



Geliş(Received) :04.01.2021

Derleme

Kabul(Accepted) :15.06.2021

Doi: 10.30708.mantar853146

***Alternaria* Genusu Üyelerinin Meyve ve Sebzeler Üzerine Etkileri**

Burcu KAYA¹, Nükhet Nilüfer ZORBA^{1*}

*Sorumlu yazar: dnukhet@comu.edu.tr

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği,
Çanakkale/Türkiye
Orcid No/ Orcid ID: 0000-0001-6851-6474 / dnukhet@comu.edu.tr
0000-0003-1755-7705 / burcu.kaya@comu.edu.tr

Öz: *Alternaria* yağlı tohumlar, tahıllar, meyve ve sebzelerde bozulmaya neden olan mikotoksijenik bir mikrofungus cinsidir. Gıdaları hasat öncesi ve hasat sırasında çeşitli yollarla enfekte ederek yanıklık, siyah çürüklük olarak adlandırılan bozulmalara neden olmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıklarda gelişim göstermesinden dolayı hasat sonrası depolama ve taşıma sırasında da bozulmaya neden olarak gıda endüstrisinde önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Günümüzde *Alternaria* genusuna ait türlerin 70 'den fazla sekonder metabolit ürettiği bilinmektedir. Ancak bu sekonder metabolitlerin bazıları insan sağlığına olumsuz yönde etki eden mikotoksinlerdir. Yapılan birçok çalışmada rapor edilen alternariol (AOH), alternariol metil eter (AME), tenuazonik asit (TeA), tentoksin (TEN) ve altenuen (ALT), *Alternaria* cinsine ait türlerinin ürettiği en önemli mikotoksinlerdir. Bu derlemede *Alternaria* türleri, önemli mikotoksinleri, gelişimi ve toksin oluşumuna etki eden faktörleri ve meyve ve sebzelerdeki önemi hakkında yapılan çalışmalar bir araya getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Alternaria*, Metabolit, Mikotoksin, Meyve, Sebze

Effects of Genus *Alternaria* Members on Fruit and Vegetables

Abstract: *Alternaria* is a mycotoxigenic microfungus genus that causes deterioration in oilseeds, grains, fruits and vegetables. It infects foods before and during harvest in various ways, causing spoilage called blight, black rot. Besides, due to its development at low temperatures, it causes deterioration during post-harvest storage and transportation, leading to significant economic losses in the food industry. Today, it is known that *Alternaria* species are producing more than 70 secondary metabolites. However, some of these secondary metabolites are mycotoxins that negatively affect human health. Alternariol (AOH), alternariol methyl ether (AME), tenuazonic acid (TeA), tentoxin (TEN), and altenuene (ALT) reported in many studies are the most critical mycotoxins produced by species belong to Genus *Alternaria*. In this review, the studies on *Alternaria* species, their mycotoxins, factors affecting their growth and toxin formation are combined with the studies about their importance in fruit and vegetables.

Key words: *Alternaria*, Metabolite, Mycotoxin, Fruit, Vegetable

Giriş

Alternaria, saprofitik, endofitik ve patojenik türleri içeren ve her yerde bulunabilen bir mikrofungus cinsidir (Roberts ve ark., 2012). Tohumlar, bitkiler, tarım ürünleri, hayvanlar, toprak

ve atmosfer dahil olmak üzere çok çeşitli substratlarda varlığı belirlenmiştir. *Alternaria* türleri, önemli bitki patojenleri olarak bilinmektedir ve geniş bir ürün yelpazesinde büyük kayıplara neden olabilmektedir. *Alternaria* türlerinin insanlar ve



çevre üzerindeki önemli olumsuz sağlık etkileri nedeniyle, doğru ve hızlı bir şekilde tanımlanması büyük önem taşımaktadır. *Alternaria*, Dothideomycetes sınıfından Ascomycota mikrofungus cinsidir (Sesli ve ark., 2020; Lawrence ve ark., 2013). *Alternaria* cinsi ilk olarak 1816 yılında Nees von Esenbeck tarafından *A. tenuis* türü ile tanımlanmıştır (Lawrence ve ark., 2013). Bu türün en belirgin özelliği boyuna ve enine septalı gittikçe incelen uç kısımları ile, koyu renkli zincir şeklinde sporlara sahip olmasıdır (Lawrence ve ark., 2013). Fries yayınladığı *Systema Mycologicum* (1832) adlı eserinde Nees'in tanımladığı *A. tenuis* türünü tanımlamamıştır. Bunun yerine eş anlamlısı olarak *Torula alternata*'dan bahsetmiştir (Lawrence ve ark., 2013). 1912'de Keissler hem Nees hem de Fries'in tanımlamalarını tekrar değerlendirerek her iki tanımında aynı olduğunu tespit etmiştir ve bugün bu tür *Alternaria alternata* olarak bilinmektedir (Woudenberg ve ark., 2013). Daha sonra bu mikrofungus grubunda iki ek cins, *Stemphylium* ve *Ulocladium* tarif edilmiştir. Bu cinslerin tanımlanma kriterleri gözden geçirilmiş ve artan sayıda yeni tür ile sonuçlanmıştır (Woudenberg ve ark., 2013). Daha sonraki çalışmalarda da *Alternaria* türleri yaygın olarak tanımlanmış, türler arasındaki spor biçimi ve boyut, büyüme ve sporülasyon gibi değişikliklerden dolayı, koloni ve konidial morfolojiye (boyut, şekil, renk, bölme, gaga) dayalı olarak yeniden sınıflandırılmaları yapılmıştır (Lawrence ve ark., 2013). Morfolojik özelliklere dayanan *Alternaria* taksonomisi üzerine yapılan bir çalışmanın sonuçları, 275 *Alternaria* türünün tanımlandığı Simmons (2007)'da özetlenmiştir. Bir tür *Prathoda* cinsine aktarılmış ve üç yeni nesil *Alternariaster*, *Chalastospora* ve *Teretispora*, *Alternaria*'dan ayrılmıştır. *Alternaria* türlerinin fenotipik olarak tanımlanmasında kullanılan örnek tanımlama tablosu Tablo 1'de gösterilmiştir. Fakat fenotipik tanımlama yeni türlerin tanımlanmasıyla birlikte karmaşıklığa neden olduğundan günümüzde bu sınıflandırmalar tercih edilmemektedir. Bu karışıklığı önlemek için moleküler filogenetik (protein ve DNA dizileri) analizler kullanılmaktadır. Moleküler çalışmalar, *Alternaria* kompleksi ve *Alternaria* tür klapeleri içinde, morfolojik özelliklere dayanan tür gruplarıyla her zaman ilişkili olmayan birden fazla cinsi ortaya çıkarmıştır (Pryor ve Gilbertson, 2000; Chou ve Wu, 2002; de Hoog ve Horr , 2002; Pryor ve Bigelow, 2003; Hong ve ark., 2005; Inderbitzin

ve ark., 2006; Runa ve ark., 2009). Önceden *Alternaria* içerisinde tanımlanan bazı türler  c yeni cins *Crivellia* (Inderbitzin ve ark., 2006; Lawrence ve ark., 2012), *Undifilum* (Pryor ve ark., 2009) ve *Sinomyces* (Wang ve ark., 2011) altına alınmıştır. *Alternaria*'nın en son moleküler revizyonu Lawrence ve ark. (2013), tarafından yapılmış ve *Alternaria* cinsi altında sekiz tür grubu olmuştur (Tablo 2). Bu sınıflandırmalarda ACT (actin), pazma membran ATPaz (plasma membrane ATPase), kalmodulin (calmodulin), TEF (translation elongation factor 1-alpha), RPB2 (the second largest subunit of RNA polymerase II), kitin sentaz (chitin synthase), ve Tsr1 (TsR1, Ribosome Maturation Factor) gen bölgeleri kullanılmıştır (Lawrence ve ark., 2013). Woudenberg ve ark. (2015), ise 168 *Alternaria* izolatını 9 gen bölgesi (ITS, SSU, LSU, *gapdh*, *rpb2*, *tef1*, *Alt a 1*, *endoPG*, OPA10-2), kullanarak tür bazında tanımlamaya çalışmıştır. Çoklu gen bölgeleri dikkate alınan bir filogeni de bile ayırt edilemeyen 35 morfo türü *A. alternata* altında eşanamlı hale getirdiğini bildirmiştir. Ancak başka bir çalışmada 11 filogenetik tür ve bir tür kompleksindeki 26 *Alternaria* türünün farklı gen bölgeleri kullanılarak tekrar sınıflandırılması gerektiği bildirilmiştir (Sanzani ve ark., 2016).

Alternaria  r yeyen ağaç, bitki, gıda ve farklı toprak türlerinde saprofitik veya patojenik organizma olarak gelişmektedir (Amirmajdi ve ark., 2010). Çoğu türü bitki hastalıklarına neden olmakla birlikte düşük sıcaklıklarda da gelişebildikleri için soğutulmuş koşullar altındaki gıdalarda bozulmadan sorumludur (Broggi, 2013). Ayrıca tarlada ve hasat sonrası aşamada meyve ve sebzelerde önemli ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Bununla birlikte *Alternaria* spp. tarafından üretilen mikotoksinler halk sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Tahıllar, domates, elma, üzüm, yağlı bitkiler, yağlı tohumlar, portakal, limon, kavun, salatalık, karnabahar, biber ve mandalina sıklıkla *Alternaria* türleri ile kontamine olan gıdalardır (Escriv  ve ark., 2017). Gıdalarda yaygın olarak karşılaşılan türleri arasında *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. arborescens*, *A. radicina*, *A. brassicae*, *A. brassicicola* ve *A. infectoria* bulunmaktadır.

Bu derleme ile gıdalardan izole edilen *Alternaria* türleri, mikotoksinleri, gelişimi ve toksin oluşumuna etki eden faktörleri, patojen olarak meyve ve sebzelerdeki önemi hakkında yapılan çalışmalar bir araya getirilmiştir.



Tablo 1. *Alternaria* türlerinin fenotipik tanımlanması (Samson ve ark., 2010; Tančinová ve ark., 2015; Rahimloo ve Ghosta, 2015)

Kod	Özellik	
1a	Konidia değişen uzunlukta dallanmış birincil konidiaforda üretilmektedir.	2
1c	Konidia sıklıkla dallanmamış zincirli kısa birincil konidiaforda üretilmektedir.	3
2a	Birincil konidiafor uzun, ikincil konidiafor sıklıkla kısadır ve koloniler DRYES 'da yeşildir, CYA 'da üç boyutlu çiçek açan bir görünüm vermektedir.	<i>A. aborescens</i>
2b	Birincil konidiafor kısadır, ikincil konidiaspor sıklıkla uzundur ve koloniler DRYES 'da gri ve beyazdır, konidiajenik lokuslar 50-100 µm uzunluğundadır.	<i>A. infectoria</i>
2c	Birincil konidiafor düz ve basittir, nispeten uzun ikincil konidiafora sahiptir. Konidia 25-45 x 8-16 µm 'dir. Enine septalı, dış konidial duvar daha yoğun kahverengidir. 23-25 °C 'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da koloni çapı 40 mm ve koloni rengi gridir.	<i>A. arbusti</i>
2d	Birincil konidiafor 125 µm uzunluğundadır, Bir zincirdeki genç konidia 12-25x6-8 µm 'dir. 5- 7 enine septaya sahiptir fakat bunlar uzunlamasına değildir (1-2 uzunlamasına/eğik septa). 23-25 °C'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da ortalama koloni çapı 55 mm ve koloni rengi yeşilimsi koyu kahverengiye değişmektedir.	<i>A. brassicicola</i>
2e	Birincil konidiafor doğrudan agar yüzeyinden 125 µm 'ye kadar uzunluktadır ikincil konidiaforlar kısa veya daha yaygın olarak 150 µm ye kadar uzundur. Konidia oval açık kahverengidir, 2- 3 enine septalıdır nadiren bir uzunlamasına septa görülebilir, konidia'lar 13-35x8-12 µm 'dir. 23- 25°C 'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da ortalama koloni çapı 55 mm ve koloni rengi açık gridir.	<i>A. vaccinii</i>
3a	Konidyanın zincir halinde görünümü gagasızdır. Konidia elipsoid- oval, koyu kahverengi 20-40 x 8-12 µm ölçülerindedir. 3-5 enine septalı, nadiren uzunlamasına septa içermektedir. 60 µm 'ye kadar uzun sekonder konidiafora sahiptir. 23- 25 °C 'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da ortalama koloni çapı 57 mm ve koloni rengi kahverengidir.	<i>A. destruens</i>
3b	Tek konidiafor altından çıkan kısa ikincil konidiaforlara sahiptir.	<i>A. alternata</i>
3c	Konidia basit uzun zincirlerle üretilir, uzun dar elipsoid şeklinde ve 17-40 x 6-8 µm 'dir. 3-5 enine septalı nadiren 1 uzunlamasına septalıdır. 23-25 °C 'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da ortalama koloni çapı 64 mm ve koloni rengi kahverengidir.	<i>A. perangusta</i>
3d	Birincil konidiaforlar kısa ve doğrudan agar yüzeyinde, 65 µm'ye kadar uzunluktadır. Konidia basit uzun zincirlerle üretilmektedir, geniş bölümü sarımsı kahverengidir ve 15-50 x 8-10 µm'dir. 23- 25 °C 'de 7 gün inkübasyonda PCA 'da ortalama koloni çapı 55 mm ve koloni rengi kahverengidir.	<i>A. turkisafrina</i>
3e	Konidia 20-45 x 8-12 µm'dir. Birincil konidiafor doğrudan agar yüzeyinde 70 µm'ye kadar uzunluktadır. 3-5 enine septa ve 1-2 uzunlamasına septalıdır. 23-25 °C 'de 7 gün inkübasyonla PCA 'da ortalama koloni çapı 62 mm ve koloni rengi kahverengidir.	<i>A. tenuissima</i>

*DRYES: dichloran rose bengal yeast extract sucrose, CYA: czapek yeast extract agar, PCA: potato carrot agar

Tablo 2. *Alternaria* türlerine ait mevcut gruplandırma (Lawrence ve ark., 2013)

<i>Brassicicola</i> grubu	<i>Alternata</i> grubu
<i>Radicina</i> grubu	<i>Alternantherae</i> grubu
<i>Gypsophilae</i> grubu	<i>Porri</i> grubu
<i>Sonchi</i> grubu	<i>Panax</i> grubu

Alternaria türlerinin gelişimini etkileyen faktörler

Alternaria türlerinin gelişimini özellikle sıcaklık, su aktivitesi (a_w) ve pH gibi abiyotik faktörler etkilemektedir. Genel olarak *Alternaria* türleri için optimum büyüme sıcaklıklarının 22-30°C arasında olduğu bilinmektedir. Ancak daha soğuk

bölgelerde 2,5–6,5°C ve hatta daha düşük sıcaklıklarda 0 ile –5°C arasında değişen minimum büyüme sıcaklıklarının da olduğu bildirilmiştir (Escrivá ve ark., 2017). Bazı türlere ait çimlenme büyüme ve sporülasyon için gerekli optimum sıcaklık ve su aktivitesi değerleri değişiklik göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Bazı *Alternaria* türlerinin filizlenme, büyüme ve sporülasyonu için gerekli optimum sıcaklık ve su aktivitesi (Lopez ve Cabral, 1999; Sesli ve ark., 2020).

Türler	Çimlenme		Büyüme		Sporülasyon	
	Optimum Sıcaklık (°C)	Su Aktivitesi	Optimum Sıcaklık (°C)	Su Aktivitesi	Optimum Sıcaklık (°C)	Su Aktivitesi
<i>A. alternata</i> (*Astım küfü)	15-30	0,84	25-30	0,85	25-27	0,90
<i>A. brassicae</i> (*Lahanaküfü)	21-28	0,84-0,90	22-24		22-23	
<i>A. brassicicola</i> (*Hardalküfü)	28-35		20-27		22	
<i>A. citri</i> (*Turunçküfü)			25	<0,91		
<i>A. cucumerina</i>	25-28		27-30		27	
<i>A. dauci</i> (*Havuçküfü)	22-24				25-30	0,96
<i>A. helianthi</i>	25-28		25		15-20	
<i>A. longipes</i> (*Boylüküf)	22-25		25-29			
<i>A. porri</i> (*Pırasaküfü)	21-30		23-30		25	0,75-0,80
<i>A. ricini</i>	25-30		28		20	
<i>A. solani</i> (*Pataküfü)	20-28	0,92	19-28		20-26	
<i>A. triticina</i>	15-27				25	

*Türkçe isimlendirmeler Sesli ve ark. (2020) referans alınarak tabloya eklenmiştir.

Alternaria türleri tarafından üretilen toksinler

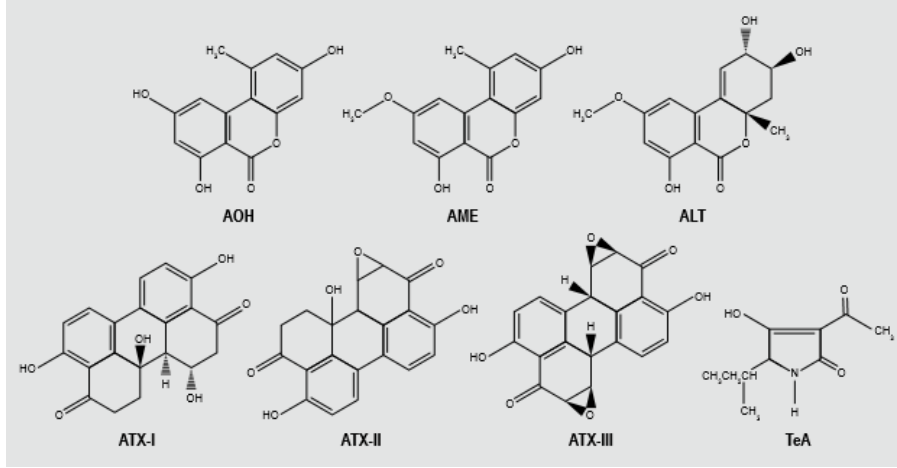
Alternaria türleri yetmişten fazla sekonder metabolit üretebilmektedir. Bu metabolitlerden

yaklaşık otuz tanesi insan ve hayvanlara toksik olarak rapor edilmiştir (Barkai- Golan, 2008; Lopez ve ark., 2016; Hyang, 2015; Sanzani ve ark., 2016).



Alternaria mikotoksinleri denildiğinde akla gelen başlıca toksinler tenuazonik asit (TeA), alternariol monometil eter (AME), alternariol (AOH), altenuen (ALT), altertoksin -I, -II ve -III 'tür (Dall'Asta ve ark., 2014). Bu mikotoksinler içerdikleri steroidler, terpenoidler, fenolikler gibi çeşitli bileşimlerine göre üç farklı yapı sınıfına

ayrılmaktadır. (Sanzani ve ark., 2019). Dibenzopiron türevleri AOH, AME ve altenuen; tetramik asit türevi TeA, siklik tetrapeptid yapısında TEN; peruen türevleri ise altertoksin I (ATX-I), altertoksin II (ATX-II) ve altertoksin III (ATX-III) 'tür (Sanzani ve ark., 2019; Hajnal ve ark., 2016; Da Cruz Cabral ve ark., 2016) (Şekil 1).



Şekil 1. AOH, AME, ALT, ATX-I, -II, -III ve TeA'nın kimyasal yapısı (Ostry, 2008).

TeA sitotoksik, böcek öldürücü, zootoksik, antibakteriyel ve antiviral aktivite sergilemektedir (Oviedo ve ark., 2013). Ayrıca TeA insanda hematolojik bozukluk olan Onyalai hastalığının bir risk faktörü olarak da bilinmektedir. Bunun dışında üç ayrı memeli hücre hattı ile yapılan bir çalışma TeA'nın, memeli hücre hattında protein üretimini ve hücre proliferasyonunu inhibe ettiğini bildirmiştir (Somma ve ark., 2011). Genellikle kombinasyon halinde bulunan AOH ve AME ise genotoksik ve mutajenik aktiviteye sahip olduğu ifade edilmiştir (Sanzani ve ark., 2019; Asam ve ark., 2011; Somma ve ark., 2011). Ayrıca yapılan bazı çalışmalar AOH ve AME toksinlerinin teratojenik ve fetotoksik etkisinin varlığını da bildirmiştir. Altertoksin I sitotoksik ve mutajenik olarak; altertoksin II ise memelilerde AOH ve AME'den çok daha güçlü bir mutajen ve DNA ipliği kırıcı bir mikotoksin olarak tespit edilmiştir (Lopez ve ark., 2016). EFSA'nın 2011 yılında hazırladığı bir raporda insanların AOH, AME, TeA ve TEN toksinlerine maruz kalma risk değerlendirilmesi yapılmış ve bu toksinler için Toksikolojik Endişe Eşiği (TTC-Threshold of Toxicological Concern) yayınlanmıştır. Rapora göre AOH ve AME için TTC değeri günde 2,5 ng / kg, TeA ve TEN için ise

günde 1500 ng / kg vücut ağırlığıdır (Solfrizzo, 2017; Lopez ve ark., 2016).

2011 ve 2014 yıllarında Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından yayınlanan bir rapora göre *Alternaria* toksinlerinin oluşumu, toksisitesi ve toksikokinetiği hakkında bazı bilgi eksikliklerinin olduğu açıklanmıştır (Fraeyman ve ark., 2017). Fraeyman ve ark. (2017), yaptıkları derlemede *Alternaria* mikotoksinleri hakkında üç önemli konunun literatürde eksik olduğunu bildirmişlerdir. Bu konulardan ilki *Alternaria* mikotoksinlerinin gıdalarda oluşumu ile ilgilidir. Özellikle hayvansal kaynaklı ürünlerde ortaya çıkan toksinler ve farklı gıda örneklerinde konjuge formda bulunan *Alternaria* mikotoksinlerine ilişkin herhangi bir verinin bulunmadığı belirtilmiştir. İkinci konu *Alternaria* mikotoksinlerinin in-vitro çalışmalarda üreme sağlığı ve bağışıklık sistemi üzerinde belirlenen olası etkisinin, in-vivo olarak doğrulanmamış olmasıdır. Bundan dolayı *Alternaria* mikotoksinlerinin insanlarda olası kanserojen riskinin Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından değerlendirilmesi tavsiye edilmiştir. Üçüncü konu ise özellikle bebek mamalarındaki TeA'nın sağlık için olası risk faktörü olabileceğinin göz ardı edilmemesinin gerekliliğidir. *Alternaria* türleri arasında en önemli mikotoksin



üreten tür *Alternaria alternata* türüdür. Bu türün AOH, AME, ATX-I, ATX -II, ATX-III mikotoksinlerini ürettiği bildirilmiştir (Ostry, 2008). *A. alternata* dışında önemli mikotoksin üretici türler ve ürettikleri toksinler Tablo 4. 'de verilmiştir. Mikotoksin üretimi genel olarak mikrofungusun suşuna, büyüdüğü substrata ve çevresel büyüme koşullarına bağlıdır (Barkai-Golan, 2008; Sanzani ve ark., 2016). Genellikle AOH, AME ve diğer *Alternaria* toksinlerinin doğal olarak hasat öncesinde oluştuğu bilinmektedir (Ostry, 2008; Scott, 2012). Ayrıca yüksek sıcaklık ve yüksek su aktivitesinin mikotoksin üretimi için elverişli bir ortam olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir. Örneğin Sanchis ve Magan (2004), *A. alternata* türünün mikotoksinlerinin (AME ve AOH) gelişmeye başlayıp, büyümesi ve üretmesi için gereken su aktivitesinin 0,86 a_w 'dan büyük ya da ona eşit olduğunu bildirmiş olup toksinlerin optimum üretiminin 0,97 a_w 'den büyük olduğunu bildirmiştir (Jackson ve Al-Taher, 2008). Buna ek olarak *Alternaria* türüne ait toksinlerin asidik pH 'da stabil kalabilirken, alkali pH 'da kolaylıkla bozunabileceği bilinmektedir (Dall'Asta ve ark., 2014). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise 9 farklı tarım bölgesinden (Merkezi Kuzey Anadolu, Ege, Marmara, Akdeniz, Kuzey Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Karadeniz, Merkezi Doğu Anadolu ve Merkezi Güney Anadolu) yapılan gıda örneklemelerinden izole edilen *Alternaria* izolatlarının alternariol monometil eter ve altertoksin üreticisi olduğu bildirilmiştir (Topal, 2003).

Önemli bazı *Alternaria* türleri

Alternaria alternata

Alternaria alternata, *Alternaria* türleri arasında *Alternata* grubunda yer almaktadır (Woudenberg ve ark., 2013). Sesli ve ark. (2020), *Alternaria alternata* 'ya Türkçe isim olarak Astımküfü ismini uygun görmüştür. Domates, domates ürünleri, yaban mersini, elma, çilek, şeftali, tahıllar, zeytin, fındık ve yağlı tohumlar gibi gıda ürünlerinde siyah çürüklüğe neden olmaktadır (Ostry ve ark., 2007; Somma ve ark., 2011; Greco ve ark., 2012; Graf ve ark., 2012; Nishikawa ve Nakashima, 2019). Dünyadaki birçok çalışmada tahıllarda baskın tür olduğu bildirilmektedir (Hyang ve ark., 2015). Buna ek olarak Mutlu ve Üstüner (2017) Türkiye'de yaptıkları çalışmada, domates yapraklarında görülen fungal hastalık etmeninin en çok *Alternaria alternata* (%27,23) olduğunu tespit

etmiş ve bu suşun hastalık şiddetinin %47,5 olduğunu bildirmiştir. Kaya ve Karaca (2020) ise, Antalya ilindeki çilek ekim alanlarında hastalığa neden olan fungal türleri tespit ettikleri çalışmada, yaprak örneklerinde en yaygın *Alternaria alternata* (%96,43) tespit etmiştir. Buna karşın *Alternaria alternata* 'nın toprak örneklerinde düşük yaygınlık oranı gösterdiğini bildirmiştir. Özgönen ve Çulal Kılıç (2009), Isparta ilinde soğuk hava depolarında bulunan elmalarda hasat sonu hastalıklara neden olan etmenlerden birinin *Alternaria alternata* olduğunu bildirmiştir. Gravesen ve ark. (1994), bu türün büyümesi için sıcaklık gereksinimlerinin minimum 2°C, maksimum 32°C olduğunu ve optimum sıcaklık 25-28°C arasında olduğunu bildirmiştir. Büyüme için 25°C 'de minimum a_w 'si ihtiyacı 0,88 olarak verilmiştir. Optimal büyüme pH 4-5,4 aralığında gerçekleşmekte ve gelişmesi için pH aralığı 2,7-8,0 arasında tespit edilmiştir. Yüzey dışında gelişme sıcaklık ve su aktivitesine (a_w değeri) bağlı olmaktadır. Örneğin domates meyvelerinden izole edilen *Alternaria alternata* suşlarının besiyerinde gelişimi 21°C'de 0,982 su aktivitesinde gerçekleşmektedir (Noser ve ark., 2011). *Alternaria alternata* AOH, AME, TeA, ALT gibi çeşitli mikotoksinleri üretmektedir (Graf ve ark., 2012). Farklı mikotoksinler farklı sıcaklık ve su aktivitesi değerlerinde farklı miktarlarda üretilebilmektedir (Graf ve ark., 2012). Maksimum AOH, AME ve ALT üretiminin, 25°C 'de ve 0,98 a_w 'de gerçekleştiği bildirilmiştir.

Alternaria tanımlama çalışmalarında en belirgin özellik konidial boyuttur ve birçok araştırmacı küçük konidial boyuttaki *Alternaria* türlerini *Alternaria alternata* olarak tanımlamıştır. Bundan dolayı *A. longipes*, *A. gaisen* (syn.*A. kikuchiana*), *A. citri* ve *A. mali*, *A. alternata* 'nın patotipleri arasında yer almaktadır (Andersen ve ark., 2001). Günümüzde *A. alternata* patotipleri arasına *A. toxicogenica*, *A. limoniasperae* ve *A. arborescens* ilave edilerek toplam yedi adet konakçıya özgü toksin üreten *A. alternata* patotipi tanımlanmıştır. Bunlar AM-toksini üreterek elmadaki (*Malus domestica* Borkh) *Alternaria* lekelerine, AK-toksini üreterek Japon armutlarında (*Pyrus pyrifolia* Burm. f.; Nakai var. *culta* Makino, Nakai) siyah lekeler, ACT-toksini üreterek mandalinalarda (*Citrus reticulata* Blanco) kahverengi lekeler, ACR-toksini üreterek limon (*C.jambhiri*



Lush.) yapraklarının lekelenmesine, AAL-toksini üreterek domateste (*Solanum lycopersicum* L.) gövde yanıklığına, AT-toksin üreterek tütünde (*Nicotiana tabacum* L.) kahverengi lekeler ve AF-toksin üreterek çilek yapraklarındaki siyah lekelerin oluşumuna neden olmaktadır (Nishikawa ve Nakashima, 2019).

Alternaria tenuissima

Alternaria tenuissima, *Alternaria* türleri arasında *Alternata* grubunda yer almaktadır (Woudenberg ve ark., 2013). Sesli ve ark. (2020), *Alternaria tenuissima* 'ya alternatif Türkçe isim olarak Narinküf 'ü uygun görmüştür. Danimarka 'da yapılan bir çalışmaya göre *A. tenuissima* küflü domateslerde en yaygın mikrofungus olarak bildirilmiştir *Alternaria tenuissima* ile enfekte olan domateslerde TA, AME ve AOH toksinlerinin varlığını tespit etmiştir. (Somma ve ark. 2011). Buna ek olarak Greco ve ark. (2012) 'da aynı toksinleri yaban mersininden elde edilen izolatlarda da tespit etmiştir.

A. tenuissima, *A. alternata* ve *A. arborescens*'in yer fıstıklarında geç yanıklığa

neden olduğu California 'da yapılan bir çalışmada bildirilmiştir. Hastalık bitkinin yeşil kısmını ve meyveyi etkilemektedir (Avenot ve ark., 2016). Aynı şekilde Çin ve İran 'da yapılan farklı iki çalışmada da patateslerdeki hastalık nedeninin *A. tenuissima* türüne ait olduğu bildirilmiştir (Zheng ve ark., 2013). Türkiye'de Kırbağ ve Turan (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise, hıyarlar da *A. tenuissima* tespit edilmiştir.

Alternaria porri

Alternaria porri (Ellis) Cif., *Alternaria* türleri arasında *Porri* grubunda yer almaktadır (Woudenberg ve ark., 2013). Sesli ve ark. (2020), *Alternaria porri* 'ye alternatif Türkçe isim olarak Pırasaküfü 'nü uygun görmüştür. Soğan ve sarımsaklarda mor leke hastalığına neden olan kritik bir patojendir (Prajapati ve ark., 2019a). Soğanın yaprak, çiçek ve sap kısmını enfekte ederek ciddi lezyonlara neden olmakta ve bu yüzden soğan üretiminde %30-70 oranında kayba neden olmaktadır (Phuwapraisrisan ve ark., 2009).

Tablo 4. Bazı *Alternaria* türlerinin ürettikleri önemli mikotoksinler

Türler	Mikotoksin*	Kaynaklar
<i>A. tenuissima</i>	AME, AOH, TeA, ALT, ATX	Barkai-Golan, 2008; Andersen ve Thrane, 2006
<i>A. alternata</i>	AME, AOH, TeA, ALT	Oviedo ve ark., 2013; Graf ve ark., 2012
<i>A. brassicae</i>	AME, AOH	Ostry, 2008
<i>A. capsici-annui</i>	AME, AOH, TeA	Barkai-Golan, 2008
<i>A. citri</i>	AME, AOH, TeA	Ostry, 2008; Barkai-Golan, 2008
<i>A. cucumerina</i>	AME, AOH	Ostry, 2008; Barkai-Golan, 2008
<i>A. kikuchiana</i>	AME, AOH, TeA	Ostry, 2008
<i>A. longipes</i>	AME, AOH, TeA	Barkai-Golan, 2008
<i>A. porri</i>	AME, AOH, TeA	Barkai-Golan, 2008
<i>A. solani</i>	AME, AOH	Barkai-Golan, 2008
<i>A. tomato</i>	AME, AOH, TeA, ATX-I, -II, -III	Ostry, 2008
<i>A. japonica</i>	TeA	Ostry, 2008; Barkai-Golan, 2008
<i>A. radicina</i>	ATX- I, -II, -III, TeA	Ostry, 2008
<i>A. infectoria</i>	AME, AOH	Oviedo ve ark., 2013
<i>A. arborescens</i>	AOH, TeA, ATX, ALT	Andersen ve Thrane, 2006

*Alternariol metil eter (AME), alternariol (AOH), tenuazonik asit (TeA), altenuen (ALT) ve altertoksin (ATX)

Sarımsakta ise sarı lezyonlar, soluk ve yumuşak lekeler şeklinde başlayan enfeksiyon ürünün kaybı ile sonuçlanmaktadır (Prajapati ve ark., 2019b).

Mohsin ve ark. (2016), Bangladeş 'in soğan yetiştiren farklı bölgelerindeki hastalıklı yapraklardan izole ettiği 27 adet *Alternaria porri* izolatu üzerinde çalışmışlar ve *A. porri* izolatlarının,



ürün ve coğrafi durumdan bağımsız olarak gelişme, sporülasyon ve konidial morfolojisinin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca tüm izolatların ilgili konağa karşı patojenik olduğunu bildirmişlerdir.

Alternaria solani

Alternaria solani, *Alternaria* türleri arasında *Porri* grubunda yer almaktadır (Woudenberg ve ark., 2013). Sesli ve ark. (2020), *Alternaria solani* 'ye alternatif Türkçe isim olarak Pataküfü 'nü uygun görmüştür. *Alternaria* türünün bilinen en iyi patojenlerinden biridir. Çapraz ve uzunlamasına septalı konidyalara ve koyu renkli (melanize) hücrelere sahiptir. Melaninler hidrolitik enzimler gibi istenmeyen çevre koşullarına karşı türü korumaktadır (Chaerani ve ark., 2006). Domates ve patates bitkilerini hem kuru hem de yaş ortamda enfekte ederek bu ürünlerde erken ölüm hastalığına neden olmaktadır (Ravikumar ve ark., 2016; Walters ve ark., 2018). Özellikle hafif yağış, yüksek nem ve sıcaklığın 24–29°C olduğu bölgelerde domateslere zarar verici etkisi olduğu bildirilmiştir (Chaerani ve ark., 2006). Ozan ve Maden (2005), domates yapraklarında *A. solani* tespit edildiğini bildirmiştir. Buna ek olarak Kırbağ ve Turan (2005), kavunlarda *A. solani* tespit ettiğini bildirmiştir.

Alternaria solani yaşam döngüsü boyunca toprak ve hava yoluyla taşınmaktadır. Kontaminasyon olması durumunda sanitasyon yoluyla kontrol edilmesini zorlaştırmaktadır (Escuredo ve ark., 2011). Ayrıca 4-36°C gibi geniş sıcaklık aralığında gelişebilmektedir (Ravikumar ve ark., 2016). *A. solani* suşlarının ürettiği tespit edilen en önemli toksin alternarik asittir (Chaerani ve ark., 2006).

Meyve ve sebzelerde *Alternaria* spp. ve toksinlerinin varlığı

Alternaria cinsinin birçok patojenik türü, tarlada çeşitli mahsul ve ürünlerini etkileyerek kök ve yaprak hastalıklarına neden olurken patojenik

olmayan türler hasat sonrası dönemde bitki meyvelerini ve çekirdeklerini bozarak çürüklüğe neden olmaktadır (Ostry, 2008; Sanzani ve ark., 2016). Hasat öncesi dönemde *Alternaria* türlerinin büyüme ve gelişimi toprakta gerçekleşmektedir (Van de Perre ve ark., 2015). Bundan dolayı gıda endüstrisinde önemli derecede ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Estiarte, 2016).

Alternaria türleri düşük sıcaklıklarda depolanan meyve sebzelerde de bozulmaya neden olmaktadır (Jackson ve Al-TaHER, 2008).

Düşük sıcaklık ve düşük su aktivitesi gibi istenmeyen koşullar altında bile üremesi ve toksin üretme özelliği, *Alternaria* türlerinin soğutulmuş meyveler, sebzeler ve depolanan yemlerde risk oluşturmaktadır (Mikula ve ark., 2013).

Hasat edilmiş ürüne bulaşan en yaygın tür olan *Alternaria alternata* genellikle konakçı bitkiye direkt olarak bitki kütikulası veya epidermisten girememekte; içeri girmek için yaralı bir dokuya ihtiyacı bulunmaktadır. Kabakgillerde özellikle gövde yarası veya kabuk yaralarından enfekte eden bir patojendir. Elma, çilek, armut, kavun, narenciye ve domates gibi çeşitli spesifik bitki patotipleri olduğu bildirilmiştir (Sanzani ve ark., 2016).

A. alternata, *A. brassicae*, *A. solani*, *A. capsici*, *A. dauci*, *A. longipes*, *A. porriand* *A. tenuissima*, *A. alternata* ve *A. solani* türleri sıklıkla biberden izole edilen *Alternaria* türleri olarak bildirilmiştir (Da Cruz Cabral ve ark., 2016) (Şekil 2).

Alternaria alternata domatesin başlıca patojenlerinden biridir. Olgun domates meyvelerinin enfeksiyonları, çürümüş uç kısımlardan veya meyve yüzey yaralanmalarından başlayan siyah-kahverengi çürüklüğe neden olan lekeler şeklinde görülmektedir (Pane ve ark., 2015). *Alternaria alternata* ayrıca turuncgillerde nokta şeklindeki kahverengi lekelerin nedeni olarak tespit edilmiştir (Sanzani ve ark., 2016).



Şekil 2. Biberde *Alternaria* türlerinin neden olduğu bozulma (UMass Extension Vegetable Program, 2020).

Toprakta saprofitik olarak yaşayan nekrotrofik fungal hastalık etmeni *Alternaria solani* başta domates, patates, fasulye gibi sebzeleri, süs bitkilerini (karanfil) ve meyve türlerini (elma, portakal) enfekte etmektedir (Çalış ve Yazar, 2011). *Alternaria solani* patatese hasat sırasında oluşan yaralara bulaşarak sap, yaprak ve yumruyu enfekte etmektedir. Sporlar toprak ve yaprak

yüzeyinden patatese nüfuz etmektedir. Lezyonlar koyu kahverengi 1-2 mm çapında küçük lekeler halinde görülmektedir (Escuredo ve ark., 2011) (Şekil 3). *Alternaria dauci* ve *Alternaria radicina* havuçları enfekte ettiği ve siyah çürümeye neden olduğu bildirilmiştir (Sanzani ve ark., 2016) (Şekil 4).



Şekil 3. *Alternaria solani* tarafından enfekte olan patates (Jense, 2020; Clarke, 2016; Ocamb, 1998).



Şekil 4. *Alternaria radicina* tarafından enfekte olan havuç (Anonymous, 2020).

A. citri turunçgillerde başlıca kök patojenlerinden biridir ve özellikle meyve tabanında görülmektedir. Ancak enfeksiyonun ortaya çıkabilmesi için meyvenin yaralanmış veya olumsuz gelişme koşullarına fizyolojik açıdan maruz kalmış olması gerekmektedir (Barkai-Golan,

2008) (Şekil 5). *Alternaria* türleri Arjantin başta olmak üzere dünyanın diğer bölgelerinde yetiştirilen soya fasulyelerinden en çok izole edilen küf mantarlarından biridir. Oviedo ve ark. (2011), soya fasulyeleriyle yaptıkları çalışmada yüksek oranda *Alternaria* türüne rastlamışlar ve soya



fasulyelerinin olgunlaşması, hasat edilmesi ve depolanması sırasında bu türün gelişme ve mikotoksin üretme yönünden risk oluşturabileceğini bildirmişlerdir *Alternaria* türleri birçok elmada hasat sonrası bir hastalık olan çekirdek çürümesine neden olmaktadır. Elmada *Alternaria* çekirdek çürümesi sıklıkla *A. alternata* ile ilişkilendirilse de Ntasiou ve ark. (2015), Yunanistan 'da yaptıkları bir çalışmada *A. arborescens* ve *A. tenuissima* türlerinin de elma da çekirdek çürümesine neden olabileceği bildirilmiştir (Şekil 6).

Alternaria türleri nar kabuğunda bazı bölgelerde zarar oluşturarak, bu bölgelerde esnemelere neden olmaktadır. Oluşan esnemeler ise özellikle olgunlaşma sırasında narda oluşacak çatlama zemin hazırlamaktadır (Yılmaz ve Özgüven, 2012). Bu konu hakkında, Yıldız ve ark. (2018), Aydın ilinde hasat edilen narların hastalıklı meyvelerinden en fazla *Alternaria spp.* izole edildiğini bildirmiştir.



Şekil 5. *Alternaria citri* tarafından enfekte olan mandalina ve portakal (Decco Iberica Post Cosecha S.A.U., 2020; Anonymous, 2018).



Şekil 6. Elmada *Alternaria* türlerinin neden olduğu çekirdek çürümesi (Rosenberger, 2014).

Alternaria mikotoksinlerine turuncgiller, elma, domates, zeytin, biber, patates gibi birçok meyve ve sebze sıklıkla rastlanmaktadır (Ntasiou ve ark., 2015) (Tablo 5). Özellikle bitkilerin yenilebilir kısımlarında biriken mikotoksinlere, meyve ve sebzelerin ürünü olan domates püresi, elma suyu, üzüm suyu, kuru erik ve kızılıçık nektarı gibi işlenmiş ürünlerde de rastlanmaktadır (Gambacorta ve ark., 2018; Barkai-Golan, 2008; Patriarca ve ark., 2007).

Tournas ve Stack (2001), iki *Alternaria alternata* suşunu kullanarak farklı meyvelerin depolanması sırasında AOH ve AME üretimini

araştırmıştır. Meyve türlerine bağlı olarak *A. alternata*'nın AOH ve AME üretiminin farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Örneğin çilek üzerinde AOH üretimi gerçekleşmemiş, üzümde ise AOH ve AME üretimi gerçekleşmiştir. Solfrizzo ve ark. (2005) ise, *A. alternata* suşlarının pirinç besi ortamında TeA, AOH, AME ve albertoksin-I (ATX-I), havuç besi ortamında ise AOH ve AME ürettiğini bildirmiştir. Doğal olarak enfekte olmuş elma ve elma sularında AOH ve AME gibi en az iki *Alternaria* metabolitine rastlanmaktadır. (Andersen ve Thrane, 2006). Ntasiou ve ark. (2015), farklı elma çeşitlerinde *Alternaria* türlerinin duyarlılığını



belirlemek ve elma meyvesinde mikotoksijenik olma durumunu belirlemek için çalışmışlardır. Çalışma sonucunda sıklıkla *A. tenuissima* ve *A. arborescens* türleri ile karşılaşmışlar ve çalıştıkları 4 farklı türdeki elmalardan (Fuji, Golden Delicious, Granny Smith ve Red Delicious) Fuji çeşidinin bu iki patojene karşı en dirençli olduğunu, Golden Delicious çeşidinin ise en duyarlı olduğunu belirlemişlerdir. Toksin üretiminde ise her iki türünde in vivo ya da in vitro ortamda alternariol (AOH), alternariol monometil eter (AME) ve tentoksini (TEN) üretebildiğini, elma meyvesinde *A. tenuissima* izolatlarının, *A. arborescens* izolatlarından daha fazla AOH ürettiğini bildirmişlerdir. Pose ve ark. (2010), siyah küf hastalığından etkilenen domateslerden izole edilen *A. alternata* türünü kullanarak optimum AOH üretiminin 21 °C de 28 gün inkübasyon sonucu 0,954 a_w 'de gerçekleştiğini ayrıca tüm su aktivitesi değerleri için optimum gelişim sıcaklığının 21 °C olduğunu belirlemişlerdir. En yüksek AME üretimi için ise 0,954 a_w ve 35 °C gelişim sıcaklığının optimum değerler olduğunu tespit etmişlerdir. Domates meyvesi ve yüksek nemli domates ürünlerinde 6°C veya daha düşük bir depolama sıcaklığının *Alternaria* toksinleri açısından güvenli depolama sıcaklığı olduğu bildirilmiştir.

Sanzani ve ark. (2019), ise yaptıkları çalışmada taze ve kurutulmuş domateslerin en çok TeA, AME, TEN ve AOH ile kontamine olduğunu, taze ürüne oranla özellikle kurutulmuş ürünlerin toksin içeriğinin daha fazla olduğunu bildirmiştir. Oviedo ve ark. (2011), ışınlanmış soya fasulyesi üzerinde *A. alternata* türünün sıcaklık, su aktivitesi

ve gelişimine bağlı olarak AME ve AOH üretimini incelemişlerdir. Maksimum AOH üretim miktarı farklı iki suş için farklı sıcaklıklarda 0.98 a_w 'de gerçekleşmiş, maksimum AME üretimi ise her iki suşta 30 °C 'de 0,98 a_w 'sinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak her iki toksin üretimi için sıcaklık (15-30 °C) ve su aktivitesi etkileşiminin önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Vaquera ve ark. (2014) domatesi besin ortamı olarak kullanarak *A. arborescens* türünün mikotoksin üretimi üzerinde sıcaklık (6, 15, 20, 25 ve 30 °C) ve su aktivitesinin (a_w , 0,995-0,975-0.950) etkileşimini incelemişlerdir. Optimum AOH ve AME üretimi için 0.975 a_w 'de 30 °C de 40 günlük inkübasyon, maksimum tenuazonik asit üretimi için ise 25 °C ve 0,975 a_w 'si gerektiğini belirlemişlerdir.

Sonuç

Meyve ve sebzelerde *Alternaria* genusu bozulma etmeni ve mikotoksin üreticisi olmasından dolayı önemli bir mikrofungusdur. *Alternaria spp.* üründe ekonomik kayıplara yol açmasının yanı sıra, özellikle gıdanın yenilebilir kısımlarında biriken mikotoksinler açısından halk sağlığını ciddi derecede tehdit etmektedirler. Yapılan çalışmalar mikotoksinlerin akut toksisitenin ötesinde, mutajenik ve kanserojenik etkilere neden olabileceğini göstermiştir (Sanzani ve ark., 2019; Asam ve ark., 2011; Somma ve ark., 2011). Bundan dolayı *Alternaria* türlerinin doğru ve hızlı bir şekilde tanımlanması ve toksinlerinin hızlı bir şekilde belirlenmesi halk sağlığı için önem taşımaktadır.

Tablo 5. Bazı meyve veya sebzelerde oluşabilecek *Alternaria* türleri, mikotoksinleri ve neden olabileceği hastalıklar

Ürün	Tür	Mikotoksin	Neden Olduğu Hastalık	Kaynaklar
Portakal	<i>A. alternata</i>	ACT-toksin	Yaprak ve meyvede kahverengi leke hastalığı	Aiello ve ark., 2020; Barkai- Golan, 2008
	<i>A. arborescens</i>	ACR-toksin		
	<i>A. citri</i>	AOH, AME, TeA		
Limon	<i>A. alternata</i>	ACT-toksin,	Yaprak ve meyvede kahverengi leke hastalığı	Aiello ve ark., 2020; Barkai- Golan, 2008
	<i>A. arborescens</i>	ACR-toksin,		
	<i>A. citri</i>	AOH, AME, TeA		
Kayısı	<i>A. alternata</i>		Siyah çürüme	Zhang ve ark., 2020; Li ve ark., 2019
Acı biber (<i>Capsicum frutescens</i>)	<i>A. alternata</i>		Kahverengi yaprak lekenmesi	Garibaldi ve ark., 2019
Tatlı biber (<i>Capsicum annuum</i>)	<i>Alternaria spp.</i>	TeA, TTX, AOH, AME, ALT	Kahverengi leke hastalığı	Gambacorta ve ark., 2018
Hünnap	<i>A. alternata</i>		Yeşil ve kırmızı halka	Yuan ve ark., 2019
Havuç	<i>A. radicina</i>		Siyah çürüme	Kathe ve ark., 2017
Patates	<i>A. solani</i>		Erken yaprak dökümü	Landschoot ve ark., 2017
	<i>A. grandis</i>			
	<i>A. protenta</i>			
Elma	<i>A. alternata</i>	AOH, AME, TEN	Elma lekelenmesi, Çekirdek çürümesi	Andersen ve ark., 2006; Ntasiou ve ark., 2015
	<i>A. tenuissima</i>			
	<i>A. arborescens</i>			
Üzüm	<i>A. alternata</i>	AOH, AME, TeA	Salkım çürümesi	Lorenzini ve Zapparoli, 2014
Yaban mersini	<i>A. alternata</i>	AOH, AME, TeA	Meyve çürümesi	Greco ve ark., 2012
	<i>A. tenuissima</i>			
	<i>A. arborescens</i>			
Domates ve domates püresi	<i>A. alternata</i>	AOH, AME, TeA	<i>Alternaria</i> buhar yarası (steamcanker)	Somma ve ark., 2011; Lopez ve Cabral, 1999
	<i>A. tenuissima</i>			
	<i>A. arborescens</i>			
Çilek	<i>A. alternata</i>	AF toksin I, II, III	Siyah leke hastalığı	Lopez ve Cabral, 1999

*Alternariol metil eter (AME), alternariol (AOH), tenuazonik asit (TeA), altenuen (ALT) ve altertoksin (ATX)



Kaynaklar

- Aiello, D., Guarnaccia, V., Azzaro, A. and Polizzi, G. (2020). *Alternaria* brown spot on new clones of sweet orange and lemon in Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(1), 131-145.
- Amirmajdi, M. M., Amirmajdi, N. A. M., Mashhadi, I. E., Azad, F. J., Afshari, J. T. and Shakeri, M. T. (2011). *Alternaria* in patients with allergic rhinitis. *Iranian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*, 221-226.
- Andersen, B. and Thrane, U. (2006). Food-borne Fungi in Fruit and Cereals and Their Production of Mycotoxins, *Advances in Food Mycology*. Boston: Springer.
- Andersen, B., Krøger, E. and Roberts, R. G. (2001). Chemical and morphological segregation of *Alternaria alternata*, *A. gaisen* and *A. longipes*. *Mycological Research*, 105(3), 291-299.
- Anonymous. (2018). I cut open an orange to find this black decay coming from its center [reddit]. Retrieved from https://www.reddit.com/r/mildlyinteresting/comments/6oq3ur/i_cut_open_an_orange_to_find_this_black_decay/
- Anonymous. (2020). Carrot black rot (204). Retrieved from http://www.pestnet.org/fact_sheets/carrot_black_rot_204.htm
- Asam, S., Konitzer, K. and Rychlik, M. (2011). Precise determination of the *Alternaria* mycotoxins alternariol and alternariol monomethyl ether in cereal, fruit and vegetable products using stable isotope dilution assays. *Mycotoxin research*, 27(1), 23-28.
- Avenot, H. F., Solorio, C., Morgan, D. P. and Michailides, T. J. (2016). Sensitivity and cross-resistance patterns to demethylation-inhibiting fungicides in California populations of *Alternaria alternata* pathogenic on pistachio. *Crop Protection*, 88, 72-78.
- Barkai-Golan, R., 2008. *Alternaria* Mycotoxins, *Mycotoxins in Fruits and Vegetables*. San Diego: Academic Press.
- Broggi, L., Reynoso, C., Resnik, S., Martinez, F., Drunday, V. and Bernal, Á. R. (2013). Occurrence of alternariol and alternariol monomethyl ether in beverages from the Entre Rios Province market, Argentina. *Mycotoxin research*, 29(1), 17-22.
- Chaerani, R. and Voorrips, R. E. (2006). Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *Journal of general plant pathology*, 72(6), 335-347.
- Chou, H.H. and Wu, W.S. (2002). Phylogenetic analysis of internal transcribed spacer regions of the genus *Alternaria*, and the significance of filament-beaked conidia. *Mycological Research*, 106(2), 164-169.
- Clarke A. (2016, 8 March). How to stop 'stealth' potato disease sneaking under the radar. Retrieved from <https://www.fwi.co.uk/arable/stop-stealth-potato-disease-sneaking-radar>
- Çalış, Ö. ve Yazar, Ç. (2011). Fare kulağı teresi, *Arabidopsis Thaliana*'da konukçu dışı dayanıklılığın erken yanıklık hastalık etmeni *Alternaria Solani*'nin kontrolü için araştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, (2), 179-186.
- Da Cruz Cabral, L., Terminiello, L., Pinto, V. F., Nielsen, K. F. and Patriarca, A. (2016). atural occurrence of mycotoxins and toxigenic capacity of *Alternaria* strains from mouldy peppers. *International Journal of Food Microbiology*, 236, 155-160.
- Dall'Asta, C., Cirlini, M. and Falavigna, C. (2014). Mycotoxins from *Alternaria*: toxicological implications, *Advances in Molecular Toxicology* (pp. 107-121). Elsevier.
- De Hoog, G. S. and Horre, R. (2002). Molecular taxonomy of the *Alternaria* and *Ulocladium* species from humans and their identification in the routine laboratory. *Mycoses*, 45(7-8), 259-276.
- Decco Iberica Post Cosecha S.A.U. (2020). *Alternaria citri* sobre mandarina [Pinterest]. Retrieved from <https://pl.pinterest.com/pin/501377370987984665/>
- Escrivá, L., Oueslati, S., Font, G. and Manyes, L. (2017). *Alternaria* mycotoxins in food and feed: an overview. *Journal of Food Quality*, 1569748.
- Escuredo, O., Seijo, M. C., Fernández-González, M. and Iglesias, I. (2011). Effects of meteorological factors on the levels of *Alternaria* spores on a potato crop. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), 243-252.
- Estiarte, N., Lawrence, C. B., Sanchis, V., Ramos, A. J. and Crespo-Sempere, A. (2016). LaeA and VeA are involved in growth morphology, asexual development, and mycotoxin production in *Alternaria alternata*. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 153-164.
- Fraeyman, S., Croubels, S., Devreese, M. and Antonissen, G. (2017). Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics. *Toxins*, 9(7), 228.
- Gambacorta, L., Magistà, D., Perrone, G., Murgolo, S., Logrieco, A. F. and Solfrizzo, M. (2018). Co-occurrence of toxigenic moulds, aflatoxins, ochratoxin A, *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins in fresh sweet peppers (*Capsicum annuum*) and their processed products. *World Mycotoxin Journal*, 11(1), 159-174.



- Garibaldi, A., Gilardi, G., Matic, S. and Gullino, M. L. (2019). First Report of *Alternaria alternata* on Chili Pepper (*Capsicum frutescens*) in Italy. *Plant Disease*, 103(5), 1024.
- Graf, E., Schmidt-Heydt, M. and Geisen, R. (2012). HOG MAP kinase regulation of alternariol biosynthesis in *Alternaria alternata* is important for substrate colonization. *International Journal of Food Microbiology*, 157(3), 353-359.
- Gravesen, S., Frisvad, J. C. and Samson, R. A. (1994). *Microfungi*, Copenhagen: High Tech PrePres A/S.
- Greco, M., Patriarca, A., Terminiello, L., Pinto, V. F. and Pose, G. (2012). Toxicogenic *Alternaria* species from Argentinean blueberries. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 187-191.
- Hajnal, E. J., Čolović, R., Pezo, L., Orčić, D., Vukmirović and Đ., Mastilović, J. (2016). Possibility of *Alternaria* toxins reduction by extrusion processing of whole wheat flour. *Food Chemistry*, 213, 784-790.
- Hong, S.G., Cramer, R.A., Lawrence, C.B. and Pryor, B.M. (2005). Alt a1 allergen homologs from *Alternaria* and related taxa: analysis of phylogenetic content and secondary structure. *Fungal Genetics and Biology*, 42, 119-129.
- Hyang B. L., Patriarca A. and Magan N. (2015). *Alternaria* in food: ecophysiology, mycotoxin production and toxicology. *The Korean Journal of Mycology*, 43(2), 93-106.
- Inderbitzin, P., Shoemaker, R. A., O'Neill, N. R., Turgeon, B. G. and Berbee, M. L. (2006). Systematics and mating systems of two fungal pathogens of opium poppy: the heterothallic *Crivellia papaveracea* with a *Brachycladium penicillatum* asexual state and a homothallic species with a *Brachycladium papaveris* asexual state. *Botany*, 84(8), 1304-1326.
- Jackson, L. S. and Al-Taher, F. (2008). Factors Affecting Mycotoxin Production in Fruits. In: Barkai-Golan, R. And Paster, N. (Ed.), *Mycotoxins in fruits and vegetables* (pp. 75-104). San Diego: USA.
- Jensen, S. (2020). Early blight (*Alternaria solani*). Retrieved from <https://www.weedimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5492320>
- Kathe, L., Nothnagel, T., Krämer, R., Budahn, H., Rabenstein, F. and Pillen, K. (2017). Characterisation of *Alternaria radicina* isolates and assessment of resistance in carrot (*Daucus carota* L.). *Journal für Kulturpflanzen*, 69, 277-290.
- Kaya F. ve Karaca G. (2020). Antalya ilinde yetiştirilen çileklerde hastalığa neden olan fungal etmenler. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 21-26.
- Kırbağ, S. ve Turan, N. (2005). Malatya'da yetiştirilen bazı sebzelerde görülen mikrofungusların tespiti. *Science and Engineering Journal of Fırat University*, 17(3), 559-564.
- Landschoot S., Vandecasteele M., De Baets B., Höfte M., Audenaert K. and Haesaert G. (2017). Identification of *A. arborescens*, *A. grandis*, and *A. protenta* as new members of the European *Alternaria* population on potato. *Fungal Biology*, 121(2), 172-188.
- Lawrence, D. P., Gannibal, P. B., Peever, T. L. and Pryor, B. M. (2013). The sections of *Alternaria*: formalizing species-group concepts. *Mycologia*, 105(3), 530-546.
- Lawrence, D. P., Park, M. S. and Pryor, B. M. (2012). *Nimbya* and *Embellisia* revisited, with nov. comb for *Alternaria celosiae* and *A. perpunctulata*. *Mycological Progress*, 11(3), 799-815.
- Li, Y., Ma, Y., Zhang, T., Bi, Y., Wang, Y. and Prusky, D. (2019). Exogenous polyamines enhance resistance to *Alternaria alternata* by modulating redox homeostasis in apricot fruit. *Food Chemistry*, 301, 125303.
- Lopez, P., Venema, D., Mol, H., Spanjer, M., de Stoppelaar, J., Pfeiffer, E. and de Nijs, M. (2016). *Alternaria* toxins and conjugates in selected foods in the Netherlands. *Food Control*, 69, 153-159.
- Lopez, S. E. and Cabral, D. (1999). *Alternaria*, *Encyclopedia of Food Microbiology*. London: Academic Press.
- Lorenzini, M. and Zapparoli, G. (2014). Characterization and pathogenicity of *Alternaria* spp. strains associated with grape bunch rot during post-harvest withering. *International Journal of Food Microbiology*, 186, 1-5.
- Mikula, H., Skrinjar, P., Sohr, B., Ellmer, D., Hametner, C. and Fröhlich, J. (2013). Total synthesis of masked *Alternaria* mycotoxins-sulfates and glucosides of alternariol (AOH) and alternariol-9-methyl ether (AME). *Tetrahedron*, 69(48), 10322-10330.
- Mohsin, S. M., Islam, M. R., Ahmmed, A. N. F., Nisha, H. A. C. and Hasanuzzaman, M. (2016). Cultural, morphological and pathogenic characterization of *Alternaria porri* causing purple blotch of onion. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 222-227.
- Mutlu, G., ve Üstüner, T. (2017). Elazığ ili domates alanlarında fungal hastalıkların yaygınlığı ve şiddetinin saptanması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 416-425.
- Nishikawa, J. and Nakashima, C. (2019). Morphological and Molecular characterization of the strawberry black leaf spot pathogen referred to as the strawberry pathotype of *Alternaria alternata*. *Mycoscience*, 60(1), 1-9.



- Noser, J., Schneider, P., Rother, M. and Schmutz, H. (2011). Determination of six *Alternaria* toxins with UPLC-MS/MS and their occurrence in tomatoes and tomato products from the Swiss market. *Mycotoxin Research*, 27(4), 265-271.
- Ntasiou, P., Myresiotis, C., Konstantinou, S., Papadopoulou-Mourkidou, E. and Karaoglanidis, G. S. (2015). Identification, characterization and mycotoxigenic ability of *Alternaria* spp. causing core rot of apple fruit in Greece. *International Journal of Food Microbiology*, 197, 22-29.
- Ocamb C. M. (1998). Ranger Russet' with severe early blight symptoms. Retrieved from <https://pnwhandbooks.org/plantdisease/host-disease/potato-solanum-tuberosum-early-blight>
- Ostry, V. (2008). *Alternaria* mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. *World Mycotoxin Journal*, 1(2), 175-188.
- Ostry, V., Skarkova, J., Prochazkova, I., Kubatova, A. and Ruprich, J. (2007). Mycobiota of Czech wine grapes and occurrence of ochratoxin A and *Alternaria* mycotoxins in fresh grape juice, must and wine. *Czech Mycology*, 59(2), 241.
- Oviedo, M. S., Ramirez, M. L., Barros, G. G. and Chulze, S. N. (2011). Influence of water activity and temperature on growth and mycotoxin production by *Alternaria alternata* on irradiated soya beans. *International Journal of Food Microbiology*, 149(2), 127-132.
- Oviedo, M. S., Sturm, M. E., Reynoso, M. M., Chulze, S. N. and Ramirez, M. L. (2013). Toxigenic profile and AFLP variability of *Alternaria alternata* and *Alternaria infectoria* occurring on wheat. *Brazilian journal of Microbiology*, 44(2), 447-455.
- Ozan, S., ve Maden, S. (2005). Ankara ili domates ekiliş alanlarında yapraklarda hastalık oluşturan fungal etmenler, yaygınlıkları ve çıkış zamanları. *Bitki Koruma Bülteni*, 45(1-4), 45-54.
- Özgönen, H. ve Çulal Kılıç, H. (2009). Isparta ilinde elmalarda sorun olan hasat sonrası hastalıkların ve yaygınlık oranlarının belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2(2), 53-60.
- Pane, C. and Zaccardelli, M. (2015). Evaluation of *Bacillus* Strains isolated from Solanaceous Phylloplane for biocontrol of *Alternaria* early blight of tomato. *Biological Control*, 84, 11-18.
- Patriarca, A., Azcarate, M. P., Terminiello, L. and Pinto, V. F. (2007). Mycotoxin production by *Alternaria* strains isolated from Argentinean wheat. *International Journal of Food Microbiology*, 119(3), 219-222.
- Phuwapraisirisan, P., Rangsan, J., Siripong, P. and Tip-pyang, S. (2009). New antitumour fungal metabolites from *Alternaria porri*. *Natural Product Research*, 23(12), 1063-1071.
- Pose, G., Patriarca, A., Kyanko, V., Pardo, A. and Pinto, V. F. (2010). Water activity and temperature effects on mycotoxin production by *Alternaria alternata* on a synthetic tomato medium. *International Journal of Food Microbiology*, 142(3), 348-353.
- Prajapati, M. K., Simon, S. and Faisal, M. (2019a). Efficacy of organic amendments against the purple blotch of garlic (*Alternaria porri*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 1896-1898.
- Prajapati, M. K., Simon, S. and Khan, K. Z. (2019b). Efficacy of organic amendments against the purple blotch of garlic caused by *Alternaria porri* (Ellis) Cif. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 08-10.
- Pryor B. M. and Bigelow D. M. (2003). Molecular characterization of *Embellisia* and *Nimbya* species and their relationship to *Alternaria*, *Ulocladium* and *Stemphylium*. *Mycologia*, 95, 1141-1154.
- Pryor B. M., Creamer R., Shoemaker R. A., McLain-Romero J. and Hambleton S. (2009). *Undifilum*, a new genus for endophytic *Embellisia oxytropis* and parasitic *Helminthosporium bornmuelleri* on Legumes. *Botany*, 87(2), 178-194.
- Pryor, B. M. and Gilbertson, R. L. (2000). Molecular phylogenetic relationships amongst *Alternaria* species and related fungi based upon analysis of nuclear ITS and mt SSU rDNA sequences. *Mycological Research*, 104, 1312-1321.
- Rahimloo, T. and Ghosta, Y. (2015). The occurrence of *Alternaria* species on cabbage in Iran. *Zemdirbyste*, 102(3).
- Ravikumar, M. C., Singh, H. and Garampalli, R. H. (2016). Comparative evaluation of long-term storage techniques on viability and virulence of *Alternaria solani*. *Journal of Taibah University for Science*, 10 (4), 607-613.
- Roberts, R. G., Bischoff, J. F. and Reymond, S. T. (2012). Differential gene expression in *Alternaria gaisen* exposed to dark and light. *Mycological Progress*, 11(2), 373-382.
- Rosenberger, D. (2014, 14 May). Tree fruit diseases: observations and archives. Retrieved from <https://blogs.cornell.edu/plantpathhvl/2014/05/14/apple-disease-control-at-petal-fall/>
- Runa, F., Park, M. S. and Pryor, B. M. (2009). *Ulocladium* systematics revisited: phylogeny and taxonomic status. *Mycological Progress*, 8(1), 35.



- Samson, R. A., Houbraeken, J., Thrane, U., Frisvad, J. C. and Andersen, B. (2010). *Food and Indoor Fungi*. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Sanchis, V. and Magan, N. (2004). Environmental Conditions Affecting Mycotoxins. *Mycotoxins in food: Detection and Control*, Boca Raton: CRC Press.
- Sanzani, S. M., Gallone, T., Garganese, F., Caruso, A. G., Amenduni, M. and Ippolito, A. (2019). Contamination of fresh and dried tomato by *Alternaria* toxins in southern Italy. *Food Additives and Contaminants*, 36(5), 789-799.
- Sanzani, S. M., Reverberi, M. and Geisen, R. (2016). Mycotoxins in harvested fruits and vegetables: insights in producing fungi, biological role, conducive conditions, and tools to manage postharvest contamination. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 95-105.
- Scott, P. M., Zhao, W., Feng, S. and Lau, B. P. Y. (2012). *Alternaria* toxins alternariol and alternariol monomethyl ether in grain foods in Canada. *Mycotoxin Research*, 28(4), 261-266.
- Sesli, E., Asan, A. ve Selçuk, F. (edlr.) Abacı Günay, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kivanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi (The Checklist of Fungi of Turkey)*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını.
- Simmons, E.G., (2007). *Alternaria: an Identification Manual*. Utrecht: CBS Fungal Diversity Centre.
- Solfrizzo, M. (2017). Recent advances on *Alternaria* mycotoxins. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 17, 57-61.
- Solfrizzo, M., Girolamo, A. D., Vitti, C., Tylkowska, K., Grabarkiewicz-Szcześna, J., Szopińska, D. and Dorna, H. (2005). Toxigenic profile of *Alternaria alternata* and *Alternaria radicina* occurring on Umbelliferous plants. *Food Additives and Contaminants*, 22(4), 302-308.
- Somma, S., Pose, G., Pardo, A., Mulè, G., Pinto, V. F., Moretti, A. and Logrieco, A. F. (2011). AFLP variability, toxin production and pathogenicity of *Alternaria* species from Argentinean tomato fruits and puree. *International Journal of Food Microbiology*, 145(2-3), 414-419.
- Tančinová, D., Felšöciová, S., Rybárik, L., Mašková, Z. and Císarová, M. (2015). Colonization of grapes berries and cider by potential producers of patulin. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 9(1), 138-142.
- Topal, R. Ş. (2003). Türkiye'nin tarımsal ürün ve bölgelerine göre dominant mikoflora dağılımları ve mikotoksin profilleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(12), 7-21.
- Tournas, V. H., Stack, M. E. (2001). Production of alternariol and alternariol methyl ether by *Alternaria alternata* grown on fruits at various temperatures. *Journal of Food Protection*, 64(4), 528-532.
- UMass Extension Vegetable Program. (2020). *Alternaria alternata* infecting pepper tissue that had been weakened by sunscald. Retrieved from <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/solanaceous-alternaria-fruit-rot/>
- Van de Perre, E., Jacxsens, L., Liu, C., Devlieghere, F. and De Meulenaer, B. (2015). Climate impact on *Alternaria* moulds and their mycotoxins in fresh produce: The Case of the Tomato Chain. *Food Research International*, 68, 41-46.
- Vaquera, S., Patriarca, A. and Pinto, V. F. (2014). Water activity and temperature effects on growth of *Alternaria arborescens* on tomato medium. *International Journal of Food Microbiology*, 185, 136-139.
- Wang Y., Geng Y., Ma J., Wang Q. and Zhang X. (2011). Sinomyces: a new genus of anamorphic Pleosporaceae. *Fungal Biology*, 115, 188-195.
- Wolters, P. J., Faino, L., Van Den Bosch, T. B., Evenhuis, B., Visser, R. G., Seidl, M. F. and Vleeshouwers, V. G. (2018). Gapless genome assembly of the potato and tomato early blight pathogen *Alternaria solani*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(7), 692-694.
- Woudenberg, J. H. C., Groenewald, J. Z., Binder, M. and Crous, P. W. (2013). *Alternaria* redefined. *Studies Mycology*, 75, 171-212.
- Woudenberg, J. H. C., Seidl, M. F., Groenewald, J. Z., De Vries, M., Stielow, J. B., Thomma, B. P. H. J. and Crous, P. W. (2015). *Alternaria* section *Alternaria*: species, formae speciales or pathotypes. *Studies Mycology*, 82, 1-21.
- Yıldız, A., Benlioğlu, S., Benlioğlu, K., Başpınar, N., Çaçamer, A. ve Özyılmaz, Ü. (2018). Aydın ilinde nar plantasyonlarında görülen hastalıklar ve yaygınlık durumları. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 47(1), 11-20.
- Yılmaz, C. ve Özgüven, A. I. (2012). Narda (*Punica granatum* L.) meyve çatlaması. *Alatarım*, (2), 4-9.



- Yuan, S., Yan, J., Wang, M., Ding, X., Zhang, Y., Li, W., Jiang, W. (2019). Transcriptomic and metabolic profiling reveals 'Green Ring' and 'Red Ring' on jujube fruit upon postharvest *Alternaria alternata* infection. *Plant Cell Physiology*, 60(4), 844-861.
- Zhang, S., Wang, Q., Guo, Y., Kang, L. and Yu, Y. (2020). Carbon monoxide enhances the resistance of jujube fruit against postharvest *Alternaria* rot. *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111268.
- Zheng, H. H. and Wu, X. H. (2013). First report of *Alternaria* blight of potato caused by *Alternaria tenuissima* in China. *Plant Disease*, 97(9), 1246-1246.