venisse *et al.* (2001), tarafından *E. amylovora*'nın armut yapraklarına inokulasyonu sonucu süperoksit birikimi, lipid peroksidasyonu ve antioksidant enzimlerin üretiminde artış tespit edilmiştir. *E. amylovora*'nın oksidatif strese neden olmasının fonksiyonel hrp genleri ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu sonuç *E. amylovora*'nın bitki dokularında enfeksiyona neden olurken artan reaktif oksijen türlerinin üretimi sonucunda hücrede protein, lipid, karbonhidrat ve DNA'da zararın meydana geldiğini, bu durumun ise konukçu hücrelerinin ölümüne yol açtığını göstermektedir. Dolayısıyla patojen kolonizasyonuna karşı dayanıklılığının HR ve reaktif oksijen türlerinin üretimi ile ortaya çıktığı belirtilmektedir. Ayrıca bitkinin savunma mekanizmasının aktivasyonunun bitki tarafından patojen enfeksiyonunun başarılı bir şekilde tanınması ile ilişkili olduğu tanınmanın sonucu olarak salisilik asitin farklı pathwayleri uyararak savunma ile bağlantılı genleri aktive ettiği ifade

edilmektedir (Rojo and Solanao, 2003; Faize *et al.*, 2012). Kharazian *et al.* (2017), tarafından da reaktif oksijen türlerinin farklı fizyolojik olaylarda sekonder haberciler olarak hareket ederek oksidatif zarara neden olduğu SOD, CAT, APX gibi enzimlerin aktivasyonunun ise reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda en temel mekanizma olduğu kabul edilmektedir. Uysal and Baştaş (2018), tarafından CAT ve APX enzimlerinin artan miktarları ile hastalık gelişiminin önlenmesinin orantılı olduğu ifade edilmiştir. Bakteriyel enfeksiyona karşı antioksidant enzim seviyelerindeki artışın hassas ve dayanıklı çeşitlerin patojenlere karşı savunma stratejilerinin önemli bir bileşeni olduğu belirtilmiştir.

Farklı stres koşullarında reaktif oksijen türlerinin biriktiği ve bunun sonucunda hücrenin membran yapısının bozularak, bitkide gerek morfolojik gerekse fizyolojik hasarların meydana geldiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Minibayeva and Gordon, 2003; Nicholls *et al.*, 2000; Karabal *et al.*, 2003; Alpaslan and Güneş, 2001). Reaktif oksijen türlerinin bitkinin antioksidant enzim kapasitesinin üzerinde olması durumunda ise bitkilerde hastalığa karşı dayanıklılığın azaldığı tespit edilmiştir (Nowogorska and Patykowski, 2015; Farahani and Taghavi, 2016; Kharazian *et al.*, 2017). Bitkilerde CAT, APX, SOD, POD gibi antioksidant enzimlerin miktarının, reaktif oksijen türlerinden fazla olması durumunda ise bitki hücrelerinde dayanıklılık mekanizmasının teşvik edildiği ve bitkinin stres faktörüne karşı dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır (Vanitha and Umesha, 2008; Koç and Üstün, 2012; Chandrashekar and Umesha, 2012; Veeralakshmi *et al.*, 2017). Dolayısıyla bitki dokularındaki enzim miktarları ve aktivitelerindeki değişimlere göre bir bitkinin patojene karşı dayanıklı veya hassas olduğu konusunda fikir elde edilebilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bakteri, fungus ve virüs gibi birçok mikroorganizma için konukçu olan bitkilerin patojenlerden soyutlanması çok zordur. Ancak bitkiler bu patojenlerin saldırılarından korunmak için çeşitli savunma stratejileri geliştirerek patojenin bulaşmasını veya enfeksiyonunu engelleyebilmektedir. Bunu ya yapılarında var olan fiziksel ve kimyasal engellerle ya da patojenin enfeksiyonu sonucu meydana gelen uyarılabilir savunma mekanizmaları ile başarmaktadır. Bitkiler patojene ait elisitör adı verilen molekülleri algılamakta ve savunma tepkilerini başlatmaktadır. Yürütülen bu tez çalışması sonucunda *E. amylovora* inokulasyonu sonrasında armut çeşitlerinde antioksidant enzim aktivitelerinin belli zaman aralıklarındaki değişimleri incelenmiş ve sonuçlar bitkilerin hastalığa dayanıklılığı veya hassaslığı ile ilişkilendirilmiştir. Hastalığa dayanıklı çeşitte antioksidant enzimlerden katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX)'in miktarında artış saptanmıştır. Bu nedenle bitki savunma sistemleri ve mekanizmalarının araştırılması sonucunda yeni kimyasalların üretimi ve kullanımı ile hastalığın mücadelelerinde yeni stratejiler oluşturabilecek ve patojenlerin konukçuda oluşturacağı kayıplar önlenebilecektir. Bundan sonraki çalışmalarda çeşitli bitki aktivatörleri ve ekstraktları kullanılarak veya biyolojik mücadele elemanları uygulanarak farklı patosistemlerde antioksidant savunma enzimlerinin rolü araştırılabilir. Ayrıca ileriki çalışmalarda bitki yapılarındaki fenilalanin amonyum liyaz (PAL), polifenol oksidaz (PPO), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon S-transferaz (GST), karbonik anhidraz (CA), glutatyon peroksidaz (GPX) gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerine, prolin ve klorofil miktarlarına bakılabilir ve enzim saflaştırmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Agarwal, S., Pandey, V., 2004. Antioxidant Enzyme Responses to NaCl Stress in *Cassia angustifolia*. **Biologia Plantarum**, 48(4), 555-560.
- Agrios, G.N., 1997. **Plant Pathology**. Second Edition. Academic Press, New York, London, 703, 426-429.
- Ağaoğlu, S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, İ., Yanmaz, R., 1997. **Genel Bahçe Bitkileri**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi No:4, Ankara, 394.
- Akçay, M.E., Yücer, M.M., 2008. **Armut**. Hasad Yayıncılık, 96.
- Alaoğlu, Ö., Boyraz, N., Güncan, A., Baştaş, K.K., 2014. **Bitki Koruma**. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Yayınları, Konya, 266.
- Aldwinckle, H.S., Jones, A.L., 1990. **Compendium of Apple and Pear Diseases**. The American Phytopathological Society, 100.
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I. and Karanov, E., 2003. Interaction Between Stresses. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, 1-17.
- Alpaslan, M. and Gunes, A., 2001. Interactive Effects of Boron and Salinity Stress on the Growth, Membrane Permeability and Mineral Composition of Tomato and Cucumber Plants. **Plant and Soil**, 236(1), 123-128.
- Alston, F.H., 1994. The Position of Fire Blight (*Erwinia amylovora*) Avoidance and Resistance Amongst Pear Breeding Priorities. **Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement**, 17, 331-336.
- Anonim, 2019b. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim tarihi (25.06.2019).
- Anonim, 2019f. <http://www.tarimkutuphanesi.com/yumuşak/çekirdekli/meyve/ağaçlarında/ateş/yanıklığı/hastalığı/00697.html> Erişim tarihi (15.04.2019)
- Anonymous, 2019a. <http://www.fao.org> Erişim tarihi (22.06.2019).
- Anonymous, 2019c. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/prokaryote/pdlessons/Pages/FireBlight.aspx> Erişim tarihi (10.04.2019)

- Anonymous, 2019d. <https://www.groworganic.com/organic-gardening/articles/fire-blight/prediction/models> Erişim tarihi (9.05.2019)
- Anonymous, 2019e. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e8/Fireblight%28Erwinia_amylovora%29_of_pear.png Erişim tarihi (11.05.2019)
- Anonymous, 2019g. <https://planthealthportal.defra.gov.uk/assets/factsheets/fireblight.pdf> Erişim tarihi (16.05.2019)
- Anonymous, 2019h <http://www.intermountainfruit.org/dbm/fireblight> Erişim tarihi (18.05.2019)
- Apostol, I., Heinstein, P.F. and Low, P.S., 1989. Rapid Stimulation of an Oxidative Burst During Elicitation of Cultured Plant Cells. *Plant Physiology*, 90(1), 109-116.
- Arthur, J. C., 1985. Proof That Bacteria are the Direct Cause of the Disease in Trees Known as Pear Blight. *Fire Blight, It's Nature, Prevention and Control: A Practical Guide to Integrated Disease Management*, (Editors: T. Van Der Zwet and S.V. Beer), U.S. Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin No. 631, 83.
- Asada, K., 1999. The Water-Water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 601-639.
- Aydın, B.K., 2003. *Aspirin ve E Vitamini Verilmiş Ratlarda Karaciğerde Yapılan İskemi/Reperfüzyon Sonrası Kanda Radikal Süpürücü Enzimlerin Aktivitelerindeki Değişikliklerin Araştırılması*. Uzmanlık Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Samsun.
- Azarabadi, S., Abdollahi, H., Torabi, M., Salehi, Z., Nasiri, J., 2017. ROS Generation, Oxidative Burst and Dynamic Expression Profiles of ROS-Scavenging Enzymes of Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT) and Ascorbate Peroxidase (APX) in Response to *Erwinia amylovora* in Pear (*Pyrus communis* L). *European Journal of Plant Pathology*, 147(2), 279–294.

- Bailey, L.H. 1917. *Pyrus*. In: *The Standard Cyclopedia of Horticulture*. Macmillan, New York, USA, 2865-2878.
- Baştaş, K.K., Saygılı, H., 2008. Ateş Yanıklığı Hastalığı. *Bitki Bakteri Hastalıkları*. (Editörler: Saygılı, H., Şahin, F. ve Aysan, Y.). İzmir, 61-68.
- Bell, R.L., Hough, L.F., 1986. Interspecific and Intergeneric Hybridization of *Pyrus*. *Hortscience*, 21(1), 62-64.
- Benlioğlu, K., Özakman, M., 1992. *Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Görülen Ateş Yanıklığı Hastalığı (Erwinia amylovora) ve Mücadelesi*. Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bergmeyer, J., Grabl, M., 1983. *Methods of Enzymatic Analysis: Third Edition*. Germany, 190-302.
- Beyer, R.E., 1994. The Role of Ascorbate in Antioxidant Protection of Biomembranes: Interaction with Vitamin E and Coenzyme Q. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 26 (4), 349-358.
- Blokhina, O., 2000. *Anoxia and Oxidative Stress: Lipid Peroxidation, Antioxidant Status and Mitochondrial Functions in Plants*. Academic Dissertation, Department of Biosciences, Division of plant Physiology, University of Helsinki. 79.
- Bray, E., Bailey-Serres J., Weretilnyk, E., 2000. Responses to Abiyotik Stresses Chapter 22. in *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. (Editors: B.B. Buchanan, W.Gruissem and R.L. Jones,) American Society of Plant Physiology Rockrille MD.
- Brenda, 2009. *The Comprehensive Enzyme Information System*. Department of Bioinformatics and Biochemistry, Technische Universitat Braunschweig, 36.
- Breusegem, F.V., Vranova, E., Dat, J.F., Inze, D., 2001. The Role of Active Oxygen Species in Plant Signal Transduction. *Plant Science*, 161, 405-414.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın S., Aras, S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2), 97-110.

- Challice, J.S., Westwood, M.N., 1973. Numerical Taxonomic Studies of the Genus *Pyrus* Using Both Chemical and Botanical Characters. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 67(2), 121–148.
- Chandrashekar, S., Umesha S., 2012. Induction of Antioxidant Enzymes Associated with Bacterial Spot Pathogenesis in Tomato. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 2(2), 22-34.
- Clares, B.A., 2017. *Elucidating the Molecular Basis of Copper Stress in Erwinia amylovora*. Universidad Politecnica De Valencia, Michigan State University. 227.
- Çınar, Ö., 1988. *Bakteriyoloji*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 67, Adana.
- Çimen, Ç., Öter, Ç., Demir, H., Savran, A., 2005. Rat Eritrositlerinden Elde Edilen Katalaz Enziminin Karakterizasyonu ve Kinetiğinin İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 16(1), 15-20.
- Del Rio, L.A., Sandalio, L.M., Altomare, D.A. and Zilinskas, B.A., 2003. Mitochondrial and Peroxisomal Manganese Superoxide Dismutase: Differential Expression During Leaf Senescence. *Journal of Experimental Botany*, 54(384), 923-933.
- Demir, G., Gündoğdu, M., 1993. Fireblight of Pome Fruit Trees in Turkey: Distribution of the Disease, Chemical Control of Blossom Infections and Susceptibility of Some Cultivars. *Acta Horticulturae*, 338(8), 67-74.
- Desikan, R., Hancock, J.T., Neill, S.J., 2004. *Oxidative Stress Signalling. Plant Responses to Abiotic Stress*. (Editors: Hirt, H., Shinozaki, K.). Springer-Verlag, Berlin, 121-149.
- Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa P., Thorpe, T.A., 1981. Leaf Senescence: Correlated with Increased Levels of Membrane Permeability and Lipid Peroxidation, and Decreased Levels of Superoxide Dismutase and Catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32(1), 93–101.

- Diplock, A., 1998. *Healty Lifestyles Nutrition and Physical Activity: Antioxidant Nutrients*. ILSI Europe Concise Monograph Series, Belgium, 59.
- Dixon, R.A. and Harrison M.J., 1990. Activation, Structure and Organization of Genes Involved in Microbial Defense in Plants. *Advances in Genetics*, 28, 165-234.
- Dolar, F.S., Demirci E., Basım, H., Demirci, F., Elibüyük, İ.Ö., 2011. *Fitopatoloji*. Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 2293, 199.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları – II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 381.
- Elliot, J.G., 1999. Application of Antioxidant Vitamins in Foods and Beverages. *Food Technology*, 53(2), 46-48.
- Erdoğan, O., 1999. *Isparta İlinde Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Ateş Yanıklığı Etmeni (Erwinia amylovora)'ne Karşı Antagonist Bakteriyel Mikrofloranın Saptanması Üzerine Çalışmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın. 48.
- Evrenosoğlu, Y., Mısırlı, A., Aysan, Y., Saygılı, H., Boztepe, Ö., Horuz, S., Acarsoy, N., Bilen, E., Baykul, A., Yazıcı, İ., 2014. F₁ Melez Armut Populasyonunun Ateş Yanıklığı Hastalığı Etmeni *Erwinia amylovora* Karşı Reaksiyonunun Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (2), 185-190.
- Fahy, P.C., Hayward, A.C. 1983. *Media and Methods for Isolation and Diagnostic Tests. In: Plant Bacterial Diseases A Diagnostic Guide* (Editors: Fahy, F.C. and Persley, G.J.). Academic Press, Sydney, 337-378.
- Fahy, P. C. and Persley, G. J. 1983. *Plant Bacterial Diseases: A Diagnostic Guide*. Academic Press, Sydney, 393.
- Faize, M., Burgos, L., Faize, L., Petri, C., Barba-Espin G., Diaz-Vivancos P., Clemente-Moreno M.J., Albuquerque, N., 2012. Modulation of Tobacco Bacterial Disease Resistance Using Cytosolic Ascorbate Peroxidase and Cu, Zn-Superoxide Dismutase. *Plant Pathology*, 61, 858-866.

- Farahani, A.S., Taghavi, M., 2016. Changes of Antioxidant Enzymes of Mung Bean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek] in Response to Host and Non-Host Bacterial Pathogens. *Journal of Plant Protection Research*, 56(1), 95-99.
- Garrett, C.M.E., 1990. *Control of Fire Blight*. Agriculture, Agrimed Research Programme, Fire Blight of Pomoideae (*Erwinia amylovora*, Burrill, Winslow *et al.*) Applied Research in Europe (1978-88), Fire Blight (*Erwinia amylovora*), Some Aspects of Epidemiology and Control, (Editors: P. Sobiczewski, T. Deckers, and J. Pulawska), Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland, 84.
- Gök, G., 2016. *Iğdır İli Elma Ağaçlarında Ateş Yanıklığı Hastalığına Neden Olan Erwinia amylovora (Burr.) Winslow et al., Etmenin Biyokimyasal ve Moleküler (MIS) Yöntemlerle Tanısı*. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72.
- Güler, E.M., Dedeakayoğulları, H., Kılınç, A., Yalçın, A.S., 2011. Oksidatif Stresin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *23.ulusal biyokimya kongresi*, Adana.
- Hale, C.N., Taylor, R.K., Clark, R.G. and Batchelor, T.A., 1996. *Fire Blight (Erwinia amylovora), Some Aspects of Epidemiology and Control*. (Editors: P. Sobiczewski, T. Deckers, and J. Pulawska), Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland, 84.
- Hallwell, B. and Gutteridge, J.M.C., 1990. Role of Free Radicals and Catalytic Metal Ions in Human Disease: An Overview, *Methods Enzymology*, 186, 1-85.
- Hammond – Kosack K. E. and Jones J.D.G., 1996. Resistance Gene-Dependent Plant Defense Responses. *The Plant Cell*, 8(10), 1773-1791.
- Hansen, J.M., Go, Y.M., Jones, D.P., 2006. Nuclear and Mitochondrial Compartmentation of Oxidative Stress and Redox Signaling. *Annual Review Pharmacology and Toxicology*, 46, 215-234.
- Hasan, K.U., 2017. Study of the Effectiveness of Some Enzymatic Antioxidants of Tomato Plant (*Lycopersicon esculentum* L.) Infected by *Fusarium* wilt Disease Caused by *Fusarium oxysporum* with Biological Control by *Pseudomonas*

- fluorescence* and *Bacillus subtilis* Bacteria. ***IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science***, 10(8), 70-76.
- Heil M., Bostock R.M., 2002. Induced Systemic Resistance (ISR) Against Pathogens in the Context of Induced Plant Defences. ***Annals of Botany***, 89(5), 503-512.
- Huang, A.H.C., Trelease, R.N. and Moore, T.S., 1983. ***Plant Peroxisomes***. Academic Press, New York.
- Hubbel, M.A., 2018. Fire Blight of Pears and Apples. Published by Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory, ***Utah Pests Fact Sheet***, 1-3.
- Jebara, S., Jebara, M., Liman, F. and Aouani, M.E., 2005. Changes in Ascorbate peroxidase, Catalase, Guaiacol Peroxidase and Superoxide Dismutase Activities in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Nodules Under Salt Stress. ***Journal of Plant Physiology***, 162(8), 929-936.
- Jetiyanon, K., 2007. Defensive-Related Enzyme Response in Plants Treated With a Mixture of *Bacillus* Strains (IN937a and IN937b) Against Different Pathogens. ***Biological Control***, 42(2), 178-185.
- Johnson, S.M., Doherty, S.J., Croy, R.R.D., 2003. Biphasic Superoxide Generation in Potato Tubers. A Self-Amplifying Response to Stress. ***Plant Physiology***, 131(3), 1440-1449.
- Jones, A. L. and Aldwinckle, H. S., 1991. ***Compendium of Apple and Pear Diseases***. Aps Press, The American Phytopathological Society, 61-66.
- Jones, A. L., 1992. Evaluation of the Computer Model Maryblight for Predicting Fire Blight Blossom Infection on Apple in Michigan. ***Plant Disease***, 76, 344-347.
- Jung, S., 2004. Variation in Antioxidant Metabolism of Young and Mature Leaves of *Arabidopsis thaliana* Subjected to Drought. ***Plant Science***, 166(2), 459-466.
- Kado, C.I., 2010. ***Plant Bacteriology***. The American Phytopathological Society. Minnesota U.S.A., 336.

- Karabal, E., Yücel, M. and Oktem, H., 2003. Antioxidant Responses of Tolerant and Sensitive Barley Cultivars to Boron Toxicity. *Plant Science*, 164(6), 925-933.
- Karaca, İ., 1977. *Fitobakteriyoloji ve Bakteriyel Hastalıklar*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova İzmir, 270.
- Karacif, E., 2012. *Erwinia amylovora Enfeksiyonundan Sonra Elma ve Armut Çeşitlerindeki Bazı Antioksidatif Enzim Seviyelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 63.
- Karaçalı, İ., 1990. *Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494. 413.
- Kharazian, Z.A., Aghdasi, M., Jouzan, G.S., Zamanı, M., 2017. Effect of *Fusarium verticillioides* and *Lactobacillus* Strains Inoculation on Growth and Antioxidant Enzymes Activity of *Zea mays* Plants. *Journal of Horticultural Research*, 25(2), 67-74.
- Kocaçalışkan, D., 2004. *Bitki Fizyolojisi*. Dumlupınar Üniversitesi Yayınları, Kütahya.
- Koç, E., Üstün, A.S., 2012. Influence of *Phytophthora capsici* L. Inoculation on Disease Severity, Necrosis Length, Peroxidase and Catalase Activity, and Phenolic Content of Resistant and Susceptible Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants. *Turk Journal Biology*, 36, 357-371.
- Koski, R. D. and Jacobi, W. R., 2014. Fire Blight. Colorado State University, Fact Sheet No 2.907, *Gardening Series: Diseases*, 1-6.
- Kotan, R., 2002. *Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarından İzole Edilen Patojenik ve Saprofitik Bakteriyel Organizmaların Klasik ve Moleküler Metotlar ile Tanısı ve Biyolojik Mücadele İmkânlarının Araştırılması*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 231.
- Kumar, R.R., Goswami, S., Kumar, N., Pandey, S.K., Pandey, V.C., Sharma, S.K., Pathak, H., Rai, R.D., 2011. Expression of Novel Ascorbate Peroxidase

- Isoenzymes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Response to Heat Stress. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 3(11), 188-194.
- Lamb, C., Dixon, R.A., 1997. The Oxidative Burst in Plant Disease Resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 251-275.
- Larue, P., Vincent, M., 1990. *History of Fire Blight in France 1972/1989, and Administrative Measures*. Fire Blight (*Erwinia amylovora*), Some Aspects of Epidemiology and Control, (Editors: P. Sobiczewski, T. Deckers, and J. Pulawska), Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland, 84.
- Layne, R.E.C., Quamme, H.A., 1975. *Advances in Fruit Breeding*. (Editors: By Jules Janick and James Moore). Purdue University Press. West Lafayette, Indiana. 38-70.
- Levine, A., Tenhaken, R., Dixon, R. and Lamb, C., 1994. H₂O₂ From the Oxidative Burst Orchestrates the Plant Hypersensitive Disease Resistance Response. *Cell*, 79(4), 583-593.
- Loew, O., 1900. A New Enzyme of General Occurrence in Organisms. *Science*, 11 (279), 701-702.
- Maden, S., 1989. *Bitki Bakteri Hastalıkları*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1161, Ders Kitabı: 328, Ankara, 213.
- Maden, S., Toros, S., 1991. *Tarımsal Savaşım Yöntem ve İlaçları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1222, Ankara, 332.
- Madhusudhan, R., Ishikawa, T., Sawa, Y., Shigeoka, S. And Shibata, H., 2003. Characterization of an Ascorbate Peroxidase in Plastids of Tobacco BY- 2 Cells, *Physiologia Plantarum*, 117, 550-557.
- Mathews, M.C., Summers, C.B. and Felton, G.W., 1997. Ascorbate Peroxidase: A Novel Antioxidant Enzyme in Insects, *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 34(1), 57-68.

- Mehdy, M.C., Sharma Y.K., Sathasivan K. and Bays N. W., 1996. The Role of Activated Oxygen Species in Plant Disease Resistance. *Physiologia Plantarum*, 98(2), 365-374.
- Minibayeva, F.V., Gordon L.K., 2003. Superoxide Production and the Activity of Extracellular Peroxidase in Plant Tissues Under Stress Conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50(3), 411-416.
- Mittler, R. and Zilinskas, B.A., 1992. Molecular Cloning and Characterization of a Gene Encoding Pea Cytosolic Ascorbate Peroxidase. *Journal of Biological Chemistry*, 267, 21802-21807.
- Mittler, R., 2002. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends Plant Science*, 7(9), 405-410.
- Mohammadi M., Moltmann E., Zeller, W., Geider, K., 2009. Characterisation of Naturally Occurring *Erwinia amylovora* Strains Lacking the Common Plasmid pEA29 and Their Detection with Real-Time PCR. *European Journal of Plant Pathology*, 124(2), 293-302.
- Moller, W.J., Schroth, M.N. and Thomson, S.V., 1981. The Scenario of Fire Blight and Streptomycin Resistance. *Plant Disease*, 65(7), 563-568.
- Momol, M.T., 1990. Ateş Yanıklığının Epidemiyolojisi ve Mücadelesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1-2), 25-38.
- Momol, M.T., Zeller, W., 1992. Identification and Spread of *Erwinia amylovora* on Pear in Turkey. *Plant Disease*, 76(1), 1114–1116.
- Momol, M.T., Yegen, O., 1993. Fire Blight in Turkey.: 1985-1992. *Acta Horticulturae*, 338(3), 37-39.
- Murthy, M.R., Reid, T.J., Sicignano, A., Tanaka, N., Rossmann, M.G., 1981. Structure of Beef Liver Catalase. *Journal Molecular Biology*, 152(2), 465–499.
- Murthy, K.N., Uzma, F., Srinivas C., 2014. Induction of Systemic Resistance in Tomato Against *Ralstonia solanacearum* by *Pseudomonas fluorescens*. *American Journal of Plant Sciences*, 05 (12), 1799-1811.

- Narayan, O.,P., Verma, N., Singh, A.K., Oelmüller, R., Kumar, M., Prasad, D., Kapoor, R., Dua, M., Johri, A.K., 2017. Antioxidant Enzymes in Chickpea Colonized by *Piriformospora indica* Participate in Defense Against the Pathogen *Botrytis cinerea*. ***Scientific Reports***, 7, 1-11.
- Nicholls, P., Fita, I. and Loewen, P.C., 2000. Enzymology and Structure of Catalases. ***Advances in Inorganic Chemistry***, 51, 51-106.
- Nisha, S., Revathi, K., Chandrasekaran, R., Kirubakaran, S.A., Sathish-Narayanan S., Stout, M.J., Senthil-Nathan S., 2012. Effect of Plant Compounds on Induced Activities of Defense-Related Enzymes and Pathogenesis Related Protein in Bacterial Blight Disease Susceptible Rice Plant. ***Physiological and Molecular Plant Pathology***, 80, 1-9.
- Noctor, G. and Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control. ***Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology***, 49, 249-279.
- Nowogorska, A., Patykowski, J., 2015. Selected Reactive Oxygen Species and Antioxidant Enzymes in Common Bean After *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Botrytis cinerea* Infection. ***Acta Physiologiae Plantarum***, 37, 1-10.
- Olamendi, J.C., 2004. ***Fire Blight (Erwinia amylovora) of Rosaceous Plants. Pathogen Virulence and Selection and Characterization of Biological Control Agents***. Doctoral Thesis, Universitat de Girona, 214.
- Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill M., Flanagan, J.A., Deemer, E.K., 2002. Analysis of Antioxidant Activities of Common Vegetables Employing Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assays: A Comparative Study. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, 50(11), 3122-3128.
- Öktem, Y.E. and Benlioğlu, K., 1988. Studies on Fire Blight (*Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow *et al.*) of Pome Fruits. ***The Journal of Turkish Phytopathology***, 17 (3), 106.

- Özbek, S., 1978. **Özel Meyvecilik**. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:128, Adana, 486.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2004. **İlman İklim Meyve Türleri (Yumuşak Çekirdekli Meyveler Cilt II)**, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 556, İzmir. 212.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2005. **İlman İklim Meyve Türleri (Yumuşak Çekirdekli Meyveler Cilt II)**. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 556, İzmir, 200.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2011. **İlman İklim Meyve Türleri**. Cilt-I. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 553, İzmir, 213.
- Park, D.H., Lee, Y.G., Kim, J.S., Cha, J.S., Oh, C.S., 2017. Current Status of Fire Blight Caused by *Erwinia amylovora* and Action for It's Management in Korea. **Journal of Plant Pathology**, 99, 59-63.
- Patykowski, J. and Urbanek H., 2003. Activity of Enzymes Related to H₂O₂ Generation and Metabolism in Leaf Apoplastic Fraction of Tomato Leaves Infected with *Botrytis cinerea*. **Journal of Phytopathology**, 151(3), 153–161.
- Pinheiro, H.A., DaMatta, F.M., Chaves, A.R.M., Fontes, E.P.B., Loureiro, M.E., 2004. Drought Tolerance in Relation to Protection Against Oxidative Stress in Clones of *Coffea Canephora* Subjected to Long-Term Drought. **Plant Science**, 167, 1307-1314.
- Psallidas, P. G., Reialis, D. A. and Tsianios, J., 1989. Climatic Data and Fire Blight Occurrence in Greece. Prac. 7th Int. **Canadian Journal Plant Pathology**, 285-289.
- Pusey, P.L., Stockwell, V.O., Reardon, C.L., Smits, T.H., Duffy, B., 2011. Antibiosis Activity of *Pantoea agglomerans* Biocontrol Strain E325 Against *Erwinia amylovora* on Apple Flower Stigmas, **Phytopathology**, 101(10), 1234-1241.

- Rais, A., Jabeen, Z., Shair, F., Hafeez, F. Y., Hassan, M. N., 2017. *Bacillus* spp., A Bio Control Agent Enhances the Activity of Antioxidant Defense Enzymes in Rice Against *Pyricularia oryzae*. *Plos One*, 12(11), 1-17.
- Ramos, L.S., Sinn, J.P., Lehman, B.L., Pfeufer E.E., Peter, K.A., McNellis T.W., 2015. *Erwinia amylovora* PyrC Mutant Causes Fire Blight Despite Pyrimidine Auxotrophy. *Letters in Applied Microbiology*, 60(6), 572-579.
- Raychaudhuri, S.S., Deng, X.W., 2000. The Role of Superoxide Dismutase in Combating Oxidative Stress in Higher Plants. *The Botanical Review*, 66(1), 89-98.
- Rojo, E., Solano, R., 2003. Interactions Between Signaling Compounds Involved in Plant Defence. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22(1), 82-98.
- Sairam, R.K. and Saxena D.C., 2000. Oxidative Stress and Antioxidants in Wheat Genotypes: Possible Mechanism of Water Stress Tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184(1), 55-61.
- Sairam, R.K., Srivasta, G.C., Agarwal, S., Meena, R.C., 2005. Differences in Antioxidant Activity in Response to Salinity Stress in Tolerant and Susceptible Wheat Genotypes. *Biologia Plantarum*, 49, 85-91.
- Scandalios, J.G., 1993. Oxygen Stress and Superoxide Dismutases. *Plant Physiology*, 101(1), 7-12.
- Scandalios, G.D., 1994. *Regulation and Properties of Plant Catalases. Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defence Systems in Plants.* (Editors: Foyer, C.H., Mullineaux, P.M. CRC Press, Boca Raton FL), 408.
- Scandalios, J.G., Guan, L. and Polidoros, A.N., 1997. *Catalases in Plants: Gene Structure, Properties, Regulation, and Expression. In: Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses.* (Editors: Scandalios, J. G.), Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, 343-406.

- Schroeder, W.A., Shelton, J.R., Shelton, J.B., Robberson, B., Apell, G., 1969. The Amino Acid Sequence of Bovine Liver Catalase: A Preliminary Report. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 131(2), 653–655.
- Schroth, M. H., Hilderbrand, D. C., 1980. *Erwinia* I. *Erwinia amylovora* or true *Erwinia* Group. Pages 26-30 in: *Laboratuary Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. (Editors: Schaad N.W., St. Paul, M.N.) American Phytopathology Society, 72.
- Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y. and Yoshimura, K., 2002. Regulation and Function of Ascorbate Peroxidase Isoenzymes, *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1305-1319.
- Shtienberg, D., Manulis-Sasson S., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., Shwartz, H., 2015. The Incessant Battle Against Fire Blight in Pears: 30 Years of Challenges and Successes in Managing the Disease in Israel. *Plant Disease*, 99(8), 1048-1058.
- Skłodowska, M., Gajewska, E., Kuzniak, E., Wielanek, M., Mikicinski, A. and Sobiczewski, P., 2011. Antioxidant Profile and Polyphenol Oxidase Activities in Apple Leaves after *Erwinia amylovora* Infection and Pretreatment with a Benzothiadiazole-type Resistance Inducer (BTH). *Journal of Phytopathology*, 159(7-8), 495-504.
- Smith, T.J., 2001. Principles of Fire Blight Control in the Pacific Northwest USA. <http://www.ncw.wsu.edu/fireblt6.htm> Erişim tarihi (13.06.2019).
- Sobiczewski, P., Deckers T., Pulawska, J. 1997. *Fire Blight (Erwinia amylovora) Some Aspects of Epidemiology and Control*. Research Institu of Pomology And Floriculture, Skierniewice, Poland, 390/97, 9-38.
- Soylu, E. M., Soylu, S. and Baysal, Ö. 2003. Induction of Disease Resistance and Antioxidant Enzymes by Acibenzolar-S-Methyl Against Bacterial Cancer (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) in Tomato. *Journal of Plant Pathology*, 85(3), 175-181.
- Spinelli, F., Ciampolini, F., Cresti, M., Geider, K., Costa, G., 2005. Influence of Stigmatic Morphology on Flower Colonization by *Erwinia amylovora* and

- Pantoea agglomerans*. *European Journal of Plant Pathology*, 113(4), 395-405.
- Srivalli, B., Sharma, G., Khanna-Chopra R., 2003. Antioxidative Defence System in Upland Rice Cultivar Subjected to Increasing Intensity of Water Stress Followed by Recovery. *Physiologia Plantarum*, 119(4), 503-512.
- Stelljes, K.B., Senft, D., 1998. Fire Blight Control Nature's Way. *Agricultural Research*, 46 (1), 14-16.
- Sumayo, M.S., Kwon, D.K., Ghim, S.Y., 2014. Linoleic Acid-Induced Expression of Defense Genes and Enzymes in Tobacco. *Journal of Plant Physiology*, 171(18), 1757-1762.
- Sumner, J.B., Dounce, A.L., 1937. Crystalline Catalase. *Science*, 85 (2206), 366–367.
- Sumner, J.B., Gralen, N., 1938. The Molecular Weight of Crystalline Catalase. *Science*, 87 (2256), 284–284.
- Taşğın, E., Atici, O., Nalbantoğlu, B., Popova, P.L., 2006. Effects of Salicylic Acid and Cold Treatments on Protein Levels and on the Activities of Antioxidant Enzymes in the Apoplast of Winter Wheat Leaves. *Phytochemistry*, 67(7), 710-715.
- Teranishi, Y., Tanaka, A., Osumi, M. and Fukui, S., 1974. Catalase Activities of Hydrocarbon-Utilizing Candida Yeasts. *Agricultural and Biological Chemistry*, 38(6), 1213-1220.
- Teviotdale, B.L., Viveros, M., 1999. Fruit Russetting and Tree Toxicity Symptoms Associated with Copper Treatments of Granny Smith Apple Trees. *Acta Horticulturae*, 489, 565- 571.
- Thomson, S.V., 2000. *Epidemiology of Fire Blight. Fire blight: the Disease and Its Causative Agent, Erwinia amylovora*. ed.Vanneste J.L., Wallingford: CAB International, 9–36.
- Tokgönül, S., Başpınar, N., 1995. Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Ateş Yanıklığı Hastalığı (*Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow *et al.*)'nın

- Mücadelesi Üzerinde Çalışmalar. **7. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildirileri**, Adana.
- Tokgönül, S., Çınar, Ö., 1991. Doğu Akdeniz Bölgesinde Armutlarda Ateş Yanıklığı Hastalığı (*Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow *et al.*)'nın Tanısı ve Yaygınlık Durumu Üzerinde Araştırmalar. **VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi**, İzmir.
- Tokgönül, S., 1991. Doğu Akdeniz Bölgesinde Elma, Ayva ve Yenidünyalarda Ateş Yanıklığı Hastalığı (*Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow *et al.*) Üzerinde Araştırmalar. **Bitki Koruma Bülteni**, Ankara, Cilt 31, No: 1-4, 31-38.
- Tüzün, S., 2001. The Relationship Between Pathogen-Induced Systemic Resistance (ISR) and Multigenic (Horizontal) Resistance in Plants. **European Journal of Plant Pathology**, 107(1), 85–93.
- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential Responses of Lipid Peroxidation and Antioxidants in the Leaves of Drought-Tolerant *P. acutifolius* Gray and Drought-Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected to Polyethylene Glycol Mediated Water Stress. **Plant Science**, 168(1), 223-231.
- Uslu, I., Tanker, E. and Aksu, M. L., 1998. Radioactivity in Cigarette. **Turkish Journal of Nuclear Sciences**, 25, 61-70.
- Uyar, S., 2011. **Akdeniz Bölgesi'nde Örtüaltı Domates Üretiminde Kullanılan Yaygın Domates Çeşitlerinin Domates Bakteriyel Solgunluk ve Kanser Hastalık Etmeni *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'e Karşı Dayanıklılık Reaksiyonlarının Belirlenmesi**. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya. 78.
- Uysal, B., Baştaş, K.K., 2018. Defense Reactions of Bean Genotypes to Bacterial Pathogens in Controlled Conditions. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 142, 1-5.
- Van Der Zwet, T. and Keil, H.L., 1979. **Fire Blight A Bacterial Disease of Rosaceous Plants**. Agriculturae Handbook. Number: 510. U.S. Department of Agriculture, Washington, 200.

- Van Der Zwet, T., Zoller, B.G. and Thomson, S.V., 1988. Controlling Fire Blight of Pear and Apple by Accurate Prediction of the Blossom Blight Phase. *Plant Disease*, 72(6), 464-472.
- Van Der Zwet, T., Beer, S. V., 1991. *Fireblight It's Nature, Prevention and Control, A Practical Guide to Integrated Disease Management*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin No: 631, 83.
- Van Der Zwet, T., Beer, S.V., 1995. *Fire Blight Its Nature, Prevention and Control A Practical Guide to Integrated Disease Management*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin No. 631, 97.
- Van Der Zwet, T., Bonn, W.G., 1999. Recent Spread and Current Worldwide Distribution of Fire Blight. *Acta Horticulturae*, 489(24), 167-168.
- Vanitha, S.C., Umesha, S., 2008. Variations in Defense Related Enzyme Activities in Tomato During the Infection with Bacterial wilt Pathogen. *Journal of Plant Interactions*, 3(4), 245-253.
- Veeralakshmi, M., Thangapandian, V., Mahalakshmi, G., Kuralarasi, R. and Lingakumar, K., 2017. Changes in Antioxidant Enzyme Activities in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Bacterial Brown Spot) Infected Seedlings of *Vigna radiata* L. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 6(1), 37-41.
- Venisse, J.S., Gullner, G., Brisset, M.N., 2001. Evidence for the Involvement of an Oxidative Stress in the Initiation of Infection of Pear by *Erwinia amylovora*. *Plant Physiology*, 125(4), 2164-2172.
- Venisse, J.S., Barny, M.A., Paulin, J.P., Brisset, M.N., 2003. Involvement of Three Pathogenicity Factors of *Erwinia amylovora* in the Oxidative Stress Associated with Compatible Interaction in Pear. *FEBS Letters*, 537, 198-202.
- Vranova, E., Inze, D., Breusegem, F.V, 2002. Signal Transduction During Oxidative Stress. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1227-1236.

- Ward, N.A., Kaiser, C.A., 2012. **Fire Blight**. Plant Pathology Fact Sheet. Universty of Kentucky, 4.
- Westwood, M.N., 1982. Pear Germplasm of the New National Clonal Repository: It's Evaluation and Uses. *Acta Horticulturae*, 124(8), 57–66.
- Whittaker, J.W., 2012. Non-Heme Manganese Catalase the 'Other' Catalase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 525(2), 111-120.
- Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schraudner, M., Langebartels, C., Montagu, M.V., Inze D. and Camp, W.V., 1997. Catalase is a Sink for H₂O₂ and is Indispensable for Stress Defence in C3 Plants. *The Embo Journal*, 16(16), 4806–4816.
- Xing, T., Higgins, V.J., Blumwald E., 1997. Race-specific Elicitors of *Cladosporium fulvum* Promote Translocation of Cytosolic Components of NADPH Oxidase to the Plasma Membrane of Tomato Cells. *Plant Cell*, 9(2), 249-259.
- Xu, X., Qin, G., Tian, S., 2008. Effect of Microbial Biocontrol Agents on Alleviating Oxidative Damage of Peach Fruit Subjected to Fungal Pathogen. *International Journal of Food Microbiology*, 126, 153-158.
- Yağmur, Y., 2008. **Farklı Asma (*Vitis vinifera* L.) Çeşitlerinin Kuraklık Stresine Karşı Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Tolerans Parametrelerinin Araştırılması**. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir. 108.
- Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., Yu, J., 2004. Silicon Alleviates Salt Stress and Increases Antioxidant Enzymes Activity in Leaves of Salt-Stressed Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167(3), 527-533.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Iğdır ilinin Tuzluca ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Tuzluca'da Kurtuluş İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini Tuzluca'da 100. Yıl Lisesi'nde tamamladı. 2012 yılında Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2016 yılında Iğdır Üniversitesi ve Ziraat Fakültesi'ni birincilikle bitirdi, aynı yıl Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

