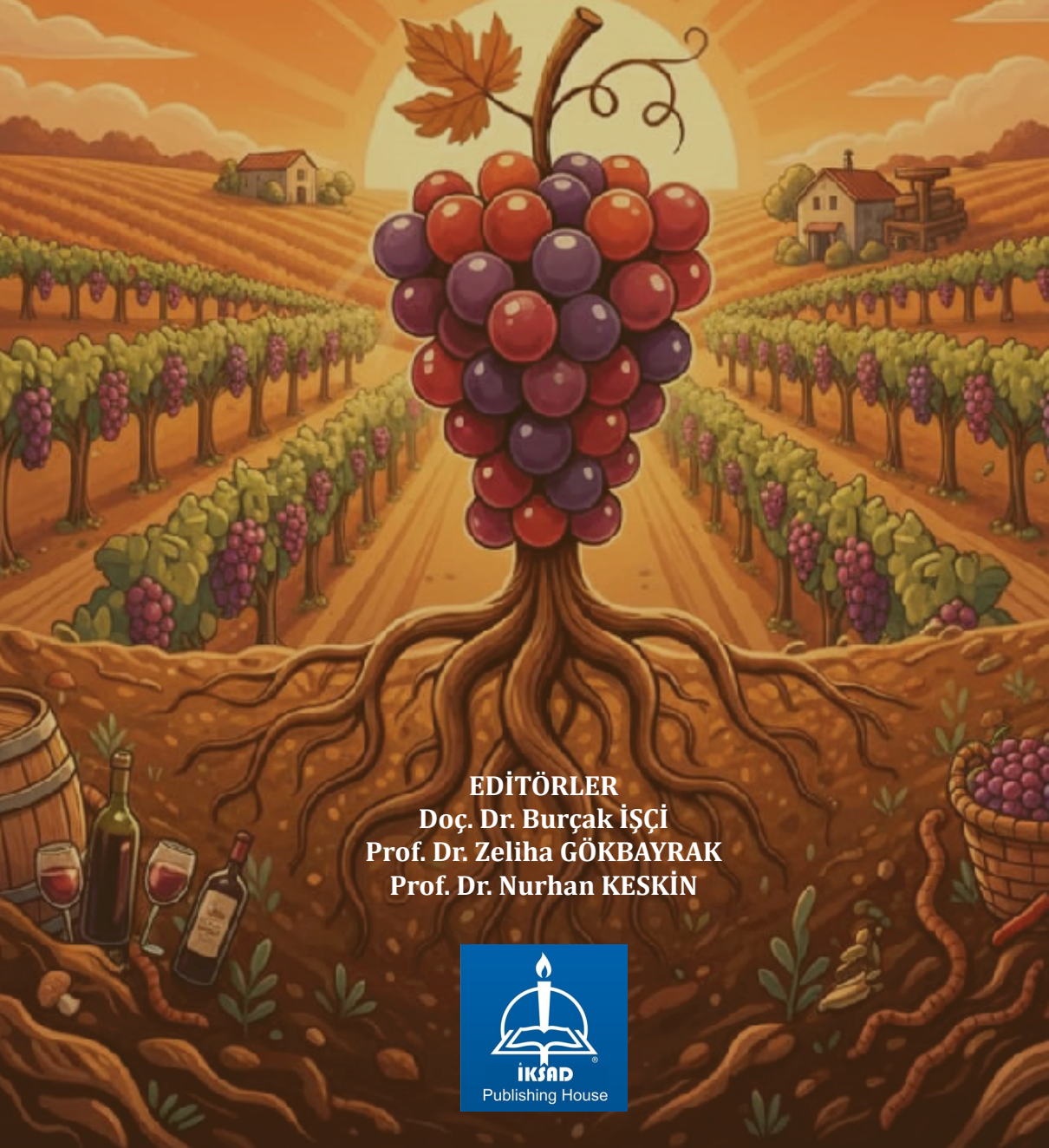


BAĞCILIK ve ÖNOLOJİDE BİLİMSEL-PRATİK PERSPEKTİF 2

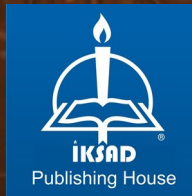


EDİTÖRLER

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN



BAĞCILIK ve ÖNOLOJİDE

BİLİMSEL-PRATİK PERSPEKTİF 2

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN

YAZARLAR

Prof. Dr. Adem YAĞCI

Prof. Dr. Birhan KUNTER

Prof. Dr. Hasan ÇELİK

Prof. Dr. İlknur POLAT

Prof. Dr. Nurhan KESKİN

Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN

Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ

Doç. Dr. Selda DALER

Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR

Dr. Öğr. Üyesi Merve DARICI

Dr. Öğr. Üyesi Nesrin KARACA SANYÜREK

Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI

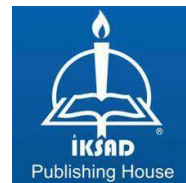
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Selin YABACI KARAOĞLAN

Arş. Gör. Dr. Burcu ÇETİN

Arş. Gör. Melek DEMİREL

Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-457-7

Cover Image: Designed by GEMINI

December / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

ÖNOLOJİDE AGROKLİMATİK DÖNÜŞÜMLER VE UYUM: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMINDA BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN.....3

BÖLÜM 2

BİYOSTİMÜLANTLARIN BAĞCILIKTA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR.....39

BÖLÜM 3

VİNİKÜLTÜRDEN ÖNOLOJİYE AKILLI GEÇİŞ: NANOTEKNOLOJİ VE YEŞİL SENTEZİN TARIMSAL GELECEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Nesrin KARACA SANYÜREK

Arş. Gör. Dr. Burcu ÇETİN.....69

BÖLÜM 4

BAĞCILIK VE ÖNOLOJİDE POLİMER TEKNOLOJİLERİ: UYGULAMALAR, MEKANİZMALAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Doç. Dr. Selda DALER

Arş. Gör. Melek DEMİREL.....97

BÖLÜM 5

ÜZÜM VE ŞARAPLARDA AROMA BİLEŞİKLERİ VE OLUŞUM MEKANİZMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Selin YABACI KARAOĞLAN

Dr. Öğr. Üyesi Merve DARICI

Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU.....129

BÖLÜM 6

ANAC SEÇİMİNDE POTANSİYEL BİR BİYOKİMYASAL ÖLÇÜT: STİLBEN BİLEŞİKLERİ

Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN

Prof. Dr. Adem YAĞCI

Prof. Dr. Birhan KUNTER173

BÖLÜM 7

ÖRTÜALTINDA BAĞCILIK

Prof. Dr. İlknur POLAT.....191

BÖLÜM 8

BİTKİ HORMON SINIFLANDIRMALARINDA BRASİNOSTEROİDLER VE BAĞCILIK ÜZERİNE GÜNCEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI.....221

BÖLÜM 9

PIWİ'LER: SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIK İÇİN MANTAR HASTALIKLARINA DİRENÇLİ ŞARAPLIK ÜZÜM ÇEŞİTLERİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK.....237

BÖLÜM 10

YAŞLI ASMALARIN (OLD VINES) BAĞCILIKTA YERİ VE ÖNEMİ: EKOLOJİK, FİZYOLOJİK VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLER

Prof. Dr. Birhan KUNTER

Prof. Dr. Hasan ÇELİK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN.....265

ÖNSÖZ

Bağcılık ve önoloji bilimleri, günümüzün hızla değişen çevresel, teknolojik ve toplumsal dinamikleri karşısında yeniden tanımlanan üretim paradigmasının merkezinde yer almaktadır. İklim sistemindeki küresel ölçekteki bozulmalar, biyoteknolojinin sınırları genişleten olanakları, nanoteknoloji ve malzeme bilimindeki yenilikler ile sürdürülebilir üretimin zorunluluk hâline gelmesi, bu disiplinleri yalnızca geleneksel bilgi birikiminin değil; ileri düzey bilimsel analizlerin ve yenilikçi yöntemlerin de odağına taşımıştır. “Bağcılık ve Önolojide Bilimsel-Pratik Perspektif 2”, bu dönüşümü bilimsel doğrulukla kavrayan ve geleceğe yönelik stratejik bir perspektifle değerlendiren bir eser olarak hazırlanmıştır.

Bu ciltte yer alan on bölüm, bağcılık ve önolojinin güncel araştırma gündemini oluşturan kritik temaları kapsamlı bir bütünlük içinde ele almaktadır. İlk bölümde, iklim değişikliği bağlamında bağcılığın geleceğine ilişkin riskler, uyum stratejileri bilimsel temelleriyle ortaya konmaktadır. Biyostimülantların fizyolojik, biyokimyasal ve agronomik etkilerinin sistematik bir değerlendirmesi; nanoteknoloji ve yeşil sentezin vinikültür ve önolojideki yenilikçi kullanım alanları; polimer teknolojilerinin modern bağcılık ve şarap üretimine sunduğu fonksiyonel katkılar, bu kitabın özgün değerini artıran disiplinler arası konular arasında yer almaktadır.

Üzüm ve şaraplarda aroma bileşiklerinin oluşum mekanizmalarına ilişkin güncel moleküler bilgiler, anaç seçiminde stilben bileşiklerinin potansiyel bir biyokimyasal ölçüt olarak ele alınması, örtüaltı yetiştiriciliğinin ekofizyolojik sonuçları, altıncı grup hormon kavramının biyolojik temelleri ve asma metabolizmasındaki potansiyel işlevleri, sektörde bilimsel karar süreçlerini doğrudan etkileyen bulgular sunmaktadır. PİWİ çeşitlerinin küresel bağcılıkta yükselen rolü ve hastalık direncine dayalı sürdürülebilir üretim modellerindeki stratejik önemi, ayrıca yaşlı asmaların (old vines) ekolojik ve kültürel değerleriyle birlikte değerlendirilerek, üretim sistemlerinin evrimsel dinamiklerine ışık tutulmaktadır.

Bu eser, bağcılık ve önoloji araştırmalarına yön veren eğilimleri, metodolojik yenilikleri ve uygulamaya aktarılabilir bilimsel çıktıları titizlikle bir araya getiren kapsamlı bir başvuru kaynağıdır. Kitaba katkı sunan yazarlar, alanlarındaki derin uzmanlıklarını yüksek akademik standartlarda kaleme alınmış bölümlerle ortaya koymuşlardır.

“Bağcılık ve Önolojide Bilimsel-Pratik Perspektif 2”nin hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara yol gösteren temel bir kaynak olarak uzun süre değerini koruyacağına inanıyoruz.

Keyifli okumalar dileriz.

Editörler

BÖLÜM 1

ÖNOLOJİDE AGROKLİMATİK DÖNÜŞÜMLER VE UYUM: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMINDA BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN^{1*}

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17954608>

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06110 Ankara Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4842-6441>

*sorumlu yazar: tahmazhande@gmail.com

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, günümüzde çevresel bir sorun olmanın ötesine geçerek ekonomik, toplumsal ve kültürel boyutlarıyla da insanlığın karşı karşıya olduğu en kapsamlı küresel krizlerden biri haline gelmiştir (Adger vd., 2013; Incropera, 2015; Gabric, 2023). Artan sera gazı emisyonlarının neden olduğu küresel ısınma; ortalama sıcaklıklardaki sürekli artış, yağış rejimlerindeki düzensizlikler ve aşırı hava olaylarının sıklık ve şiddetinde görülen artışlarla kendini göstermektedir (IPCC, 2023). Son yıllarda yapılan araştırmalar, tarımsal üretim sistemlerinin bu değişimlerden doğrudan ve güçlü biçimde etkilendiğini ortaya koymaktadır (Chen vd., 2016; Anderson vd., 2020; Malhi vd., 2021; Abbass vd., 2022; Shoukat vd., 2024; Yin vd., 2025).

İklim parametrelerine yüksek duyarlılık gösteren bağıcılık sektörü, bu dönüşümün etkilerini en erken ve en belirgin şekilde hisseden tarımsal faaliyetlerden biridir (Droulia ve Charalampopoulos, 2021; Gonen vd., 2024; Baltazar vd., 2025; O'Brien vd., 2025). Asmanın büyümesi ve gelişimi; iklim, toprak, topografya, çeşit özellikleri ve teruar uygulamalarının birarada etkileşimine bağlıdır (Jones, 2018; Baltazar vd., 2025). Bu nedenle çevresel koşullardaki en küçük değişiklikler bile asma fizyolojisinde, fenolojik takvimde ve dolayısıyla üzümün bileşiminde hızlı değişimler yaratabilmektedir (Jones ve Davis, 2000; Cosme vd., 2024).

Sıcaklık artışı, yağış düzenindeki kaymalar ve aşırı hava olaylarının sıklığındaki artış (Van Leeuwen ve Darriet, 2016; Fonseca vd., 2023; Straffellini vd., 2023) tarımsal üretimde verimlilik üzerinde doğrudan baskı oluşturmakta (Ponti vd., 2018; Puga vd., 2023), aynı zamanda dolaylı biçimde zararlıların ve hastalıkların yayılımını tetiklemekte (Isaacs vd., 2012; Skendžić vd., 2021), su stresini arttırmakta (Schultz ve Stoll, 2010; Fraga vd., 2012) ve sonuç olarak ürün kalitesinde dalgalanmalara yol açmaktadır (Rogiers vd., 2022; Sgroi ve Sciancalepore, 2022; Yuan vd., 2024). Bağıcılık özelinde fenolojik evrelerin öne kayması (Droulia ve Charalampopoulos, 2022), bağbozumu dönemlerinin sıkışması ve üzümde şeker-asit dengesinin bozulması gibi sonuçlar şarap kalitesi ve stili üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır (Xynas ve Barnes, 2023; Cosme vd., 2024; Faralli vd., 2024). Nitekim birçok geleneksel şarap bölgesinde, son otuz yılda hasat tarihleri geçmiş yüzyıllara kıyasla yaklaşık 10 gün öne çekilmiş; bu da şarapların alkol derecesi, asidite profili ve aromatik bileşiminde sistematik bir yeniden yapılanma ihtiyacını beraberinde getirmiştir.

İklim değişikliğinin etkileri yalnızca bağda değil, şarap üretim sürecinin tamamında hissedilmektedir. Yüksek şeker içeriğine sahip üzümler, fermantasyon sonucunda daha yüksek alkol dereceli şarapların oluşmasına neden olmakta; bu durum hem tüketici tercihlerini hem de yasal sınırları zorlamaktadır (Rouxinol vd., 2023; Gerbi ve De Paolis, 2025). Bu sorunu dengelemek amacıyla son yıllarda düşük alkol üreten maya türleri, kısmi alkolsüzleştirme yöntemleri ve asidite düzenleme yaklaşımları gibi önolojik çözümler geliştirilmektedir (Sam vd., 2021; Sgouros vd., 2023; Guedes vd., 2024).

Bu bölümde iklim değişikliğinin bağcılığa olan çok boyutlu etkileri ele alınarak; sıcaklık artışı ve yağış değişikliklerinin üzüm verimi ve kalitesi üzerindeki yansımaları, bağcılığın coğrafi dinamikleri ve şarap kalitesi üzerindeki etkileri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilecektir.

2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIMSAL ETKİLERİ

İklim Türkeş (2000) tarafından “yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama özelliklerinin yanı sıra, onların oluşma sıklıklarının zamansal dağılımlarının, gözlenen ekstrem değerlerin, şiddetli olayların ve tüm değişkenlik tiplerinin bileşimi” biçiminde tanımlanmıştır. İklim değişikliği ise yine Türkeş (2008a,b) tarafından “iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun dönemler boyunca gözlenen, istatistiksel olarak anlamlı değişimler” olarak tanımlanmıştır. İklimdeki değişiklik 21. yüzyılın en büyük ekolojik ve sosyal sorunlarından birisi olup insan sağlığını, güvenliğini, refahını, geçim kaynaklarını, gıda ve su tedarikini, altyapıyı ve ekonomik büyümeyi tehdit eden sıcak dalgaları, şiddetli yağmurlar, seller ve kuraklıklar gibi aşırı hava olayları şeklinde açıkça görülmektedir (IPPC, 2018; IPPC, 2022). IPCC iklim değişikliği raporu (2023) 2011-2020 döneminde küresel yüzey sıcaklığının sanayi öncesi dönemin 1.1°C üzerinde olduğunu ve bu artışın insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının bir sonucu olduğunu vurgulamaktadır. Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, sanayi ve tarım faaliyetleri sonucu atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diğer sera gazları, küresel ısınmaya yol açarak iklim sistemini etkilemektedir (Perera ve Nadeau, 2022).

Bu ısınmaya bağlı olarak değişen yağış rejimleri, kuraklık, sıcak hava dalgaları, şiddetlenen sağanak ve seller gibi aşırı hava olayları tarımsal üretimde aksamalara yol açmaktadır. Nitekim son IPCC raporları, iklim değişikliğinin son yıllarda bazı temel tarım ürünlerinin verimini halihazırda azalttığını göstermektedir. İklim değişikliği, zararlı ve hastalıkların yayılışını, üreme ve hayatta kalma oranlarını artırırken bitki koruma etkinliğini azaltarak da tarımı tehdit etmektedir (Zito vd., 2018; Skendžić vd., 2021). Özetle iklim değişikliği tarım sektöründe verimlilik, gıda güvenliği ve çiftçilerin geçim kaynakları üzerinde baskı oluşturmakta ve uyum sağlama zorunluluğunu gündeme getirmektedir.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE BAĞCILIKTA AGROKLİMATİK DEĞİŞİMLER

İklim değişikliği, son yıllarda dünya genelindeki şaraplık üzüm yetiştiriciliğini derinden etkilemektedir. Asmanın gelişimi iklim koşullarına son derece duyarlı olduğundan artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri ve sıklaşan ekstrem hava olayları bağların verimini, üzüm kalitesini ve şarap üretimini doğrudan etkilemektedir (Sun vd., 2023; Wolkovich vd., 2025). Birçok geleneksel şarap bölgesinde iklim parametreleri tarihsel ortalamaların dışına çıkmış, örneğin Avrupa'daki yetiştirme sezonu sıcaklıkları ve aşırı sıcak gün sayısı, sanayi öncesi döneme kıyasla birkaç standart sapma ile rekor seviyelere ulaşmıştır.

3.1. Sıcaklık Artışı

Küresel ortalama sıcaklıklar, sanayi öncesi döneme göre yaklaşık 1°C artmış olup (IPCC, 2014), bazı bağcılık bölgelerinde bu artışın ortalamanın oldukça üzerinde seyrettiği bilinmektedir. Özellikle Avrupa kıtası, iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışlarına oldukça duyarlı bir bölgedir ve yapılan tahminler 21. yüzyıl boyunca Avrupa'da sıcaklıkların düzenli biçimde artacağını göstermektedir (Jones vd., 2005; Droulia ve Charalampopoulos, 2021). Bu durum kıtanın tarımsal üretim sistemlerinin iklim değişikliğine karşı hassasiyetini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca sera gazı emisyon senaryosuna bağlı olarak, sıcaklıkların 1985-2005 referans dönemine kıyasla yüzyıl sonuna kadar 1°C ila 3.7°C arasında artacağı da tahmin edilmektedir (IPCC, 2014).

Artan sıcaklıklar, asmaların fenolojik döngüsünü önemli ölçüde etkilemektedir. Son 40 yılda birçok geleneksel üretim bölgesinde hasat tarihi

2–3 hafta kadar öne kaymış (Van Leeuwen vd., 2024), yıllık ortalama sıcaklığın her 1°C yükselmesinin fenolojik evreleri toplamda 5–10 gün erkene çektiği saptanmıştır (Anonymous, 2025a). Bu durum, uyanma ve sürmenin erken gerçekleşmesine ve asmaların ilkbahar geç donlarına karşı daha duyarlı hale gelmesine neden olmaktadır (Poni vd., 2022; Terpou vd., 2024). Aynı zamanda, hasadın yazın en sıcak dönemine denk gelmesi, üzüm bileşenlerinde dengesizlik ve kalite kaybı riskini artırmaktadır (Rogiers vd., 2022). Aşırı sıcak yıllarda asmalar fotosentezde zorlanma ve su kaybı yaşayabilmekte, sıcaklık stresi nedeniyle yapraklar ve meyveler zarar görmekte ve verim düşmektedir. 2021 yılında Fransa’da yaşanan aşırı sıcak hava dalgası örneğinde olduğu gibi (Lopez-Fornieles vd 2022) son yıllarda bağlarda yaz aylarında 35°C üzeri aşırı sıcak günler neredeyse olağan hale gelmiş, bu da asmalarda güneş yanıklığı, yaprak kuruması ve salkımlarda kuruma gibi sorunları artırmıştır (Lopez-Fornieles vd., 2022; Rogiers, vd., 2022; Coupel-Ledru vd., 2024; Van Leeuwe vd., 2024).

Öte yandan, ışık yoğunluğu ve atmosferik CO₂ seviyelerindeki artış, antosiyanin ve tanen biyosentezini olumsuz etkileyerek üzümün fenolik bileşik içeriğini azaltmakta; benzer şekilde yüksek sıcaklıklar antioksidan üretimini sınırlandırarak üzüm kalitesinde düşüşe yol açmaktadır (Somkuwar ve Dhole, 2025). Sonuç olarak, sıcaklık artışı özellikle zaten sıcak olan bölgelerde bağcılığı zorlayarak verim kayıplarına ve kalite düşüşlerine yol açmaktadır.

Isınmanın bir başka sonucu ise bağcılık alanlarının coğrafi olarak kuzeye ve yüksek rakımlara doğru kaymasıdır (Hannah vd., 2013). Geleneksel olarak serin sayılan bölgelerde bağ alanları hızla artarken, sıcak iklime sahip bölgelerin bağcılığa uygunluğu azalmaktadır. Bu bulgular, küresel ısınmanın bağcılığın coğrafi sınırlarını yeniden tanımladığını ve şarap üretiminin geleceğini köklü biçimde dönüştürdüğünü göstermektedir (Irimia vd., 2024).

3.2. Yağış Rejimindeki Değişiklikler ve Kuraklık

İklim değişikliğinin önemli boyutlarından bir diğeri, yağış rejimindeki düzensizlikler ve buna bağlı olarak artan su kıtlığıdır (Hand vd., 2004; Rummukainen, 2012; Brown vd., 2019). Birçok önemli bağcılık bölgesinde yıllık yağış miktarının azalması, yağışların mevsimsel dağılımındaki dengesizlik ve uzun süreli kurak dönemlerin hem sıklık hem de şiddet bakımından artması dikkat çekmektedir. Yaz aylarında yağışların azalmasıyla

birlikte artan buharlaşma oranı, bağ alanlarında belirgin bir su stresine yol açmaktadır.

Kontrollü su kısıtlaması kaliteyle ilişkili metabolitlerin birikimini artırırken, tane boyutunu küçülterek kabuk/tane eti oranını yükseltebilmektedir. Bu durum, fenolik bileşikler gibi kaliteyi belirleyen bileşenlerin yoğunlaştığı kabukta birikimin artmasına olanak tanımaktadır (Gambetta vd., 2020). Susuz yetiştiricilik çoğu zaman özellikle kırmızı şaraplık üzüm üretiminde, yetiştiricilerin çoğu zaman bilinçli olarak tercih ettikleri özgün bir yetiştiricilik biçimi olsa da kuraklık, asmalarda su stresine neden olarak tane iriliğini küçültmekte, verimi düşürmekte ve kalite bileşenlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Su yetersizliği belirli bir eşiği aştığında, özellikle budama-çiçeklenme döneminde yaşanan su açığı tomurcuk verimliliğini azaltmakta ve sonraki sezonda salkım sayısında düşüşe neden olmaktadır. Güncel araştırmalar, artan buharlaşma ve azalan yağışların etkisiyle sıcak bölgelerde üzüm veriminde kayıpların meydana gelebileceğini göstermektedir (Duchêne ve Schneider, 2005; Baeza vd., 2019; Sun vd., 2023).

Geleneksel olarak şaraplık üzüm yetiştiriciliğinde hasat döneminde görülen aşırı yağışlar kalite açısından risk oluştururken, artan sıcaklık ve kuraklık eğilimleri bu algıyı güçlendirmektedir. Sulamanın sınırlı olduğu birçok Akdeniz ülkesinde son yıllarda gözlenen verim düşüşleri kuraklıkla ilişkilendirilmektedir. Bu durum, kurak bölgelerde vejetasyonun daha hızlı ilerlemesine ve buna bağlı olarak asmaların su stresine daha duyarlı hale gelmesine yol açmaktadır. Öte yandan, daha nemli bölgelerde sıcaklık artışı mildiyö gibi fungal hastalıkların baskısını artırmakta, bu da gelecekte uygun üzüm çeşitlerinin seçimini ve adaptasyon stratejilerini kritik hale getirmektedir (Van Leeuwen vd., 2009; Van Leeuwen vd., 2019; Ollat vd., 2016; Seager vd., 2019; Hartick vd., 2022; Simpson vd., 2024; Wolkovich vd., 2025).

Bu gelişmeler, geleneksel sistemlerin sürdürülebilirliğini sorgulamakta ve su yönetimi stratejilerini bağcılıkta temel bir öncelik haline getirmektedir. Mevcut iklim projeksiyonları, kuzey Akdeniz ülkelerinde önümüzdeki yıllarda sulama suyu ihtiyacının %25 veya daha fazla artabileceğini göstermektedir (Hilmi vd., 2022). Dolayısıyla damla sulama sistemleri, su hasadı teknikleri ve toprağın nem tutma kapasitesini artırmaya yönelik uygulamalar, bağcılığın iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendirmede kritik önem taşımaktadır.

3.3. Ekstrem Hava Olayları

İklim değişikliği daha sık ve aşırı iklim olaylarını da beraberinde getirerek bağcılığı tehdit etmektedir (Fonseca vd., 2023). Geç don olayları, özellikle ilkbaharda sıcaklıkların aniden yükselip ardından tekrar düşüş gösterdiği yıllarda, bağlarda önemli zararlara neden olmaktadır. İlkbaharda sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerine çıkması asmaları erken sürmeye teşvik ederken, ardından gelen ani soğukla genç sürgünler donarak zarar görebilmektedir (Meier vd., 2018; Leolini vd., 2018). Bu etkiler iklim değişikliğinin getirdiği sıcaklık düzensizliğinin bağcılık açısından ne denli yıkıcı olabileceğini son yıllarda bağcılara kanıtlamıştır.

Yağış düzenindeki bozulma yalnızca kuraklık biçiminde değil, aşırı ve dengesiz yağışlar şeklinde de kendini göstermektedir. Özellikle büyüme döneminin sonundaki yoğun sağanaklar, üzüm tanelerinin fazla su alarak irileşmesine ve aromatik yoğunluğun azalmasına neden olmaktadır. Hasada yakın dönemlerde görülen yağmurlar ise mantari hastalıkları teşvik ederek ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir (Sharma, vd., 2013; Angelotti, 2017; Zito vd., 2018).

Son yıllarda iklim değişikliği ile bağlantılı olarak ani dolu ve sel olaylarının artması da bağcılık için ek bir tehdit oluşturmaktadır (Hague, 2021; Zhou ve Vilar-Zanón, 2024). Aşırı yağışların neden olduğu sel kök bölgesinde oksijen yetersizliği veya oksijenin tamamen yokluğu durumlarına neden olarak bitkilerde oksidatif stres oluşturabilmektedir (Rogiers vd., 2022). Ani dolu fırtınaları, bağları bir anda tahrip ederek asmalarda yaprak ve salkım kayıplarına yol açabilmektedir. Yine bazı bölgelerde görülen aşırı yağış veya seller, toprak erozyonu ve mantari hastalıklarda artış gibi sorunlar getirmekle birlikte, çiçeklenme dönemine denk gelen yağışlar verimle ilgili sorunlara neden olmaktadır. Bu tür ekstrem olayların birikimli etkisi, küresel şarap üretiminde dalgalanmalara neden olmaktadır. Nitekim 2023 yılında dünya şarap üretimi, sık yaşanan erken donlar, aşırı yağmurlar ve kuraklıklar yüzünden 1961'den bu yana en düşük seviyesine gerilemiştir (OIV, 2025). Tüm bu veriler, iklim değişikliğinin ortalama koşullar kadar uç değerler üzerinden de bağcılık sektörünü zorlama potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

3.4. Orman Yangınları ve Dumanın Bağcılığa Etkisi

Artan sıcaklıklar ve uzun süren kuraklık dönemleri, orman yangınlarının hem sıklığını hem de etkisini artırarak (Pausas ve Keeley, 2021) şaraplık üzüm yetiştiriciliği için yeni bir tehdit oluşturmaktadır (Zakowski vd., 2023).

Yangınlardan kaynaklanan dumanın bitki büyümesi üzerindeki etkileri henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamış olsa da yoğun duman ve kül birikimi sonucunda bitkilerde dolaylı verim kayıpları oluşabildiği gözlemlenmektedir. Asmalar dumana maruz kaldığında, uçucu duman bileşikleri yapraklar ve salkımlar tarafından absorbe edilmekte; başlangıçta serbest formda bulunan bu bileşiklerin, kısa sürede glikozilasyon yoluyla glikokonjugat forma dönüştüğü bildirilmektedir. Bu bileşikler fermantasyon sırasında uçucu fenollere parçalanarak şarapta is, kül veya yanık lastik benzeri istenmeyen aromaların oluşmasına neden olmakta ve böylece ürünün duyu kalitesini düşürmektedir (Kennison vd., 2009; Caffrey vd., 2019; Mirabelli-Montan vd., 2021). Bazı üreticiler, bu tür üzümlerden elde edilen şaraplarda kalıcı kusurlar meydana gelebileceğini öngörerek, olgunluk döneminde uzun süre dumana maruz kalan üzümleri işlememeyi tercih etmektedir. Örneğin Kaliforniya’da sadece 2020 yılında, duman maruziyeti endişeleri nedeniyle 601 milyon dolar değerindeki üzüm hasat edilememiştir (Kropp ve De Andrade, 2022). İklim değişikliğiyle birlikte yangın riskinin artması bağcılıkta ürün kalitesi, ekonomik sürdürülebilirlik ve bölgesel marka değeri açısından ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Bu nedenle son yıllarda, üreticiler duman analizine, şarap filtreleme teknolojilerine ve erken uyarı sistemlerine dayalı önleyici stratejiler geliştirmeye yönelmektedir.

3.5. Fenolojik Değişimler

İklim koşullarındaki değişimler, asmanın mevsimsel gelişim döngüsünü doğrudan ve derin biçimde etkilemektedir. Özellikle daha sıcak geçen kış ve ilkbahar dönemleri uyanma, sürme, çiçeklenme ve véraison gibi temel fenolojik aşamaların normalden daha erken gerçekleşmesine yol açmaktadır (Rossi, 2015). Bu durum bağcılık yapılan birçok bölgede fenolojik takvimin belirgin biçimde öne kaymasına neden olmuştur. Örneğin Fransa’da yürütülen uzun dönemli gözlemler son 70 yılda tomurcuk uyanmasının yaklaşık 10 gün, çiçeklenmenin 23 gün, véraisonun 39 gün ve hasadın 25 gün kadar erkene kaydığını ortaya koymaktadır. Benzer eğilimler, farklı enlem ve iklim

kuşaklarındaki bağcılık bölgelerinde de raporlanmıştır (Van Leeuwen ve Darriet, 2016).

Bu fenolojik öne kayma, üzümün yetiştirme sezonunun kısalması anlamına gelmektedir. IPCC projeksiyonlarına göre, yüksek emisyon senaryolarında (ör. RCP8.5), özellikle Akdeniz havzası gibi sıcak bölgelerde 2060 sonrasında vejetasyon dönemi süresinin 20–35 gün arasında azalabileceği söylenmektedir. Vejetasyonun bu şekilde kısalması, üzümlerin yazın en sıcak döneminde olgunlaşmasına neden olarak şeker-asit dengesi, aroma gelişimi ve fenolik olgunluk açısından önemli riskler yaratmaktadır (Fraga vd., 2016; Ramos, 2017; Leolini vd., 2018; Ramos Martín vd., 2018; Hilmi vd., 2022).

Bununla birlikte, erken sürme olgusu ilkbahar geç donlarına karşı duyarlılığı da artırmaktadır. Ilıman geçen bir kışın ardından erken süren bağlar, bahar aylarında meydana gelebilecek ani soğuk hava dalgalarından ciddi şekilde zarar görebilmektedir (Dinu vd., 2021; Poni vd., 2022). Ayrıca, kış soğuklama gereksinimi yüksek olan üzüm çeşitlerinde, son yıllarda gözlenen ılıman kış koşulları asmanın dinlenme dönemini tamamlayamamasına ve baharda düzensiz sürgün gelişiminin ortaya çıkmasına yol açabilmektedir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği asmanın doğal fenolojik ritmini hızlandırmakta ve bu durum, bağcılıkta üretim zamanlaması ile agronomik uygulamaların yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

3.6. Rekolte Üzerindeki Etkiler

İklim koşullarındaki değişimler, asmanın gelişim döngüsünü ve dolayısıyla üzüm verimini doğrudan etkilemektedir. Asmaların en iyi şekilde büyümesi için gereken sıcaklık, nem ve su dengesi bozulduğunda hem tane gelişimi hem de verim olumsuz etkilenmektedir. Özellikle aşırı sıcaklık ve kuraklık, fotosentezi yavaşlatarak bitkinin enerji üretimini sınırlamaktadır. Gelecek projeksiyonlarında tahmin edilen yüksek sıcaklık ve karbondioksit oranlarını simule ederek bir çalışma yürüten Arrizabalaga-Arriazu vd., (2020) başlangıçta asmalarda fotosentezin uyarıldığını, ancak birlikte etkilerinin sonucunda fotosentezin düşüşe geçtiğini bildirmiştir.

Serin iklimlerde ılımlı bir ısınma bazen büyüme mevsimini uzatıp verimi geçici olarak artırabilmekle birlikte, çoğu geleneksel bağ bölgesinde günümüzdeki sıcaklık artışları, artık bu eşiğin ötesine geçmiş durumdadır.

İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan su stresi, meyve büyüklüğü ve verimde azalmaya neden olabilmekte; stresin şiddetine bağlı olarak meyve

kalitesini artıran ya da azaltan bileşimsel değişikliklerin meydana geldiği bildirilmektedir (Gambetta, 2016).

İklim modelleri, özellikle Akdeniz'in güneyinde 2040 sonrasında şaraplık üzüm veriminin belirgin biçimde düşeceğini ve üretimin ancak sulama ya da uyum önlemleriyle sürdürülebileceğini öngörmektedir (Cardell ve ark., 2019).

Tüm bunların yanı sıra don, dolu, sıcak hava dalgaları veya ani sağanaklar gibi ekstrem olaylar da verimi yıldan yıla büyük ölçüde değiştirmektedir. Örneğin 2021'de yaşanan don, Fransa'daki üretimin neredeyse yarısını yok etmiş; 2022'deki aşırı kurak yaz ise İspanya ve İtalya'da ciddi verim kayıplarına neden olmuştur. Benzer don ve dolu olayları ülkemiz bağcılığını da 2025 yılında tehdit etmiştir. Bu tür olaylar, yalnızca üreticiler için değil, küresel şarap piyasası için de belirsizlik yaratmaktadır; çünkü bir bölgede yaşanan felaket, tüm dünyada fiyatları ve bulunabilirliği etkileyebilmektedir.

Belirli bir düzeyde su stresi kimi zaman kaliteyi artırıcı bir rol oynayabilmektedir. Kırmızı şaraplık üzümlerde "kontrollü stres" asmanın daha az ama daha yoğun içerikli salkım üretmesini sağlayarak şarabın renk, tanen ve aroma derinliğini zenginleştirebilmektedir (Van Leeuwen vd., 2009; Triolo vd., 2019). Ancak bu dengenin oldukça hassas olduğu bilinmektedir; stresin aşırıya kayması durumunda asmalarda yaprak dökümünün gerçekleştiği, metabolik faaliyetlerin durduğu ve bunun sonucunda hem verim hem de kalite düzeylerinde eşzamanlı bir azalma meydana geldiği göz ardı edilmemelidir.

Atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin fotosentez için optimum sıcaklığı artırdığı (Schultz ve Stoll, 2010) ve terlemeyi azalttığı (Ewert vd., 2002) raporlanmakla birlikte, bu etkinin, su kıtlığı ve aşırı sıcak koşullarda sınırlı kaldığı da bilinmektedir. Sonuç olarak, gelecekte üzüm verimi üzerindeki iklim etkisinin bölgesel koşullara, alınacak uyum önlemlerine ve üreticilerin esnekliğine bağlı olacağı düşünülmektedir. Ancak genel eğilim, iklim değişikliğinin sürdürülebilir verim almayı giderek daha zor hale getirdiğini göstermektedir.

3.7. Üzüm Bileşenleri ve Şarap Kalitesi Üzerindeki Etkiler

İklim değişikliğinin yarattığı değişimlerin en belirgin yansımalarından biri, üzümün kimyasal bileşimi ve dolayısıyla şarabın duyu kalitesi üzerindedir. Üzümdeki bileşiklerin birikimi, büyük ölçüde olgunlaşma döneminde hakim olan çevresel koşullara bağlıdır. Çevresel koşullar, üzüm

olgunlaşmasını ve verimi etkileyerek ideal yetiştirme ortamını ve bir bölgenin teruarına özgü şarabın tipik özelliklerini değiştirmektedir. Rekolte etkisi olarak tanımlanabilen bu durum diğer faktörlere göre verimlilik ve kalite üzerinde daha önemli bir etkiye sahiptir (Blanco-Ward vd., 2019; Garcia vd., 2024).

Geleneksel olarak üzümler teknolojik olgunlukta, yani üretilen şarabın özelliklerine göre üzümlerin optimum ağırlık, şeker konsantrasyonu, pH, toplam asitlik vb. değerlere ulaştığı zaman hasat edilmektedir. Ayrıca şarabın kalitesi, üzümün olgunlaşmasıyla değişen polifenol içeriğine de bağlıdır. Bu nedenle, son yıllarda hasat tarihinin belirlenmesinde sadece teknolojik olgunluk değil, aynı zamanda fenolik olgunluk da dikkate alınmaktadır. Fenolik olgunluk, her şeyden önce antosiyanin ve tanen içeriğine atıfta bulunmaktadır. Genellikle véraison sonrasında üzüm kabuğunun fenolik içeriği artmaktadır. Kabuk tanenlerinden farklı olarak, antosiyaninler maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azalmaya başlamaktadırlar (Ribéreau-Gayon vd., 2000). Çekirdek tanenleri ise üzümler olgunlaştıkça azalma veya sabit kalma eğilimindedirler (Kennedy vd., 2000). Değişen iklim koşulları üzümün olgunluk parametrelerindeki dengeyi de değiştirmiştir.

Üzümlerin olgunlaşması sırasında şeker/asit oranı, renk ve aromalar açısından ideal dengenin, üzümlerin ılımlı sıcaklıklarda olgunlaştığı zaman elde edildiği bilinmektedir (Van Leeuwen ve Seguin, 2006). Olgunlaşma döneminde görülen düşük sıcaklıklar, şaraplarda yeşil ve asidik karakterlerin oluşmasına yol açarken; véraison ile hasat arasındaki aşırı sıcaklıklar, şeker birikiminin artması ve asitliğin azalması sonucu aromatik dengesizliğe neden olmaktadır. Bu durum şaraplarda pişmiş meyve aromalarının baskınlaşarak tazeliğin ve aromatik karmaşıklığın azalmasına yol açmaktadır (Van Leeuwen ve Seguin, 2006; Pons vd., 2017).

Beyaz şarap üretiminde taze, canlı ve aromatik bir karakter elde edebilmek için olgunlaşma sürecinin serin iklim koşullarında gerçekleşmesi büyük önem taşımaktadır (Drappier vd., 2019). Serin geçen olgunlaşma dönemleri üzümde asitliğin korunmasını, uçucu aroma bileşiklerinin sentezini ve şarabın dengeli, zarif bir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Ancak küresel sıcaklık artışı, bu dengeyi giderek zorlaştırmaktadır. Günümüzde birçok bölgede üzümler fenolojik olgunlaşma evresine ulaşmadan daha erken olgunlaşmaya zorlanmakta, bu durum üzüm bileşimi ve dolayısıyla şarap kalitesi üzerinde önemli değişimlere yol açmaktadır.

Sıcaklık artışıyla birlikte fotosentez sezonu uzamakta, üzümler daha fazla şeker biriktirmekte ve daha erken olgunlaşmaktadır (Pons vd., 2017). Bu durumun sonucu olarak, fermantasyon sırasında ve sonucunda daha yüksek alkole sahip şaraplar elde edilmektedir. Napa ve Bordeaux gibi önemli şarap bölgelerinde, ani sıcaklık artışlarıyla birlikte üzümlerde şeker konsantrasyonlarının hızla yükseldiği; bunun, her ne kadar daha olgun meyveler ve yüksek alkollü şaraplar elde edilmesini sağlasa da, üreticiler tarafından endişe verici bir dönüm noktası olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Zira antosiyaninler belirli bir şeker düzeyinde maksimuma ulaşırken, aşırı şeker içeriği renk bozulmalarına yol açmaktadır (Ribéreau-Gayon vd., 2000). Nitekim İspanya'nın Rioja bölgesinde artan sıcaklıkların, şaraplarda potansiyel olarak yüksek alkol içeriği ve yüksek pH değerleriyle sonuçlandığı raporlanmıştır (Rasilla vd., 2025). Her iki durumun da şarap kalitesi açısından olumsuz etkiler oluşturduğu bilinmektedir. Geleneksel olarak serin iklimlerde %12–13 alkol, diri asidite olarak aranan denge, iklim ısındıkça bozulmaktadır. Bordeaux gibi klasik bölgelerde şarapların alkol dereceleri geçmişte %12-12.5 civarındayken, günümüzde 14-15% seviyeleri olağan hale gelmiştir. Bu artış, hem bölgesel “tipikliğin” kaybına hem de dengesiz tat profillerine neden olabilmektedir (Anonymous, 2025b).

Yüksek sıcaklıkların, üzümlerde şeker birikimini hızlandırırken aynı zamanda solunum yoluyla organik asitlerin tükenmesine neden olduğu; özellikle yüksek gece sıcaklıklarının ise asit birikimini engelleyerek mevcut asitlerin hızla azalmasına yol açtığı bildirilmektedir. Bu nedenle sıcak bölgelerde veya sıcak geçen yıllarda üzümler düşük asitli, yüksek pH'lı hale gelmektedir (Plantevin vd., 2024). Asiditenin azalması, şarabın tazelik, canlılık ve uzun ömürlülük özelliklerini zayıflatmaktadır. Sıcak bölgelerde erken hasat edilen üzümlerin kalite bileşenleri, özellikle uçucu aroma ve polifenol konsantrasyonları ve profilleri arasında, optimum denge sağlanabilmesi amacıyla erken hasada olan ilgi yeniden canlanmıştır (Asproud vd., 2018). Ancak bu durumda fenolik olgunluk tamamlanmadan şeker düşüken hasat yapılmakta ve şaraplar “ham” karakterli kalabilmektedir. Serin ve uzun olgunlaşma dönemleri şarapların, taze meyve, çiçek veya narenciye benzeri aromalarının gelişmesine olanak tanırken; sıcak ve kısa sürede gerçekleşen olgunlaşma, aromalarının “pişmiş meyve” veya reçelimsi karaktere kaymasına neden olmaktadır. Sıcak geceler ayrıca antosiyanin sentezini baskılayarak kırmızı şaraplarda renk yoğunluğunu azaltabilmektedir. Çalışmalar, aşırı

olgunlaşmanın antosiyanin sentezini durdurduğunu ve rengin zayıflamasına yol açtığını göstermektedir. Bu durum, kırmızı şaraplarda tanenlerin tam olgunlaşmamasıyla birleştiğinde “yeşil tanen” adı verilen ham, acı tatların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Pons vd., 2017; Allamy vd., 2023; Tkachenko ve Larin, 2024; Van Leeuwen vd., 2024).

Kuraklık ve su stresi de bu dengenin önemli bileşenlerindendir. Orta düzeyde su kısıtı, taneleri küçülterek kabuk oranını artırarak kırmızı şaraplarda fenolik bileşik yoğunluğunu desteklemektedir (Matthews vd., 1998; Triolo vd., 2019). Ancak uzun süreli kuraklık, fotosentezi durma noktasına getirerek hem şeker birikimini hem de fenolik olgunlaşmayı sınırlamakta, aşırı su eksikliği sonucu da, şarapta acı veya bitkisel tatların baskın hale gelmesine neden olabilmektedir. Beyaz şarapların kalitesi için de asma su durumunun sınırlandırılması arzu edilebilmektedir, ancak bu sınırlandırma kırmızı şarap üretimine göre daha hafif olmalıdır. Sauvignon Blanc, Riesling gibi tiyol aromalı çeşitlerden elde edilen beyaz şaraplar için asma azot durumu sınırlayıcı olmamalıdır (Jones ve Davis, 2000; Des Gachons vd., 2005).

Yüksek şeker birikimi fermantasyonun yavaşlamasına veya durmasına yol açarak maya gelişimini sınırlamakta, malolaktik fermantasyonu zorlaştırmakta ve asetik asit ile gliserol gibi istenmeyen yan ürünlerin oluşumuna neden olabilmektedir (Graca da Silveira vd., 2002; Erasmus vd., 2003; Pigeau ve Inglis, 2005). Bu nedenle günümüz bağcılığında hedef yalnızca yüksek şeker birikimine değil; alkol, asit ve aroma bileşenleri arasında denge sağlayan optimum olgunluk düzeyine ulaşmaktır (Palliotti vd., 2014).

Yüksek şekerli şıralarda alkol üretiminin kontrolü için düşük alkol üreten maya suşları geliştirilmiştir (Anonymous, 2025c). Ayrıca hibrit mayalarla alkol oranının azaltılması mümkündür. Şeker oranı yüksek şıralarda soğutma ve oksijen kontrolüyle meyvemsi aromalar korunmakta, gerektiğinde kısmi alkolsüzleştirme teknikleri uygulanmaktadır. Tartarik asit ilavesi, yüksek asitli rezerv şaraplarla kupaj veya *Lachancea thermotolerans* gibi mayalarla doğal asit üretimi gibi yöntemler yaygınlaşmaktadır. Amaç, iklim değişikliğinin neden olduğu dengesizlikleri teknolojik müdahalelerle dengelemektir (Vicente vd., 2023).

Sonuç olarak, iklim değişikliği üzüm bileşenleri arasındaki hassas dengeyi bozarak şarap kalitesini çok boyutlu biçimde etkilemektedir. Günümüz soğuk iklimlerinin yeşil, otsu ve yüksek asitli şarapları yerini, sıcak bölgelerin yüksek alkollü, düşük asitli ve reçelimsi karakterli şaraplarına bırakmaktadır.

Bu nedenle üreticiler, değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmek için hasat stratejilerini yeniden düzenlemekte, asit düzeltmesi, alkol azaltımı, soğutma teknolojileri veya yeni çeşit seçimi gibi teknik çözümler geliştirmektedir. Küresel bağcılığın geleceği, bu adaptasyonların başarısına bağlı görünmektedir. İklim değişikliğinden etkilenen üzümün bileşimi ve şarabın kalitesi ile ilgili bir diğer önemli konu da teruar kavramının ürünü standardize etmesinin yerine, her bağbozumu yılının özgün koşullarına uyum sağlayan esnek bir yaklaşımın benimsenmesi gerekliliğidir. Şarap üreticileri ve tüketiciler artık şarabı sabit bir ürün olarak değil, yılın iklim koşullarına bağlı olarak renk, aroma ve tanen yapısında farklılık gösterebilen bir ifade biçimi olarak görmektedir. Dolayısıyla, şarabı iklim değişiklikleri ve adaptasyonlarıyla birlikte bir bütün olarak ele almak, bu ekosisteme yönelik yenilikçi teknik yaklaşımların gelişimini destekleyebilir. Buna karşılık, her yıl aynı organoleptik özellikleri koruma çabası hem yenilik potansiyelini sınırlayabilmekte hem de şarabın doğal çeşitliliğine dayalı duyuusal zenginliğini azaltabilmektedir (Cataldo vd., 2023).

4. BAĞ YÖNETİM TEKNİKLERİNDE DÖNÜŞÜM

Yükselen sıcaklıklar ve artan aşırı hava olayları, bağcılıkta geleneksel uygulamaların yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Günümüzde üreticiler, üzüm gelişimi ve olgunlaşma sürecinin daha dengeli ilerlemesini sağlamak ve aşırı iklim koşullarının olumsuz etkilerini en aza indirmek için yeni stratejiler geliştirmektedir. Bu doğrultuda, asmanın fenolojik döngüsünü dengeleyen, su stresini etkin biçimde yöneten ve olgunlaşma hızını kontrol altında tutan yenilikçi uygulamalara yönelme eğilimi giderek güçlenmektedir. Böylece üreticiler, hem verim ve kalite istikrarını korumayı hem de değişen iklim koşullarına sürdürülebilir bir uyum sağlamayı amaçlamaktadır.

4.1. Budama Zamanlamasının Ayarlanması

Artan sıcaklıklar ve erken uyanma eğilimleri karşısında, birçok üretici asmalarda kış budamasını geciktirerek sürme zamanını mümkün olduğunca geciktirmeyi amaçlamaktadır. Geç budama uygulaması, asmanın fizyolojik uyanmasını birkaç hafta geciktirerek geç don riskini azaltabilmektedir (Poni vd., 2022). Aynı zamanda olgunlaşma sürecini de erteleyerek üzümde şeker-asit dengesinin ve aroma gelişiminin daha uygun koşullarda gerçekleşmesine olanak tanımaktadır. Geleneksel budama yaprak dökümü ile uyanma arasında

yapılırken; geç budama bitkinin tomurcuk büyümesi için rezervlerini harekete geçirdiği ilkbahar döneminde gerçekleştirilmektedir. Bu durum, büyümenin bir miktar zayıflamasına ve fenolojik gecikmeye neden olmaktadır. Geç budamanın temel amacı, tane olgunlaşmasını ve hasat zamanını günler hatta haftalar düzeyinde ertelemektir. Uluslararası araştırmalar bu yöntemin bağın verimliliği ve kalite özelliklerini olumsuz etkilemeden, olumlu sonuçlar verebildiğini göstermektedir (Sadras, 2016; Zheng vd., 2017).

4.2. Terbiye Sistemleri ve Gölgeleme Teknikleri

Aşırı sıcaklıklar ve artan güneş ışığına bağlı stres, bağcılıkta terbiye sistemlerinin ve gölgeleme stratejilerinin yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Üzümlerin yüksek sıcaklık koşullarında hızlı olgunlaşmasını önlemek amacıyla olgunlaşma dönemini geciktiren terbiye ve kanopi yönetim sistemlerinin gelecekteki iklim koşullarında yararlı olabileceği düşünülmektedir. Minimal veya yarı minimal budama sistemleri olgunlaşmayı ve salkım çürüklüğünü geciktirebilmektedir (Molitor vd., 2019). Üzümde şeker ve dolayısıyla alkol içeriğini azaltmak için yaprak alanı/salkım oranı değiştirilebilmekte, ancak bu orandaki aşırı değişiklikler kalite kaybına yol açabilmektedir (Stoll vd., 2012). Salkım bölgesindeki radyasyonu azaltmak için sıra yönelimi ve kanopide yapılan düzenlemeler, gölgeleme ve rüzgar hızını etkileyerek uyum potansiyelini artırabilmektedir (Grifoni vd., 2008). Daha yüksek kanopiler ve dar sıralar gölgeleme etkisini artırıp güneş yanığını azaltabilmektedir.

Bahsi geçen önlemlerin yanı sıra, modern bağlarda yaz aylarında bağlara gölgeleme fileleri çekilmesi de giderek daha yaygın hale gelmiştir. Araştırmalar yapay gölgelemenin aşırı sıcak dönemlerde üzümün asiditesini koruduğunu, renk bileşiklerinin bozulmasını yavaşlattığını ve genel olarak kaliteyi olumlu etkilediğini ortaya koymaktadır (Pallotti vd., 2023). Gölgeleme filelerinin yanı sıra güneş ışınlarını yansıtıcı özellikteki kaolin de asma yapraklarını ve salkımlarını koruyan bir önlem olarak kullanılmaktadır (Teker, 2023).

4.3. Sulama ve Toprak Yönetimi

Artan kuraklık koşulları, geleneksel olarak susuz bağcılık yapılan birçok bağda bile kısıtlı sulama yapılmasını gerektirebilmektedir. Damla sulama yöntemiyle yapılan kontrollü su takviyesi, hem verimliliği korumak hem de asmaların su stresini hafifletmek için giderek daha fazla benimsenmektedir.

Modern bağıcılıkta, su yönetiminin optimizasyonu için sensör tabanlı, otomatik ve akıllı sulama sistemleri geliştirilmektedir. Sulama planlamasında genellikle evapotranspirasyonun belirli bir yüzdesi temel alınmakta, kök bölgesindeki su miktarının yanlış tahmin edilmesini önlemek için toprak ve gövde ve yaprak su potansiyeli gibi bitki su durumu göstergeleri kullanılmaktadır (Montoro, 2012; Blanco-Cipollone vd., 2017). Bu göstergelerin kullanımı, aşırı veya yetersiz sulamayı önleyerek su verimliliğini artırmaktadır. Araştırmalar, kısıtlı sulama stratejilerinin verimde düşüşe yol açmadan özellikle kaliteyi artırabildiğini göstermektedir (Bindon vd., 2008).

Ancak, suyun sınırlı bir kaynak olduğu dikkate alındığında, sulamaya ek olarak toprak nemini koruyucu yöntemlerin uygulanması da büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, organik besin takviyesi ve sıra aralarına örtü bitkisi ekimi gibi uygulamalar öne çıkmaktadır (Dottori, 2023). Bu yöntemlerin, toprağın nem tutma kapasitesini artırdığı, erozyonu azalttığı ve ani yağışlar sırasında suyun toprağa nüfuz etmesini kolaylaştırdığı bilinmektedir. Bağlarda kök gelişimini teşvik eden anaç seçimi ve dengeli gübreleme uygulamalarıyla asmaların suya erişim kapasitesi de güçlendirilmektedir.

4.4. Hasat zamanlaması

İklim değişikliği ile birlikte bir diğer uyum adımı da hasat zamanını esnek yönetmektir. Aşırı sıcak dönemlerde üzümler istenenden hızlı olgunlaştığı için, bazı üreticiler normalden daha erken hasat yapmayı tercih ederek üzümde fazla şeker birikmesini ve asidin düşmesini engellemektedir. Özellikle beyaz şaraplık üzümlerde, bir nebze erken hasat ile asitlik korunabilmektedir. Ayrıca sıcak iklimlerde gece hasadı uygulaması yaygınlaşmaktadır; üzümler güneş doğmadan toplanarak hem istenmeyen fermentasyonların önüne geçilmekte hem de üzümün asit ve aroma içeriği daha iyi muhafaza edilmektedir (García de Cortázar-Atauri vd., 2010; Cook ve Wolkovich, 2016; Vršič vd., 2024).

4.5. Üzüm Çeşitlerinde Uyum

İklim değişikliğine karşı bağıcılıkta bir diğer uyum stratejisi, bölgesel koşullara uygun üzüm çeşitleri ile çevresel streslere dayanıklı fidan materyalinin seçilmesidir. Tarihsel olarak her şarap bölgesinin özgün kimliği, o bölgenin mikroklima özelliklerine en iyi uyum sağlayan yerel çeşitler aracılığıyla biçimlenmiştir. Ancak günümüzde iklimin hızla ısınmasıyla birlikte

bu dengelerin değiştiği ve geleneksel çeşitlerin fizyolojik sınırlarının giderek zorlandığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle, daha geç olgunlaşan, ısıya ve kuraklığa dayanıklı çeşitlere yönelilmektedir. Yüksek sıcaklıklara karşı direnç gösterebilen, geç süren ve asit dengesini koruyabilen çeşitler yeniden değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, kök gelişimi güçlü ve su kullanım etkinliği yüksek olan anaç materyallerinin ön plana çıkarıldığı bilinmektedir. Bu anaçlar sayesinde asmaların su stresine karşı dayanıklılığının artırıldığı ve verim–kalite dengesinin daha istikrarlı biçimde sağlandığı bildirilmektedir (Marin vd., 2021; Van Leeuwen, vd., 2024).

Günümüzde birçok şarap bölgesinde, değişen iklim koşullarına uyum sağlamak amacıyla yerel genetik kaynakların yeniden gözden geçirildiği ve yeni melezleme programlarıyla geleceğin bağcılığına uygun çeşitlerin geliştirilmeye çalışıldığı görülmektedir (Irimia vd., 2018; Wolkovich vd., 2018). Böylece asma genetik çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir bir bağcılık sisteminin güvence altına alınması hedeflenmektedir.

4.6. Zararlı ve Hastalıklardaki Değişim

Gelecekteki iklim koşullarında, şarap bölgelerinin zararlı ve hastalık riskindeki artışla mücadele etmesi gerekebilir; bu durum ise, bitki koruma mücadelesinin çevresel etkilerinin azaltılmasının önem kazandığı bir dönemde, daha yoğun önlemlerinin alınmasını zorunlu kılabilir. Bağcılığın külleme ve mildiyö gibi en çok mücadele gerektiren hastalıkları, yükselen sıcaklıklar ve yağış düzenindeki değişimler sebebi ile hızlı evrimsel değişiklikler geçirmekte ya da yönetimi zorlaşabilmektedir (Iqbal ve Naqvi, 2025). Hava koşulları, hastalıkların ilerlemesi ve gelişiminin yanı sıra konakçı ve patojen yaşam döngülerinin her aşamasını önemli ölçüde etkilemektedir (Yadav ve Upadhyay 2023). Sıcaklık artışının zararlılar üzerindeki etkisi oldukça belirgindir; artan sıcaklık, böcek populasyonlarının çoğalmasına neden olmakta ve bu durum, istilacı patojenlerin yayılma hızını önemli ölçüde artırmaktadır (El-Sayed ve Kamel, 2020).

4.7. Coğrafi Uyum

İklim değişikliğine karşı tarımdaki “coğrafi uyum” süreci, aslında insanla doğa arasındaki eski bir denge arayışının modern bir yansımasıdır. Günümüzde bu doğal adaptasyon süreci, daha bilinçli ve planlı stratejilerle

yeniden şekillenmekte; bazı araştırmacıların ifadeleriyle, “bağ göçü” olarak adlandırılan yeni bir dönem başlamaktadır.

İklim değişikliği, bazı bölgeleri bağcılık faaliyetleri ve kaliteli şarap üretimi açısından elverişli kılan çevresel koşulları önemli ölçüde dönüştürmektedir. Örneğin Arjantin’de, özellikle uluslararası düzeyde tanınan şarapların üretildiği Mendoza bölgesinde giderek belirginleşen kuraklık dönemleri ve aşırı sıcak dalgaları, üreticileri And Dağları’nın yamaçlarında yeni bağ alanları tesis etmeye yöneltmektedir (Straffellini vd., 2023). İtalyan Alpleri’ndeki çeşitli bağcılık bölgelerinde yürütülen benzer bir araştırma, geleneksel bağ alanlarında daha sıcak ve kuru koşulların hakim olacağını; buna karşılık, bağcılığa elverişli iklim kuşaklarının giderek daha yüksek rakımlara kayacağını ortaya koymaktadır (Tscholl ve Egarter Vigl, 2024). Bu bölgelerde gecelerin serin geçmesi, üzümelerde asit dengesinin ve aromatik canlılığın korunmasını sağlamakta, ayrıca genellikle daha fazla yağış alan bu alanlarda su stresi riskini de azalmaktadır. Böylece hem asma gelişimi hem de şarap kalitesi açısından daha dengeli koşullar elde edilmektedir (Anonymous, 2025a). Şarap kuşağı olarak bilinen üretim sınırları da giderek kutuplara doğru genişlemektedir. Kuzey Yarımküre’de İngiltere, Belçika ve Danimarka gibi ülkelerde yeni bağ yatırımları hızla artarken; Güney Yarımküre’de Avustralya ve Şili, üretimlerini daha güneydeki serin ve nemli bölgelere taşımaktadır (Anonymous, 2025a). İngiltere, geçmişte şarap üretimine pek elverişli değilken günümüzde özellikle köpüren şaraplarıyla ün kazanmış ve son yıllarda bağ alanı yaklaşık %400 oranında artmıştır (WineGB, 2021; Nesbitt vd., 2022).

Bilimsel projeksiyonlara göre küresel ısınmanın +2°C’yi aşması, özellikle güney Avrupa ve Kaliforniya’daki alçak rakımlı bölgelerde şarap üretimini ciddi biçimde tehdit edecektir. Bu bölgelerde ekonomik olarak sürdürülebilir koşullarda kaliteli şarap üretiminin yüzyıl sonuna kadar yaklaşık %90 oranında azalabileceği öngörülmektedir. Buna karşın, kuzey Fransa, Kanada ve hatta Danimarka gibi bölgelerde sıcaklık artışının üretim potansiyelini artırabileceği belirtilmektedir (Droulia ve Charalampopoulos, 2022; Van Leeuwen vd., 2024; Anonymous 2025c; Lippa vd., 2025).

Bu iklimsel kayma, küresel şarap yatırımlarını da yeniden şekillendirmiştir. Birçok büyük üretici ve yatırımcı, gelecekte daha uygun iklim koşullarına sahip olacağı öngörülen yeni bölgelere yönelmekte, böylece bağcılığın geleneksel coğrafyası yeniden tanımlanmaktadır.

Sonuçta coğrafi uyum, sadece bir risk yönetimi aracı değil, aynı zamanda şarap dünyasının geleceğini yeniden inşa eden yaratıcı bir süreçtir. Bu dönüşüm, yeni teruarların doğuşuna, özgün şarap stillerinin gelişmesine ve bağıcılığın küresel sınırlarının yeniden çizilmesine olanak tanımaktadır.

4.8. Tüketici Tercihlerindeki Değişimler

İklim değişikliği, şarap sektöründe yalnızca üretim süreçlerini değil, tüketici davranışlarını da dönüştürmektedir. Tüketiciler iklim koşullarındaki değişimin şarapların aroma, yapı ve genel tarzı üzerinde belirleyici hale geldiğinin farkına vardıkça, damak zevklerini ve alışkanlıklarını yeniden şekillendirme eğilimine girebilmektedirler. Üreticiler ise bu süreçte, iklim uyumuna yönelik yenilikleri uygularken bölgesel kimliği koruma dengesini gözetmektedir.

Küresel ölçekte eğilimler, özellikle genç kuşak arasında farklı bir yön kazanmaktadır. Daha düşük alkollü, taze ve meyvemsi şaraplara olan ilgi artmakta; sağlık ve sürdürülebilirlik temaları ön plana çıkmaktadır (Anderson, 2023; Silva 2024; Tellini vd., 2025). Son yıllardaki organik ve doğal şarap satışlarındaki artış, bu değişimin somut göstergesidir (Vecchio vd., 2021; Gazzola vd., 2023). Ancak bu yönelim ısınan iklimin neden olduğu yüksek alkol eğilimiyle çelişmekte, üreticiler bu durumda ya teknik olarak alkol seviyesini düşürmekte ya da tüketicileri yeni aroma profillerine alıştırmaya çalışmaktadır. Özellikle düşük alkollü ve doğal şaraba artan ilgi, bu dönüşümün belirgin bir sonucudur (Luchian vd., 2025).

Ayrıca çevresel duyarlılık, günümüzde şarap tercihlerini şekillendiren önemli bir etmen haline gelmiştir. Karbon ayak izi düşük, yenilenebilir enerjiyle üretilmiş ve su verimliliği yüksek sürdürülebilir şaraplar pazarda öne çıkmaktadır (Wagner vd., 2023).

Son olarak, iklim değişikliğinin üretim miktarlarına etkisi, fiyat ve bulunabilirlik gibi ekonomik göstergeleri de değiştirmektedir. İngiltere, Kanada ve Türkiye gibi yükselen üretim bölgeleri, artan sıcaklıklarla birlikte kalite açısından dikkat çekici bir potansiyel göstermektedir. Dolayısıyla iklim değişikliği, şarap sektöründe yalnızca bir risk değil; aynı zamanda üretim coğrafyasını, pazar yapısını ve tüketici tercihlerini yeniden tanımlayan çok boyutlu bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilmelidir.

5. SONUÇ

İklim değişikliği bağcılığın yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik, kültürel ve duyuşal boyutlarını da yeniden tanımlayan çok katmanlı bir dönüşüm sürecidir. Artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri ve ekstrem hava olayları, asmanın fizyolojisinden şarabın bileşimine, üretim tekniklerinden tüketici tercihlerine kadar uzanan zincirin her halkasında etkisini göstermektedir. Bu yeni dönemde sürdürülebilirlik, yalnızca üretim miktarını korumakla değil, aynı zamanda kalite, özgünlük ve çevresel sorumluluk arasındaki dengeyi kurmakla mümkündür. Bağıcılık artık yalnızca doğaya uyum sağlayan değil, aynı zamanda doğayla birlikte düşünen bir yaklaşımı gerektirmektedir. Su ve toprak yönetiminden gölgeleme sistemlerine, geç budamadan dayanıklı çeşit ve anaç seçimine kadar geliştirilen her strateji, iklimle uyumun bir parçası haline gelmiştir. Öte yandan şarap, giderek “yılın ikliminin ifadesi” olarak görülmekte; üretici ve tüketici, iklimin getirdiği farklılıkları bir kusur değil, doğallığın ve yerelliğin bir yansıması olarak değerlendirmektedir. Geleceğin bağcılığı, yalnızca teknik uyumlarla değil, aynı zamanda iklim bilinci yüksek, çevresel etkilerini minimize eden ve kültürel kimliğini koruyan bütüncül bir vizyonla şekillenecektir. Bu vizyonun başarısı ise bilimsel bilgiyle desteklenen yenilikçi uygulamaların yerel deneyimle harmanlanmasına bağlıdır. Sonuç olarak, iklim değişikliği şarap sektörüne büyük bir meydan okuma getirirken, aynı zamanda yenilik, çeşitlenme ve yeniden yapılanma için önemli fırsatlar da sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559.
- Adger, W. N., Barnett, J., Brown, K., Marshall, N., & O'brien, K. (2013). Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(2), 112-117.
- Allamy, L., van Leeuwen, C., & Pons, A. (2023). Impact of harvest date on aroma compound composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon must and wine in a context of climate change: A focus on cooked fruit molecular markers. *OENO One*, 57(3), 99-112.
- Anderson, K. (2023). The emergence of lower-alcohol beverages: The case of beer. *Journal of Wine Economics*, 18(1), 66-86.
- Angelotti, F., Hamada, E., Magalhães, E. E., Ghini, R., Garrido, L. D. R., & Pedro, M. J. (2017). Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(06), 426-434.
- Anonymous 2025a. <https://www.greatwinecapitals.com/>
- Anonymous 2025b. <https://laffortusa.com/>
- Anonymous 2025c. <https://wanderlustwine.co.uk/climate-change-and-wine-regions/#:~:text=>
- Anderson, R., Bayer, P. E., & Edwards, D. (2020). Climate change and the need for agricultural adaptation. *Cchaturrent Opinion in Plant Biology*, 56, 197-202.
- Arrizabalaga-Arriazu, M., Morales, F., Irigoyen, J. J., Hilbert, G., & Pascual, I. (2020). Growth performance and carbon partitioning of grapevine Tempranillo clones under simulated climate change scenarios: Elevated CO₂ and temperature. *Journal of Plant Physiology*, 252, 153226.
- Asproudi, A., Ferrandino, A., Bonello, F., Vaudano, E., Pollon, M., & Petrozziello, M. (2018). Key norisoprenoid compounds in wines from early-harvested grapes in view of climate change. *Food Chemistry*, 268, 143-152.

- Baeza, P., Junquera, P., Peiro, E., Lissarrague, J. R., Uriarte, D., & Vilanova, M. (2019). Yield Components, Vegetative Response and Must and Wine. *Advances in Grape and Wine Biotechnology*, 73.
- Baltazar, M., Castro, I., & Gonçalves, B. (2025). Adaptation to Climate Change in Viticulture: The Role of Varietal Selection-A Review. *Plants*, 14(1), 104.
- Bindon, K., Dry, P., & Loveys, B. (2008). Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2), 91-103.
- Blanco-Cipollone, F., Lourenço, S., Silvestre, J., Conceição, N., Moñino, M. J., Vivas, A., & Ferreira, M. I. (2017). Plant Water Status Indicators for Irrigation Scheduling Associated with Iso- and Anisohydric Behavior: Vine and Plum Trees. *Horticulturae*, 3(3), 47.
- Blanco-Ward, D., Ribeiro, A., Barreales, D., Castro, J., Verdial, J., Feliciano, M., Viceto, C. Rocha, A., Carlos, C., Silveira, C., Miranda, A. (2019). Climate change potential effects on grapevine bioclimatic indices: A case study for the Portuguese demarcated Douro Region (Portugal). *BIO Web Conf.*, 12, 01013.
- Brown, T. C., Mahat, V., & Ramirez, J. A. (2019). Adaptation to future water shortages in the United States caused by population growth and climate change. *Earth's Future*, 7(3), 219-234.
- Caffrey, A., Lerno, L., Rumbaugh, A., Girardello, R., Zweigenbaum, J., Oberholster, A., & Ebeler, S. E. (2019). Changes in smoke-taint volatile-phenol glycosides in wildfire smoke-exposed Cabernet Sauvignon grapes throughout winemaking. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(4), 373-381.
- Cardell, M. F., Amengual, A., & Romero, R. (2019). Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2299-2310.
- Cataldo, E., Eichmeier, A., & Mattii, G. B. (2023). Effects of global warming on grapevine berries phenolic compounds—A review. *Agronomy*, 13(9), 2192.
- Cataldo, E., Eichmeier, A., & Mattii, G. B. (2023). Effects of global warming on grapevine berries phenolic compounds—A review. *Agronomy*, 13(9), 2192.

- Chen, S., Chen, X., & Xu, J. (2016). Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, 105-124.
- Cook, B., Wolkovich, E. (2016). Climate change decouples drought from early wine grape harvests in France. *Nature Climate Change*, 6, 715–719.
- Cosme, F., Filipe-Ribeiro, L., & Nunes, F. M. (2024). Introductory Chapter: Impact of Climate Change on Grapes and Grape Products. In *Global Warming and the Wine Industry-Challenges, Innovations and Future Prospects*. IntechOpen.
- CoupeL-Ledru, A., Westgeest, A. J., Albasha, R., Millan, M., Pallas, B., Doligez, A., ... & Pantin, F. (2024). Clusters of grapevine genes for a burning world. *New Phytologist*, 242(1).
- Des Gachons, C. P., Leeuwen, C. V., Tominaga, T., Soyer, J. P., Gaudillère, J. P., & Dubourdieu, D. (2005). Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon blanc in field conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(1), 73-85.
- Dinu, D. G., Ricciardi, V., Demarco, C., Zingarofalo, G., De Lorenzis, G., Buccolieri, R., ... & Rustioni, L. (2021). Climate change impacts on plant phenology: Grapevine (*Vitis vinifera*) bud break in wintertime in Southern Italy. *Foods*, 10(11), 2769.
- Dottori, E. (2023). Adaptation Strategies to Climate Change in Vineyard: innovation in vine training and pruning system, and cover crops.
- Drappier, J., Thibon, C., Rabot, A., & Geny-Denis, L. (2019). Relationship between wine composition and temperature: Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(1), 14-30.
- Droulia, F., & Charalampopoulos, I. (2021). Future climate change impacts on European viticulture: A review on recent scientific advances. *Atmosphere*, 12(4), 495.
- Droulia, F., & Charalampopoulos, I. (2022). A review on the observed climate change in Europe and its impacts on viticulture. *Atmosphere*, 13(5), 837.
- Duchêne, E., & Schneider, C. (2005). Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(1), 93-99.

- El-Sayed A, Kamel M (2020) Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18):22336–22352
- Erasmus, D. J., van der Merwe, G. K., & van Vuuren, H. J. (2003). Genome-wide expression analyses: metabolic adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to high sugar stress. *FEMS Yeast Research*, 3(4), 375-399.
- Ewert, F., Rodriguez, D., Jamieson, P., Semenov, M. A., Mitchell, R. A., Goudriaan, J., ... & Villalobos, F. (2002). Effects of elevated CO₂ and drought on wheat: testing crop simulation models for different experimental and climatic conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 249-266.
- Faralli, M., Mallucci, S., Bignardi, A., Varner, M., & Bertamini, M. (2024). Four decades in the vineyard: The impact of climate change on grapevine phenology and wine quality in northern Italy. *OENO One*, 58(3).
- Fonseca, A., Fraga, H., & Santos, J. A. (2023). Exposure of Portuguese viticulture to weather extremes under climate change. *Climate Services*, 30, 100357.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., & Santos, J. A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. *Food and Energy Security*, 1(2), 94-110.
- Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11), 3774-3788.
- Gabric, A. J. (2023). The climate change crisis: a review of its causes and possible responses. *Atmosphere*, 14(7), 1081.
- Gambetta, G. A. (2016). Water stress and grape physiology in the context of global climate change. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 168-180.
- Gambetta, G. A., Herrera, J. C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., & Castellarin, S. D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71(16), 4658-4676.
- Garcia Aloy, K., Radmann Bergmann, A., Brasil Costa, V., & Barbosa Malgarim, M. (2024). Impact of climate change on grape composition: a review. *Revista Ciência e Natura*, 46.

- García de Cortázar-Atauri, I., Daux, V., Garnier, E., Yiou, P., Viovy, N., Seguin, B., ... & Chuine, I. (2010). Climate reconstructions from grape harvest dates: Methodology and uncertainties. *The Holocene*, 20(4), 599-608.
- Gazzola, P., Pavione, E., Grechi, D., & Scavarda, F. (2023). Natural wine as an expression of sustainability: an exploratory analysis of Italy's restaurant industry. *British Food Journal*, 125(13), 390-409.
- Gerbi, V., & De Paolis, C. (2025). The effects of climate change on wine composition and winemaking processes. *Italian Journal of Food Science*, 37(1), 246-260.
- Gonen, L. D., Tavor, T., & Spiegel, U. (2024). Adapting and thriving: global warming and the wine industry. *Sage Open*, 14(1), 21582440241227750.
- Graca da Silveira, M., Vitoria San Romao, M., Louriero-Dias, M.C., Rombouts, F.M., Abee, T., 2002. Flow cytometric assessment of membrane integrity of ethanolstressed *Oenococcus oeni* cells. *Applied and Environmental Microbiolog*, 68, 6087–6093.
- Grifoni, D., Carreras, G., Zipoli, G., Sabatini, F., Dalla Marta, A., & Orlandini, S. (2008). Row orientation effect on UV-B, UV-A and PAR solar irradiation components in vineyards at Tuscany, Italy. *International Journal of Biometeorology*, 52(8), 755-763.
- Guedes, J. P., Cardoso, T. V., Fernandes, T., Mendes, F., Baleiras-Couto, M. M., Duarte, F. L., ... & Côrte-Real, M. (2024). Exploring wine yeast natural biodiversity to select strains with enological traits adapted to climate change. *Heliyon*, 10(18).
- Hague, B. S. (2021). Seasonal climate summary for Australia and the southern hemisphere (summer 2018–19): extreme heat and flooding prominent. *Journal of the Southern Hemisphere Earth Systems Science*, 71, 147–158.
- Hand, W. H., Fox, N. I., & Collier, C. G. (2004). A study of twentieth-century extreme rainfall events in the United Kingdom with implications for forecasting. *Meteorological Applications*, 11(1), 15-31.
- Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., ... & Hijmans, R. J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(17), 6907-6912.
- Hartick, C., Furusho-Percot, C., Clark, M. P., & Kollet, S. (2022). An interannual drought feedback loop affects the surface energy balance and

- cloud properties. *Geophysical Research Letters*, 49(22), e2022GL100924.
- Hilmi, N., Ali, E., Carnicer Cols, J., Cramer, W., Georgopoulou, E., Le Cozannet, G., & Tirado, C. (2022, May). IPCC AR6 WGII cross-chapter paper 4: Mediterranean region. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU22-10590).
- Incropera, F. P. (2015). Climate change: a wicked problem: complexity and uncertainty at the intersection of science, economics, politics, and human behavior. *Cambridge University Press*.
- IPCC (International Panel on Climate Change). (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. <http://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018). Special report: global warming of 1.5°C. Rep., Intergov. Panel Clim. Change, Geneva, Switz. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. HO Pörtner, DC Roberts, MMB Tignor, E Poloczanska, K Mintenbeck, et al. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2023). Climate Change 2023. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Irimia, L. M., Patriche, C. V., & Murariu, O. C. (2018). The impact of climate change on viticultural potential and wine grape varieties of a temperate wine growing region. *Applied Ecology & Environmental Research*, 16(3).
- Irimia, L. M., Patriche, C. V., Petitjean, T., Tissot, C., Santesteban, L. G., Neethling, E., ... & Quénot, H. (2024). Structural and spatial shifts in the viticulture potential of main european wine regions as an effect of climate change. *Horticulturae*, 10(4), 413.
- Isaacs, R., Vincent, C., & Bostanian, N. J. (2012). Vineyard IPM in a changing world: adapting to new pests, tactics, and challenges. In *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions* (pp. 475-484). Dordrecht: Springer Netherlands.

- Iqbal, M. U., & Naqvi, S. A. H. (2025). Climate Change Impacts on Fruit Crops and Mechanisms of Stress-Induced Disease Dynamics for Resilience Strategies. *Applied Fruit Science*, 67(5), 1-13.
- Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(3), 249-261.
- Jones, G. V., Duchêne, E., Tomasi, D., Yuste, J., Braslavska, O., Schultz, H., ... & Guimberteau, G. (2005). Changes in European winegrape phenology and relationships with climate. 54-61.
- Jones, G. V. (2018). The climate component of terroir. *Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 14(3), 167-172.
- Kennedy, J.A., Matthews, M.A., Waterhouse, A.L. (2000). Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry*, 55, 77–85.
- Kennison, K. R., Wilkinson, K. L., Pollnitz, A. P., Williams, H. G., & Gibberd, M. R. (2009). Effect of timing and duration of grapevine exposure to smoke on the composition and sensory properties of wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(3), 228-237.
- Kropp, J. D., & De Andrade, M. A. (2022). Wildfires and Smoke Exposure Create Contracting and Crop. *Choices*, 37(2), 1-11.
- Leolini, L., Moriondo, M., Fila, G., Costafreda-Aumedes, S., Ferrise, R., & Bindi, M. (2018). Late spring frost impacts on future grapevine distribution in Europe. *Field Crops Research*, 222, 197-208.
- Lippa, M. N., Straffelini, E., & Tarolli, P. (2025). Climate Change Impacts on Viticulture in Canada. In *European Geoscience Union General Assembly 2025*.
- Lopez-Fornieles, E., Brunel, G., Devaux, N., Roger, J.-M., Tisseyre, B. (2022). Is it possible to assess heatwave impact on grapevines at the regional level with time series of satellite images?, *Agronomy*, 12(3), 563.
- Luchian, C. E., Grosaru, D., Scutarașu, E. C., Colibaba, L. C., Scutarașu, A., & Cotea, V. V. (2025). Advancing sparkling wine in the 21st century: From traditional methods to modern innovations and market trends. *Fermentation*, 11(4), 174.

- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318.
- Marín, D., Armengol, J., Carbonell-Bejerano, P., Escalona, J. M., Gramaje, D., Hernández-Montes, E., ... & De Herralde, F. (2021). Challenges of viticulture adaptation to global change: tackling the issue from the roots. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27(1), 8-25.
- Matthews, M. A., & Anderson, M. M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39(4), 313-320.
- Meier, M., Fuhrer, J., & Holzkämper, A. (2018). Changing risk of spring frost damage in grapevines due to climate change? A case study in the Swiss Rhone Valley. *International Journal of Biometeorology*, 62(6), 991-1002.
- Mirabelli-Montan, Y. A., Marangon, M., Graça, A., Mayr Marangon, C. M., & Wilkinson, K. L. (2021). Techniques for Mitigating the Effects of Smoke Taint While Maintaining Quality in Wine Production: A Review. *Molecules*, 26(6), 1672.
- Molitor, D., Schultz, M., Mannes, R., Pallez-Barthel, M., Hoffmann, L., & Beyer, M. (2019). Semi-minimal pruned hedge: A potential climate change adaptation strategy in viticulture. *Agronomy*, 9(4), 173.
- Montoro, A., Fereres, E., López-Urrea, R., Mañas, F., & López-Fuster, P. (2012). Sensitivity of trunk diameter fluctuations in *Vitis vinifera* L. Tempranillo and Cabernet Sauvignon cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(1), 85-93.
- Nesbitt, A., Dorling, S., Jones, R., Smith, D. K., Krumins, M., Gannon, K. E., ... Conway, D. (2022). Climate change projections for UK viticulture to 2040: a focus on improving suitability for Pinot noir. *OENO One*, 56(3), 69–87.
- O'Brien, F., Nesbitt, A., Sykes, R., & Kemp, B. (2025). Regenerative viticulture and climate change resilience. *OENO One*, 59(1).
- OIV 2025. <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>.
- Ollat, N., Touzard, J. M., & van Leeuwen, C. (2016). Climate change impacts and adaptations: new challenges for the wine industry. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 139-149.

- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S. (2014). Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 43-54.
- Pallotti, L., Silvestroni, O., Dottori, E., Lattanzi, T., & Lanari, V. (2023). Effects of shading nets as a form of adaptation to climate change on grapes production: a review. *OENO One*, 57(2), 467-476.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387-395.
- Perera, F., & Nadeau, K. (2022). Climate change, fossil-fuel pollution, and children's health. *New England Journal of Medicine*, 386(24), 2303-2314.
- Pigeau, G. M., & Inglis, D. L. (2005). Upregulation of ALD3 and GPD1 in *Saccharomyces cerevisiae* during Icewine fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 99(1), 112-125.
- Plantevin, M., Merpault, Y., Lecourt, J., Destrac-Irvine, A., Dijsktra, L., & van Leeuwen, C. (2024). Characterization of varietal effects on the acidity and pH of grape berries for selection of varieties better adapted to climate change. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1439114.
- Poni, S., Sabbatini, P., & Palliotti, A. (2022). Facing spring frost damage in grapevine: recent developments and the role of delayed winter pruning—a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 73(4), 211-226.
- Pons, A., Allamy, L., Schüttler, A., Rauhut, D., Thibon, C., & Darriet, P. (2017). What is the expected impact of climate change on wine aroma compounds and their precursors in grape?. *OENO One*, 51(2), 141-146.
- Ponti, L., Gutierrez, A. P., Boggia, A., & Neteler, M. (2018). Analysis of grape production in the face of climate change. *Climate*, 6(2), 20.
- Puga, G., Anderson, K., & Tchatoka, F. D. (2023). The impact of climate change on grape yields: Evidence from Australia. *Oeno One*, 57(2).
- Ramos, M. C. (2017). Projection of phenology response to climate change in rainfed vineyards in north-east Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 247, 104-115.
- Ramos Martín, M. C., Jones, G. V., & Yuste, J. (2018). Phenology of Tempranillo and Cabernet-Sauvignon varieties cultivated in the Ribera del Duero DO: observed variability and predictions under climate change scenarios.

- Rasilla, D. F., Aransay, R., & Conde-Oria, F. (2025). Climate variability links to changes in Rioja wine (Spain). *International Journal of Biometeorology*, 69(2), 383-395.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubordieu, D. (2000). Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilisation and Treatments, vol. 2 John Wiley & Sons Ltd. *West Sussex*,(404) s.
- Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633.
- Rossi, S. (2015). Local adaptations and climate change: converging sensitivity of bud break in black spruce provenances. *International Journal of Biometeorology*, 59(7), 827-835.
- Rouxinol, M. I., Martins, M. R., Barroso, J. M., & Rato, A. E. (2023). Wine grapes ripening: A review on climate effect and analytical approach to increase wine quality. *Applied Biosciences*, 2(3), 347-372.
- Rummukainen, M. (2012). Changes in climate and weather extremes in the 21st century. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3(2), 115-129.
- Seager, R., Osborn, T. J., Kushnir, Y., Simpson, I. R., Nakamura, J., & Liu, H. (2019). Climate variability and change of Mediterranean-type climates. *Journal of Climate*, 32(10), 2887-2915.
- Sadras, V. (2016). Decompressing harvest and preserving wine identity. Final report to Australian grape and wine authority. *SARDI Plant Research Center*, 1-36.
- Sam, F. E., Ma, T. Z., Salifu, R., Wang, J., Jiang, Y. M., Zhang, B., & Han, S. Y. (2021). Techniques for dealcoholization of wines: Their impact on wine phenolic composition, volatile composition, and sensory characteristics. *Foods*, 10(10), 2498.
- Schultz, H. R., & Stoll, M. (2010). Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 4-24.
- Sgouros, G., Mallouchos, A., Dourou, D., Banilas, G., Chalvantzi, I., Kourkoutas, Y., & Nisiotou, A. (2023). *Torulaspora delbrueckii* may help manage total and volatile acidity of santorini-assyrtiko wine in view of global warming. *Foods*, 12(1), 191.

- Sgroi, F., & Sciancalepore, V. D. (2022). Climate change and risk management policies in viticulture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100363.
- Sharma, J., Upadhyay, A. K., Adsule, P. G., Sawant, S. D., Sharma, A. K., Satisha, J., ... & Ramteke, S. D. (2013). Effect of climate change on grape and its value-added products. In *Climate-resilient horticulture: Adaptation and mitigation strategies* (pp. 67-80). India: Springer India.
- Shoukat, M. R., Wang, J., Habib-ur-Rahman, M., Hui, X., Hoogenboom, G., & Yan, H. (2024). Adaptation strategies for winter wheat production at farmer fields under a changing climate: Employing crop and multiple global climate models. *Agricultural Systems*, 220, 104066.
- Silva, P. (2024). Low-alcohol and nonalcoholic wines: From production to cardiovascular health, along with their economic effects. *Beverages*, 10(3), 49.
- Simpson, I. R., McKinnon, K. A., Kennedy, D., Lawrence, D. M., Lehner, F., & Seager, R. (2024). Observed humidity trends in dry regions contradict climate models. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(1), e2302480120.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440.
- Somkuwar, R. G., & Dhole, A. M. (2025). Understanding the photosynthesis in relation to climate change in grapevines. *Theory in Biosciences*, 1-14.
- Straffelini, E., Carrillo, N., Schilardi, C., Aguilera, R., Orrego, M. J. E., & Tarolli, P. (2023). Viticulture in Argentina under extreme weather scenarios: Actual challenges, future perspectives. *Geography and Sustainability*, 4(2), 161-169.
- Stoll, M., Bischoff-Schaefer, M., Lafontaine, M., Tittmann, S., & Henschke, J. (2012). Impact of various leaf area modifications on berry maturation in *Vitis vinifera* L.'Riesling'. In *I International Workshop on Vineyard Mechanization and Grape and Wine Quality* 978 (pp. 293-299).
- Sun, Q., Granco, G., Groves, L., Voong, J., & Van Zyl, S. (2023). Viticultural Manipulation and New Technologies to Address Environmental Challenges Caused by Climate Change. *Climate*, 11(4), 83.
- Teker, T. (2023). A study of kaolin effects on grapevine physiology and its ability to protect grape clusters from sunburn damage. *Scientia Horticulturae*, 311, 111824.

- Telini, B. D. P., Villa, L. C., Vainstein, M. H., & Lopes, F. C. (2025). From vineyard to brewery: A review of grape pomace characterization and its potential use to produce low-alcohol beverages. *Fermentation*, 11(2), 57.
- Terpou, A., Arvaniti, O. S., Afratis, N., Athanasiou, G., Binard, F., & Zahariadis, T. (2024). Sustainable solutions for mitigating spring frost effects on grape and wine quality: facilitating digital transactions in the viniculture sector. *Sustainable Food Technology*, 2(4), 967-975.
- Tkachenko, O., & Larin, V. (2024). Current problems of the technology of red table dry wines in the conditions of climate change. *Food Science & Technology*, (2073-8684), 18(4).
- Triolo, R., Roby, J. P., Pisciotta, A., Di Lorenzo, R., & van Leeuwen, C. (2019). Impact of vine water status on berry mass and berry tissue development of Cabernet Franc (*Vitis vinifera* L.), assessed at berry level. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 5711-5719.
- Tscholl, S., & Egarter Vigl, L. (2024). The changing geography of wine climates and its implications on adaptation in the Italian Alps. *Climate Resilience and Sustainability*, 3(4), e70000.
- Türkeş, M. (2000). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. *TC Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, 187, 205.
- Türkeş, M. 2008a. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1: 4564.
- Türkeş, M. 2008b. İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme. İçinde: E. Karakaya (ed.), *Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi*, 2157, *Bağlam Yayınları* No. 308: İstanbul.
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17(1), 1-10.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., & Gaudillère, J. P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes?, *Oeno One*, 43(3), 121-134.
- Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150-167.
- Van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L., & Ollat, N. (2019).

- An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*, 9(9), 514.
- Van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S., & Gambetta, G. A. (2024). Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(4), 258-275.
- Vicente, J., Kelanne, N., Rodrigo-Burgos, L., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., ... & Benito, S. (2023). Influence of different *Lachancea thermotolerans* strains in the wine profile in the era of climate challenge. *FEMS Yeast Research*, 23, foac062.
- Vecchio, R., Parga-Dans, E., Alonso González, P., & Annunziata, A. (2021). Why consumers drink natural wine? Consumer perception and information about natural wine. *Agricultural and Food Economics*, 9(1), 22.
- Vršič, S., Pulko, B., Vodovnik-Plevnik, T., & Perko, A. (2024). The Impact of Climatic Warming on Earlier Wine-Grape Ripening in Northeastern Slovenia. *Horticulturae*, 10(6), 611.
- Wagner, M., Stanbury, P., Dietrich, T., Döring, J., Ewert, J., Foerster, C., ... & Hanf, J. (2023). Developing a sustainability vision for the global wine industry. *Sustainability*, 15(13), 10487.
- WineGB (2021). Industry Press Briefing. <https://www.winegb.co.uk/wp-content/uploads/2021/09/WineGB-Industry-Press-Briefing-2021-final-002.pdf>
- Wolkovich, E. M., García de Cortázar-Atauri, I., Morales-Castilla, I., Nicholas, K. A., & Lacombe, T. (2018). From Pinot to Xinomavro in the world's future wine-growing regions. *Nature Climate Change*, 8(1), 29-37.
- Wolkovich, E. M., Cook, B. I., García de Cortázar-Atauri, I., Van der Meersch, V., Lacombe, T., Marchal, C., & Morales-Castilla, I. (2025). Uneven impacts of climate change around the world and across the annual cycle of winegrapes. *PLOS Climate*, 4(5), e0000539.
- Xynas, B., & Barnes, C. (2023). Yeast or water: Producing wine with lower alcohol levels in a warming climate: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(7), 3249-3260.
- Yadav, N., & Upadhyay, R. K. (2023). Global effect of climate change on seasonal cycles, vector population and rising challenges of communicable diseases: a review. *Journal of Atmospheric Science Research*, 6(1).

- Yin, W., Yang, X., & Liu, W. (2025). Sustainable management and regulation of agricultural water resources in the context of global climate change. *Sustainability*, 17(6), 2760.
- Yuan, X., Li, S., Chen, J., Yu, H., Yang, T., Wang, C., ... & Ao, X. (2024). Impacts of global climate change on agricultural production: a comprehensive review. *Agronomy*, 14(7), 1360.
- Zakowski, E., Parker, L. E., Johnson, D., Aguirre, J., & Ostojia, S. M. (2023). California wine grape growers need support to manage risks from wildfire and smoke. *California Agriculture*, 77(2).
- Zheng, W., García, J., Balda, P., & de Toda, F. M. (2017). Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, North-central Spain. *Oeno One*, 51(4), 363-363.
- Zhou, N., & Vilar-Zanón, J. L. (2024). Impact assessment of climate change on hailstorm risk in spanish wine grape crop insurance: Insights from linear and quantile regressions. *Risks*, 12(2), 20.
- Zito, S., Caffarra, A., Richard, Y., Castel, T., & Bois, B. (2018). Climate change and vine protection: The case of mildews management in Burgundy. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50, p. 01006). EDP Sciences.

BÖLÜM 2

BİYOSTİMÜLANTLARIN BAĞCILIKTA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955074>

¹Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 42130 Konya Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3264-5925>

²Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 42130 Konya Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0390-0341>

*sorumlu yazar: osmandogan@selcuk.edu.tr

1. GİRİŞ

Üzüm (*Vitis vinifera* L.), hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük önem taşıyan ve dünya genelinde en değerli tarımsal ürünlerden biri olarak kabul edilen bir bitkidir. Ayrıca sadece üretimiyle değil, aynı zamanda istihdam sağlaması, yerel ekonomilere katkıda bulunması ve üretim kültürünü devam ettirmesiyle de değer kazanmaktadır. Türkiye üzüm üretimi yönünden çok yönlü iklim koşullarına sahip olmasının yanı sıra üzümde elde edilen ürünlerin çeşitliliği nedeniyle de dünya üzüm üretiminde öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliği hem ulusal hem de küresel ölçekte asma ürünlerinin fizyolojisi, fenolojisi ve kalitesini önemli şekilde etkilemektedir. Son araştırmalar, ortalama yıllık sıcaklıklarda sürekli bir artış olduğunu ve bunun tomurcuklanma, çiçeklenme, yaprak dökümü ve hasat gibi gelişim aşamalarının daha erken gerçekleşmesine yol açtığını göstermektedir (Bernáth vd., 2021; Dinu vd., 2021). Bu değişimler sadece verimi etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda asitlik, şeker içeriği ve fenolik bileşikler gibi önemli enolojik özellikleri de değiştirmektedir (Arias vd., 2022; Venios vd., 2025). Bu değişim, geleneksel bağ alanlarını yüksek kaliteli şarap üretimi için daha az uygun hale getirebilmekte ve bunun yerine sofralık üzüm veya kuru üzüm tercih edilmektedir (Valenzuela Solano vd., 2014; Castillo vd., 2023). Bu değişim, sektörün uzun vadede sürdürülebilirliğini tehdit ederek üreticileri sosyal ve ekonomik açıdan verim dalgalanmaları ve gelir istikrarsızlığıyla baş başa bırakmaktadır (Balogh ve Maró, 2025; Enjolras ve Viviani, 2025). Bu bilgiler çerçevesinde üreticiler üzüm üretimi konusunda kaliteyi korumak için yeni adaptasyon stratejileri geliştirmelidir. Bu stratejiler geç budama, salkım seyreltmesi gibi kültürel işlemlerin yanı sıra yeni kurulacak bağlar için yüksek rakımların seçilmesi, soğuğa dayanıklı çeşitlerin seçilmesi ve biyoteknolojik araçlarla üretim sistemi oluşturması olabilir (Fischer ve Efferth, 2021; Arias vd., 2022).

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin etkileri, birçok alanda olduğu gibi bağcılıkta da giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bunun sonucunda biyotik ve abiyotik stres, asmaların büyümesini ve gelişimini, ayrıca üzüm verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkilerin strese karşı direnç ve tepki mekanizmalarını desteklemenin yanında biyostimülantlar beslenme üzerine de olumlu etkilerinin olması tarımda kullanılan kimyasal gübre ve pestisit kullanımını da azaltmaya yardımcı olacaktır (Tangolar vd.,

2022). Ayrıca doğayla dost olan biyostimülanların sürdürülebilir bağcılık kapsamında toprak ve su olmak üzere doğal kaynakların korunması, erozyon ve orman yangınlarıyla mücadele, biyolojik çeşitliliğin sağlanması ve entegre zararlı yönetimi gibi alanlarda önemli bir yeri vardır (Yılmaz ve Şensoy, 2021).

1.1 Biyostimülanların Tarihçesi

"Biyojenik uyarıcı" teorisinin ilk yaklaşımı 1933 yılında Sovyetler Birliği'nde başlamış olup, Rus doktor V.P. Filatov'a tarafından ortaya atılmıştır (Filatov, 1944; Gordon, 1947). Depolandıktan sonra metabolik süreçleri uyaran bitki veya hayvan organizmalarından elde edilen maddeler olarak tanımlanabilirler. Biyojenik uyarıcılar açısından zengin olan bu dokular organizmalara verildiğinde hastalık veya stres koşullarını tedavi ederek rejenerasyonu artırır ve patojenik süreçleri engellerler (Filatov, 1944). 1950'lerde Blagoveshchensky, biyojenik uyarıcıları "bitkilerde enzimatik aktiviteyi artırabilen dibazik özellikleri nedeniyle uyarıcı etkilere sahip organik asitler" olarak tanımlamıştır (Blagoveshchensky, 1955). Berlyn ve Russo (1990) göre, bu bileşikler besin ve su alımının verimliliğini artırarak bitki büyümesini ve canlılığını artırmıştır. Bununla birlikte, düşük konsantrasyonlarda (Goatley Jr ve Schmidt, 1991) ekzojen olarak uygulandığında büyümeyi uyaraabilen döllenmemiş ürünler ve hormon içeren maddeler olarak tanımlanmıştır (Schmidt, 1992). Naumov vd. (1993) tarafından genel bir tanım, "geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahip bitki hammaddelerine dayalı, metabolik kökenli, biyolojik olarak aktif maddelerin çok bileşenli dengeli bir sistemi" olarak belirlenmiştir. Herve (1994), biyostimülanlara yönelik ilk gerçek modern yaklaşımı oluşturmuş ve yeni ürünlerin geliştirilmesinin düşük dozlarda aktif olma, ekolojik olarak zararsız olma ve kültür bitkileri üzerinde tekrarlanabilir faydalı etkiler gösterme ("biyoyasyonel ürünler") (Elliott ve Prevatte, 1996) gibi özelliklere dayandırılması gerektiği kavramını ortaya koymuştur. 1990'ların sonlarında, Zhang ve Schmidt (1999), biyostimülanların "stres öncesi düzenleyiciler" kavramıyla karşı karşıya kalmış ve bunların fotosentez verimliliği ve bazı hastalıkların daha yüksek verimlerde yayılma ve yoğunluğunun azaltılması üzerindeki etkilerini vurgulamışlardır. Schmidt vd. (2003) biyostimülanları tanımlamak için minimum miktarlar terimini kullanmış ve biyostimülanları, büyümeyi destekleyen ancak daha büyük miktarlarda uygulanan besin maddeleri ve toprak iyileştiricilerden ayırmayı amaçlamıştır.

Avrupa Biyostimülant Endüstrisi Konseyi (EBIC), biyostimülantların kesin bir tanımını yapmıştır (Haziran 2011) (Toscano vd., 2018). AB düzeyinde, biyostimülantları "bitkiye, tohumlara veya büyüme substratına belirli formülasyonlarda uygulandığında, büyümeyi, gelişmeyi iyileştirerek ve/veya abiyotik streslere karşı toleransı artırarak bitkilerin fizyolojik süreçlerini değiştirebilen maddeler veya materyaller (besin maddeleri ve pestisitler hariç)" olarak tanımlamıştır (Du Jardin, 2012). EBIC, 2013 yılında biyostimülantların daha detaylı bir tanımını yapmıştır: "Biyostimülantlar, bitkiye veya rizosfere uygulandığında, besinlerin emilim ve asimilasyon verimliliğini, abiyotik stres toleransını ve ürün kalitesini artıran doğal süreçleri uyaran maddeler ve/veya mikroorganizmalardır." Aynı dönemde, Du Jardin (2015), biyokimyasal ve fizyolojik fonksiyon ve etki biçimlerine dayalı biyostimülant etkinliğini ve kategorizasyonuna dikkat çekerek biyostimülant biliminin ilk derinlemesine yorumunu yapmıştır. Bu kategorizasyonlar ve analizler, AB'deki sonraki mevzuatın gelişiminde etkili olmuştur. Düzenleyici düzeyde, 1069/2009 ve 1107/2009 sayılı (EC) yönetmeliklerinde değişiklik yapılması ve 2003/2003 sayılı (EC) Yönetmeliğinin yürürlükten kaldırılması, AB pazarında gübrelerin bulunabilirliğine ilişkin kuralları belirleyen yeni Avrupa Yönetmeliği'nin (AB Yönetmeliği 2019/1009) yürürlüğe girmesiyle, daha önce yalnızca bireysel ülkeler tarafından düzenlenen "biyostimülant" kategorisi ilk kez yasal düzeyde uygulamaya konulmuştur (Regulation, 2019). Du Jardin (2015) göre, biyostimülant maddeler, hümkik maddeler (MacCarthy, 2001), deniz yosunu özleri (Khan vd., 2009), karmaşık organik maddeler (Nardi vd., 2016), amino asitler ve diğer azotlu bileşikler (Popko vd., 2018), terlemeyi önleyiciler (Mphande vd., 2020), faydalı kimyasal elementler (Calvo vd., 2014), fosfor dahil inorganik tuzlar (Aeron vd., 2021) ve kitin ve kitosan türevleri (Shahrajabian vd., 2021) olarak kategorize edildi.

2015 yılında, altı mikrobiyal olmayan ve üç mikrobiyal bitki biyostimülantı kategorisi önerildi (Colla ve Rouphael, 2015). Bunlarda sırasıyla kitosan (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015), humik ve fulvik asitler (Canellas vd., 2015), protein hidrolizatlar (Colla vd., 2015), fosfitler (Gómez-Merino ve Trejo-Téllez, 2015), deniz yosunu özleri (Battacharyya vd., 2015), silikon (Savvas ve Ntatsi, 2015), arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF) (Rouphael vd., 2015), bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) (Ruzzi ve Aroca, 2015) ve trichoderma türleri (López-Bucio vd., 2015) olarak sınıflandırılabilir.

1.2. Biyostimülant Kategorileri

1.2.1 Deniz Yosunu Ekstreleri

Deniz yosunlarının kullanımı, Roma ve Yunan dönemlerine dayanan uzun bir geçmişe sahiptir (Rindi vd., 2011; Arioli vd., 2015). Ancak, son yarım yüzyıl boyunca, üretimdeki hızlı artış (18 milyon ton) ve teknolojik gelişmelerin ardından, yetiştiriciliği endüstriyel ölçekte gelişmeye devam etmiştir (Winberg vd., 2014; El Boukhari vd., 2020). Makroalgler veya deniz yosunları, gri veya kırmızı, kahverengi ve yeşil olmak üzere pigmentasyonlarına göre üç kategoriye ayrılan yaklaşık 10.000 türü içerir (Cornish vd., 2020) ve biyoaktif peptitler, polisakkaritler, enzimler ve çoklu doymamış yağ asitlerinin önemli bir kaynağıdır (Okolie vd., 2018).

1.2.2 Protein Hidrolizatları

Protein hidrolazlar, kısmi hidroliz kullanılarak protein kaynaklarından üretilen polipeptit, oligopeptit ve amino asit karışımlarıdır (Colla vd., 2015). Genellikle çeşitli hayvan atıklarının (örneğin, iç organlar, deri, tüyler, kan) ve bitki biyokütlesinin (örneğin, bitkisel yan ürünler) kimyasal (alkali ve asit hidrolizi), enzimatik ve termal hidrolizi ile elde edilirler. Protein hidrolazlar sıvı özütler veya çözünmeyen tozlar halinde ve granül formda mevcuttur ve köklere veya yaprak spreyleri olarak uygulanabilir (Colla vd., 2017).

1.2.3 Hümik Asit ve Fulvik Asit

Humus, zayıf hidrofobik bağlarla bir arada tutulan küçük heterojen moleküllerin kendiliğinden bir araya gelen supramoleküler bir birleşimdir (Nebbioso ve Piccolo, 2012). Hümik maddeler, Dünya yüzeyindeki organik karbonun ana rezervini oluşturur ve bitki ve hayvansal maddelerin biyolojik ve kimyasal dönüşümlerinin yanı sıra mikrobiyal metabolizma ile oluşur. Toprak azot ve karbon döngüsünü, bitki ve mikroorganizmaların büyümesini ve toprak yapısının stabilizasyonunu düzenlemek gibi birçok önemli çevresel ve ekolojik işlemi gerçekleştirirler. Hümik maddeler, hidrofobik etkileşimler ve hidrojen bağları ile stabilize edilen dinamik birleşimler oluşturan düşük moleküler kütleli bileşenlerin bir koleksiyonudur. Hidrofobik asitler olarak adlandırılan humik maddeler, çözünürlüğe bağlı olarak iki kimyasal fraksiyona ayrılmaktadır. Bunlar humik asit ve fulvik asit (hümik asit, sulu alkali çözeltiye çözünür ve pH 1-2'de çökelir; buna karşılık, fulvik asit, sulu alkali

özütler asitleştirildikten sonra çözeltide kalır) olarak sınıflandırılır (Derrien vd., 2017).

1.2.4 Kitosan

Kitosan, kitinin (N-asetil-D-glukozamin ve D-glukozaminin bir kopolimeri) deasetillenmiş halidir. Böcek dış iskeletlerinde, mantar hücre duvarlarında ve kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarında bulunan doğal bir biyopolimerdir. Kitosan, bitkilerde çeşitli savunma genlerini (örneğin, glukanaaz ve kitinaaz gibi patojenezle ilgili genler) destekler. Ayrıca, reaktif oksijen türlerini temizleme sistemindeki çeşitli enzimleri (katalaz, süperoksit dismutaz ve peroksidad) uyarır. Kitosan, bitki büyümesini, abiyotik stres toleransını ve patojen direncini teşvik etmek için bir PB olarak kullanılmıştır (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015).

1.2.5 Trichoderma türleri

Trichoderma türleri, bitki büyümesini destekleyerek ve kök ve sürgünlerde gen ifadesini yeniden programlayarak kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere karşı yardımcı olur ve böylece besin ve su edinimini iyileştirir. Ayrıca, birçok mantar bitki patojenini inhibe etme kapasitesi nedeniyle faydalı bir mikroorganizma olarak da kullanılmıştır (López-Bucio vd., 2015). Bu rizosfer mikroorganizmaları, olumsuz bitki patojeni mantarların ölümüne yol açan ve kimyasal girdileri azaltarak doğal kaynakların korunmasını teşvik eden büyük miktarlarda hücre dışı enzimler (yani, 6-pentil-2H-piran-2-on ve oksin indol-3-asetik asit) üreterek işlev görür (Esparza-Reynoso vd., 2020).

1.2.6 Bitki Büyümesini Destekleyen Rizobakteriler (PGPR)

Bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı direnci artıran bu faydalı mikroorganizmalar, rizosfer adı verilen bir alanda bitki köklerinin yakınında yaygındır. Bu mikroorganizmaları *Alcaligenes*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium* ve *Serratia* olarak sınıflandırabiliriz. PGPR, bitkilerle etkileşimlerine göre simbiyotik bakteriler (bitki dokularında yaşayan ve metabolit alışverişinde bulunan) ve serbest yaşayan rizobakteriler (bitki

dokularının dışında yaşayan ve bitki büyümesini destekleyen) olarak ikiye ayrılabilir (Azizoglu vd., 2021). Bitki sağlığı üzerindeki faydalı etkileri nedeniyle fitopatojenleri baskılayarak ve besin asimilasyonunu hızlandırarak, biyolojik mücadele için araştırılan bakteriler arasında aktinobakterilere daha fazla ilgi gösterilmiştir. Bu filamentli bakteriler, konak patojenlerin antagonistleri olan bitki büyümesini teşvik edici maddeler (sideroforlar, antifungal bileşikler, hidrolitik enzimler, hidrosiyamik asit ve amonyak gazı) olarak işlev gören çok çeşitli biyoaktif bileşikler üretir ve fitohormonları sentezler, atmosferik azotu sabitler, inorganik fosfatı çözer ve 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC) deaminaz enzimini üreterek stres kaynaklı etileni inhibe eder (Sathya vd., 2017; Rani ve Wati, 2020). Ek olarak, sistemik direnç (ISR) ve antimikrobiyal bileşiklerin (yani fengycin, kitinaz, bakteriyosin, zwittermicin ve hücre duvarı parçalayıcı enzimler) üretimini sağlayarak fitopatojenlerin zararlı etkilerini zayıflatarak bitki büyümesini dolaylı olarak yoğunlaştırabilirler (Azizoglu, 2019).

1.2.7 Arbüsküler Mikorizal Mantarlar (AMF)

AMF, asma kökleriyle simbiyotik ilişkiler kurabilen önemli bir toprak mikroorganizma grubudur ve sürdürülebilir bağcılık uygulamalarıyla bağ ekosisteminin ayrılmaz bir bileşenini temsil eder. Bağda yaşayan mikrobiyota ve mutualistik bitki-mikrop etkileşimleri, toprakların biyolojik kalitesini, asmaların değişen ortamlara adaptasyonunu ve üzüm kalitesini belirleyerek abiyotik streslere verilen yanıtı etkiler (Torres vd., 2021).

1.2.8 Silisyum (Si)

Silisyum, silikat veya alüminyum silikat olarak toprağın önemli bir bölümünü oluşturur, ancak bol miktarda bulunmasına rağmen çoğu bitkiler tarafından doğrudan emilemez. 0,1 ila 2,0 mM (pH < 9) arasındaki konsantrasyonlarda, H_4SiO_4 (silisik asit) kök sistemine kolayca emilir. Bitkilerin toprak üstü kısımlarındaki konsantrasyonu %0,1 ile %10,0 kuru ağırlık arasında değişir (Etesami, 2018). Çeşitli abiyotik ve biyotik streslere karşı bitki direncini artıran faydalı bir element olarak kabul edilir (Bakhat vd., 2018). Si, kök kütlesini ve yoğunluğunu iyileştirerek bitki canlılığını artırır. Bitki hücre duvarı mukavemetini, yapısal bütünlüğünü, kuraklık ve dona dayanıklılığını artırır ve bitkilerin doğal zararlı ve hastalıkla mücadele sistemlerini güçlendirir (Rajput vd., 2021).

1.2.9 Fosfit

Fosfit ($H_2PO_3^-$; Phi) ve konjugatı fosforik asit (H_3PO_3), giderek artan bir şekilde ek biyostimülant, gübre ve pestisit olarak benimsenmektedir. Bir fosforik asit olarak Phi, besin alımını ve asimilasyonunu, abiyotik stres toleransını ve üzüm kalitesini iyileştirir (Gómez-Merino ve Trejo-Téllez, 2015). Birçok çalışma, Phi'nin oomisitlerin (*Plasmopara viticola*, *Phytophthora* ve *Pythium*), bakterilerin (*Streptomyces scabies*, *Erwinia carotovora* ve *E. amylovora*) ve mantarların (*Fusarium*, *Armillaria mellea*, *Phakopsora euvtis* ve *Elsinoe ampelina*) neden olduğu bitki hastalıklarının kontrolündeki etkinliğini göstermiştir (Da Silva vd., 2019; Wu vd., 2019).

2.BİYOSTİMÜLANTLARIN VERİM VE VEJETATİF PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ

Son yıllarda asmada biyostimülant uygulamaları, özellikle deniz yosunu ekstreleri, amino asit türevleri, organik asitler ve biyopolimerler gibi farklı kaynaklardan elde edilen ürünlerin bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal performansını iyileştirme potansiyeli üzerine yoğunlaşmıştır (Tablo 1). Deniz yosunu kökenli biyostimülantlar, özellikle *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* ve *Macrocystis integrifolia* türlerinden elde edilen ekstrelerin, asmada verim, salkım ve tane özellikleri, fotosentetik aktivite, stoma iletkenliği, fenolik içerik ve antioksidan aktivitesini artırıcı etkileri olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Doğan ve Yazar, 2025). Tempranillo çeşidine *Rugulopteryx okamurae* uygulaması trans-resveratrol, jasmonik asit, SOD ve CAT aktivitelerinde artış sağlarken, salisilik asit düzeyinde azalmaya neden olmuştur (Zarraonaindia vd., 2023). Benzer şekilde, *Ascophyllum nodosum* ekstraktı uygulanan Cabernet Sauvignon ve Merlot çeşitlerinde, antosiyaninlerde, toplam polifenollerde ve verimde artış belirlenmiştir (Taskos vd., 2019; Pessenti vd., 2022).

Biyostimülantların etkileri yalnızca deniz yosunu ekstreleriyle sınırlı kalmayıp, azotlu organik bileşikler ve amino asit türevleri de asmada verim ve kaliteyi artırıcı etkiye sahiptir. Glisin betain uygulamaları Touriga Franca çeşidinde fenoller ve antioksidan aktiviteyi artırmış (Monteiro vd., 2023), başka bir çalışmada ise prolin uygulaması ise Red Globe çeşidinde salkım büyüklüğü, şeker birikimi ($^{\circ}$ Brix), pH, fenolik ve antosiyanin içeriklerini artırmıştır (Kok, 2024). Ayrıca amino asit uygulanan Thompson Seedless çeşidinde C vitamini ve toplam fenol düzeyleri artmıştır (Rashid ve Al-Atrushy,

2025). Melatonin ve salisilik asit gibi sinyal molekülleri de asmada antioksidan savunma sistemi, aroma bileşenleri ve amino asit metabolizmasını olumlu yönde etkilemiştir (Nazari vd., 2022; Wang vd., 2022; Zhu vd., 2023; Wang vd., 2025). Bu bulgular, biyostimülantların fizyolojik performansı artırmanın ötesinde, fenolik metabolizma ve kalite bileşenleri üzerinde de çok yönlü etki sağladığını göstermektedir.

Organik ve mineral bazlı biyostimülantlar da asmada kalite unsurlarını iyileştirmede etkili olduğu tespit edilmiştir. Vermikompost hümik asitlerin uygulandığı Feteasca Regala ve Italian Riesling çeşitlerinde verim, salkım/tane boyutu ve kuru madde artışı ile birlikte asitlikte azalmalar tespit edilmiştir (Popescu ve Popescu, 2018). Fakhri üzüm çeşidine potasyum silikat ve hümik asit uygulamaları yaprak klorofili, meyve polifenoller, antosiyaninler ve antioksidan aktivitesinde artışlara neden olmuştur (Rasouli vd., 2024). Benzer şekilde, Garganega üzüm çeşidine silika uygulamaları tanelerde fenol ve karotenoid birikimini (Malagoli vd., 2022), Zeowine uygulamaları ise Sangiovese çeşidinde fotosentez, tane boyutu, şeker birikimi ve fenolik profili (Cataldo vd., 2023) iyileştirmiştir. Bu sonuçlar, biyostimülantların bitki besin alımı, fotosentetik kapasite ve metabolik profilde sinerjik bir etki oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 1: Biyostimülant uygulamalarının verim ve vejetatif performans üzerine etkileri

Kaynak	Çeşit	Uygulama	Sonuç
Taskos vd. (2019)	Merlot	Deniz Yosunu (<i>A. nodosum</i>)	Verim, tane sayısı ve antosiyaninlerde artış
Garde-Cerdán vd. (2021)	Tempranillo	Deniz Yosunu (<i>A. nodosum</i>)	Malvidinler, mirisetinler ve stilbenlerde artış
Pessenti vd. (2022)	Cabernet Sauvignon	Deniz Yosunu (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	Meyvelerdeki antosiyaninler ve toplam polifenollerde artış
Zarraonaindia vd. (2023)	Tempranillo	Deniz yosunu (<i>Rugulopteryx Okamurae</i>)	Rrans-resveratrol, jasmonik asit, SOD ve CAT'te artış, salisilik asitte azalma
Samuels vd. (2024)	Cabernet Sauvignon	Deniz Yosunu (<i>Ecklonia maxima</i>)	Verimde %15, yaprak alanı ve fotosentezde artış

Doğan ve Yazar (2025)	Alphonse Lavallée	Deniz Yosunu (<i>A. nodosum</i> , <i>Ecklonia maxima</i> ve <i>Macrocystis integrifolia</i>)	Verim, salkım ve tane özellikleri, stoma iletkenliği, fotosentetik aktivite, toplam fenoller ve antioksidant aktivitesinde artış
Monteiro vd. (2023)	Touriga Franca	Glisin betain	Taneerdeki Difenoller ve Antioksidan Aktivitesinde artış
Kok (2024)	Red Globe	Prolin	Salkım uzunluğu/ağırlığı, °Brix, pH, olgunluk indeksi, fenoller, antosiyaninler ve antioksidan kapasitesinde artış
Peli vd. (2025)	Black Magic	Mısır gluteni hidrolizati	Salkım ağırlığı, tane ağırlığı, kuru madde, olgunlaşma ve antosiyanin taşıma genlerinin transkriptomik aktivasyonunda artış
Popescu ve Popescu (2018)	Feteasca Regala, Italian Riesling	Vermikompost humik asitleri	Verim, salkım/tane boyutu ve kuru maddede artış, asitlikte azalma
Rasouli vd. (2024)	Fakhri	Potasyum silikat ve hümik asit	Salkım ağırlığı, meyve polifenoller/ antosiyaninler, yaprak klorofili ve antioksidan aktivitesinde artış
Bartkovský vd. (2024)	Sauvignon Blanc	Hümik asit	Yapraklarda Ca, P, K, Mg, Zn, B, Şıra ve şarapta ise N, K, P, B elementlerinde artış
Malagoli vd. (2022)	Garganega	Silika	Tanelerdeki fenoller ve karotenoidlerde artış
Nazari vd. (2022)	Bidane Ghermez,	Salisilik asit	Fotosentetik pigmentler, şekerler,

	Bidane Sefid		prolin/proteinler ve SOD'da artış
Zhu vd. (2023)	Chardonnay	Salisilik asit	Tanelerdeki çözünebilir katılamino asitler ve aroma bileşiklerinde artış
Rashid ve Al-Atrushy (2025)	Thompson Seedless	Amino asit	Vitamin C ve toplam fenollerde artış
Chen vd. (2025)	Marselan	γ -Poliglutamik asit ve alginik asit	delphinidin, siyanidin, peonidin, malvidinlerde artış
Cataldo vd. (2023)	Sangiovese	Zeowine (zeolit + şaraphane kompostu)	Fotosentez, tane boyutu, şekerler, antosiyaninler ve iyileştirilmiş fenolik profilde artış
Wang vd. (2022)	Kyoho	Melatonin	Amino asitler (arginin, prolin, GABA) ve poliaminlerde artış
Wang vd. (2025)	Cuibao Seedless	Melatonin ve salisilik asit	Antioksidan kapasitesinde artış

3.BİYOSTİMÜLANTLARIN ABİYOTİK STRES TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

İklim değişikliğiyle ilişkili iklimsel anomalilerin öngörülemez ve zararlı etkileri nedeniyle, bitkiler kaçınılmaz olarak verimi ve nihai ürün kalitesini düşüren birçok stresle karşı karşıya kalmakta ve bu da gıda güvenliği hedeflerine ulaşmayı zorlaştırmaktadır (Goud vd., 2022). Biyostimülant etkili ürünlerin kullanımı, bu stres faktörlerine karşı koymak ve elde edilebilir verim ile potansiyel verim arasındaki farkı azaltmak için en yenilikçi ve umut verici araçlardan birini temsil etmektedir (Rouphael ve Colla, 2020). Bitkilerin çevresel streslere adaptif hücresel yeniden programlama yoluyla yanıt verdiği göz önüne alındığında, verim düşüşleri yalnızca belirli streslerden değil, aynı zamanda bu streslerin bir arada bulunmasından da kaynaklanmaktadır (Atta-Boateng ve Berlyn, 2021). Hayvansal kökenli protein hidrolizatının bitkilerinde kuraklık, oksijen ve demir eksikliğini hafiflettiğini ve bu etkinin

formülasyondaki peptitlerin sinerjik etkisinden kaynaklandığı bilinmektedir (Ambrosini vd., 2022).

Bu bağlamda, su stresi altındaki bitkilerde glisin betain bazlı bir biyostimülantın fotosentezi stabilize ederek karotenoid ve lipid birikimini artırdığını ve su kullanım verimliliğini geliştirdiği tespit edilmiştir (Antonucci vd., 2021).

Yapılan birçok çalışma sonucunda farklı biyostimülant kullanımının bitkilerdeki su (Frioni vd., 2021; Del Zozzo vd., 2024), tuzluluk (Qin vd., 2016; Heidarpour vd., 2025) ve yüksek sıcaklık (Alfonso vd., 2025; Yssel vd., 2025) koşullarında fotosentez etkinliğini koruduğu veya artırdığı belirlenmiştir. Ganugi vd. (2023) yaptıkları çalışmada su stresi altında üzümlere arbusküler mikoriza uygulamalarının tanelerdeki antosiyaninler, fenolik asitler ve stilbenlerde artışlara neden olduğunu belirlemişler. Farklı bir çalışmada ise Öküzgözü üzüm çeşidine tuzluluk stresine karşı şikonin uygulamalarının fenolikler, şekerler ve malvidin-3-O'Glukozitte artışın yanında kalitede de iyileşme belirlemiştir (Yağcı, 2025).

Kuraklık stresi altında yapılan çalışmalar, çeşitli biyostimülantların ve mikrobiyal uygulamaların asmanın fizyolojik performansını ve meyve kalitesini artırdığını göstermektedir. Meggio vd. (2020), Sauvignon Blanc üzüm çeşidinde hidrolize kolajen uygulamasının genç organ büyümesini koruduğunu ve meyve çapında artış sağladığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Frioni vd. (2021), Pinot Noir üzüm çeşidine deniz yosunu (*A. nodosum*) uygulamasının fotosentez, su kullanım etkinliği (%35 artış), çözünür şekerler ve kuru madde içeriklerini artırdığını belirlemişlerdir. Arbusküler mikorizal mantarların kullanımı da meyvelerde antosiyanin, fenolik asit ve stilben birikimini artırmış (Ganugi vd., 2023), ozmolit ve antioksidan enzim aktivitelerini artırarak ROS ve lipid peroksidasyonunu azaltmıştır (Ye vd., 2023). Prolin ile zenginleştirilmiş maya hidrolizatı uygulamaları Barbera üzüm çeşidinde yaprak su potansiyelini, fotosentez verimliliğini ve fenolik içerikleri artırmıştır (Del Zozzo vd., 2024). Ayrıca bazı bakteri uygulamaları (*Bacillus* türleri), kuraklık altında vejetatif ve kök gelişimi ile kuru biyokütle artışı sağlamıştır (Papantzikos vd., 2024; Zapata-García vd., 2024).

Tuzluluk stresi durumunda, biyostimülant uygulamaları bitki dayanıklılığını artırmada etkili bulunmuştur. Qin vd. (2016), Cabernet Sauvignon üzüm çeşidine potasyum silikat uygulamasının klorofil, fotosentez, şeker ve nişasta birikimini artırdığını bildirmişlerdir. Nanokitosan ve putresin

uygulamaları Sultana üzüm çeşidinde ise PSII etkinliği, SOD/CAT/APX enzim aktiviteleri ile antosiyanin ve fenolik içeriklerde artış sağlamıştır (Panahirad vd., 2023). Spermidin uygulamaları Bidaneh-Sefid ve SiahSardasht üzüm çeşitlerinde Ca, Mg, K, P, Fe ve Zn alımını ve antioksidan enzim aktivitelerini arttırırken MDA ile elektrolit sızıntısını azaltmıştır (Shokri vd., 2024). Kuersetin ve şikonin gibi fenolik ve bitki bileşikleri de tuzluluk stresi altında antioksidan kapasiteyi artırmış ve meyve kalitesini iyileştirmiştir (Zhang vd., 2024). Sodyum silikat uygulamaları ise biyokütle, fotosentez ve ozmolit birikimini desteklemiştir (Heidarpour vd., 2025).

Isı stresine karşı yapılan uygulamalar da üzümler tarafından olumlu tepkiler vermiştir. Soğuk stres altında putresin, salisilik asit ve askorbik asit uygulamaları antioksidan aktiviteleri ve fotosentetik pigmentleri artırmış, ROS ve lipid peroksidasyonunu azaltmıştır (Jalili vd., 2023). Yüksek sıcaklık stresinde, deniz yosunu ekstraktları (*A. nodosum* ve *E. maxima*) fotosentez ve meyve büyüklüğünü artırmış, yüksek ısı zirvelerine karşı dayanıklılığı geliştirmiştir (Yssel vd., 2025). Ayrıca, peynir altı suyu proteini hidrolizatları, sıcaklık ve su açığı stresinden sonra fotosentez geri kazanımını desteklemiştir (Alfonso vd., 2025).

Biyostimülantların uygulamaları asmada kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi abiyotik streslere karşı toleransı artırmada, fotosentez, su kullanım etkinliği, antioksidan savunma ve meyve kalitesini iyileştirmede etkin araçlar olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Biyostimülant uygulamalarının abiyotik stres performansı üzerine etkileri

Kaynak	Çeşit	Stres	Uygulama	Sonuç
Meggio vd. (2020)	Sauvignon Blanc	Kuraklık	Hidrolize kalojen	Kuraklık altında genç organ büyümesi korundu, meyve çapında artış
Frioni vd. (2021)	Pinot Noir	Kuraklık	Deniz Yosunu (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	Fotosentez, su kullanım etkinliği (+%35), çözünür şekerler ve kuru maddede artış
Ganugi vd. (2023)	Malvasia di Candia Aromatica	Kuraklık	Arbusküler mikorizalar	Meyvelerdeki antosiyaninler, fenolik asitler ve stilbenlerde artış
Ye vd. (2023)	Ecolly	Kuraklık	Arbusküler mikorizal mantarlar	Ozmolitler antioksidan enzimler ve gen

				indüksiyonunda artış, ROS ve lipid peroksidasyonunda azalma
Del Zozzo vd. (2024)	Barbera	Kuraklık	Prolinle zenginleştirilmiş maya hidrolizati	Yaprak su potansiyali, fotosentez verimliliği, prolin ve pigmentlerde, verim, antosiyaninler ve fenollerde artış
Papantzikos vd. (2024)	Debina	Kuraklık	Bakteri (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)	Vejetatif ve kök gelişimi, kuru biyokütle ve fizyolojide artış
Zapata-García vd. (2024)	Sweet Celebration	Kuraklık	Bakteri (<i>Bacillus paralicheniformis</i>) Deniz Yosunu (<i>A. nodosum</i>) ve amino acids	Su kullanım verimliliğinde artış, daha erken hasat, verimde azalma meydana gelmemiş
Mustafa ve Al-Atrushy (2025)	Khoshnaw	Kuraklık	Prolin, Hümkik ve fülvik asit	Yaprak alanı, yapraklarda klorofil ve azot, kuraklığa karşı gelişmiş toleransta artış
Qin vd. (2016)	Cabernet Sauvignon	Tuzluluk	Potasyum Silikat	Klorofil, fotosentez, şekerler, nişastada ve gelişmede artış
Panahirad vd. (2023)	Sultana	Tuzluluk ve metal	Nanokitosan, putresin	PSII, SOD/CAT/APX, antosiyaninler ve fenollerde artış
Shokri vd. (2024)	Bidaneh-Sefid ve SiahSardasht	Tuzluluk	Spermidin	Ca, Mg, K, P, Fe, Zn alımında, CAT/GPX enzimlerinde artış, MDA ve elektrolit sızıntısında azalma
Zhang vd. (2024)	Pinot Noir	Tuzluluk	Kuersetin	SOD/POD, AsA ve GSH artış, ROS ve yaprak nekrozunda azalma
Yağcı (2025)	Öküzgözü	Tuzluluk	Şikonin	Fenolikler, şekerler ve malvidin-3-O'Glukozitte artış, kalitede iyileşme

Heidarpour vd. (2025)	GharaUzum × <i>V. riparia</i> , Kober 5BB, GhezelUzum	Tuzluluk	Sodyum silikat	Biyokütle, fotosentez ve ozmolitlerde artış.
Jalili vd. (2023)	Giziluzum	Isı (soğuk)	Putresin, salisilik asit ve askorbik asit	Antioksidanlar ve fotosentetik pigmentlerde artış, ROS ve lipid peroksidasyonunda azalma
Yssel vd. (2025)	Chardonnay	Isı (yüksek sıcaklık)	Deniz yosunu (<i>Ascophyllum nodosum</i> ve <i>Ecklonia maxima</i>)	<i>A. nodosum</i> : Serin iklimde fotosentez ve meyve büyüklüğünde artış; <i>E. maxima</i> : 36 °C'nin üzerindeki ısı zirvelerine dirençte artış
Alfonso vd. (2025)	Cabernet Sauvignon	Isı (yüksek sıcaklık) + Su	Peynir altı suyu proteini hidrolizatları	40 °C'nin altında + su açığı: Rehidrasyondan sonra fotosentez geri kazanımında artış

4. BİYOSTİMÜLANTLARIN BİYOTİK STRES TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Tarımda kullanılan kimyasalların biyokontrol ajanlar geliştirilerek azaltılma olasılığı, tüm tarım sektörünün geleneksel kimyasal girdilere olan bağımlılıktan daha fazla kurtulmasına yardımcı olacak ve üreticilere ve tüketicilere sürdürülebilir çözümler sunacaktır (Lahlali vd., 2022). Zhang vd. (2020), 60 aktinomiseti izole ettikten sonra, bunların 17'sinde, küresel olarak en yaygın toprak hastalıklarından birine neden olan bir patojen olan *Fusarium oxysporum* tropikal ırk 4'e (TR4) karşı önemli bir antifungal aktivite gözlemlenmiştir. Xu vd., (2022) bitkilerde, YB-04 adlı yeni izole edilmiş bir *Bacillus subtilis* suşunun *F. oxysporum*'a karşı güçlü bir biyokontrol aktivitesi olduğunu bildirmiştir. Bu etki, bu suşun amilaz, selüloz ve hücre dışı proteaz salgılamasının yanı sıra indolasetik asit ve siderofor üretme yeteneğine bağlanmıştır. *Bacillus tequilensis*'in fungal patojen *Colletotrichum acutatum*'a karşı antagonistik aktivitesinin in vitro değerlendirilmesi sonucunda, hastalık görülme sıklığının kontrole kıyasla azaldığı belirlenmiştir (Kwon vd., 2022).

Drobek vd. (2021) *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces* sp., *Lysobacter* sp. ve *Pseudomonas* sp. gibi bakterilerden oluşan çeşitli mikrobiyal konsorsiyumların, bitkilerde ana mikrobiyal patojenleri (*Botrytis cinerea*, *Verticillium* sp., *Phytophthora* sp. ve *Colletotrichum* sp.) kontrol etmedeki etkinliğini doğrulamış ve ayrıca nihai meyve kalitesi üzerindeki olumlu etkisini vurgulamıştır. Valverde vd. (2022) 20 ticari makroalg ürününün, meyvelerdeki hasat sonrası patojene (*B. cinerea* ve *Penicillium digitatum*) karşı antifungal aktivitesi değerlendirilmiştir. Test edilen ürünlerin kimyasal değerlendirmesinin ardından elde edilen sonuçlar, bazı spesifik biyoaktif bileşenlerin *B. cinerea* insidansını azalttığını doğrulamıştır. *Trichoderma asperellum* ve *Beauveria bassiana* konsorsiyumunun bitkilere uygulanması, yalnızca antioksidan enzim aktivitelerini ve klorofil içeriğini artırmakla kalmamış, aynı zamanda *Ostrinia furnacalis*'in hayatta kalma oranını da azaltmıştır (Batool vd., 2020).

Asma üzerinde yapılan biyostimülant uygulamalarına ilişkin çalışmaların büyük çoğunluğu, verim artışı, kalite parametrelerinin iyileştirilmesi, fizyolojik süreçlerin düzenlenmesi ve çeşitli abiyotik stres koşullarına (örneğin kuraklık, tuzluluk, sıcaklık stresi) karşı bitki dayanıklılığının artırılması üzerine yoğunlaşmış olup, biyotik stres faktörlerine (hastalık ve zararlılar gibi) yönelik araştırmaların ise oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan birinde Puccioni vd., (2025), Cabernet Sauvignon üzüm çeşidine yaptıkları maya uygulamasıyla külemeye karşı %93'ün üzerinde koruma seviyelerine ulaşmışlardır. Bir başka çalışmada ise Chardonnay üzüm çeşidine kitosan uygulamasıyla küleme ve kurşuni küf enfeksiyonlarını azaltmışlardır (Aziz vd., 2006). Sangiovese üzüm çeşidine deniz yosunu uygulamasıyla kurşuni küfe (Frioni vd., 2019), Cabernet Sauvignon üzüm çeşidine ise metil jasmonat uygulamasıyla da külemeye (Belhadj vd., 2006) karşı dayanıklılığının arttığı belirlenmiştir.

Tablo 3: Biyostimülant uygulamalarının biyotik stres performansı üzerine etkileri

Kaynak	Çeşit	Uygulama	Sonuç
Aziz vd. (2006)	Chardonnay	Kitosan	Külleme ve kurşuni küf asma yapraklarındaki enfeksiyonunu önemli ölçüde azalttı
Belhadj vd., (2006)	Cabernet Sauvignon	Metil Jasmonat	Külleme patojenine karşı dayanıklılığının artırdı
Frioni vd. (2019)	Sangiovese	Deniz yosunu (<i>A. nodasum</i>)	Kurşuni küfün etkisini azalttığı
Puccioni vd. (2025)	Cabernet Sauvignon	Maya	Kritik büyüme aşamalarında %93'ün üzerinde koruma seviyelerine ulaşarak, küllemeye karşı önemli bir etkinlik göstermiştir

5. SONUÇ

Asmada biyostimülant uygulamaları, verim ve kaliteyi artırmanın yanı sıra fizyolojik performansı ve metabolik süreçleri olumlu yönde etkileyen çok yönlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. Deniz yosunu ekstraktları, amino asitler, organik asitler ve biyopolimerler gibi farklı biyostimülantlar, fotosentez kapasitesini, stoma iletkenliğini, fenolik ve antosiyanin birikimini ve antioksidan savunmayı güçlendirerek bitkinin genel sağlığını iyileştirmektedir.

Biyostimülantlar, kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarında asmada dayanıklılığı artırmakta, fotosentez ve su kullanım etkinliğini korumakta ve meyve kalitesi ile fenolik metabolizmayı olumlu yönde etkilemektedir. Bu sayede stres koşullarında verim kayıpları minimize edilmekte ve bitkinin adaptasyon kapasitesi artırılmaktadır.

Biyotik streslere karşı biyostimülantların potansiyeli de giderek artan bir ilgi alanıdır; bazı mikrobiyal suşlar ve sinyal molekülleri patojenlere karşı savunmayı güçlendirmekte ve meyve sağlığını korumaktadır. Gelecekte hem biyotik hem de abiyotik stresleri birlikte ele alan uzun süreli çalışmalar, biyostimülantların optimal kullanım stratejilerini belirleyerek sürdürülebilir bağcılığa katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Aeron, A., Dubey, R. C., & Maheshwari, D. K. (2021). Next-generation biofertilizers and novel biostimulants: documentation and validation of mechanism of endophytic plant growth-promoting rhizobacteria in tomato, *Archives of Microbiology*, 203(6), 3715-3726.
- Alfonso, E., Andlauer, W., Brück, W. M., & Rienth, M. (2025). Whey protein hydrolysates enhance grapevine resilience to abiotic and biotic stresses, *Frontiers in Plant Science*, 16, 1521275.
- Ambrosini, S., Prinsi, B., Zamboni, A., Espen, L., Zanzoni, S., Santi, C., Varanini, Z., & Pandolfini, T. (2022). Chemical characterization of a collagen-derived protein hydrolysate and biostimulant activity assessment of its peptidic components, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(36), 11201-11211.
- Antonucci, G., Croci, M., Miras-Moreno, B., Fracasso, A., & Amaducci, S. (2021). Integration of gas exchange with metabolomics: high-throughput phenotyping methods for screening biostimulant-elicited beneficial responses to short-term water deficit, *Frontiers in Plant Science*, 12, 678925.
- Arias, L. A., Berli, F., Fontana, A., Bottini, R., & Piccoli, P. (2022). Climate change effects on grapevine physiology and biochemistry: Benefits and challenges of high altitude as an adaptation strategy, *Frontiers in Plant Science*, 13, 835425.
- Arioli, T., Mattner, S. W., & Winberg, P. C. (2015). Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future, *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 2007-2015.
- Atta-Boateng, A., & Berlyn, G. P. (2021). Limiting-Stress-Elimination Hypothesis: Using Non-hormonal Biostimulant to Reduce Stress and Increase Savanna Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Productivity, *Frontiers in Plant Science*, 12, 732279.
- Aziz, A., Trotel-Aziz, P., Dhuicq, L., Jeandet, P., Couderchet, M., & Vernet, G. (2006). Chitosan oligomers and copper sulfate induce grapevine defense reactions and resistance to gray mold and downy mildew, *Phytopathology*, 96(11), 1188-1194.

- Azizoglu, U. (2019). *Bacillus thuringiensis* as a biofertilizer and biostimulator: a mini-review of the little-known plant growth-promoting properties of Bt, *Current Microbiology*, 76(11), 1379-1385.
- Azizoglu, U., Yilmaz, N., Simsek, O., Ibal, J. C., Tägele, S. B., & Shin, J.-H. (2021). The fate of plant growth-promoting rhizobacteria in soilless agriculture: Future perspectives, 3 *Biotech*, 11(8), 382.
- Bakhat, H. F., Bibi, N., Zia, Z., Abbas, S., Hammad, H. M., Fahad, S., Ashraf, M. R., Shah, G. M., Rabbani, F., & Saeed, S. (2018). Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review, *Crop Protection*, 104, 21-34.
- Balogh, J. M., & Maró, Z. M. (2025). Impacts of climate change on the global wine sector: The case of cool-climate countries, *Amfiteatru Economic*, 27(69), 571-586.
- Bartkovský, M., Semjon, B., Regecová, I., Baričičová, V., Očenáš, P., Šuláková, L., & Marcincák, S. (2024). The Effect of a Leaf Fertilization Method Using Humic Acids on the Minerality and Chemical Composition of Sauvignon Blanc Wine from the Slovak Wine Region, *Fermentation*, 10(12), 651.
- Batool, R., Umer, M. J., Wang, Y., He, K., Zhang, T., Bai, S., Zhi, Y., Chen, J., & Wang, Z. (2020). Synergistic effect of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma asperellum* to induce maize (*Zea mays* L.) defense against the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera, Crambidae) and larval immune response, *International journal of molecular sciences*, 21(21), 8215.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture, *Scientia horticulturae*, 196, 39-48.
- Belhadj, A., Saigne, C., Telef, N., Cluzet, S., Bouscaut, J., Corio-Costet, M.-F., & Mérillon, J.-M. (2006). Methyl jasmonate induces defense responses in grapevine and triggers protection against *Erysiphe necator*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(24), 9119-9125.
- Berlyn, G., & Russo, R. (1990). The use of organic biostimulants to promote root growth, *Belowground Ecol.*, 2, 12-13.
- Bernáth, S., Paulen, O., Šiška, B., Kusá, Z., & Tóth, F. (2021). Influence of climate warming on grapevine (*Vitis vinifera* L.) phenology in conditions of Central Europe (Slovakia), *Plants*, 10(5), 1020.

- Blagoveshchensky, A. (1955). Biogenic stimulants in agriculture, *Priroda*, 7, 43-47.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant and soil*, 383(1), 3-41.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, *Scientia horticulturae*, 196, 15-27.
- Castillo, N., Cavazos, T., & Pavia, E. G. (2023). Impact of climate change in Mexican winegrape regions, *International Journal of Climatology*, 43(14), 6621-6642.
- Cataldo, E., Fucile, M., Manzi, D., Masini, C. M., Doni, S., & Mattii, G. B. (2023). Sustainable soil management: effects of clinoptilolite and organic compost soil application on eco-physiology, quercetin, and hydroxylated, methoxylated anthocyanins on *Vitis vinifera*, *Plants*, 12(4), 708.
- Chen, H., Zhang, L., Yang, B., Wang, M., Ma, L., Shi, J., Zhang, Z., & Zeng, Q. (2025). Effects of foliar applications of γ -polyglutamic acid and alginic acid on the quality and antioxidant activity of Marselan grapes and wines, *Food Chemistry: X*, 25, 102112.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38.
- Colla, G., & Rouphael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture, *Sci. Hortic.*, 196, 1-134.
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome, *Frontiers in Plant Science*, 8, 2202.
- Cornish, M. L., Monagail, M. M., & Critchley, A. T. (2020). The animal kingdom, agriculture and seaweeds, *Journal of Marine Science and Engineering*, 8 (8), 574.
- Da Silva, H. F., Pinto, K. M. S., Nascimento, L. C. d., Silva, E. C. d., & Souza, W. C. O. d. (2019). Evaluation of the use of biotic and abiotic resistance elicitors against anthracnose in grapevine (*Vitis labrusca* L.), *Summa Phytopathologica*, 45, 70-75.

- Del Zozzo, F., Barmapa, D. M., Canavera, G., Giordano, L., Palliotti, A., Battista, F., Poni, S., & Frioni, T. (2024). Effects of foliar applications of a proline-rich specific yeast derivative on physiological and productive performances of field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L.), *Scientia horticulturae*, 326, 112759.
- Derrien, M., Lee, Y. K., Park, J.-E., Li, P., Chen, M., Lee, S. H., Lee, S. H., Lee, J.-B., & Hur, J. (2017). Spectroscopic and molecular characterization of humic substances (HS) from soils and sediments in a watershed: comparative study of HS chemical fractions and the origins, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(20), 16933-16945.
- Dinu, D. G., Ricciardi, V., Demarco, C., Zingarofalo, G., De Lorenzis, G., Buccolieri, R., Cola, G., & Rustioni, L. (2021). Climate change impacts on plant phenology: Grapevine (*Vitis vinifera*) bud break in wintertime in Southern Italy, *Foods*, 10(11), 2769.
- Doğan, O., & Yazar, K. (2025). Effect of Different Seaweed Extracts on Yield, Quality and Physiological Characteristics of the Alphonse Lavallée (*Vitis vinifera* L.) Grape Variety, *Horticulturae*, 11(9), 1118.
- Drobek, M., Cybulska, J., Gałazka, A., Feledyn-Szewczyk, B., Marzec-Grządziel, A., Sas-Paszt, L., Gryta, A., Trzciński, P., Zdunek, A., & Frąc, M. (2021). The use of interactions between microorganisms in strawberry cultivation (*Fragaria x ananassa* Duch.), *Frontiers in Plant Science*, 12, 780099.
- Du Jardin, P. (2012). The Science of Plant Biostimulants—A Bibliographic Analysis; Ad hoc Study Report; European Commission: Brussels, Belgium, 2012.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia horticulturae*, 196, 3-14.
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems, *Plants*, 9(3), 359.
- Elliott, M., & Prevatte, M. (1996). Response of Tifdwarf Bermudagrass to Seaweed-Derived Biostimulants, *HortTechnology*, 6(3), 261-262.
- Enjolras, G., & Viviani, J. L. (2025). The Impact of Climate Change on the Income of Wine Producers in the Bordeaux Region, *Business Strategy and the Environment*, 34(4), 4337-4353.

- Esparza-Reynoso, S., Pelagio-Flores, R., & López-Bucio, J. (2020). Mechanism of plant immunity triggered by Trichoderma, In: New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering, Eds: Elsevier, p. 57-73.
- Etesami, H. (2018). Can interaction between silicon and plant growth promoting rhizobacteria benefit in alleviating abiotic and biotic stresses in crop plants?, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 253, 98-112.
- Filatov, V. P. (1944). Tissue Therapy in Ophthalmology.
- Fischer, N., & Efferth, T. (2021). The impact of “omics” technologies for grapevine (*Vitis vinifera*) research, *Journal of Berry Research*, 11(4), 567-581.
- Frioni, T., Tombesi, S., Quaglia, M., Calderini, O., Moretti, C., Poni, S., Gatti, M., Moncalvo, A., Sabbatini, P., & Berríos, J. G. (2019). Metabolic and transcriptional changes associated with the use of *Ascophyllum nodosum* extracts as tools to improve the quality of wine grapes (*Vitis vinifera* cv. Sangiovese) and their tolerance to biotic stress, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(14), 6350-6363.
- Frioni, T., VanderWeide, J., Palliotti, A., Tombesi, S., Poni, S., & Sabbatini, P. (2021). Foliar vs. soil application of *Ascophyllum nodosum* extracts to improve grapevine water stress tolerance, *Scientia Horticulturae*, 277, 109807.
- Ganugi, P., Caffi, T., Gabrielli, M., Secomandi, E., Fiorini, A., Zhang, L., Bellotti, G., Puglisi, E., Fittipaldi, M. B., & Asinari, F. (2023). A 3-year application of different mycorrhiza-based plant biostimulants distinctively modulates photosynthetic performance, leaf metabolism, and fruit quality in grapes (*Vitis vinifera* L.), *Frontiers in Plant Science*, 14, 1236199.
- Garde-Cerdán, T., Gutiérrez-Gamboa, G., Ayestarán, B., González-Lázaro, M., Rubio-Bretón, P., & Pérez-Álvarez, E. P. (2021). Influence of seaweed foliar application to Tempranillo grapevines on grape and wine phenolic compounds over two vintages, *Food Chemistry*, 345, 128843.
- Goatley Jr, J., & Schmidt, R. (1991). Biostimulator enhancement of Kentucky bluegrass sod, *HortScience*, 26(3), 254-255.
- Gómez-Merino, F. C., & Trejo-Téllez, L. I. (2015). Biostimulant activity of phosphite in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 82-90.

- Gordon, D. M. (1947). The treatment of retinitis pigmentosa with special reference to the Filatov method, *American Journal of Ophthalmology*, 30(5), 565-580.
- Goud, E. L., Singh, J., & Kumar, P. (2022). Climate change and their impact on global food production, In: *Microbiome under changing climate*, Eds: Elsevier, p. 415-436.
- Heidarpour, S., Abbaspour, N., Mohammadkhani, N., & Rahmani, F. (2025). Understanding the role of silicon in alleviating salinity stress in grapevine: insights into physiological and molecular mechanisms, *Journal of Plant Growth Regulation*, 44(6), 3093-3109.
- Herve, J. (1994). Biostimulants, a new concept for the future; prospects offered by the chemistry of synthesis and biotechnology.
- Jalili, I., Ebadi, A., Askari, M. A., KalatehJari, S., & Aazami, M. A. (2023). Foliar application of putrescine, salicylic acid, and ascorbic acid mitigates frost stress damage in *Vitis vinifera* cv. 'Giziluzum', *BMC Plant Biology*, 23(1), 135.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development, *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399.
- Kok, D. (2024). The Effect of Phenylalanine, Proline Amino Acid and Bunch Tip Reduction Applications on Berry Quality Parameters of 'Red Globe' Table Grape Variety (*Vitis vinifera* L.), *Applied Fruit Science*, 66(4), 1579-1587.
- Kwon, H.-T., Lee, Y., Kim, J., Balaraju, K., Kim, H. T., & Jeon, Y. (2022). Identification and characterization of *Bacillus tequilensis* GYUN-300: an antagonistic bacterium against red pepper anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in Korea, *Frontiers in Microbiology*, 13, 826827.
- Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmaeel, Q., El Hamss, H., Belabess, Z., & Barka, E. A. (2022). Biological control of plant pathogens: A global perspective, *Microorganisms*, 10(3), 596.
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). Trichoderma as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus, *Scientia Horticulturae*, 196, 109-123.

- MacCarthy, P. (2001). The principles of humic substances, *Soil Science*, 166(11), 738-751.
- Malagoli, M., Sut, S., Kumar, G., & Dall'Acqua, S. (2022). Variations of elements, pigments, amino acids and secondary metabolites in *Vitis vinifera* (L.) cv Garganega after 501 biodynamic treatment, *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 36.
- Meggio, F., Trevisan, S., Manoli, A., Ruperti, B., & Quaggiotti, S. (2020). Systematic investigation of the effects of a novel protein hydrolysate on the growth, physiological parameters, fruit development and yield of grapevine (*Vitis vinifera* L., cv Sauvignon Blanc) under water stress conditions, *Agronomy*, 10(11), 1785.
- Monteiro, E., Baltazar, M., Pereira, S., Correia, S., Ferreira, H., Alves, F., Cortez, I., Castro, I., & Gonçalves, B. (2023). Ascophyllum nodosum extract and glycine betaine preharvest application in grapevine: enhancement of berry quality, phytochemical content and antioxidant properties, *Antioxidants*, 12(10), 1835.
- Mphande, W., Kettlewell, P. S., Grove, I. G., & Farrell, A. D. (2020). The potential of antitranspirants in drought management of arable crops: A review, *Agricultural Water Management*, 236, 106143.
- Mustafa, S. A., & Al-Atrushy, S. M. (2025). Effect of tipping and foliar application of proline and botminn plus on vegetative growth and leaves minerals content of grapevine, *IRAQI Journal of Agricultural Sciences*, 56(2).
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism, *Scientia Agricola*, 73(1), 18-23.
- Naumov, G., Bozhkov, A., Leontovich, V., Sklyar, A., & Belous, A., (1993). Polyfunctionality of allelopathic substance allelostim, *Doklady Akademii nauk Ukrainy*, 166-169.
- Nazari, F., Maleki, M., & Rasouli, M. (2022). Effect of salicylic acid on changes in superoxide dismutase enzyme activity, protein, proline, and some photosynthetic pigments in grape (*Vitis vinifera* L.) bidane ghermez and bidane sefid cultivars at two growth stages, *Erwerbs-Obstbau*, 64(Suppl 1), 37-45.

- Nebbioso, A., & Piccolo, A. (2012). Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid, *Analytica Chimica Acta*, 720, 77-90.
- Okolie, C. L., Mason, B., & Critchley, A. T. (2018). Seaweeds as a source of proteins for use in pharmaceuticals and high-value applications, *Novel proteins for food, pharmaceuticals and agriculture: sources, applications and advances*, 217-238.
- Panahirad, S., Gohari, G., Mahdavinia, G., Jafari, H., Kulak, M., Fotopoulos, V., Alcázar, R., & Dadpour, M. (2023). Foliar application of chitosan-putrescine nanoparticles (CTS-Put NPs) alleviates cadmium toxicity in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Sultana: modulation of antioxidant and photosynthetic status, *BMC Plant Biology*, 23(1), 411.
- Papantzikos, V., Papanikou, A., Stournaras, V., Mpeza, P., Mantzoukas, S., & Patakioutas, G. (2024). Biostimulant Effect of Commercial Rhizobacteria Formulation on the Growth of *Vitis vinifera* L.: Case of Optimal and Water Deficit Conditions, *Applied Biosciences*, 3(1), 151-164.
- Peli, M., Ambrosini, S., Sorio, D., Pasquarelli, F., Zamboni, A., & Varanini, Z. (2025). The soil application of a plant-derived protein hydrolysate speeds up selectively the ripening-specific processes in table grape, *Physiologia Plantarum*, 177(1), e70033.
- Pessenti, I. L., Ayub, R. A., Marcon Filho, J. L., Clasen, F. C., Rombaldi, C. V., & Botelho, R. V. (2022). Influence of abscisic acid, *Ascophyllum nodosum* and *Aloe vera* on the phenolic composition and color of grape berry and wine of Cabernet Sauvignon variety, *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 37(1), 1-12.
- Pichyangkura, R., & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65.
- Popescu, G. C., & Popescu, M. (2018). Yield, berry quality and physiological response of grapevine to foliar humic acid application, *Bragantia*, 77, 273-282.
- Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K., & Górecki, H. (2018). Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat, *Molecules*, 23(2), 470.
- Puccioni, S., Biselli, C., Perria, R., Zanella, G., & D'Arcangelo, M. E. M. (2025). Alternative effects yeast-based biostimulants against downy

- mildew in *Vitis vinifera* cv Cabernet Sauvignon, *Horticulturae*, 11(2), 203.
- Qin, L., Kang, W.-h., Qi, Y.-l., Zhang, Z.-w., & Wang, N. (2016). The influence of silicon application on growth and photosynthesis response of salt stressed grapevines (*Vitis vinifera* L.), *Acta physiologiae plantarum*, 38(3), 68.
- Rajput, V. D., Minkina, T., Feizi, M., Kumari, A., Khan, M., Mandzhieva, S., Sushkova, S., El-Ramady, H., Verma, K. K., & Singh, A. (2021). Effects of silicon and silicon-based nanoparticles on rhizosphere microbiome, plant stress and growth, *Biology*, 10(8), 791.
- Rani, K., & Wati, L. (2020). The Rhizosphere Actinobacteria and Biological Control: A Review, *Environ. Ecol.*, 38, 765-770.
- Rashid, D. A., & Al-Atrushy, S. M. (2025). Eeffect of foliar application of amino acids, benzyl adenine, and nano NPK on pollen traits, and some characteristic of grape *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 56(2), 808-816.
- Rasouli, M., Bayanati, M., & Tavakoli, F. (2024). Improving Quantitative and Qualitative Traits of Grapes cv. 'Fakhri' of Iran with Foliar Application of Potassium Silicate and Humic Acid, *Russian Journal of Plant Physiology*, 71(3), 86.
- Regulation, E. (2019). Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003, *Off. J. Eur. Union* 62, 1-114.
- Rindi, F., Soler-Vila, A., & Guiry, M. D. (2011). Taxonomy of marine macroalgae used as sources of bioactive compounds, In: *Marine bioactive compounds: sources, characterization and applications*, Eds: Springer, p. 1-53.
- Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops, *Scientia horticulturae*, 196, 91-108.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture, *Frontiers Media SA. 11*: 40.

- Ruzzi, M., & Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 124-134.
- Samuels, L. J., Papageorgiou, A. E., Setati, M. E., & Blancquaert, E. H. (2024). Effects of *Ecklonia maxima* seaweed extract on the fruit, wine—Quality and microbiota in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon, *South African Journal of Botany*, 172, 647-662.
- Sathya, A., Vijayabharathi, R., & Gopalakrishnan, S. (2017). Plant growth-promoting actinobacteria: a new strategy for enhancing sustainable production and protection of grain legumes, *3 Biotech*, 7(2), 102.
- Savvas, D., & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 66-81.
- Schmidt, R., Ervin, E., & Zhang, X. (2003). Questions and answers about biostimulants, *Golf Course Manage*, 71(6), 91-94.
- Schmidt, R. E. (1992). Biostimulants, *Grounds Maint*, 27, 38–56.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants, *Biomolecules*, 11(6), 819.
- Shokri, G., Amiri, J., & Barin, M. (2024). Spermidine mitigates salt stress in grapevine with alterations in physicochemical properties and nutrient composition, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 187(4), 516-532.
- Tangolar, S., Tangolar, S., & Canturk, S. (2022). The role of biostimulants in viticulture, *Current agricultural studies in Türkiye: research and reviews*. Ankara: IKSAD Publishing House, 203-227.
- Taskos, D., Stamatiadis, S., Yvin, J.-C., & Jamois, F. (2019). Effects of an *Ascomyces nodosum* (L.) Le Jol. extract on grapevine yield and berry composition of a Merlot vineyard, *Scientia Horticulturae*, 250, 27-32.
- Torres, N., Yu, R., & Kurtural, S. K. (2021). Inoculation with mycorrhizal fungi and irrigation management shape the bacterial and fungal communities and networks in vineyard soils, *Microorganisms*, 9(6), 1273.
- Toscano, S., Romano, D., Massa, D., Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2018). Biostimulant applications in low input horticultural cultivation systems= I biostimolanti nei sistemi colturali ortofloricoli a basso impatto ambientale, *Italus Hortus*, 25(2), 27-36.
- Valenzuela Solano, C., Ruiz Corral, J. A., Ramírez Ojeda, G., & Hernández Martínez, R. (2014). Efectos del cambio climático sobre el potencial

- vitícola de Baja California, México, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5 (SPE10), 2047-2059.
- Valverde, S., Williams, P. L., Mayans, B., Lucena, J. J., & Hernández-Apaolaza, L. (2022). Comparative study of the chemical composition and antifungal activity of commercial brown seaweed extracts, *Frontiers in Plant Science*, 13, 1017925.
- Venios, X., Banilas, G., Beris, E., Biniari, K., & Korkas, E. (2025). Heat Stress Tolerance and Photosynthetic Responses to Transient Light Intensities of Greek Grapevine Cultivars, *Agronomy*, 15(10), 2344.
- Wang, L., Yang, M., Dong, Y., Reiter, R. J., Xu, Y., Lin, X., Luo, Z., & Li, L. (2022). Melatonin confers enhanced polyamine metabolism and cell tolerance in *Vitis vinifera* against oxidative damage: Quantitative proteomic evidence, *Postharvest Biology and Technology*, 184, 111756.
- Wang, X.-F., Dong, F.-X., Jiang, Y.-S., Wei, J.-F., Zhao, Q.-F., & Ji, W. (2025). Exogenous melatonin and salicylic acid enhance postharvest quality and boost antioxidant capacity in *Vitis vinifera* cv.'Cuibao seedless' grape berries, *Plant Physiology and Biochemistry*, 223, 109850.
- Winberg, P. C., Fitton, H. J., Stringer, D., Karpiniec, S. S., & Gardiner, V.-A. (2014). Controlling seaweed biology, physiology and metabolic traits in production for commercially relevant bioactives in glycobiology, In: *Advances in botanical research*, Eds: Elsevier, p. 221-252.
- Wu, L., Gao, X., Xia, F., Joshi, J., Borza, T., & Wang-Pruski, G. (2019). Biostimulant and fungicidal effects of phosphite assessed by GC-TOF-MS analysis of potato leaf metabolome, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 106, 49-56.
- Xu, W., Yang, Q., Yang, F., Xie, X., Goodwin, P. H., Deng, X., Tian, B., & Yang, L. (2022). Evaluation and genome analysis of *Bacillus subtilis* YB-04 as a potential biocontrol agent against *Fusarium* wilt and growth promotion agent of cucumber, *Frontiers in Microbiology*, 13, 885430.
- Yağcı, A. (2025). Shikonin-induced secondary metabolite modulation in grape berries (*Vitis vinifera* L. cv. 'Öküzgözü') under salinity stress, *BMC Plant Biology*, 25 (1), 763.
- Ye, Q., Wang, H., & Li, H. (2023). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Enhance Drought Stress Tolerance by Regulating Osmotic Balance, the Antioxidant System, and the Expression of Drought-Responsive Genes

- in *Vitis vinifera* L, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1, 7208341.
- Yılmaz, Y., & Şensoy, R. İ. G. (2021). The use of biostimulants in sustainable viticulture, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 846-856.
- Yssel, J., Everaerts, V., Van Hemelrijk, W., Bylemans, D., Setati, M. E., Lievens, B., Blancquaert, E., & Crauwels, S. (2025). Assessing the potential of seaweed extracts to improve vegetative, physiological and berry quality parameters in *Vitis vinifera* cv. Chardonnay under cool climatic conditions, *PloS one*, 20(9), e0331039.
- Zapata-García, S., Temnani, A., Berríos, P., Marín-Durán, L., Espinosa, P. J., Monllor, C., & Pérez-Pastor, A. (2024). Combined Effects of Deficit Irrigation and Biostimulation on Water Productivity in Table Grapes, *Plants*, 13(23), 3424.
- Zarraonaindia, I., Cretazzo, E., Mena-Petite, A., Díez-Navajas, A. M., Perez-Lopez, U., Lacuesta, M., Perez-Alvarez, E. P., Puertas, B., Fernandez-Diaz, C., & Bertazzon, N. (2023). Holistic understanding of the response of grapevines to foliar application of seaweed extracts, *Frontiers in Plant Science*, 14, 1119854.
- Zhang, C., Wang, H., Nai, G., Ma, L., Lu, X., Yan, H., Gong, M., Li, Y., Lai, Y., & Pu, Z. (2024). Nitrogen application regulates antioxidant capacity and flavonoid metabolism, especially quercetin, in grape seedlings under salt stress, *Journal of Integrative Agriculture*, 23(12), 4074-4092.
- Zhang, D., Lu, Y., Chen, H., Wu, C., Zhang, H., Chen, L., & Chen, X. (2020). Antifungal peptides produced by actinomycetes and their biological activities against plant diseases, *The Journal of Antibiotics*, 73(5), 265-282.
- Zhang, X., & Schmidt, R. (1999). Biostimulating turfgrasses, *Grounds Maintenance*, 34(11), 14.
- Zhu, X., Yang, X., Yang, L., Fang, Y., Jiang, Y., & Li, Y. (2023). Preharvest salicylic acid application improves the amino acid content and volatile profile in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay during development, *Plant Physiology and Biochemistry*, 204, 108103.

BÖLÜM 3

VİNİKÜLTÜRDEN ÖNOLOJİYE AKILLI GEÇİŞ: NANOTEKNOLOJİ VE YEŞİL SENTEZİN TARIMSAL GELECEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Nesrin KARACA SANYÜREK^{1*}

Arş. Gör. Dr. Burcu ÇETİN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955176>

¹Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 62000 Tunceli Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3362-1973>

²Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 62000 Tunceli Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3309-1995>

*sorumlu yazar: nkaraca@munzur.edu.tr

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte bağcılık sektörü, iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışı, düzensiz yağış rejimleri, kuraklık, toprak verimliliğinin azalması, yeni patojenlerin yayılımı ve artan pestisit yükü gibi çok yönlü baskılarla karşı karşıyadır. Üzüm kalitesi ve verimliliği, çevresel stres faktörlerine son derece duyarlı olduğu için geleneksel yetiştirme uygulamaları bu zorlukları karşılamada artık yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda tüketici eğilimleri; daha düşük kalıntı içeren, sürdürülebilir yöntemlerle üretilmiş, çevre-dostu ürünlere doğru hızla kaymaktadır. Bu durum, bağcılık ve önoloji alanında yeni teknolojilerin, özellikle de yenilikçi ve çevreye uyumlu yaklaşımların gerekliliğini daha görünür hale getirmiştir. Nanoteknoloji ve yeşil sentez temelli uygulamalar, tam da bu noktada bağcılığın sürdürülebilir dönüşümünü mümkün kılan güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Nanoteknolojinin tarım alanında kullanımının yaygınlaşması; gıda üretiminde kalite ve besin değerinin artırılması, nano formülasyonlu gübrelerle besin kullanım verimliliğinin yükseltilmesi, zararlı ve hastalıkların daha düşük dozlarla kontrolü ve toprak-su ortamlarındaki kirleticilerin giderilmesi gibi önemli avantajlar sunmaktadır (Mukhopadhyay, 2014). Bu yönüyle nanoteknoloji sürdürülebilir tarım ve kaynak verimliliği hedeflerine hizmet eden tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Nanopartiküller küçük boyutları ve yüksek yüzey alanları sayesinde tarım ve gıda endüstrisinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Gıda koruma ve ambalajlama, atık yönetimi, pestisit ve gübrelerin kontrollü kullanımı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında yeni olanaklar sunarak üretim süreçlerinin optimizasyonuna katkı sağlamaktadır (Singh ve Kumar, 2023).

Nanopartiküllerin sentez süreci, elde edilen yapıların boyutunu ve özelliklerini doğrudan belirler. Geleneksel sentez yöntemlerinde toksik kimyasallar ve yüksek enerji tüketimi söz konusuysa, bitki özleri gibi biyolojik bileşenlere dayalı yeşil sentez yöntemleri daha sürdürülebilir, düşük maliyetli ve çevre dostu bir alternatif sunmaktadır.

Nanoteknolojinin bağcılık ve şarap alanındaki kullanımı ise diğer tarım ve gıda alanlarına göre yenidir. Dünyadaki ekonomik sosyal ve kültürel sektörde önemli bir yeri olan bağcılık ve şarap alanına yeni nesil bilimsel

yaklaşımların girmesi ve geliştirilmesi sektörel olarak da gelişmenin kaçınılmaz şartı olarak önümüze çıkmaktadır.

Nanoteknoloji, şarap üretim zincirinin her aşamasında kalite kontrolünü iyileştiren, aroma kaybını azaltan ve stabilizasyon süreçlerini optimize eden yenilikçi uygulamalar sunar.

Bu bölüm, tarım alanlarında olağanüstü özelliklere sahip işlevsel malzemeler olarak yeşil süreçlerle üretilen nanopartiküllere odaklanmış; bağcılık ve şarap üretiminde nanoteknolojinin kullanım olanakları ile avantajlarını gözden geçirmiştir. Bu bağlamda nanoteknoloji, hem bağcılık hem de önolojide kalite, verimlilik ve sürdürülebilirlik odaklı modern üretim sistemlerine geçişi hızlandıran stratejik bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir.

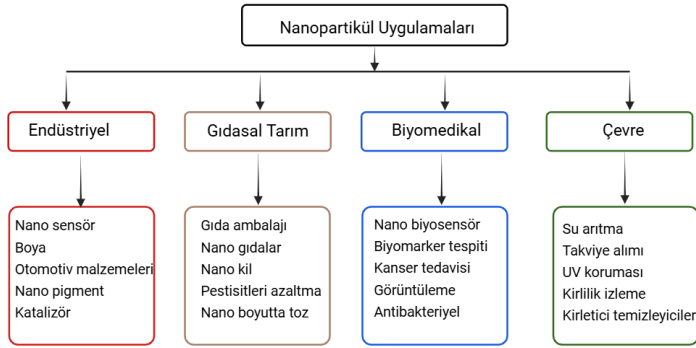
2. NANOPARTİKÜLLER NEDİR? NEDEN BU KADAR İLGİ ÇEKİYOR?

Nanopartiküller küçük boyutları ve geniş yüzey alanları sayesinde bulundukları malzemenin türüne, boyutuna, şekline ve işlevselliğine bağlı olarak makro boyuttaki yapılarda görülmeyen özellikler gösterebilir (Shaheen ve Abdelwahab, 2025). Genellikle 1–100 nm aralığında bir araya gelen atom ve moleküllerden oluşurlar.

Nanopartiküller atomik ve makro boyutlu yapılar arasında yer alan özel bir ölçekte bulunur. Bu nedenle kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri büyük boyutlu malzemelerden belirgin şekilde farklı olabilir (Thakkar vd., 2010).

Nanomalzemelerin boyutu küçüldükçe optik, elektriksel ve mekanik özellikleri değişebilir. Bu durum onları farklı uygulamalarda kullanışlı hale getirir (Halvacı vd., 2023). Nanopartiküller kimyasal reaktiviteleri, enerji absorpsiyonu ve biyolojik hareketlilikleri açısından makro boyuttaki malzemelerden farklı davranabilir. Bu özellikler onların ayırt edici kullanım alanlarına sahip olmasını sağlar (Turgut vd., 2011).

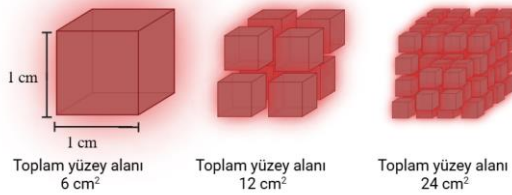
Nanoteknolojinin geniş uygulama alanı hem akademik hem de endüstriyel açıdan büyük fırsatlar sunmaktadır. Tarım, gıda, biyoteknoloji ve tıp gibi pek çok sektörde nanopartikül temelli yenilikçi çözümler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Nanopartiküllerin farklı alanlardaki uygulamaları (Orijinal).

2.1. Nanoteknolojide Yüzey Etkisi

Nanomalzemelerin küçük boyutları nedeniyle yüzey alanlarının artması, onların makro malzemelere göre daha farklı ve aktif özellikler göstermesine yol açar. Bu özellikler, nanoteknolojinin tarım ve gıda sektöründe geniş kullanım bulmasını sağlayan temel avantajlardan biridir (Joudeh ve Linke, 2022) (Şekil 2).



Şekil 2: Yüzey-Hacim oran değişimi (Orijinal).

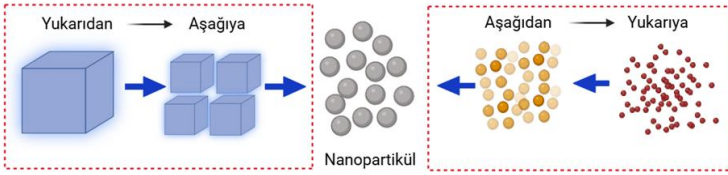
3. NANOPARTİKÜL SENTEZİ

Nanopartiküller genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilir (Kumar vd., 2019; Pal vd., 2019). Fiziksel yöntemler yüksek enerji gereksinimi ve düşük verimlilik nedeniyle daha maliyetlidir (Thakkar vd., 2010).

Kimyasal yöntemler sol-jel, mikro emülsiyon ve hidrotermal sentez gibi çeşitli teknikleri içerir. Bu yöntemler daha düşük maliyetli olsa da, toksik çözücüler ve yan ürünler nedeniyle çevresel riskler barındırabilir (Pal vd., 2019).

Biyolojik sentez yöntemleri, yüksek verim ve düşük maliyet sağlaması nedeniyle çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bitkilerden, mikroorganizmalardan veya biyomoleküllerden elde edilen indirgeyici bileşenler, metal iyonlarını nanopartiküllere dönüştürürken aynı zamanda dengeleyici ajan görevi görebilir (Pal vd., 2019).

Nanopartikül üretimi iki temel yaklaşım üzerine kuruludur; yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya. Yukarıdan aşağıya yaklaşımda büyük yapılar mekanik veya fiziksel tekniklerle küçük parçalara ayrılırken; aşağıdan yukarıya yaklaşımda atom ve moleküller bir araya gelerek nano ölçekte yeni yapılar oluşturur (Pal vd., 2019; Thakkar vd., 2010) (Şekil 3).



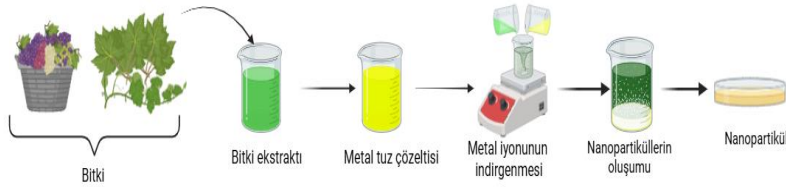
Şekil 3: Yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya yaklaşımlarda nanopartikül sentez yöntemi (Orijinal).

Sentezlenen nanopartiküllerin boyut, şekil, dağılım ve yüzey özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli karakterizasyon teknikleri kullanılır. UV-Vis (Ultraviyole–Görünür Bölge Spektroskopisi), XRD (X-ışını Kırınımı Analizi), FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi), DLS (Dinamik Işık Saçılması), SEM (Tarama Elektron Mikroskobu) ve TEM (Geçirimli Elektron Mikroskobu) en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır (Yakut vd., 2022).

3.1. Nanopartikül Sentezinde Bitkilerin Kullanımı

Bitki özleri kullanılarak nanopartiküllerin biyosentezindeki araştırmalar, nanopartiküllerin üretimi için hızlı ve toksik olmayan yöntemlerde yeni bir süreç başlatmıştır. Bu biyolojik sentez, nanopartiküllerin düşük basınç, sıcaklık ve pH seviyelerinde daha ucuz bir maliyetle sentezlenmesine olanak sağlar.

Bitkiler, içerdikleri alkaloidler, flavonoidler, terpenoidler ve diğer biyomoleküller sayesinde doğal indirgeme ve stabilizasyon ajanı olarak görev yapar. Bu özellikleri, metalik ve metal bazlı hibrit nanopartiküllerin yeşil sentezinde bitkisel özlerin yaygın biçimde kullanılmasına olan ilgiyi artırmıştır (Puri vd., 2024).



Şekil 4: Bitki özleri kullanılarak metalik nanopartiküllerin yeşil sentezi (Orijinal).

Bitki özleri kullanılarak metalik nanopartiküllerin yeşil sentez mekanizması. Şekilde yaprak, çiçek, gövde veya kök ekstraktlarındaki doğal biyomoleküllerin indirgeme ve stabilizasyon süreçleriyle metal iyonlarının nanoparçacıklara dönüştüğü basamaklar şematik olarak gösterilmektedir. Bu süreç, düşük enerji gereksinimi ve toksik kimyasal kullanılmaması nedeniyle sürdürülebilir nanoteknoloji uygulamalarının temelini oluşturur (Şekil 4).

Yaprak, çiçek, meyve, tohum, gövde ve kök gibi bitkilerin farklı kısımları içerdiği zengin fitokimyasallar sayesinde nano ölçekte metalik partiküllerin üretiminde kullanılabilir. Özellikle yaprak özleri, biyokimyasal içerikleri nedeniyle yeşil sentezde en sık tercih edilen hammaddelerden biridir (Kumar vd., 2019).

Nanopartikül sentezi için bitkinin kullanılacak kısmı yıkanıp damıtılmış suyla kaynatılır. Elde edilen ekstrakt sıkma ve filtreleme işlemlerinden geçirilir. Daha sonra ilgili çözeltiler eklendiğinde çözelti rengi değişir ve bu durum nanopartiküllerin oluştuğunu gösterir. Ardından nanopartiküller ayrıştırılabilir (Jadoun vd., 2021).

Sentezi gerçekleştirmek için inorganik, organik veya metalik bir bileşiğe sahip olabilecek bir öncü kaynağa ve öncül ürün yanında, iyonik öncülleri atomlara indirgeyebilen ve stabilize edebilen biyomoleküller gibi organik bileşiklere sahip olmak gerekir. Flavonoidler, karotenoidler ve polisakkaritler gibi bitki özlerinde bulunan biyoaktif (azaltıcı ajanlar), atomlara ön uyarı iyonlarını azaltabilir. Bu adım, nanomalzemenin biyolojik özelliği ve sitotoksitesi için temeldir.

3.2. Bitki Kaynaklı Nanopartikül Çeşitleri ve Sentezi Etkileyen Faktörler

Bitkiler; fenolik bileşikler, flavonoidler, alkaloidler ve proteinler gibi doğal bileşenleri sayesinde metal iyonlarını indirgeme ve stabilize etme

kapasitesine sahiptir. Bu nedenle bitki özleri, gümüş, altın, bakır, çinko gibi metal nanopartiküllerinin ve çeşitli metal oksit nanopartiküllerinin yeşil sentezinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh vd., 2018). Bitkisel bileşenlerin aynı anda indirgeme ve dengeleyici ajan olarak görev yapması, sentezin düşük sıcaklık ve kısa sürede gerçekleştirilmesine olanak sağlar.

Bitkisel yöntemle üretilen nanopartiküller kullanılan metal türüne bağlı olarak farklı özellikler gösterebilir. Gümüş ve bakır nanopartikülleri antimikrobiyal aktiviteleriyle, altın nanopartikülleri ise biyouyumluluklarıyla öne çıkmaktadır. Çinko oksit ve demir oksit nanopartikülleri de optik ve manyetik özellikleri nedeniyle çeşitli alanlarda tercih edilmektedir (Kalpana vd., 2018).

Yeşil sentezde elde edilen nanopartiküllerin boyut ve şekli; pH, sıcaklık, reaksiyon süresi ve metal iyonu konsantrasyonu gibi faktörlerden etkilenmektedir (Kumar vd., 2019). Uygun pH ve sıcaklık koşulları daha homojen partiküller oluşmasını sağlar. Reaksiyon süresi ve konsantrasyonun doğru ayarlanması ise parçacık büyümesi ve aglomerasyonun kontrol edilmesinde belirleyicidir (Shaba vd., 2021). Bu faktörlerin birlikte optimize edilmesi, çevre dostu bitkisel yöntemlerle istenen özelliklerde nanopartikül üretimini mümkün kılmaktadır.

4. BAĞCILIK VE ŞARAP ENDÜSTRİSİNDE NANOPARTİKÜLLERİN KULLANIMI

Birçok nanomalzeme bağcılık ve şarapçılık süreçlerinde kullanım için büyük bir potansiyel göstermektedir. Bitki büyümesini artıran, besin alımını iyileştiren ve kontrollü salınım sağlayan gübre sistemleri (Tarafder vd., 2020) ile bağ küllemesi (*Erysiphe necator* (syn. *Uncinula necator*) (Schw.) Burr.) ve bağ mildiyösü (*Plasmopara viticola*) gibi bağ hastalıklarına karşı düşük dozda daha etkili kontrol stratejileri, nanopartikül uygulamalarıyla öncü şekilde araştırılmıştır. Örneğin, silika nanopartiküller (20 nm SiNPs) üzüm bağlarında mildiyö etkeni *Plasmopara viticola*'ya uygulandığında hastalık şiddetinde belirgin bir azalma sağlamıştır (Rashad vd., 2021).

DNA ya da protein temelli nanobiyosensörlerle viral ve bakteriyel hastalıkların hızlı teşhisi (Thirumalaiswamy vd., 2024), nanoteknoloji ile toprak analizlerinin yapılması, yaprak besin durumunun ölçülmesi ve stres takibinin sağlanması (Parisi vd., 2015), iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak amacıyla nanomateriyallerle bitki dayanıklılığının artırılması (Mukhopadhyay,

2014), şarap berraklaştırma, mikrobiyal yükün azaltılması ve protein kararlılığının sağlanması (Silva-Barbieri vd., 2022), uçucu bileşikler ile polifenollerin stabilitesini koruyan mikro/nanokapsülleme yöntemleri (García-Carrasco vd., 2023), metal oksit nanosensörlerle fenolik bileşik ölçümü, olgunluk tayini ve hızlı kalite analizleri (Garcia-Hernandez vd., 2018), şarap üretim tesislerinde mikrobiyal kontaminasyonun azaltılması (Pachnowska vd., 2020) ve nano-adsorbanlarla şaraptaki istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması (Hortolomeu vd., 2023) gibi uygulamalar nanoteknolojinin tarım ve şarapçılık alanındaki kullanım yelpazesinin hızla genişlediğini göstermektedir.

4.1. Bağcılık ve Nanoteknoloji

Günümüzde bağcılığın teknolojiyle birleştirilerek daha sürdürülebilir hâle getirilmesi amaçlanmaktadır. Nanoteknoloji, bu kapsamda tarım ve çevre dostu bir yaklaşım için alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Nanogübre üretimi bitki besin maddelerinin nano boyutlarda (1–100 nm) formüle edilmesiyle gerçekleştirilir. Bu süreç besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin alınmasını sağlayarak gübrelemede yüksek verimlilik oluşturur. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu makro (N, P, K) veya mikro (Fe, Zn, Cu, Mn, B vb.) besin maddeleri nano boyutlu parçacıklar ya da kapsüller hâlinde uygulanabilir. Bu gübre sistemleri yaprak uygulaması (nanospreylerle), toprak uygulaması (granül forma dönüştürülerek) veya damla sulama sistemleri aracılığıyla verilebilir.

Nanogübreler büyüyen bitkilere bir veya birden fazla besin türü sağlayan, bitki gelişimini destekleyen ve üretimi artıran nanomalzemelerdir (Liu ve Lal, 2015). Nanomalzemelerin yüzey–hacim oranının yüksek olması, makro besin içeren nanogübrelerin daha düşük miktarlarda uygulanmasını mümkün kılar ve bu ürünlerin geleneksel gübrelerle kıyasla daha yüksek bir etki göstermesini sağlar.

Nanogübre ve nanopestisitlerin gelişimini ve bunların bitki sistemlerindeki uygulamaları kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılması, toprak sağlığının iyileştirilmesinde ve toprak jebiyolojik döngüsünün sürdürülmesinde faydalı olacak ve bu da üzüm üretiminin gıda ve besin kalitesini artıracaktır (Chhipa, 2017).

Nanogübreler; yeşil sentez, kimyasal çöktürme, sol-jel yöntemi ve emülsiyon yöntemiyle üretilebilir. Üretilen nanoparçacıkların boyutu, şekli ve

yüzey özellikleri ise SEM, TEM, XRD, DLS, FTIR ve zeta potansiyeli gibi çeşitli analizlerle belirlenir.

Nanoteknoloji yalnızca besin alımını artırmakla kalmayıp asmanın fizyolojik süreçlerini de doğrudan etkileyebilmektedir. Yapılan bir çalışma, TiO_2 nanopartiküllerinin kuraklık koşullarında asmalarda stomatal iletkenliği, yaprak su içeriğini ve klorofil düzeylerini anlamlı ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir (Daler vd., 2024). ZnO ve Fe_2O_3 nanopartiküllerinin benzer etkileri olabileceği literatürde dile getirilmekle birlikte, bu alandaki çalışmalar hâlâ sınırlıdır.

Bitki besin maddelerinin yaprakтан veya topraktan alımını artıran nanopartikül sistemleriyle verimliliğini artırarak gereksiz gübre tüketimini azaltılır. Üzüm bağlarında kullanılan nanopartikül sistemlerinin özellikle azot, çinko, demir ve selenyum gibi mikro ve makro besinlerin alımını artırmada etkilidir (Abou El-Nasr vd., 2021; Giménez-Bañón vd., 2025).

Kullanılan nanopartiküller üzümde enzim aktivitelerini artırarak hem tat hem de fizyolojik gelişim üzerinde olumlu etki göstermiştir. Örneğin ZnO nanopartiküllerinin 25 ppm foliar (yaprak) spreyle uygulanması şekerler, antosiyanin içeriği gibi değerleri artırırken üzümlerde renk yoğunluğunu da geliştirmiştir (Abou El-Nasr vd., 2021). TiO_2 nanopartikülleri ile fotosentez ve büyümenin iyileşmesiyle birlikte biyokimyasal temellerinde arttığı gözlemlenmiştir (Teszák vd., 2018).

Yeşil sentez yöntemle üretilen gümüş nanopartiküller, çeliklerinde kök oluşumu ve vejetatif büyümeyi teşvik etmiştir (Kara vd., 2025).

Hastalık ve zararlıların nanopartiküllerle kontrol edilebilmesi mümkündür. Örneğin bakır (Cu) uygulaması fitopatojenler için bağ alanlarında kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Cu kullanımını azaltmak için Cu tuzu nano ölçekli parçacıklar içeren sulu bir süspansiyon geliştirip patenti alınmıştır (BASF SE, 2012).

Bitki budama yerlerini mantar saldırılarından korumak için yapışkan biyolojik olarak parçalanabilir membranlar (yamalar) geliştirmiştir. Bu nanoyapıştırıcı, asmadaki budama yerlerini korumak ve mantar saldırılarına karşı korumak için kullanılabilir (Sett vd., 2015).

Yapılan çalışmalar, nanosülfürün (kükürt nanoparçacıkları) üzüm bağlarında bağ küllemesi hastalığına karşı ticari kükürte göre 10 kat daha düşük dozlarda benzer etki gösterdiğini ve bitki sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuştur. Verim, kalıntı ve fitotoksisite açısından

gruplar arasında anlamlı bir fark rapor edilmemiştir (Bragato Research Institute, 2023).

Silika nanoparçacıkları, bitkide savunma proteinlerinin üretimini artırarak hücre duvarında fiziksel bir bariyer oluşturmakta ve fungal penetrasyonu engellemektedir. *Plasmopara viticola* etmeninin neden olduğu bağ mildiyösü (downy mildew) enfeksiyonuna karşı hem verim hem de kalite üzerinde olumlu etkiler bildirilmiştir (Rashad vd., 2021).

Neem yağı (*Azadirachta indica*—tespih ağacı yağı) ve kapsaisin içeren lignin–tannin nanopartikül formülasyonlarının *Verticillium dahliae*, *Phaeomoniella chlamydospora* ve *Phaeoacremonium* türleri gibi mantarlara karşı doğrudan antifungal ve repellent etki gösterdiği bildirilmiştir (Falsini vd., 2024).

Metaller antik çağlardan beri antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadır. Nanometaller ise bitkilerde antimikrobiyal etkilerinden yararlanmak amacıyla uygulanmaktadır. Özellikle gümüş, bakır ve ZnO nanopartikülleri, mikroorganizmaların hücre zarına bağlanarak zar bütünlüğünü bozmakta ve hücresel fonksiyonları etkilemektedir. Metallerin; oksidatif stres oluşturma, protein disfonksiyonuna yol açma ve membran hasarına neden olma gibi mekanizmalar üzerinden mikrobiyal hücrelerde farklı yaralanma türleri oluşturduğu açıklanmaktadır (Lemire vd., 2013).

Üzümlerde hasat sonrası koruma ve raf ömrünün uzatılması amacıyla nanoteknoloji temelli uygulamalar; yenilebilir nano kaplamalar, antimikrobiyal nanopartiküller ve kontrollü salınımlı ambalaj sistemleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu kapsamda üzüm suyu bazlı aljinat veya kitosan yenilebilir kaplamaları (López-Díaz vd., 2025), karanfil esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonlar kullanılarak hazırlanan çift modifiye tapioka nişastası ve kitosan esaslı biyopolimer kaplamalar, yenilebilir kaplamalarda ZnO nanopartiküllerinin kullanımı (Adhikary vd., 2025), gümüş nitrat ve gümüş nanopartikül uygulamaları (Elatafi ve Fang, 2022) ile kitosan bazlı yenilebilir kaplamaya dahil edilmiş yeşil sentezli çinko oksit nanopartikülleri, üzümlerin raf ömrünü uzatmaya yönelik öne çıkan yöntemler arasında yer almaktadır.

Günümüzde birçok çalışma, çeşitli bitki türlerinde benzersiz ve etkili ikincil metabolit uyarıcıları olarak çeşitli nanopartiküller kullanılmaktadır. Bitki hücresi uyarıldığında, enerji sağlayan primer metabolitler ikincil metabolit biyosentezi için yönlendirilir. Örneğin Metil jasmonate (MeJ) bitkilerde stilben

ve diğer fenolik bileşiklerin sentezini tetikleyen güçlü bir elisitor (ikincil metabolit uyarıcı)'dır. Nanoteknolojiyle elde edilen nano-MeJ formülasyonları, MeJ'in kontrollü salınımını sağlayarak daha düşük dozlarda bile etkili ikincil metabolit üretimi sağlar. Üzümlerde t-resveratrol üretimini artırmak için kullanılan en başarılı yöntemlerden biri, uyarıcı olarak siklodekstrinler ve metil jasmonat uygulamasıdır (Almagro vd., 2020; Giménez-Bañón vd., 2022).

MeJ uygulaması, özellikle antosiyanin, flavonol ve proantosiyonidin gibi ikincil metabolitleri artırarak üzüm kalitesini sürdürmüştür; bu etkiler şarapta daha yüksek renk yoğunluğu ve fenolik içerik olarak yansımıştır (Marín-San Román vd., 2023).

Üzümde abiotik stres toleransını artırmak için nanopartiküller kullanılabilir. Özellikle kuraklık ve tuz stresi gibi zorluklara karşı bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal savunmasını güçlendirmek amacıyla TiO_2 , Selenyum, ZnO_3 Fe_2O_3 nanopartikülleri uygulanabilir (Bidabadi vd., 2023; Daler vd., 2024).

Gen ekspresyonu, bir genin DNA dizisindeki bilginin işlenerek önce haberci RNA'ya (mRNA), ardından da proteine dönüştüğü biyolojik süreçtir; bu süreç, hücrelerin hangi proteinleri ne zaman ne kadar ve hangi koşullarda sentezleyeceğini belirler (Alberts vd., 2022). Nanopartiküller gen ekspresyonunu etkileyerek büyüme, stres toleransı veya savunma metabolit üretimini düzenler.

Üzümlere uygulanan kitosan nanopartikülleri meyvelerde (kabuklar ve çekirdekler), yapraklarda, salkım saplarında ve sürgünlerde toplam fenolik bileşik seviyeleri, antioksidan potansiyeli ve reaktif oksijen türleri (ROS) temizleyici genlerinin aktivitelerinin artmasını sağlar. Aynı zamanda polifenollerin yapraklardan meyvelere transferini kolaylaştırıcı etkisi de gözlemlenmiştir (Singh vd., 2019).

Vitis vinifera L. hücre kültürlerinde PLGA (polilaktik-ko-glikolik asit) bazlı nanopartiküller ve karbon nanodotlar, bitki hücre duvarını geçerek hücre içine giriş ve sistemik taşınım göstermiştir. Bu taşıyıcı sistemler, gen terapisi, geçici (transient) gen ekspresyonu ve gelecekte CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknolojilerinde kullanılmak üzere potansiyel vektörler olarak değerlendirilmektedir (Valletta vd., 2014).

Üzüm bağlarında kullanılan akıllı sulama sistemlerinde nanosensör entegrasyonu, özellikle su stresi yönetimi ve su kullanım verimliliği açısından

önemli avantajlar sağlamaktadır. Suyun bitki dokusunda nasıl hareket ettiğini aydınlatmak için minik floresan boyalar kullanılarak AquaDust adlı nanometre ölçekli bir sensör geliştirilmiştir. Bu nanopartiküller, su miktarındaki değişikliklere göre genişleyen veya büzülen bir hidrojelden yapılmış mikroskobik sensörlerdir. Bu sensörler, özellikle bağcılıkta su kaynaklarının tasarruflu kullanımı, ürün kalitesi ve verim yönetimi açısından büyük potansiyel sunar (Jain vd., 2021).

Nano-temelli sensörlerin bağ terroirinin gerçek zamanlı izlenmesinde kullanılması, modern bağ yönetiminin yeni bir boyutu olarak değerlendirilmektedir. Toprak nemi, mikroklima, UV radyasyonu ve yaprak beslenme durumunu eşzamanlı ölçebilen nanobiyoteknolojik sensör ağları, bağın farklı zonlarında stres gelişimini erkenden tespit ederek hassas müdahalelere olanak tanır (Giraldo vd., 2019). Bu veri akışı; sulama, gübreleme ve zararlı yönetiminde daha düşük girdiyle daha yüksek kaliteye ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

Bitkilerde fungal, bakteriyel ve viral patojenleri tespit etmek için geliştirilen nanobiyo sensörler bitki stres sinyalleri, patojen varlığı veya toksinler gibi biyomolekülleri algılayıp hızlı uyarı oluşturabilir (Giraldo ve Kruss, 2023). Bu uyarı sisteminin bağa entegre edilebilmesi verimi arttırıcı etkiye sahip olacaktır.

Düşük maliyetli taşınabilir nanobiyosensörler, bitki biyotik ve abiyotik stres seviyesi, beslenme durumu, toprakta tehlikeli kimyasalların varlığı vb. dahil olmak üzere bitki ve toprak sağlığının yerinde hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için en etkili teşhis aracıdır ve uygun tarımı ve ürün verimliliğini sürdürmek için kullanılır (Mondal vd., 2022).

Nano, sıcaklık, pH, toprak nem içeriği, toprak mikro çevresi ve besin durumu gibi toprağın farklı fiziko-kimyasal özelliklerini izlemek için kullanılabilir.

Bağcılık açısından sürdürülebilir tarım hedeflerine yönelik araştırmalara odaklanmak ve teknolojiyi takip ederek üretmek ve geliştirmek, günümüzdeki teknolojik gelişmeleri bağcılık alanına entegre ederek kullanmak dönüştürücü etkiye sahip olacaktır.

4.2. Önoloji ve Nanoteknoloji

Önoloji üzüm çeşitlerinin seçimi, fermantasyon süreçlerinin kontrolü, şarabın olgunlaştırılması, stabilizasyonu ve duyuşal değerlendirmesini kapsayan, şarap üretiminin tüm aşamalarını bilimsel temelde inceleyen bir disiplindir. Vinikültürden farklı olarak bağcılıktan çok, üzümün işlenmesine ve şarap hâline getirilmesine odaklanır (Altaş ve Cumhuri, 2021).

Son yıllarda, şarap üretiminde kalite ve verimliliği artırma hedefiyle nanoteknolojinin önolojiye entegrasyonu hız kazanmıştır. Nanopartikül tabanlı sistemler, fermantasyonun izlenmesi, aroma bileşenlerinin korunması, mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesi ve şarap stabilitesinin sağlanması gibi birçok aşamada yenilikçi çözümler sunmaktadır. Aynı zamanda, akıllı sensör sistemleri ve nanokapsülasyon teknolojileri, şarap kalitesinin korunması ve ürün izlenebilirliğinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır.

Biyoaktif bileşikler doku ve hücreler gibi belirli hedef bölgelere nanomalzemeler aracılığıyla iletebilir. Bu strateji, biyoaktif bileşikleri yalnızca hücresel metabolizma ve gastrointestinal sindirimden korumakla kalmaz, aynı zamanda kontrollü salınım sağlayarak bu bileşiklerin biyoyararlanımını artırır. Nanoenkapsülasyon, biyoaktif bileşiklerin oksidatif, termal ve kimyasal bozulmaya karşı korunmasını sağlayarak stabiliteyi artırabilir (Singh ve Kumar, 2023). Bu yaklaşım, şarap üretiminde polifenoller ve uçucu bileşikler gibi hassas bileşenlerin oksidatif kayıplara karşı korunmasına katkı sağlayarak kaliteli şarap üretimine yönelik süreç optimizasyonuna olanak tanımaktadır.

Şarap üretiminde polifenol ekstraksiyonu, üzüm kabuğu, çekirdeği ve sapında bulunan tanenler, antosiyaninler ve diğer polifenolik bileşiklerin, fermantasyon öncesi veya sırasında şıraya geçiş sürecidir. Bu işlem, şarabın renk, aroma, yapı ve antioksidan özelliklerini belirleyen kritik bir faktördür. Polifenol ekstraksiyonunun etkinliği; maserasyon süresi, sıcaklık, mekanik uygulamalar ve enzimatik aktiviteler tarafından belirlenmektedir (Gutiérrez-Escobar vd., 2021). Polifenol ekstraksiyonunu artırmak amacıyla günümüzde termo vinifikasyon ve flaş salım gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin pahalı olması ve şarap aroması üzerinde olumsuz etki yaratabilecek yüksek sıcaklıklar gerektirmesi önemli dezavantajlar oluşturmaktadır. Bu nedenle daha sürdürülebilir bir seçenek olarak nanofiltrasyonun polifenol ekstraksiyonunda kullanılması, yeni bir proses olarak yüksek potansiyel göstermektedir (Nioi vd., 2021).

Nanomembran teknolojileri, modern önolojide şarap stabilizasyonu ve arıtımı aşamasında kullanılabilir. Nanofiltrasyon yöntemiyle birlikte istenmeyen bileşikler ayırabilir. Tortudan polifenolik bileşiklerin ve polisakkaritlerin geri kazanımı sağlanabilmektedir (Mejia vd., 2022).

Şarapta demir ve bakır instabilitesine bağlı ‘metal haze’ın yanı sıra, özellikle beyaz ve roze şaraplarda ısıya duyarlı üzüm proteinlerinin neden olduğu bulanıklık önemli bir stabilite sorunudur. Son yıllarda silika esaslı mezogözenekli nanomalzemeler, beyaz şaraplarda bentonite alternatif durultma ajanları olarak test edilmiş; protein kaynaklı bulanıklığı etkin biçimde azaltırken, geleneksel bentonite göre daha düşük dozlarda kullanıldıklarında uçucu aroma bileşenleri üzerindeki olumsuz etkinin daha sınırlı olduğu gösterilmiştir (Dumitriu vd., 2018; Kumar ve Suhag, 2024).

Aroma ve tat bileşenleri, bir gıda ürününün lezzetini ve kalitesini belirleyen başlıca biyoaktif unsurlardır. Kapsülleme yöntemi, bu aroma bileşenlerinin kararlı formda korunmasını sağlayarak, farklı türde gıda ürünlerinde kullanılabilmelerine olanak tanır. Aroma maddeleri (esterler, terpenler, aldehytler) nanokapsülasyon teknikleriyle stabilize edilerek, şarapta oksidasyona veya uçuculuğa bağlı aroma kayıpları azaltılabilir. Üzümdeki biyoaktif, uçucu ve kolayca parçalanabilen bileşiklerin biyokimyasal ve termal bozulmadan korunması ve saklanması için uygulanır. Ayrıca istenmeyen tat ve aromaları maskelemek için de nanokapsülasyon yöntemi kullanılabilmektedir (Saifullah vd., 2019).

Uçucu terpenler, tioller ve esterler oksidasyona son derece duyarlı olduğundan şarapta zamanla kayba uğrayabilir. Siklodekstrin ve lipid nanokapsülleri, bu aroma bileşenlerinin oksidatif bozulmadan korunmasını sağlayarak şarabın aromatik yoğunluğunu daha uzun süre sürdürebilmektedir. Özellikle Muscat, Gewürztraminer ve Narince gibi aroma-zengin çeşitlerde nanokapsülasyon premium segment şarapların raf ömrünü artıran yenilikçi bir teknolojidir (Saifullah vd., 2019).

Şarap üretiminde hijyenin sağlanması ve mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesi, ürün kalitesini ve raf ömrünü doğrudan etkileyen kritik faktörlerdendir. Üretiminde kullanılan tanklar, şişeleme ekipmanları veya mantarlar üzerinde gümüş nanopartiküller gibi antimikrobiyal kaplamalar uygulanarak mikrobiyal kontaminasyon önenebilir. Doğal antimikrobiyal özellikleriyle gümüş nanopartiküller, şaraptaki bozulma mikroorganizmalarını

tespit etmek ve kontrol altına almak, mikrobiyolojik stabiliteyi sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir (Mierczynska-Vasilev, 2025).

Nano-biyosensörler; nanomalzemeler (örneğin altın nanopartiküller, karbon nanotüpler, grafen oksit) ile yapılandırılmış ve biyolojik tanıyıcılar (enzimler, antikorlar, DNA, aptamerler) içeren, spesifik biyomoleküllerin tespiti için kullanılan sensör sistemleridir. Bu sistemlerle şeker ve etanol izleme, polifenol ve asidite takibi, oksijen ve pH izleme, kükürt dioksit (SO₂) tespiti ve mikrobiyal kirleticiler takibi gerçekleştirilebilmektedir.

Sonuç olarak nanoteknoloji destekli sensörler; şarap üretiminde fermentasyonun izlenmesi, kalite kontrolü, kirleticilerin ve bozulma etkenlerinin erken tespiti, otomatik analiz ve sahteciliğe karşı koruma gibi alanlarda devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır (Borisova vd., 2017; Mierczynska-Vasilev, 2025).

Şişe kapak sistemi şarabın oksidatif yaşlanmasında kritik rol oynar. Özellikle mantarın ve mantar/şişe arayüzünün oksijen geçirgenliği kontrol edildiğinde şarap olgunlaşması ve kalite üzerinde önemli etkiler görülebilmektedir (Chanut vd., 2023). Nanoteknolojinin bu alana girişine yönelik çalışmalar ise nano-malzemeler kullanarak mantar kapaklarının oksijen girişini azaltabileceğini göstermektedir.

Nanoteknoloji ve akıllı ambalaj kullanımı, paketlenmiş gıdayı izleyebilen, koruyabilen ve onunla etkileşime girebilen sistemleri üretmek için nano ölçekli malzeme ve cihazlardan yararlanır. Zamana, sıcaklığa ve ışığa duyarlı nano-etiketler ve renk değiştirici filmler depolama koşulları optimize edilerek şarabın kalite bozulmalarının önüne geçer (Palanisamy vd., 2025).

Nanokompozit yapılar, şişe camı veya iç kaplamalarda oksijen geçirimsizliğini artırarak antioksidan aktivitenin korunmasını sağlar (Bichescu vd., 2024). Sahteciliğe karşı Nano RFID, hologram ve gizli nanoetiket sistemleri kullanılabilir (Lazaro vd., 2025).

Önoloji ve nanoteknolojinin birleşimi, şarap üretiminde kalite, güvenlik ve sürdürülebilirliği artıran yenilikçi çözümler sunar. Büyük bir potansiyele sahiptir fakat şarap yapım süreçlerine entegre olmaları için üretimlerinin makul bir maliyetle ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Etik ve güvenlik konularıyla ilgili çalışmalarında bu gelişmeler içerisinde değerlendirilmesi şarttır.

5. BAĞCILIK VE ÖNOLOJİDE NANOTEKNOLOJİ İÇİN GELECEK ARAŞTIRMA PERSPEKTİFLERİ

Nanoteknolojinin bağcılık ve önoloji alanlarında yaygınlaşması için gelecekte yürütülecek çalışmalar, hem temel bilim hem de uygulamalı araştırmalar açısından geniş bir perspektif sunmaktadır. Mevcut literatür, nanoteknolojinin bitki fizyolojisi, mikrobiyal kontrol ve gıda işleme süreçlerindeki etkilerini ortaya koysa da bağ özelinde üretimden şaraba uzanan sürecin bütüncül değerlendirilmesi hâlâ eksiktir. Bu nedenle aşağıdaki araştırma başlıkları, gelecekte alanın gelişimine yön verecek öneriler olarak değerlendirilebilir.

Gelecekte öncelikli olarak ele alınması gereken konulardan biri nano-gübrelerin bağ gelişimi üzerindeki uzun dönemli etkileridir. Nano-gübre formülasyonlarının besin kullanım verimliliğini artırma potansiyeli bulunsa da, farklı toprak tipleri, fenolojik dönemler ve iklim koşulları altında performanslarının karşılaştırılmasına ihtiyaç vardır. Uzun süreli bağ denemeleri, hem verim hem de meyve kalitesindeki değişimlerin izlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bir diğer araştırma alanı, nanopartiküllerin stres toleransı üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesidir. Kuraklık, yüksek sıcaklık ve UV stresi gibi çevresel koşulların bağcılığı giderek daha fazla etkilediği günümüzde, TiO_2 , ZnO ve karbon bazlı nanopartiküllerin bitkinin su kullanımı, fotosentez kapasitesi ve antioksidan aktiviteleri üzerindeki rolü daha iyi anlaşılmalıdır. Bu çalışmalar iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunabilir.

Hastalık yönetimi açısından nano-ölçekli çözümlerin de kapsamlı biçimde test edilmesine ihtiyaç vardır. Nano-bakır ve nano-sülfür gibi formülasyonların bağ patojenleri üzerindeki etkinliği yalnızca laboratuvar koşullarında değil, bağ ölçeğinde de değerlendirilmelidir. Bu tür çalışmalar, geleneksel fungisitlere kıyasla daha düşük dozlarda etkili alternatifler sunarak çevresel yükün azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Nanosensör tabanlı izleme sistemlerinin bağcılığa entegre edilmesi de geleceğin önemli araştırma alanlarından biridir. Toprak nemi, bitki su potansiyeli, yaprak sıcaklığı, besin eksiklikleri ve patojen varlığını eşzamanlı olarak ölçebilen nanosensörlerin geliştirilmesi, bağ yönetiminde veri temelli

karar verme süreçlerini güçlendirebilir. Bu sistemlerin gerçek bağ koşullarında uzun süreli performansı mutlaka değerlendirilmelidir.

Önoloji alanında yapılacak araştırmalar ise daha çok üretim süreçlerine odaklanmalıdır. Nano-biyosensörlerin fermantasyon sırasında şeker, etanol, pH ve polifenol düzeylerini takip etmede kullanılabilirliği gelecekte araştırılması gereken bir konudur. Bu sensörlerin ölçeklendirilebilirliği ve endüstriyel kullanıma uygunluğu henüz net değildir ve yeni çalışmalar gerekmektedir.

Nanofiltrasyonun polifenol ekstraksiyonu, tanen profili ve aroma bileşikleri üzerindeki etkilerinin üzüm çeşidine özgü çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca nano-kapsül sistemleriyle uçucu aroma bileşiklerinin korunması, şaraplarda duyuusal stabilitenin artırılması açısından uzun dönemli araştırmalar gerektirir.

Son olarak, nano-aktif ambalajlar ve izlenebilirlik teknolojilerinin şarap sektörüne entegrasyonu da gelecek çalışmalar için önemlidir. Oksijen absorplayan nanofilmler, antimikrobiyal yüzeyler ve nano-tabanlı güvenlik etiketleri hem kalite koruma hem de sahteciliği önleme açısından değerlendirilmelidir.

Geleceğe yönelik bu çalışmalar, bağcılık ve önoloji alanlarında nanoteknolojinin daha kapsamlı, sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerle entegrasyonuna katkı sağlayacaktır.

6. SONUÇ

Nanopartiküller diğer elementlere göre çok daha iyi ve etkili özellikler sergiler. Mekanik, termal, optik, elektriksel, kimyasal, manyetik ve antimikrobiyal özelliklerindeki değişim, pek çok alandaki kullanım olanaklarını geliştirmiş ve iyileştirmiştir. Bu nedenle nanopartikül teknolojileri büyük bir potansiyel taşımaktadır. Bu potansiyelin öncelikle tarım sektöründe, ardından üzüm ve şarapla ilgili çalışmalarda kullanılması; teknolojiyi takip eden, sürdürülebilir ve gelişmiş üretim sistemleri oluşturma'nın temel koşullarından biridir.

Son yıllarda nanoteknolojinin bağcılık sektöründe kullanımı; sürdürülebilir tarım uygulamaları ve kaliteli üzüm üretimi açısından önemli bir atılım olarak değerlendirilmektedir. Üzümde kullanılan çeşitli nanopartikül sistemleri; stres toleransını artırmak, besin maddelerinin alımını kolaylaştırmak, büyümeyi teşvik etmek ve gen ekspresyonunu düzenlemek gibi çok yönlü işlevler üstlenmektedir. PLGA bazlı nanopartiküller ve karbon

nanodotlar, hücre duvarını geçerek gen transferi ve CRISPR/Cas9 gibi moleküler tekniklerde taşıyıcı sistem olarak potansiyel göstermektedir.

Nanosensör entegrasyonu sayesinde bağ alanlarında su stresi, hastalık ve patojen varlığı gibi çevresel koşullar gerçek zamanlı izlenebilmekte; bu da akıllı sulama sistemlerinin etkinliğini artırmaktadır. Hasat sonrası dönemde ise kitosan, AgNP ve ZnO gibi nanopartikül bazlı kaplamalar mikrobiyal bulaşmayı önleyerek raf ömrünü uzatmakta ve meyve kalitesini korumaktadır. Tüm bu gelişmeler, nanoteknolojinin bağcılıkta yalnızca verim artışı değil; ürün kalitesi, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği açısından da stratejik bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Nanoteknolojinin önolojiye entegrasyonu; şarap kalitesinin korunması, hijyenin artırılması, fermantasyon süreçlerinin optimize edilmesi ve yenilikçi ambalaj çözümleriyle tüketici güvenliğinin güçlendirilmesi gibi alanlarda önemli katkılar sunmaktadır.

Geleceğe yönelik olarak nanoteknolojinin bağcılık ve önolojiye entegrasyonu; hassas tarım, veri odaklı izleme sistemleri ve moleküler düzeyde bitki yönetimi açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır. Nano-biyosensörlerin yapay zekâ ve uzaktan algılama teknolojileriyle birleştirilmesi, bağların gerçek zamanlı takibini mümkün kılarken, nano-taşıyıcıların CRISPR/Cas9 gibi modern ıslah tekniklerinde kullanılması, üzüm çeşitlerinde istenen özelliklerin daha hızlı ve hedefe yönelik şekilde geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Şarap endüstrisinde ise nano-aktif ambalajlar ve kalite izleme etiketleri, geleceğin daha güvenli ve yüksek katma değerli ürünlerinin oluşmasında kritik bir rol oynayacaktır.

Gelişen nanoteknolojik uygulamalar, bağcılıktan şarap üretimine kadar uzanan sürecin her aşamasında kaliteyi artırmak, verimliliği optimize etmek ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Bağlarda kullanılan nanosensörler sayesinde bitki streslerinin gerçek zamanlı takibi ve hastalıkların erken teşhisi mümkün olurken; nano formülasyonlu gübreler ve hidrojel sistemleriyle su ve besin yönetimi daha etkin hâle gelmektedir. Şarap üretiminde ise nanofiltrasyon, polifenol ekstraksiyonunun kontrolü ve aroma stabilitesinin korunması gibi kritik aşamalarda hem ürün güvenliğini hem de duyu kalitenin sürekliliğini sağlamaktadır. Ayrıca nanokapsülasyon ve antimikrobiyal nanoparçacık uygulamalarıyla fermantasyon yönetimi ve mikrobiyal kontaminasyon riski önemli ölçüde

azaltılmakta; akıllı ambalaj sistemleri sayesinde ürün izlenebilirliği ve sahtecilikle mücadelede ileri seviyede başarı elde edilmektedir. Tüm bu gelişmeler, önolojinin geleneksel yapısını bozmadan modern bilimsel olanaklarla destekleyerek geleceğin daha güvenli, kaliteli ve izlenebilir şarap üretim sistemlerinin temelini oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abou El-Nasr, M. K., El-Hennawy, H. M., Samaan, M. S. F., Salaheldin, T. A., Abou El-Yazied, A., & El-Kereamy, A. (2021). Using Zinc Oxide Nanoparticles to Improve the Color and Berry Quality of Table Grapes Cv. Crimson Seedless. *Plants*, 10(7), 1285
- Adhikary, P., Chetia, J., Sharma, M., & Badwaik, L. S. (2025). Shelf life extension of grapes through chitosan coating reinforced zinc oxide nanoparticles containing phytochemicals from lemon pomace. *Scientia Horticulturae*, 342, 114018.
- Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell (Seventh Edition)* (7th ed.). W. W. Norton, Incorporated.
- Almagro, L., Gea-Abellán, A. De, Rodríguez-López, M. I., Núñez-Delgado, E., Gabaldón, J. A., & Pedreño, M. A. (2020). A Smart Strategy to Improve t-Resveratrol Production in Grapevine Cells Treated with Cyclodextrin Polymers Coated with Magnetic Nanoparticles. *Polymers*, 12(4), 991.
- Altaş, A., & Cumhur, Ö. (2021). Bir Bilim Dalı Olarak Önoloji (Oenology as a Science). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 9(1), 185–202.
- BASF SE. (2012, September 20). *Method for treating phytopathogenic microorganisms using surface-modified nanoparticulate copper salts*. U.S. Patent No. US 2012/0238448 A1.
- Bichescu, C. I., Stoica, D., Ivan, A. S., & Stoica, M. (2024). Innovative packaging for wine. *Across – Engineering Across Borders*, 8(6), 41–47.
- Bidabadi, S. S., Sabbatini, P., & VanderWeide, J. (2023). Iron oxide (Fe₂O₃) nanoparticles alleviate PEG-simulated drought stress in grape (*Vitis vinifera* L.) plants by regulating leaf antioxidants. *Scientia Horticulturae*, 312, 111847.
- Borisova, B., Villalonga, M. L., Arévalo-Villena, M., Boujakhrou, A., Sánchez, A., Parrado, C., Pingarrón, J. M., Briones-Pérez, A., & Villalonga, R. (2017). Disposable electrochemical immunosensor for *Brettanomyces bruxellensis* based on nanogold-reduced graphene oxide hybrid nanomaterial. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(24), 5667–5674.

- Bragato Research Institute. (2023). *Evaluation of nanosulphur products for powdery mildew control in grapevines*. Bragato Research Institute.
- Chanut, J., Bellat, J. P., Gougeon, R. D., & Karbowski, T. (2023). A key to wine conservation lies in the glass–cork interface. *PNAS nexus*, 2(11), pgad344.
- Chhipa, H. (2017). Nanopesticide: current status and future possibilities. *Agric Res Technol*, 5(1), 1-4.
- Daler, S., Kaya, O., Korkmaz, N., Kılıç, T., Karadağ, A., & Hatterman-Valenti, H. (2024). Titanium Nanoparticles (TiO₂-NPs) as Catalysts for Enhancing Drought Tolerance in Grapevine Saplings. *Horticulturae*, 10(10), 1103.
- Dumitriu, G. D., de Lerma, N. L., Luchian, C. E., Cotea, V. V., & Peinado, R. A. (2018). Study of the potential use of mesoporous nanomaterials as fining agent to prevent protein haze in white wines and its impact in major volatile aroma compounds and polyols. *Food chemistry*, 240, 751-758.
- Elatafi, E., & Fang, J. (2022). Effect of Silver Nitrate (AgNO₃) and Nano-Silver (Ag-NPs) on Physiological Characteristics of Grapes and Quality during Storage Period. *Horticulturae*, 8(5), 419.
- Falsini, S., Nieri, T., Schiff, S., Papini, A., Salvatici, M. C., Carella, G., Mugnai, L., Gonnelli, C., & Ristori, S. (2024). Enhancing the Efficacy of Natural Repellents Against Grapevine Pathogens by Tannins-Lignin-Mixed Nanovectors. *BioNanoScience*, 14(1), 474–484.
- García-Carrasco, M., Valdez-Baro, O., Cabanillas-Bojórquez, L. A., Bernal-Millán, M. J., Rivera-Salas, M. M., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2023). Potential Agricultural Uses of Micro/Nano Encapsulated Chitosan: A Review. *Macromol*, 3(3), 614–635.
- Garcia-Hernandez, C., Medina-Plaza, C., Garcia-Cabezon, C., Blanco, Y., Fernandez-Escudero, J. A., Barajas-Tola, E., Rodriguez-Perez, M. A., Martin-Pedrosa, F., & Rodriguez-Mendez, M. L. (2018). Monitoring the phenolic ripening of red grapes using a multisensor system based on Metal-Oxide nanoparticles. *Frontiers in Chemistry*, 6, 131.
- Giménez-Bañón, M. J., Moreno-Olivares, J. D., Bleda-Sánchez, J. A., Gómez-Martínez, J. C., Cebrián-Pérez, A., Parra-Torrejón, B., Ramírez-Rodríguez, G. B., Delgado-López, J. M., & Gil-Muñoz, R. (2025). Foliar

- Treatments with Urea and Nano-Urea Modify the Nitrogen Profile of Monastrell Grapes and Wines. *Horticulturae*, 11(6), 570.
- Giménez-Bañón, M. J., Moreno-Olivares, J. D., Paladines-Quezada, D. F., Bleda-Sánchez, J. A., Fernández-Fernández, J. I., Parra-Torrejón, B., Delgado-López, J. M., & Gil-Muñoz, R. (2022). Effects of Methyl Jasmonate and Nano-Methyl Jasmonate Treatments on Monastrell Wine Volatile Composition. *Molecules*, 27(9), 2878.
- Giraldo, J. P., & Kruss, S. (2023). Nanosensors for monitoring plant health. *Nature Nanotechnology*, 18(2), 107–108.
- Giraldo, J. P., Wu, H., Newkirk, G. M., & Kruss, S. (2019). Nanobiotechnology approaches for engineering smart plant sensors. *Nature nanotechnology*, 14(6), 541-553.
- Gutiérrez-Escobar, R., Aliaño-González, M. J., & Cantos-Villar, E. (2021). Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. *Molecules*, 26(3), 718.
- Halvacı, E., Özdemir, Ö., Kaya, M., Serin, Y. E., Tekkanat, G., Kozak, T., & Aygün, A. (2023). Small particles, big changes; synthesis, characterization of nanomaterials and an overview of their application areas. *Journal of Scientific Reports-B*, (009), 16-38.
- Hortolomeu, A., Mirila, D.-C., Georgescu, A.-M., Rosu, A.-M., Scutaru, Y., Nedeff, F.-M., Sturza, R., & Nistor, I. D. (2023). Retention of phthalates in wine using nanomaterials as chemically modified clays with $H_{(20)}$, $H_{(30)}$, $H_{(40)}$ Boltron dendrimers. *Nanomaterials*, 13(16), 2301.
- Jadoun, S., Arif, R., Jangid, N. K., & Meena, R. K. (2021). Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(1), 355–374.
- Jain, P., Liu, W., Zhu, S., Chang, C. Y.-Y., Melkonian, J., Rockwell, F. E., Pauli, D., Sun, Y., Zipfel, W. R., Holbrook, N. M., Riha, S. J., Gore, M. A., & Stroock, A. D. (2021). A minimally disruptive method for measuring water potential in planta using hydrogel nanoreporters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(23), e2008276118.
- Joudeh, N., & Linke, D. (2022). Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists. *Journal of nanobiotechnology*, 20(1), 262.

- Kalpana, V. N., Kataru, B. A. S., Sravani, N., Vigneshwari, T., Panneerselvam, A., & Devi Rajeswari, V. (2018). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using culture filtrates of *Aspergillus niger*: Antimicrobial textiles and dye degradation studies. *OpenNano*, 3(2018), 48–55.
- Kara, Z., Koç, D., Doğan, O., & Yilmaz, T. (2025). Effects of Nano Silver Particles Applications on Rooting of Grapevine Cuttings. *Phyton*, 94(6), 1827–1840
- Kumar, I., Mondal, M., & Sakthivel, N. (2019). Green synthesis of phytogenic nanoparticles. In *Green synthesis, characterization and applications of nanoparticles* 37-73.
- Kumar, Y., & Suhag, R. (2024). Impact of Fining Agents on Color, Phenolics, Aroma, and Sensory Properties of Wine: A Review. *Beverages*, 10(3), 71.
- Lazaro, A., Cujilema, M. R., Villarino, R., Lazaro, M., & Girbau, D. (2025). A novel approach for wine anti-counterfeiting using laser-induced graphene chipless RFID tags on cork. *Scientific Reports*, 15(1), 12750.
- Lemire, J. A., Harrison, J. J., & Turner, R. J. (2013). Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications. *Nature Reviews Microbiology*, 11(6), 371–384.
- Liu, R., & Lal, R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the total environment*, 514, 131-139.
- López-Díaz, A. S., Antonio-Gutiérrez, O., Palou, E., Mani-López, E., López-Malo, A., & Ramírez-Corona, N. (2025). Post-harvest quality preservation of red globe grapes using grape juice-based edible coatings combined with UVC treatment. *Food Chemistry*, 470, 142678.
- Marín-San Román, S., Pérez-Álvarez, E. P., Sáenz de Urturi, I., Parra-Torrejón, B., Ramírez-Rodríguez, G. B., Delgado-López, J. M., & Garde-Cerdán, T. (2023). Changes on Grape Aroma Composition as a Consequence of Foliar Application of Methyl Jasmonate and Nano-Sized Particles Doped with Methyl Jasmonate. *Applied Sciences*, 13(4), 2487.
- Mejia, J. A. A., Ricci, A., Figueiredo, A. S., Versari, A., Cassano, A., de Pinho, M. N., & Parpinello, G. P. (2022). Membrane-based Operations for the Fractionation of Polyphenols and Polysaccharides From Winery Sludges. *Food and Bioprocess Technology*, 15(4), 933–948.

- Mierczynska-Vasilev, A. (2025). The Role of Nanoparticles in Wine Science: Innovations and Applications. *Nanomaterials*, 15(3), 175.
- Mondal, R., Dam, P., Chakraborty, J., Paret, M. L., Kati, A., Altuntas, S., Sarkar, R., Ghorai, S., Gangopadhyay, D., Mandal, A. K., & Husen, A. (2022). Potential of nanobiosensor in sustainable agriculture: the state-of-art. *Heliyon*, 8(12), e12207.
- Mukhopadhyay, S. S. (2014). Nanotechnology in agriculture: Prospects and constraints. *Nanotechnology, Science and Applications*, 7(2014), 63–71.
- Nioi, C., Lisanti, M. T., & Ghidossi, R. (2021). Nanofiltration: An alternative to thermovinification to increase extraction of polyphenols during winemaking? *IVES Technical Reviews Vine and Wine*.
- Pachnowska, K., Cendrowski, K., Stachurska, X., Nawrotek, P., Augustyniak, A., & Mijowska, E. (2020). Potential Use of Silica Nanoparticles for the Microbial Stabilisation of Wine: An In Vitro Study Using *Oenococcus oeni* as a Model. *Foods*, 9(9), 1338.
- Pal, G., Rai, P., & Pandey, A. (2019). Green synthesis of nanoparticles: A greener approach for a cleaner future. In *Green synthesis, characterization and applications of nanoparticles* 1-26.
- Palanisamy, Y., Kadirvel, V., & Ganesan, N. D. (2025). Recent technological advances in food packaging: sensors, automation, and application. *Sustainable Food Technology*, 3(1), 161–180.
- Parisi, C., Vigani, M., & Rodríguez-Cerezo, E. (2015). Agricultural Nanotechnologies: What are the current possibilities? *Nano Today*, 10(2), 124–127.
- Puri, A., Mohite, P., Maitra, S., Subramaniyan, V., Kumarasamy, V., Uti, D. E., Sayed, A. A., El-Demerdash, F. M., Algahtani, M., El-kott, A. F., Shati, A. A., Albaik, M., Abdel-Daim, M. M., & Atangwho, I. J. (2024). From nature to nanotechnology: The interplay of traditional medicine, green chemistry, and biogenic metallic phytonanoparticles in modern healthcare innovation and sustainability. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 170(2024), 116083.
- Rashad, Y. M., El-Sharkawy, H. H., Belal, B. E., Abdel Razik, E. S., & Galilah, D. A. (2021). Silica nanoparticles as a probable anti-oomycete compound against downy mildew, and yield and quality enhancer in

- grapevines: Field evaluation, molecular, physiological, ultrastructural, and toxicity investigations. *Frontiers in Plant Science*, 12, 763365.
- Saifullah, Md., Shishir, M. R. I., Ferdowsi, R., Tanver Rahman, M. R., & Van Vuong, Q. (2019). Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 230–251.
- Sett, S., Lee, M. W., Weith, M., Pourdeyhimi, B., & Yarin, A. L. (2015). Biodegradable and biocompatible soy protein/polymer/adhesive sticky nano-textured interfacial membranes for prevention of esca fungi invasion into pruning cuts and wounds of vines. *Journal of Materials Chemistry B*, 3(10), 2147–2162.
- Shaba, E. Y., Jacob, J. O., Tijani, J. O., & Suleiman, M. A. T. (2021). A critical review of synthesis parameters affecting the properties of zinc oxide nanoparticle and its application in wastewater treatment. *Applied Water Science*, 11(2), 48.
- Shaheen, M. E., & Abdelwahab, A. Y. E. (2025). Laser ablation in liquids: A versatile technique for nanoparticle generation. *Optics & Laser Technology*, 186, 112705.
- Silva-Barbieri, D., Salazar, F. N., López, F., Brossard, N., Escalona, N., & Pérez-Correa, J. R. (2022). Advances in White Wine Protein Stabilization Technologies. *Molecules*, 27(4), 1251.
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K.-H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). ‘Green’ synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 84.
- Singh, R. K., Soares, B., Goufo, P., Castro, I., Cosme, F., Pinto-Sintra, A. L., Inês, A., Oliveira, A. A., & Falco, V. (2019). Chitosan Upregulates the Genes of the ROS Pathway and Enhances the Antioxidant Potential of Grape (*Vitis vinifera* L. ‘Touriga Franca’ and ‘Tinto Cão’) Tissues. *Antioxidants*, 8(11), 525.
- Singh, R., & Kumar, S. (2023). *Nanotechnology advancement in agro-food industry*. Springer Nature.
- Tarafder, C., Daizy, M., Alam, Md. M., Ali, Md. R., Islam, Md. J., Islam, R., Ahommed, Md. S., Aly Saad Aly, M., & Khan, Md. Z. H. (2020). Formulation of a Hybrid Nanofertilizer for Slow and Sustainable Release of Micronutrients. *ACS Omega*, 5(37), 23960–23966

- Tesztlák, P., Kocsis, M., Scarpellini, A., Jakab, G., & Körösi, L. (2018). Foliar exposure of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to TiO₂ nanoparticles under field conditions: Photosynthetic response and flavonol profile. *Photosynthetica*, 56(4), 1378-1386.
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine*, 6(2), 257-262.
- Thirumalaiswamy, V., Vaishali, C., Sundararaju, S., Ramakritinan, C. M., Thillaichidambaram, M., & Quero, F. (2024). *Nanotechnological strategy for the diagnosis of infectious diseases*, 143–181.
- Turgut, O., Keskin, H. L., & Avşar, A. F. (2011). Nanoteknoloji nedir. *Turkish Medical Journal*, 5(1), 45-49.
- Valletta, A., Chronopoulou, L., Palocci, C., Baldan, B., Donati, L., & Pasqua, G. (2014). Poly (lactic-co-glycolic) acid nanoparticles uptake by *Vitis vinifera* and grapevine-pathogenic fungi. *Journal of Nanoparticle Research*, 16(12), 2744.
- Yakut, M., Kum, M., Şendoğdular Topçu, S., & Şendoğdular, L. (2022). *Nanoteknolojide karakterizasyon teknikleri*. İKSAD Publishing House.

BÖLÜM 4

BAĞCILIK VE ÖNOLOJİDE POLİMER TEKNOLOJİLERİ: UYGULAMALAR, MEKANİZMALAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Doç. Dr. Selda DALER^{1*}

Arş. Gör. Melek DEMİREL²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955250>

¹Kocaeli Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 41285 Kocaeli Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0422-1444>

²Kocaeli Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 41285 Kocaeli Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8477-1122>

*sorumlu yazar: selda.daler@kocaeli.edu.tr

1. GİRİŞ

Bağıcılık ve önoloji, iklim değişikliğiyle birlikte artan kuraklık, sıcak hava dalgaları ve hastalık baskısı gibi bir dizi stres etmeniyle aynı anda yüzleşmektedir. Bu koşullar verim ve kalite üzerinde doğrudan baskı oluştururken, sektör aynı zamanda çevresel ayak izini küçültecek sürdürülebilir üretim modellerine yönelme ihtiyacı duymaktadır (Toma vd., 2024). Bu bağlamda hem doğal hem de sentetik kökenli polimer teknolojileri, geleneksel yaklaşımları tamamlayan çok işlevli çözümler olarak öne çıkmaktadır. Uzun zincirli yapıları ve ayarlanabilir kimyasal-fiziksel özellikleri sayesinde polimerler; su ve ısı yönetimi, patojen bariyeri oluşturma, besin ve biyostimülantların kontrollü salınımı, fermantasyonun yönetimi ve şarap stabilizasyonu gibi değer zincirinin farklı halkalarına etki edebilmektedir (Vilela vd., 2017; Hidangmayum vd., 2019; De Vega vd., 2021; İniguez-Moreno vd., 2021; Mansoor vd., 2022; Singh vd., 2022).

Bağıcılık ölçeğinde, hidrojeller su tutma kapasitesini yükselterek kurak dönemlerde asma su durumunu korumaya yardımcı olurken; yaprak yüzeyine uygulanan polimer film kaplamaları (antitranspirantlar) terlemeyi azaltarak fenolojik gelişimi ve olgunlaşma hızını modüle etme potansiyeli taşımaktadır. Biyobozunur polimer temelli malçlar ise hem buharlaşmayı azaltmakta hem de mikroklimi düzenleyerek asma gelişimini desteklemektedir. Besin yönetiminde polimer kaplı gübreler ve aljinat gibi doğal polimerlerle kapsülleme teknikleri, besinlerin bitki talebiyle eşzamanlı ve kayıpları azaltılmış şekilde verilmesini mümkün kılmaktadır. Hastalık yönetiminde kitosan benzeri biyopolimerler hem doğrudan antifungal etki hem de yaprakta koruyucu film oluşturarak fiziksel bariyer etkisi sağlayabilmektedir.

Şaraphane tarafında, polimerlerin rolü eşit derecede belirgindir. Polivinilpolipirrolidon (PVPP) ve arap zımkı gibi polimerik ajanlar, fenolik kompozisyonun ve kolloidal dengenin yönetilmesinde uzun süredir kullanılan araçlardır. Metatartarik asit, karboksimetil selüloz (CMC) ve potasyum poliaspartat gibi polimerler tartarat stabilizasyonunda farklı zaman ufuklarında çözümler sunmaktadır. Membran süreçlerinde kullanılan polimerik mikrofiltrasyon/ultrafiltrasyon membranları, şarabın hijyenik stabilizasyonunu ve berraklığını sağlarken aromayı daha az zedeleme avantajı sunmaktadır (Goldammer, 2022). Depolama ve olgunlaştırmada yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)/epoksi kaplı tanklar gibi polimer bazlı ekipmanlar, oksijen

geçirgenliğinin (OTR) yönetilmesine imkân tanıyarak “nötr” olgunlaşma profilleri oluşturmaya yardımcı olmaktadır (del Alamo-Sanza vd., 2015; Nevares ve del Alamo-Sanza, 2021).

Son yıllarda yükselen iki eksen ise akıllı ve hedefe özgü polimer uygulamalarıdır. Moleküler baskılanmış polimerler (MIP), belirli kusur moleküllerini (örneğin, uçucu fenoller, duman kaynaklı bileşikler gibi) seçici olarak uzaklaştırma kabiliyetiyle hedefe özgü seçicilikte arıtım olanakları sunmaktadır (Filipe-Ribeiro vd., 2020; Huo vd., 2024). Akıllı ambalaj ve IoT tabanlı izleme tarafında ise polimer matrisli gösterge etiketleri ve sensörle bütünleşik tıpa tasarımları, şişe içi koşulları gerçek zamanlı izleyerek kalite risklerini proaktif biçimde yönetmeyi mümkün kılmaktadır (Azeredo ve Correa, 2021).

Bu çalışmanın amacı, polimer teknolojilerinin bağcılık ve önolojide sunduğu çözümleri bağ uygulamaları, önolojik süreçler ve akıllı polimer/izleme sistemleri başlıkları altında bütüncül biçimde ele almaktır. Bu kapsamda, iklim kaynaklı belirsizliklerin arttığı bir dönemde, polimer biliminin sektöre sağladığı somut kazanımlar (verim, kalite, sürdürülebilirlik) ile birlikte uygulama sınırları, yan etkiler ve ölçeklendirme gereksinimleri de tartışılmıştır. Bu çerçeve hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için “doğru polimer–doğru zaman–doğru doz” ilkesiyle optimize edilebilecek, bilimsel temelli bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir.

2. BAĞCILIKTA POLİMER UYGULAMALARI

Bağcılık uygulamalarında polimerler; su yönetimi, besin sağlanması, biyostimülant taşıma, hastalıkların kontrolü ve bitkisel dayanıklılığın artırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Aşağıdaki alt başlıklarda bu uygulamalar incelenmiştir.

2.1. Su Yönetimi ve Kuraklık Toleransı

Kuraklık ve su kısıtı koşulları, asmaların verimliliğini kısıtlayan en önemli sorunlardandır. Polimer teknolojileri, su yönetimini iyileştirerek asmaların kuraklık stresine dayanımını artırmak için yenilikçi araçlar sunmaktadır.

2.1.1. Toprakta Su Tutucu Polimerler (Hidrojeller)

Süper emici polimer hidrojeller, ağırlıklarının katları kadar su emip tutarak toprağın su kapasitesini yükseltmektedir. Frioni vd. (2025) tarafından yürütülen çalışmada, yeni nesil potasyum poliakrilat hidrojel uygulamaları, bağ alanlarında toprak yüzey alan kapasitesini ve bitki tarafından kullanılabilir su miktarını belirgin şekilde artırmıştır. Hidrojel uygulanan genç asmalarda, kuraklık şartlarında gövde su potansiyelindeki düşüş gecikmiş, fotosentez ve yaprak gaz değişimi hızları yükselmiştir. İki sezon sonunda hidrojel ile dikilen asma fidanlarının yaprak alanı ve ürün verimi kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %25–30 oranında daha yüksek bulunmuş; daha hızlı bir gelişimle verim çağlarına daha erken ulaşmışlardır. Bu bulgular, hidrojellerin bağ tesisinde su yönetimi için umut vaat eden araçlar olduğunu göstermektedir.

2.1.2. Yaprak Yüzeyinde Film Oluşturan Polimerler (Antitranspirantlar)

Terpenik polimer esaslı antitranspirantlar, yapraklarda ince bir film tabakası oluşturarak su kaybını fiziksel olarak azaltmaktadır. Örneğin su bazlı bir polimer olan di-1-p-menthen (ticari adıyla Vapor Gard®), yaprak ve meyve yüzeyinde su buharı çıkışını engelleyici bir bariyer oluşturarak transpirasyonu azaltmıştır (Brillante vd., 2016; Fahey ve Rogiers, 2019). Ancak bu yaklaşım dikkatli yönetilmelidir; zira bazı denemelerde bu tip polimer kaplamalar bitkinin gaz alışverişini kısıtlayarak fotosentezi ve şeker birikimini azaltmıştır. Nitekim bir saha çalışmasında, pinolen bazlı antitranspirant uygulanan asmalarda yaprak su kullanım etkinliği artmazken fotosentez hızı düştüğü için üzümlerin şeker ve antosiyanin düzeyleri kontrolden daha düşük çıkmış, elde edilen şarabın kalitesi de olumsuz etkilenmiştir (Brillante vd., 2016). Bu sonuçlar, polimer antitranspirantların su stresini azaltabileceğini ancak doz ve zamanlamasının iyi ayarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

2.1.3. Biyobozunur Polimer Malçlar ve Kaplamalar

Geleneksel plastik yer örtülerine alternatif olarak geliştirilen doğal polimer bazlı malçlar, toprak nemini korumada ve buharlaşmayı azaltmada etkilidir. Örneğin deniz yosunundan elde edilen aljinat, kalsiyum varlığında jel haline geçerek hem toprak yüzeyine uygulanabilecek nefes alabilen bir kaplama oluşturabilmekte hem de toprağa karıştırıldığında su tutumunu artırabilmektedir (Zinina vd., 2023). Aljinat film malçların bağ alanlarında kullanımı, toprağın nem kaybını azaltırken yabancı ot gelişimini de

engelleyerek suyun verimli kullanımına katkı sağlamaktadır. Ayrıca selüloz türevi biyopolimerlerden hazırlanan örtüler de toprağı nemli tutup aşırı ısınmayı önleyerek genç fidanların ve yetişkin asmaların morfolojik gelişimini desteklemektedir. Bu biyobozunur malçlar, sezon sonunda doğada parçalanarak toprağı organik madde kazandırma avantajına da sahiptir (Giaccone vd., 2018; Zainul Armir vd., 2021; Verma vd., 2024).

Yukarıdaki uygulamalar, kurak dönemlerde bağların suya erişimini iyileştirerek ve su stresini azaltarak asmaların sağlıklı gelişimine katkı sunmaktadır. Polimer bazlı su yönetimi çözümleri, özellikle iklim değişikliğiyle mücadele eden bağcılık işletmeleri için sürdürülebilir bir adaptasyon stratejisi olarak öne çıkmaktadır.

2.2. Besin ve Biyostimülant Salınımı

Asmaların düzenli ve dengeli besin alımı, sağlıklı büyüme ve kaliteli ürün için kritiktir. Polimer teknolojileri, gübrelerin ve biyostimülantların kontrollü salınımı yoluyla besin verimliliğini artırmak ve çevresel kayıpları azaltmak üzere kullanılmaktadır:

2.2.1. Kontrollü Salımlı Gübreler

Konvansiyonel gübrelerin hızlı çözünerek tek seferde yüksek konsantrasyonlarda besin salması hem bitki tarafından kullanımda verimsizliğe hem de yıkanma ile çevre kirliliğine yol açabilmektedir. Bu sorunu aşmak için geliştirilen polimer kaplı gübreler, besin elementlerini yavaş ve kontrollü şekilde serbest bırakarak bitkinin besin kullanım etkinliğini artırırken, fazla gübrenin yer altı sularına sızmasını engellemektedir. Özellikle polimer kaplı/kontrollü salımlı üre (PCU/CRU), kaplamanın yarı-geçirgen yapısıyla su girişini ve çözünme kinetiğini düzenleyerek azotun haftalar-aylar boyunca kademeli verilmesini sağlamaktadır. Böylece azot arzı bitki talebiyle daha iyi eş zamanlanmakta, NUE artarken NO_3^- sızıntısı azalmaktadır. Nitekim iki yıllık bir arazi denemesinde CRU, farklı azot dozları boyunca konvansiyonel uygulamalara kıyasla N yıkanmasını anlamlı düzeyde düşürmüştür (Zhang vd., 2018). Doğal bir polimer olan aljinat da gübre formülasyonlarında taşıyıcı matris olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum aljinat jelleri içine gübre veya pestisit bileşikler kapsülünüp toprağı verildiğinde, bu maddeler kontrollü biçimde salınarak etkinlik süreleri uzatılabilmektedir. Aljinat ile enkapsülasyon (kaplama), besinlerin toprakta yıkanma veya volatilizasyonla kaybolmasını

önlemekte ve daha az sıklıkla gübre uygulaması yapma imkânı vermektedir (Abka-khajouei vd., 2022; Lai vd., 2024). Mekanizmaya odaklanan deneysel bir çalışmada ise biyobozunur polimer kaplı üre, salınımı belirgin biçimde yavaşlatmış; bunun sonucu olarak konvansiyonel üreye kıyasla kuru yaprak verimi %47, N alımı %60 ve görünen N geri kazanımı (ANR) anlamlı ölçüde artmıştır (Beig vd., 2020). Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, polimer kaplı gübrelerin, “kademeli salınım → daha yüksek NUE → daha düşük nitrat sızıntısı” mekanistik zinciri üzerinden hem çevresel riski azalttığı hem de agronomik performansı desteklediği gösterilmektedir (Zhang vd., 2018; Beig vd., 2020; Liu vd., 2023).

2.2.2. Biyostimülant ve Biyoaktif Maddelerin Taşınması

Polimer teknolojileri, bitki gelişimini teşvik eden biyostimülant maddelerin ve hatta bağcılık yan ürünlerinden elde edilen faydalı bileşiklerin bitkiye kontrollü verilmesinde de rol oynamaktadır. Özellikle doğal polimerler, bu tür hassas bileşiklerin enkapsülasyonu için ideal taşıyıcılar olarak değerlendirilmektedir (Petrişor vd., 2023; Rezagholizade-Shirvan vd., 2024). Örneğin, üzüm işleme sonrası ortaya çıkan cibre, çekirdek ve kabuklar polifenoller ve antioksidantlar açısından zengindir. Bu bileşenlerin aljinat veya benzeri polimer matrisler içinde mikrokapsüllere alınarak yeniden bağ alanlarına uygulanması, atıkların değerli biyostimülantlara dönüştürülmesi anlamına gelmektedir (Almanza-Oliveros vd., 2024; Karastergiou vd., 2024; Martinović vd., 2024). Kapsüllenmiş polifenol veya antioksidantların toprağa veya yapraklara yavaş salınımı, bitkinin büyümesini ve strese karşı direncini teşvik edebilmektedir (Baroi vd., 2023). Benzer şekilde doğal büyüme düzenleyicilerinin (Chopra vd., 2017) ya da faydalı mikroorganizmaların (Feng vd., 2025) polimerik jeller içinde yüklenmesi, etkilerinin uzun süreli ve kontrollü olmasına imkân tanımaktadır. Bu tür düzenli salınım teknolojileri, hem bitki besin ihtiyaçlarını daha hassas karşılamakta hem de gübre kullanımını optimize ederek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

Bağcılıkta kontrollü besin ve biyostimülant salımı, verim ve kalite artışına doğrudan katkı sunarken, aşırı girdi kullanımının önüne geçerek çevre dostu bir yetiştiricilik pratiği oluşturmaktadır (Toma vd., 2024). Polimer bazlı gübreler ve biyostimülant taşıyıcıları, özellikle sürdürülebilir bağcılık anlayışının benimsendiği modern işletmelerde değerli araçlar haline gelmektedir.

2.3. Hastalık Yönetimi

Üzüm bağlarında fungal hastalıklar (külleme, mildiyö, kurşuni küf vb.) ve zararlılar, verimi ve kaliteyi ciddi boyutta etkileyebilmektedir. Polimer teknolojileri, kimyasal pestisitlerin kullanımını azaltarak veya etkinliğini artırarak hastalık yönetiminde yenilikçi çözümler sunmaktadır:

2.3.1. Doğal Polimer Bazlı Biyofungisitler

Kitosan gibi doğal polimerler, bitki yüzeylerinde koruyucu ve tedavi edici amaçla kullanılmaktadır. Kitosan, karides ve böcek kabuklarında bulunan kitinin deasetile olmasıyla elde edilen bir biyopolimer olup antimikrobiyal ve antifungal özelliklere sahiptir (Román-Doval vd., 2023). Bu özellikleri sayesinde kitosan, bağ mildiyösü ve külleme etmenleri gibi fungal patojenlere karşı doğrudan etkili olabilmektedir. Kitosan uygulaması, patojenlerin hücre zarlarını bozarak büyüme ve spor oluşumlarını engellemekte olup, birçok çalışmada asmalarda görülen yaygın mantar hastalıklarının baskılanmasında başarı göstermiştir (El Hadrami vd., 2010; Ardean vd., 2021; Ke vd., 2021). Ayrıca kitosan, yaprak ve meyve yüzeyine püskürtüldüğünde ince bir film tabakası oluşturup bitki üzerinde koruyucu bariyer işlevi de görmektedir (Miranda vd., 2024). Bu film, bitkiyi dış ortamın olumsuzluklarından korurken (örneğin, aşırı nem veya kuraklık dalgalanmaları), patojen ve haşerelerin bitki dokusuna ulaşmasını fiziksel olarak zorlaştırmaktadır (Toma vd., 2024). Nitekim kitosan kaplamaların, pestisit kullanılmadan asma yapraklarında külleme enfeksiyonunu azaltabildiği ve aynı zamanda toksik olmadığından kalıntı bırakmadığı rapor edilmiştir. Bütün bu özellikleriyle kitosan, bağlarda biyolojik fungusit ve bitki güçlendirici olarak hem yetiştirme sezonu içinde hem de hasat sonrası çürüme kontrolünde değerli bir araç olarak görülmektedir (Miranda vd., 2024).

2.3.2. Polimerik Kontrollü Pestisit Salınımı

Sentetik polimerler kullanılarak geliştirilen nano ve mikrokapsül sistemler, kimyasal fungusit ve insektisitlerin daha kontrollü ve hedefe yönelik uygulanmasını sağlamaktadır. Örneğin, Nachev vd. (2021)'nin çalışmasında bildirildiği gibi polilaktik asit (PLA) gibi biyobozunur polimerlerden üretilen nanolifli kaplamalara fungusit yüklendiğinde, etken maddeler yavaş bir kinetikle salınarak uzun süreli koruma sağlayabilmektedir. Bu tür electrospinning tekniğiyle hazırlanan polimer-fungusit nanokompozitlerinin

laboratuvar koşullarında mantar patojenlerini 50 saatlik bir periyotta %70'in üzerinde azalttığı gösterilmiştir. Benzer şekilde, kitosan nanopartiküllerinin doğrudan mantar gelişimini durdurmada ve bitki üzerinde indükleyici direnç sağlamada etkili olduğu ortaya konmuştur. Biyopolimer temelli nanopartiküller hem toksik olmayan taşıyıcılar olarak hem de kendileri antifungal etki göstererek bağ hastalıklarıyla mücadelede çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır (Wang vd., 2015; Akter vd., 2018; Zohara vd., 2019; Kappel vd., 2022; Wang vd., 2022). Polimerik nanopartiküller kullanılarak bakır veya kükürt gibi geleneksel fungisitlerin daha düşük dozlarda ama daha uzun süreli etkiyle verilmesi de araştırılan yöntemler arasındadır (Hoang vd., 2025).

2.3.3. Koruyucu Polimer Filmler

Polimer kaplamalar yalnızca su kaybını değil, aynı zamanda patojen ve zararlı girişini de engelleyici fiziksel kalkan görevi görmektedir. Örneğin, aljinat ve kitosan bazlı yenilebilir filmlerin yapraklara uygulanması, yüzeyde mikrogözenekli bir tabaka oluşturarak mantar sporlarının yaprakla temasını azaltmaktadır (Lewicka vd., 2024). Ayrıca bu filmler, yaprak yüzey pH'sını ve mikro çerçevesini değiştirerek patojenlerin çoğalması için elverişsiz bir ortam yaratabilmektedir (Elshafie ve Camele, 2021). Bu yaklaşım, kimyasal pestisit kullanımını azaltırken direnç gelişimi riskini de düşürmektedir.

Polimer destekli hastalık yönetimi stratejileri, entegre mücadele programlarına önemli katkılar sunmaktadır. Biyobozunur ve toksik olmayan polimerlerin kullanımı, bağ hastalıklarıyla savaşırken çevreye ve insan sağlığına dost bir profil sergilemektedir. Ayrıca kontrollü salınım ve koruyucu bariyer yöntemleri sayesinde, daha az ürünle daha yüksek etki alınarak ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik sağlanmaktadır (Martău vd., 2019).

2.4. Morfolojik ve Fizyolojik Dayanıklılık

Bağcılıkta başarı, asmanın sadece hastalıklara karşı değil, aynı zamanda abiyotik streslere karşı da dayanıklı olmasını gerektirmektedir. Polimer teknolojileri, asmaların morfolojik yapılarını ve fizyolojik işlevlerini olumsuz çevre koşullarında korumaya yardımcı olarak bitkisel dayanıklılığı artırabilmektedir:

2.4.1. Daha Güçlü Bitki Yapısı

Toprağa uygulanan polimerler, su ve besin mevcudiyetini iyileştirerek bitkinin büyüme performansını yükseltmektedir. Frioni vd. (2025) tarafından,

süper emici polimerlerle zenginleştirilmiş toprağa dikilen asma fidanlarının, kuraklık stresi altında bile daha geniş yaprak alanı geliştirdiği ve daha yüksek verime ulaştığı gözlenmiştir. Hidrojel uygulaması yapılan genç bağlarda yaprak solma belirtileri gecikmiş, bitki su durumu korunmuş ve sonuç olarak vejetatif aksam kayıpları azalmıştır. İki yıl sonunda hidrojel ile yetişen asmalarda sürgün uzunluğu ve yaprak alanı, kontrol grubuna göre %25 civarında daha fazla ölçülmüştür. Bu veriler, polimer katkılı toprak uygulamalarının asmanın morfolojik gelişimini destekleyerek kurak ve zorlu şartlarda dahi bitki büyümesini sürdürmesine yardımcı olduğunu ortaya koymaktadır.

2.4.2. Çevresel Streslere Karşı Koruyucu Kalkan

Polimerik kaplamalar ve filmler, asma gövde, yaprak ve salkımlarını çevresel stres faktörlerine karşı koruyarak fizyolojik fonksiyonların devamlılığını sağlamaktadır. Doğal polimerlerden oluşan ince kaplamalar, bitki yüzeyinde nefes alabilen fakat su kaybını ve sıcaklık dalgalanmalarının etkisini azaltan bir katman oluşturmaktadır. Örneğin, aljinat ve kitosan esaslı filmlerin yapraklara püskürtülmesi, yaprakları aşırı güneş ışığı ve UV radyasyonundan korurken aynı zamanda ani sıcaklık değişimlerinin dokuya zarar vermesini önleyebilmektedir (van Leeuwen vd., 2017). Bu sayede yaprak ve salkımlarda güneş yanıklığı gibi hasarlar azalmakta; yaprak dökümü gecikmekte veya engellenmektedir. Polimer kaplamalı asmalar, uzun süren kurak periyotları daha az fizyolojik stresle atlatabilmekte; yaprak su içerikleri daha yüksek kalarak fotosentez faaliyetini sürdürme potansiyeli taşımaktadır (Vilela vd., 2017). Ayrıca bu filmler, bitki yüzeyini mekanik olarak güçlendirdiği için dolu gibi fiziksel zararlara karşı da bir miktar koruma sağlayabilmektedir.

2.4.3. Gelişimin Kontrollü Modülasyonu

Bazı polimer uygulamaları, asmanın fenolojik gelişimini yönlendirmek amacıyla da kullanılabilmektedir. Örneğin, sezon ortasında uygulanan antitranspirant polimer spreyleri ile yaprak terlemesinin azaltılması, üzümün olgunlaşma hızını kontrol etmek için bir araçtır (Pascual vd., 2022). Terleme azalınca bitki su durumu iyileşir, ancak aynı zamanda stomalar kapandığı için fotosentez ve şeker birikimi yavaşlayabilir (Anfang ve Shani, 2021; Walker vd., 2021). Bu yöntem, özellikle sıcak iklim bağcılığında ben düşme döneminde hızlı şeker yükselişini frenleyerek asitlik dengesini korumak amacıyla incelenmiştir. Di Vaio vd. (2020)'nin çalışmasında, ben düşme döneminde

uygulanan antitranspirant polimer spreyin (di-1-p-menthene; Vapor-Gard®), yapraklarda ince bir film oluşturarak, fotosentezi %25–40, stoma iletkenliğini %40–60 oranında azalttığı; tanelerde 2 °Brix daha düşük şeker birikimine ve şarabın alkol içeriğinde %0.9–1.6 (v/v) düşüşe yol açarken, duysal profili olumsuz etkilemediği bildirilmiştir. Benzer şekilde, Palliotti vd. (2013)'nin çalışmasında, ben düşme dönemi sonrasında uygulanan di-1-p-menthene (Vapor-Gard®)'in, Sangiovese üzümlerinde şeker birikimini sınırlandırıp olgunlaşma süresini uzattığı (hasatta -1.2 °Brix), bunun da şarapta daha düşük alkol içeriğiyle (-%1) sonuçlandığı rapor edilmiştir. Ancak bu tür uygulamalarda denge önemlidir; aşırı antitranspirant uygulaması bitkiyi strese sokabilmekte veya istenmeyen kalite etkileri yaratabilmektedir (önceki bölümde bahsedilen pinolen örneğindeki gibi). Dolayısıyla, polimer kullanarak bitki gelişimini modüle etme yaklaşımları halen araştırma konusudur ve pratikte dikkatle uygulanmalıdır.

Genel olarak, polimer teknolojileri asmaları daha dayanıklı, strese toleranslı ve sağlıklı duruma getirmeyi hedeflemektedir. Gerek kök bölgesinde su-besin tutarak gerek yüzeyde koruyucu katmanlar oluşturarak, asmaların ekstrem koşullarda dahi büyüme ve ürün verme yeteneklerini korumasına yardımcı olmaktadır. Bu da uzun vadede daha istikrarlı verim ve kalite anlamına gelmektedir.

3. ÖNOLOJİDE POLİMER UYGULAMALARI

Şarap üretim süreçlerinde polimerler, hasat sonrası üzüm muhafazasından fermantasyon kontrolüne, şarap stabilizasyonundan akıllı ambalajlamaya kadar çeşitli aşamalarda kullanılmaktadır. Önolojide polimer uygulamalarının temel amacı, şarap kalitesini artırmak, korumak ve üretim süreçlerini iyileştirmektir. Aşağıda, bu uygulamalar alt başlıklar halinde incelenmiştir.

3.1. Hasat Sonrası ve Depolama

Üzümlerin hasat sonrası kalite kaybının önlenmesi ve taze halde muhafazası, özellikle sofralık üzüm ve şaraplık üzümün işlenmeden önceki aşaması için kritiktir. Polimer bazlı yenilebilir kaplamalar ve ambalaj teknolojileri, hasat sonrası çürümeyi geciktirmek ve ürün kalitesini korumak için yaygın biçimde kullanılmaktadır.

3.1.1. Yenilebilir Polimer Kaplamalar

Hasat edilen üzümlerin yüzeyine uygulanan ince yenilebilir polimer filmler, tanelerin suyunu kaybetmesini ve mikroorganizmaların gelişmesini önleyerek raf ömrünü uzatmaktadır. Özellikle doğal bir polisakkarit olan kitosan, bu amaçla kapsamlı şekilde araştırılmıştır. Kitosan kaplama uygulanan üzümlerde, düşük sıcaklıktaki depolamada dahi mantar kaynaklı çürümelerin önemli ölçüde azaldığı ve pazar ömrünün uzadığı gösterilmiştir (Shiri vd., 2013). Kitosanın antimikrobiyal özellikleri, üzümler üzerinde küf ve maya gelişimini baskılamak; oluşturduğu film tabakası tanelerin daha az su kaybederek turgorunu korumasını sağlamasıdır (Miranda vd., 2024). Örneğin bir çalışmada %1'lik kitosan çözeltisine daldırılan sofralık üzümler 0°C'de 60 gün depolanabilmiş; bu süre sonunda hem çürüme oranı kontrol grubuna göre çok daha düşük çıkmış hem de meyvelerin parlaklık ve sertlik gibi duyu özellikleri korunmuştur (Shiri vd., 2013). Kitosan, SO₂ gibi geleneksel kimyasallara alternatif, güvenli bir koruyucu olarak da dikkat çekmektedir (Farouk vd., 2024). Sonuç olarak yenilebilir polimer kaplamalar, hasat sonrası dönemde üzümlerin kalitesini kimyasal kalıntı bırakmadan koruyan sürdürülebilir bir yöntem sunmaktadır.

3.1.2. Modifiye Atmosfer Ambalajları

Polimer bazlı özel ambalaj filmleri kullanılarak oluşturulan modifiye atmosfer paketleme (MAP) sistemleri, üzümlerin depolanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Polietilen veya polipropilen gibi gıda ambalajına uygun polimer filmler, belirli oranlarda gaz geçirgenliğine sahip olacak şekilde ayarlanarak paket içi atmosferi modifiye etmektedir. Düşük oksijen ve yüksek CO₂ seviyeleri oluşturularak, meyvenin solunum hızı düşürülmekte ve mikrobiyal aktivite kısıtlanmaktadır. Örneğin Italia çeşidi üzümlerin, %5 O₂ ve %15 CO₂ içeren modifiye atmosfer koşullarında polimer paketlerde saklanması, iki haftalık soğuk depolama ve raf süresi sonunda bile çürümeyi minimuma indirmiş, tazelik ve tat kalitesini korumuştur (Liguori vd., 2021). Kitosan kaplama ile MAP yönteminin birlikte kullanıldığı durumlarda, iki teknolojinin sinerjik etki göstererek raf ömrünü daha da uzattığı bildirilmiştir (Eshghi vd., 2022).

3.1.3. Polimer Esaslı Depolama Ekipmanları

Şaraplık üzümlerin ezilmesi sonrası elde edilen şıra ve şarap, üretim sürecinde çeşitli kaplarda saklanmaktadır. Paslanmaz çelik ve meşe fiçilerin yanı sıra, gıda sınıfı polietilen veya epoksi kaplı fiber tanklar gibi polimer bazlı tanklar da şarap depolamada kullanılmaktadır. Bu polimer kaplı tanklar, nötr bir ortam sağlayarak şarabın aromasına müdahale etmemekte ve oksijen geçirgenlikleri kontrol altında olduğundan belirli bir olgunlaşma profili elde etmeye yardımcı olabilmektedir (del Alamo-Sanza vd., 2015). Örneğin HDPE şarap tankları, mikro-oksijenasyon seviyelerini yönetebilecek geçirgenlikte tasarlanmıştır (Nevares ve Alamo-Sanza, 2021; Pambianchi, 2021). Polimer tankların hafiflik, kolay temizlenebilme ve maliyet avantajları da bulunmaktadır.

Hasat sonrası ve depolama aşamasında polimer uygulamaları, üzümün ve şıranın kalitesini muhafaza etmeye yönelik kritik araçlardır. Yenilebilir kaplamalar ve akıllı ambalaj filmleri, ürün kayıplarını azaltarak verimliliği artırırken kimyasal koruyuculara duyulan ihtiyacı da en aza indirmektedir. Bu teknolojiler, tedarik zincirinde daha uzun raf ömrü ve tüketiciye daha kaliteli ürün ulaşmasını sağlamaktadır.

3.2. Aroma ve Fenolik Stabilizasyon

Şarabın aromatik ve fenolik bileşenleri, kaliteyi ve tüketici beğenisini doğrudan etkileyen unsurlardır. Şarap yapımında polimer tabanlı bazı katkılar ve işlemler, aroma ve polifenol stabilizasyonu için kullanılmaktadır.

3.2.1. PVPP ile Fenolik Stabilizasyon

PVPP, şarap endüstrisinde yaygın kullanılan bir polimer stabilizatördür. PVPP, şarapta istenmeyen okside olabilir polifenollerini güçlü şekilde adsorbe ederek uzaklaştırır. Beyaz ve roze şaraplarda kateşin gibi fenolik maddelerin PVPP ile giderilmesi, bu şaraplarda zamanla oluşabilecek esmerleşme ve oksidatif aroma kusurlarını engellemektedir. PVPP kullanımıyla aşırı fenolik yük azaltıldığında, şarabın meyvemsi aromaları daha temiz duyumsanmakta ve lezzetteki pürüzlü, acımtırak tonlar giderilebilmektedir. Nitekim PVPP uygulamasının, şarapta oksidasyona bağlı oluşan esmerliği ve bulanıklığı önlediği, ayrıca aroma ve lezzet dengesini iyileştirerek şarabın içim kalitesini artırdığı yapılan birçok araştırma sonucunda ortaya konmuştur (Sims vd., 1995; Gopal ve Marti, 1999; Ribereau-Gayon vd., 2006). PVPP, inert bir polimer olduğu için şarapta herhangi bir koku veya tat bırakmamakta; uygulama sonrası

filtrasyonla tamamen uzaklaştırılabilmektedir. Bu özellikleriyle PVPP, özellikle beyaz şaraplarda soğuk stabilizasyon ve raf stabilitesi sağlamak için vazgeçilmez bir işlem haline gelmiştir (Van Buiten ve Elias, 2024).

3.2.2. Doğal Polisakkaritlerle Kolloidal Stabilizasyon

Arap zamkı, akasya ağaçlarından elde edilen doğal bir glikoprotein-polisakkarit polimeridir ve şarapçılıkta uzun süredir koruyucu kolloid olarak kullanılmaktadır. Arap zamkı, şarapta kolloidal parçacıkları çevreleyip sararak onların birbirine yapışıp çökmesini engellemektedir (Sanchez vd., 2018; Nigen vd., 2019; Apolinar-Valiente vd., 2020). Bu sayede özellikle genç kırmızı şaraplarda antosiyanin pigmentlerinin ve renge katkı yapan tanenlerin çökerek şarabın renginin solması önlenmektedir. Ayrıca Arap zamkı ilavesi, kırmızı şaraplarda tanenlerin neden olduğu burukluğu azaltıp gövde hissini artırarak şarabın damaktaki dengesini iyileştirmektedir (Wang vd., 2023). Örneğin yüksek tanenli genç kırmızı şaraba arap zamkı uygulandığında, şarabın burukluğu azalmakta, daha yuvarlak bir içim sağlanmakta ve meyvemsi aromaların algılanması belirginleşmektedir. Beyaz ve roze şaraplarda da düşük doz arap zamkı eklenmesi, ağızda dolgunluk hissi vererek asiditeyi yumuşatıp aromatik nüansları zenginleştirebilmektedir. Bununla birlikte arap zamkı kalıcı bir stabilite aracı değildir; şarabın uzun yıllar olgunlaşacağı durumlar için önerilmemektedir. Çünkü polifenollerin doğal polimerizasyon ile olgunlaşmasını kısmen engelleyerek yıllanmış şaraplarda istenmeyen bulanıklığa yol açabilmektedir. Bu nedenle Arap zamkı daha çok tüketime hazır genç şarapların hem görsel hem duyuusal stabilitesi için son işlem olarak, şişeleme öncesi eklenmektedir.

3.2.3. Tartarat ve Kolloidal Denge için Diğer Polimerler

Şaraplardaki tartarat kristallerinin oluşumunu engellemek amacıyla kullanılan metatartarik asit, tartarik asidin polimerleşmiş bir türevidir ve soğuk stabilizasyonda kısa süreli koruma sağlamaktadır (Younes vd., 2020). Metatartarik asit, çökelti çekirdeklerinin aktif yüzeylerine bağlanarak kristal büyümesini geçici olarak engellemektedir; ancak zamanla hidrolize olduğu için (yaklaşık 10 ay) etkisi sınırlıdır. Bu etkinin uzatılması için arap zamkı ile kombinasyonu kullanılabilir; arap zamkı kristalleri kılıflayarak metatartarik asidin koruma süresini birkaç ay daha artırabilmektedir (Gerbaud vd., 2010). Öte yandan, şarapların protein stabilizasyonunda kullanılan bazı ticari

berraklaştırıcılar da polimerik yapıya sahiptir (örneğin, PVPP-kazein kombinasyonları veya kolloidal silika). Tüm bu polimerik stabilizasyon ajanları, şarapta bulanıklık, çökelti ve istenmeyen renk gelişimini önleyerek ürünün raf ömrünü ve kalitesini güvence altına almaktadır.

3.3. Fermantasyon Teknolojileri

Şarap fermantasyonu, üzüm şirasının kontrollü bir biyokimyasal dönüşüm sürecidir. Polimer teknolojileri, fermantasyon tankları içinde mayaların yönetimi ve fermantasyon kontrolü konularında yenilikler getirmiştir.

3.3.1. İmmobilize Maya Uygulamaları

Mayaların hareketsiz hale getirilip (immobilizasyon) bir polimer matriks içinde tutularak kullanılması, fermantasyon süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu amaçla en yaygın kullanılan yöntem, sodyum aljinat çözeltisine maya hücrelerinin karıştırılıp kalsiyum klorür banyosuna damlatılarak kalsiyum aljinat boncukları oluşturulmasıdır. Aljinat jeller, maya hücrelerini gözenekli bir kapsül içinde hapsederek dış ortamdaki şıraya erişimlerini sağlarken, hücrelerin serbest dolaşımını kısıtlamaktadır. İmmobilize edilmiş maya hücreleri ile yürütülen fermantasyonlarda, mayalar fermantasyon sonunda kolaylıkla ayrılabilirdiği için filtrasyon daha az zahmetli olmakta ve maya biyokütlesi tekrar kullanılabilir. Özellikle geleneksel şampanya üretiminde ikinci fermantasyonun şişe içinde gerçekleştirilmesi aşamasında immobilize mayalar büyük kolaylık sağlamaktadır (Fernández-Fernández vd., 2022). Kalsiyum aljinat boncuklar içindeki mayalarla şişe fermantasyonu yapılan köpüklü şaraplarda, 9 aylık şişe olgunlaşması sonunda şarap bileşimi ve duyuşal özellikler bakımından, serbest maya ile yapılanlara kıyasla anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir. Buna karşın immobilize maya kullanımı sayesinde zahmetli sediman uzaklaştırma işlemlerine gerek kalmamış, şişede tortu oluşmadığı için süreç önemli ölçüde hızlanmıştır. Bu teknoloji, köpüklü şarap üretiminde verimliliği artırırken şarabın kalitesini koruduğunu kanıtlamıştır. Benzer şekilde, immobilize mayalar kesintisiz sistemlerde de kullanılarak durmaksızın fermantasyon veya biyoreaktör kontrollü düşük sıcaklık fermantasyonları gerçekleştirilebilmektedir.

3.3.2. Membran ve Filtre Uygulamaları:

Polimerik membranlar, şarap üretiminde hem fermantasyon kontrolü hem de fermantasyon sonu temizlik aşamalarında önemli rol oynamaktadır. Örneğin, çapraz akış filtrasyonu sistemlerinde genellikle polimerik mikrofiltrasyon membranları kullanılmaktadır. Bu membranlar (örneğin, polietersülfon veya polipropilen esaslı), şarabın içindeki maya, bakteri ve bulanıklığa yol açan askıda partikülleri tutarak tek adımda şarabı süzebilmektedir. Geleneksel plakalı filtrasyon veya arıtma toprağı (kieselguhr) ile yapılan filtrasyona kıyasla, polimer membranlı çapraz akış filtreleri şarabın aromatik yapısına daha nazik davranmakta ve oksidasyon riskini azaltmaktadır. Araştırmalar, şarap filtrasyonunda en yaygın membran tipinin polimerik esaslı organik membranlar olduğunu, seramik membranlara kıyasla bunların daha esnek ve ekonomik olduğu için tercih edildiğini göstermektedir (Goldammer, 2022). Fermantasyon esnasında da bazı ileri uygulamalarda yarı geçirgen polimer membranlar kullanılarak alkol derecesini düşürme (dializ yoluyla etanol çekme) veya uçucu asitlik düzeltme gibi işlemler yapılabilmektedir. Bu tip membran bazlı işlemler, şarabın kimyasal bileşimini hedeflenen aralıklarda tutmak için yeni teknolojik imkânlar sunmaktadır.

3.3.3. Polimer Sensörler ve Kontrol Sistemleri

Fermantasyon tanklarına entegre edilebilen polimer bazlı sensörler, sıcaklık, CO₂ basıncı, şeker miktarı gibi parametreleri gerçek zamanlı izleyerek fermantasyonun güvenli seyretmesini sağlayabilmektedir. Bu amaçla, iletken polimerlerden yapılmış yenilikçi sensörler, tank içinde etanol konsantrasyon değişimlerini veya organik asit seviyelerini ölçerek fermantasyonun seyrini kontrol sistemine bildirebilmektedir. Bu sayede fermantasyon devresi gerektiğinde soğutma, havalandırma veya besin eklemesi gibi müdahalelerle optimize edilebilmektedir. Polimer elektrolit sensörleri ve radyo frekansı ile tanımlama (RFID) tabanlı kablosuz izleme cihazları gibi gelişmeler, Endüstri 4.0 kapsamında akıllı şaraphanelerin yapı taşları olmaya başlamıştır.

Genel olarak, önoloji alanında polimer teknolojilerinin kullanımı fermantasyon süreçlerini daha kontrol edilebilir, verimli ve güvenli hale getirmektedir. İmmobilize maya ve membran filtrasyon gibi yöntemler, üretim sürecini kısaltıp maliyetleri düşürürken, şarabın nihai kalitesini de korumaktadır. Bu teknolojiler, geleneksel şarap yapım tekniklerinin yerini

almak yerine onlara entegre olarak, modern şarap üretiminin inovatif unsurları şeklinde değerlendirilmektedir.

3.4. Şarap Kalitesinde Akıllı Polimerler

Günümüz şarap endüstrisinde, kalite kontrol ve ürün takibi konularında akıllı malzemeler giderek önem kazanmaktadır. Polimer bilimi de bu alanda yenilikçi çözümler sunarak şarapların kalitesini koruma ve izleme yöntemlerini geliştirmektedir

3.4.1. Moleküler Baskılanmış Polimerler (MIP) ile Seçici Arıtma

Şarapta istenmeyen koku veya tat bileşenlerini spesifik olarak uzaklaştırmak üzere geliştirilen moleküler baskılanmış polimer teknolojisi son dönemin çarpıcı yeniliklerindendir. MIP'ler, üretim esnasında hedef molekülün “şablon” olarak kullanıldığı, üzerinde milyarlarca özgün bağlanma boşluğu barındıran akıllı polimerlerdir. Yeni Zelanda merkezli bir çalışma, özel tasarlanmış MIP boncuklarının, şarapta istenmeyen pirazinler (kötü koku veren yeşil biber aroması), Brettanomyces kaynaklı fenolik bileşikler (istenmeyen “at ahır” kokusu) gibi aroma kusurlarını seçici şekilde tutabildiğini ortaya koymuştur. Bu polimer boncuklar, hedef molekülleri yakalayıp bağlarken şarabın arzu edilen uçucu bileşenlerini, renk antosiyaninlerini ve genel lezzet profilini etkilememekte; dolayısıyla şarabın karakterini bozmadan sadece kusurlu yönlerini düzeltmektedir (Filipe-Ribeiro vd., 2020; Huo vd., 2024). Moleküler filtrasyon teknolojisinin ilk ticari uygulamalarında, duman aromasından etkilenen (örneğin, orman yangını bölgelerindeki) veya aşırı acı/buruk şarapların kalitesini geri kazandırmada başarılı sonuçlar alınmıştır. Kaliforniya ve Yeni Zelanda'da farklı üreticiler, MIP filtrasyonunu kullanarak normalde pazarlanamayacak düzeyde fenolik kusuru olan şarapları rafine edip yüksek değerli ürünlere dönüştürebilmiş, böylece ciddi ekonomik kayıpların önüne geçilmiştir. Örneğin, sert tanenli bir beyaz şaraptaki istenmeyen acı bileşikler MIP ile seçici olarak giderildiğinde, geleneksel durultma ajanlarıyla arıtılmış şaraba kıyasla daha yumuşak bir profil elde edilmiş ve tadım panellerince tercih edilmiştir. Dahası, MIP boncuklarının yeniden kullanılabilir oluşu, tek kullanımlık durultma ajanlarına kıyasla atık miktarını azaltarak sürdürülebilirlik avantajı sağlamaktadır. Moleküler baskılanmış akıllı polimerlerin önümüzdeki yıllarda şarap kusurlarını gidermede hedefe özgü çözümler olarak daha yaygın biçimde kullanılacağı öngörülmektedir.

3.4.2. Akıllı Sensörlü Ambalaj ve İzleme Sistemleri

Şarap şişelerinin saklanma koşullarını ve olgunlaşma durumunu gerçek zamanlı izleyebilen akıllı ambalaj teknolojilerinde de polimerler rol almaktadır. Akıllı mantar olarak adlandırılan ve IoT (Nesnelerin İnterneti) uyumlu sensörler içeren mantar tıplar, şişe içerisinde ve çevresinde oluşan koşulları sürekli takip edebilmektedir (Cañete vd., 2018). Bu yüksek teknoloji mantarlar, sıcaklık değişimleri, bağıl nem, sarsıntı gibi şarap kalitesini etkileyen kritik verileri algılayarak kablosuz olarak iletmektedir. Bu sayede, özellikle değerli şarap koleksiyonlarının depolandığı mahzenlerde, bir şişenin zaman içinde yanlış sıcaklıkta tutulması veya mantar kuruması gibi problemler erken tespit edilip müdahale edilebilir hale gelmektedir. Akıllı ambalaj konsepti yalnızca izleme değil, aynı zamanda koruyucu işlevler de içerebilmektedir. Örneğin, bazı şarap kapaklarında kullanılan oksijen tutucu polimer iç tabakalar, şişe içindeki oksijeni emerek şarabın oksidasyondan korunmasına yardımcı olmaktadır. Benzer şekilde etiketlerde yer alan akıllı polimer bazlı renk indikatörleri, şişenin uygun sıcaklıkta servis edilip edilmediğini veya raf ömrünü aşıp aşmadığını göstererek tüketiciyi yönlendirebilmektedir (Azeredo ve Correa, 2021). Tüm bu akıllı polimer uygulamaları, şarap kalitesinin izlenmesi ve korunmasına yönelik proaktif bir yaklaşım sunmaktadır. Geleneksel şişe açılana dek belirsiz kalan kalite durumu, akıllı sensörler sayesinde şişe kapalıyken bile şeffaf hale gelmektedir.

Önoloji alanında akıllı polimer kullanımı, şarap üreticilerine ve koleksiyonerlerine yeni olanaklar sağlamaktadır. Seçici filtrasyon teknolojileriyle istenmeyen moleküllerin ayıklanması, akıllı mantar ve ambalajlarla kalite takibi gibi yenilikler, şarapların değerini ve tutarlılığını korumaya yardımcı olmaktadır. Bu gelişmeler, ileri malzeme biliminin geleneksel şarap kültürüyle buluştuğu noktayı temsil etmekte ve gelecekte daha geniş uygulama alanları bulması beklenmektedir.

4. BİLİMSEL PRATİK PERSPEKTİFİ

Polimer teknolojilerinin bağcılık ve önolojiye entegrasyonu, laboratuvar ve pilot ölçekli başarıların ötesinde, geniş ölçekli uygulamalarda bazı pratik hususların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bilimsel literatürde vurgulanan bulguların sahaya yansımaları sürecinde karşılaşılan durumlar ve çözüm önerileri aşağıda verilmiştir.

4.1. Uygulama ve Ölçeklendirme Zorlukları

Bir polimer tabanlı uygulamanın ticari bağ veya şaraphane ortamında etkin olabilmesi için, uygun maliyetli ve pratik uygulanabilir olması şarttır. Doğal polimer kaplamalar ve jeller genellikle laboratuvarında etkinlik göstermiş olsa da bunların mevcut tarımsal ekipmanla geniş alanlara uygulanabilmesi için formülasyon optimizasyonu gerekmektedir (Toma vd., 2024). Örneğin, kitosan veya aljinat bazlı bir yaprak kaplamanın pülverizatörlerle tıkanma yapmadan atılabilecek şekilde ayarlanması, doğru viskozite ve parçacık boyutunun sağlanması gibi teknik konular vardır. Ayrıca polimer dozajının etkili aralıkta tutulması önemlidir; az kullanım yetersiz etki, aşırı kullanım ise bitkiye olumsuz etki yapabilir veya ekonomik olmayabilir. Bir diğer husus ölçek büyüdükçe polimer talebinin artmasıyla ilgilidir örneğin; doğal polimerlerin üretimi ve temini pahalı olabilir. Kitosan, aljinat gibi maddelerin saf formları tarım kullanımında hala görece maliyetlidir ve büyük bağ alanlarında düzenli kullanımda maliyet-etkinlik analizi dikkatlice yapılmalıdır (Kozma vd., 2022). Bu nedenle, araştırmacılar polimer uygulamalarının ölçek ekonomisini geliştirmek üzere daha ucuz hammadde kaynakları (örneğin, atıklardan elde edilen selüloz, kitin gibi) ve daha az işgücü gerektiren uygulama yöntemleri üzerine çalışmaktadır.

4.2. Regülasyon ve Çevresel Etkiler

Polimerlerin tarım ve gıda alanında kullanımında, yasal düzenlemeler ve çevresel kaygılar da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, bir polimer kaplamanın üzüm üzerinde kalmasına izin verilecekse bunun insan sağlığına uygun (yenilebilir, toksik olmayan) olması gerekmektedir. Kitosan gibi bazı doğal polimerler birçok ülkede biyolojik pestisit olarak onay almıştır, ancak sentetik polimer veya nanopartikül içeren yenilikçi formülasyonların yasal onay süreçleri zaman alabilir. Uçucu olmayan polimer kalıntılarının şarapta istenmeyen etkisi olmaması da testlerle doğrulanmalıdır. Çevresel açıdan ise, biyoçözünürlük önemli bir kriterdir. Toprağa uygulanan polimerlerin birikim yapıp yapmadığı, uzun vadede toprak mikrobiyotasına etkileri araştırılmaktadır (Toma vd., 2024). Örneğin, yaygın kontrollü salınım gübrelerinin kaplamasında kullanılan bazı sentetik reçine polimerlerin tam biyolojik bozunmaya uğramayıp toprakta mikroplastik birikimine neden olabileceği konusu tartışılmaktadır. Nitekim geleneksel yavaş salınan gübrelerin çoğunun biyobozunur olmayan plastik kaplamalar içerdiği ve zamanla bu kaplamaların

toprakta mikroparçalara ayrılabilirdiği bilinmektedir. Bu durum, ileride toprak sağlığı ve çevre açısından sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, yeni nesil polimer geliştiricileri, malzemelerin çevrede iz bırakmadan parçalanması (örneğin, belirli sürede karbondioksit ve suya dönüşmesi) üzerine odaklanmaktadır. Doğal polimerler bu açıdan avantajlıdır; örneğin, kitosan ve selüloz türevleri toprak mikroorganizmaları tarafından nispeten hızlı bir şekilde parçalanıp humus benzeri maddelere dönüşmektedir (Silva vd., 2023). Öte yandan, polimerlerin üretim süreçlerinin de çevresel ayak izi göz önünde bulundurulmalıdır. Petrol türevi polimerlerin üretimi fosil kaynaklı olduğu için yüksek karbon salımı içerirken, doğal polimer üretimi de yoğun su ve enerji kullanımı gerektirebilir (Satchanska vd., 2024). Bu dengeleri değerlendirmek, uygulayıcılar için önem taşımaktadır.

4.3. Mevcut Durum ve Benimseme

Bugün itibariyle, polimer teknolojilerinin bazıları bağcılık ve şarapçılıkta rutin uygulamalara girmiş durumdadır. Örneğin PVPP ile şarap durultma, birçok şaraphanede standart kalite stabilizasyon prosedürü olmuştur. Benzer şekilde, bazı üzüm üreticileri kitosan içeren doğal fungusit ürünlerini organik bağcılık kapsamında kullanmaktadır. Plastik yer örtüleri de uzun yıllardır bağlarda uygulanmaktadır; bunların yerini yavaş yavaş biyobozunur polimer malçların alması gündemdedir. Süper emici polimer hidrojel uygulamaları ise henüz sınırlı pilot denemeler boyutundadır ancak başarılı sonuçlar alındıkça üreticilerin ilgisi artmaktadır. Moleküler baskılanmış polimer filtreler veya akıllı mantarlar gibi ileri teknolojiler ise henüz yeni ortaya çıkmış olup, daha çok öncü üreticiler ve araştırma projeleri tarafından test edilmektedir. Bu teknolojilerin yaygınlaşmasının, etkinliklerinin kanıtlanması yanında ekonomik sürdürülebilirliklerine ve pratik kolaylıklarına bağlı olacağı düşünülmektedir. Sonuçta, kullanıcı deneyimleri ve saha verileri biriktikçe, polimer çözümlerinin güvenilirliği ve faydalarının daha görünür hale geleceği, böylece sektörde benimsenme oranının artacağı öngörülmektedir. Burada üniversite-sanayi iş birlikleri, demonstrasyon projeleri ve eğitim faaliyetleri önemli rol oynamaktadır.

Özetle bilimsel ve pratik perspektiften bakıldığında, polimer teknolojilerinin bağcılık ve önolojiye entegrasyonu pek çok potansiyel fayda barındırmakla beraber, doğru malzemenin doğru yerde ve şekilde kullanılması prensibine dikkat etmek gerekmektedir. Her bağın ekolojisi, her şarabın üretim

hedefi farklı olabileceğinden, polimer uygulamalarının da duruma özel optimize edilmesi önem taşımaktadır. Maliyet, uygulama kolaylığı, yasal uygunluk ve çevresel etki kriterleri göz önünde bulundurularak, polimer teknolojilerinin akılcı biçimde kullanıldığında hem üreticilere hem de genel olarak sektöre hizmet eden güçlü araçlar olacağı düşünülmektedir.

5. GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Polimer teknolojilerinin bağcılık ve şarapçılıkta kullanımı, önümüzdeki yıllarda hızlanarak devam etmesi beklenen bir inovasyon alanıdır. Gelecekte bu alanda bazı önemli eğilimler öngörülmektedir:

5.1. Entegratif ve İleri Teknolojilerle Sinerji

Doğal polimerlerin nanoteknoloji ile kombine edilmesi, daha etkili ve akıllı tarımsal malzemelerin geliştirilmesini sağlayabilir. Örneğin, kitosan veya aljinat gibi polimerlere nano-kil, nano-gümüş gibi katkıları eklenerek hem mekanik dayanımları artırılabilir hem de çok fonksiyonlu (hem antifungal hem besleyici gibi) kaplamalar üretilebilir. Ayrıca polimer-nanopartikül konjugatları sayesinde, bitkiye kontrollü salınan maddelerin etkinliği yükseltilebilir. Literatürde, doğal polimerlerin nanomalzemeler ile birleşiminin bağ ortamında daha uzun süre dayanan ve çevresel şartlara uyumlu kaplamalar oluşturabileceği vurgulanmaktadır. Bunun yanında, hassas tarım teknolojileri ile polimer uygulamalarının entegre edilmesi önemli bir gelecek hedefidir. Uzaktan algılama ve sensör ağları sayesinde bağın hangi parselinin ne düzeyde su stresi ya da hastalık riski taşıdığı belirlenebilir; polimer jel veya kaplamalar sadece gerekli kısımlara ve optimal zamanlarda uygulanarak hem etkinlik artırılabilir hem de gereksiz kullanımın önüne geçilebilir. Bu tür hedefe yönelik uygulama yaklaşımları, polimerlerin maksimum faydayı minimum malzeme ile sağlamasına yardımcı olacaktır.

5.2. Ölçek ve Maliyet Optimizasyonu

Geleceğin önemli bir araştırma alanının, polimer teknolojilerinin ölçeklenebilirliğinin artırılması olacağı düşünülmektedir. Doğal polimer üretiminde daha ucuz ve bol kaynakların kullanılması (örneğin tarımsal atıklardan selüloz türevleri elde edilmesi), biyoteknolojik yöntemlerle kitin/kitosan üretiminin endüstriyel fermentörlerde yapılması gibi yöntemler maliyetleri düşürecektir. Ayrıca uygulama tekniklerinin geliştirilmesi beklenmektedir. Araştırmacılar, otomatik ve hassas dozajlamayla çalışan

püskürtme sistemleri veya sulama ile birlikte polimer verme (fertigasyon benzeri) gibi yöntemler üzerinde durmaktadır. Örneğin, büyük bir bağ alanında tarımsal püskürtme İHA'ları veya otonom kara araçları kullanarak yapraklara polimer kaplama uygulanması gelecekte mümkün hale gelebilir. Bu sayede insan işgücüne daha az ihtiyaç duyularak geniş alanlar kısa sürede işlem görebilecektir. Yine, polimer malç veya hidrojel uygulamalarında, toprak altına yerleştirilebilen otomatik dozajlama cihazları geliştirilerek tüm sezon boyunca kontrollü salınım yapan sistemler tasarlanabilir. Tüm bu çabalar, polimer teknolojilerinin ticarileşmesinin önündeki pratik engelleri kaldırmayı hedeflemektedir.

5.3. Yeni Polimer Keşifleri ve Geliştirmeler

Polimer kimyası alanındaki ilerlemelerin, bağcılık ve önolojiye de yansımaya devam edeceği düşünülmektedir. Örneğin, iklim değişikliğine uyum sağlamak için ısıya duyarlı polimer jeller geliştirilip bağlarda kullanılabilir (sıcaklık belli bir eşiğin üzerine çıktığında su salan, düşünce su tutan akıllı hidrojel malçlar gibi). Benzer şekilde, UV ışınımını filtreleyen polimer kaplamalar veya pestisit algıladığında renk değiştiren indikatör polimerler gibi uyaran yanıtı malzemelerin sahada kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Önolojide ise, şarapta alkol, şeker veya asit seviyelerine duyarlı polimerlerin, şarabın kimyasal dengesini gerçek zamanlı ayarlayan yenilikçi sistemlere dönüşmesi mümkün görünmektedir.

5.4. Sürdürülebilirlik ve Döngüsel Ekonomi Entegrasyonu

Gelecekte polimer uygulamalarının sürdürülebilirlik boyutunun daha da önem kazanması beklenmektedir. Biyobozunur ve yenilenebilir polimerlerin kullanımı teşvik edilirken, bir adım ileri giderek bağcılık atıklarının polimer uygulamalara hammadde olması (örneğin üzüm posasından biyo-polimer elde edilmesi) üzerine çalışmalar yoğunlaşabilir. Böylelikle bağcılık atıklarının geri dönüştürülüp yine bağda faydalı ürünlere dönüşmesi mümkün olabilir. Hâlihazırda üzüm posasından pektin, selüloz ve polifenol ekstraktları çıkarılarak biyo-filmler ve kapsüller üretme üzerine araştırmalar mevcuttur (Petrişor vd., 2023; Almanza-Oliveros vd., 2024; Karastergiou vd., 2024; Rezagholizade-Shirvan vd., 2024). Gelecekte bu konseptler ticari ölçeğe taşınırsa, şarap üretiminden çıkan atıklar polimerik toprak düzenleyicilere veya

ambalaj malzemelerine dönüştürülüp bağcılık döngüsüne geri kazandırılabilir. Bu da endüstrinin döngüsel ekonomiye katkısını artırır.

Özetle, polimer teknolojilerinin bağcılık ve önolojideki geleceği, daha akıllı, daha entegre ve daha sürdürülebilir uygulamaların ortaya çıkacağı parlak bir ufuk sunmaktadır. Bu gelişmeler, hem iklim değişikliği ve kaynak kısıtları gibi makro sorunlara adaptasyonu kolaylaştıracak, hem de ürün kalitesini yeni bir seviyeye taşıyacaktır. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bu yönde hız kazanmasıyla, günümüzün özelleşmiş uygulamaları yarının yaygın endüstri standartlarına dönüşebilir.

6. SONUÇ

Polimer teknolojileri, bağcılık ve önoloji alanlarında yenilikçi ve çok yönlü uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Derinlemesine literatür taraması sonucu ortaya konan bulgular, polimer tabanlı çözümlerin su yönetimi, besin sağlanması, hastalık kontrolü, fermentasyon süreçleri ve kalite koruma gibi kritik konularda hem verimliliği artırdığını hem de sürdürülebilirliği desteklediğini göstermektedir. Örneğin, hidrojeller kuraklık şartlarında asmaların su durumunu iyileştirip verimi yükseltmiş, kitosan kaplamalar kimyasal fungusitlere alternatif doğal koruma sağlamış, PVPP ve benzeri polimerik ajanlar şarapların stabilitesini güvence altına almıştır.

Polimer uygulamalarının başarısı, doğru seçilen malzeme ve yöntemin, ihtiyaç duyulan soruna uyarlanmasıyla bağlıdır. Doğal polimerler biyobozunur ve çevre dostu yapılarıyla öne çıkarken, sentetik polimerler yüksek su tutma veya seçici tutunma gibi özel kabiliyetleriyle belirli avantajlar sunmaktadır. Gelecekte bu teknolojilerin, gelişen tarım teknikleri ve dijital izleme sistemleriyle bütünleşerek daha akıllı hale gelmesi beklenmektedir. Üreticiler açısından bakıldığında, polimer çözümleri doğru kullanıldığında ürün kalitesini düşürmeden maliyet etkinliği sağlayabilmekte ve iklimsel risklere karşı sigorta işlevi görebilmektedir.

Sonuç olarak, polimer teknolojilerinin bağcılık ve şarapçılık sektöründe profesyonel düzeyde kullanımı, modern tarım ve gıda biliminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Hem bitki sağlığını hem ürün kalitesini iyileştiren bu uygulamalar, sürdürülebilir tarım ilkeleriyle uyum içinde gelişmektedir. Elbette her yenilikte olduğu gibi, polimer teknolojilerinin de geniş ölçekli uygulanmasında dikkatli bir değerlendirme ve uyarlama süreci gereklidir. Ancak mevcut araştırmalar ışığında, doğru uygulandığında polimerlerin

üreticiye verim ve kalite artışı sağlarken çevresel yükü azaltabildiği anlaşılmaktadır. Bu da geleceğin bağcılık ve önoloji pratiklerinin, polimer biliminin sağladığı imkanlarla daha dirençli, verimli ve sürdürülebilir hale geleceğine işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

- Abka-khajouei, R., Tounsi, L., Shahabi, N., Patel, A. K., Abdelkafi, S., & Michaud, P. (2022). Structures, properties and applications of alginates. *Marine Drugs*, 20, 364.
- Akter, J., Jannat, R., Hossain, M. M., Ahmed, J. U., & Rubayet, M. T. (2018). Chitosan for plant growth promotion and disease suppression against anthracnose in chilli. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3, 806–817.
- Almanza-Oliveros, A., Bautista-Hernández, I., Castro-López, C., Aguilar-Zárate, P., Meza-Carranco, Z., Rojas, R., Michel, M. R., & Martínez-Ávila, G. C. G. (2024). Grape pomace—Advances in its bioactivity, health benefits, and food applications. *Foods*, 13, 580.
- Anfang, M., & Shani, E. (2021). Transport mechanisms of plant hormones. *Current Opinion in Plant Biology*, 63, 102055.
- Apolinar-Valiente, R., Salmon, T., Williams, P., Nigen, M., Sanchez, C., Marchal, R., & Doco, T. (2020). Improvement of the foamability of sparkling base wines by the addition of *Acacia* gums. *Food Chemistry*, 313, 126062.
- Ardean, C., Davidescu, C. M., Nemeş, N. S., Negrea, A., Ciopec, M., Duteanu, N., Negrea, P., Duda-Seiman, D., & Musta, V. (2021). Factors influencing the antibacterial activity of chitosan and chitosan modified by functionalization. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 7449.
- Azeredo, H. M. C., & Correa, D. S. (2021). Smart choices: Mechanisms of intelligent food packaging. *Current Research in Food Science*, 4, 932–936.
- Baroi, A. M., Sieniawska, E., Świątek, Ł., & Fierascu, I. (2023). Grape waste materials—An attractive source for developing nanomaterials with versatile applications. *Nanomaterials*, 13, 836.
- Beig, B., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Kakar, S. J., Shah, G. A., Shahid, M., Zia, M., Haq, M. U., & Rashid, M. I. (2020). Biodegradable polymer coated granular urea slows down N release kinetics and improves spinach productivity. *Polymers (Basel)*, 12(11), 2623.

- Brillante, L., Belfiore, N., Gaiotti, F., Lovat, L., Sansone, L., Poni, S., ... & (2016). Comparing kaolin and pinolene to improve sustainable grapevine production during drought. *PLoS ONE*, *11*(6), e0156631.
- Cañete, E., Chen, J., Martín, C., & Rubio, B. (2018). Smart winery: A real-time monitoring system for structural health and ullage in Fino style wine casks. *Sensors (Basel)*, *18*(3), 803.
- Chopra, S., Dhumal, S., Abeli, P., Beaudry, R., & Almenar, E. (2017). Metal–organic frameworks have utility in adsorption and release of ethylene and 1-methylcyclopropene in fresh produce packaging. *Postharvest Biology and Technology*, *130*, 48–55.
- De Vega, D., Holden, N., Hedley, P. E., Morris, J., Luna, E., & Newton, A. (2021). Chitosan primes plant defence mechanisms against *Botrytis cinerea*, including expression of Avr9/Cf-9 rapidly elicited genes. *Plant, Cell & Environment*, *44*, 290–303.
- del Alamo-Sanza, M., Laurie, V. F., & Nevares, I. (2015). Wine evolution and spatial distribution of oxygen during storage in high-density polyethylene tanks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(6), 1313–1320.
- Di Vaio, C., Villano, C., Lisanti, M. T., Marallo, N., Cirillo, A., Di Lorenzo, R., & Pisciotta, A. (2020). Application of anti-transpirant to control sugar accumulation in grape berries and alcohol degree in wines obtained from thinned and unthinned vines of cv. Falanghina (*Vitis vinifera* L.). *Agronomy*, *10*(3), 345.
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Marine Drugs*, *8*, 968–987.
- Elshafie, H. S., & Camele, I. (2021). Applications of absorbent polymers for sustainable plant protection and crop yield. *Sustainability*, *13*, 3253.
- Eshghi, S., Karimi, R., Shiri, A., Karami, M., & Moradi, M. (2022). Effects of polysaccharide-based coatings on postharvest storage life of grape: Measuring the changes in nutritional, antioxidant and phenolic compounds. *Food Measurement and Characterization*, *16*(2), 1159–1170.
- Fahey, D. J., & Rogiers, S. Y. (2019). Di-1-p-menthene reduces grape leaf and bunch transpiration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *25*, 134–141.

- Farouk, K. A., Baghdady, G. A., & Sultan, M. Z. (2024). Is chitosan edible coating suitable as alternative treatment for SO₂ in reducing rot and postharvest losses of grapes during short supply chain? *Acta Horticulturae*, 1386, 239–246.
- Feng, Q., Luo, Y., Liang, M., Cao, Y., Wang, L., Liu, C., Zhang, X., Ren, L., Wang, Y., Wang, D., Zhu, Y., Zhang, Y., Xiao, B., & Li, N. (2025). Rhizobacteria protective hydrogel to promote plant growth and adaptation to acidic soil. *Nature Communications*, 16, 1684.
- Fernández-Fernández, E., Rodríguez-Nogales, J. M., Vila-Crespo, J., & Falqué-López, E. (2022). Application of immobilized yeasts for improved production of sparkling wines. *Fermentation*, 8(10), 559.
- Filipe-Ribeiro, L., Cosme, F., & Nunes, F. M. (2020). New molecularly imprinted polymers for reducing negative volatile phenols in red wine with low impact on wine colour. *Food Research International*, 129, 108855.
- Frioni, T., Tiwari, H., Bonicelli, G. P., Gatti, M., & Poni, S. (2025). Soil incorporation of new superabsorbent hydrogels to improve vine tolerance to summer stress: Physiological validation and vineyard applications. *IVES Conference Series (GiESCO 2025)*.
- Gerbaud, V., Gabas, N., Blouin, J., & Crachereau, J.-C. (2010). Study of wine tartaric acid salt stabilization by addition of carboxymethylcellulose (CMC): Comparison with the “protective colloids” effect. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 44(4), 231–242.
- Giaccone, M., Cirillo, C., Scognamiglio, P., Teobaldelli, M., Mataffo, A., Stinca, A., Pannico, A., Immirzi, B., Santagata, G., Malinconico, M., ...& (2018). Biodegradable mulching spray for weed control in the cultivation of containerized ornamental shrubs. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5, 21.
- Goldammer, T. (2022). Wine filtration: Cross-flow filtration for wineries (Chap. 11). In *Wine production: Science and technology of winemaking* (1st ed.). Apex Publishers. ISBN 978-1-68524-218-3
- Gopal, C., & Marti, J. (1999). The use of Polyclar PVPP for preventative and remedial treatment of wine. *The Australian Grapegrower & Winemaker*, 141–145.

- Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25, 313–326.
- Hoang, N. H., Thanh, T. L., Saengchan, C., Sangpueak, R., Thepbandit, W., Zhou, X., Kamkaew, A., & Buensanteai, K. (2025). Application of nanocomposites-based polymers on managing fungal diseases in crop production. *Plant Pathology Journal*, 41(4), 437–455.
- Huo, Y., Ristic, R., Puglisi, C., Wang, X., Muhlack, R., Baars, S., Herderich, M. J., & Wilkinson, K. L. (2024). Amelioration of smoke taint in wine via addition of molecularly imprinted polymers during or after fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(32), 18121–18131.
- Iñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., & Calderón-Santoyo, M. (2021). An extensive review of natural polymers used as coatings for postharvest shelf-life extension: Trends and challenges. *Polymers*, 13, 3271.
- Kappel, L., Kosa, N., & Gruber, S. (2022). The multilateral efficacy of chitosan and *Trichoderma* on sugar beet. *Journal of Fungi*, 8, 137.
- Karastergiou, A., Gancel, A.-L., Jourdes, M., & Teissedre, P.-L. (2024). Valorization of grape pomace: A review of phenolic composition, bioactivity, and therapeutic potential. *Antioxidants*, 13, 1131.
- Ke, C.-L., Deng, F.-S., Chuang, C. Y., & Lin, C.-H. (2021). Antimicrobial actions and applications of chitosan. *Polymers*, 13, 904.
- Kozma, M., Acharya, B., & Bissessur, R. (2022). Chitin, chitosan, and nanochitin: Extraction, synthesis, and applications. *Polymers*, 14, 3989.
- Lai, J., Azad, A. K., Sulaiman, W. M. A. W., Kumarasamy, V., Subramaniam, V., & Alshehade, S. A. (2024). Alginate-based encapsulation fabrication technique for drug delivery: An updated review of particle type, formulation technique, pharmaceutical ingredient, and targeted delivery system. *Pharmaceutics*, 16, 370.
- Lewicka, K., Szymanek, I., Rogacz, D., Wrzalik, M., Łagiewka, J., Nowik-Zajac, A., Zawierucha, I., Coseri, S., Puiu, I., Falfushynska, H., ...& (2024). Current trends of polymer materials' application in agriculture. *Sustainability*, 16, 8439.
- Liguori, G., Sortino, G., Gullo, G., & Inglese, P. (2021). Effects of modified atmosphere packaging and chitosan treatment on quality and sensorial parameters of minimally processed cv. 'Italia' table grapes. *Agronomy*, 11(2), 328.

- Liu, R., Wang, Y., Hong, Y., Wang, F., Mao, X., & Yi, J. (2023). Controlled-release urea application and optimized nitrogen applied strategy reduced nitrogen leaching and maintained grain yield of paddy fields in Northwest China. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1033506.
- Mansoor, Z., Tchuenbou-Magaia, F., Kowalczyk, M., Adamus, G., Manning, G., Parati, M., Radecka, I., & Khan, H. (2022). Polymers use as mulch films in agriculture—A review of history, problems and current trends. *Polymers*, 14, 5062.
- Martău, G. A., Mihai, M., & Vodnar, D. C. (2019). The use of chitosan, alginate, and pectin in the biomedical and food sector—Biocompatibility, bioadhesiveness, and biodegradability. *Polymers*, 11, 1837.
- Martinović, J., Ambrus, R., Planinić, M., Šelo, G., Klarić, A.-M., Perković, G., & Bucić-Kojić, A. (2024). Microencapsulation of grape pomace extracts with alginate-based coatings by freeze-drying: Release kinetics and *in vitro* bioaccessibility assessment of phenolic compounds. *Gels*, 10, 353.
- Miranda, M., Bai, J., Pilon, L., Torres, R., Casals, C., Solsona, C., & Teixidó, N. (2024). Fundamentals of edible coatings and combination with biocontrol agents: A strategy to improve postharvest fruit preservation. *Foods*, 13, 2980.
- Nachev, N., Spasova, M., Tsekova, P., Manolova, N., Rashkov, I., & Naydenov, M. (2021). Electrospun polymer–fungicide nanocomposites for grapevine protection. *Polymers*, 13(21), 3673.
- Nevares, I., & del Alamo-Sanza, M. D. (2021). Characterization of the oxygen transmission rate of new-ancient natural materials for wine maturation containers. *Foods*, 10(1), 140.
- Nigen, M., Valiente, R. A., Iturmendi, N., Williams, P., Doco, T., Moine, V., ... & Sanchez, C. (2019). The colloidal stabilization of young red wine by *Acacia senegal* gum: The involvement of the protein backbone from the protein-rich arabinogalactan-proteins. *Food Hydrocolloids*, 97, 105176.
- Palliotti, A., Panara, F., Famiani, F., Sabbatini, P., Howell, G. S., Silvestroni, O., & Poni, S. (2013). Postveraison application of antitranspirant di-1-p-menthene to control sugar accumulation in Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64, 378–385.
- Pambianchi, D. (2021). *A comparative study on the evolution of wine aged for 12 months in a Flextank vs. a two-year-old oak barrel*. Flextank. <https://flectank.com/wp-content/uploads/2025/01/Report-on-a->

Comparative-Study-on-the-Evolution-of-Wine-Aged-in-a-Flextank-vs-Oak-Barrel-0-12-months.pdf (Erişim: 27 Eylül 2025)

- Pascual, I., Antolín, M. C., Goicoechea, N., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2022). Grape berry transpiration influences ripening and must composition in cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.). *Physiologia Plantarum*, 174, e13741.
- Petrişor, G., Motelica, L., Ficaî, D., Ilie, C.-I., Truşcă, R. D., Surdu, V.-A., Oprea, O.-C., Mîrţ, A.-L., Vasilievici, G., Semenescu, A., ...& (2023). Increasing bioavailability of trans-ferulic acid by encapsulation in functionalized mesoporous silica. *Pharmaceutics*, 15, 660.
- Rezagholidade-Shirvan, A., Soltani, M., Shokri, S., Radfar, R., Arab, M., & Shamloo, E. (2024). Bioactive compound encapsulation: Characteristics, applications in food systems, and implications for human health. *Food Chemistry: X*, 24, 101953.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of enology—The chemistry of wine stabilization and treatments*. John Wiley & Sons.
- Román-Doval, R., Torres-Arellanes, S. P., Tenorio-Barajas, A. Y., Gómez-Sánchez, A., & Valencia-Lazcano, A. A. (2023). Chitosan: Properties and its application in agriculture in context of molecular weight. *Polymers*, 15, 2867.
- Sanchez, C., Nigen, M., Mejia Tamayo, V., Doco, T., Williams, P., Amine, C., & Renard, D. (2018). Acacia gum: History of the future. *Food Hydrocolloids*, 78, 140–160.
- Satchanska, G., Davidova, S., & Petrov, P. D. (2024). Natural and synthetic polymers for biomedical and environmental applications. *Polymers*, 16, 1159.
- Shiri, M. A., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, M., Dadi, M., Papachatzis, A., & Kalorizou, H. (2013). Chitosan coating improves the shelf life and postharvest quality of table grape (*Vitis vinifera*) cultivar Shahroudi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(2), 148–156.
- Silva, R. R. A., Marques, C. S., Arruda, T. R., Teixeira, S. C., & de Oliveira, T. V. (2023). Biodegradation of polymers: Stages, measurement, standards and prospects. *Macromolecular Research*, 3, 371–399.
- Sims, C. A., Eastridge, J. S., & Bates, R. P. (1995). Changes in phenols, color, and sensory characteristics of Muscadine wines by pre- and post-

- fermentation additions of PVPP, casein, and gelatin. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, 155–158.
- Singh, R. K., Ruiz-May, E., Rajput, V. D., Minkina, T., Gómez-Peraza, R. L., Verma, K. K., Shekhawat, M. S., Pinto, C., Falco, V., & Quiroz-Figueroa, F. R. (2022). Viewpoint of chitosan application in grapevine for abiotic stress/disease management towards more resilient viticulture practices. *Agriculture*, 12, 1369.
- Toma, D. I., Manaila-Maximean, D., Fierascu, I., Baroi, A. M., Matei, R. I., Fistos, T., Chican, I. E., & Fierascu, R. C. (2024). Applications of natural polymers in the grapevine industry: Plant protection and value-added utilization of waste. *Polymers*, 17(1), 18.
- Van Buiten, C. B., & Elias, R. J. (2024). Impact of pre- and post-fermentation fining with polyvinylpolypyrrolidone on the chemical stability and aromatic profile of Viognier wine. *Journal of Food Science*, 89(7), 4286–4297.
- van Leeuwen, C., & Destrac-Irvine, A. (2017). Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One*, 51, 147–154.
- Verma, S. K., Kumar, P., Mishra, A., Khare, R., & Singh, D. (2024). Green nanotechnology: Illuminating the effects of bio-based nanoparticles on plant physiology. *Biotechnology for Sustainable Materials*, 1, 1.
- Vilela, C., Pinto, R. J. B., Coelho, J., Domingues, M. R. M., Daina, S., Sadocco, P., Santos, S. A. O., & Freire, C. S. R. (2017). Bioactive chitosan/ellagic acid films with UV-light protection for active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 73, 120–128.
- Walker, R. P., Bonghi, C., Varotto, S., ... & (2021). Sucrose metabolism and transport in grapevines, with emphasis on berries and leaves, and insights gained from a cross-species comparison. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 7794.
- Wang, Q., Li, H., Lei, Y., Su, Y., & Long, Y. (2022). Chitosan as an adjuvant to improve isopyrazam-azoxystrobin against leaf spot disease of kiwifruit and enhance its photosynthesis, quality, and amino acids. *Agriculture*, 12, 373.
- Wang, Q., Zuo, J.-H., Qian, W., Yang, N. A., & Gao, L.-P. (2015). Inhibitory effect of chitosan on growth of the fungal phytopathogen *Sclerotinia*

- sclerotiorum*, and sclerotinia rot of carrot. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 691–697.
- Wang, S., Ma, Z., Zhao, P., Du, G., Sun, X., & Wang, X. (2023). The role of arabic gum on astringency by modulating the polyphenol fraction–protein reaction in model wine. *Food Chemistry*, 417, 135927.
- Younes, M., Aquilina, G., Castle, L., Engel, K. H., Fowler, P., Frutos Fernandez, M. J., Fürst, P., Gürtler, R., Gundert-Remy, U., Husøy, T., Mennes, W., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wölflle, D., Boon, P., Tobback, P., Wright, M., Rincon, A. M., Tard, A., & Moldeus, P. (2020). EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF); Re-evaluation of metatartaric acid (E 353) as a food additive. *EFSA Journal*, 18(3), e06031.
- Zainul Armir, N. A., Zulkifli, A., Gunaseelan, S., Palanivelu, S. D., Salleh, K. M., Che Othman, M. H., & Zakaria, S. (2021). Regenerated cellulose products for agriculture and their potential: A review. *Polymers*, 13, 3586.
- Zhang, S., Shen, T., Yang, Y., Li, Y. C., Wan, Y., Zhang, M., Tang, Y., & Allen, S. C. (2018). Controlled-release urea reduced nitrogen leaching and improved nitrogen use efficiency and yield of direct-seeded rice. *Journal of Environmental Management*, 220, 191–197.
- Zinina, O., Merenkova, S., & Galimov, D. (2023). Development of biodegradable alginate-based films with bioactive properties and optimal structural characteristics with incorporation of protein hydrolysates. *Sustainability*, 15, 15086.
- Zohara, F., Surovy, M. Z., Khatun, A., Prince, M. F. R. K., Ankada, A. M., Rahman, M., & Islam, M. T. (2019). Chitosan biostimulant controls infection of cucumber by *Phytophthora capsici* through suppression of asexual reproduction of the pathogen. *Acta Agrobotanica*, 72, 1763.

BÖLÜM 5

ÜZÜM VE ŞARAPLARDA AROMA BİLEŞİKLERİ VE OLUŞUM MEKANİZMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Selin YABACI KARAOĞLAN¹

Dr. Öğr. Üyesi Merve DARICI^{2*}

Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU³

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955459>

¹Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 01250, Adana-Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9695-6167>

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 01250, Adana-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1907-8735>

³Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 01250, Adana-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1489-9929>

*sorumlu yazar: mdarici@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Aroma, bir şarabın kimlik kartı gibidir. Şaraptaki aroma bileşikleri duyuusal lezzete katkıları yanında; üretim tekniği, üzüm çeşidi, yetiştirme koşulları ve yıllandırma sürecine dair ipuçları da verir. Şarap tüketicilerinin ürün tercihini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan aroma, aynı zamanda şarap üreticileri için kalite ve farklılaşma aracı olarak öne çıkar (Waterhouse ve Ebeler, 1998; Ribéreau-Gayon vd., 2006). Bu nedenle aroma hem tüketici tercihlerinin yönlendirilmesinde hem de şarabın tipiklik, stil ve kalite değerinin oluşmasında stratejik bir parametredir. Aroma, ortonazal (burun ile hissedilen koku) ve retronazal (ürün ağızdayken geniz yolu ile hissedilen koku) yollarla algılanan karmaşık bir uçucu bileşikler bütünü olup, üzümde şaraba geçen ya da fermentasyon ve yıllandırma süreçlerinde oluşan yüzlerce bileşikten oluşur. Özellikle glikozit yapıdaki aroma öncül bileşikler, şarapta zamanla enzimatik veya asidik hidroliz yoluyla serbest hale gelerek "gizli aroma potansiyelini" ortaya çıkarır (Waterhouse ve Ebeler, 1998; Winterhalter vd., 1998).

Şarabın aroma profili; üzüm kökenli birincil (primer) aromalar, fermentasyon süreçleriyle oluşan ikincil (sekonder) aromalar ve olgunlaşma/yıllanma sürecinde gelişen üçüncül (tersiyer) aromaların etkileşiminden ortaya çıkar (Waterhouse vd., 2016; Ribéreau-Gayon vd., 2006).

Aroma bileşiklerinin algılanması, yalnızca tek tek bileşiklerin varlığına değil, bileşikler arasındaki sinerjik ve antagonistik etkileşimlere de bağlıdır. Örneğin belirli esterler meyvemsi algıyı güçlendirirken, bazı sülfürlü bileşikler bu etkiyi baskılayabilir (Styger vd., 2011). Şarap matrisindeki etil alkol, fenolikler ve polisakkaritler de aroma bileşiklerinin uçuculuğu ve algılanma eşiği üzerinde önemli rol oynarlar. Bu nedenle şarap aromasının kaynakları, oluşum mekanizmaları ve duyuusal etkilerinin anlaşılması, kaliteli ve sofralık şarap üretiminin temel taşlarından biridir.

2. ÜZÜM KAYNAKLI (BİRİNCİL) AROMA BİLEŞİKLERİ

Üzümde bulunan aroma bileşikler, şarapta tipik ve çeşide özgü karakterin temelini oluşturur. Genetik yapı, teruar koşulları, olgunlaşma evresi ve yetiştirme teknikleri, bu bileşenlerin miktar ve bileşiminde belirleyici rol oynar (Styger vd., 2011; Ribéreau-Gayon vd., 2006). Aroma bileşikler üzümde hem serbest formda (uçucu ve doğrudan algılanabilir) hem de glikozit yapıda bağlı formda (potansiyel aroma) bulunur. Glikozit yapıda bileşikler

fermantasyon veya olgunlaştırma sırasında asidik ya da enzimatik hidroliz ile serbest forma geçerek şarabın aromasına katkıda bulunur (Winterhalter ve Skouroumounis, 2006). Üzüm çeşidinden kaynaklanan ve şarabın özgünlüğüne katkı yapan birincil aroma bileşikleri (çeşit aroması) başlıca terpenler, C13 norizoprenoidler, tiyoller ve metokspirazinlerdir (Cabaroğlu, 2003).

2.1. Terpenler ve Terpenoidler

Terpenler ve terpenoidler, 5 karbonlu izopren birimlerinden (C_5H_8) türeyen geniş doğal bileşikler grubudur. Terpenler ve terpenoidler, 5 karbonlu izopren birimlerinin (C_5H_8) farklı şekillerde birleşmesiyle oluşan geniş bir doğal bileşikler grubudur. Bu izopren birimlerinin iki, üç veya dört tanesinin birleşmesiyle sırasıyla monoterpenler (C_{10}), seskiterpenler (C_{15}) ve diterpenler (C_{20}) gibi ana terpen grupları ortaya çıkar. Bu gruplandırma üzüm ve şarap aromasını oluşturan uçucu terpen bileşiklerinin kimyasal çeşitliliğini anlamak açısından temel öneme sahiptir.

Üzüm aroması açısından en kritik gruplar monoterpenler (özellikle Misket tipi çeşitlerde) ve daha az düzeyde seskiterpenlerdir. Üzümdeki başlıca monoterpen alkoller arasında linalol, jeraniol, nerol ve α -terpineol yer alır. Bu bileşiklerin düşük algılama eşik değerleri nedeniyle, az miktarları bile şarabın tipikliğini belirlemede kritik rol oynar (Ferreira ve Lopez, 2019).

Üzümde terpenler **iki ana formda** bulunur:

➤ Serbest (uçucu) form

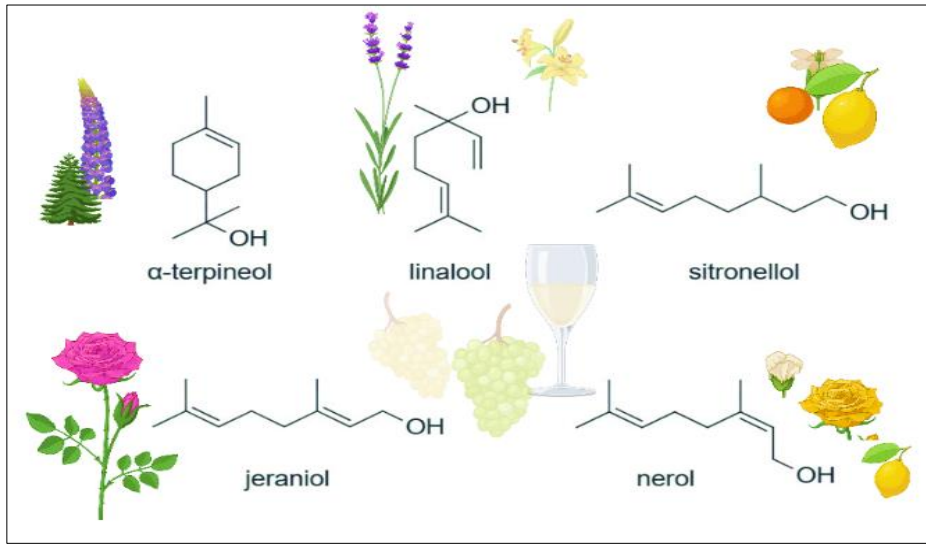
- Kabukta yüksek konsantrasyonda bulunur.
- Düşük algı eşiğine sahip olduklarından doğrudan üzümün ve şarabın aromasını oluşturur.
- Olgunlaşma ile genellikle artış gösterir.

➤ Bağlı (glikozit) form

- Şeker (glikoz, ramnoz vb.) ile kovalent bağlıdır, uçucu değildir.
- Olgunlaşma, fermentasyon veya yıllandırma sırasında β -glikozidaz enzimleri ile serbest forma dönüşür (Wilson vd., 1984).
- Kabuk ve et dokusunda bulunur, çekirdekte nadiren tespit edilir.

Bu iki form arasındaki oran çeşide, olgunluk seviyesine, iklim koşullarına bağlı olarak değişir (D'Onofrio vd., 2017).

Üzüm çeşitleri arasında terpen dağılımı belirgin farklılıklar gösterir. Terpen bileşikler özellikle misket ailesinde (örneğin Muscat blanc à Petits Grains, Hamburg Misketi ve Bornova Misketi) yüksek düzeyde bulunduğundan bu çeşitler aromatik üzümler olarak tanımlanır. Bu grubu, terpen içeriği bakımından nispeten daha düşük olsa da belirgin floral ve baharatsı karakter sunan Gewürztraminer ve Riesling takip eder. Buna karşılık Chardonnay, Pinot gris ve Merlot gibi çeşitlerde terpen düzeyi düşüktür; bu çeşitlerin aromatik profili daha çok esterler, tiyoller ve norizoprenoidler tarafından belirlenir. Şekil 1’de üzüm ve şaraplarda karakteristik çiçeksi ve meyvemsi aromalara katkıda bulunan başlıca monoterpen alkoller (10 karbonlu) görülmektedir.



Şekil 1: Üzüm ve şaraplarda karakteristik çiçeksi ve meyvemsi aromalara katkıda bulunan başlıca monoterpen alkoller. α-terpineol (lavanta benzeri), linalool (narenciye-çiçeksi), sitranelol (narenciye-çiçeksi), jeraniol (gül kokusu) ve nerol (narenciye-çiçeksi kokular) iskelet yapıları ve tipik doğal kaynaklarıyla gösterilmiştir.

Tablo 1’de, serbest ve glikozidik bağlı terpen formlarının üzüm çeşidine göre değişimi, monoterpen ve norizoprenoid baskınlığı ve aroma profillerine katkılarını özetlenmiştir.

Tablo 1: Farklı üzüm çeşitlerinde baskın terpen/terpenoid bileşikleri ve verdikleri kokular

Üzüm Çeşidi	Baskın Terpenler	Kokular	Kaynak
Muscat Blanc à Petits Grains	linalol, jeraniol, nerol, α -terpineol, trans- β -osimen	Serbest ve glikozidik bağlı formda yüksek monoterpen içeriği; özellikle linalol ve trans- β -ocimene baskın.	Palomo vd. (2006)
Bornova Misketi	linalol, jeraniol, nerol, sitronellol, linalol oksitler	Serbest ve glikozidik bağlı formda yüksek monoterpen içeriği Teruara göre farklı gelişen koku özellikleri. Menderes'te daha tropik, Kemaliye'de daha çiçeksi-meyvemsi.	Celik vd. (2015) Selli vd. (2003)
Muscat Blanc	nerol, citronelol, jeraniol, linalol	Monoterpenlerin çoğu bağlı formda; kabuk fermantasyonu ile serbestleşme hızlanıyor	Lukić vd. (2017)
Gewürztraminer	linalol, cis-rose oksit, nerol, jeraniol	Yoğun gül ve liçi meyvesi aromaları; Yüksek monoterpen içeriği	Skinkis vd. (2008)
Riesling	linalol (düşük), α -terpineol, hotrienol, norizoprenoidler, TDN (yıllanma sırasında)	Serbest form düşük, bağlı form yüksek (linalol); norizoprenoidler baskın.	Skinkis vd. (2008) Caffrey vd. (2021)
Diğer çeşitler (örneğin Chardonnay, Cabernet Sauvignon)	düşük monoterpen içeriği	Bu çeşitlerde aroma profilinde terpen etkisi sınırlıdır; esters, tioller veya norizoprenoidler öne çıkar.	Sefton vd. (1993) Kalua ve Boss (2009)

TDA, 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen

Çeşitler arası farklılıklar, terpen sentez gen ekspresyonu, ışık alma durumu, su stresi ve olgunlaşma süresi ile ilişkilidir (hem çevresel faktörler hem de genetik faktörler) (D'Onofrio vd., 2017).

2.1.1. Terpenoidlerin Biyosentezi

Klasik çerçevede terpenoid biyosentezi iki ayrı yol üzerinden açıklanır (Şekil 2) hücre sitozolünde mevalonat (MVA) yolu ve plastidlerinde metileritritol fosfat (MEP) yolu (Ribéreau-Gayon vd., 2006).

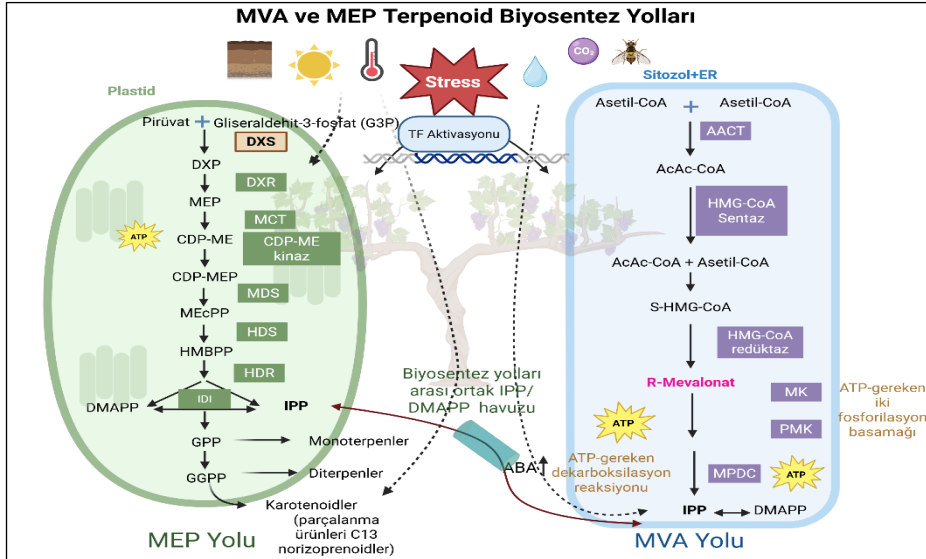
Mevalonat (MVA) yolu

Mevalonat (MVA) yolu, sitozolde gerçekleşen ve izoprenoid biyosentezinde kullanılan IPP (izopentenil difosfat) ve DMAPP'ın (dimetilallil difosfat) üretimini sağlayan klasik yoldur ve evrimsel olarak ökaryot hücrelere (bitki, mantar, hayvan) özgüdür. Bu yolun ürünleri özellikle steroller, brassinosteroidler, triterpenler (C30) ve seskiterpenler (C15) gibi sitozolik terpenoidlerdir (Ribéreau-Gayon vd., 2006).

Metileritritol fosfat (MEP) yolu

MEP yolu (2-C-metil-D-eritritol-4-fosfat yolu), plastidlerde (kloroplastlarda) gerçekleşen ve izoprenoid biyosentezinde kullanılan evrensel öncüller olan IPP (izopentenil difosfat) ve DMAPP'ın (dimetilallil difosfat) üretimini sağlayan bir metabolik yoldur (Singh vd., 2024).

Bu iki biyosentez yolu sonucunda oluşan IPP (izopentenil difosfat) ve DMAPP (dimetilallil difosfat), farklı baş-baş (head-to-tail) bağlanma şekilleri ile kondense olarak GPP (geranil difosfat, C10), FPP (farnesil difosfat, C15) ve GGPP (jeraniljeranil difosfat, C20) bileşiklerine dönüşür. Bu ürünler sırasıyla monoterpenler (C10 uçucu bileşikler; örn. linalol, limonen), seskiterpenler (C15; örn. farnesen, nerolidol) ve diterpenler (C20; örn. gibberellinler, fitol yan zinciri) için ara öncüller olarak görev yapar (Singh vd., 2024).



Şekil 2: Bitkilerde MVA ve MEP terpenoid biyosentez yolları. Kısaltmalar: MEP: 2-C-metil-D-erythritol-4-fosfat; MVA: Mevalonat; G3P: Gliseralehit-3-fosfat; DXS: 1-deoksi-D-kxiluloz-5-fosfat sentaz; DXP: 1-deoksi-D-kxiluloz-5-fosfat; DXR: 1-deoksi-D-kxiluloz-5-fosfat redüktizomeraz; MCT: 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfat sitidiltransferaz; CDP-ME: 4-(sitidil difosfo)-2-C-metil-D-eritritol; CDP-ME kinaz: 4-(sitidil difosfo)-2-C-metil-D-eritritol kinaz; MDS: 2-C-metil-D-eritritol-2,4-siklodifosfat sentaz; HDS: 4-hidroksi-3-metilbut-2-enil difosfat sentaz; HDR: 4-hidroksi-3-metilbut-2-enil difosfat redüktaz; HMBPP: 4-hidroksi-3-metil-but-2-enil difosfat; IDI: izopentenil difosfat izomeraz; IPP: izopentenil difosfat; DMAPP: dimetilallil difosfat; GPP: geranil difosfat; GGPP: geranilgeranil difosfat; AACT: Asetil-CoA asetiltransferaz; HMGR: 3-hidroksi-3-metilglutaril-CoA redüktaz; MK: Mevalonat kinaz; PMK: Fosfomevalonat kinaz; MPDC: Mevalonat-5-pirofosfat dekarboksilaz. TF: Transkripsiyon faktörleri; genlerin açılıp kapanmasını (ekspresyonunu) düzenleyen, belirli DNA bölgelerine bağlanan proteinler (ör. WRKY, MYB, bHLH, ERF, NAC, bZIP); ABA: Absisik asit; bitkilerde kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi stres koşullarında artan ve sinyal iletiminde rol oynayan bitki hormonu. Şekil online Biorender uygulamasında hazırlanmıştır (<https://BioRender.com>).

2.1.2. Terpenoidlerin Glikozit Bağlı Formları

Glikozit yapısındaki terpenoidlerin yapısal olarak iki bileşeni vardır: uçucu aglikon (terpenoid kısmı) ve ona bağlı şeker kısmı (glikon). Bitkilerde en sık görülen şeker, β -D-glukoz olup; bazı glikozitlerde şeker kısmı bir disakkarit (ör. ramnozil-glukozit, arabinozil-glukozit veya apiozil-glukozit) şeklindedir (Wei vd., 2021).

Üzümlerde glikozit yapısındaki aroma bileşikleri miktar olarak oldukça fazladır. Liu vd., (2017) yaptığı derlemede, üzüm ve şarapta glikozit yapılı aroma öncüllerinin serbest uçuculardan on kat daha fazla bulunabileceği ve bunların önemli bir rezerv oluşturduğunu vurgulamıştır (Liu vd., 2017). Benzer şekilde, Riesling gibi bazı üzüm çeşitlerinde terpenlerin yalnızca yaklaşık %20'si serbest halde iken geri kalanının glikozit yapıda bulunduğu bildirilmiştir (Bönisch vd., 2014).

Üzümde tespit edilen glikozit yapılı aglikonlar arasında en önemlileri monoterpenler ve norizoprenoidlerdir. Monoterpenoidler (C10) üzümün özellikle “çiçeksi” ve “meyvemsî” aromalarından sorumludur; linalol, jeraniol, nerol, α -terpineol gibi monoterpen alkoller üzüm suyunda ve kabuğunda glikozit halde depolanır (Wei vd., 2021). C13 norizoprenoidler ise karotenoid parçalanma ürünleri olup, örneğin β -damassenon öncülleri glikozit formda üzümde bulunur ve şaraba bal benzeri kokular verebilir.

Üzümdeki glikozit yapılı aromalar, şarap yapımı sürecinde ve şarabın dinlendirilmesi sırasında asit hidrolizi veya maya/bakteri enzimleri aracılığıyla parçalanarak serbest hale geçer ve şarabın lezzetine katkıda bulunurlar (Wei vd., 2021).

2.1.3. C13-Norizoprenoidler

Karotenoidlerin parçalanmasıyla oluşan (apokarotenoid türevleri), düşük algı eşiğine sahip C13-norizoprenoidler (C13-Nİ), şarapların çeşit aromasında kilit rol oynayabilen meyvemsî, çiçeksi, balımsı, bazen de petrolümsü karaktere katkı yapan önemli bileşiklerdir (Mendes-Pinto, 2009). C13-Nİ'ler adından da anlaşılacağı üzere 13 karbonlu yapılar olup, β -damassenon, β -ionon, vitispiran ve TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen) gibi önemli birleşikleri içerir (Baumes vd., 2002; Winterhalter vd., 2002). Norizoprenoidler bitkilerde C9, C10, C11 gibi çeşitli zincir uzunluklarında görülür; üzüm ve şarap aromasında ise etkisi baskın olanlar C13-Nİ'lerdir (Meng vd., 2020). Özellikle nötr olarak adlandırılan ve terpenoid içeriği düşük olan üzüm çeşitlerinde (Cabernet

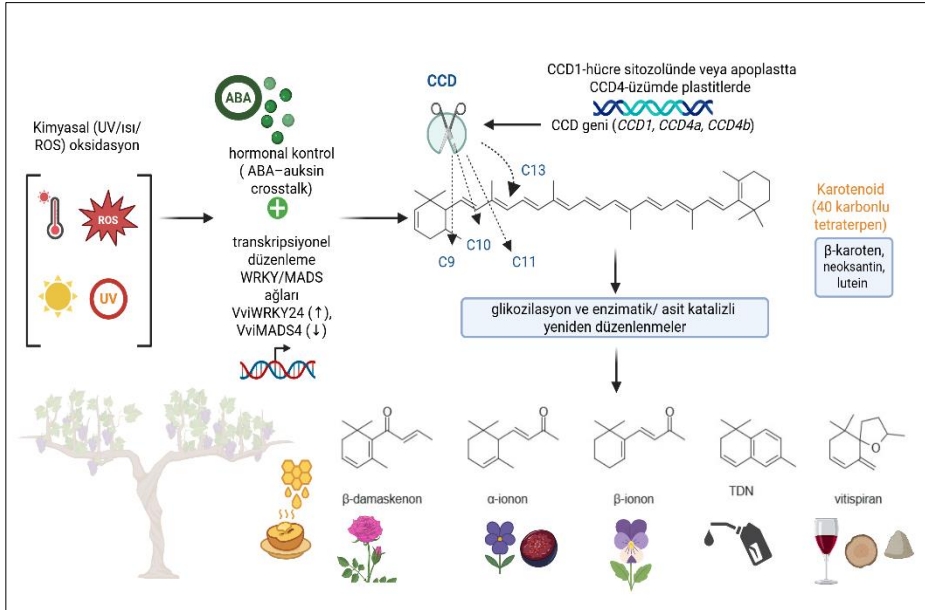
Sauvignon, Merlot, Chardonnay gibi) norizoprenoidler, aroma eşik değerlerinin üzerindeki konsantrasyonları sayesinde karakteristik aromaya monoterpenlerden daha baskın katkı yapabilir (Mateo ve Jiménez, 2000).

Belirli C13-Nİ'ler şaraba kendine özgü meyvemsi ve çiçeksi kokular kazandırır. Bunlardan özellikle β -ionon ve β -damassenon önemlidir. β -ionon, menekşe benzeri çiçeksi kokuların yanı sıra hafif odunsu ve ahududuya benzer meyvemsi kokularla tanımlanır (Mendes-Pinto, 2009). β -damassenon ise bal, elma, tropik meyve ve çiçek kokularını anımsatan çok yönlü bir etkiye sahiptir (Pineau vd., 2007).

C13-Nİ'ler yalnızca genç şarapların aromasında değil, aynı zamanda şarapların yıllandırılması sonucunda ortaya çıkan aromada da kilit rol oynar. Özellikle beyaz şaraplarda yıllandırma ile beliren benzin (petrol) kokusunun kaynağı olan TDN, bu sınıfın en tanınmış örneklerindendir. İlk kez Simpson (1978) tarafından yıllanmış, olgun Riesling şaraplarında tanımlanan TDN, çok düşük eşik değeri (2-20 $\mu\text{g/L}$) ile özellikle fark edilir bir petrol/gaz yağı kokusu verir. Şarapların şişede olgunlaşması sırasında ortaya çıkan diğer bir bileşik, vitispiran (2,10,10-trimetil-6-metilen-1-oksaspiro[4.5]des-7-en), şaraplarda kafurumsu/okaliptüs benzeri kokular verir (Mendes-Pinto, 2009).

2.1.4. C13-Norizoprenoidlerin Biyosentezi

C13-Nİ'lerin oluşumu, temel olarak karotenoid pigmentlerinin parçalanmasına dayanır (Baumes vd., 2002). Üzümde bulunan karotenoidler (β -karoten, lutein, neoksantin, violaksantin vb.) C40 iskeletli, çoklu çift bağ içeren lipofilik pigmentlerdir. Bu büyük moleküllerin şarapta bulunan ve çeşit aromasına önemli katkı yapan C13-Nİ'lere dönüşümü iki temel yoldan gerçekleşir (Şekil 3), kontrollü enzimatik yol ve kimyasal oksidatif parçalanma yolu (Mendes-Pinto, 2009).



Şekil 3: Karotenoidlerin enzimatik ve oksidatif parçalanması sonucu C13-norizoprenoidlerin oluşum mekanizması. Kısaltmalar: ROS: Reactive Oxygen Species (Reaktif Oksijen Türleri); UV: Ultraviyole ışınım; ABA: Absciscic Acid (Absisik asit); CCD: Carotenoid Cleavage Dioxygenase (Karotenoid Kesici Dioksijenaz); TDN: 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen (Mathieu vd., 2005; Mendes-Pinto, 2009; Meng vd., 2020). Şekil online Biorender uygulamasında hazırlanmıştır (<https://BioRender.com>).

Enzimatik yolla parçalanmada dioksijenaz enzimleri (CCD) rol oynar. CCD enzimleri, substratın belirli bir çift bağına moleküler oksijen (O_2) ekleyip, çift bağı parçalayarak iki daha küçük apokarotenoid fragman oluştururlar. CCD enzimleri (ör. CCD1, CCD4 ve NCED gibi) farklı pozisyonlarda bağları kırma yeteneğindedir. Glikozidasyon, apokarotenoidlerin üzüm hücresinde yaygın olarak bulunan dolaylı bir depo formu oluşturmaya yol açar: UDP-glukoziltransferazlar (UGT'ler) apokarotenoid hidroksil/keton gruplarına şeker bağlayarak glikozit üretir. Bu bağlı formlar uçucu değildir, suda çözünabilir ve hücre içinde istikrarlı şekilde birikir; bu nedenle pek çok norizoprenoid “öncül” olarak glikozit yapıda bulunur (Baumes vd., 2002). Karotenoidlerin kimyasal yolla parçalanması ise oksidasyon, fotooksidasyon ve serbest radikal süreciyle gerçekleşir (Mendes-Pinto, 2009).

Glikozit yapıdaki bağlı öncüllerin aktive olması da iki ana mekanizma ile olur: enzimatik hidroliz (örneğin maya veya diğer mikroorganizmaların β -glukozidazları ile) ve asidik hidroliz (şarap pH'sında yavaş gerçekleşen kimyasal parçalanma). Enzimatik hidroliz, fermentasyon sırasında bazı mikroorganizma enzimleri tarafından gerçekleştirilebilir ve serbest aromaların

daha erken ortaya çıkmasını sağlar. Asidik hidroliz ise şışede yıllanma süresince, özellikle yüksek sıcaklık ve düşük pH koşullarında glikozitleri parçalayarak aglikon yapıdaki norizoprenoidleri serbest bırakır (De Rosso vd., 2022; Samra vd., 2024).

2.2. Tiyoil Öncülleri

Üzüm ve şarap aroması, meyvede bulunan uçucu moleküllerin yanı sıra aroma öncül birleşikleri olarak adlandırılan uçucu olmayan bileşiklerin fermentasyon ve olgunlaşma sırasında serbest kalmasıyla şekillenir. Bu öncül bileşikler arasında tiyoil öncülleri özel bir yere sahiptir; üzümdeki öncül bileşiklerden şarapta fermentasyon sırasında açığa çıkan uçucu tiyoller son derece düşük algılama eşik değerlerine sahip yoğun kokular verirler. Nitekim üzümün aroma potansiyelinin önemli bir kısmı, glikozitler ile S-glutatyoni ve S-sisteini konjugatlar yapısındaki bu öncül bileşiklerden kaynaklanır (Ferreira ve Lopez, 2019).

Tiyoller genellikle tropik, çarkıfelek meyvesi (pasiflora), süpürge otu, siyah frenk üzümünü anımsatan kokular verirler. Bu bileşikler Sauvignon Blanc, Semillon, Riesling, Chenin Blanc, Muscat Blanc, Colombard ve Alvarinho gibi aromatik beyaz şaraplık üzüm çeşitlerinin fermentasyon sonrası belirgin aroma profilinden sorumludurlar.

Tiyoil Öncüllerinin Biyosentezi:

Bitkilerde uçucu tiyoil bileşikleri genellikle üzüm gibi meyvelerde uçucu olmayan S-konjugat öncül birleşikler halinde depo edilir ve ancak daha sonra serbest kalarak aroma oluşturlar. Üzüm meyvesinde bu tiyoil öncülleri S-glutatyoni veya S-sistein türevleri biçiminde, özellikle olgunlaşma sürecinde birirmektedir (Rienth vd., 2021). Tiyoil öncüllerinin biyosentezi tam olarak aydınlatılamamış olsa da mevcut bulgular sürecin bitkinin glutatyoni metabolizması ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Özellikle, lipoksijenaz yoluyla oluşan α,β -doymamış aldehitlerin (ör. (E)-2-hekzenal) bitkide toksik etkisini azaltmak amacıyla glutatyoni-S-transferaz (GST) enzimleri tarafından glutatyoni ile konjüge edildiği düşünülmektedir (Lin vd., 2019).

2.3. Metoksipirazinler

Metoksipirazinler (MP'ler), azot içeren heterosiklik yapıda uçucu bileşikler olup üzüm ve şarapta “yeşil” bitkisel aromanın başlıca kaynaklarından biridir (Ribéreau-Gayon vd., 2006). Düşük miktarlarda

bulunduklarında bazı üzüm çeşitlerine özgü aromatik karaktere olumlu katkı yapabilirler. Örneğin Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot ve Carménère gibi çeşitlerin tipik aromasında hafif yeşil kokular bulunur. Bununla birlikte, MP düzeylerinin yüksek olması genellikle istenmeyen bir durumdur ve şarap kusuru olarak değerlendirilir (Pickering vd., 2021). Üzüm ve şaraplarda şimdiye dek yedi farklı 3-alkil-2-metoksipirazin bileşiği tanımlanmış olup, bunların içinde 3-izobütil-2-metoksipirazin (IBMP) en önemli bileşiktir (Lei vd., 2023). IBMP, olgunlaşmamış yeşil biber kokusuna benzer aromaya sahiptir ve çoğu zaman konsantrasyonu duyuşal eşik değerin üzerinde seyreder (Lei vd., 2023).

Genel olarak MP'ler üzüm ve şarapta eser (nano-gram/litre) miktarlarda bulunur, ancak koku eşiklerinin de son derece düşük olması nedeniyle bu kadar düşük konsantrasyonlarda bile aroma profiline etkileri belirgindir.

Metoksipirazin Biyosentezi:

MP'lerin üzüm tanelerinde nasıl sentezlendiği konusu halen tam olarak aydınlatılmamış olsa da özellikle son basamağı konusunda önemli bilgiler elde edilmiştir. Her iki olası biyosentez yolunda da son adım, 3-alkil-2-hidroksipirazin ara ürünlerinin bir O-metiltransferaz (OMT) enzimi tarafından metillenerek 3-alkil-2-metoksipirazinlere dönüşmesidir (Lei vd., 2023).

MP biyosentezi için literatürde iki temel hipotez öne sürülmüştür: Birincisi, dallanmış zincirli bir amino asidin amid türevinin oluşumu ve bunun glikoksal türevleriyle kondensasyonu sonucunda 2-hidroksipirazin elde edilmesi; ikincisi ise iki amino asidin doğrudan birleşerek halkalı bir dipeptit oluşturması şeklindedir (Lei vd., 2023).

Özetle, MP'lerin öncüllerinin amino asit kaynaklı olduğu düşünülmekte ve son metilasyon basamağı dışında kalan ara mekanizmaların anlaşılması için araştırmalar sürmektedir. Üzüm tanelerinde MP birikimi, üzüm gelişiminin erken evrelerinde gerçekleşir ve içerikleri ben düşme (renklenme, olgunlaşma başlangıcı) dönemine kadar artarak en yüksek seviyeye ulaşır. Tipik olarak IBMP konsantrasyonu, tane tutumundan sonra gelişme döneminde yükselir ve ben düşme'den hemen önce zirve yapar; ardından üzümler olgunlaştıkça hızlı bir düşüş gösterir. Ben düşme sonrası dönemde üzüm tanelerindeki MP miktarının azalması, büyük ölçüde üzüm büyümesiyle meydana gelen dilüsyon (seyrelme) etkisine bağlanmıştır (Pickering vd., 2021).

MP Düzeylerini Etkileyen Faktörler ve Kontrolü:

Üzüm çeşidi ve yetiştirme koşulları, metokspirazin birikimini belirleyen temel faktörlerdendir. Bazı *Vitis vinifera* çeşitleri genetik olarak yüksek MP sentezleme eğilimi gösterir. Özellikle Bordeaux kökenli kırmızı çeşitler (Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot vb.) ile Sauvignon Blanc gibi aromatik beyazlarda üzüm tanelerinde biriken IBMP miktarı diğer çeşitlere kıyasla oldukça yüksektir (Pickering vd., 2021). Üzümün olgunluk durumu da kritik bir etkidir. Tam olgunlaşmamış (erken hasat edilmiş) üzümlerde MP konsantrasyonu yüksek kalmakta, bu da şarabın aromasına sert yeşil kokular olarak yansımaktadır. Nitekim aşırı MP varlığı, genellikle olgunlaşmamış üzümlerden yapılan şaraplar için bir belirteç olup düşük kalite göstergesi olarak kabul edilir (Lei vd., 2023). Bu nedenle kaliteli şarap üretimi için üzümlerin fenolik ve aromatik olgunluğa erişecek süreyi bağda geçirmesi, MP seviyelerinin dengelenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bağ uygulamaları ve iklim koşulları, metokspirazin (MP) miktarını doğrudan etkilemektedir. Genel olarak güneş ışığı MP sentezini sınırlandırırken, gölgede kalan salkımlarda MP birikimi daha yüksek görülmektedir (Pickering vd., 2021). Bu nedenle yaprak alma ve kanopi yönetimi, MP düzeylerini kontrol etmede önemli araçlardır. Ben düşme öncesinde salkım çevresindeki yaprakların uzaklaştırılmasının, Sauvignon Blanc üzümlerinde IBMP seviyesini belirgin şekilde düşürmüştür. İklim faktörü de MP profili üzerinde belirleyicidir. Serin ve az güneşli soğuk iklimlerde üzümlerin MP seviyeleri daha yüksek düzeylerde (Pickering vd., 2021).

2.4. Altı Karbonlu Bileşikler (C6 bileşikleri)

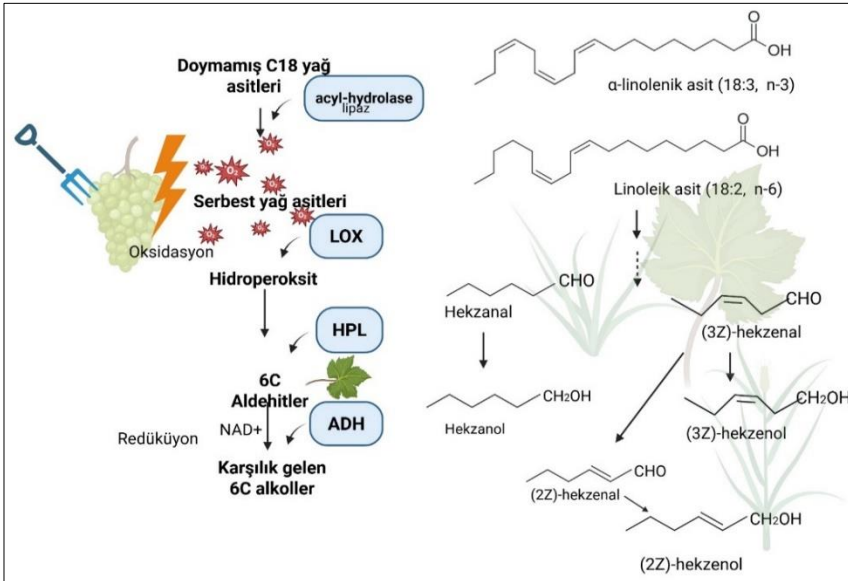
Şarap aromasında altı karbonlu bileşikler (C6 bileşikleri) olarak adlandırılan uçucu moleküller önemli bir rol oynar. Bu bileşikler tipik olarak altı karbonlu düz zincirli alkoller, aldehytler ve benzeri türevlerden oluşur ve genellikle bitkilerde dokular zarar gördüğünde açığa çıkan “yeşil yaprak kokuları” (yeşil, otsu, çimenimsi) olarak bilinirler (Mozzon vd., 2016). Üzüm ve şarapta C6 grubu bileşikler, taze biçilmiş çimen, ezilmiş yeşil yaprak, bitkisel veya otsu çağrışımlar yapan aromalarla ilişkilendirilir. Özellikle (Z)-3-hekzenol, (E)-2-hekzenal, 1-hekzanol gibi bileşikler, taze “yeşil” kokuların başlıca sorumlularıdır. Düşük konsantrasyonlarda bu bileşikler şarabın genel aromasına ferahlık ve tazelik kattığı için olumlu kabul edilebilir. Ancak yüksek

seviyelerde istenmeyen yeşil, çimenimsi ve bitkisel kokulara yol açar ve hatta acımsı bir tat algısına bile neden olabilirler (Ferrandino vd., 2012).

Üzüm ve şarapta en sık rastlanan C6 bileşikler hekzanoller (C6 alkoller) ve hekzenoller (C6 alkenol, çift bağ içerir) ile bunların aldehitleri olan hekzanal ve hekzenallerdir. Kimyasal olarak bunlar, üzüm dokularındaki doymamış yağ asitlerinden açığa çıkan düz zincirli alifatik moleküllerdir (Cabrita vd., 2006).

C6 bileşiklerinin Biyosentezi:

Üzümde C6 uçucu bileşiklerin oluşumu, bitkilerde yaygın olan lipoksijenaz (LOX) yoluna dayanır (Şekil 4). Bu yol, hücre zarlarındaki doymamış C18 yağ asitlerinin enzimatik oksidasyonu ile başlar (Mozzon vd., 2016). Üzüm kabuğu veya posası hasar gördüğünde (örneğin ezilme, çiğnenme, kesilme, mantar enfeksiyonu gibi durumlarda), hücre zarı lipitlerinde bulunan linoleik asit ve α -linolenik asit gibi çoklu doymamış yağ asitleri bir lipaz (acyl-hydrolase) enzimi ile serbest hale gelir (Zhou vd., 2021). Ardından lipoksijenaz (LOX) enzimi bu serbest yağ asidine oksijen ekleyerek hidroperoksit oluşturur. Bunu takiben, hidroperoksit liyaz (HPL) enzimi hidroperoksidi parçalayarak üzümlerde yeşil yaprak kokusu veren 6 karbonlu aldehitleri oluştururlar. Son olarak, oluşan aldehitlerin bir kısmı üzüm dokularındaki alkol dehidrojenaz (ADH) enzimleri aracılığıyla alkollere (hekzenollere) indirgenir (Mozzon vd., 2016; Zhou vd., 2021).



Şekil 4: Doymamış C18 yağ asitlerinden LOX yoluyla C6 bileşiklerinin oluşumu

3. FERMANTASYON SÜRECİNDE AROMA OLUŞUMU

Şarap lezzet algısı çok sayıdaki aroma bileşiğinin ve duyuusal reseptörler arasındaki birçok etkileşim sonucu ortaya çıkar. Aroma bileşikler birbiri ile etkileşime girerek, birbirlerinin algılanmasını artırabilir ya da bastırabilir. Bir şarabın aroma profili, üzümde, fermentasyon mikroflorasından (özellikle *Saccharomyces cerevisiae* mayasından), malolaktik fermentasyon gibi ikincil mikrobiyal fermentasyondan, olgunlaşma ve depolama koşullarından kaynaklanır.

Mikroflora (özellikle fermentasyondan sorumlu maya suşları), şarap aromasına üç temel mekanizma yoluyla katkıda bulunur: ilk olarak, şıradaki bulunan bileşikler aroma bileşiklerine veya aromayı etkileyen bileşiklere dönüştürerek; ikinci olarak nötr üzüm çeşitlerindeki öncül bileşikler aroma aktif bileşiklere dönüştüren enzimler üreterek ve son olarak birçok birincil (örneğin etanol, gliserol, asetik asit ve asetaldehit) ve ikincil metabolitleri (örneğin esterler, yüksek alkoller, yağ asitleri) sentezleyerek şarabın aroma profiline katkı sağlarlar (Styger vd., 2011).

3.1. Maya Metabolizmasının Etkisi

Şarap aromasının oluşumunda maya suşları, bağbozumu öncesinden başlayarak fermentasyon boyunca ve sonrasında çeşitli mekanizmalar aracılığıyla etkili olurlar. Bu mekanizmalar; (1) özellikle besin maddeleri için rekabet eden apikulat maya türleri tarafından bağbozumu öncesi küflerin biyolojik kontrolü, (2) şıranın alkol fermentasyonu ile şaraba dönüşümü, (3) alkol fermentasyonu sırasında aroma bileşiklerinin biyosentezi, (4) üzümde doğal olarak bulunan öncül bileşiklerin aktif aroma bileşiklerine metabolize edilmesi, (5) fermentasyon sonrası otoliz süreciyle şarap üzerindeki etkiler ve (6) malolaktik bakterilerin gelişiminin etkisidir (Fleet, 2003). Bunlar arasında, aroma bileşiklerinin biyosentezi en önemli olanıdır; çünkü fermentasyon kaynaklı aroma bileşikler sayı bakımından şarabın aroma bileşiminin en büyük kısmını oluştur (Polášková vd., 2008). Etil alkol fermentasyonu sırasında özellikle *S. cerevisiae*, şarap aromasının gelişiminde çok önemli bir rol oynar.

3.1.1. Etil alkol fermentasyonu sırasında oluşan makro bileşikler

gözlenirken, etil alkol konsantrasyonu %3'e düşürüldüğünde, model şarabın artık şarabı temsil etmemekte olduğu belirtilmiştir (Grosch, 2001). Başka bir çalışmada ise şaraptaki alkol seviyelerinin düşürülmesinin odunsu ve meyvemsi aromaların algılanmasını ve birbirleri ile etkileşimlerini güçlendirmekte olduğunu belirtmişlerdir (Le Berre vd., 2007). Bu nedenle yüksek düzeyde etil alkol, şarabın lezzet ve aroma algısını olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Örneğin, etil alkol konsantrasyonu yüksek olduğunda şarapların duyuusal algısının meyvemsiden otsuya doğru değiştiği bulunmuştur

Asetaldehit, etil alkol fermantasyonu sırasında pirüvattan (Şekil 5) oluşan önemli bir diğer aroma bileşiğidir ve şarabın toplam aldehit içeriğinin %90'ından fazlasını oluşturur (Nykänen, 1986). Asetaldehit ayrıca asetat, asetoin ve etanol sentezi için bir öncül metabolittir. Asetaldehit seviyelerinin, fermantasyon hızının en yüksek olduğu noktada maksimuma ulaştığı, fermantasyonun sonuna doğru azaldığı ve daha sonra yavaşça tekrar yükseldiği belirlenmiştir (Lambrechts ve Pretorius, 2000). Bu bileşik düşük seviyelerde şaraba ve diğer içeceklere hoş bir meyve aroması verirken, yüksek konsantrasyonlarda ise otsu ve keskin, tahriş edici bir kokuya dönüşür (Liu ve Pilone, 2000). Asetaldehit ayrıca son derece reaktif olup, çeşitli tat ve koku molekülleri üretmek için kolayca proteinlere veya tek tek amino asitlere bağlanabilir (Lachenmeier ve Sohnius, 2008).

Etil alkol fermantasyonu sırasında asetaldehitten oluşan önemli bir diğer aroma bileşiği ise diasetildir (Şekil 5). Diasetil, malolaktik fermantasyon sırasında esas olarak laktik asit bakterileri tarafından oluşturulur, ancak mayalar da etil alkol fermantasyonu sırasında diasetili sentezleyebilirler. Ancak, diasetilin büyük bir kısmı daha sonra asetoin ve 2,3-bütandiole metabolize olur (Bartowsky ve Henschke, 2004). Düşük konsantrasyonlarda (algılama eşik değeri, 8 mg/l) diasetil şaraba mayalı, fındıksı, kızarmış aromalar kazandırırken, yüksek konsantrasyonlarda ise laktik bir karakterle ilişkilendirilen karakteristik bir tereyağı aroması verir (Bartowsky ve Henschke, 2004; Styger vd., 2011). Diasetil de oldukça reaktif olup sistein amino asidi ile reaksiyona girerek şarap aromasını etkileyebilecek sülfürlü aroma bileşiklerini oluşturduğu bildirilmiştir (Almy ve De Revel, 2008). Asetoin ya da 2,3-bütandiol aroma bileşiklerinde güçlü bir koku bulunmamaktadır, şaraplarda tespit edilebilir eşik değerleri yaklaşık 150 mg/l'dir (Romano ve Suzzi, 1996).

3.1.2. Etil alkol fermentasyonu sırasında oluşan mikro bileşikler

Etil alkol fermentasyonu sırasında birçok önemli aroma bileşiği doğrudan merkezi karbon metabolizması ile oluşmaz. Etil alkol fermentasyonu sırasında ikincil metabolitler olarak oluşan bu önemli mikro aroma bileşikleri, amino asitlerin veya yağ asitlerin metabolizması sırasında sentezlenerek şarap aromasına etki ederler (Styger vd., 2011).

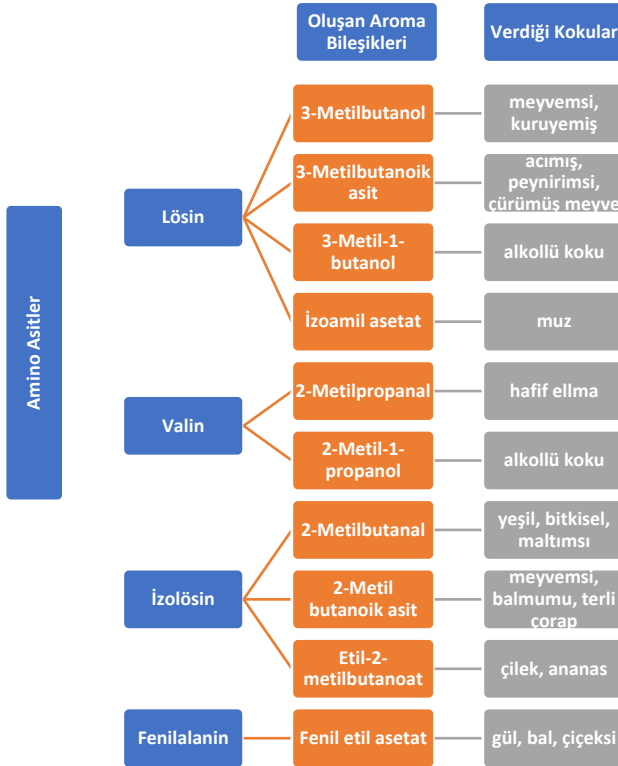
3.1.2.1 Amino asit metabolizması sonucu oluşan aroma bileşikleri

Etil alkol fermentasyon sırasında maya, amino asitleri özellikle protein sentezi için veya diğer metabolik süreçler için çeşitli şekillerde kullanmaktadır (Bauer ve Pretorius, 2000). Şarap üretimi sırasında, yetersiz azot nedeniyle şıraya besin maddesi ilavesi yani azot takviyesi yaygın bir uygulama haline gelmiştir (Vilanova de la Torre vd., 2007).

Üzüm şırasının azot bileşimi sadece etil alkol fermentasyonun düzenli bir şekilde gerçekleşmesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda aroma bileşiklerinin, etil alkolün ve gliserolün üretimini de etkiler (Hernández-Orte vd., 2002). Özellikle, bazı çeşitlerin aroma profilinin kısmen üzüm şırasının amino asit bileşimiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Hernández-Orte vd., 2002). Mayanın özümseyebileceği yani kullanabileceği azotun iki ana kaynağı serbest amino asitler ve amonyumdur (Hernández-Orte vd., 2005). Mayaların azot ve amino asitleri kullanma yetenekleri büyük ölçüde farklılık gösterse de (Carrau vd., 2008), birçok çalışma, diamonyum fosfat (DAP) ve amino asitler şeklinde azot takviyesinin şarabın aroma profilini etkilediğini göstermiştir (Jiménez-Martí vd., 2007; Vilanova de la Torre vd., 2007; Garde-Cerdán ve Ancín-Azpilicueta, 2008).

Amino asitlerden oluşan en önemli aroma bileşikleri, yüksek alkoller ve bunlara bağlı oluşan esterler ile uçucu asitlerdir (Şekil 6). Etil alkol fermentasyonu sırasında ikincil metabolit olarak oluşan yüksek alkoller, şarapta aroma bileşikleri içerisinde miktar olarak en yüksek bulunan bileşik grubudur. Yüksek alkoller, alifatik (düz zincir) ve aromatik yapıda bulunurlar. Fermentasyon sırasında oluşan önemli yüksek alkollerden bazıları: 2-metil propanol, 3-metil bütanol, 2-metil bütanol, 2-fenil etilalkol, n-propanol, heksanol'dür (Etiévant, 2017). Füzel alkoller (izoamil ve aktif amil alkol)

olarak da bilinen kısa zincirli alkollerin yüksek konsantrasyonları şarap aromasını olumsuz etkileyebilir (Ebeler ve Thorngate, 2009). Örneğin, şaraplarda konsantrasyonu yüksek olan izoamil alkol, peynir altı suyu ve kimyasal kokular verir.



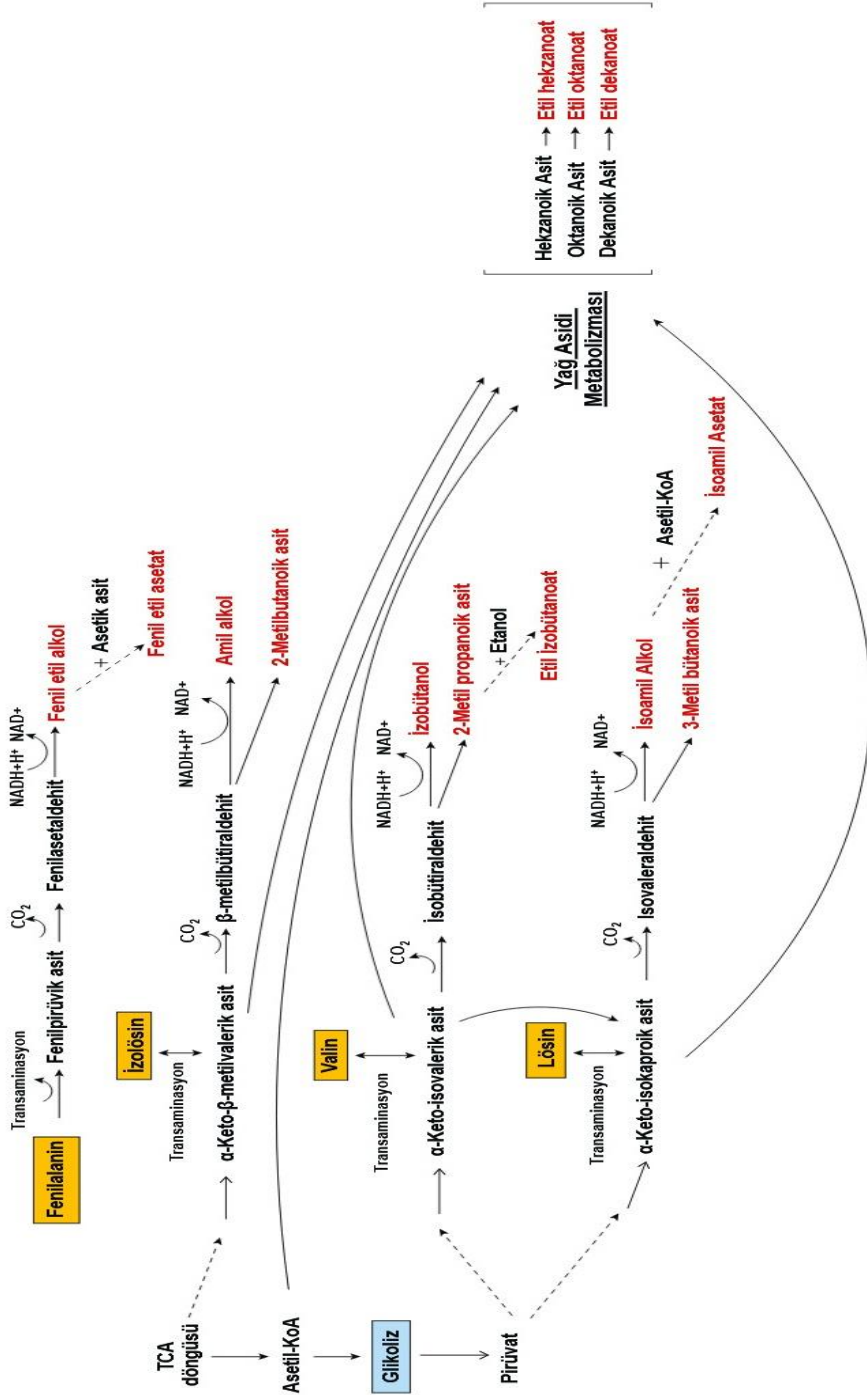
Şekil 6: Amino asit metabolizması sonucunda oluşan aroma bileşikleri ve verdikleri kokular

Amino asitlerin, yüksek alkollere katabolize edildiği süreç, Ehrlich reaksiyonu olarak adlandırılır (Şekil 5) (Ehrlich, 1904). Ehrlich reaksiyonu ayrıca diğer aroma bileşiklerinin sentezini de doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Hazelwood vd., 2008). Önemli aroma bileşikleri (yüksek alkoller ve uçucu yağ asitleri) dallı-zincirli amino asitler olan valin, lösin ve izolösinden Ehrlich yolu ile sentezlenmektedir (Şekil 6). Ek olarak, diğer amino asitler de bu reaksiyon yoluyla diğer metabolitlere parçalanabilmektedir. Sentezdeki, ilk adım, amino asitten gelen amino grubu a-ketoglutarat ile bir transaminasyon reaksiyonu gerçekleştirerek ilgili a-keto asit ve glutamat oluşturur (Şekil 7) (Conway ve Hutson, 2000; Styger vd., 2011). Ayrıca, maya

α -keto asitleri anabolik yolla, glikozdan pirüvat yoluyla da üretebilir (Chen, 1978; Styger vd., 2011). Ehrlich yolundaki sonraki aşamada a-keto asit, dekarboksilasyon ile aldehite dönüşür (Şekil 7) (Jansen vd., 2003). Aldehit ise, ya NADH 'ye bağlı bir reaksiyonla ile yüksek alkollere indirgenir ya da NAD⁺ 'e bağlı bir reaksiyonla uçucu bir karboksilik aside oksitlenebilir. Bu değişik iki reaksiyonun seçiminin, maya hücresinin redoks durumuna bağlı olduğu düşünülmektedir (Vuralhan vd., 2003). Ayrıca, indirgenme reaksiyonunu alkol dehidrojenaz enziminin, oksidasyon reaksiyonunu ise aldehit dehidrojenazın katalize ettiği belirtilmiştir (Dickinson vd., 2003).

Altı karbonlu alkoller (C₆ alkoller), şarapta bir diğer önemli aroma bileşikler grubudur ve kokuları taze kesilmiş çimi anımsatan karakteristik bir "yeşil" aromaya sahiptir. Bunlar, alkol dehidrojenaz enzimleri tarafından, altı karbonlu aldehitlerden (C₆-aldehitler) oluşturulurlar. C₆-aldehitler, asma bitkisinde karakterize edilen hidroksiperoksit liyaz (CYP74) enzimlerinin ürünleridir (Matsui, 2006; Zhu vd., 2012). C₆ alkoller, fermantasyon sırasında maya tarafından kullanılabilir, bu sebeple şaraplarda (E)-2-hekzen-1-ol konsantrasyonu üzümlere kıyasla daha düşük olarak gözlenmiştir (Mauricio vd., 1997; Ilc vd., 2016).

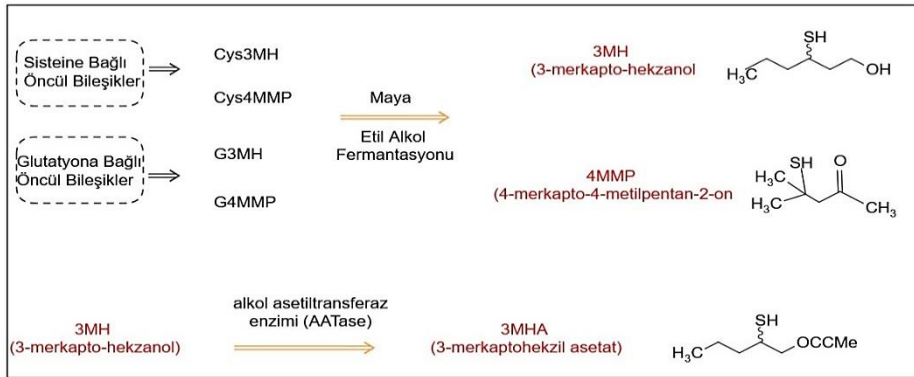
Ehrlich yolu dışında, bazı amino asitler için alternatif aroma oluşum yolları da tanımlanmıştır. Özellikle treonin ve metiyonin gibi amino asitler, alternatif katabolik yollar aracılığıyla da aroma bileşiklerine metabolize edilebilmektedir. Treonin, asetaldehite dönüşerek ardından etil alkol veya asetik aside metabolize olabilir. Metiyonin ise demetilasyon reaksiyonları sonucunda metantiyol üretimiyle katabolize olur; bu bileşik, sülfür içeren diğer aroma bileşiklerinin öncüsü olarak görev yapabilir. Ayrıca metantiyol, karboksilik asitlerle reaksiyona girerek tioester oluşumuna katkı sağlayabilir (Perpète vd., 2006). Sülfür içeren aroma bileşikler, şarabın duyuusal profilini hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileyebilmektedir.



Şekil 7: Mayanın aroma bileşikleri oluşumu ile ilişkili metabolik yolları (Şekil online marvin demo uygulamasında hazırlanmıştır (<https://fretrial.marvin.cxn.io/>))

Örneğin, 3-merkaptohexanol gibi bileşikler meyvemsi aromalar kazandırırken, hidrojen sülfür (H_2S) çürük yumurta benzeri hoş olmayan kokulara neden olabilir (Swiegers ve Pretorius, 2007). H_2S oluşumu, büyük ölçüde kullanılan maya suşuna bağlıdır, üzüm şirasının kimyasal bileşiminden daha az etkilendiği belirtilmiştir (Butzke ve Park, 2011). Bu nedenle, düşük hidrojen sülfür üretimi, endüstriyel açıdan yeni maya suşlarının seçiminde kritik bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Styger vd., 2011).

Sülfürlü birleşiklerden uçucu tioller, üzümde uçucu halde değil, S-sistein veya S-glutasyon amino asitlerine bağlı öncül bileşikler halinde de bulunurlar. Etil alkol fermantasyonu sırasında *S.cerevisiae*'nin beta-liyaz enzim aktivitesi sonucunda S-sisteinil ve S-glutasyonil konjugatları parçalanarak tioller serbest hale geçerler (Şekil 8) (Tominaga vd., 2000; Dubourdieu vd., 2006). Uçucu tioller, algılama eşik değerleri çok düşük (nanogram düzeyinde) olan ve şarapta oldukça hoş kokulu tropik meyve kokuları veren bileşiklerdir (Tablo 2) (Roland vd., 2011).



Şekil 8: Mayanın etil alkol fermantasyonu sırasındaki tiyol sentez yolları (Şekil online marvin demo uygulamasında hazırlanmıştır (<https://freetrial.marvin.cxn.io/>))

Alkol fermantasyonu sırasında uçucu tiyollerin açığa çıkmasındaki temel faktör maya suşudur (Swiegers vd., 2009). Farklı *Saccharomyces cerevisiae* maya suşlarının tiyol açığa çıkarma kapasitesi farklılık gösterebilir; bazı suşlar 3-merkaptohexanol (3MH) ve 4-metil-4-merkaptopent-2-on (4MMP)'nu serbest hale geçirmede daha etkindir ve aynı zamanda 3MH'nin bir kısmını asetilasyona uğratarak 3-merkaptohexil asetat (3MHA)'a dönüştürür (Rienth vd., 2021). Uçucu tioller ilk olarak Sauvignon Blanc üzümlerinden elde edilen şaraplarda daha sonraları Gewürztraminer, Riesling, Colombard, Petit Manseng

ve Semillon şaraplarında ve ayrıca Merlot, Cabernet Sauvignon, Colombard şaraplarında tespit edilmiştir (Dariet, 1995; Tominaga vd., 1996; 2000; Murat vd., 2001; Ferreria vd., 2012).

Tablo 2: Şaraplarda belirlenen bazı uçucu tiyoller

Uçucu Tiyoller	Verdikleri Kokular	Algılama Eşiği (ng/L)	Şaraptaki Konsantrasyon (ng/L)	Belirlenen İlk Çalışmalar
4-metil-4-merkaptopentan-2-on	Süpürge otu, frenk üzümü, kedi idrarı	0,8	<400	Sauvignon blanc (Dariet vd., 1995; Tominaga vd., 1998).
3-merkaptotekzanol	Olgun greyfurt, çarkıfelek meyvesi (pasiflora), tropikal meyve	60	<19000	Sauvignon Blanc (Tominaga vd., 1998)
3-merkaptotekzil asetat	Tatlı tropik meyve çarkıfelek meyvesi (pasiflora), çiçeksi	4,2	<2500	Sauvignon Blanc (Tominaga vd., 1998)
4-metil-4-merkaptopentan-2-ol	Limon kabuğu	55	<290	Sauvignon blanc, (Tominaga vd., 1998)
3-merkaptot-3-metilbutan-1-ol	Pişmiş pırasa	1500	<134	Sauvignon blanc (Tominaga vd., 1998).

3.1.2.2. Diğer Metabolit Yollarla Oluşan Aroma Bileşikleri Esterler

Esterler, aroma bileşikleri arasında en önemli gruplardan birini oluşturur ve şaraplarda büyük ölçüde meyvemsi aromalardan sorumludur (Lilly vd., 2000). Esterler, etil alkol fermentasyonu sırasında mayaların sentezlediği alkol asetil transferaz enzimleri tarafından alkol ve asetil-koenzim (CoA)'den oluşurlar (Ilc vd., 2016). Alkol ile reaksiyona girmeden önce, bir asit, koenzim A (CoA) ile birleştirilerek asidin ilk aktivasyonu gerçekleşir (Styger vd., 2011; Lambrechts ve Pretorius, 2019). Koenzim substratı ya pirüvattan oluşan asetil-Koenzim A, ya da enzim asil-KoA sentetaz tarafından sentezlenen asit-Koenzim A türev (asil-KoA) bileşiklerinden herhangi biri olabilir (Lee vd., 2004). Alkol asetil transferazlar (AAT'ler), substrat olarak asetil-koenzim A (CoA) ve etanol kullanan, etil asetat üreten ana enzimdir (Kruis vd., 2018).

Esterler iki guruba ayrılabilir: yüksek alkollerin asetat esterleri, özellikle etil asetat, izoamil asetat, hekzil asetat ve 2-feniletıl asetat (Bertrand, 1981; Rapp ve Mandery, 1986) ve yağ asitlerinin etil esterleri, özellikle C4, C6, C7, C8, C10 karbonlular (Bertrand, 1981). Böylece yağ asitlerinin etil esterleri (etil butanoat, etil hekzanoat, etil oktanoat gibi), yağ asidi metabolizmasının bir ara

metaboliti olan asil-KoA (asit-KoA türevleri)'nin etanol ile reaksiyona girmesinden oluşur. Bu ester grubunda asit grubu orta zincirli bir yağ asidinden türemiştir (Lee vd., 2004; Saerens vd., 2008; Ilc vd., 2016). Orta zincirli yağ asitlerinin etil esterlerinin konsantrasyonu, yağ asidi öncül bileşiğinin konsantrasyonuna bağlıdır (Saerens vd., 2008). Etil heksanoat ve etil oktanoat konsantrasyonları, sırasıyla öncül bileşikler olan heksanoik ve oktanoik asitlerin konsantrasyonlarıyla güçlü bir şekilde pozitif korelasyon göstermektedir. Heksanoik asit ağırlıklı olarak etil alkol fermentasyon sonucu oluşmakla birlikte, üzümde de ihmal edilemeyecek miktarlarda bulunmaktadır. Bu nedenle, heksanoik asidin üzümde biyosentezi, şaraptaki fermentasyon ürünü olan etil heksanoatın konsantrasyonunu etkileyebilir (Ilc vd., 2016).

Diğer ester grubu olan asetat esterleri ise (örneğin izoamil asetat, propil asetat, heksil asetat, feniletil asetat), asetil-KoA (pirüvattan oluşan)'nın amino asitlerin, karbonhidratların ve lipidlerin parçalanmasından oluşan yüksek alkollerle reaksiyonu sonucu oluşur (Lee vd., 2004; Saerens vd., 2008). Asetat esterlerinin konsantrasyonu, öncül bileşiklerinin konsantrasyonundan etkilenmez. *S. cerevisiae* tarafından üretilen asetat esterlerinin üretimini etkileyen faktör, mayadaki alkol asetil transferaz enzimidir (Verstrepen vd., 2003). Örneğin, izoamil asetat ve heksil asetat, öncül bileşiklerinin konsantrasyonlarıyla korele değildir (Ilc vd., 2016).

Uçucu Asitler

Maya, etil alkol fermentasyonu sırasında alifatik asitleri (düz veya dallanmış zincirli) üretir (Styger vd., 2011). Bunlardan uzun alifatik asitler (C6 ve üzeri) yağ asitlerinden, kısa ve dallı alifatik asitler amino asitlerden ve asetik asit ise şekerden açığa çıkarılır (Ilc vd., 2016). Şaraplarda aroma üzerine etkili olan asitler ise uçucu yağ asitleridir. Bunlar düşük algılanma eşik değerlerine sahiptirler ve şarapta fazla miktarda bulunurlar. En önemlileri asetik, bütanoik, heksanoik, 3-metil bütanoik ve oktanoik asitlerdir (Etiévant, 2017). Etil alkol fermentasyonu sırasında, asetil-KoA'dan yağ asidi sentezi yoluyla birçok orta ve uzun zincirli yağ asidi oluşmaktadır (Nykänen, 1986). Uçucu asitlerin kokusu, terli ve peynirimsi kokudan kimyasal kokulara kadar değişiklik gösterebilir. Alifatik asitler, esterler ve laktonlar gibi daha hoş kokulu bileşiklere dönüştürülebilir (Ilc vd., 2016). Yağ asidi türevi olan laktonlar: g-nonolakton, g-dekalakton, g-dodekalakton, g-(Z)-6-dodesenolakton ve (Z)-

viski laktonudur. Şaraplardaki düşük konsantrasyonlarda bulunsa bile şaraba önemli katkı sağlarırlar (Francis ve Newton, 2005).

Uçucu Fenoller

Güçlü kokulara sahip olan uçucu fenol bileşikleri hem kökenleri hem de şarap aroması üzerindeki etkileri açısından heterojen bir şarap aroması grubudur. Çoğu, ferulik asit ve ilgili metabolitlerden elde edilen yaygın aroma bileşikleridir. Şarapta hoş baharatlı aroma kokuları veren uçucu fenol bileşikleri fıçıda yıllandırma sırasında şaraba geçerken, kontrolsüz fermantasyon sırasında oluşan diğer uçucu fenoller şaraba hoş gitmeyen kokular verirler. Biyosentezlerini katalize eden enzimler henüz üzümde karakterize edilmemiştir, fakat diğer bitkilerde çalışılmıştır. Karanfil aroması öjenol, fesleğen veya petunya çiçeklerinde koniferil asetatı indirgemekte olan bir enzim tarafından sentezlenir (Koeduka vd., 2006). Uçucu fenollerin çoğu üzümde bulunan fenolik asitlerden özellikle hidroksisinnamik asitlerden şarap üretimi sırasında mikrobiyal dekarboksilasyonla türetilirler. Fenol bileşikleri, üzüm sırasında eser miktarda bulunabilirler, Şaraplarda ise litresinde 10 mg'dan birkaç 100 mg'a kadar değişiklik gösterebilmektedirler. (Chatonnet vd., 1992). Şaraplarda bulunan başlıca uçucu fenoller; 4-vinil fenol (5-1200 µg/l), 4-vinil gaiakol (5-1200 µg/l), 4-etil fenol (0,1-500 µg/l) ve 4-etil gaiakol (0,1-400 µg/l)'dur. 4-etil fenol şaraplara deri, ilaç, sigara ve ter kokusu verirken, 4-etil gaiakol ise duman, kül ve kimyasal kokusu verdiğinden, bu bileşiklerin konsantrasyonlarının şaraplarda fazla olması istenmez (Pollnitz vd., 2000; Martorell vd., 2002; Monje vd., 2002). Ayrıca, 4-vinil fenol ve 4-vinil gaiakol konsantrasyonları 800 µg/l'nin üzerine çıktığında şaraplarda hoş gitmeyen kokular (plastik kokusu) oluşturmaktadır (Pisarnitskii, 2001). Bu bileşikler, fermantasyon sırasında, Brettanomyces gibi bozulma mayasıyla kontaminasyondan (Chatonnet vd., 1992) veya bağlara yakın orman yangınlarından kaynaklanan duman maruziyetinden (Hayasaka vd., 2010) kaynaklanabilir.

3.2. Malolaktik Fermantasyonun Sırasında Oluşan Aroma Bileşikleri

Etil alkol fermantasyonundan sonra bazı şaraplarda, malolaktik fermantasyon (MLF) olarak bilinen ikincil bir fermantasyon uygulanır. Bu biyolojik süreçte, dikarboksilik L-malik asit (2 değerli), monokarboksilik L-

laktik aside (1 değerli) bakteriler tarafından dönüştürülür. Bu işlem normalde şaraptan izole edilen, *Oenococcus oeni*, *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.* ve *Pediococcus spp.* dahil olmak üzere laktik asit bakterileri (LAB) tarafından gerçekleştirilir (Liu, 2002). MLF, şarabın stabilizasyonunda rol oynayarak, aromatik bileşiminin zenginleşmesine katkı sağlar (Moreno-Arribas ve Polo, 2005; Celik vd., 2019). MLF sırasında laktik asit bakterileri, uçucu metabolitler üreterek üzümden ve mayadan elde edilen aroma bileşiklerini zenginleştirirler ve böylece şarabın aromasına ve lezzetine katkı yaparlar (Styger vd., 2011).

LAB bakterilerinin etkisi suşa özgüdür ve değişkenlik gösterebilmektedir (Boido vd., 2009). Genel olarak, MLF'nin meyvemsi aromayı ve tereyağlı/kremamsı kokuları arttırdığı ancak şarabın bitkisel, yeşil/çimsi aromasını azaltabildiği belirtilmiştir (Celik vd., 2019). Ek olarak, MLF uygulanan şaraplarda gözlenen aroma karakterleri arasında çiçeksi, fındıksı, mayalı, meşemsi, terli, baharatlı, kavrulmuş, kızarmış, vanilyalı, dumanlı, topraksı, acı, ipeksi ve bal aromaları bulunmaktadır. Aromanın yanı sıra, MLF şarabın gövdesini ve ağızda bıraktığı hissi artırır, yağlımsı karakteri geliştirir ve daha uzun bir bitiş sağlar (Liu, 2002).

Birçok laktik asit bakterisi, aromatik olmayan glikozillenmiş formlarda bulunan üzüm kaynaklı öncül aroma bileşiklerini serbest hale geçirebilen katalitik enzimlere sahiptir (Grimaldi vd., 2005). Bu enzimlerden bazıları b-glikozidazlar, proteazlar, esterazlar, sitrat liyazlar ve fenolik asit dekarboksilazlar'dır. Bu enzim gruplarının tümü, aroma öncüllerini hidrolize ederek şarap aromasını etkilerler (Boido vd., 2002; Ugliano vd., 2003; Styger vd., 2011). Ayrıca, MLF meşe fiçilerde de gerçekleştirilebilir. Meşe fiçilerde gerçekleştirilen MLF üzerine yapılan çalışmalar laktik asit bakterilerinin, daha fazla meşe fiçi kaynaklı bileşikler oluşmasını sağlayarak şarap tadını ve aromasını etkileyebileceğini göstermektedir (de Revel vd., 1999). Fiçi kaynaklı önemli bir aroma bileşiği olan vanilinnin, meşe fiçilerde MLF uygulaması sırasında konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, LAB'ların, bir vanilin öncül bileşiğini etkileyerek meşeden şaraba vanilin geçişini arttırdığı düşünülmektedir (Boido vd., 2002; Boido vd., 2009).

Laktik asit bakterileri kendi metabolizmaları sayesinde aromayı etkileyen bileşikler oluşturabilirler veya azaltabilir. Örneğin, asetaldehit konsantrasyonu laktik asit bakterilerinin metabolizmasından etkilenebilmektedir. Bazı suşların, özellikle *O. oeni*'nin, asetaldehiti katabolize ettiği, bunun sonucunda etanol ve asetat oluşarak, bazı şarapların bitkisel,

yeşil/çimsi aromasında azalma olduğu bildirilmiştir (Liu, 2002). Ancak, MLF'nin şarap aroması üzerindeki en önemli etkisi, şarapların artan tereyağlı/kremamsı aromasıdır. Bu durum, esas olarak, sitrat liyazın rol oynadığı çeşitli reaksiyonlar yoluyla laktik asit bakterileri tarafından sitrik asit metabolizmasından diasetil, asetoin ve 2,3-bütandiol dahil olmak üzere karbonil veya asetonik bileşiklerin oluşmasının bir sonucudur. Yapılan bir çalışmada *O. oeni*'nin metiyonin amino asidini metabolize ettiği ve bunun sonucunda metantiol, metil disülfid ve 3-metiltiyopropanoik asit gibi sülfürlü aroma bileşiklerinin oluştuğu bildirilmiştir (Moreno-Arribas ve Polo, 2005).

Bir diğer MLF etkisi ise esterler üzerinde olmaktadır. MLF uygulanan şaraplarda meyvemsi kokular artmaktadır. Bunun nedeni LAB'ın ester bileşiklerini kısıtlıda olsa oluşturabilmesidir (Liu, 2002). Etil asetat, etil laktat, etil hekzanoat ve etil oktanoat gibi etil esterlerin MLF sırasında da oluştuğu bildirilmiştir (de Revel vd., 1999).

4. OLGUNLAŞMA, YILLANDIRMA ve DEPOLAMA KOŞULLARININ AROMAYA ETKİSİ

Şarap, cam şişe gibi inert kaplarda muhafaza edildiğinde, bileşikler arasında zamanla doğal kimyasal reaksiyonlar meydana gelir ve bu reaksiyonlar şarabın bileşimini değiştirir. Şişede olgunlaştırma süreci genellikle sabit sıcaklık ve nem koşullarında yürütülür; bu süreçte şarabın dış etkenlerden, özellikle oksijenden korunması amaçlanır. Bu doğrultuda, şarabın özgün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin gelişimi desteklenmektedir (Moreno ve Peinado, 2012a).

Olgunlaştırma işlemi çoğunlukla indirgen ortamda gerçekleştirilir ve başlangıçta oksidatif bir evreyle başlar. Bu süreçte meydana gelen kimyasal dönüşümler, aroma ve renk gibi duyuşal özelliklerin yanı sıra acılık ve burukluktan sorumlu tat ve fenolik bileşenleri doğrudan etkiler. Temel hedef, şarabın fıçıda olgunlaşma sürecinde kazandığı renk ve tanen karakteristiklerini rafine etmek ve yalnızca düşük oksidasyon potansiyeline sahip koşullarda gerçekleşen dönüşümler aracılığıyla duyuşal profili zenginleştirmektir. Şarabın optimum kaliteye ulaşması için gereken süre, başlangıçtaki bileşimsel özelliklerine bağlı olarak birkaç yıldan onlarca yıla kadar değişkenlik gösterebilir (Moreno ve Peinado, 2012a). Bu nedenle, şarap aroması çok kompleks bir yapıdır. Üzüm çeşidi, uygulanan teknolojik işlemler, şarap üretim yöntemi, fermantasyon koşulları gibi birçok aşamadan etkilenecek şarap

aroması meydana gelir. Genel olarak, şarapların olgunlaşması, üzüm çeşidi ve fermantasyondan kaynaklı karakteristik aromaların kaybına ve daha yıllanmış şaraplara özgü yeni aromaların oluşmasını sağlar ya da şarap bozulmasıyla ilişkili tipik aromaların oluşumuna yol açar (Hernández-Orte vd., 2005; Lambropoulos ve Roussis, 2007). Özellikle, dallı zincirli yağ asitlerinin etil esterlerinin konsantrasyonları yıllanma sırasında değişir (Díaz-Maroto vd., 2005). Şarabın depolanması sırasında, belirli esterlerin konsantrasyonlarının arttığı ve diğerlerinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin asit hidrolizi ve kimyasal esterleşme olabileceği düşünülmektedir (Liu, 2002).

Olgunlaşma sürecinde gerçekleşen oksidatif yıllanmanın aksine, biyolojik yıllanma; şarap yüzeyinde gelişen ve “flor” olarak adlandırılan ince bir biyofilm oluşturan *Saccharomyces* türü mayalar aracılığıyla gerçekleşir. Bu süreç, yeni fermente edilmiş şaraplarda her bahar kendiliğinden başlar ve özellikle İspanya'nın Montilla-Moriles ile Jerez bölgelerinde şeri üretiminde yaygın olarak uygulanır. İlk aşamada, şarap yüzeyinde maya kolonileri oluşur; bu koloniler küçük beyaz veya fildişi renkli çiçekleri andırır ve zamanla şarabın tüm yüzeyini kaplayacak şekilde yayılır. Oluşan biyofilm, giderek kremi ve pürüzlü bir görünüme kavuşur ve yaklaşık 5 mm kalınlığa ulaşabilir. Bu mayalar, literatürde “flor mayaları” olarak da tanımlanır (Moreno ve Peinado, 2012b).

Şarabın tortu (maya kalıntısı) üzerinde (*Sur Lie*) yıllandırılmasının meyvemsi kokular veren aroma bileşiklerinin konsantrasyonlarını azalttığı ve uzun zincirli alkollerin ve uçucu yağ asitlerinin konsantrasyonlarını artırdığı belirlenmiştir (Pérez-Serradilla ve De Castro, 2008; Styger vd., 2011). Tortunun oluşması için maya hücrelerinin önce otoliz olması (hücre ölümü) gerekmektedir. Otoliz, yavaş ve karmaşık bir süreçtir. Sıcaklık, hücre duvarı parçalanmış (litik) hücre enzimlerinin aktivasyonu gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Otoliz sırasında, maya hücreleri parçalanarak çeşitli hücreysel bileşenleri şaraba aktarırlar. Bu hücreysel bileşenler: azot, amino asitler, peptitler ve proteinler içerebilirler (Martínez-Rodríguez vd., 2001; Martínez-Rodríguez vd., 2002). Bu aşamada maya hücre duvarında bulunan ve şaraba aktarılan mannoproteinlerin önemli bir rolü vardır. Bunlar, şarabı bulanıklık oluşumuna karşı korur ve renk stabilizasyonunu sağlarlar (Comuzzo vd., 2006). Lipidler de otoliz sırasında salınır ve açığa çıkan yağ asitleri esterler, aldehytler ve ketonlar gibi uçucu bileşikler oluşturarak, şarabın aromasını etkiler (Pueyo Pérez vd., 2000). Ayrıca, maya tortusunun biyosorbent (adsorbe etme)

özellikleri sayesinde hoş olmayan bazı uçucu fenollerin uzaklaştırılabileceği bildirilmiştir (Mazauric ve Salmon, 2005).

4.1. Fıçıda Üretim ve Fıçıdan Şaraba Geçen Aroma Maddeleri

Meşe fıçılar, şarap üretiminde tarih boyunca önemli bir rol oynamıştır. Şarapçılıkta kullanılan meşe türleri arasında Avrupa'ya özgü *Quercus petraea* (*Q. Sessilis*) ve *Quercus robur* (*Q. pedunculata*) ile Amerika'ya özgü *Quercus alba* (kuzey bölge) ve *Quercus garryana* (batı kıyıları) öne çıkar. Amerikan meşeleri şaraba daha yoğun aroma kazandırırken, Avrupa meşeleri ise fenolik bileşikler açısından daha zengindir. Meşe genellikle fıçı formunda kullanılsa da toz, granül, yonga, tahta parçaları, segment ve çubuk gibi farklı formlarda da şarapla buluşturulabilir. Bu uygulamalar fermantasyon sırasında veya yıllandırma aşamasında yapılabilmektedir (Courregelongue ve Pons, 2024).

Meşe fıçılar şarabın kalitesini çok yönlü olarak etkiler. Meşeden şaraba geçen uçucu ve uçucu olmayan bileşikler şarabın duyuşal özelliklerini zenginleştirir. Ayrıca fıçıda gerçekleşen kontrollü oksidasyon, kırmızı şarapların rengini stabilize eder, tanenlerin sertliğini azaltır, şarabı yumuşatır ve daha dengeli bir yapı kazandırır. Fıçı mikooksijenasyonu sayesinde şarabın tatlılık algısı artar, aroma profili gelişir ve ağızda dolgunluk hissi güçlenir.

Meşenin kimyasal bileşimi selüloz (%40–50), hemiselüloz (%20–25), lignin (%25–35) ve tanenler (%5–10) ile az miktarda lipid ve reçinelerden oluşur. Meşenin yapısındaki selüloz yapısal bir bileşen olup lezzet üzerinde doğrudan etkili değildir. Meşenin işlenmesi sırasında ısı işlem (fıçı yakma) uygulanır. Bu ısı işlem sırasında hemiselüloz parçalanarak furfural, maltol, sikloten ve etoksilakton gibi tatlımsı aromalar oluşturan bileşikler oluşur. Ligninin ısı işlemle parçalanmasıyla ise vanilin, gaiakol, 4-etil gaiakol, öjenol, 4-metil gaiakol, 4-etil fenol, ferulik asit ve p-kumarik asit gibi şaraba karakteristik aroma kazandıran uçucu fenol bileşikleri açığa çıkar. Meşedeki hakim tanenler ellajik tanenlerdir ve burukluk hissi verirler (Carpena vd., 2020).

Meşeden şaraba geçen uçucu aromatik bileşikler arasında meşe laktonları (cis ve trans viski lakton), uçucu fenoller (vanilin, öjenol, gaiakol, 4-metil-gaiakol, etil gaiakol ve 4-etil gaiakol), furanik aldehytler (furfural, 5-metil-furfural) ve enolik bileşikler (sikloten, maltol ve izomaltol) öne çıkar (Tablo 3). Meşe laktonları (viski lakton ya da β -metil- γ -oktalakton), meşe ağacında doğal olarak bulunur ve meşe lipidlerinden ısı işlemler ve/veya oksidatif

dönüşümlerle ortaya çıkar. Yani meşenin kurutulması ve kavrulması işlemleri sırasında açığı çıkar. Meşe laktonları cis ve trans izomerleriyle şaraba ağaçsı kokular ve yüksek konsantrasyonlarda hindistan cevizi benzeri kokular kazandırır. Cis izomeri (46 µg/L) trans izomerine göre (460 µg/L) daha düşük algılanma eşliğine sahip olduğundan daha yoğun koku verir. Amerikan meşesi diğer meşe türlerine göre oldukça yüksek miktarda “cis meşe laktonu” içerir (Carpena vd., 2020).

Meşe fiçidan geçen uçucu fenoller arasında en önemlisi şaraba vanilya aroması kazandıran vanilin; meşe fiçıların kavrurma derecesine bağlı olarak farklı yoğunluklarda açığa çıkar. Karanfil benzeri kokular veren öjenol ise işlenmemiş doğal ağaçta bulunur ve açık havada kurutma esnasında miktarı artar (Courregelongue ve Pons, 2024).

Furanik aldehitler ve enolik bileşikler ise hemiselülozun ısı parçalanmasıyla oluşur ve şaraba karamel, kavrulmuş badem ve yanık şeker aromaları verir. Meşe fiçılarının kavrulması sırasında gerçekleşen piroliz, maillard ve Strecker-benzeri reaksiyonlar, odun yapısındaki amino asit-şeker bileşenlerinin etkileşimi ve meşe polimerlerin parçalanmasıyla oluşan heterosiklik ve aromatik aldehit, keton ve furan türevleri oluşur ve şaraba karakteristik fiçı aroması kazandırır. Ortaya çıkan bileşiklerin türü ve yoğunluğu ise doğrudan kavrurma derecesine bağlıdır; yani kavrurma derecesi arttıkça şarabın duyuşal profili de farklılaşır (Courregelongue ve Pons, 2024).

Tablo 3: Meşe fiçılardan şaraba geçen başlıca aroma bileşikleri

Aroma Bileşikleri	Verdiği koku/Özellik
Hidroksi metil furfural	Az kavrulmuş
5-Metil furfural	Orta kavrulmuş
Furfural	Çok kavrulmuş
Vanilin	Vanilya (temel markör)
Şiringaldehit	Baharat/ Odunsu Isıl işlem derecesinin markörü
Gaiakol	İs, tütüsü
4-metil gaiakol	Baharat /karanfil
Trans lakton	Meşe
Cis lakton	Hindistan cevizi

Meşe fiçidan şaraba geçen aroma ve fenolik bileşiklerin miktarı; meşenin türü, coğrafi orijini, kurutma ve kavrurma derecesi, fiçı yüzey alanı/şarap hacmi oranı, fiçının kullanım sayısı, sıcaklık, nem, alkol miktarı ve SO₂ düzeyi gibi faktörlere bağlıdır. Meşe fiçılara uygulanan kavrurma işleminin derecesi (hafif

(L), orta (M), orta üstü (M+) ve yüksek (H)), meşeden geçen bileşiklerin çeşidini ve yoğunluğunu belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Meşenin kavrulması sırasında bazı aroma bileşiklerinin koku yoğunluğu azalır. Kavrulma işlemi ilerledikçe hekzanol (otsu koku), nonanol (bitkisel ve çiçeksi kokular), 2,4-nonadienal (yağsı ve salatalık benzeri kokular), 3-okten-1-on (mantar kokuları), linalol oksit (çiçek kokuları), feniletıl alkol (göl benzeri kokular), β -damassenon (tatlımsı şeftali benzeri kokular) ve meşe laktonlarının (vanilya, meşe, karanfil benzeri kokular) yoğunluğu azalır ve şarabın duyuşal profili değişir. Özellikle meyvemsi, çiçeksi ve taze aromaların azalması, yerini kavrulmuş, karamelize ve baharatımsı aromalara bırakır. Meşenin kavrulması sırasında koku yoğunluğu artan yada oluşun aroma bileşikleri ise; Furfural (karamel ve kızarmış kokular), 5-metılfurfural (baharatımsı, kızarmış, tatlı kokular), 2-(2-furanıl) etanon (kavrulmuş tahıl tanesi), gaiakol (baharatımsı, kızarmış, is/tütsü), 4-metil guaiakol (baharatımsı, fenolik, hafif otsu), öjenol (baharatımsı, karanfil, tarçın) ile izomerleri olan cis-izoöjenol ve trans-izoöjenol (baharatımsı, karanfil, ağaşı/meşe), vanilin (tatlı, vanilya), siringaldehit (tatlı, vanilya), fenil asetaldehit (kızarmış ekmek), benzaldehit (acı badem, fındık) ve sikloten (tatlı, kızarmış, karamel) bileşikleridir. Bu nedenle kavurma işlemi şarabın aroma profilini doğrudan şekillendirir ((Pérez-Coello vd., 1999; Carpena vd., 2020).

Fıçıda yıllandırma sırasında gerçekleşen kontrollü oksidasyon, kaliteli kırmızı şarapların gelişiminde kritik rol oynar. Meşe fıçının gözenekli yapısı sayesinde şaraba ayda yaklaşık 1.66–2.5 mL/L oksijen girer. Bu oksijen fenolik bileşiklerle reaksiyona girerek rengin stabilizasyonunu, tanenlerin yumuşamasını, kompleks aromaların gelişimini ve gövde ile ağız hissinin artmasını sağlar. Ancak oksijenin aşırı miktarda girişı şarap kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle fıçıda yıllandırma süreci dikkatle kontrol edilmelidir (Carpena vd., 2020).

5. SONUÇ

Üzüm ve şaraplarda aroma oluşumu, biyosentez yollarından fermentasyon süreçlerine ve yıllandırma koşullarına kadar pek çok faktörün etkileşimiyle şekillenen karmaşık bir süreçtir. Birincil aromalar üzüm çeşidi ve genetik yapıyı, ikincil aromalar maya ve fermentasyon koşullarını, üçüncül aromalar ise şarabın olgunlaştırma ve depolama

sürecini yansıtmaktadır. Bu nedenle aroma bileşenleri, yalnızca şarabın duyuşal kimliğini değil; aynı zamanda teruarın, üretim tekniklerinin, zamanın ve kalite anlayışının da bir göstergesidir.

Son yıllarda kullanılan gelişmiş analitik yöntemler, genetik ve metabolomik yaklaşımlar, aroma oluşum mekanizmalarının daha kapsamlı anlaşılmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, çevresel faktörler ve mikroorganizma etkileşimleri gibi halen açıklığa kavuşturulması gereken birçok konu bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, aroma bileşiklerinin kökeni ve oluşum mekanizmalarına dair bilgi birikiminin artması, hem şarap bilimi açısından temel öneme sahip hem de üreticilerin kalite yönetimi ve ürün farklılaştırma stratejileri açısından yol göstericidir.

KAYNAKÇA

- Almy, J., & De Revel, G. (2008). Approaches to wine aroma: C1 transfer during the reaction between diacetyl and cysteine. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1126, 216-219.
- Bartowsky, E. J., & Henschke, P. A. (2004). The ‘buttery’ attribute of wine—diacetyl—desirability, spoilage and beyond, *International Journal of Food Microbiology*, 96, 235-252.
- Bauer, F., & Pretorius, I. S. (2000). Yeast stress response and fermentation efficiency: how to survive the making of wine-a review, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21, 27-51.
- Baumes, R., Wirth, J., Bureau, S., Gunata, Y., & Razungles, A. (2002). Biogenesis of C13-norisoprenoid compounds: experiments supportive for an apo-carotenoid pathway in grapevines, *Analytica Chimica Acta*, 458, 3-14.
- Bertrand, A. (1981). Formation des substances volatiles au cours de la fermentation alcoolique. Incidence sur la qualité du vin, Colloque Soc. Fr. Microbiol, pp. 251-267.
- Boido, E., Lloret, A., Medina, K., Carrau, F., & Dellacassa, E. (2002). Effect of β -glycosidase activity of *Oenococcus oeni* on the glycosylated flavor precursors of Tannat wine during malolactic fermentation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2344-2349.
- Boido, E., Medina, K., Fariña, L., Carrau, F., Versini, G., & Dellacassa, E. (2009). The effect of bacterial strain and aging on the secondary volatile metabolites produced during malolactic fermentation of Tannat red wine, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 6271-6278.
- Bönisch, F., Frotscher, J., Stanitzek, S., Rühl, E., Wüst, M., Bitz, O., Schwab, & W. (2014). A UDP-glucose: monoterpene glucosyltransferase adds to the chemical diversity of the grapevine metabolome, *Plant Physiology*, 165, 561-581.
- Butzke, C. E., & Park, S. K. (2011). Impact of fermentation rate changes on potential hydrogen sulfide concentrations in wine, *Journal of microbiology and biotechnology*, 21, 519-524.
- Cabaroğlu, T. (2003). Üzümlerde Aroma Maddeleri ve Şarapçılık Açısından Önemi. *Gıda*, 28(6).

- Cabrita, M. J., Freitas, A. M. C., Laureano, O., & Stefano, R. D. (2006). Glycosidic aroma compounds of some Portuguese grape cultivars, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 922-931.
- Caffrey, A. J., Lerno, L. A., Zweigenbaum, J., & Ebeler, S. E. (2021). Characterization of free and bound monoterpene alcohols during Riesling fermentation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 13286-13298.
- Carrau, F. M., Medina, K., Farina, L., Boido, E., Henschke, P. A., & Dellacassa, E. (2008). Production of fermentation aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts: effects of yeast assimilable nitrogen on two model strains, *FEMS Yeast Research*, 8, 1196-1207.
- Celik, Z. D., Cabaroğlu, T., & Krieger-Weber, S. (2019). Impact of malolactic fermentation on the volatile composition of Turkish Kalecik karası red wines, *Journal of the Institute of Brewing*, 125, 92-99.
- Celik, Z. D., Karaoglan, S. Y., Darıcı, M., Kelebek, H., İşçi, B., Kaçar, E., & Altındışli, A., Cabaroğlu, T., (2015). Effects of terroir on the terpene compounds of Muscat of Bornova Native white grape variety grown in Turkey, BIO Web of Conferences. EDP Sciences, p. 01004.
- Chatonnet, P., Dubourdie, D., Boidron, J. N., & Pons, M. (1992). The origin of ethylphenols in wines, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60, 165-178.
- Chen, E. C.-H. (1978). The relative contribution of Ehrlich and biosynthetic pathways to the formation of fusel alcohols, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 36, 39-43.
- Carpene, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. *Foods*, 9(9), 1160.
- Comuzzo, P., Tat, L., Tonizzo, A., & Battistutta, F. (2006). Yeast derivatives (extracts and autolysates) in winemaking: Release of volatile compounds and effects on wine aroma volatility, *Food Chemistry*, 99, 217-230.
- Conway, M. E., & Hutson, S. M. (2000). Mammalian branched-chain aminotransferases, *Methods in enzymology*, 324, 355-365.
- Courregelongue, M., & Pons, A. (2024). The aroma of toasted oak wood (*Quercus petraea*): From sensory analysis to molecular characterisation. *OENO One*, 58(4), 7883.

- D'Onofrio, C., Matarese, F., & Cuzzola, A. (2017). Study of the terpene profile at harvest and during berry development of *Vitis vinifera* L. aromatic varieties Aleatico, Brachetto, Malvasia di Candia aromatica and Moscato bianco, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2898-2907.
- Darriet, P., Tominaga, T., Lavigne, V., Boidron, J. N., & Dubourdieu, D. (1995). Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon wines: 4-mercapto-4-methylpentan-2-one, *Flavour and Fragrance Journal*, 10, 385-392.
- de Revel, G., Martin, N., Pripis-Nicolau, L., Lonvaud-Funel, A., & Bertrand, A. (1999). Contribution to the knowledge of malolactic fermentation influence on wine aroma, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4003-4008.
- De Rosso, M., Lonzarich, V., Navarini, L., & Flamini, R. (2022). Identification of new glycosidic terpenols and norisoprenoids (aroma precursors) in *C. arabica* L. green coffee by using a high-resolution mass spectrometry database developed in grape metabolomics, *Current Research in Food Science*, 5, 336-344.
- Díaz-Maroto, M. C., Schneider, R., & Baumes, R. (2005). Formation pathways of ethyl esters of branched short-chain fatty acids during wine aging, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3503-3509.
- Dickinson, J. R., Salgado, L. E. J., & Hewlins, M. J. (2003). The catabolism of amino acids to long chain and complex alcohols in *Saccharomyces cerevisiae*, *Journal of Biological Chemistry*, 278, 8028-8034.
- Dubourdieu, D., Tominaga, T., Masneuf, I., Des Gachons, C. P., & Murat M. L. (2006). The role of yeasts in grape flavor development during fermentation: the example of Sauvignon Blanc. *Am. J. Enol. Vitic.*, 57, 81– 88.
- Ebeler, S. E., & Thorngate, J. H. (2009). Wine chemistry and flavor: looking into the crystal glass, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8098-8108.
- Ehrlich, F. (1904). Ueber das natürliche Isomere des Leucins, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 37, 1809-1840.
- Etiévant, P. X. 2017. Wine.(483-546). Volatile compounds in foods and beverages: Routledge.
- Ferrandino, A., Carlomagno, A., Baldassarre, S., & Schubert, A. (2012). Varietal and pre-fermentative volatiles during ripening of *Vitis vinifera*

- cv Nebbiolo berries from three growing areas, *Food Chemistry*, 135, 2340-2349.
- Ferreira, V., & Lopez, R. (2019). The actual and potential aroma of winemaking grapes, *Biomolecules*, 9, 818.
- Fleet, G. H. (2003). Yeast interactions and wine flavour, *International Journal of Food Microbiology*, 86, 11-22.
- Francis, I., & Newton, J. (2005). Determining wine aroma from compositional data, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 114-126.
- Garde-Cerdán, T., & Ancín-Azpilicueta, C. (2008). Effect of the addition of different quantities of amino acids to nitrogen-deficient must on the formation of esters, alcohols, and acids during wine alcoholic fermentation, *Lwt-Food Science and Technology*, 41, 501-510.
- Goldner, M. C., Zamora, M. C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., & Bandoni, A. (2009). Effect of ethanol level in the perception of aroma attributes and the detection of volatile compounds in red wine, *Journal of Sensory Studies*, 24, 243-257.
- Grimaldi, A., Bartowsky, E., & Jiranek, V. (2005). A survey of glycosidase activities of commercial wine strains of *Oenococcus oeni*, *International Journal of Food Microbiology*, 105, 233-244.
- Grosch, W. (2001). Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission, *Chemical senses*, 26, 533-545.
- Hayasaka, Y., Baldock, G. A., Parker, M., Pardon, K. H., Black, C. A., Herderich, M. J., & Jeffery, D.W. (2010). Glycosylation of smoke-derived volatile phenols in grapes as a consequence of grapevine exposure to bushfire smoke, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10989-10998.
- Hazelwood, L. A., Daran, J.-M., Van Maris, A. J., Pronk, J. T., & Dickinson, J. R. (2008). The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: a century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism, *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 2259-2266.
- Hernández-Orte, P., Cacho, J. F., & Ferreira, V. (2002). Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2891-2899.
- Hernández-Orte, P., Ibarz, M., Cacho, J., & Ferreira, V. (2005). Effect of the addition of ammonium and amino acids to musts of Airen variety on

- aromatic composition and sensory properties of the obtained wine, *Food Chemistry*, 89, 163-174.
- Ilc, T., Werck-Reichhart, D., & Navrot, N. (2016). Meta-analysis of the core aroma components of grape and wine aroma, *Frontiers in Plant Science*, 7, 1472.
- Jansen, M., Veurink, J. H., Euverink, G.-J.W., & Dijkhuizen, L. (2003). Growth of the salt-tolerant yeast *Zygosaccharomyces rouxii* in microtiter plates: effects of NaCl, pH and temperature on growth and fusel alcohol production from branched-chain amino acids, *FEMS Yeast Research*, 3, 313-318.
- Jiménez-Martí, E., Aranda, A., Mendes-Ferreira, A., Mendes-Faia, A., & del Olmo, M. I. (2007). The nature of the nitrogen source added to nitrogen depleted vinifications conducted by a *Saccharomyces cerevisiae* strain in synthetic must affects gene expression and the levels of several volatile compounds, *Antonie Van Leeuwenhoek*, 92, 61-75.
- Jones, P., Gawel, R., Francis, I., & Waters, E. (2008). The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine, *Food Quality and Preference*, 19, 596-607.
- Kalua, C. M., & Boss, P. K. (2009). Evolution of volatile compounds during the development of Cabernet Sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3818-3830.
- Koeduka, T., Fridman, E., Gang, D. R., Vas sao, D. G., Jackson, B. L., Kish, C. M., Orlova, I., Spassova, S. M., Lewis, N. G., & Noel, J. P. (2006). Eugenol and isoeugenol, characteristic aromatic constituents of spices, are biosynthesized via reduction of a coniferyl alcohol ester, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 10128-10133.
- Kruis, A. J., Mars, A. E., Kengen, S. W., Borst, J. W., van der Oost, J., & Weusthuis, R. A. (2018). Alcohol acetyltransferase Eat1 is located in yeast mitochondria, *Applied and Environmental Microbiology*, 84, e01640-01618.
- Lachenmeier, D. W., & Sohnius, E.-M. (2008). The role of acetaldehyde outside ethanol metabolism in the carcinogenicity of alcoholic beverages: evidence from a large chemical survey, *Food and Chemical Toxicology*, 46, 2903-2911.

- Lambrechts, M., & Pretorius, I. S. (2000). Yeast and its importance to wine aroma-a review, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21, 97-129.
- Lambrechts, M. G., & Pretorius, I. S. (2019). Yeast and Its Importance to Wine Aroma - A Review, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21.
- Lambropoulos, I., & Roussis, I.G. (2007). Inhibition of the decrease of volatile esters and terpenes during storage of a white wine and a model wine medium by caffeic acid and gallic acid, *Food Research International*, 40, 176-181.
- Le Berre, E., Atanasova, B., Langlois, D., Etievant, P., & Thomas-Danguin, T. (2007). Impact of ethanol on the perception of wine odorant mixtures, *Food Quality and Preference*, 18, 901-908.
- Lee, S.-J., Rathbone, D., Asimont, S., Adden, R., & Ebeler, S. E. (2004). Dynamic changes in ester formation during Chardonnay juice fermentations with different yeast inoculation and initial Brix conditions, *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 346-354.
- Lei, Y., Ma, Z., Wang, P., Qin, X., Guan, X., & Zhang, Z. (2023). Effect of 2, 5-Dicarbonyl-3-Isobutyl-Piperazine on 3-Isobutyl-2-Methoxypyrazine Biosynthesis in Wine Grape, *Foods*, 12, 3258.
- Lilly, M., & Lambrechts, M., Pretorius, I. (2000). Effect of increased yeast alcohol acetyltransferase activity on flavor profiles of wine and distillates, *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 744-753.
- Lin, J., Massonnet, M., & Cantu, D. (2019). The genetic basis of grape and wine aroma, *Horticulture Research*, 6.
- Liu, J., Zhu, X. L., Ullah, N., & Tao, Y. S. (2017). Aroma glycosides in grapes and wine, *Journal of Food Science*, 82, 248-259.
- Liu, S. Q., & Pilone, G. J. (2000). An overview of formation and roles of acetaldehyde in winemaking with emphasis on microbiological implications, *International Journal of Food Science & Technology*, 35, 49-61.
- Liu, S. Q. (2002). Malolactic fermentation in wine—beyond deacidification, *Journal of Applied Microbiology*, 92, 589-601.
- Lukić, I., Lotti, C., & Vrhovsek, U. (2017). Evolution of free and bound volatile aroma compounds and phenols during fermentation of Muscat blanc grape juice with

- Martínez-Rodríguez, A., Polo, M., & Carrascosa, A. (2001). Structural and ultrastructural changes in yeast cells during autolysis in a model wine system and in sparkling wines, *International Journal of Food Microbiology*, 71, 45-51.
- Martínez-Rodríguez, A. J., Carrascosa, A. V., Martín-Álvarez, P. J., Moreno-Arribas, V., & Polo, M. C. (2002). Influence of the yeast strain on the changes of the amino acids, peptides and proteins during sparkling wine production by the traditional method, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29, 314-322.
- Martorell, N., Martí, M., Mestres, M., Busto, O., & Guasch, J. (2002). Determination of 4-ethylguaiacol and 4-ethylphenol in red wines using headspace-solid-phase microextraction-gas chromatography, *Journal of Chromatography A*, 975, 349-354.
- Mateo, J., & Jiménez, M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines, *Journal of Chromatography A*, 881, 557-567.
- Mathieu, S., Terrier, N., Procureur, J. M., Bigey, F., & Günata, Z. (2005). A carotenoid cleavage dioxygenase from *Vitis vinifera* L.: functional characterization and expression during grape berry development in relation to C13-norisoprenoid accumulation, *Journal of Experimental Botany*, 56, 2721-2731.
- Matsui, K. (2006). Green leaf volatiles: hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism, *Current Opinion in Plant Biology*, 9, 274-280.
- Mauricio, J. C., Moreno, J., Zea, L., Ortega, J. M., & Medina, M. (1997). The effects of grape must fermentation conditions on volatile alcohols and esters formed by *Saccharomyces cerevisiae*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75, 155-160.
- Mazauric, J.-P., & Salmon, J.-M. (2005). Interactions between yeast lees and wine polyphenols during simulation of wine aging: I. Analysis of remnant polyphenolic compounds in the resulting wines, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5647-5653.
- Mendes-Pinto, M. M. (2009). Carotenoid breakdown products the—norisoprenoids—in wine aroma, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 483, 236-245.
- Meng, N., Wei, Y., Gao, Y., Yu, K., Cheng, J., Li, X.-Y., Duan, C.-Q., & Pan, Q.-H. (2020). Characterization of transcriptional expression and

- regulation of carotenoid cleavage dioxygenase 4b in grapes, *Frontiers in Plant Science*, 11, 483.
- Monje, M.-C., Privat, C., Gastine, V., & Nepveu, F. (2002). Determination of ethylphenol compounds in wine by headspace solid-phase microextraction in conjunction with gas chromatography and flame ionization detection, *Analytica Chimica Acta*, 458, 111-117.
- Moreno-Arribas, M. V., & Polo, M. C. (2005). Winemaking biochemistry and microbiology: current knowledge and future trends, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 265-286.
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012a). Chemical aging, *Enological Chemistry*, 375-388.
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012b). Biological aging, *Enological Chemistry*, 405-415.
- Mozzon, M., Savini, S., Boselli, E., & Thorngate, J. (2016). The herbaceous character of wines, *Italian Journal of Food Science*, 28, 190-207.
- Murat, M.L., Tominaga, T., & Dubourdieu, D. (2001). Assessing the aromatic potential of Cabernet Sauvignon and Merlot musts used to produce rose wine by assaying the cysteinylated precursor of 3-Mercaptohexan-1-ol, *J. Agric., Food Chem.*, 49, 5412-5417.
- Nykänen, L. (1986). Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverages, *American Journal of Enology and Viticulture*, 37, 84-96.
- Palomo, E. S., Pérez-Coello, M.S., Díaz-Maroto, M. C., Viñas, M. G., & Cabezudo, M. (2006). Contribution of free and glycosidically-bound volatile compounds to the aroma of muscat “a petit grains” wines and effect of skin contact, *Food Chemistry*, 95, 279-289.
- Pérez-Coello, M. S., Sanz, J., & Cabezudo, M. D. (1999). Determination of volatile compounds in hydroalcoholic extracts of French and American oak wood. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(2), 162-165.
- Pérez-Serradilla, J., & De Castro, M.L. (2008). Role of lees in wine production: A review, *Food Chemistry*, 111, 447-456.
- Perpète, P., Duthoit, O., De Maeyer, S., Imray, L., Lawton, A.I., Stavropoulos, K. E., Gitonga, V. W., Hewlins, M. J., & Richard Dickinson, J. (2006). Methionine catabolism in *Saccharomyces cerevisiae*, *FEMS Yeast Research*, 6, 48-56.

- Pickering, G. J., Willwerth, J., Botezatu, A., & Thibodeau, M. (2021). Prevalence and management of alkyl-methoxypyrazines in a changing climate: Viticultural and oenological considerations, *Biomolecules*, 11, 1521.
- Pineau, B., Barbe, J.-C., Van Leeuwen, C., & Dubourdieu, D. (2007). Which impact for β -damascenone on red wines aroma?, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4103-4108.
- Pisarnitskii, A. (2001). Formation of wine aroma: tones and imperfections caused by minor components (review), *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37, 552-560.
- Polášková, P., Herszage, J., & Ebeler, S. E. (2008). Wine flavor: chemistry in a glass, *Chemical Society Reviews*, 37, 2478-2489.
- Pollnitz, A. P., Pardon, K. H., & Sefton, M. A. (2000). Quantitative analysis of 4-ethylphenol and 4-ethylguaiacol in red wine, *Journal of Chromatography A*, 874, 101-109.
- Pueyo Pérez, E., Martínez-Rodríguez, A. J., Polo, M. C., Santa-María, G., & Bartolomé, B. (2000). Release of lipids during yeast autolysis in a model wine system.
- Rapp, A., & Mandery, H. (1986). Wine aroma, *Experientia*, 42, 873-884.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., & Maujean, A. (2006). Handbook of Enology, volume 2-The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments. New York: Wiley.
- Rienth, M., Vigneron, N., Darriet, P., Sweetman, C., Burbidge, C., Bonghi, C., Walker, R. P., Famiani, F., & Castellarin, S. D. (2021). Grape berry secondary metabolites and their modulation by abiotic factors in a climate change scenario—a review, *Frontiers in Plant Science*, 12, 643258.
- Roland, A., Schneider, R., Razungles, A., & Cavelier, F. (2011). Varietal thiols in wine: discovery. *Analysis and Applications Chemical Reviews*, 11(11); 7355-7376.
- Romano, P., & Suzzi, G. (1996). Origin and production of acetoin during wine yeast fermentation, *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 309-315.
- Saerens, S., Delvaux, F., Verstrepen, K., Van Dijck, P., Thevelein, J., & Delvaux, F. (2008). Parameters affecting ethyl ester production by

- Saccharomyces cerevisiae* during fermentation, *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 454-461.
- Samra, R. M., Othman, A., Elsbaey, M., Amen, Y., & Shimizu, K. (2024). Comprehensive review on megastigmane glycosides: Sources, bioactivities, and ¹³C NMR spectroscopic data, *Phytochemistry Letters*, 60, 19-89.
- Sefton, M., Francis, I., & Williams, P. (1993). The volatile composition of Chardonnay juices: a study by flavor precursor analysis, *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 359-370.
- Selli, S., Cabaroğlu, T., Canbas, A., Erten, H., & Nurgel, C. (2003). Effect of skin contact on the aroma composition of the musts of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Bornova and Narince grown in Turkey, *Food Chemistry*, 81, 341-347.
- Simpson, R. (1978). 1, 1, 6-Trimethyl-1, 2-Dihydronaphthalene: An Important Contributor to the Bottle Aged Bouquet of Wine. *Chem. Ind.* 1978, 1, 37.
- Singh, S., Chhatwal, H., & Pandey, A. (2024.) "Deciphering the complexity of terpenoid biosynthesis and its multi-level regulatory mechanism in plants", *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-17.
- Skinkis, P. A., Bordelon, B. P., & Wood, K. V. (2008). Comparison of monoterpene constituents in Traminette, Gewürztraminer, and Riesling winegrapes, *American Journal of Enology and Viticulture*, 59, 440-445.
- Styger, G., Prior, B., & Bauer, F. F. (2011). Wine flavor and aroma, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38, 1145-1159.
- Swiegers, J., & Pretorius, I. (2007). Modulation of volatile sulfur compounds by wine yeast, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74, 954-960.
- Swiegers, J. H., Kievit, R. L., Siebert, T., Lattey, K. A., Bramley, B. R., Francis, I. L., King, E. S., & Pretorius, I. S. (2009). The influence of yeast on the aroma of Sauvignon Blanc wine. *Food Microbiol.*, 26(2); 204-211.
- Tominaga, T., Darriet, P., & Dubourdieu, D. (1996). Identification of 3-mercaptohexanol acetate, compound having a powerful odor reminiscent of box-tree, involved in the aroma of Sauvignon wines. *Vitis*, 35, 207-210.
- Tominaga, T., Furrer, A., Henry, R., & Dubourdieu, D. (1998). Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon Blanc wines, *Flavour and Fragrance Journal*, 13, 159-162.

- Tominaga, T., Baltenweck-Guyot, R., Des Gachons, C. P., & Dubourdieu, D. (2000). Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 178-181.
- Ugliano, M., Genovese, A., & Moio, L. (2003). Hydrolysis of wine aroma precursors during malolactic fermentation with four commercial starter cultures of *Oenococcus oeni*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5073-5078.
- Verstrepen, K. J., Derdelinckx, G., Dufour, J.-P., Winderickx, J., Thevelein, J. M., Pretorius, I. S., & Delvaux, F. R. (2003). Flavor-active esters: adding fruitiness to beer, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 96, 110-118.
- Vilanova de la Torre, M. D. M., Ugliano, M., Varela, C., Siebert, T., Pretorius, I., & Henschke, P. (2007). Assimilable nitrogen utilisation and production of volatile and non-volatile compounds in chemically defined medium by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts. *Applied microbiology and biotechnology*, 77(1), 145-157.
- Vuralhan, Z., Morais, M.A., Tai, S.-L., Piper, M. D., & Pronk, J. T. (2003). Identification and characterization of phenylpyruvate decarboxylase genes in *Saccharomyces cerevisiae*, *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 4534-4541.
- Waterhouse, A. L., & Ebeler, S. E. (1998). Chemistry of wine flavor: ACS Publications.
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding wine chemistry: John Wiley & Sons.
- Wei, Y., Chen, Z., Zhang, X.-K., Duan, C.-Q., & Pan, Q.-H. (2021). Comparative analysis of glycosidic aroma compound profiling in three *Vitis vinifera* varieties by using ultra-high-performance liquid chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry, *Frontiers in Plant Science*, 12, 694979.
- Wilson, B., Strauss, C. R., & Williams, P. J. (1984). Changes in free and glycosidically bound monoterpenes in developing Muscat grapes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32, 919-924.
- Winterhalter, P., Baderschneider, B., & Bonnländer, B. (1998). Analysis, structure, and reactivity of labile terpenoid aroma precursors in Riesling wine. ACS Publications.

- Winterhalter, P., Rouseff, R., & Rouseff, R. (2002). Carotenoid-derived aroma compounds. ACS Symposium series 802. American Chemical Society Washington DC.
- Winterhalter, P., & Skouroumounis, G. K. (2006). Glycoconjugated aroma compounds: occurrence, role and biotechnological transformation, *Biotechnology of Aroma Compounds*, 73-105.
- Zhou, Z.-w., Wu, Q.-y., Ni, Z.-x., Hu, Q.-c., Yang, Y., Zheng, Y.-c., Bi, W.-j., Deng, H.-l., Liu, Z.-z., & Ye, N.-x. (2021). Metabolic flow of C6 volatile compounds from LOX-HPL pathway based on airflow during the post-harvest process of oolong tea, *Frontiers in Plant Science*, 12, 738445.
- Zhu, B.-Q., Xu, X.-Q., Wu, Y.-W., Duan, C.-Q., & Pan, Q.-H. (2012). Isolation and characterization of two hydroperoxide lyase genes from grape berries: HPL isogenes in *Vitis vinifera* grapes, *Molecular Biology Reports*, 39, 7443-7455.

BÖLÜM 6

ANAÇ SEÇİMİNDE POTANSİYEL BİR BİYOKİMYASAL ÖLÇÜT: STİLBEN BİLEŞİKLERİ

Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK^{1*}

Prof. Dr. Nurhan KESKİN²

Prof. Dr. Adem YAĞCI³

Prof. Dr. Birhan KUNTER⁴

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955520>

¹VanYüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 65080 Van Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8251-5213>

²VanYüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080 Van Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-1459>

³Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 60250 Tokat Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3650-4679>

⁴Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06100 Ankara Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7112-1908>

*sorumlu yazar: urfalimustafacelik@gmail.com

1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarında Avrupa'yı etkisi altına alan filoksera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) salgını, dünyanın en önemli bağcılık alanı konumundaki bu coğrafyada hem bağcılık ekonomisi hem de asma genetik kaynakları üzerinde büyük zararlara neden olmuştur (Forneck ve Huber 2009). Bu sorunun çözümü, zararlının doğal yaşam alanı olan Kuzey Amerika'ya özgü *Vitis* türlerinden geliştirilen dayanıklı anaçların kullanılmasıyla mümkün olmuştur. Anaçların geliştirilmesindeki bu yaklaşım günümüzde hâlâ en etkili biyolojik kontrol stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Anwar vd., 2002). Filoksera sonrası bağcılıkta zorunlu hâle gelen dayanıklı anaç kullanımı, zamanla yalnızca zararlıya karşı bir önlem olmaktan çıkarak; asmanın biyotik ve abiyotik streslere toleransını artıran ve aynı zamanda üzüm ile şarap kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan bütüncül bir yetiştirme stratejisine dönüşmüştür (Anwar vd., 2002; Zhang vd., 2022).

Anaçların çeşidin büyüme ve gelişmesi üzerindeki farklı etkileri literatürde ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Son yıllarda ise anaçların, çeşidin biyokimyasal mekanizmaları üzerindeki etkileri konusunda çalışmalar dikkati çekmektedir. Zhang vd. (2017) anaçların çeşidin ışık enerjisini kullanmasında etkilerinin olduğunu bu kapsamda Cabernet Sauvignon (CS) çeşidinin fotosentetik kapasitesini iyileştirme yönünde anaç etkisinin önemli olduğunu; Li vd. (2016) ise anaçların CS asmalarında büyüme potansiyelini, meyve kalitesini ve net fotosentez oranını artırdığını ifade etmişlerdir. Anaç seçimi, bitkinin su ve besin alımını, genel büyüme gücünü ve hormonal dengesini etkileyerek çeşidin fizyolojik ve metabolik davranışlarının şekillendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Poni vd., 2018).

Asma fizyolojisine şekil veren metabolitler arasında stres yönetiminde savunma mekanizmasının bileşenleri olan stilben bileşiklerinin sentezi ve birikimi önemli bir yer tutmaktadır. Stilbenler, başta *trans*-resveratrol (*t*-RES) ve türevleri (piceid, pterostilben, viniferinler vb) olmak üzere, asmanın (*Vitis vinifera* L.) savunma metabolizmasının temel fitoleksin grubunu oluşturur (Keskin ve Marasalı Kunter, 2005; Kunter ve Keskin, 2006; Keskin, 2019). Bitkilerde oksidatif stres, biyotik etmenlerin etkisi altında olduğu gibi, kuraklık, aşırı sıcaklık, UV radyasyonu, mekanik hasar, ağır metaller, tuzluluk ve ozon gibi çok sayıda abiyotik faktör tarafından da tetiklenir ve reaktif oksijen türleri (ROS) artışıyla stres metabolizması şekillenir (Mitler, 2002). ROS,

savunma mekanizmalarının harekete geçmesinde sinyal moleküller olarak tanımlanmaktadır. Bu moleküller asmalarda stilben biyosentezinin güçlü uyarıcılarıdır (Hasan ve Bae, 2017). *t*-RES ve viniferin gibi stilbenoidler, ROS temizleme yeteneği yanında, bağ küllemesi (*Erysiphe necator*) ve bağ mildiyösü (*Plasmopara viticola*) gibi biyotik streslere karşı da etkili antifungal bileşiklerdir (Dabauza vd., 2015; Houillé vd., 2015).

Üzüm insan sağlığı açısından önemli farmakolojik özelliklere sahip stilben bileşiklerinin en zengin kaynağı olarak kabul edilmektedir (Bai vd., 2010; Zhang vd., 2010; Houillé vd., 2014). Son yirmi yılda stilbenlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin tanınması ile konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik çalışmalar üzerine yoğunlaşmıştır. 240'tan fazla klinik çalışmanın katkısıyla *t*-RES antioksidan, anti-inflamatuar, antikanser, kardiyoprotektif, nöroprotektif, yaşlanma karşıtı, anti-diyabetik ve anti-obezite etkileri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir (Valletta vd., 2021). Bunun yanında pterostilben, pinosilvin ve piceatannol gibi diğer monomerik stilbenler ile, genellikle daha güçlü biyolojik aktivite gösteren viniferinler gibi oligomerik stilbenlerin çalışılmasına ilgi giderek artmaktadır. Bu bileşikler, özellikle yaprak, sürgün ve meyve kabuğu dokularında, biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak biriken önemli bileşikler olarak ifade edilmiştir (Keskin ve Kunter, 2017). Bu bileşiklerin birikimi; çeşit, çevre, gelişim dönemi ve bitki dokusuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Vincenzi vd., 2013).

Bağcılıkta aşılı fidanların kullanılması gereğince anaç etkilerinin değerlendirilmesi kapsamında, anaçların fenolik bileşiklerin sentezlenmesi üzerindeki etkisinin de bulunduğu dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Cookson vd., 2013; Corso 2014; Maré vd., 2016). Moleküler ve metabolomik çalışmalar, anaçların stilben miktarı ve kompozisyonu üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Chitarra vd., 2017; Zhang vd., 2022). CS üzümlerinde 5BB ve 101-14MG anaçlarının tanen birikimini etkilediği belirlenmiştir (Zhang vd., 2022). Anaçlar, bitkinin fizyolojik durumunu (su-mineral dengesi, hormonlar, stres sinyalleri) kontrol ederek kalemdeki metabolik süreçleri etkiler. Bu mekanizma sayesinde, uygun bir anaç seçimi, bitkide savunma yanıtını tetikleyen ancak büyümeyi ciddi şekilde engellemeyen bir "hafif stres" ortamı sağlayabilir. Bu durum ise stilben gibi savunma bileşiklerinin sentezini ve birikimini artırabilir (Gao vd., 2024).

Bu bölümde, aşıli kombinasyonlarda stilben sentezi moleküler mekanizmalar ile birlikte değerlendirilerek stilbenlerin affinite ve adaptasyon

temelli anaç seçiminde potansiyel bir biyokimyasal kriter olarak değerlendirilme olanakları güncel literatür ışığında tartışılacaktır.

2. AŞI KOMBİNASYONLARINDA STİLBEN METABOLİZMASI

Stilben biyosentezi, fenilalanininden başlayan fenilpropanoid metabolik yolak üzerinden gerçekleşir (Çelik ve Keskin, 2025). Bu yolda, sırasıyla fenilalanin amonyak liyaz (PAL), sinamat-4-hidroksilaz (C4H) ve 4-kumarat: KoA ligaz (4CL) enzimleri tarafından katalizlenen basamaklar sonucu temel bir ara ürün olan *p*-kumaril-CoA oluşur. Stilben biyosentezinin anahtar ve son basamağında görev alan stilben sentaz (STS) enzimi, bir molekül *p*-kumaril-CoA'yı üç molekül malonil-CoA ile kondense ederek t-RES'in temel iskelet yapısını sentezler. Fenilpropanoid yolağı, aynı prekürsörleri (*p*-kumaril-CoA gibi) paylaşan flavonoid ve lignin biyosentezi gibi dallara ayrılır. Bu nedenle, metabolik akışın stilbenler veya flavonoidler gibi farklı sekonder metabolit sınıflarına yönelimi, ilgili biyosentetik yolak genlerinin (STS vs. CHS/CHI) ve bu genleri düzenleyen transkripsiyon faktörlerinin (MYB, WRKY vb.) nispi ekspresyon seviyelerine bağlı olarak belirlenir. Anaçlar, bu kritik metabolik denge üzerinde uzaktan ve güçlü bir etkiye sahiptir. Kök sisteminden kaynaklanan veya kök aktivitesiyle modüle edilen uzun mesafeli sinyaller—hormonlar (örn. jasmonat, absisik asit), mobil küçük RNA'lar, besin ve su statüsü bilgisi—kalemdeki gen ekspresyon ağlarını şekillendirir (Chitarra vd., 2017). Bu şekilde, kullanılan anaç, metabolik akışın farklı bitki dokularında (yaprak, sürgün, meyve kabuğu) stilben biyosentezi lehine veya aleyhine kaymasını sağlayarak, kalemin genel savunma stratejisini ve sekonder metabolit profilini belirleyebilir. Aşılama, sadece iki bitki parçasının fiziksel olarak birleştirilmesi değil, aynı zamanda biyokimyasal ve fizyolojik etkileşimlerin başladığı bir süreçtir. Çalışmalar, anaçların kalemin transkriptomunu, proteomunu ve metabolomunu uzaktan düzenleyebildiğini göstermektedir (Chitarra vd., 2017; Prodhomme vd., 2019).

Chitarra vd. (2017)'nin yürüttüğü kapsamlı transkriptomik ve metabolomik çalışma, anaçların kalem fizyolojisi üzerindeki derin etkisini moleküler düzeyde ortaya koyan önemli bir referans noktasıdır. Araştırmacılar, aynı çevresel koşullarda yetiştirilen ve 13 farklı anaca aşılınmış 'Gaglioppo' çeşidinin yaprak transkriptomlarını analiz etmişlerdir. Yapılan analizler, özellikle birincil ve ikincil metabolizmaya dahil olan genlerin ekspresyon

profillerinde, anaç genotipine bağlı olarak çarpıcı farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu farklılıkların en belirgin örneği, 41B ve 1103P anaçları üzerinde gözlenmiştir. 41B anacı üzerindeki kalemde, savunma ile ilişkili genler (PR proteinleri, NBS-LRR'ler ve STS genleri dahil) güçlü bir şekilde uyarılmış ve stilbenler gibi ilişkili savunma metabolitlerinin sentezinde belirgin bir artış kaydedilmiştir. Buna karşılık, 1103P anacı üzerindeki aynı kalemde, bu savunma yollarının baskılandığı ve bunun, patojen *Plasmopara viticola*'ya (bağ mildiyösu) karşı artan bir duyarlılık fenotipi ile doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir. Çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biri, savunma yanıtının bu zıt düzenlenmesi ile hormonal sinyalizasyon arasında kurduğu bağlantıdır. Sonuçlar, yüksek stilbenoid birikimi ile düşük hastalık duyarlılığı arasında pozitif bir korelasyon; buna karşın, yüksek absisik asit (ABA) seviyeleri ile artan duyarlılık arasında ise negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, stilben biyosentezi ile ABA sinyal yolağı arasındaki dengenin (stilben-ABA eksenini), anaç-kalem etkileşimi bağlamında bitkinin savunma hazırlık durumunu ve patojen direncini belirleyen temel bir düzenleyici mekanizma olabileceğine işaret etmektedir.

Aşı noktası, metabolik aktivitenin yoğunlaştığı bir bölgedir. Prodhomme vd. (2019), aşı uyum sürecinde, birleşme noktasında primer metabolizmanın yeniden programlandığını ve kaynakların savunma bileşiklerinin sentezine kanalize edildiğini göstermiştir. Bu süreçte STS gen ifadesinin ve *t*-RES gibi stilben bileşiklerinin birikiminin arttığı tespit edilmiştir. Aşılamanın bitkinin savunma metabolizmasını (stilben sentezini de içerecek şekilde) uyan ve anaçtan gelen sinyaller ile bu süreci modüle edebilen bir uygulama olduğunu düşündürmektedir.

3. STİLBEN BİRİKİMİNİ DÜZENLEYEN MOLEKÜLER MEKANİZMALAR: miRNA'LARIN ROLÜ

Anaçların kalemdeki gen ifadesini ve metabolizmasını nasıl düzenlediği bağcılık fiziolojisinin en ilgi çekici araştırma konularından birini oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu sistemik etkinin moleküler temelinde, küçük RNA'lar (sRNA) ve özellikle mikroRNA'lar (miRNA) aracılığıyla gerçekleşen transkripsiyon sonrası düzenlemenin kritik bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Kehr ve Buhtz, 2008; Zhang, 2015). miRNA'lar, yaklaşık 20-24 nükleotid uzunluğunda, endojen, kodlamayan RNA molekülleri olup, tamamlayıcı baz eşleşmesi yoluyla hedef mRNA'ların transkripsiyonel

baskılanmasına veya doğrudan parçalanmasına aracılık ederler (Bartel, 2004). Bu düzenleyici moleküllerin, bitkilerde gelişim süreçlerinin yanı sıra, çevresel streslere verilen yanıtların ve sekonder metabolizmanın koordinasyonunda merkezi bir işlevi bulunmaktadır (Sunkar vd., 2007).

Üzüm genomunda tanımlanan çok sayıda miRNA'nın, özellikle MYB, WRKY ve SPL gibi transkripsiyon faktörü ailelerini hedef aldığı bilinmektedir (Wang vd., 2019). Bu transkripsiyon faktörlerinin bir kısmı, fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyonunu doğrudan veya dolaylı olarak kontrol etmekte, dolayısıyla stilben biyosentez kapasitesi üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin, Jiang (2021), VqmiR171c ve VqmiR171i miRNA'larının hedefi olan VqMYB154 transkripsiyon faktörünün, asmalarda stilbenoid bileşiklerin biyosentezinin düzenlenmesinde kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Bu bulgu, miRNA'lar ile stilben metabolizması arasındaki fonksiyonel bağlantıya işaret eden önemli kanıtlardan biridir.

Zhu vd. (2024) tarafından yürütülen kapsamlı çalışma, bu mekanizmanın anaç-kalem etkileşimi bağlamında stilben regülasyonundaki spesifik rolünü açığa çıkarmıştır. Araştırmacılar, dayanıklı bir anaç olan 140Ru üzerine aşılanan CS kaleminin yapraklarında, kendi kökleri üzerinde yetişen CS'ye oranla önemli ölçüde daha yüksek *t*-RES içeriği gözlemlemişlerdir. Bu fenotipik farklılığın moleküler temelini araştırmak amacıyla yapılan yüksek verimli küçük RNA dizileme analizleri, 140Ru anacı üzerindeki kalemde, stilben biyosentez yolunun anahtar enzimi STS ekspresyonunu doğrudan hedefleyen ve düzenleyen iki spesifik miRNA'nın (vvi-miR828a ve vvi-miR166b) seviyelerinde anlamlı değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın en çarpıcı bulgularından biri, bu miRNA'ların hedef genleri olan STS transkriptleri ile ters yönlü bir ekspresyon profili sergilemesidir; yani miRNA seviyelerindeki artış, hedef STS gen ifadesinde bir azalma ile ilişkilendirilirken, vvi-miR828a ve vvi-miR166b seviyelerindeki düşüşün, STS ifadesinde ve sonuçta *t*-RES birikiminde bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Bu düzenleyici ilişki, 140Ru anacının, kalem dokularında bu spesifik miRNA'ların seviyelerini modüle ederek (köklerden taşınarak ya da kalemdeki endojen ifadeyi düzenleyerek) STS genlerinin ekspresyonunu ve dolayısıyla *t*-RES birikimini uzaktan düzenleyebildiğini göstermektedir. Bu mekanizma, aşılı bitkilerdeki sistemik sinyalizasyon ağlarının karmaşıklığını vurgulamaktadır. Lewsey vd. (2016)'nın da belirttiği gibi, miRNA'lar floem özsuyunda taşınabilen mobil sinyaller olup, kök ve sürgün gibi uzak organlar

arasında genetik bilginin koordinasyonunu sağlayabilir. 140Ru anacından kaynaklanan veya onun tarafından indüklenen miRNA'ların, aşı birleşme noktasından geçerek kalemin yaprak dokularına ulaşması ve burada savunma metabolizmasını yeniden programlaması, anaç-kalem iletişimde miRNA'ların uzun mesafeli sinyal molekülleri olarak işlev gördüğünün somut ve önemli bir kanıtıdır.

Sonuç olarak, miRNA aracılı düzenleme, anaçların kalemin stilben biyosentez kapasitesini şekillendirmede oynadığı rolün anlaşılmasında yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu bilgi, gelecekte, sadece agronomik özellikleri değil aynı zamanda hedef kalemde arzu edilen metabolik profilleri (yüksek stilben birikimi gibi) indükleyebilme potansiyellerine göre de değerlendirilebilecek "akıllı anaçların" geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

4. TANE KABUĞUNDAKİ FENOLİK VE STİLBEN PROFİLLERİNE ANAÇ ETKİSİ

Üzüm kalitesi ve nutrasötik değeri denildiğinde, fenolik bileşiklerce zengin kabuk dokusu kritik bir öneme sahiptir. Tanenler, antosiyaninler, flavonoller ve stilbenler gibi fenolik bileşikler, sadece şarabın renk, yapı ve duysal özelliklerini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı üzerindeki potansiyel yararlarıyla da dikkat çekerler (Gutiérrez-Gamboa vd., 2021). Bu bağlamda, anaç seçiminin üzüm kabuğundaki fenolik profil üzerindeki etkileri hem kalite hem de sağlık iddiaları açısından büyük önem taşımaktadır.

Zhang vd. (2022) tarafından yürütülen kapsamlı çalışma, bu etkinin boyutlarını ortaya koyan önemli bir örnektir. Araştırmacılar, CS kaleminin dört farklı anaç (5BB, SO4, 1103P, 3309C) üzerindeki fenolik profilini, geniş hedefli metabolomik ve transkriptomik analizlerle incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, toplam fenolik içerik ve kompozisyonda anaç genotipine bağlı belirgin farklılıklar olduğunu göstermiştir. Özellikle stilben birikimi açısından yapılan değerlendirmeler, *trans*-piceid ve *t*-RES gibi stilben türevlerinin birikiminin, kullanılan anacın genotipine bağlı olarak anlamlı şekilde değiştiğini ortaya koymuştur. Metabolomik veriler, SO4 anacı üzerinde yetişen CS üzümlerinin kabuğunda, diğer anaçlara oranla belirgin şekilde daha yüksek stilben içeriği tespit edildiğini göstermiştir. Bu bulgu, belirli anaç genotiplerinin, kalemde stilben biyosentez yollarını daha etkin bir şekilde teşvik edebildiğine işaret etmektedir.

Bu fenotipik farklılıkların moleküler temeli, transkriptomik analizlerle aydınlatılmaya çalışılmıştır. Stilben biyosentezindeki kilit enzimlerden STS ve fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyon seviyelerinin, farklı aşı kombinasyonlarında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Yüksek stilben birikimi gözlenen kombinasyonlarda, ilişkili biyosentetik genlerin ekspresyonunda da artış tespit edilmesi, anacın etkisinin transkripsiyonel düzeyde gerçekleştiğini düşündürmektedir. Bu durum, anacın sadece nihai stilben miktarını değil, aynı zamanda hangi spesifik stilben türevlerinin sentezleneceğini (stilben profilini) de belirleyerek, kalemin biyokimyasal kimliğini şekillendirebildiğinin güçlü bir göstergesidir.

Sonuç olarak, anaç seçimi, üzüm kabuğundaki fenolik ve özellikle stilben profili üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Bu etki, sadece kantitatif bir artıştan ibaret olmayıp, kalitatif bir profil değişikliğini de içermekte ve bitkinin gelişimsel süreç boyunca metabolik programını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, yüksek kaliteli ve yüksek nutrasötik değere sahip üzüm üretimi hedeflendiğinde, hedef fenolik/stilben profilini optimize edebilecek anaç-kalem kombinasyonlarının seçimi stratejik bir karar haline gelmektedir.

Farklı aşı kombinasyonlarının çeşitli bitki dokularındaki (yaprak, kabuk, sürgün, kök) stilben bileşiklerinin miktarı ve profili üzerindeki etkileri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Farklı anaç-çesit kombinasyonlarında stilben bileşiklerinin miktarı üzerine yapılmış çalışmaların özeti

Anaç	Kalem (Çesit)	Doku	Stilben Bileşiği	Miktar	Ana Bulgu/ Etki	Referans
41B	Gaglioppo	Yaprak	Toplam Stilbenler	Önemli ölçüde artış	Savunma genleri ve stilben sentezi güçlü şekilde uyarıldı	Chitarra vd., 2017
1103 P	Gaglioppo	Yaprak	Toplam Stilbenler	Önemli ölçüde azalış	Savunma yolları baskılandı	Chitarra vd., 2017
Fercal, 5 C, 140 Ru, 3309 M, 3309 C, SO ₄ , Kangzhen3, 5 BB,	CS	Yaprak	<i>t</i> -RES	Artış	<i>t</i> -RES miktarının yanı sıra C4H ve 4CL enzim aktiviteleri arttı	Zhai, 2017
3309C, 1103P, 140Ru, SO ₄ 5C	CS	Tane	<i>t</i> -RES	Artış	Tanede <i>t</i> -RES birikimi ve tohum ile perikarp dokularındaki ilgili enzim aktiviteleri arttı	He vd., 2019
140Ru	CS	Yaprak	<i>t</i> -RES	Artış	miRNA'lar aracılığıyla STS gen ifadesi düzenlendi	Zhu vd., 2024
SO ₄	CS	Tane Kabuğu	<i>t</i> -RES, <i>t</i> -piceid	Belirgin Artış	Stilben birikimi diğer anaçlara göre daha yüksek	Zhang Z vd., 2022
5BB	CS	Tane Kabuğu	<i>t</i> -RES, <i>t</i> -piceid	Orta Düzeyde Artış	Fenolik profil üzerinde ölçülebilir etki	Zhang Z vd., 2022
101-14 MG	CS	Sürgün	Fenolik Bileşikler	Artış	Gelişim evrelerinde fenolik birikim teşvik edildi	Zhang F vd., 2022
5BB	CS	Sürgün	<i>t</i> -RES	11.7-18.2 µg/g	Yıllara göre değişkenlik gösterdi	Németh vd., 2017
5BB	Italian Riesling	Sürgün	<i>t</i> -RES	11.6-207.9 µg/g	Çesit etkisi belirgin şekilde gözlemlendi	Németh vd., 2017
140Ru	CS	Kök	<i>t</i> -RES	12.9-149.1 µg/g	Kök dokuda yüksek birikim	Németh vd., 2017
Fercal	Italian Riesling	Kök	<i>t</i> -RES	40.8-171.2 µg/g	Hem anaç hem çeşit etkisi görüldü	Németh vd., 2017

5. ÇEVRESEL FAKTÖRLER VE ANAÇ SEÇİM STRATEJİLERİNİN ÖNEMİ

Anaç-kalem etkileşiminin karmaşıklığı, sadece genetik faktörlerle sınırlı olmayıp, çevresel koşulların bu ilişki üzerindeki modölatör etkisiyle daha da artmaktadır. Anaç etkisinin büyüklüğü ve yönü, güçlü bir şekilde agro-ekolojik koşullardan etkilenmekte ve bu durum "genotip x çevre" etkileşiminin bağcılıktaki kritik önemini ortaya koymaktadır.

Wang vd. (2025) tarafından Kuzey Çin'de korumalı yetiştiricilik koşullarında 'Miguang' çeşidi ile yürütölen çalışmada, örtü altı yetiştirme sistemlerinde anaç seçiminin asma performansı, verim parametreleri ve kalite bileşenleri (fenolik bileşikler ve stilbenler dahil) üzerinde belirleyici olduğunu doğrulamıştır. Elde edilen bulgular, optimum aşı kombinasyonlarının belirlenmesinde yetiştirme sisteminin spesifik koşullarının en az agro-ekolojik bölge kadar önemli olduğuna işaret etmektedir.

Literatürde, aynı aşı kombinasyonunun farklı pedo-iklimsel koşullar altında birbirinden oldukça farklı performans sonuçları verebileceğine dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Marè vd. (2013), farklı toprak tiplerinin ve anaçların Pinot Noir yapraklarının transkriptomik profilini önemli ölçüde modöle ettiğini, bu durumun da fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyonuna yansıdığını ortaya koymuştur. Bu da çevresel faktörlerin, dolaylı olarak stilben biyosentez kapasitesini etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Benzer şekilde, Wooldridge ve Olivier (2014) aynı anaçların aynı kalem üzerinde sergilediğı farklı etkilerin temel belirleyicisinin büyük ölçüde toprak tipi olduğunu vurgulamıştır. Toprağın fizikokimyasal özellikleri (drenaj, pH, tekstür, besin elementleri varlığı) kök gelişimini ve dolayısıyla bitkinin su-besin elementi dengesini doğrudan etkilemekte, bu da kalemin sekonder metabolizmasını ve savunma bileşikleri birikimini şekillendirmektedir. Dias vd. (2017) de benzer şekilde, aynı bölgede bile mikro-topoğrafya ve toprak özelliklerindeki varyasyonların anaç performansını ve dolayısıyla üzüm kalitesini değiştirebileceğini belirtmiştir.

İklimsel faktörler de en az toprak koşulları kadar belirleyicidir. Sıcaklık, yağış rejimi, nem ve UV radyasyonu gibi parametreler hem bitkinin genel stres seviyesini hem de stilben sentezini tetikleyen sinyal yollarını etkilemektedir. Stilbenler bilindiğı üzere başta UV ışınları ve patojen saldırısı olmak üzere çeşitli stres faktörlerine karşı indüklenen bileşiklerdir. Bu nedenle, bir anacın

kuraklığa toleranslı olması, onun aynı zamanda su stresi altında kalemde stilben sentezini teşvik edici bir profile sahip olabileceği anlamına gelebilir. Corso vd. (2014)'nin de belirttiği gibi, su stresine dayanıklı anaçlarda fenilpropanoid metabolizmasına ait genlerin farklı düzenlendiği ve bunun *t*-RES aracılı bir dayanıklılık mekanizması ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür.

Tüm bu bulgular ışığında, modern ve sürdürülebilir bağcılık için "her koşula uyan tek tip anaç" yaklaşımından ziyade, "bölgeye, amaca ve hatta spesifik mikro-köşullara özgü anaç seçim stratejileri"nin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu kapsamda, stilben birikimi gibi spesifik ve kaliteyle doğrudan ilişkili metabolik göstergelerin, geleneksel agronomik kriterlerin yanında değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Stilben profilleri, bir anacın sadece fizyolojik uyum yeteneğinin değil, aynı zamanda kaleme kazandırdığı biyotik ve abiyotik stres toleransının ve nihai ürün kalitesinin potansiyel bir biyobelirteç (biyomarkör) olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği ve artan çevresel belirsizlikler bağlamında, geleceğin bağcılık sistemlerini planlarken, genotip x çevre etkileşimlerini derinlemesine anlayan ve hedef bölgenin spesifik stres koşullarına yanıt verebilen, aynı zamanda da yüksek kaliteli üzüm üretimine olanak sağlayan (yüksek stilben içeriği gibi) anaçların seçimi, sürdürülebilir ve rekabetçi bir bağcılık için hayati bir stratejik adım olarak öne çıkmaktadır.

6. SONUÇ ve GELECEK HEDEFLERİ

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, anaç-kalem ilişkisinin, stilben bileşim ve miktarı üzerinde kritik bir belirleyici olduğunu açıkça göstermektedir.

Anaçlar:

- Kalemin transkriptomik profilini değiştirerek STS gibi kilit savunma genlerinin ifadesini modüle eder.
- miRNA'lar aracılığıyla transkripsiyon sonrası stilben biyosentez yollarını düzenler.
- Aşı noktasında metabolik yeniden programlamayı uyararak savunma metabolitlerinin sentezini teşvik eder.
- Nihayetinde, üzüm, yaprak ve kabuğundaki stilben miktarını ve profilini değiştirerek bitkinin hastalıklara karşı potansiyel direncini ve üzümün nutrasötik kalitesini etkiler.

Bu bulgular ışığında, stilben profilleri, bir aş kombinasyonunun savunma kapasitesinin ve dolaylı olarak potansiyel dayanıklılığının güçlü bir biyobelirteç seti olarak değerlendirilebilir. Gelecekte, özellikle stres altında stilben sentez kapasitesi yüksek aş kombinasyonlarının belirlenmesi, ıslah programlarının hedefleri arasına alınmalıdır. Moleküler markörler, yüksek verimli fenotipleme ve metabolomik analizlerle desteklenen bu yaklaşım, daha az pestisit kullanılan, daha sürdürülebilir ve yüksek kaliteli üzüm ve başta şarap olmak üzere işlenmiş ürün üretimine hizmet edecek, yeni nesil anaç seçim stratejilerinin temelini oluşturabilecektir.

KAYNAKÇA

- Anwar, S. A., McKenry, M., Ramming, D. (2002). A search for more durable grape rootstock resistance to root-knot nematode. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 19–23.
- Bai, Y., Mao, Q. Q., Qin, J., Zheng, X. Y., Wang, Y. B., Yang, K., ... & Xie, L. P. (2010). Resveratrol induces apoptosis and cell cycle arrest of human T24 bladder cancer cells in vitro and inhibits tumor growth in vivo. *Cancer science*, 101(2), 488-493.
- Bartel, D. P. (2004). MicroRNAs: genomics, biogenesis, mechanism, and function. *cell*, 116(2), 281-297.
- Chitarra, W., Perrone, I., Avanzato, C. G., Minio, A., Boccacci, P., Santini, D., ... & Gambino, G. (2017). Grapevine grafting: Scion transcript profiling and defense-related metabolites induced by rootstocks. *Frontiers in Plant Science*, 8, 654.
- Cookson, S. J., Clemente Moreno, M. J., Hevin, C., Nyamba Mendome, L. Z., Delrot, S., Trossat-Magnin, C., & Ollat, N. (2013). Graft union formation in grapevine induces transcriptional changes related to cell wall modification, wounding, hormone signalling, and secondary metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 64(10), 2997-3008.
- Corso, M., & Bonghi, C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1(3).
- Çelik, M., & Keskin, N. (2025). Asma (*Vitis* spp.)’da stilben ve stilbenoidler: güncel bir değerlendirme. In V. Beyyavaş (Ed.), *Ziraat, Orman Ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar XII*, İksad Yayınevi: Ankara, Türkiye.
- Dabauza, M., Velasco, L., Pazos-Navarro, M., Pérez-Benito, E., Hellín, P., Flores, P., ... & Lacasa, A. (2015). Enhanced resistance to Botrytis cinerea in genetically-modified *Vitis vinifera* L. plants over-expressing the grapevine stilbene synthase gene. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 120(1), 229-238.
- Dias, F. A. N., Mota, R. V. D., Souza, C. R. D., Pimentel, R. M. D. A., Souza, L. C. D., Souza, A. L. D., & Regina, M. D. A. (2017). Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning management. *Scientia Agricola*, 74(2), 134-141.

- Forneck, A., & Huber, L. (2009). (A) sexual reproduction—a review of life cycles of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131(1), 1-10.
- Gao, Q., Zheng, R., Lu, J., Li, X., Wang, D., Cai, X., ... & Kong, Q. (2024). Trends in the potential of stilbenes to improve plant stress tolerance: Insights of plant defense mechanisms in response to biotic and abiotic stressors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(14), 7655-7671.
- Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., & de Toda, F. M. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Research International*, 139, 109946.
- Hasan, M. M., & Bae, H. (2017). An overview of stress-induced resveratrol synthesis in grapes: Perspectives for resveratrol-enriched grape products. *Molecules*, 22(2), 294.
- Houillé, B., Papon, N., Boudesocque, L., Bourdeaud, E., Besseau, S., Courdavault, V., ... & Lanoue, A. (2014). Antifungal activity of resveratrol derivatives against *Candida* species. *Journal of natural products*, 77(7), 1658-1662.
- Jiang, C. (2021). Mechanism of VqMYB154 Transcription Factor Regulation of Powdery Mildew Resistance in Chinese Wild Grape. Master's Thesis, Northwest A&F University, Yangling, China.
- Kehr, J., & Buhtz, A. (2008). Long distance transport and movement of RNA through the phloem. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 85-92.
- Keskin, N. (2019). Asmanın Kalkanı: Stilbenler. Tarım Bilimlerinde Güncel Araştırma ve Değerlendirmeler. Ed: Kunter B ve Keskin N. Stamparija Ivpe, Cetinje, 29-46.
- Keskin, N., & Marasali Kunter, B., (2005). Asma fitoaleksinleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 42-46.
- Keskin, N., & Kunter, B., (2017). Stilbenes profile in various tissues of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. 'Ercis'). *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(3), 1259-1267.
- Kunter, B., & Keskin, N., (2006). Asmalarda (*Vitis* Ssp.) fitoaleksin üretimini etkileyen faktörler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 79-87.

- Lewsey, M. G., Hardcastle, T. J., Melnyk, C. W., Molnar, A., Valli, A., Urich, M. A., ... & Ecker, J. R. (2016). Mobile small RNAs regulate genome-wide DNA methylation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(6), E801-E810.
- Li, C., Bai, S., Geng, G., Chen, G., Zhao, R., & Cai, J. (2016). Effects of different rootstocks on the growth and development of ‘Cabernet Pearl’ grapes. *Journal of Fruit Science*, 33, 1241–1250.
- Marè, C., Aprile, A., Roncaglia, E., Tocci, E., Corino, L. G., De Bellis, L., & Cattivelli, L. (2013). Rootstock and soil induce transcriptome modulation of phenylpropanoid pathway in grape leaves. *Journal of Plant Interactions*, 8(4), 334-349.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9), 405-410.
- Németh, G., Molnár, Z., Podmaniczky, P., Sárdy, D.N., Kállay, M., Dunai, A. & Kocsis, L. (2017) Trans-resveratrol content in grape cane and root of different scion-rootstock combinations. *Mitteilungen Klosterneuburg* 67, 256–264.
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., ... & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462.
- Prodhomme, D., Valls Fonayet, J., Hévin, C., Franc, C., Hilbert, G., de Revel, G., ... & Cookson, S. J. (2019). Metabolite profiling during graft union formation reveals the reprogramming of primary metabolism and the induction of stilbene synthesis at the graft interface in grapevine. *BMC Plant Biology*, 19(1), 599.
- Sunkar, R., Chinnusamy, V., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2007). Small RNAs as big players in plant abiotic stress responses and nutrient deprivation. *Trends in Plant Science*, 12(7), 301-309.
- Valletta, A., Iozia, L. M., & Leonelli, F. (2021). Impact of environmental factors on stilbene biosynthesis. *Plants*, 10(1), 90.
- Vincenzi, S., Tomasi, D., Gaiotti, F., Lovat, L., Giacosa, S., Torchio, F., ... & Rolle, L. (2013). Comparative study of the resveratrol content of twenty-one Italian red grape varieties. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34(1), 30-35.

- Wang, D. (2019). Expression of Transcription Factors WRKY and bZIP in Wild Grape in China and Their Regulation of Disease Resistance. Master's Thesis, Northwest A&F University, Yangling, China.
- Wang, X., Liu, C., Jia, N., Yin, Y., Han, B., Sun, Y., ... & Li, M. (2025). Rootstock-mediated effects on vine performance and quality composition of ‘Miguang’ under protected cultivation in northern China. *European Journal of Horticultural Science*, 90(1).
- Wooldridge, J., & Olivier, M. P. (2014). Effects of weathered soil parent materials on Merlot grapevines grafted onto 110 Richter and 101-14Mgt rootstocks. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35(1), 59-67.
- Zhang, B. (2015). MicroRNA: a new target for improving plant tolerance to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 66(7), 1749-1761.
- Zhang, F., Liu, J., & Shi, J. S. (2010). Anti-inflammatory activities of resveratrol in the brain: role of resveratrol in microglial activation. *European Journal of Pharmacology*, 636(1-3), 1-7.
- Zhang, F., Song, X., Zhong, H., Zhou, X., Han, S., Zhang, W., & Pan, M. (2017). Study on the effects of rootstocks on leaf quality and photosynthetic efficiency of Cabernet Sauvignon grape. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 54, 1223–1231. (In Chinese)
- Zhang, Z., Sun, J., Zhao, S., Lu, Q., Pan, L., Zhao, B.,... &. (2022). Effects of different rootstocks on phenolics in the skin of ‘Cabernet Sauvignon’ and widely targeted metabolome and transcriptome analysis. *Horticulture Research*, 9, uhac053.
- Zhang, F., Zhong, H., Zhou, X., Pan, M., Xu, J., Liu, M.,... &. (2022). Grafting with rootstocks promotes phenolic compound accumulation in grape berry skin during development based on integrative multi-omics analysis. *Horticulture Research*, 9, uhac055.
- Zhu, C., Zhang, Z., Liu, Z., Shi, W., Zhang, D., Zhao, B., & Sun, J. (2024). ‘140R’ rootstock regulates resveratrol content in ‘Cabernet Sauvignon’ grapevine leaves through miRNA. *Plants*, 13(21), 3057.
- Zhai, C., Zhao, B., Sun, J., Yu, S., Zhang, E., Li, G., Dong, X., & Zhang, Z. (2017). Effect of resistant rootstock on the process and content of resveratrol in Cabernet Sauvignon grape leaves. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 37(9), 1773-1780.

BÖLÜM 7

ÖRTÜALTINDA BAĞCILIK

Prof. Dr. İlknur POLAT^{1,2*}

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955588>

¹Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksek Okulu, 07700 Antalya-Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 07070 Antalya-Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9841-847X>

*sorumlu yazar: ilknurpolat@akdeniz.edu.tr

1. GİRİŞ

Üzüm, sadece sofralık yaş olarak değil aynı zamanda kurutulmuş olarak, ayrıca şarap, meyve suyu, pekmez, reçel, pestil, sucuk, köfter, bastık, samsa, pestil, salamura yaprak vb. gıdalar şeklinde de tüketilmektedir (Yayla ve Gülcü, 2007). Üzümün besin değeri oldukça yüksektir (Çelik, 2014; Aras Aşçı, 2020). Ayrıca üzüm, antioksidant etki sağlayan flavonoid, tannin, resveratrol ve antosiyanin gibi pek çok sekonder metabolit içermektedir ve içerdiği bu maddeler sayesinde sağlık açısından önemli katkılar sağlamaktadır (Çelik, 2014; Sousa vd., 2014; Imran vd., 2017; Hasanaliyeva vd., 2020).

FAO verilerine göre, 2023 yılı itibarıyla dünya yaş üzüm üretimi 74.943.000 ton olarak gerçekleşmiş, 13.560.992 ton üretimle Çin birinci sırada yer alırken, 6.668.830 ton ile İtalya ikinci sırada, 6.205.260 ton ile Fransa üçüncü sırada, 5.361.010 ton üretimle ABD dördüncü, 4.822.760 ton ile İspanya beşinci sırada ve 3.400.000 ton ile Türkiye 6. sırada yer almıştır (FAO, 2025). TÜİK verilerine göre, ülkemizde 2023 yılında 2.236.320 ton üzüm iç piyasada tüketilmiş, 1.165.388 ton üzüm ihraç edilmiştir (TÜİK, 2024).

Dünyada örtüaltında üzüm yetiştiriciliği yapılan alan ve üretim miktarı konusunda çok detaylı bilgiye ulaşılamamaktadır. Bununla birlikte, Çin, Japonya, İspanya, İtalya ve Türkiye önemli örtüaltı üzüm yetiştiriciliği yapan ülkelerdir (Bayazıt vd., 2021; Hussain ve Sabir, 2024). Ülkemizde, 2000’li yılların başında seralarda çilek ve muz yetiştiriciliği yaygın iken, günümüzde bu meyve türlerine asma da eklenmiştir. Örtüaltında üzüm üretim miktarı 2018 yılı verilerine göre 1.121 ton olarak gerçekleşmiştir (Tüzel vd., 2020). Örtüaltı yetiştiriciliği, dünyada olduğu gibi ekolojinin sağlamış olduğu avantajlardan dolayı ülkemizde de özellikle güney kıyılarımızda yoğunlaşmakta ve Akdeniz Bölgesi’nde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, Ege Bölgesi’nin güneyinde Muğla’da ve jeotermal kaynakları nedeniyle Aydın ve Manisa’da da yetiştiricilik artmaktadır (Bayazıt vd., 2021). Akdeniz Bölgesi’nde örtüaltında üzüm yetiştiriciliği, 2010 yılında 142 da alanda 350 ton olarak yapılmaktayken, 2019 yılında yetiştirme alanı 502 da ile %253,52 oranında artış göstermiş ve üretim 1.184 ton ile %238,29 oranında artmıştır (TÜİK, 2019). En fazla üretim 1.003 ton ile Mersin’de yapılırken, 58 ton ile Antalya ikinci sırada yer almıştır (TÜİK, 2019; Bayazıt vd., 2021).

Örtüaltı, kültür bitkilerinin mevsimleri dışında yetiştirme imkanı veren yapay yetiştirme ortamıdır. Bitkilerin çevre koşullarını kontrol altında

tutabilmek amacıyla kullanılırlar. Örtüaltında üzüm yetiştiriciliğinin en önemli amacı; erkenci çeşitlerde hasat tarihinin öne alınmasıyla ilk turfanda veya orta ya da geççi çeşitlerde hasadın geciktirilmesi yoluyla son turfanda olarak piyasaya mevsim dışı ürün sunmaktır (Uzun, 1993; Uzun ve Özbaş, 1995; Nam vd., 1997; Polat, 2000; Kara ve Çoban, 2002; Uzun, 2004; Polat, 2006; El-Saeed vd., 2015; Ullah vd., 2024). Bunun temel amacı da daha iyi gelir elde etmektir (Özercan, 2004; Özkan vd., 2005; Özkan vd., 2007).

Örtüaltı üzüm yetiştiriciliği ilk olarak 1972 yılında Hoekstra tarafından Güney Afrika'da başlatılmıştır (Avenant, 1997). Daha sonraki yıllarda, İtalya (Manzo, 1976), Türkiye (Aytaç, 1980) ve İsrail'de (Lavee, 1988) erkencilik sağlamak amacıyla plastik örtü kullanılmıştır. Yine, İtalya'nın güneyinde Bari'de, erkencilik sağlamak amacıyla Reigne dei Vignetti sofralık üzüm çeşidi örtüaltına alınmış ve 2 haftalık erkencilik sağlanmıştır (Fanizza ve Ricardi, 1991). Avenant ve Loubser (1993), plastik serada Erlihane ve Sultanina çeşitlerinde 10'ar günlük erkencilik sağlamışlardır. Matilde üzüm çeşidinde 22 günlük erkencilik sağlanmış (Novello vd., 2000) ve bu alanda pek çok çalışma yapılmıştır (Novello ve Palma, 2008; Vox vd., 2014). Güney Kore (Son vd., 1992), Çin (Li ve Zhang, 1994), İspanya'da (Alonso vd., 2021), Makedonya (Mattheou ve Grafiadellis, 1995), Brezilya (Cardoso vd., 2008; Chavarria vd., 2009; Colombo vd., 2011; Yamamoto vd., 2012; Holcman vd., 2017), Kenya (Kuria vd., 2019) gibi pek çok ülkede yaygın bir şekilde örtüaltı yetiştiricilikten yararlanılmaktadır. Günümüzde ise birçok ülkede örtüaltı üzüm yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Türkiye'de de dünyanın birçok yerinde olduğu gibi örtüaltında sofralık üzüm yetiştiriciliği özellikle erkencilik sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Ülkemizin özellikle Akdeniz Bölgesi, bağ alanı ve üretim miktarı bakımından önemli bir yere sahiptir. Özellikle, bölgenin kıyı kesiminde erken olgunlaşan üzüm çeşitlerinin yetiştiriciliği ile erkencilik artarken, yayla kesiminde orta ve geç mevsimde yetişen üzüm çeşitlerimiz önem kazanmıştır (Tangolar, 1999). Ülkemizde örtüaltında üzüm yetiştiriciliği ilk olarak Tarsus yöresinde denenmiş, Muscat Reine des Vignes, Perle de Csaba ve Cardinal çeşitlerinin örtüaltı yetiştiriciliğine uygun bulunmuş ve çeşitlere göre 7 ile 21 gün arasında değişen erkencilik elde edilmiştir (Aytaç, 1980). Daha sonra İzmir'de yapılan çalışmada, Perlette ve Siyah Bağdat üzüm çeşitlerini erkencilik sağlamak amacıyla plastik örtüaltına alınmış, Perlette çeşidinde 15-17 gün ve Siyah Bağdat'ta 16-19 gün erkencilik sağlanmıştır (Uzun, 1990a). Aynı yörede, Uzun

ve İlter (1993), Yuvarlak Çekirdeksiz ve Cardinal çeşitlerinde erkencilik sağlamak amacıyla şubat başında asmaları plastik örtüaltına almışlar ve nisan başında kaldırmışlardır. Plastik örtüaltındaki asmalarda açık arazide yetiştirilenlere göre Yuvarlak Çekirdeksiz üzüm çeşidinde 15 gün, Cardinal üzüm çeşidinde ise 13 günlük erkencilik sağlanmıştır. Benzer olarak, Antalya koşullarında erkencilik sağlamak amacıyla Perlette ve Cardinal üzüm çeşitlerinde asmalar, şubat başında plastik örtüyle örtülmüş ve nisan ortasında örtü kaldırılmıştır. Plastik örtüaltına alınan asmalarda, açıkta yetiştiriciliğe göre Perlette çeşidinde 28-29 gün, Cardinal çeşidinde 26 gün erkencilik sağlanmıştır (Uzun ve Özbaş, 1995). Trakya İlkeren, Early Cardinal, Uslu, Yalova İncisi, Ergin Çekirdeksizi ve Yalova Çekirdeksizi sofralık üzüm çeşitlerini plastik serada ve açık arazide yetiştirilerek erkencilik durumları saptanmıştır (Polat, 2004; Polat ve Uzun 2007a). Yine, plastik serada yetiştirilen 86/1, 83/1, Yalova İncisi, Trakya İlkeren, Flame Seedless, Superior Seedless, Ora ve Prima üzüm çeşitleri içerisinde, en erkenci çeşitler Prima, Ora ve Trakya İlkeren olmuştur (Polat vd., 2013). Adana koşullarında, Perlette ve Uslu sofralık üzüm çeşitlerine ait omcaları 6, 23 Şubat ve 19 Martta örtü altına almışlar, 6 ve 23 Şubatta örtülen omcalarda Uslu çeşidinde 15 gün, Perlette çeşidinde 18-19 gün erkencilik elde etmişlerdir. Ayrıca, şubatta örtülen omcalarda salkım ağırlıklarının ve üzüm verimlerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ergenoğlu vd., 1999). Alışehir (Manisa) koşullarında, plastik örtü altında Cardinal sofralık üzüm çeşidinde 27 gün, Yuvarlak Çekirdeksiz'de 26-33 gün ve Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde 29-30 gün erkencilik sağlanmıştır (Çoban, 2004). Hatay koşullarında, açık arazide ve örtüaltında yetiştirilen Uslu, Ergin Çekirdeksizi, Cardinal, Yalova İncisi ve Perlette üzüm çeşitleri içerisinde Uslu'nun 18 gün ile en erkenci olduğu belirlenmiştir (Kamiloğlu vd., 2011).

Örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinde yılda 2 kez ürün almak da mümkün olabilmektedir. Özellikle erkenci çeşitlerde hasat sonrası özel bir budama yaparak tekrar sürgün gelişmesine teşvik ederek ürün alınabilir (Qiu vd., 2019; Ahmed vd., 2019; Toda, 2021) veya neferiye salkımların geliştirilmesiyle mümkün olabilir (Dardeniz vd., 2020). Ayrıca, örtüaltında yetiştiricilik yağış (yağmur, kar, dolu vs.) zararından kurtulmak (Avenant, 1997; Palma vd., 2019), *Phomopsis* blight (ölü kol yanıklığı) gibi bazı hastalıklardan, zararlılardan (arı, böcek, kuş vs.) (Cheon vd., 2015) ve aşırı güneş zararından korumak gibi çok çeşitli amaca yönelik olarak da kullanılmaktadır (Gambetta vd., 2021).

Örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinin en önemli diğer bir kullanım alanı hasadı geciktirmek yoluyla geçcilik sağlamak dolayısıyla son turfanda dönemindeki yüksek fiyatlardan yararlanmaktır (Kara ve Çoban, 2002). Bu durum soğuk hava depolarında kısa süreli üzüm depolamaya bir alternatiftir. Asmaların üzeri plastik veya kanaviçe gibi başka bir malzeme ile hasada yakın bir dönemde örtülmekte ve böylece asmaların hem hasadı gecikmekte hem de sonbahardaki yağmurlarla oluşacak hastalıklardan korunarak bağ koşullarında üzümlerin depolanması sağlanmaktadır. Ancak bu dönemde oluşabilecek erken sonbahar donları üzümler için bir risk oluşturacaktır. Dolayısıyla bu yöntem daha çok sonbaharda don riski olmayan veya çok düşük olan yörelerde uygulanmalıdır. Aslında yöntem çok eskiden beri özellikle İznik yöresinde Müşküle üzüm çeşidinde uygulanmaktadır. İznik gölünün iklimi yumuşatıcı etkisi nedeniyle don riski az olan yörelerde asmaların üzeri daha çok bireysel olarak plastik örtü ile örtülmekte ve böylece yağışlar nedeniyle oluşabilecek kurşuni küf (*Botrytis cinerea*) hastalığına karşı üzümler korunmaya çalışılmaktadır. Günümüzde bu uygulama daha da geliştirilerek Manisa yöresinde Sultani Çekirdeksiz gibi orta mevsimde olgunlaşan veya Red Globe gibi geçci çeşitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Son turfanda amaçlı Sultani Çekirdeksiz sıraların örtüaltına alınması

Son yıllarda, örtüaltında topraksız kültürde sofralık üzüm yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde ilk olarak Polat vd. (2003) tarafından Trakya İlkeren sofralık üzüm çeşidini kullanılarak cam serada gerçekleştirilmiştir. Yine aynı yıllarda İtalya’da topraksız kültürde üzüm yetiştiriciliğine başlanmış (Di Lorenzo vd., 2003) ve daha sonraki yıllarda da (Di Lorenzo vd., 2012; Buttaro vd., 2012) devam edilmiştir. Topraksız kültür ortamında plastik serada yetişen Trakya İlkeren ve Prima sofralık üzüm çeşitleri; açık arazide ve geleneksel koşullarda yetiştiriciliğe göre daha yüksek verime ve yeterli kaliteye ulaşmıştır (Tangolar vd., 2017; Baştaş ve Tangolar, 2018). Topraksız kültürde yapılan

yetiştiricilikte, uygun yöntemlerin, substratların kullanılması ve bitki beslemenin iyi yapılması durumunda, toprağa göre daha fazla erkencilik, daha yüksek verim elde edilmekte ve en az toprakta yetiştirilenler kadar kaliteli olmaktadır. Ayrıca topraksız kültürde yetiştiricilik, çevre kirliliğinin azaltılmasına da katkıda bulunmaktadır (Buttaro vd., 2012; Tangolar vd., 2017). Yine, örtüaltında topraksız kültürde üzüm yetiştiriciliği sayesinde yılda iki kez ürün almak da mümkün olabilmektedir (Di Lorenzo vd., 2003; Anonim, 2020).

2. ÖRTÜALTINA UYGUN ANAÇ VE ÇEŞİTLER

2.1. Anaçlar: Kurulacak bağın uzun ömürlü olması, erkencilik, asmanın verimliliği ve ürünü olgunlaştırma anacın uygun seçilmesine bağlıdır. Toprak analiz sonucu, arazinin yapısı ve kültürel işlemler dikkate alınarak en uygun anaç seçimi yapılmalıdır (Hamman vd., 1998; Uzun, 2004; Bahar vd., 2018). Yapılan araştırmalar dikkate alındığında örtüaltında yaygın kullanılan anaçlar; 99R, 110R, 1103P, 5BB ve 41B'dir.

2.2. Üzüm Çeşitleri: Örtüaltında üzüm yetiştiriciliğinin en önemli amacı erkencilik sağlamak, yani ilk turfanda üzüm çıkarmaktır. Bu amaçla, öncelikle seçilecek çeşitlerin çok erkenci veya erkenci çeşitler olmalıdır. Early Sweet, son yıllardaki en erkenci sofralık üzüm çeşididir. Ülkemizde örtüaltı erkenci üzüm yetiştiriciliğinde günümüzde en fazla tercih edilen çeşitler; Trakya İlkeren, Yalova İncisi, Prima, Ora, Superior Seedless, Flame Seedless ve Early Sweet'tir.

Bununla birlikte, erkenci olmamasına rağmen ticari değeri çok yüksek olan bazı çeşitler, açık arazideki asmalara göre daha geç ürün almak, üzüm hasat süresini uzatmak veya olumsuz hava koşullarından (yağmur, dolu vs.) ve zararlılardan (arı, kuş vs.) korumak amacıyla da örtüaltına alınabilmektedir. Bu çeşitler ülkelere göre değişebilmektedir. Ülkemizde, Red Globe ve Sultani Çekirdeksiz bu amaçla kullanılan en önemli çeşitlerdir.

3. BAHÇE TESİSİ

3.1. Yer Seçimi

Sıcaklık, yer seçimini etkileyen en önemli faktördür. İlkbahardaki geç donların sürgünlere, sonbahardaki erken donların ise salkımlara zarar vermemesi gerekir (Uzun vd., 2003; Uzun, 2004). Ülkemizde, örtüaltında üzüm yetiştiriciliğinin genellikle esas amacı erkenciliktir ve sıcak iklime sahip sahil

bölgelerinde yetiştiricilik yaparak erkencilik daha da öne çekilebilir. Bu amaçla, Akdeniz sahil kesimi, özellikle Mersin ilinin Anamur, Tarsus ilçeleri ile Antalya'nın Alanya, Gazipaşa ilçeleri sıcak iklimleri nedeniyle çok büyük avantaja sahip olmakta ve en erken hasat bu bölgelerden elde edilmektedir (Polat, 2004; Bayazıt vd., 2021). Bu bölgeleri takiben Güney Ege bölgesi de erkencilik için elverişli bölgelerdir. Ayrıca, son zamanlarda ısıtma avantajı sağladığı için termal kaynakların çevresinde de örtüaltı yetiştiricilik yapılabilmektedir (Hasdemir vd., 2014).

3.2. Seranın Kontrolü

Asmanın çok yıllık bitki olması ve az da olsa soğuklama ihtiyacı bulunması nedeniyle, örtüaltında yetiştiricilikte bazı sorunlarla karşılaşmaktadır (Alonso vd., 2021). Asmada çiçek farklılaşması hiçbir zaman tomurcuk patlamasından (uyanmadan) önce olmamasına rağmen, serada kültüre alınan asmalarda farklılaşma süreci çok hızlı olmakta (Cheema vd., 1996), tomurcuklar erken uyanmakta, sürgünler daha hızlı gelişmekte ve erkencilik sağlanmaktadır (Alonso vd., 2021). Seracılığın yapılacağı yerin iklim koşulları ve sera içerisindeki iklim koşulları (ışık, sıcaklık, CO₂, nem vs.) verim ve kalite üzerine doğrudan etkili olduğundan, bitki gereksinimini karşılayacak şekilde düzenlenmelidir (Tüzel vd., 2020).

Ülkemizde, örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinde genellikle plastik (polietilen=PE) tüneller veya plastik seralar kullanılmaktadır (Uzun, 2004). Kullanılan plastiklerin kalınlığı kullanma amacına ve süresine bağlı olarak 0,20-0,35 mm kalınlığındadır. Polietilenler, normal, IR (kızılötesi), UV (ultraviyole), antifog veya UV+IR+antifog katkılı olabilmektedir. Normal PE örtülerin ömrü kısadır (yaklaşık 1 yıl), IR ışınlarını geçirir ve iç yüzeyinde yoğunlaşan su damlacıkları oluşturur. UV katkılı polietilenler daha uzun ömürlü (2-3 yıl) olmaktadır. IR katkılı PE, IR ışınlarını daha az geçirir ve bu sebeple seradan ısı kayıplarını azaltır. Antifog katkılı PE, örtünün iç yüzeyinde yoğunlaşan suyun damlacıklar halinde değil, ince bir film gibi yayılmasını sağlama özelliğine sahiptir. Bu nedenle, UV+IR+Antidrop katkılı PE, uzun ömürlüdür (2-3 yıl), IR ışınlarını daha az geçirme özelliğine sahiptir, örtünün iç yüzeyinde yoğunlaşan suyun damlacıklar halinde değil, ince bir film gibi yayılmasını sağlar (Emekli, 2006).

Plastik seralarda yetiştiricilikte, eğer tek yıllık plastik kullanılacak ise, sıcak bölgelerde (Akdeniz iklimi) genel olarak ocak ayı içerisinde plastikler

örtülmelidir. Böylece hem kış aylarında asmalar soğuklama ihtiyaçlarını daha iyi alacaklar hem de asmaların kış sonuna doğru uyanması sağlanarak soğuktan zarar görme riski azaltılacaktır. Eğer daha uzun ömürlü plastik kullanılacaksa, asmaların soğuklama ihtiyacını karşılamak için hasadı takiben haziran ayında seraların yan kenarlarının tamamı, çatının tamamı veya havalandırmaların tamamı açılmalı ve kış budamasına kadar açık tutulmalıdır (Uzun, 2004; Kavak ve Kiraz, 2015). Genellikle, örtüaltında asmalardan 2 yaşından itibaren ürün alınmaya başlanır. İlk yıllarda daha çok asmaların gelişmesi sağlanmalı, asmalara fazla ürün yüklenmemelidir. Ayrıca, sera yapılacak alana önceden asmaların dikilip, birkaç yıl sonra asmalar tam verime yattıktan sonra seraların (plastik, cam veya plastik+cam kombinasyonu) inşa edilmesi de bir seçenektir (Kavak ve Kiraz, 2015).

Sera içerisinde güneş ışınlamından kazanılan fazla miktardaki ısı enerjisi nedeniyle, sıcaklık değerleri bitki için gerekli olan optimum sıcaklık değerlerinin üstüne çıkabilmekte, verim ve kaliteye olumsuz etki etmektedir. Sera içi sıcaklık artışı kontrol etmek için; havalandırma (doğal havalandırma, zorunlu havalandırma), gölgelendirme (sera içi gölgelendirme, sera dışı gölgelendirme) ve evaporatif soğutma (Fan-ped sistemi, sisleme, sulama veya yağmurlama ile çatıdan yapılan serinletme) yöntemlerinden biri veya birkaçı birlikte kullanılmaktadır (Boyacı vd., 2017).

Örtüaltında ilkbaharda öğle saatlerinde 40°C'nin üzerine çıkabilmektedir. Bu durum özellikle çiçeklenme döneminde tane tutumunu olumsuz etkilemekte, boncuklanmaya ve/veya tane silkmeye yol açabilmektedir (Uzun, 1993; Torun, 2022). Çiçeklenme döneminde meydana gelen ani yüksek sıcaklıklar (30°C'nin üzerine çıkması) dişiçik tepesindeki sıvının kurumasında etkili olmakta ve buna bağlı olarak da tozlanma-döllenme sorunu nedeniyle silkmeler meydana gelmektedir (Çelik, 2007; Bahar vd., 2009). Ayrıca, ani sıcaklık değişimleri, çiçeklenme döneminde soğuk havayı takiben ani ısınmalar da genç tanelerde yetersiz beslenme ve buna bağlı olarak da silkmeler görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, soğuk dönemdeyken toprak sıcaklığının düşük kalması ve beslenmenin yavaş olması, ani ısınmayla yaprakların hızlı gelişim göstermesi ve beslenme rekabeti nedeniyle taneleri besleyememesidir (Blouin ve Guimbertaeu, 2000; Bahar vd., 2009). Bu nedenle özellikle çiçeklenme döneminde havaların açık ve sıcak gitmesi durumunda seraların gündüz havalandırmalarının açılarak sera içi sıcaklığın aşırı yükselmesi önlenabilir. Ancak gece saatlerinde havalandırmaların tekrar

kapatılmasında yarar vardır (Uzun, 1993; Torun, 2022). Serada bitki yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlardan bir diğeri, özellikle yaprakların üzerinde su birikmesi ve buna bağlı olarak da verim ve kaliteyi olumsuz etkileyen hastalık ve zararlıların ortaya çıkmasıdır. Sera örtüsü iç yüzeylerinde aşırı nem yoğunlaşmasının önlenmesinde en etkili yöntemler, nem dengesi esasına göre havalandırma yapmak ve ısıtmaktır (Yağcıoğlu vd., 2005).

Havalandırma işlemi doğal veya zorunlu olarak iki şekilde yapılabilir. Doğal havalandırma, sera içi ve dışındaki çevresel koşullar arasında rüzgârın ve sıcaklık farkının etkisiyle ortaya çıkan basınç farklılığıdır (Yağcıoğlu vd., 2005; Yağcıoğlu, 2009). Akdeniz iklimine sahip alanlardaki seralarda, havalandırma açıklığı alanının sera taban alanına oranının %18-25 arasında olması uygundur (Zabeltitz, 1990). Doğal havalandırma yöntemi, zorunlu havalandırma yöntemlerine göre daha az enerji, ekipman ve güce ihtiyaç duyar. Seralarda en etkin doğal havalandırma, çatı ve yan havalandırmanın birlikte kullanıldığı durumlardan elde edilir (Yağcıoğlu vd., 2005). Zorunlu havalandırma, sera içi ve dışındaki sıcaklık farkının ve rüzgâr etkisinin yeterli olmadığı bölgelerdeki seralarda, vantilatör veya aspiratör gibi zorlayıcı bir düzenele sera havasının hareketlendirildiği uygulamadır (Yağcıoğlu vd., 2005; Yağcıoğlu, 2009). Ülkemizde, doğal havalandırma örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinde en fazla tercih edilen havalandırma yöntemidir. Bunun en büyük sebebi, özellikle erkencilik amacıyla seraların kullanılması ve buna bağlı olarak da üzümlerin erken hasat edilmesiyle (en geç haziran ortası), esas sıcak havalarda (haziran, temmuz, ağustos) ürün olmadığı için seraların tüm zaman tamamen açılabilmesidir. İlkbahar döneminde özellikle nisan ve mayıs aylarında sera içinde sıcaklıkların aşırı yükselmesini önlemek amacıyla hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde yan ve üst havalandırmaların açılması gerekir. Aksi taktirde tozlanma ve dölleme problemleri ve bunun sonucu boncuklanma olayı artabilir (Polat, 2004). Boncuklanma bazen durgun hava nedeniyle rüzgâr olmayışı ve tozlanmanın eksik kalmasından da kaynaklanabilir (Bahar vd., 2009). Bu durumda havalandırmaların açılması rüzgâr hareketi sağlayabilir. Çiçeklenme döneminde havalar serin giderse ve havalandırmalar açılmayacak ise, tozlanmayı arttırmak amacıyla dekara asgari 1 kutu olmak üzere seraya bombus arısı da konulabilir (Nayak vd., 2020).

Sera içi sıcaklığını kontrol altına almada diğer bir yöntem gölgelemedir. Gölgeleştirme, arzu edilmeyen güneş ışınlarının sera içine girmesini engelleyerek sera içindeki hava sıcaklığının düşürülmesi ve güneş

yanıklıklarının engellenmesidir (Yağcıoğlu vd., 2005). Çok farklı gölgelendirme materyalleri mevcuttur. Seralarda gölgeleme genellikle sera dış yüzeyine boya, kireç vb. maddelerin püskürtülmesi şeklinde veya net (aę) ile yapılmaktadır. Böylece, güneş ışınları sera içine girmeden tutulmakta ve sera içerisinde yüksek sıcaklıklar oluşmamaktadır (Tezcan vd., 2017). Fakat, kullanılan örtü malzemesi ve hareket düzeneklerinin dış koşullardan etkilenmesi nedeniyle ömürleri kısa olmaktadır. Seranın içten gölgelenmesinde, sera içi sıcaklık dıştan gölgelemeye göre biraz daha yüksektir. Bununla birlikte, içten gölgelendirmede kullanılan örtü malzemesi ve açma-kapama düzeneklerinin ömrü daha uzun olmaktadır (Yağcıoğlu, 2005; Tezcan vd., 2017). İç yüzey gölgeleme materyali olarak aliminyum polyester kullanılmakla beraber (Shukla vd., 2008), en fazla başvurulmuş ışık seçici (foto-selektif) renkli gölgeleme ağlarıdır (Tezcan vd., 2017).

Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidine ben düşmeden sonra, ilk olarak gölgeleme oranı %35-75 arasında değişen tül ile gölgelemiş ve bunu takiben asmaları eylül ayından hasada kadar olan sürede dört farklı örtü materyali (şeffaf polietilen, kanaviçe, mogul, lifepack) ile sıraların üzeri örtülmüştür. Sonuç olarak, gölgelemenin bir yıl sonraki göz verimliliğini olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Buna karşın gölgeleme ve asmaların üzerinin örtülmesinin hasadı 1.5-2 ay kadar geciktirdiği tespit edilmiştir. Bu durumun ihraç edilen üzüm miktarının artmasına olumlu katkı sağlayabileceği belirtilmiştir. Örtü materyalleri, kültürel işlemlerin uygulanması açısından bir fark oluşturmamasına karşın, materyallerin birim maliyetleri oldukça farklıdır. Yapılan çalışmada %55 gölgeleme + Lifepack ile örtme uygulaması; pazarlanabilir üzüm miktarının fazla olması, üzümün en geç dönemde hasat edilmesi ve üzümlerin fiyatların en yüksek olduğu dönemde satılması nedeniyle en ideal üretim modeli olarak belirlenmiştir (Kesgin vd., (2011). Benzer bir çalışmada, örtüaltındaki Yuvarlak Çekirdeksiz üzüm çeşidini hasat edilmeden asma üzerinde bekleme süresini uzatmak amacıyla, polipropilen kanaviçe örtü kullanımı, açıkta yetiştirilen asmalara göre hasadı 20 gün geciktirmiştir (Kara ve Çoban, 2002).

Evaporatif serinletme sistemleri, sera içerisindeki olumsuz iklim koşullarının azaltılması için en etkili çözüm yollarından birisidir. Bu amaçla fan-ped kullanılabilir, sera içinde yeterli bir yükseklikten sera boyunca geçirilen boruların üzerine yerleştirilen püskürtme memeleriyle sisleme yapılabilir, yağmurlama veya sulama ekipmanlarıyla sera çatısından su akışı

sağlanarak çatıdan serinletme yapılabilir (Boyacı vd., 2017). Sera içerisinde dondan korumada pasif yöntemlerden biri de sera içerisinde su dolu plastik borular (su şilteleri) bulundurmaktır. Böylece gündüz boru içerisinde ısınan suyun gece saatlerinde kısmen sıcaklığın korunmasına yardımcı olmasıdır. Ancak örtü altındaki asmalarda yapılan çalışmalarda bu konuda önemli bir başarı elde edilememiştir. Ayrıca plastik boruların sera içerisindeki hareketi engellemesi nedeniyle bu yöntem pek önerilmemiştir.

Bununla birlikte, teknolojinin hızla ilerlemesiyle sensör izleme ve teknik hizmetlerin hassas bir şekilde birleştirilmesiyle, üreticilerin örtüaltındaki üzüm üretimi de akıllı tarıma ulaşabilir, verim ve kalite iyileştirmeleri elde edilebilir (Liv vd., 2023). Yetiştirme modları (erken olgunlaşma, geç olgunlaşma ve yağmur-koruma) karşılaştırıldığında yağmur-koruma amaçlı üretim daha az enerji tüketmektedir. Tesis türleri açısından hem vinil tünellerin hem de güneş seralarının toplam enerji girdisi her zaman yağmur-korumalı seralardan daha yüksek olmaktadır. Üzüm üretiminin sürdürülebilirliğini artırmak için enerji girdi yapısı ayarlanmalıdır (Tian vd., 2018).

3.3. Dikim Sistemi ve Uygulanabilecek Terbiye Şekilleri

Bağı tesis ederken kullanılacak açık köklü fidanların uyanmadan önce dikilmesi gerekir (Uzun, 2004). Terbiye sistemlerinin seçilmesi konusunda belirleyici faktörler asmanın çeşidi, budama şekli, asmanın gelişimi ve maliyettir (Uzun, 2003). Örtüaltı bağcılıkta açık araziye göre genellikle daha sık dikim uygulanmakta olup en çok kullanılan veya uygulanabilecek terbiye sistemleri; kordon, çardak ve guyot sistemleridir (Uzun, 2004; Polat, 2004; Kavak ve Kiraz, 2015). Örtüaltında yetiştiricilikte bazı telli terbiye sistemleri, buna bağlı olarak da dikim sistemleri ve mesafeleri öne çıkmaktadır. Sıra arası ve sıra üzeri mesafesi farklı olan dikdörtgen dikim sistemi ile sıra arası ve sıra üzeri mesafesi aynı olan kare dikim sistemi en çok tercih edilenlerdir (Uzun, 2003; Uzun, 2004; Polat, 2004).

Açık arazide yetiştiricilikle başlayıp, sonradan örtüaltına alınan asmaların dikim mesafesi genelde 2x3 m'dir (Kara ve Çoban, 2002; Kamiloğlu vd., 2011; Qui vd., 2019; Salem vd., 2021). Genellikle, sera içerisinde yetiştiricilikte açık arazide yetiştiriciliğe göre daha sık dikim mesafesi uygulanmaktadır. Bunun temel nedeni sera içindeki asmalarda genellikle traktörle toprak işleme yapılmamasıdır. Ayrıca, daha sık dikilen asmalarda

birim asma başına daha az üzüm hasadı yapıldığı için bu asmalardaki üzümler daha erken olgunlaşmaktadır. Ancak 1x1 m gibi aşırı sık dikilmesi durumunda asmalar birbirine gölge yapması nedeniyle göz verimliliğinde düşüşler olabilir, salkımların daha az güneş görmesi nedeniyle renklenmede problemler, havalanma problemleri nedeniyle hastalık sorunlarının çıkması, sera içerisindeki bakım işleri ve hasatta zorluklar yaşanabilir. Bu nedenle, asgari olarak sıra arasının 2 m, sıra üzerinin ise 1.5 m olması daha uygun olacaktır. Sera içerisinde yetiştirilecek asmaların dikim mesafesinin seçiminde, çeşit ve budama şekli de önemlidir. Çift kollu kordon, tek kollu kordon, guyot, Y terbiye sistemi uygulanan asmalarda 1.0x1.0 m (Polat ve Uzun, 2007b), 1.5x1.5m (Polat ve Uzun, 2007a; Polat vd., 2013), 0.9x1.6 m (Kuria vd., 2019) dikim mesafeleri kullanılmıştır. Çardak (pergola) sisteminde ise asmalar toprak seviyesinden en az 2.0 m yükseklikte bir çatı oluşturulması ve bu çatı kısmının asmanın yeşil aksamı ile tamamen kapatılması esastır. Dikim mesafesi 2x2 m ile 3x3 m arasında değişir. Örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı yer olan Mersin’de (özellikle Mezitli bölgesinde) asmanın gövde yüksekliği ortalama 1.5 m dolayındadır. Örtüaltı yetiştiriciliğinde ara tarımı yapıldığında, sıra arası mesafeler geniş (yaklaşık 5 m), sıra üzeri mesafeler ise daha dar (yaklaşık 2 m) tutulmaktadır (Küpe, 2021).

Topraksız ortamda yapılan yetiştiricilikte ise, sıra arası ve sıra üzeri mesafeler daha sık olabilmektedir. Topraksız kültürde yetiştiricilik çalışmaları az olmakla birlikte, saksı hacmi 32 lt’lik ortamda yetiştirilen, tek kollu guyot terbiye sistemi uygulanmış Prima (Tangolar vd., 2017; Baştaş ve Tangolar, 2018), Yalova İncisi, Trakya İlkeren (Tangolar vd., 2017) sofralık üzüm çeşitlerinde 0.75x1.5 m (Tangolar vd., 2017), tek kollu kordon terbiye sistemi uygulanmış Trakya İlkeren üzüm çeşidinde 0.60x1.0 m (Polat vd., 2003) dikim mesafeleri kullanılmıştır. Buttaro vd. (2012), 10 lt hacme sahip saksılarda 0.75x1.2 m dikim mesafesinde Cardinal ve Victoria ile 0.60x1.8 m dikim mesafesinde Victoria ve Black Magic üzüm çeşitlerini çift kollu kordon terbiye sistemi kullanarak yaptıkları topraksız kültür yetiştiricilikte, ikinci dikim mesafesinden daha fazla verim elde etmişlerdir. Topraksız kültür yapmak için saksılar dışında, plastik torba, logline ve büyüme yatakları (grow bag) kullanılabilir. Terbiye sistemi olarak da dikey kordon ve guyot dışında, yatay kol sisteminde 0.4x1.6m, tendon (düz çatı) terbiye sisteminde 0.4x2 m ve V terbiye sisteminde 0.35x2 m dikim mesafeleri yaygın olarak kullanılabilir (Di Lorenzo vd., 2003).

4. YILLIK BAKIM İŞLEMLERİ

4.1. Dormansiye Yönelik Uygulamalar

Çiçek taslaklarının tam olarak oluşabilmesi, asma tomurcuklarının uyanabilmesi için belirli süre soğukta kalması gerekir. Buna soğuklama süresi (dormansi) denir ve saat olarak ifade edilir (Sabır vd., 2016; Qui vd., 2019; Değirmenci Karataş, 2023). Çeşide göre değişmekle birlikte en az 200 saatlik bir soğuklama süresine ihtiyaç duyulmaktadır (Uzun, 2004). Uyanmayı erkene alarak hasatta erkencilik, uyanmayı geciktirerek ilkbahar geç donlarından koruma ve geçcilik sağlanabilmektedir (Uzun, 1990b). Uyanmada, sıcaklığa ek olarak ışık, oksijen, su, mineral maddeler ve kültürel uygulamalar gibi dış faktörler etkilidir. İç faktör olarak ise hormonlar başta olmak üzere, karbonhidratlar, enzimler, yağlar ve amino asitler etki yapmaktadır (Uzun, 1990b; Novello vd., 2019; Değirmenci Karataş, 2023).

Örtüaltında genel olarak erkencilik hedeflendiği için erkenci çeşitler yetiştirilmektedir ve bu çeşitlerin soğuklama ihtiyaçları son derece düşük olup kış dinlenme sürecinde karşılanabilmektedir (Polat, 2000; Polat, 2004). Fakat erken uyanan asmaların erken olgunlaşacağı gibi bir kural da yoktur. Soğuklama ihtiyacının dikkate alınmadığında verimde önemli kayıpların olduğu bilinmektedir. Zira Akdeniz Bölgesi'nde örtüaltı bağcılığı yapmak isteyen bazı üreticilerin karşılaştığı önemli sorunlardan birisidir. Bu nedenle, dinlenme dönemindeyken asmaların üzerlerinin örtülmemesi, seraların açık kalması tavsiye edilir. Budamayla birlikte seraların örtülmesi, dinlenme ihtiyacının yeterince karşılanması, buna bağlı olarak da verim ve kalitenin artışı mümkün olabilmektedir. Erken budama yapmak, erken uyanmaya sebep olduğu için erkencilik de sağlayabilmektedir (Polat ve Uzun, 2005).

Uyanmayı erkene almak amacıyla kimyasal maddelerden de fayda sağlanmaktadır. Dormansiye kırarak tomurcukların erken uyanmasını sağlamak amacıyla hidrojen siyanamid (H_2CN_2) yaygın olarak kullanılmaktaydı (Uzun, 1990b; Polat, 2004; Polat ve Eski, 2004; Botelho vd., 2007). Fakat, çevreye ve sağlığa zararlı etkide bulunması nedeniyle, birçok ülkede kullanımı yasaklanmış, ülkemizde de 31.08.2011 tarihi itibarıyla kullanımı sonlandırılan yasaklı ürünler arasında yer almıştır (Anonim, 2011). Bu nedenle, bilim insanları H_2CN_2 alternatifi uygulamaların arayışı içine girmiştir. Sarımsak ekstraktı (Botelho vd., 2007; Leonei vd., 2015; Novello vd., 2019), mineral yağ (Abo-ELwafa vd., 2016; Novello vd., 2019), fosforik asit, anhidride (Qui vd.,

2019), sülfirik asit (Abo-ELwafa vd., 2016) dormansinin kırılmasında etkin olmaktadır. Amino asit, polisakkarit, nitrojen ve kalsiyum içeren jeller (Ziosi vd., 2015), etanol uygulamaları da etkili olmaktadır (Chervin ve Fennell, 2019). Ayrıca, uyanmadan yaklaşık 4 hafta önce azotlu gübre ve CaO gübrelemesi dormansinin kırılmasında etkili bulunmuştur (Novello vd., 2019).

4.2. Sulama

Sera kapalı bir ortam olduğu için, açıkta olduğu gibi ilkbaharda yağacak yağmurları pek içeriye almaz. Bu nedenle kış ve ilkbahar aylarında sulama işleminin ihmal edilmemesi ve sera içindeki asmaların ihtiyacına göre düzenli sulanması gerekir. Örtüaltında asma yetiştiriciliğinde genellikle damla sulama sistemi kullanılmaktadır. Damla sulamanın en büyük avantajı az işgücü istemesi, suyun etkin kullanımı ve kontrolünün kolay olmasıdır. Suyun düzenli verilmesi, hastalık ve zararlı oluşumunu ve/veya yayılımını azaltması, yabancı ot kontrolünü sağlamak ve su kaynaklarının kıt olması gibi nedenlerle damla sulama oldukça tasarruf sağlamaktadır. Fakat tesis masrafları yüksektir, toprakta ıslanan kısımların kenarında tuz birikintileri oluşabilir. Toprağın hemen üstüne sıra üzerine damla sulama borularının yerleştirilmesi, toprak işleme sırasında zararlanmalara neden olabilir (Uzun, 2003, Topuz ve Dağdelen; 2017). Bu nedenle, telli terbiye sisteminin uygulanması nedeniyle, askıda damla sulama yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle sıcak-kurak iklime sahip bölgelerde, laterallerin etkili kök bölgesine yakın bir yükseklikte askıya alınması gerekmektedir, yatırma telinin altından geçirilecek bir sulama teline tek sıra halinde borular bağlanmalıdır. İlk yıl asmalar küçük ve kökler tam yayılmadığı için, damlatıcılar asmalara 50 cm, daha sonraki yıllarda ise 1 m arayla yerleştirilebilir (Uzun, 2003; Bekişli vd., 2014).

4.3. Bitki Besleme

Örtü altında yetiştirilen bitkilerden alınan ürün miktarının genellikle yüksek miktarda olması nedeniyle, bitki besin maddesi tüketim miktarları açıkta yetiştirilenlere göre daha yüksektir (Çolakoğlu, 2022). Bitki besin maddelerinin verilmesi, asmaların gelişme dönemlerine ve yaşına göre farklılık göstermektedir (Uzun, 2004). Bununla birlikte, örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinde bitki besleme konusunda maalesef çok fazla bir araştırmayla karşılaşmamaktadır. Bağda gerekli olan gübre türü ve miktarı, toprak türü, bitki yaşı, terbiye sistemi, çevre koşulları, üzüm çeşidi gibi birçok faktöre

bağlıdır. Toprak ve yaprak analiz sonucunu ve arazinin mahsul geçmişini hesaba katmadan verilecek gübre miktarları tam olarak belirlenemez (Uzun, 2004; Kavak ve Kiraz, 2015). Aşırı gübreleme serada toprak asitlenmesine, toprak tuzlanmasına, yüzey toprağı ötrofikasyonuna, Cu ve Zn birikimine neden olabilmektedir (Chun vd., 2015). Damla sulamadaki gübrelemeler, sulamanın ortasında yapılmalıdır. Gübrelemeden önce ve sonra damlamalar bir müddet çalıştırılmalıdır.

Azot (N), asmalar tarafından en fazla kullanılan besin elementidir. Genellikle, asmalarda çiçeklenmeye kadar olan dönemde oluşan yapraklar normalden daha küçük ve sarımsı ise N noksanlığından bahsedilir. Azot noksanlığı önce yaşlı yapraklarda görülür. Azotun aşırı yüksek olması da meyvelerin olgunlaşmasını geciktirir ve tane eti sertliğini azaltır. Asmanın azota en fazla ihtiyaç duyduğu dönem hızlı sürgün gelişiminin ve çiçeklenme olduğu dönemidir. Damla sulamayla azotun en uygun verilme zamanı haftalık yapılacak sulamalarla birlikte, sürgünde 6. yaprak çıktıktan tane tutumuna kadar olan dönemdir, bu süreç ben düşmeye kadar da devam edebilir. Ancak, ben düşme-hasat arasında kalan olgunlaşma döneminde N uygulanmaz. Çünkü tanelerde şeker birikimi dolayısıyla erkencilik olumsuz yönde etkilenir. Hasat sonrası azot uygulamasına da devam edilebilir. Bu durum bir sonraki yıl için odun dokularında N birikmesini sağlar ve bu azot kış aylarında ve uyanma döneminde asmanın N ihtiyacını karşılar. Genel olarak, büyüme döneminde bitkinin yaprak oluşturmaları ve dolayısıyla fotosentez yapabilmesi için daha fazla N ihtiyacı vardır.

Potasyum (K), asmalar tarafından en fazla ihtiyaç duyulan ikinci besin elementidir. Asmanın uyanma-çiçeklenme döneminde topraktan aldığı miktar ihtiyacından daha fazladır. Ancak çiçeklenme-hasat döneminde ihtiyacı daha fazladır. Asmanın K ihtiyacı çiçeklenme-ben düşme döneminde en yüksektir ve yıllık ihtiyacın %60'ına denk gelir. Bu oran, ben düşme-hasat döneminde %10, hasattan sonra ise %15 kadardır. Potasyum aşırı uygulanırsa magnezyum noksanlığına yol açar. Potasyum özellikle killi toprakta aşırı bağlandığı için bu tip topraklarda alınması daha zordur. Potasyum noksanlığı önce sürgünün orta kısmındaki yapraklarda daha sonra alttaki daha yaşlı yapraklarda kızarmalar şeklinde görülür. Pratikte damla sulama ile birlikte azotta olduğu gibi 6. yaprak çıktıktan sonra ben düşmeye kadar olan dönemde birkaç uygulama şeklinde vermektedir. Potasyum nitrat, Potasyum sülfat ve değişik mineralleri içeren damla sulama gübreleri bu amaçla kullanılabilir. Potasyum sülfatın

çözünürlüğü daha az olmasına karşın kükürt içermesi ve kireçli toprakların yüksek pH'sını düşürmesi ve daha ucuz olması gibi avantajları vardır. Kaliteli üzüm eldesi için meyve büyümesi sırasında potasyuma ihtiyaç vardır.

Fosfor (P) her zaman gereklidir, besinlerin aktarılmasındaki rolü çok önemlidir. Fosfor noksanlığında en çok çiçek, meyve ve tohum zarar görmektedir. Dikimden sonraki ilk yıllarda, fosfor bitkinin sağlıklı bir kök sistemi geliştirmesine yardımcı olur. Çoğu zaman, asitli topraklarda bulunan genç bitkiler fosfordan yeterince yararlanamazlar. Bu sebeple, birçok üretici dikimden önce P_2O_5 uygular. Fosfora, çiçeklenme ve meyve oluşumunda etkili olduğu için ilkbahardaki seviyesi önemlidir. Genelde vejetasyon dönemindeki herhangi bir zamanda uygulansa da çiçeklenmeden önce verilmesi daha uygundur. İhtiyaç az olduğu için 2-3 yılda bir uygulama da yapılabilir. Damla sulamayla mono potasyum posfat (MKP), mono- ve di amonyum fosfat (MAP, DAP), gübreleriyle verilebildiği gibi, damlama borularının altına 10-15 cm derinlikte bant şeklinde açılan karıklara süperfosfat ve triple süperfosfat gübreleri yerleştirilip üzeri kapatılır ve damlamalar çalıştırılarak sulanması şeklinde de verilebilir. Ayrıca fosforik asit uygulaması hem tıkanan damlama deliklerinin açılmasına hem de fosfor gübrelemesinin yapılmasını sağlar. Sulama sularında kalsiyum ve magnezyum miktarı az olmalıdır. Aksi takdirde bunlar P ile birleşerek damlama deliklerinin tıkanmasına neden olur (Christensen ve Peacock, 2000; Uzun, 2004; Anonymous 2010a,b; Salem vd., 2021; Anonymous, 2022a,b; Kurtural vd., 2022; Williams 2022; Tangolar vd., 2023).

Kalsiyum (Ca) meyvenin olgunlaşmasını ve rengini kontrol eder. Magnezyum (Mg), klorofilin merkez atomudur, fotosentezde önemli rol oynar. Demir (Fe), bitkiye yeşil rengi veren klorofilin yapısında bulunmamasına rağmen, klorofilin oluşumunda rol oynamaktadır. Genellikle topraklarda Fe miktarları yeterli olmasına rağmen, topraktaki fazla miktarda kireç, kirecin ayrışması sonucunda sulama suyu ve toprağa karışan bikarbonat (HCO_3), yüksek pH, toprağın yeterince havalanmaması, topraktaki yetersiz organik madde, taban suyunun yüksekliği vs. nedenlerden dolayı demirin alınması engellenebilmektedir. Çinko (Zn) ürün miktarı ve kalitesini en çok etkileyen mikro besin elementlerinden birisidir. Eksikliğinde silkmeye neden olmaktadır. Mangan (Mn), Fe elementinin de desteği ile bitkide klorofil oluşumuna yardımcı olmaktadır (Çelik vd., 1998; Uzun, 2004, Merken, 2022). Bor (B)

elementi dölleme de önemlidir, eksikliği az görülmektedir. Yetersizliği silkmeye ve boncuklanmaya sebep vermektedir (Bahar vd., 2009).

4.4. Budama

Asmalar genellikle tek yıllık dallar üzerinde salkım oluşturduğundan, ekonomik ömrü uzatmak ve terbiye şeklini korumak amacıyla her yıl düzenli budanması gerekir. Genel olarak yapıldığı döneme göre kış budaması ve yaz budaması (yeşil budama, palatır) ismini alır (Çelik vd., 1998; Uzun, 2004).

Yaz budaması, asmaların aktif büyümelerini sürdürdükleri dönemde, taze sürgünlerin kısaltılması, yaprakların ve koltuk sürgünlerinin alınması, bilezik alma, salkım ve tane seyreltme gibi işlemleri kapsar. Ürün kalitesini artırır, asmaların iç kısımları açılarak, salkımların ışık ve havadan daha iyi faydalanmasını sağlar (Çelik vd., 1998).

Kış budaması, asmalar dinlenme dönemindeyken yani yaprak dökümünden uyanmaya kadar geçen süre içerisinde yapılabilir. Fakat, ağlama döneminde budamadan kaçınılmalıdır. Budama seviyelerine göre kısa, orta, uzun veya karışık olmak üzere farklı şekillerde yapılabilmektedir. Kısa budama, asmanın bir yaşındaki dallarının 1-3 göz üzerinden kesilmesidir. Orta budamada 4-7 göz, uzun budamada 8-12 göz üzerinden kesilmesidir. Karışık budamada ise uzun ve kısa budamanın birlikte yapılmasıdır (Çelik vd., 1998; Uzun, 2004). Kış budaması sırasında omcalar üzerinde bırakılacak göz sayısı, aynı zamanda budama şiddeti veya düzeyi, ürün yükü veya asma şarjı olarak da bilinir. Budama şiddeti üzerinde çeşit, anaç, terbiye şekli, iklim ve toprak koşulları, asmanın yaşı ve gelişme durumu etki yapmaktadır (Çelik vd., 1998).

Budama zamanlarının toplam verim, salkım ve tane özellikleri üzerinde çok büyük bir etkisi bulunmamaktadır (Polat ve Uzun, 2005). Geç yapılan budamalar uyanmayı az çok geciktirebilmekte (Uzun 2004), erken yapılan budamalar ise erken uyanmaya bağlı olarak erkencilik sağlayabilmektedir (Polat ve Uzun, 2005). Brezilya'da, Bento Gonçalves'de, Red Niagara çeşidinde, serada ve açık arazide üç farklı budama zamanı (21 Temmuz, 1 Ağustos ve 11 Ağustos) uygulanmış, budama zamanlarına göre 15° Brix için yaklaşık olarak 17-25 gün ve 18° Brix için 20-33 günlük erkencilik sağlamıştır. Yine, 1. budama zamanında, Serra Gauccha bölgesindeki normal budama zamanına göre 32 günlük erkencilik sağlanmıştır (Schiedeck vd., 1999). Antalya'da, plastik serada yetiştirilen Yalova İncisi, Uslu, Trakya İlkeren, Early Cardinal, Yalova Çekirdeksizi ve Ergin Çekirdeksizi üzüm çeşitlerinde,

3 farklı budama zamanının (ocak ayı başı, ocak ortası ve şubat ayı başı) erkencilik, verim ve kalite üzerine etkileri incelenmiştir. En erken hasat, 1. budama zamanından sağlanmıştır. Yıllara ve çeşitlere göre değişmekle birlikte, 1. budama zamanı ile 3. budama zamanı arasında, 2-24 gün arasında değişen erkencilik sağlanmıştır (Polat ve Uzun, 2005).

Sera içindeki asmalarda verim düşüklüğü olabilmekte ve bu durum büyük oranda göz verimliliğinin düşüklüğünden kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni, özellikle dip gözlerin olduğu aylarda gerek ışık yoğunluğu gerekse sıcaklıklar bahar aylarına göre daha düşüktür. Asma verimliliğinde artış sağlamak için, asmaların daha uzun budanarak özellikle orta ve uç gözlerden salkım alınması hedeflenmelidir. Ayrıca, uyandırılma tarihlerini biraz geciktirerek gözlerin daha uygun koşullarda oluşması sağlanmalıdır. Fakat bu durumda uyanmadaki gecikmenin üzümlerin hasat tarihlerini çok fazla etkilememesi gerekir (Uzun vd., 2003).

4.5. Malçlama

Asma yetiştiriciliğinde malçlama, toprakta sıcaklığı, nemi korumak, erkenciliği sağlamak, yabancı otların büyümesini önlemek amacıyla yapılmaktadır (Uzun, 2003; Peruzzi vd., 2004; Temel vd., 2019; Zengin, 2019). Açık arazide traktörlerin yardımıyla toprak işleme yaparak yabancı otlarla mücadele edilebilmektedir (Temel vd., 2019). Bununla birlikte, örtüaltı yetiştiricilikte toprak işleme genellikle oldukça zor olmaktadır. Bunun en önemli sebebi, seraların genelde çok büyük olmaması, genelde açık araziye göre daha sık dikim yapılması ve buna bağlı olarak sıra arası x sıra üzeri mesafenin az olması nedeniyle çoğu zaman küçük traktörlerin bile girişinin mümkün olmamasıdır.

Asma yetiştiriciliğinde farklı örtücü bitkiler (çim, vs.) ve farklı malç uygulamalarının (siyah plastik örtü, kuru malç, buğday samanı ve bazaltik pomza vs.) toprak ekolojisini iyileştirdiği, toprağı koruduğu, ürün verimini artırdığı ve çevrenin korunmasını da sağladığı bildirilmiştir (Fageria vd., 2005; Temel vd., 2019; Zengin, 2019). Bununla birlikte, siyah plastik örtü yabancı ot çıkışı en fazla engelleyen ve toprak nemini en iyi koruyan malçlama yöntemidir (Temel vd., 2019). Ayrıca, toprağın daha iyi ısınmasına vesile olur ve dolayısıyla tomurcukların daha erken uyanmasını sağlar (Uzun, 2003; Uzun, 2004; Kavak ve Kiraz, 2015; Temel vd., 2019). Şekil 2’de yeni dikimi yapılmış asmalar ve siyah plastik malç ile örtülü sera görülmektedir.



Şekil 2: Asma serasında siyah plastik malçlama ile toprağın örtülmesi

4.6. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Yönetimi

Örtüaltı üzüm yetiştiriciliğinde, havalandırmanın iyi sağlandığı, damla sulama sisteminin kullanıldığı, bakım koşullarının doğru yapıldığı durumlarda, açık arazide yetiştiriciliğe göre daha az hastalık ve zararlı görülmekte ve böylece pestisit kullanımı oldukça azalmakta veya hiç olmamaktadır (Polat, 2004; Cheon vd., 2017; Küpe, 2021). Mücadelede kullanılacak kimyasalların uygun zamanda, dozda ve uygun yöntemle uygulanması gerekir, aksi taktirde bitkide geçici veya uzun süreli zarar oluşturabilir, verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyebilir. Kalıntı bırakarak çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Kimyasal mücadelede kullanılacak ilaçlar ve dozları, Tarım İl/İlçe Müdürlükleri ve reçete yazma yetkisi bulunan kişilerce belirlenmelidir. Örtüaltında, açıktaki asmalara nazaran daha az hastalık ve zararlı görülür. Yetiştiricilikte karşılaşılabilecek başlıca hastalıklar külleme ve mildiyö; zararlı ise salkım güvesidir. Bağlarda sorun oluşturan önemli yabancı otlar bölgelere göre değişmekle birlikte, küsküt, kanyaş, köpek dişi ayrığı, semizotu, sirken ve tarla sarmaşığıdır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından belirtilen mücadele yöntemleri kullanılmalıdır (Anonim, 2022).

5. PAZARLAMA

Üreticiler örtüaltından elde ettiği ürünlerini çoğunlukla toptancı halleri, komisyoncular ve tüccarlar vasıtasıyla pazarlamaktadır. Pazarlamada Kooperatiflerin ve birliklerin etkinliği azdır. Perakendecilerin, dışsatımcıların ve işleme sanayindeki firmaların da pazarlamada rol aldıkları görülmektedir (Tüzel vd., 2020). Örtüaltı yetiştiriciliğin yoğun yapıldığı Tarsus bölgesindeki işletmelerde en çok tercih edilen araçlar tüccarlardır. İşletmelerin %56.8'i

satılan üzümün bedelini peşin olarak tahsil etmektedir. İşletmeler %51.7 oranında pazarlık yaparak fiyat belirlemektedir. Karşılaştıkları en önemli pazarlama sorunları ise alıcı sayısının azlığı, güvensizlik, bilgi noksanlığı ve işleme tesislerinin yetersizliğidir (Tapkı vd., 2020). Erkenci ve son turfanda üzüm çeşitleri mevsimlik çeşitlere, renkli taneli üzüm çeşitleri beyaz taneli çeşitlere göre daha yüksek fiyatla satılmaktadır (Kiracı vd., 2009). Örtüaltında yetiştirilen üzümlerin fiyatlarının erkencilikten dolayı 3-4 misli daha fazla olduğunu ve tesis harcamalarının en fazla 5 yılda amorti edilebileceği ifade edilmiştir (Nam vd., 1997; Tangolar, 1999; Özkan vd., 2005).

6. SONUÇ

Ülkemiz, farklı iklime sahip bölgeler itibariyle üzüm hasadı çok erkenciden çok geççiye kadar uzanan bir olgunluk sezonuna yayılmış olup, üstün kalitedeki yerli ve yabancı üzüm çeşitlerinin yetiştiriciliği için çok elverişli bir coğrafik konuma sahiptir. Genel olarak bağcılık açık arazide yapılmakla beraber, son yıllarda birçok ülkede sağlamış olduğu birçok avantajlar nedeniyle örtü altında yetiştiricilik de önem kazanmıştır. Bununla birlikte, örtüaltı bağcılığında dikkat edilmesi gereken hususlar mevcuttur. Örtüaltı bağcılık için, sera yapısı, çeşit-anaç, terbiye sistemleri, budama, sera içerisinde kontrolü, bitki besleme, hastalık ve zararlılarla mücadele konusunda bilgi ve tecrübe önemlidir.

KAYNAKÇA

- Abo-ELwafa, T. S. A., Gaser, A. S. A., & Awad, El. M. M. (2016). Breaking bud dormancy for flame seedless grapevine by using some economic sources. *Journal of Plant Production*, 7(12), 1349-1355.
- Ahmed, S., Roberto, S.R., Shahab, M., Colombo, R. C., Silvestre, J. P., Koyama, R., & Souza, R. T. (2019). Proposal of double-cropping system for 'BRS Isis' seedless grape grown in subtropical area. *Scientia Horticulture*, 251, 118-126.
- Alonso, F., Chiamolera, F. M., Hueso, J. J., González, M., & Cuevas, J. (2021). Heat unit requirements of "Flame Seedless" table grape: A tool to predict its harvest period in protected cultivation. *Plants* 10, 904.
- Anonymous (2010a). Grapevine nutrition. Nitrogen fertilization. AWRI, Viti-notes. 4pp.
- Anonymous (2010b) Grapevine nutrition. Phosphorous fertilization. AWRI, Viti-notes.
- Anonymous (2022a). California crop fertilization guidelines. Grapevines. <https://www.cdfa.ca.gov/is/ffldrs/frep/FertilizationGuidelines/Grapevines.html> Erişim: 06.02.2022.
- Anonymous (2022b). Nitrogen part II. Effective nitrogen management for vineyards. Lodi wine growers. <https://www.lodigrowers.com/nitrogen-part-ii-effective-nitrogen-management-for-vineyards/> Erişim: 06.02.2022.
- Anonim, (2011). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Yasaklanan bitki koruma ürünleri aktif madde listesi. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/934/Yasaklanan-Bitki-Koruma-Urunleri-Aktif-Madde-Listesi> Erişim: 25.01.2022.
- Anonim, (2020). Topraksız üzümle yılda iki hasat. Tarlasera, Erişim: 03.12.2021. <https://www.tarlasera.com/haber-12014-topraksiz-uzumle-yilda-iki-hasat!>
- Anonim, (2022). Bağ hastalık ve zararlıları ile mücadele. Tarım ve Orman Bakanlığı, <http://www.tarimorman.gov.tr> Erişim: 24.01.2022
- Aras Aşçı, Ö. (2020). Sağlıklı yaşamda üzüm ve üzüm ürünleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*. 4, Special Issue, 22-32.

- Avenant, J. H., & Loubser, J. T. (1993). The potential of overhead plastic covering for advanced ripening of table grapes. *Deciduous Fruit Grower*, 43(5), 173-176.
- Avenant, J. H. (1997). The influence of overhead plastic covering on advanced ripening of table grapes in the northern summer rainfall area. *Deciduous Fruit Grower*, 218-225.
- Aytaç, Y. (1980). Çukurova eşik alanlarında yetiştirilecek erkenci üzüm çeşitleri. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. No.94.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Doğan, A. Z. (2009). Bağda silkme ve silkmeyle neden olan faktörler. *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 81-87.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Öner, H. (2018). Bağcılıkta terroir unsurları. *Bahçe*, 47(2), 57-70.
- Bayazıt, S., Çalışkan, O., & Kılıç, D. (2021). Akdeniz Bölgesi'nde örtüaltı meyve yetiştiriciliği. *Bahçe*, 50(1), 59-70.
- Baştaş, P. C., & Tangolar S. (2018). Topraksız kültürde yetişen Prima üzüm çeşidinin verim ve kalite özelliklerine farklı yetiştirme ortamı ve ürün yüklerinin etkisi. *Alatarım*, 17(2), 98-109.
- Bekişli, M. İ., Bilgiç, C., & Gürsöz, S. (2014). Bağcılıkta sulamanın önemi. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 543-546.
- Blouin, J. & Guimbertaeu, G. (2000). Maturation et Maturite des Raisins. Editions Féret. Bordeaux. 151 p. ISSN 1284-7984.
- Botelho R. V., Pavanello A. P., Pires E. J. P., Terra M. M., & Müller M. M. L. (2007). Effects of chilling and garlic extract on bud dormancy release in Cabernet Sauvignon grapevine cuttings. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58, 402-404.
- Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A. N., & Güğercin, Ö. (2017). Seralarda yüksek sıcaklıkların azaltılmasında kullanılan yöntemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 89-95.
- Buttaro, D., Serio, F., & Santamaria, P. (2012). Soilless greenhouse production of table grape under Mediterranean conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 641-645.
- Cardoso, L. S., Bergamaschi, H., Comiran, F., Chavarria, G., Marodin, G. A. B., Dalmago, G. A., dos Santos, H. P., & Mandelli, F. (2008). Micrometeorological alterations in vineyards by using plastic covering. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 43(4), 441-447.

- Chavarria, G., Cardoso, L. S., Bergamaschi, H., dos Santos, H. P., Mandelli, F., & Marodin, G. A. B. (2009). Microclimate of vineyards under protected cultivation. *Ciência Rural*, 39 (7).
- Cheema S. S., Torregrosa, L., Domergue, P., & Carbonneau, A. (1996). A Comparative study of the differentiation of inflorescence and flower of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah in situ and under greenhouse conditions.
- Cheon, M. G., Kim, Y. B., Kim, S. R., Lee, K. M., Hong, G. P., & Kim, J. G. (2015). Effects of crop loads on vine growth and fruit quality of 'Jinok' grape in unheated plastic house. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 24(4), 296-300.
- Cheon, M. G., Kim, Y. B., Lee, S. Y., Hong, G. P., Jung, S. M., & Kim, J. G. (2017). Vine Growth and Fruit Characteristics of 'Jinok' and 'Campbell Early' Grape as Influenced by Cropping System. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 26(3), 175-180.
- Chervin, C., & Fennell, A. (2019). Ethanol sprays to release grapevine bud dormancy: a potential alternative to cyanamides. *Vine and Wine Open Access Journal OENO One*, 53(4), 661-666.
- Christensen L. P., & Peacock W. L. (2000). Mineral nutrition and fertilization. In *Raisin production manual*, L.P. Christensen(Ed.), pp 102-114. University of CA Agriculture and Natural Resources, Oakland.
- Chun, M. Y., Xin, Y. Y., Peng, D. Y., Long, Z. X., & Heng, Z. (2015). Changes of soil physical and chemical properties in greenhouse of different grapevine planting years. *Journal of Fruit Science*, 32(2), 225-231.
- Colombo, L. A., Assis, A. M., Sato, A. J., Tessmann, D. J., Genta, W., & Roberto, S. R. (2011). Out of season production of 'BRS Clara' seedless grape under protected cultivation. *Ciênc Rural* 41(2), 212-218.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y. S., Fidan, Y., Maraslı, B., & Söylemezoğlu, G. (1998). Genel bağcılık. Ankara: Fersa Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.
- Çelik, S. (2007). Bağcılık (Ampeloloji) Cilt I. (Genişletilmiş 2. baskı). Namık Kemal Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, 430s.
- Çelik, H. (2014). Üzümün besin değeri. *TURKTOP*, 18-21.
- Çoban, H. (2004). The effects of plastic covering on yield and quality varieties of some table grapes in Alaşehir Manisa. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 18(34), 101-103.
- Çolakoğlu, H. (2022). Sera yetiştiriciliğinde gübreleme. *Toros Tarım ve Ticaret A.Ş.*, Erişim: 21.01.2022

- Dardeniz, A., Gündoğdu, M. A., Şahin, E., & Ali, B. (2020). Sofralık üzüm çeşitlerinde ikinci ürün (neferiye) salkımlarının bazı genel karakteristiklerinin belirlenmesi. *Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 115-123.
- Değirmenci Karataş, D. (2023). Asma tomurcuklarında dormansi sürecinde genetik regülasyon ve hormonal etkileşim. *Agro Science Journal of Iğdir University*, 1(2), 61-70.
- Di Lorenzo, R., Barbagallo, M. G., Costanza, P., Mafrica, R., Palermo, G., & Di Mauro, B. (2003). Cultivation of table grapes in 'soiless' in Sicily. *Acta Horticulture*, 614, 115-122.
- Di Lorenzo, R., Dimauro, B., Guarasci, F., Rinoldo, C., & Gambino, C. (2012). Multiple productive cycles in the same year in soiless tablegrape cultivation. 35th World Congress of Vine and Wine, 18-22 June, İzmir, Turkey, p. 20.
- El-Saeed, H. M., Abouziena, H. F., Abd Elwahed M. S., & Ali, Z. A. (2015). Increasing the opportunities of early grape production for exportation using some protection treatments in Egypt. *International Journal of ChemTech Research*, 8(4), 1601-1609.
- Emekli, N. Y. (2006). Sera örtü malzemelerinin mekanik özellikleri. *Derim*, 23(2), 24-35.
- Ergenoğlu, F., Tangolar, S., & Gök, S. (1999). Perlette ve Uslu üzüm çeşitlerinin Adana ekolojisinde plastik örtü altında yetiştirilmesi. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 999-1003.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Bailey, B. A. (2005). Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(19-20): 2733-2757.
- Fanizza, G., & Ricardi, L. (1991). The effect of vineyard overhead plastic sheet covering on some morphological and physiological characteristics in the table grape cv. Regina dei Vignetti (*Vitis vinifera* L.). *Agricoltura Mediterranea*, 121, 239-243.
- FAO, (2025). Food and Agriculture Organization. Erişim: 13.06.2025, <https://www.fao.org/statistics>
- Gambetta, J. M., Holzapfel, B. P., Stoll, M., & Friedel, M. (2021) Sunburn in Grapes: A Review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604691.
- Hamman, R. A., Savage, S. D., & Larsen, H. J. (1998). The Colorado grape growers' guide. Colorado State University Cooperative Extension.

- Hasanaliyeva, G., Chatzidimitrou, E., Wang, J., Baranski, M., Volakakis, N., Seal, C., Rosa, E. A. S., Iversen, P. O., Vigar, V., Barkla, B., Leifert, C., & Rempelos, L. (2020). Effects of production region, production systems and grape type/variety on nutritional quality parameters of table grapes; results from a UK retail survey. *Foods*, 9, 1874.
- Hasdemir, M., Hasdemir, M., Gül, U., & Yasan Ataseven, Z. (2014). Türkiye’de jeotermal seracılığın mevcut durumu ile karar verme süreçlerinde etkili olan faktörlerin analizi. 112O405 Nolu TÜBİTAK Projesinin Sonuç Raporu. TEPGE YAYIN NO: 227
- Holcman, E., Sentelhas, P. C., Conceição, M. A. F., & Couto, H. T. Z. (2017). Vineyard microclimate and yield under different plastic covers. *International Journal of Biometeorology*. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1494-y>
- Hussain, B., & Sabir, A. (2024). Grape growing in greenhouse. 3. Uluslararası Sürdürülebilir Ekolojik Tarım Kongresi, Konya. Editör: Direk, M. Pages: 187-200.
- Imran, M., Rauf, A., Imran, A., Nadeem, M., Ahmad, Z., Atif, M., Awais, M., Sami, M., Imran, M., Fatima, Z., & Waqar, A. B. (2017). Health benefits of grapes polyphenols. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 10, 40-51.
- Kamiloğlu, O., Polat, A. A., & Durgac, C. (2011). Comparison of open field and protected cultivation of five early table grape cultivars under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(5), 491-499.
- Kara, S., & Çoban, H. (2002). Örtü altına alınmış asmada üzümün omca üzerinde muhafazası üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(3), 25-32.
- Kavak, O., & Kiraz, M. E. (2015). Örtüaltında üzüm yetiştiriciliği. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Erdemli-Mersin.
- Kesgin M., Cangi R., Yağcı A., Aktan E., Savaş Y., & İnan M. S. (2011). Sofralık amaçlı Sultani Çekirdeksiz üzüm yetiştiriciliğinde gögeleme ve örtü materyali uygulamalarının hasadı geciktirme, verim ve üzüm kalitesine etkisi. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Şanlıurfa, Bahçe Bilimi Yayın no:2. 89-95.

- Kiracı, M. A., Sağlam, M., Boz, Y., & Aydın, S. (2009). Türkiye sofralık üzüm pazarlamasında iç ve dış pazar araştırmaları. 7. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu, 1: 190-200.
- Kuria, D. N., Nyende, A. B., & Rimberia, F. K. (2019). Evaluation of morphological and quality characteristics of introduced grape cultivars produced under greenhouse conditions in Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 15(2), 269-277.
- Kurtural S. K., Strong S. K., & Smigell C. (2022). Fertilization of grapevines. University of Kentucky. Coop. Ext service. HortFact. 3104.6pp. https://www.uky.edu/files/grape_fertilization
- Küpe, M. (2021). Mersin ili bağcılığının genel durumu ve erkenci üzüm yetiştiriciliği. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55-66.
- Lavee, S. (1988). Quality of grapevine fruit in protected culture-parameters and problems. *Applied Agricultural Research*, 3, 288-292.
- Leonei, S., Tecchio, M. A., & Coser, G. M. A. G. (2015). Dormancy breaking of Fig tree with hydrogen cyanamide and garlic extract. *British Journal of Applied Science and Technology*, 10, 1-10.
- Manzo, P. (1976). Copertura con materie plastiche, per anticipare la maturazione dell'uva "Cardinal" e per ritardare la raccolta dell'uva "Italia". *Vignevini*, 13, 11-12.
- Mattheou, A., & Grafiadellis, M. (1995). Performance of Perlette table grapes inside greenhouses with and without solar heating and in the open field. *Acta Horticulture*, 379, 499-506.
- Merken, Ö. (2022). Gübreleme tekniği ve bağlarda bitki besin madde eksikliği. <http://arastirma.tarimorman.gov.tr>. Erişim: 24.01.2022
- Nam, L. B., Ha, K. K., & Gon, W. S. (1997). Economic efficiency of grape farming under plastic house with different cropping type and training system. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 38(2), 162-168.
- Nayak, R. K., Rana, K., Bairwa, V. K., Singh, P., & Bharghi, V. D. (2020). A review on role of bumblebee pollination in fruits and vegetables. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3), 1328-1334.
- Novello, V., Palma, L., Tarricone, L., & Vox G. (2000). Effect of different plastic sheet covering on microclimate and berry ripening in table grape

- cv. Matilde. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 34, 49-55.
- Novello, V., & Palma, L. (2008). Growing grapes under cover. *Acta Horticulture*, 785, 353-362.
- Novello, V., Avenant, E., Hayes, P., & de Sousa, L. P. (2019). Alternatives of dormancy breaking and other production agents for table grapes. OIV- International Organisation of Vine and Wine- Publication.
- Özercan, B. (2004). Akdeniz Bölgesinde örtü altı bağcılığının ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı.
- Özkan, B., Uzun, H. İ., Elidemir, A., Bayır, A., & Karadeniz, C. F. (2005). Örtüaltı ve açıkta üzüm üretiminin ekonomik analizi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 77-85.
- Özkan, B., Fert, C., & Karadeniz, C. F. (2007). Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. *Energy*, 32, 1500-1504.
- Palma, L., Limosani, P., Marasovic, I., Pati, S., Vox, G., Scettini, E., & Novello, V. (2019). Vineyard protection with rain-shelter: relationships between radiometric properties of plastic covers and table grape quality. *BIO Web of Conferences* 13, 04007.
- Peruzzi, A., Ginanni, M., Raffaelli, M., & Borelli, M. (2004). Physical weed control in organic spinach production. In: Proceedings of the Sixth EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, March 8-10, Lillehammer, Norway, pp.15-25.
- Polat, İ. (2000). Örtüaltında bağcılık. *Derim*, 17:1, 32-38.
- Polat, İ., Özkan, C.F., Kaya, H., & Eski, H. (2003). Topraksız kültür üzüm yetiştiriciliğinde farklı ortamların erkencilik, kalite ve verime etkisi. IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 8-12 Eylül, Antalya, 493-495.
- Polat, İ. (2004). Plastik serada yetiştirilen bazı üzüm çeşitlerinin erkencilik, verim ve kalite faktörleri üzerine budama zamanları, asma şarjları ve terbiye sistemlerinin etkisi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Polat, İ., & Eski, H. (2004). Trakya İlkeren, Uslu ve Yalova İncisi üzüm çeşitlerinde hidrojen siyanamid uygulamasının erkencilik, kalite ve verime etkisi. *Derim*, 21(1), 1-9.

- Polat, İ., & Uzun, H. İ. (2005). Plastik serada yetiştirilen bazı üzüm çeşitlerinin erkencilik, verim ve kalite faktörleri üzerine budama zamanlarının etkisi. VI. Bağcılık Sempozyumu, Tekirdağ, Cilt 1, 50-56.
- Polat, İ. (2006). Akdeniz Bölgesinde açık arazi ve örtüaltında bağcılık. *Tarımın Sesi*, 12, 19-22.
- Polat, I., & Uzun, H. I. (2007a). Bazı üzüm çeşitlerinin plastik sera ve açık arazide yetiştiriciliğinde erkencilik, verim ve kalite üzerine etkisi. V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-7 Eylül, Erzurum, Cilt 2, 319-323.
- Polat, I., & Uzun, H. I. (2007b). Plastik serada yetiştirilen Trakya İlkeren üzüm çeşidinde farklı terbiye sistemi ve asma şarjı uygulamalarının erkencilik, verim ve kalite faktörleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 289-300
- Polat, İ., Namal, H., & Alican, M. (2013). Örtüaltı yetiştiriciliğinin bazı sofralık üzüm çeşitlerinde, erkencilik verim ve kalite özellikleri üzerinde etkisi. *Selçuk Gıda ve Tarım Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 27, 290-295.
- Qui, Z., Chen, G., & Qui, D. (2019). Pruning and dormancy breaking make two sustainable grape-cropping productions in a protected environment possible without overlap in a single year. *Peer J*, 7:e7412.
- Salem, E. H., Gouda, F. Z. M., & Abdel-Raman, M. A. A. (2021). Effect of plastic covering and potassium fertilization source on growth and fruiting of Flame Seedless grapevines. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 89-100.
- Sabır, A., Yazar, K., & Kara, Z. (2016). Kış dinlenmesi döneminde uygulanan düşük sıcaklıkların bazı üzüm çeşitlerinin gelişimi üzerine etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı*, 208-213.
- Schiedeck, G., Miele, A., Barradas, C. I. N., & Mandelli, F. (1999). Maturation of Red Niagara grapes cultivated under plastic greenhouse and in the natural condition. *Ciência Rural*, 29(4), 629-633.
- Shukla, A., Tiwari, G. N., & Sodha, M. S. (2008). Experimental study of effect of an inner thermal curtain in evaporative cooling system of cascade greenhouse. *Solar Energy*, 82(1), 61-72.
- Son, D. S., Kim, Y. S., Jeong, S. B., & Lee, K. K. (1992). The effect of covering date and heating on growth and berry quality in grape cultivar Kyoho in polyethylene film houses. *Hort Abstr* 62: 6469.
- Sousa, E.C., Uchôa-Thomaz, A. M. A., Carioca, J. O. B., Morais, S. M., Lima, A., Martins, C. G., Alexandrino, C. D., Ferreira, P. A. T., Rodrigues, A.

- L. M., Rodrigues, S. P., Silva, J. N., & Rodrigues, L. L. (2014). Chemical composition and bioactive compounds of grape pomace (*Vitis vinifera* L.), Benitaka variety, grown in the semiarid region of Northeast Brazil. *Food Science and Technology, Campinas*, 34(1), 135-142.
- Tangolar, S. (1999). Erkenci üzüm yetiştiriciliğinde değişim. *Cine-Tarım Dergisi*. 3(20), 30-32.
- Tangolar, S., Tangolar, S., Alkan Torun, A., Tarım, G., & Ada, M. (2017). Topraksız kültür sisteminde sofralık üzüm yetiştiriciliğinin araştırılması. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 4(2), 163-170.
- Tangolar, S., Demiroğlu, S., Tangolar, S., Cantürk, S., & Ada, M. (2023). Prima üzüm çeşidinde yaprakтан uygulanan farklı azot içerikli ticari gübrelerin verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Bahçe*, 52(Özel Sayı 1), 182-187.
- Tapkı, N., Davran, M. K., & Görgü, A. (2020). Üzüm üreten işletmelerin üretim ve pazarlama yapıları: Tarsus örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 25(1), 75-83.
- Temel, N., Torun, H., & Tangolar, S. (2019). Farklı sulama suyu seviyeleri ve malç materyallerinin bağda yabancı ot yoğunluğuna etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 69-75.
- Tezcan, N. Y., Taşpınar, H., & Selek, S. (2017). Sera gölgelemede ışık seçici ağların kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(2), 115-124.
- Tian, D., Zhang, M., Wei, X., Wang, J., Mu, W., & Feng, J. (2018). GIS-based energy consumption and spatial variation of protected grape cultivation in China. *MDPI Sustainability*, 10, 3248.
- Toda, F. M. (2021). Grapevine double cropping: a reality, not a myth. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4572>
- Topuz, T., & Dağdelen, N. (2017). Damla sulama ile sulanan bağda farklı sulama uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 14(1), 23-28.
- Torun, Y. (2022). Bazı erkenci sofralık üzüm çeşitlerinin plastik örtü altında erkencilik ve kalite özellikleri üzerine araştırmalar. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- TÜİK (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim: 08.04.2022, <https://www.tuik.gov.tr>

- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim: 13.06.2025, <https://www.tuik.gov.tr>
- Tüzel, Y., Gül, A., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyacı, F., Duyar, H., Cebeci, E., & Durdu, T. (2020). Türkiye’de örtüaltı yetiştiriciliği ve yeni gelişmeler. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi. 725-750.
- Ullah, I., Gao, F., Zhiyong, W., & Wenjun, O. (2024). Growing grapes in a greenhouse is a new revolution. *Journal of Natural Science And Learning*, 3(2), 1-14.
- Uzun, H. İ. (1990a). Effects of plastic covering on early ripening of some table grape cultivars. *Doğa*, 17, 11-118.
- Uzun, H. İ. (1990b). Asmada gözlerin uyanmasında hidrojen siyanamid kullanılması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi*, 3(1-2), 13-24.
- Uzun, H. İ. (1993). Effects of plastic covering on ripening of some table grape cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 17, 111-118.
- Uzun, H. İ., & İlter, E. (1993). Cardinal ve Yuvarlak Çekirdeksiz üzüm çeşitlerinde plastik örtüyle erkencilik sağlanması üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(3), 89-96.
- Uzun, H. İ., & Özbaş, O. (1995). Antalya koşullarında erkencilik sağlamak amacıyla Perlette ve Cardinal üzüm çeşitlerinin plastik örtü altında yetiştirilmesi üzerinde araştırmalar. Türkiye II.Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 452-457.
- Uzun, H. İ., Özkan, B., & Yalçın Elidemir, A. (2003). Serada sık dikim asma yetiştiriciliğinin erkencilik, verim ve kaliteye etkisi. TOGTAG-2230. Sonuç Raporu.
- Uzun, İ. (2004). Bağcılık el kitabı. İstanbul: Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.
- Vox, G., Schettini, E., Scarascia Mugnozza, G, Tarricone, L., & Palma, L. (2014). Covering plastic films for vineyard protected cultivation. *Acta Horticulture*, 1037: 897-904.
- Williams, L. E. (2022). Review of mineral nutrition of grapevines and fertilization guidelines for California. 16 pp. <https://ucanr.edu/sites/SoCo/files> Erişim: 06.02.2022.
- Yağcıoğlu, A., Demir, V., & Günhan, T. (2005). Seralarda nem yoğunlaşmasının “havalandırma-ısıtma” uygulamalarıyla önlenmesi için gerekli kapasitelerin hesaplanması. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 1(3), 245-253.

- Yağcıoğlu, A. (2009). Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 562, İzmir.
- Yamamoto, L. Y., Assis, A. M., Morais, H., Souza, F. S., Scapin, C. R., Tessmann, D. J., Souza, R. T., & Roberto, R. S. (2012). Production and physic-chemical characteristics of bunches of 'BRS Clara' grapevine under plastic cover and plastic screen grown out of season. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34(1), 160-166.
- Yayla, F., & Gülcü, M. (2007). Türkiye'de başlıca üzüm değerlendirme şekilleri. *Türk Tarım*, 177, 19-22.
- Zabeltitz, C. (1990). Greenhouse construction in function of beter climate control. *Acta Horticulturae*, 263(1), 357-374.
- Zengin, H. (2019). Farklı malç uygulamalarının bazı asma anaçlarının gelişimi üzerine etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s43.
- Ziosi, V., Di Nardo A., Fontana A., Vitali F., Costa G. (2015) Effect of BLUPRINS® application on bud release from dormancy in kiwifruit, cherry, and table grape. In: Anderson J. (eds) *Advances in Plant Dormancy*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14451-1_19.

BÖLÜM 8

BİTKİ HORMON SINIFLANDIRMALARINDA BRASİNOSTEROİDLER VE BAĞCILIK ÜZERİNE GÜNCEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955649>

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 60250 Tokat Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-5048>

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 60250 Tokat Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4734-7832>

*sorumlu yazar: seda.sucu@gop.edu.tr

1. GİRİŞ

“Hormon” terimi, yaklaşık 200 yıl önce tıpta ilk kez bir uyarıcı faktör için kullanılmış olsa da, zamanla taşınan kimyasal bir mesaj anlamına gelmeye başlamıştır. Kelime aslında Yunanca'dan gelmektedir ve anlamı “uyarmak” veya “harekete geçirmek”tir. Bitki hormonları, benzersiz bir metabolizma ve özelliklere sahip bir bileşik grubudur (Davis, 2010). Hormonları özelleşmiş organlarda üretilip kan dolaşımı yoluyla başka organlara aktaran hayvan sistemlerinin aksine, her canlı bitki hücresi kendi başına hormon üretebilir (Went ve Thimann, 1937). Hormon genel bir ifade ile bir dokuda üretilip taşınabilen, düşük konsantrasyonlarda fizyolojik süreçleri etkileyen, doğal olarak oluşan bir grup organik bileşiklerdir (Santer vd., 2009). Bitkiler büyümeyi düzenlemek, stomatal hareket, biyotik ve abiyotik stresleri azaltmak ve diğer organizmalar ile iletişim kurmak gibi diğer süreçler için hormonları kullanırlar (Chen vd., 2009). Bitki hormonları, “fitohormonlar” olarak adlandırılır.

Fitohormon kavramının ortaya çıkışı Sachs'ın 1880 ile 1893 yılları arasında yaptığı morfojenik ve gelişimsel korelasyon gözlemleriyle başlamaktadır. Sachs, "Bitki organları arasındaki morfolojik farklılıklar, organların bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır" hipotezini ile bitki içinde farklı yönlerde hareket eden kök oluşturan, çiçek oluşturan maddelerin varlığını öne sürmüştür (Went ve Thimann 1937). Benzer zamanlarda Darwin fototropizm üzerinde yaptığı gözlemler sonucunda çim koleoptilin ucunda var olan bükülmenin bir sinyal ya da taşıyıcı vasıtasıyla olduğu varsayımında bulunmuştur. Daha sonra Went tarafından bu madde izole edilmiş ve başlangıçta Wuchsstoff olarak adlandırılan bu madde daha sonra oksin olarak literatüre geçmiştir. Bitki patogenezindeki araştırmalar gibberellinlerin keşfine; doku kültürü çabaları sitokininlerin keşfine, absisyon ve dormansinin kontrolü absisik asitin keşfine; aydınlatıcı gaz ve dumanın etkileri etilenin keşfedilmesini sağlamıştır. Son yıllarda ise bilinen bu fitohormonlara ilave olarak, brassinosteroidler, jasmonatlar, salisilik asit ve peptitler gibi diğer bileşikler bitki hormonları listesine eklenmiştir (Santer vd., 2009; Davis, 2010).

Asmalar, taksonomik olarak *Vitaceae* familyası içerisinde yer almakta olup, bu familyada 16 cins ve 950 tür bulunmaktadır ve yetiştirilen çeşitlerin büyük çoğunluğu ise *Vitis vinifera* L. türüne aittir (Parada vd., 2017; Kunter ve

Karaman, 2025). Fitohormonlar, bağcılıkta aşılı asma fidanı üretiminde, tane kalitesini artırmada, muhafazada, doku kültürü gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (Zang vd., 2003).

Oksinler, hücre uzaması ve farklılaşması, biyotik ve abiyotik streslere verilen tepkilerde, yerçekimi ve ışık tepkileri gibi çeşitli bitki fizyolojik süreçlerinde rol oynar (Sauer vd., 2013). Bağcılıkta en çok IBA (İndol-3-bütirik asit) formu anaç ya da çeliklerin köklendirilmesi amacı ile kullanılır. Ayrıca IAA (İndol-3-asetik asit) tane gelişiminin ilk aşamalarında önemli bir role sahiptir. En yüksek IAA konsantrasyonu çiçeklerde ve olgunlaşmamış tanelerde gözlenmiş olup, ben düşme dönemiyle birlikte kademeli olarak en düşük seviyeye indiği bildirilmektedir (Zang vd., 2003).

Gibberellinler (GA'lar), entgibberellane yapısına dayanan bir bileşik ailesidir; 125'ten fazla üyesi vardır. En yaygın olarak bulunan bileşik, bir mantar ürünü olan GA₃ iken bitkilerdeki gövde uzamasından sorumlu olan gibberellik asit üyesi ise GA₁'dir (Davis, 2010). Bağcılıkta özellikle tane gelişim dönemlerinde sıklıkla tercih edilen bir hormon grubu olan gibberellik asitler, tane tutumunun azaltılması, tanelerin irileşmesi, çekirdeksiz oluşumunda kullanıldığı gibi ayrıca ıslah çalışmalarında çekirdeklerin çimlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Değirmenci ve Kunter, 2007; Pan vd., 2010; Tavşan vd., 2020). Gibberellik asitler tane gelişiminin ilk evresinde erken dönemde yüksek miktarlarda bulunurken ben düşme dönemi öncesi azalma eğilimindedir.

Sitokininler, tohum çimlenmesinde, hücre çoğalmasında ve farklılaşmasında, ışık tepkilerinde, yaşlanmanın gecikmesi gibi olaylarda rol oynar (Hwang vd., 2012). Sitokinin 6-benziladenin (6-BA) uygulaması, partenokarpi yoluyla çekirdeksiz meyve oluşumunu teşvik ettiği bildirilmiştir (Lu vd., 2016). Ayrıca sitokininler doku kültüründe hücre bölünmesini indükleme yeteneği ile karakterize edilen adenin türevleridir (Davis, 2010).

Absisik asit (ABA), absisyon ve dormansi ile ilişkisinin sonucu oluşan bir inhibitör olarak düşünülmektedir. Ekzojen uygulamalar bitkide büyümeyi engelleyebilirken, ABA'nın tohumlarda depo protein sentezinin teşvik edilmesinde bir promotör gibi davrandığı ve bir inhibitör olarak görev yaptığı görülmektedir. ABA'nın ana işlevlerinden biri stoma kapanmasının düzenlenmesidir (Davis, 2010). Absisik asidin, bitkilerde tohum çimlenmesi, dormasi, çiçek oluşumu ve çevresel streslere verilen tepkiler gibi çeşitli gelişim süreçlerini düzenlediği bildirilmiştir (Deluc vd., 2009). Üzüm tanelerindeki

ABA düzeyleri, olgunlaşmadan hemen önce kademeli ve güçlü bir şekilde artış gösterdiği ve olgunluk aşamasında meyve kabuğunda biriktiği bildirilmiştir Davies vd., 1997; Deytieu-Belleau vd., 2007; Deluc vd., 2009).

Etilen, karbon asimilasyonu, çiçek ve yaprak senesensi, çimlenme, abiyotik ve biyotik streslere tepkiler, absisyon, elma, muz ve domates gibi klimakterik meyvelerde olgunlaşma dahil olmak üzere bitkilerde çeşitli süreçleri düzenleyebilen gaz halindeki bir hormondur (Bleecker, 2000). Üzüm, ben düşme döneminde gözlemlenen düşük etilen seviyesi nedeniyle klimakterik olmayan meyve olarak sınıflandırılmıştır; bu da bu hormonun olgunlaşmayı tetiklemekten sorumlu olmadığını düşündürmektedir (Coombe ve Hale, 1973). Bununla birlikte, son çalışmalar etilenin çiçeklenme sırasında yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve sonra azaldığını, ancak ben düşmeden hemen önce geçici de olsa bir artışın oluştuğunu göstermiştir; bu durum etilenin olgunlaşmanın başlamasında aktif rolü olduğunu düşündürmektedir (Chervin vd., 2004).

Salisilik asit (SA), 1979 yılında tütün bitkilerinde Tütün Mozaik Virüsü'ne (TMV) karşı direnç oluşturan bir uyarıcı olarak keşfedildiğinden beri, birçok araştırmada, SA'nın bitki bağışıklığını düzenleyen önemli bir bitki hormonu olduğunu öne sürülmektedir (Harborne, 1980). Ayrıca, son çalışmalar SA'nın biyotik ve abiyotik strese tolerans, bitki büyümesi ve gelişimi ve toprak mikrobiyomu gibi birçok farklı tepkiyi düzenleyebileceğini göstermektedir (Koo vd., 2020). SA'nın bitki savunma tepkisindeki rolü ancak son 30 yılda ortaya çıkmıştır. Salisilik asit bir bitki hormonu olarak kabul edilmeden önce, diğer birçok fenolik sekonder metabolitle birlikte nispeten önemsiz bir bileşik olduğu varsayılıyordu (Davis, 2010). Bağcılıkta ise SA çoğunlukla biyotik ve abiyotik stres çalışmaları, muhafaza ve meyve kalitesini iyileştirmeye yönelik çalışmalarda karşımıza çıkmaktadır (Bal vd., 2023; Ekbiç ve Koşar, 2020, Yue vd., 2023) .

Jasmonatlar ismini metil esterinin önemli bir koku bileşeni olduğu yasemin bitkisinden alırlar. Jasmonatlar genellikle jasmonik asit (JA) ve onun metil esteri ile ifade edilir. Jasmonatlar, bitki savunmasında önemli bir rol oynar, büyüme ve tohum çimlenmesi gibi birçok bitki sürecini engeller, yaşlanmayı, kopmayı, yumru oluşumunu, meyve olgunlaşmasını, pigment oluşumunu ve filiz kıvrılmasını desteklerler (Davis, 2010). Bağcılıkta abiyotik

ve biyotik stres uygulamalarında, muhafaza gibi araştırmalara konu olmaktadır (Seif vd., 2014; Elatafi vd., 2023).

Bu çalışmada Brassinosteroidlerin (BR) tanımı, öneminden bahsedilmeye çalışılmış ve bu hormon grubuyla bağcılık konusunda yapılan çalışmalardan bazıları derlenmiştir.

2. BRASSİNOSTEROİDLER

Günümüze kadar bitki büyüme düzenleyiciler etki mekanizmaları ve özellikleri dikkate alınarak beş grup altında toplanıyordu (absisik asit, oksin, giberellin, sitokinin, etilen). Ancak yenilerde gruba 'Brassinosteroid'ler başlığı altında yeni bir üye dahil oldu.

Brassinosteroid (BR)'lerin tarihi, Mitchell vd. (1970)'nin yaklaşık altmış türden polen taraması yapması ve bunların yarısının fasulye fidelerinin büyümesine katkı sağlamasını gözlemlemesiyle başladı. Çeşitli polen kaynaklarından elde edilen maddelere "brassin" adı verildi (Yokota, 1999). 1979 yılında, brassinolid (BL) adı verilen steroidal bir lakton, kolza (*Brassica napus*) poleninden izole edilmiştir (Grove vd. 1979). Yapısı, spektroskopik analiz (EI-MS, FAB-MS, NMR) ve X-ışını kırınımı ile (22R,23R,24S)-2a,3a,22,23-tetrahidroksi-24-metil-Bhomo-7-oksa-5a-kolestan-6-on olarak belirlenmiştir. Kastasteron (CS) olarak adlandırılan ikinci BR, 1982 yılında Yokota vd. (1982) tarafından kestane (*Castanea crenata*) böceklerinin safralarından izole edilmiştir. BR'ler 5-kolestan iskeletinden türetilmiştir ve yapısal farklılıkları, A/B halkalarındaki ve yan zincirdeki işlevselliğin türü ve konumundan kaynaklanmaktadır (Yokota vd., 1994, 1997). BR'nin keşfinden bu yana, 54'ü eşleniği olmayan ve 5'i eşleniği olan BR olmak üzere 59 BR, 49 angiosperm (12 tek çenekli ve 37 çift çenekli) 6 açık tohumlu, 1 pteridofit (*Equisetum arvense*), 1 briyofit (*Marchantia polymorpha*) ve 1 klorofit (alg) (*Hydrodictyon reticulatum*) dahil olmak üzere 58 bitki türünden izole edilmiştir. Dolayısıyla BR'ler, yüksek ve ilkel bitkiler de dahil olmak üzere bitki aleminde yaygın olarak dağılmıştır (Bajguza ve Tretynb, 2003).

BR'ler polen, anter, tohum, yaprak, gövde, kök, çiçek ve tahıl gibi tüm bitki organlarında tespit edilmiştir. Diğer ilginç dokular arasında böcek ve taç urları bulunur; örneğin, BR'lerin bulunduğu *Castanea crenata*, *Distylium racemosum* veya *Catharanthus roseus*'un urları gibi. Ayrıca, genç dokular olgun dokulardan daha yüksek BR seviyeleri içerir. Genel olarak, polen ve olgunlaşmamış tohumlar BR'lerin özellikle zengin kaynaklarıdır, vejetatif

dokulardaki konsantrasyonları diğer bitki hormonlarına kıyasla çok düşüktür (Griffiths vd., 1995; Clouse ve Sasse, 1998; Fujioka, 1999).

BR'lerin geniş bir şekilde bulunduğu bitkiler ve tespit edilen bileşik sayıları; *Catharanthus roseus*'un cüce mutantında (13 bileşik), *Arabidopsis thaliana*'da (11 bileşik), *Cryptomeria japonica*'da (9 bileşik), *Cupressus arizonica*'da (9 bileşik), *Dolichos lablab*'da (8 bileşik), *Oryza sativa*'da (8 bileşik), *Lilium longiflorum*'da (7 bileşik), *Secale cereale*'de (6 bileşik) ve *Thea sinensis*'te (6 bileşik) şeklinde belirtilmiştir (Bajguza ve Tretynb, 2003).

BR'ler bitkilerde; hücre bölünmesi, hücre uzaması, damar farklılaşması, üreme gelişimi ve gen ifadesinin modülasyonu dahil olmak üzere nanomolar ile mikromolar konsantrasyonlarda çok sayıda gelişimsel süreçte önemli rol oynayan bitki büyüme düzenleyicileridir. BR'ler ayrıca tohumların çimlenmesi, rizogenez, çiçeklenme, yaşlanma, kopma ve olgunlaşma gibi çeşitli diğer gelişim süreçlerini de etkiler. Ayrıca bitkilere çeşitli abiyotik ve biyotik streslere karşı direnç kazandırır (Yokota, 1999; Sasse, 2003; Mussig, 2005).

BR'lerin kuraklık, soğuk, tuzluluk ve ağır metal stresi gibi çeşitli abiyotik stres türlerine karşı toleransı arttırdığı bildirilmiştir (Ahammed vd., 2020; Nolan vd., 2020). BR'lerin CO₂ asimilasyonunu iyileştirdiği, antioksidan bileşik üretimini artırdığı, reaktif oksijen türlerinin (ROS) temizlenmesine katıldığı ve stresle ilişkili hormon absisik asit (ABA) sinyal yoluyla etkileşime girdiği gösterilmiştir (Ahammed vd., 2020; Nolan vd., 2020; Anwar vd., 2018). Öte yandan BR'ler, skotomorfogenez, damar farklılaşması, stoma gelişimi, yaşlanma kontrolü ve çiçeklenme gibi gelişim süreçlerinde rol oynar (Clouse, 2011; Zhu vd., 2013). En önemli biyolojik etkilerinin hücre bölünmesinin, hücre genişlemesinin ve mikrotübül oryantasyonunun düzenlenmesi yoluyla büyümenin uyarılması olduğu bildirilmiştir (Azpiroz vd., 1998; Goda vd., 2004; Hu vd., 2000; Pereira-Netto vd., 2011). Bitkilerdeki BR konsantrasyonları çok düşüktür ve tipik olarak bitkilerin taze ağırlığının sadece 10.12–10.9 g/g'ını temsil eder ve bu da izolasyonları için teknik zorluklar yaratır (Bajguz ve Tretyn, 2003). İmmünoafinite saflaştırma ve UHPLC-ESI-MS/MS kantifikasyonu gibi daha yeni ve daha hassas yöntemler geliştirilmiş olup, bu yöntemler, bunların tespitini, tanımlanmasını ve kantifikasyonunu önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır (Oklestkova vd., 2017; Tarkowská vd., 2016).

BR'ler, enzimatik reaksiyonların aktivasyonu veya baskılanması, protein asimilasyonunun uyarılması ve çeşitli kimyasal savunma materyallerinin bir

araya getirilmesi gibi biyokimyasal reaksiyonların karmaşık bir ilerlemesi nedeniyle stres tepkisini düzenler. Bitki gelişimindeki rollerine ek olarak, BR'ler bitkileri kuraklık, aşırı sıcaklıklar, soğuk zararı, ağır metaller, herbisit hasarı ve tuzluluk gibi çeşitli çevresel streslerden koruma yeteneğine sahiptir (Sasse, 1999; Divi vd. 2010; Shahbaz ve Ashraf 2007; Behnamnia vd., 2009). İnsan sağlığı açısından da bakıldığında; BR'lerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olmaksızın stres kaynaklı yaralanmalara karşı savunmadaki önemini ortaya konulmuştur (Babalık vd., 2020, Babalık vd., 2023).

2.1. Brassinosteroidlerin Bağcılıkta Kullanımı

Modern bağcılık, anaç kullanımı, budama tekniklerinin optimizasyonu, gübreleme ve fitohormon uygulamaları gibi kültürel stratejilerle bu ürünün yönetimi ve iyileştirilmesine odaklanmıştır (Gladstone ve Dokoozlian, 2003). Bağcılık alanında yapılan çalışmalarda bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımının önemli bir yeri vardır. Yapılan çalışmalarda bitki hormon ilavesi, gelişmeyi artırmak ve/veya senkronize etmek ve çevresel zorluklara karşı toleransı artırmak için sıklıkla kullanılır; bu genellikle bitkinin kendisinde bulunan endojen hormonların rolleri taklit edilerek yapılır (Fenn ve Giovannoni, 2021; Jogawat vd., 2020; Zhao vd., 2021). Son zamanlarda yeni bir hormon grubu olarak karşımıza Brassinosteroidler çıkmaktadır.

Bir sterol türevi bitki hormonu olan ve stres faktörlerine (abiyotik ve biyotik) karşı çeşitli fizyolojik süreçleri ve tepkileri düzenleyen Brassinosteroidler (BR'ler) üzüm ile yapılan çalışmalarda da son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Asmalardaki BR varlığı ve çeşitliliğinin belirlenmesinin moleküler anlamda tanımlanmaya çalışıldığı bir araştırmada; Arabidopsis genomunun biyoenformatik homoloji analizleri, biyosentetik, algı ve sinyal yollarıyla ilişkili 14 gen bulunmuş ve bu, iki tür arasında bu yolların kısmen korunduğunu düşündürmüştür. Bu genlerin dokuya ve gelişime özgü ifade profilleri, dokuz farklı asma dokusunda qRT-PCR ile belirlenmiş ve UHPLC-MS/MS kullanılarak 20 farklı dokuda 10 farklı BR bileşiği tanımlanarak miktarları belirlenmiştir. Çalışmada genel olarak, BR'lerin biyosentez yolu genlerinin ifade profili, metabolitlerin birikimiyle doğrudan ilişkili olmasa da bu durum BR biyosentez yolunun karmaşıklığını ve düzenlenmesini yansıtabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Prada vd., 2022).

Asma fidanlarında kadmiyum fitotoksitesine karşı BR'lerin etkisinin araştırıldığı bir çalışma yapılmış ve çalışmada; Cd stresi altında 24 epibrassinolid'in (EBR) üzüm (*Vitis vinifera* L.) klorofil floresansı, antioksidan sistem ve gen ifadesi üzerindeki etkisini araştırmak hedeflenmiştir. Asma fidanları yarı güçlü Hoaglands besin çözeltisi, 1 mM Cd₂⁺ (CdCl₂) ve EBR (0,05 mg/L, 0,1 mg/L, 0,2 mg/L) ile Cd₂⁺ kombinasyonu ile muamele edilmiştir. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) ve malondialdehitin (MDA) daha yüksek biyosentezinin neden olduğu oksidatif stres, Cd toksisitesi altında asma fidanlarının morfolojik özelliklerine ve fotosentezine zarar vermiştir. EBR uygulaması Cd stres hasarı semptomlarını hafifletmiş PS II'nin (Fv/Fm) maksimum fotokimyasal verimliliğini, fotokimyasal söndürme katsayısını (qP) ve gerçek PS II fotokimyasal verimliliğini (ΦPSII) artırmış, süperoksit anyonlarının, hidrojen peroksitin (H₂O₂) ve MDA'nın seviyelerini düşürmüştür. Sonuçlar; asma fidanlarında EBR uygulamasıyla Cd kaynaklı oksidatif stresin iyileştirilmesini esas olarak AsA-GSH döngüsünün düzenlenmesiyle sağlandığını ve EBR'nin Cd stres hafifletme etkisinin 0,05 mg/L'de 0,1 mg/L ve 0,2 mg/L'den daha belirgin olduğunu göstermiştir (Li vd., 2022).

İşçi (2019) yaptığı çalışmada 'Sultani Çekirdeksiz' üzüm çeşidinde gibberellik asit (GA₃) ve brassinosteroid (BRs) uygulamalarının verim ve tane kalitesi üzerine olan etkilerini incelemiştir. 28-homobrassinolid (Hbl) çözeltileri 4 ppm (Hbl-4) ve 8 ppm (Hbl-8) konsantrasyonlarında ben düşme döneminde püskürtülerek uygulanmıştır. Üç farklı GA₃ konsantrasyonu da yine püskürtme şeklinde: çiçeklenme öncesi dönemde (Mayıs ayının ilk haftası) 5-10 cm uzunluğunda salkımlar halinde 10 ppm, 2. Uygulama: Çiçeklenmenin %45-50'si döneminde (Haziran ortası) 15 ppm ve 3. Uygulama: Tane çapı 3-5 mm olan dönemde 20 ppm şeklinde uygulanmış ve salkım ve tanelere ilişkin bazı kalite özellikleri (ağırlık, genişlik ve uzunluk vb.), salkım rengi, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivite üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, etkilerin farklı olduğunu ve tüm değişkenlerde tutarlı olmadığını göstermiştir. 28-homobrassinolid' uygulaması 'Sultani' üzümlerinin üretiminde GA₃ düzeyinde olmasa da verimin iyileştirilmesini sağlamış, renk ve tatlılığın artırılması gibi bazı potansiyel olarak yararlı etkiler göstermiştir.

Kırmızı renkli üzümlerde antosiyanin miktarının artırılması ve tane renginin düzenlenmesi için farklı uygulamalar yapılmaktadır. Aynı amaçla tane rengini iyileştirmedeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla ticari bir BR formülü, Red Globe ve Crimson Seedless üzüm çeşitlerinde uygulanmıştır. Ben

düşme döneminde 0,06 mg/L konsantrasyonda bir kez uygulanmış ve uygulama 7 gün sonra tekrarlanmıştır. BR uygulaması, her iki çeşidin de meyvelerindeki antosiyanin miktarını artırmıştır. Uygulanan ticari formülasyon, Red Globe üzüm çeşidinde tane rengini iyileştirmiş ve Crimson Seedless'in daha büyük tanelerinde rengi korumuştur. Yapılan çalışma BR'lerin ticari bağlamda meyve rengini iyileştirme aracı olarak potansiyelini desteklemekte, gelecekteki çalışmalar ve BR'lerin sofralık üzüm yönetim programlarına dahil edilmesi için temel oluşturmaktadır (Vergara vd., 2020).

Soğuk depolama süresince 'Rish Baba' üzüm çeşidinde 0, 0,75 ve 1,5 ppm konsantrasyonlarında brassinosteroid (BR) uygulaması yapılmış ve daha sonra soğuk hasarı (SH) ve çürüme, iyon sızıntısı, lipid peroksidasyonu ve malondialdehit birikimi, hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriği, C vitamini, organik asitler, toplam çözünür katılar, katalaz, peroksidaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesi gibi kalite parametreleri 5 hafta boyunca ölçülmüştür. Sonuçlar, BR'nin depolama sırasında üzüm tanelerinin SH ve çürümesini etkili bir şekilde azalttığını ve ayrıca antioksidan enzimlerin aktivitesini indüklediğini, 1,5 ppm'nin en iyi etkiyi gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, BR'nin üzümde antioksidan tepkiyi tetiklemesinin SH azalmasıyla ilişkili olabileceğini göstermektedir. Sonuçlara göre, BR üzümün kalitesini ve raf ömrünü korumuştur. Yapılan çalışma BR'nin üzümün soğuk stresine karşı toleransını artırdığına dair ilk kanıttır (Pakkish vd., 2019).

Brassinolid (BL) de dahil olmak üzere brassinosteroidler, çeşitli bitki metabolik yollarında önemli bir rol oynayan ve bitkilerin stres toleransını artıran bir polihidroksi steroid-fitohormon sınıfıdır, ancak tuzdan etkilenen asmalardaki işlevi hakkında daha az veri mevcuttur. Yapılan bir çalışmada, BL'nin farklı iki konsantrasyonu (1 ve 2 mg L^{-1}) 1000, 2000 ve 3000 mg L^{-1} NaCl tuz uygulaması altındaki Thompson Seedless üzüm çeşidine ait asma fidanlarına uygulanmış ve fizyo-anatomik özelliklerindeki azaltılmasındaki iyileştirme potansiyelini belirlemek amaçlanmıştır. Veriler, tuzluluğun büyüme özelliklerini azalttığını, ancak BL uygulamalarının tuzdan etkilenen bitkinin genel performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Tuzluluk stresi, fotosentetik pigmenti, bağıl su içeriğini ve iyon yüzdesini (azot, fosfor, potasyum, potasyum/sodyum oranı) önemli ölçüde azaltmıştır. Alternatif olarak, BL püskürtme, fotosentetik pigmenti önemli ölçüde (p 0,05) artırarak, uygun bir potasyum/sodyum oranını korumuş ve iyon yüzdesini artırmıştır.

Artan tuzluluk seviyeleri, bitki sodyum yüzdesini önemli ölçüde artırmış ve artan membran geçirgenliğiyle ilişkili bir membran arızasına neden olmuştur; BL uygulaması, işlem görmemiş tuzlu bitkilere kıyasla azalan membran geçirgenliğiyle ilişkili sodyum yüzdesini azaltmıştır. Tuzluluk ve BL, artan prolin birikimi ve antioksidan enzim aktiviteleriyle ilişkili antioksidan kapasiteyi önemli ölçüde iyileştirmiştir. Anatomik olarak, tuzluluk stresi yaprak yapısını önemli ölçüde değiştirmiştir. BL püskürtme, tuzluluğun yaprak anatomisi üzerindeki zararlı etkilerini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (El-Banna vd., 2022).

Amerikan asma anaçlarının (140 Ru ve 41 B) köklenmesi üzerine oksin ve brassinosteroidlerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada çeliklerde kök gelişimi (kök sayısı, en uzun kök uzunluğu, kök gelişim ölçeği, yaş ve kuru kök ağırlıkları, kuru kök oranı) ve sürgün gelişimi (ana sürgün uzunluğu, boğum sayısı, sürgün sayısı, yardımcı sürgün sayısı) belirlenmiştir. 41B anaçlarında 5 saniyelik 1500 ppm IBA ve 10 dakikalık 1,00 ppm HBR uygulamalarının köklenmeyi ve sağlıklı bitki oranlarını teşvik ettiği belirlenmiştir. 1000 ppm IBA, 0,50 ve 1,00 ppm HBR ile tüm EBR uygulamaları 140 Ru'da köklenme ve sağlıklı bitki oranlarında gözle görülür bir artış sağlamıştır. 140 Ru, 41B'ye kıyasla her zaman daha iyi büyüme ve gelişme göstermiş olmasına rağmen, IBA uygulamalarının her iki anaçta kök ve sürgün gelişimi üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre brassinosteroidlerin asma anaç çeliklerinde köklenmeyi teşvik etmede yararlı olabileceği sonucu elde edilmiştir (Uzunoğlu ve Gökbayrak, 2018).

3. SONUÇ

Bitkinin generatif ya da vejetatif yolla doğumundan başlayarak ölümüne kadar yaşadığı metabolik olayların tümü bitki fizyolojisiyle ilgilidir ve bitki büyüme düzenleyiciler de bitki fizyolojisinin en önemli mihenk taşlarındandır. Yakın zamanlara kadar farklı başlıklar altında incelenen hormon dünyasına yeni üyelerde katılmıştır ve görünen o ki ilerleyen zamanlarda daha yenileri de katılacaktır. Bu karmaşık hormon mekanizmanın tanımlanmasına yönelik bilimsel manada birçok çalışma yapılmaktadır. Yapılan çalışmada altıncı grup hormon olarak tanımlanan ve birçok bitki grubunda aktif olarak çalışılan 'Brassinosteroid'lerin keşfi, tanımı, etki mekanizması ve bağıcılıkta kullanımı hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Ahammed, G. J., Li, X., Liu, A., & Chen, S. (2020). Brassinosteroids in Plant Tolerance to Abiotic Stress. *J. Plant Growth Regul*, 39, 1451–1464.
- Anwar, A., Liu, Y., Dong, R., Bai, L., Yu, X., & Li, Y. (2018). The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: A review. *Biol. Res*, 51, 46.
- Azpiroz, R., Wu, Y., LoCascio, J. C., & Feldmann, K. A. (1998). An Arabidopsis Brassinosteroid-Dependent Mutant Is Blocked in Cell Elongation. *Plant Cell*, 10, 219–230.
- Babalık, Z., Cessur, A., Albayrak, İ., & Baydar, N. G. (2023). Hasat öncesi 24-epibrassinolid uygulamalarının üzümde verim ve bazı kalite kriterlerini artırma potansiyellerinin belirlenmesi *BAHCE*, 52, 160–167.
- Babalık, Z., Demirci, T., Aşçı, Ö. A. & Baydar, N. G. (2020). Brassinosteroids modify yield, quality, and antioxidant components in grapes (*Vitis vinifera* cv. Alphonse Lavallée). *J. Plant Growth Regul*, 39, 147–156.
- Bajguza, A., & Tretynb, A. (2003). The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants. *Phytochemistry*, 62, 1027–1046.
- Bal, E., Kök, D., Torçuk, A. İ., & Seçkin, G. U. (2023). Preharvest Applications of Alginate, Salicylic Acid and Oxalic Acid Have a Synergistic Effect on Quality and Storability of Red Globe Grape Variety (*Vitis vinifera* L.). *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 229-238.
- Behnamnia, M., Kalantari, K., & Ziaie, J. (2009). The effects of brassinosteroid on the induction of biochemical changes in *Lycopersicon esculentum* under drought stress. *Turkish Journal of Botany*, 33(6), 417-428.
- Bleecker, A. B., & Kende, H. (2000). Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 16, 1-18.
- Chen, C., Zou, J., Zhang, S., Zaitlin, D., & Zhu, L. (2009). Strigolactones are a New-Defined Class of Plant Hormones Which Inhibit Shoot Branching and Mediate The Interaction of Plant-AM Fungi and Plant-Parasitic Weeds. *Science in China Series C: Life Sciences*, 52(8), 693-700.
- Chervin, C., El-Kereamy, A., Roustan, J. P., Latché, A., Lamon, J., & Bouzayen, M. (2004). Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Science*. 167, 1301-1305.
- Clouse, S. D. (2011). Brassinosteroids. Arab. Book, 9, e0151.

- Clouse, S. D., & Sasse, J. M. (1998). Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49, 427–451.
- Coombe, B. G., & Hale, C. R. (1973). The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiology*, 51, 629-634.
- Davies, C., Boss, P. K., & Robinson, S. P. (1997) Treatment of grape berries, a nonclimacteric fruit with a synthetic auxin, retards ripening and alters the expression of developmentally regulated genes. *Plant Physiology*, 115, 1155-1161.
- Değirmenci, D., & Kunter, B. M. (2007). Üzümlerde Çekirdeksizlik ve Islah Amaçlı Kullanımı. *Alatarım*, 10.
- Deluc, L. G., Quilici, D. R., Decendit, A., Grimplet, J., Wheatley, M. D., Schlauch, K. A., Mérillon, J. M., Cushman, J. C., & Cramer, G. R. (2009). Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. *BMC Genomics*, 10, 1-33.
- Deytieux-Belleau, C., Gagne, S., L'Hyvernay, A., Doneche, B., & Geny, L. (2007). Possible roles of both abscisic acid and indol-acetic acid in controlling grape berry ripening process. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*. 41, 141-148
- Divi, U. K., Rahman, T., & Krishna, P. (2010). Brassinosteroid-mediated stress tolerance in Arabidopsis shows interactions with abscisic acid, ethylene and salicylic acid pathways. *BMC plant biology*, 10, 1-14.
- Ekbiç, H. B., & Koşar, S. (2020). Determination of the effect of salicylic acid on improving salt resistance of grapevine rootstocks *in vitro*. *Fresenius Environ Bull*, 29(2), 685–692.
- El-Banna, M. F., AL-Huqail, A. A., Farouk, S., Belal, B. E. A., El-Kenawy, M. A., & Abd El-Khalek, A. F. (2022). Morpho-Physiological and Anatomical Alterations of Salt-Affected Thompson Seedless Grapevine (*Vitis vinifera* L.) to Brassinolide Spraying. *Horticulturae*, 8, 568.
- Fenn, M. A., & Giovannoni, J. J. (2021). Phytohormones in fruit development and maturation. *Plant J.*, 105, 446–458.
- Fujioka, S. (1999). Natural occurrence of brassinosteroids in the plant kingdom. *I(1)*, 21–45.

- Gladstone, E. A., & Dokoozlian, N. K. (2003). Influence of leaf area density and trellis/training system on the light microclimate withingrapevine canopies. *Vitis*, 42, 123–131.
- Goda, H., Sawa, S., Asami, T., Fujioka, S., Shimada, Y., & Yoshida, S. (2004). Comprehensive Comparison of Auxin-Regulated and Brassinosteroid-Regulated Genes in Arabidopsis. *Plant Physiol*, 134, 1555–1573.
- Griffiths, P. G., Sasse, J. M., Yokota, T., & Cameron, D. W. (1995). 6 Deoxytyphasterol and 3-dehydro-6-deoxoteasterone, possible precursors to brassinosteroids in pollen of Cupressus arizonica. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 59, 956–959.
- Grove, M. D., Spencer, G. F., Rohwedder, W. K., Mandava, N., Worley, J. F., Warthen Jr., J. D., Steffens, G. L., Flippen-Anderson, J. L., & Cook Jr., J. C. (1979). Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from Brassica napus pollen. *Nature*, 281, 216–217.
- Harborne, J. B. (1980). Plantphenolics. In: Secondary Plant Products. E. A. Bell, B.V. Charlwood(ed.), Springer Verlag, Berlin, 329-402p
- Hu, Y., Bao, F., & Li, J. (2000). Promotive effect of brassinosteroids on cell division involves a distinct CycD3-induction pathway in Arabidopsis. *Plant J.*, 24, 693–701.
- Hwang, I., Sheen, J., & Uller, B. (2012). Cytokinin signaling networks. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 353-380.
- İşçi B. (2019). Yield and quality of Sultani grapes (*Vitis vinifera* L.) treated with 28-homobrassinolide and gibberellic acid. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(5), 12441-12450.
- Jogawat, A., Yadav, B., Chhaya, Lakra, N., Singh, A. K., & Narayan, O. P. (2020). Crosstalk between phytohormones and secondarymetabolites in the drought stress tolerance of crop plants: A review. *Physiol. Plant*, 172, 1106–1132.
- Koo, Y. M., Heo, A. Y., Choi, H. W. (2020). Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator. *Plant Pathol.*, 36(1), 1-10.
- Kunter, B., & Tahmaz Karaman, H. (2025). *Vitis* türlerinin süs asmaı olarak kullanılması ve gelişme olanakları. *Bahçe*, 54(Özel Sayı 1), 506-512.
- Mitchell, J. W., Mandava, N. B., Worley, J. F., Plimmer, J. R., & Smith, M. V. (1970). Brassins: a new family of plant hormones from rape pollen. *Nature*, 225, 1065–1066.
- Mussig, C. (2005). Brassinosteroid-promoted growth, *PlantBiol*, 7.

- Nolan, T. M., Vukasinovic, N., Liu, D., Russinova, E., & Yin, Y. (2020). Brassinosteroids: multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses. *Plant Cell*, 32, 295–318.
- Oklestkova, J., Tarkowská, D., Eyer, L., Elbert, T., Marek, A., Smržová, Z., Novák, O., Fránek, M., & Zhabinskii, V. N. (2017). Strnad, M. Immunoaffinity chromatography combined with tandem mass spectrometry: A new tool for the selective capture and analysis of brassinosteroid plant hormones. *Talanta*, 170, 432–440.
- Pakkish, Z., Ghorbani, B., & Najafzadeh, R. (2019). Fruit quality and shelf life improvement of grape cv. Rish Baba using Brassinosteroid during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 967–975.
- Pan, X., Li, D., & Zhang, W. (2010). Effect of GA₃ on seed germination characteristic of *V. davidii* and *V. adenoclada*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 38, 184186.
- Parada, F., Espinoza, C., & Arce-Johnson, P. (2017). Phytohormonal Control over the Grapevine Berry Development. *InTech*, 143p.
- Pereira-Netto, A. B. (2010). Genomic and non-genomic events involved in the brassinosteroid-promoted plant cell growth. In *Brassinosteroids: A Class of Plant Hormone* (pp. 243-268).
- Santer, A., Calderon-Villalobos, L. I. A., & Estelle, M. (2009). Plant Hormones are Versatile Chemical Regulators of Plant Growth. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 301-307.
- Sasse, J. M. (2003). Physiological actions of brassinosteroids: an update, *J. Plant Growth Regul.*, 22, 276-288.
- Sauer, M., Robert, S., & Kleine-Vehn, J. (2013). Auxin: Simply complicated. *Journal of Experimental Botany*, 64, 2565-2577.
- Seif, S. N., Tafazzoli, E., Talaii, A. R., Aboutalebi, A., & Abdosi, V. (2014). Evaluation of two grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) against salinity stress and surveying the effect of methyl jasmonate and epibrassinolide on alleviation the salinity stress. *Int. J. Biosci.*, 5, 116–125.
- Shahbaz, M., & Ashraf, M. (2007). Influence of exogenous application of brassinosteroid on growth and mineral nutrients of wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 39(2), 513.

- Tarkowská, D., Novák, O., Oklestkova, J., & Strnad, M. (2016). The determination of 22 natural brassinosteroids in a minute sample of plant tissue by UHPLC–ESI–MS/MS. *Anal. Bioanal. Chem.*, 408, 6799–6812.
- Tavşan, Ö., Dardeniz, A., & Şahin, E. (2020). Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı GA₃ uygulamalarının üzüm verim ve kalitesine etkilerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(4), 1072–1077.
- Uzunoğlu, Ö., & Gökbayrak, Z. (2018). Influence of IAA, 28-homobrassinolide and 24-epibrassinolide on Adventitious Rooting in Grapevine. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)*, 6(1), 23–30.
- Vergara, A., Torrealba, M., Alcalde, J. A., & Perez-Donoso, A. G. (2020). Commercial brassinosteroid increases the concentration of anthocyanin in red tablegrape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26, 427–433.
- Went, F. W., & Thimann, K. V. (1937) *Phytohormones*. Macmillan, New York
- Yokota T. (1999). The history of brassinosteroids: Discovery to isolation of biosynthesis and signal transduction mutants. *Springer-Verlag*, 1(1):1–20.
- Yokota, T., Nakayama, M., Wakisaka, T., Schmidt, J., & Adam, G. (1994). 3-Dehydroteasterone, a 3,6-diketobrasinosteroid as a possible biosynthetic intermediate of brassinolide from wheat grain. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58, 1183–1185.
- Yokota, T., Nomura, T., & Nakayama, M. (1997). Identification of brassinosteroids that appear to be derived from campesterol and cholesterol in tomato shoots. *Plant Cell Physiol.*, 38, 1291–1294.
- Yue, X., Ju, Y., Zhang, T., Yu, R., Xu, H., & Zhang, Z. (2023). Application of salicylic acid to cv. Muscat Hamburg grapes for quality improvement: Effects on typical volatile aroma compounds and anthocyanin composition of grapes and wines. *Lwt*, 182, 114828.
- Zhao, B., Liu, Q., Wang, B., & Yuan, F. (2021). Roles of Phytohormones and Their Signaling Pathways in Leaf Development and Stress Responses. *J. Agric. Food Chem*, 69, 3566–3584.
- Zhu, J., Sae-seaw, J., & Wang, Z. (2013). Brassinosteroid signalling. *Development*, 140, 1615–1620.

BÖLÜM 9

PIWI'LER: SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIK İÇİN MANTAR HASTALIKLARINA DİRENÇLİ ŞARAPLIK ÜZÜM ÇEŞİTLERİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK^{1*}

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955758>

¹Çanakkale Onsekiz Mart Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0012-9782>

*sorumlu yazar: zgokbayrak@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

1800'lü yıllarda Avrupa bağları mantar hastalıkları ve filoksera istilası nedeniyle büyük bir krizle karşı karşıya kalmıştır. Bu felaketler Avrupa asmalarının hem kriptogamik hastalıklara hem de zararlılara karşı düşük dayanıklılığını açıkça ortaya koymuş ve çözüm arayışlarını hızlandırmıştır. Bu dönemde temel amaç Amerikan üzüm çeşitlerinin filoksera ve mantar hastalıklarına karşı sahip olduğu doğal direnci Avrupa çeşitlerinden elde edilen şarapların üstün organoleptik özellikleriyle birleştirmektir. Bu doğrultuda belirli Avrupa şaraplık üzüm çeşitleri ile Amerikan üzüm çeşitlerinin melezlemesi hedeflenmiştir. Ancak, elde edilen birinci nesil melezlerin şarap kalitesi açısından beklenen potansiyeli göstermediği görülmüştür.

Son yıllarda, araştırmalar çok daha karmaşık ve etkili olan çoklu çaprazlama tekniğine doğru kaymıştır. Birinci nesil melezler *Vitis* cinsinin diğer çeşitleriyle tekrar tekrar çaprazlanarak, elde edilen asmaların neredeyse tüm DNA'larının *Vitis vinifera* ile izlenebilir olmasına ve aynı zamanda Amerikan türlerine özgü hastalık direncini göstermesine olanak sağlamıştır (Pertot vd., 2017)

Bu grup melezlemeler mantara dayanıklılık gösteren üzüm çeşitlerinin geliştirilmesi konusunda daha sık yapılagelmektedir. Bu çabaların sonucunda, Almanca "Pilzwiderstandsfähig" (hastalığa dayanıklı üzüm çeşidi) kelimesinden türetilmiş olan "PİWİ" çeşitler ortaya çıkmıştır (Siegfried ve Temperli 2008; Pedneault ve Provost 2016). PİWİ üzüm çeşitlerinin tarihi, 1880 ve 1935 yılları arasında Fransa'da geliştirilen farklı *Vitis* türleri arasındaki melezlemelere dayanmaktadır. Özellikle PİWİ üzüm çeşitleri mantar hastalıklarına dayanıklı üzüm çeşitlerinin geleneksel çeşitlerle çaprazlanması sonucu ortaya çıkmıştır. PİWİ terimi bağ küllemesi (*Erysiphe necator* (syn. *Uncinula necator*) (Schw.) Burr.) ve bağ mildiyözü (*Plasmopara viticola*) gibi önemli sorunlara karşı direnci ifade eder (Scariolo vd., 2024). PİWİ üzüm çeşitleri geleneksel mantar ilacı kullanımını azaltmak isteyen üreticiler için çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatiftir (Duley vd., 2023; Scariolo vd., 2024).

PİWİ üzüm çeşitleri organik ve biyodinamik şarap üreticileri tarafından daha az kimyasal müdahale gerektirdiği için yaygın olarak tercih edilmektedir (Duley vd., 2023). Bununla birlikte, bu üzüm çeşitlerinin içerdiği farklı kimyasal bileşikler onları *V. vinifera*'dan yapılan geleneksel şaraplardan

ayırmaktadır ve bu yüzden yeni veya alternatif şarap yapım tekniklerine ihtiyaç duyulabilir (Duley vd., 2023). Özellikle yeni PİWİ çeşitleri istenmeyen tatlardan kaçınmak amacıyla geliştirilmiş olsa da şarap üretiminde bazı zorluklar yaratabilir.

Yapılan araştırmalar PİWİ üzüm çeşitlerinin özellikle mantar direnci sağlayan gen kümelerinin ve bununla ilişkili farklılaşmış gen etkinliklerinin moleküler mekanizmalarını anlamada potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Scariolo vd., 2024). Bu bilgiler, daha etkili hastalık direnci olan çeşitlerin geliştirilmesine yönelik olanaklar sunmaktadır.

PİWİ üzüm çeşitleri aşağıdaki ülkelerde yetiştirilmektedir: Almanya, Avusturya, Belçika, Çekya, Çin, Danimarka, Fransa, İngiltere, İrlanda, İsveç, Kanada, Lihtenştayn, Macaristan, Norveç, Polonya ve Slovenya. İtalya’da ise çoğunluğu kuzeydoğuda olan birkaç bölgede bu yeni çeşitlerin yetiştirilmesine izin verilmektedir (<https://www.terrediger.it/en/PİWİ-association/>). Töpfer ve Trapp (2022) Almanya ve Fransa’da bulunan dayanıklı çeşitlerin listesini vermiştir.

PİWİ çeşitlerinin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar (Duley vd. 2023; Martín-García vd. 2024) aşağıda verilmiştir.

Avantajları

- PİWİ çeşitleri bağ küllemesi ve bağ mildiyözü gibi başlıca mantar hastalıklarına karşı daha az bitki koruma uygulaması gerektirir; bu durum hem sürdürülebilirlik hem de kimyasal girdiler, yakıt, makine ve işçilik maliyetlerinde ciddi tasarruf sağlar.
- İlaçlama ihtiyacının azalması toprak sıkışmasını en aza indirir ve toprak biyotasının (mikroorganizma çeşitliliğinin) korunmasına katkıda bulunur.
- Traktör kullanımının riskli olduğu dik yamaçlarda, özellikle zeminin ıslak ve kaygan olduğu koşullarda, daha az bitki koruma önlemine ihtiyaç duyulması iş güvenliğini artırır.
- Çoğu PİWİ çeşidi serin iklim *V. vinifera* çeşitlerinden daha yüksek verim potansiyeline sahiptir; çünkü üzümlerin daha büyük bir kısmı hastalıklardan etkilenmeden gelişebilir.
- Geleneksel çeşitlere alternatif olarak şarap üreticilerine yeni ve farklı bir ürün seçeneği sunarlar.

- Serin iklim bölgelerinde organik ve biyodinamik bağcılığı kolaylaştırır.
- Birçok PİWİ çeşidi düşük müdahaleli ve doğal şarap üretimine son derece uygundur.
- Serin iklimlerde kırmızı şarap üretiminde de önemli bir fırsat yaratırlar.
- Yüksek verim potansiyeli, erkencilik, yüksek asidite ve nötr aromatik profilleri sayesinde birçok PİWİ çeşidi köpüklü şarap üretimi için oldukça elverişlidir.

Dezavantajları

- *V. vinifera* olmayan çeşitlere karşı halen bir önyargı mevcuttur.
- Birçok PİWİ çeşidinin yabancı ve alışılmadık isimleri (örneğin Bronner ve Regent gibi) tanıtım ve pazarlama açısından zorluklar yaratabilmektedir.
- PİWİ'ler onlarca yıldır geliştirilmiş olmasına rağmen ilk yıllarda melezlerin kötü bir üne sahip mülayim şaraplar üretmesi nedeniyle olumsuz algılar kısmen devam etmektedir.

Buna rağmen, PİWİ üzüm çeşitleri mantar hastalıklarına dirençli melezler olarak bağcılıkta giderek artan bir öneme sahiptir. Araştırmalar, özellikle Almanya, İsviçre, Avusturya ve Fransa gibi Avrupa ülkelerinde, bu üzüm çeşitlerinin dikim alanlarının hızla arttığını göstermektedir (Duley vd., 2023; Kiefer ve Szoloki 2024). Ayrıca Avrupa Birliği'nin 2030 yılına kadar pestisit kullanımını %50 oranında azaltma hedefi bu türlerin benimsenmesini daha da zorunlu hale getirmektedir (Duley vd. 2023).

Gelecek yıllardaki potansiyellerine bakıldığında

Üretim miktarları açısından;

PİWİ üzüm çeşitleri çevresel sürdürülebilirlik, düşük kimyasal kullanım ve mantar hastalıklarına karşı dayanıklılık gibi özellikleri nedeniyle giderek artan bir üretim potansiyeline sahiptir. Her ne kadar bu çeşitlerin üretim miktarları tam olarak belirlenmemiş olsa da Almanya gibi ülkeler PİWİ çeşitlerinin üretiminde lider konumdadır. Artan üretim, düşük pestisit gereksinimleri sayesinde önemli bir ekonomik avantaj da sağlamaktadır (Scariolo vd. 2024).

Yeni PİWİ çeşitlerinin araştırma ve geliştirilmesi açısından;

PİWİ üzüm çeşitleri hastalıklara dirençli olmaları nedeniyle sürdürülebilir tarım yöntemlerinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Farklı genetik profilleri hem üzüm kalitesini hem de hastalıklara karşı dayanıklılığını artırmada kritik rol oynamaktadır. Gelişmiş genom analizleri bu üzüm çeşitlerinin direnç mekanizmalarını anlamada önemli bilgiler sunmaktadır (Casanova-Gascón vd. 2019; González-Centeno vd. 2019).

Tüketici tercihleri ve pazarlama açısından;

Tüketici araştırmaları, PİWİ üzüm çeşitlerinden yapılan şarapların, yenilikçi ve sürdürülebilir bir yaklaşımı benimseyen tüketiciler tarafından olumlu karşılandığını göstermektedir. Geleneksel değerler ve yerelliğe vurgu yapan pazarlama stratejileri bu çeşitlerin benimsenmesini desteklemektedir (Kiefer ve Szolnoki, 2024).

Genel olarak, PİWİ üzüm çeşitlerinin ekolojik ve ekonomik avantajları sayesinde gelecekte küresel üzüm üretiminde önemli bir paya sahip olması beklenmektedir. Ayrıca, farklı coğrafya ve iklim koşullarına adaptasyon yetenekleri bu çeşitlerin iklim değişikliklerine karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlayacaktır (González-Centeno vd. 2019; Wang vd. 2023).

2. ÇEŞİTLER

PİWİ olarak kaydedilen üzüm çeşitlerine ait bilgiler, farklı internet kaynaklarından derlenmiştir. Çeşit özellikleri ve salkım şekilleriyle ilgili bilgiler Şekil 1-3'ün altında belirtilen kaynaklardan temin edilmiştir.

Accent

Kırmızı üzüm çeşidi Kolor x Chancellor melezlemesi sonucu elde edilmiş türler arası yeni bir çeşittir. Sinonimi veya ıslah numaraları Geisenheim 8230-2 ve GM 8230-2'dir. Geç olgunlaşan bu çeşit bağ mildiyösüne yüksek, bağ küllemesine ise yeterli derecede dayanıklılık göstermektedir. Gevşek salkım yapısı ve sağlam gövdesi sayesinde *Botrytis*'e karşı daha az duyarlıdır. Kabuk ve posada yüksek antosiyanin içeriğine sahip olması bu çeşidin tentürye tarzında, tanen bakımından zengin ve vanilya aromalı koyu kırmızı şarapların üretimi için uygun olmasını sağlamaktadır.

Allegro

Bu kırmızı üzüm çeşidi (ıslah no. GM 8331-1, Geisenheim 8331-1) Chancellor (Seibel 7053) x Rondo melezlemesi sonucu elde edilmiştir. *V. aestivalis*, *V. amurensis*, *V. labrusca*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Orta mevsim olgunlaşan çeşit özellikle bağ küllemesi ve bağ mildiyösüne karşı dirençli, *Botrytis*'e karşı ise orta derecede dirençlidir. Ayrıca dona ve tane çürümesine karşı da dayanıklıdır. Bu çeşit hafif tanenli ve olgun kırmızı meyve aromalı yakut renkli, baharatlı kırmızı şaraplar üretir.

Artaban

Mtp 3082-1-42 ve Regent'in bir melezi olan bu çeşit meyve notalarıyla karakterize edilen aromalara sahip hafif, taze kırmızı şaraplar üretir. *Oidium* ve *Peronospera*'ya karşı poligenik direnç gösterir.

Baron

Weinbauinstitut Freiburg tarafından ıslah edilen kırmızı taneli ve mantara dayanıklı bir melezdır. Cabernet Sauvignon x (Merzling x (Saperavi severnyi x St. Laurent)) melezi olan bu çeşidin sinonimi FR 455-83 R'dir. Çok gevşek salkım yapısı nedeniyle mantara (*Oidium* ve *Peronospera*) ve *Botrytis*'e karşı çok dayanıklıdır. Çiçeklenme zamanında havanın kötü olduğu yıllarda milerandaj ile ilgili sorunlar olabilir. Şarapları Pinot Noir'i anımsatır.

Bianca

Bianca Slovenya kökenli olup, Bouvier ve Eger 2 arasında gerçekleştirilen bir melezleme ile elde edilmiştir ve Pinot Noir'in yan ürünlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Petra (Sırbistan) ile yapılan melezlemeler sayesinde pembe renkli Backa ve Rubinka çeşitlerinin üretimi sağlanmıştır. Kuzeydoğu Macaristan kökenli bu lezzetli beyaz şaraplık üzüm, puslu kabuğa sahip çok sayıda küçük üzüm üretir. Kuvvetli bir gelişim gösterir ve geniş yapraklı bir taç oluşturmak için uygundur. Birçok mantar hastalığına ve zararlıya karşı yüksek direnç göstermektedir. Bu özellikleri organik bağcılık ve sürdürülebilir yetiştiricilik için onu popüler bir tercih haline getirmektedir. Oldukça dayanıklı bir çeşit olduğu için vejetasyonu kısa olan bölgelerde yetiştirmek için idealdır.

Blütenmuskateller

Bu beyaz PİWİ çeşidi Severny (Seianetze Malengra × *V. amurensis*) x (Muscat Lunel × Muscat d'Alexandrie) melezidir. Kökeni Blossom Muscat adı verilen mantarlara dayanıklı Zwetotschny adlı bir Rus çeşididir. Kış donlarına karşı çok iyi bir dirence sahiptir ve geç donlara karşı diğer çeşitlerden biraz daha az hassastır. Tanelerin sonbahar yağışlarından sonra çatlama eğilimi düşüktür. Tane ayrıca yüksek şeker içeriğine sahiptir ve tamamen olgunlaştığında büzüşme eğilimindedir. Şarabı ana çeşit Muskateller'e benzer, ancak biraz daha aromatik ve öz bakımından daha zengindir. Ana aroma miski ya da mürver veya misket limonu gibi çiçeksi aromaları anımsatır. Bu çeşit aynı zamanda tatlı şarap üretimi için de çok uygundur.

Bolero

Forschungsanstalt Geisenheim tarafından ıslah edilen kırmızı renkli, mantara dayanıklı bir melezdır (6427-5 (Rotberger x Reichensteiner) x Chancellor (Seibel 7053)). Zayıf gelişme gösterdiği için kuvvetli anaçlar tavsiye edilir. Bağ küllemesine karşı çok iyi, bağ mildiyösüne karşı ise iyi derecede direnç gösterir. Ayrıca gevşek salkım yapısı sayesinde *Botrytis*'e karşı daha az duyarlıdır.

Bronner

Verime dikkat edilirse Pinot Blanc'a benzediği söylenen beyaz bir şarap üretir ve ondan 7-10 gün sonra olgunlaşır. Merzling x (Zarya Severa x Saint-Laurent) melezlemesinden elde edilen çeşit *Oidium* ve *Peronospera*'ya karşı çok yüksek dirence sahiptir. Orta geçci bir çeşittir.

Cabernet Blanc

Cabernet Sauvignon ve mantara dayanıklı birkaç çeşidin melezlenmesiyle elde edilen bu çeşidin şarabı Cabernet Sauvignon'u anımsatan baharatlı, siyah meyve notalarına sahiptir.

Cabernet Carbon

Cabernet Sauvignon x Bronner melezi olup mantara dayanıklı kırmızı şaraplık bir çeşittir. Sürme ve çiçeklenme Pinot Noir ile aynı zamanda gerçekleşir. Ben düşme Pinot Noir'dan yaklaşık bir hafta sonra başlar ve Pinot Noir'dan yaklaşık 14 gün sonra hasada hazır hale gelir. Mantar hastalığı riski çok düşüktür, üzüm sapı çürüklüğüne duyarlılık ise orta derecededir. Çeşit

ayrıca tane çürüklüğüne karşı düşük duyarlılığa sahiptir. Cabernet tipi tarzında son derece aromatik ve yoğun olarak kendini gösterir. Derin bir renk ile karakterize edilir ve özellikle yüksek öz ve fenolik içeriği ile etkileyicidir.

Cabernet Carol

Bu kırmızı üzüm çeşidi Cabernet Sauvignon x (Merzling x (Zarya Severa x Muskat-Ottonel)) melezlemesi sonucu elde edilmiş yeni bir çeşittir. Baba popülasyona daha sonra Solaris adı verildiği için bu çeşit Cabernet Sauvignon x Solaris olarak da belirtilmektedir. *V. amurensis*, *V. lincedumii*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Geç olgunlaşan, dona dayanıklı bu çeşit bağ küllemesi ve bağ mildiyösüne karşı direnç göstermektedir. Cabernet Sauvignon'a benzer şekilde öz ve tanen bakımından zengin, yoğun renkli kırmızı şaraplar üretir.

Cabernet Cortis

Cabernet Sauvignon x Solaris melezidir. Taze çekilmiş biber ve frenk üzümü aromaları ile koyu kırmızıdan menekşe rengine kadar şaraplar verir. Ayrıca daha serin bağcılık bölgelerinden gelen Fransız kırmızı şarap stillerinin hayranları tarafından da büyük beğeni görmektedir.

Cabernet Jura

Cabernet Sauvignon ve hastalıklara dayanıklı bir partnerin melezlenmesinden elde edilen bu kırmızı üzüm, PİWİ International'a göre “çok koyu, yakut kırmızısı renkte, hoş tanenli” şaraplar üretir. Çilek, kiraz ve erik gibi meyve aromaları, presleme süresine bağlı olarak artırılıp azaltılabilen bir gül kokusuyla birleşir. Kırmızı bir kupaja renk katmak için de tavsiye edilir. *Botrytis*'e karşı çok dayanıklıdır.

Cabernet Noir

Cabernet Sauvignon ve mantara dayanıklı bir partnerinden elde edilmiş en erken olgunlaşan çeşitlerden biridir. Sadece orta büyüklükte ve belirgin bir omuz taşıyan salkımları neredeyse kısa ve koni şeklindedir. Meyve kabuğu kalındır ve doğal pus tabakası sayesinde iyi korunur. Erken ben düşme gösterir. Genellikle koyu renkli şarapları, birçok PİWİ çeşidine göre *V. vinifera* şaraplarına daha yakın bir karakter sergileyerek serin iklim şarap üreticilerine güven vermektedir. Meşe ile iyi bütünleşir ve dengeli bir tanen yapısı sunar.

Tek çeşit şarap olarak değerlendirildiğinde ise biber ve karanfil gibi baharatlı notaların zarif biçimde öne çıktığı kaliteli sonuçlar vermektedir.

Cabertin

Cabertin üzüm çeşidi İsviçre’de geliştirilmiş olup, Cabernet Sauvignon ile mantar hastalıklarına dayanıklı partnerlerin melezlenmesi sonucu elde edilmiştir. Bu çeşit ile özellikle daha serin kuzey bağcılık bölgelerinde yetiştirilmeye uygun uluslararası nitelikte bir kırmızı şarap türü ortaya çıkarmak hedeflenmiştir. Cabernet Sauvignon'a göre yaklaşık 10-14 gün daha erken fizyolojik olgunluğa ulaşması, çeşide özgü tipik özellikleri ve bağ koşullarına yüksek uyum sağlaması nedeniyle yavaş fakat istikrarlı bir biçimde yaygınlık kazanmaktadır. Elde edilen şaraplar koyu yakut kırmızısı bir renge sahiptir. Aromatik profilde kırmızı biber karakteriyle öne çıkan pirazinlerin yanı sıra moka, espresso çekirdeği ve baharatlı puro notaları belirgin şekilde hissedilmektedir. Tanen yapısı ise oldukça güçlü ve yoğun bir karakter sergilemektedir.

Calandro

Calardis Royal çeşidinin ebeveyni olan bu kırmızı üzüm çeşidi Domina x Regent melezidir. Erken olgunlaşan çeşit her iki mantar hastalığına ek olarak *Botrytis*'e karşı da dayanıklılık göstermektedir. Yoğun renge, yüksek tanen içeriğine, dut ve dumanlı notalarla öne çıkan aromatik profile sahip yıllandırmaya elverişli kırmızı şaraplar üretir.

Calardis Blanc

Calardis Musqué x Seyve Villard melezi olan bu çeşit, baharatlı bir buket ile birlikte çarkıfelek meyvesi ve elma aromalarının öne çıktığı, canlı asiditeye sahip şaraplar sunar. Üretilen şaraplar etkileyici biçimde Rivaner'i andırır ve özellikle hafif yaz şarapları veya köpüklü şarap üretimi için uygundur.

Chambourcin

Genetik analizlere dayanarak bu çeşit 11369 Joannès Seyve ve Plantet (5455 Seibel) arasındaki melezlemenin sonucudur. Chambourcin kış soğuklarına iyi dayanır ancak kloroz ve kuraklığa karşı hassastır. Çok kuvvetlidir, kısa budanabilir ancak bazen milerandaja duyarlıdır. Bağ denemeleri bulunmamakla birlikte çeşit bağ mildiyözü ve küllemesine karşı yüksek duyarlılık göstermemekte, ancak filokseraya hassasiyet taşımaktadır. İri

salkımlara ve orta büyüklükte tanelere sahip olan bu çeşit iyi bir şeker biriktirme potansiyeline sahiptir. Chambourcin diglukozid antosiyanin içeriği sayesinde kabul edilebilir kalitede renk açısından zengin şaraplar üretir.

Charvir

Bu çeşit Fr945-60 seleksiyonu ve Merzling'in (baba ebeveyn) melezlenmesi sonucu elde edilmiştir. F23P65 adıyla da bilinen çeşit, bağ mildiyösu ve küllemesine karşı sağladığı yüksek dayanıklılığın yanı sıra özellikle köpüklü baz şarapların üretimine uygun nitelikli şaraplar sunması nedeniyle tercih edilmiştir.

Citronny Magaracha

Beyaz renkli bu üzüm çeşidi Madeleine Angevine x (Magarach 124-66-26 x Novoukrainsky Ranny) melezi yeni bir çeşittir. Erken ila orta mevsimde olgunlaşan, yüksek verimli çeşit -25°C'ye kadar dona ve genellikle mantar hastalıklarına karşı dayanıklıdır. Adına uygun olarak, narenciye ve şeftali aromaları ve ince bir misket notası içeren beyaz şaraplar üretir ve bunlar çoğunlukla kupaj için kullanılır.

Donauesling

Bu yeni Riesling x dayanıklı partner (Fr 589-54) melezi çeşit Avusturya'dan gelmektedir. İsim Riesling ile olan ilişkiyi açıkça göstermektedir. Karakteristik olarak orta büyüklükte ve omuzlu bir salkım yapısına sahiptir. Tane kabuğunun hafifçe kalınlaşması hasat olgunluğundaki tanelerin sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Şarapları, Riesling'e olan çeşit yakınlığını açıkça göstermektedir. Meyvemsi bir tada, uyarıcı bir asitliğe ve iyi bir yılanma potansiyeline sahiptir. Yetiştiriciye göre, çeşit kuraklığa karşı hassas değildir. Riesling ile olan ilişkisi dik büyüme, benzer olgunlaşma aralığı, ancak açıkça gevşek bir yapı ve *Botrytis* direnci ile de yansıtılmaktadır.

Felicia

Dirençli Sirius ve Vidal Blanc çeşitlerinin melezlenmesiyle elde edilen yüksek verimli bir çeşittir. Bukesi, bazı yıllarda hafif misket tonlarıyla birleşen zarif çiçek aromalarıyla belirgindir. Geç olgunlaşan bu çeşit dengeli asiditeye sahiptir. İri ve gevşek yapılı salkımlarında orta büyüklükte ve altın sarısı taneler taşır. Bağ küllemesi ve mildiyösüne karşı orta düzeyde, siyah çürüklüğe (*Guignardia bidwelli*) karşı ise daha yüksek direnç gösterirken, *Botrytis*'e karşı oldukça toleranslıdır. Bağda çarpıcı parlaklığa sahip yapraklarından kolaylıkla tanınabilir.

Fleurtaï

Friulano x 20/3 melezlemesiyle elde edilmiş beyaz bir çeşittir. İyi şeker depolama kapasitesine ve orta düzeyde asiditeye sahiptir. Aromatik profilinde armut ve badem notalarının yanı sıra beyaz çiçekler ve belirgin glikozit katkıları öne çıkar. Tam gövdeli yapısı, meyvemsi ve tat baharatlı karakteriyle duysal analizlerde yüksek beğeni kazanır. Genç şarap üretimine uygun olup, bağ mildiyösu ve bağ küllemesine karşı yüksek dayanıklılık gösterir. *Botrytis*'e karşı ise hassasiyeti düşüktür.

Floreal

INRA tarafından geliştirilmiş olup, Villaris ile *Muscadinia rotundifolia*'nın soyundan gelen bir türün melezidir. Kuvvetli gelişim gösterir ancak magnezyum eksikliğine duyarlıdır ve dikkatli bir şekilde terbiye edilmelidir. Bağ mildiyösu, bağ küllemesi ve kısmen siyah çürüklüğe dayanıklı olmakla birlikte tomurcuk akarına hassastır. Küçük, gevşek salkımları orta büyüklükte ve orta kalın kabuklu, sulu ve yumuşak taneleri vardır. Egzotik meyve ve şimşir aromalarıyla etkileyici, taze ve oldukça aromatik şaraplar üretir.

Helios

Merzling x (Seyve-Villard 12-481 x Müller-Thurgau) melezinden elde edilmiş mantar hastalıklarına dayanıklı beyaz bir şaraplık çeşittir. Yaprakları orta büyüklükte, yoğun yeşil renkli ve üç lobludur. Sürme, çiçeklenme ve olgunlaşma dönemi Müller-Thurgau ile benzerdir. Dona dayanıklılığı yüksek, gelişimi kuvvetlidir. Orta büyüklükte, az omuzlu, nispeten gevşek salkımları ve olgunlaştığında küçük sarı-yeşil taneleri vardır. Tane üzerindeki kahverengimsi

mor benekler hasada hazır olduğunu gösterir. Tam gövdeli, meyvemsi ve narin buketli şarapları Müller-Thurgau'ya benzer özellikler taşır.

Hibernal

Bu beyaz üzüm çeşidi (GM 322-58) Seibel 7053 (Chancellor x Riesling) x (Seibel 7053 x Riesling) melezi yeni bir çeşittir. *V. labrusca*, *V. lincecumii*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Geç olgunlaşan ve “Frost” olarak da bilinen çeşit bağ mildiyösü ve *Botrytis*'e dayanıklıdır. Meyvemsi, taze beyaz şaraplar üretir; şaraplarında ve zaman zaman hafif foxy aroması hissedilebilir.

Johanniter

Riesling x (Seyve-Villard 12-481 x (Ruländer X Gutedel)) melezidir. Pinot Blanc ve Riesling gibi “güçlü, taze ve meyvemsi” beyaz şaraplar üretmektedir. PİWİ International'a göre aynı zamanda “iyi bir teruar göstergesidir”. Bağ küllemesi ve bağ mildiyösüne karşı yüksek dayanıklılık gösterir.

Laurot

Merlot x Seibel x Blaufränkisch x St. Laurent melezidir. Yabani meyvelerin aromalarıyla öne çıkan, baharatlı ince tanenli, Merlot ve St. Laurent'i anımsatan derin koyu şaraplar üretir.

Maréchal Foch

Millardet et Grasset 101 O.P. x Goldriesling Musque melezi olup çok kuvvetli gelişen bir çeşittir. Bağ mildiyösüne karşı orta derecede dayanıklıdır. Salkımları ve taneleri küçüktür. Bu çeşit iyi bir şeker biriktirme kapasitesine sahiptir. Diglukozit antosiyanin içeriği ile ortalama kalitede tanenli ve renkli şaraplar üretir. Bazen şaraplar otsu bir tada sahip olabilir.

Medina

Medina "Seyve Villard 12.286" ve Medoc Noir'in melezidir. Esas olarak roze, sillér (pembe ve kırmızı arasında) ve kırmızı şarap üretiminde kullanılır. Şarapları genellikle yakut renginde olup, baharatlı ve Muskat benzeri aromalara sahiptir. Topraksı notalar içeren alışılmadık bir koku profili sergiler; genellikle belirgin tatlılık taşır.

Merlot Kanthus

Merlot x 20-3 (kod UD. 31-122) melezi kırmızı bir çeşittir. Bağ mildiyösü (*Rpv* 3) ve bağ küllemesine karşı dayanıklıdır. Magnezyum eksikliğine duyarlı olup -20°C'ye dayanıklıdır. Yüksek şeker biriktirme kapasitesine sahiptir; buna rağmen şırada asidite korunur. Aromatik profili pirazinlerle belirginleşirken, glikozil bileşikler orta düzeydedir. Yüksek polifenol ve antosiyanin sayesinde uzun süreçli olgunlaştırmaya elverişli, kaliteli şaraplar üretir.

Merlot Khorus

Bu erken olgunlaşan kırmızı üzüm çeşidi Merlot x Kozma 20-3 melezidir. Bağ mildiyösüne karşı çok iyi, bağ küllemesine karşı ise iyi bir dirence sahiptir. *Botrytis*’e hassastır. Ortalama şıra asitliğine karşın yüksek şeker biriktirme kapasitesine sahiptir. Aromatik profili belirgin kırmızı meyve notalarının yanı sıra polifenol yoğunluğu, zengin antosiyanin içeriği ve kaliteli tanen yapısıyla öne çıkar. Şaraplar yoğun yakut kırmızısı renge, hafif menekşe tonlarına, sağlam yapı ve gövdeye sahiptir; ayrıca orta ila uzun süreli yıllandırmaya son derece elverişlidir.

Merzling

Mantar hastalıklarına dayanıklı Seyve-Villard 5276 x (Riesling x Ruländer) melezi beyaz şaraplık bir çeşittir. Yarı dik büyür ve çok kuvvetlidir. İyi bir odun olgunluğuna ve kış donlarına yüksek dayanıklılığa sahiptir. Sürme Müller-Thurgau ile yaklaşık aynı zamanda gerçekleşir. Erken olgunlaşır. Salkımları iri ve nispeten sık yapılıdır. Tane orta-iri ve oldukça ince kabuklu olup, tam olgunlukta sarı-yeşil renk alır. Şarapları genellikle meyvemsi karakterde, dolgun gövdeli ve çoğunlukla nötrdür. Ancak sıcak bölgelerde ve çok verimli topraklarda yetiştirildiğinde, şaraplar daha geniş bir stil aralığı sergileyebilir ve istenmeyen tonlar geliştirebilir.

Monarch

Bu kırmızı üzüm çeşidi (Merzling x (Zarya Severa x Muskat Ottonel)) x Dornfelder'den elde edilmiştir. PIWI International tarafından “meyvemsi, yoğun renkli, öz ve fenol bakımından zengin, Romanesk tip” olarak tanımlanan şaraplar üretmektedir.

Muscaris

Solaris ve Muskat melezi olan bu beyaz üzüm çeşidi yoğun aromatik yapısıyla öne çıkar. Hindistan cevizi ve narenciye notalarının yanı sıra dumanlı tonlar da sergiler. Güçlü ve tam gövdeli şaraplar üretir; belirgin asiditeye sahip olup şıra randımanını Misket üzümünden 15-20°Oe (Oechsle derecesi) daha yüksektir. Bağ mildiyösüne karşı oldukça yüksek, bağ küllemesine karşı ise yeterli düzeyde direnç göstermektedir.

Nermantis

Bir *V. vinifera* x dirençli melezi olan bu çeşit bağ mildiyösü ve bağ küllemesine karşı yüksek tolerans göstermektedir. Meyvemsi karakterde kırmızı şaraplar üretmeye elverişli olup aynı zamanda yıllandırmaya da uygundur. Çeşit yüksek tanen ve iyi antosiyanin seviyeleriyle dikkat çekerken, antosiyanin diglukozit düzeyleri normal aralıktadır.

Orion

Optima ve Villard Blanc'ın melezlenmesinden elde edilmiş beyaz şaraplık bir çeşittir. Daha serin iklimlere yüksek adaptasyon kabiliyeti nedeniyle İngiltere'de yaygın olarak yetiştirilmektedir. Erken olgunlaşan ve yüksek verimli bir çeşit olup, kısa vejetasyonlu bölgeler için uygundur. Hastalıklara karşı oldukça dayanıklıdır. Dengeli ve yumuşak asiditesi sayesinde hafif, gevrek ve aromatik şaraplar üretir. Çoğunlukla Muskatlarla harmanlanarak çimenimsi ve bitkisel tonları öne çıkar.

Phoenix

Bacchus x Villard Blanc melezinden geliştirilmiş olan Phoenix hem sofralık hem de şaraplık olarak değerlendirilebilen bir çeşittir. Klasik mantar hastalıklarına karşı güçlü direnci sayesinde ev bahçelerinde de popülerdir. Uzun ve sıkı salkımlara sahip olup, küçük yuvarlak taneleri olgunluk döneminde yeşil-sarı renge döner. Eylül ayının başından itibaren hasat edilebilir. Şarapları taze asiditeye ve sulu bir gövdeye sahip olup aromatik olarak Bacchus'a yakındır; ayrıca ince hindistan cevizi nüansları ve zarif bir baharatlılık içerir.

Pinot Gris

Sinonimleri Grauburgunder veya “Ruländer” olan bu çeşit Pinot Noir'in doğal bir mutasyonudur. Uluslararası düzeyde Pinot Gris, Pinot Grigio veya

Tokaj isimleriyle de tanınmaktadır. Tane kabuğunun gri-mor renkleri çeşidin adını belirlemiştir. Orta büyüklükte, silindirik ve yoğun taneli salkımları ve yuvarlaktan uzuna değişen taneleri ile karakteristiktir. Genellikle Pinot Blanc'tan yaklaşık bir hafta önce olgunlaşır. 90°Oe'ye kadar şeker birikimiyle hafif, keskin, ince ve meyvemsi Pinot Grigio tipinde şaraplar üretilebilirken, daha yüksek olgunlukta güçlü, gövdeli hafif asidite, ananas, ceviz, kuru meyve ve çekirdeksiz üzüm aromaları ile Burgundy tarzı şaraplara dönüşür. Uygun bağbozumlarında asil tatlı şaraplar (Auslese, Beerenauslese ve Trockenbeerenauslese) üretimi için de uygundur.

Pinot Kors

Bu kırmızı üzüm çeşidi Pinot x bilinmeyen baba çeşidinin melezlenmesiyle elde edilen yeni bir çeşittir. Mantar hastalıklarının her ikisine de dirençlidir.

Pinot Regina

Kozma 99-1-48 & Pinot Noir melezidir. Salkımı orta büyüklükte ve çok sıklıdır. Küçük, yuvarlak taneleri mavi-siyah renkte olup kalın kabukludur. Köpüklü baz şarapların üretimi ve kırmızı şarap yapımı için uygundur. Aromaları Pinot Noir'a benzer.

Pinotin

Cabernet Sauvignon x (Silvaner x (Riesling x *V. vinifera*) x (JS 12417 x Chancellor)) melezi olan bu çeşit Pinot Noir'i andırmakla birlikte daha yoğun renk ve derinlik sunar. Yuvarlak, orta büyüklükte taneleri mumsu tabakayla kaplıdır. Şarapları berrak, yoğun orman meyvesi aromaları, yumuşak tanenler ve basit, erişilebilir tat profiliyle dikkat çeker. Ayrıca *Oidium*, *Botrytis* ve *Peronospora*'ya karşı çok yüksek dirence sahiptir. Geç sürdüğünden, ilkbahar geç donlarına karşı risk taşır.

Prior

Joan Seyve 234-16 x Bl. Pinot Noir x Merzling x (Zarya Severa x St Laurent) melezlerinden türetilen başka bir kırmızı çeşit olan Prior, PIWI International'a göre Pinot Noir'e oldukça yakın olup, ondan yaklaşık bir hafta sonra olgunlaşır. Bu çeşit hem bağ küllemesi hem de bağ mildiyösüne karşı güçlü bir direnç sergiler.

Rathay

Ráthay Klosterneuburg 1189-9-77 Seyve Villard 18-402 x Blaufränkisch hibritidir. Üzüm salkımı orta büyüklükte, orta yoğunlukta, silindirik, ikincil salkımlara sahiptir. Koyu mavi-siyah renkli taneleri kupaj için uygundur. Şaraplar tam gövdeli, ekstrakt ve tanen bakımından zengindir. *Oidium* ve *Peronospora*'ya karşı kısmi dirençlidir ve kış donlarına yüksek tolerans gösterir.

Reberger

Bu kırmızı üzüm çeşidi (Geilweilerhof. 86-2-60), Regent x Lemberger (Blaufränkisch) arasında yeni bir melezdir. Her iki mantar türüne karşı dirençlidir. Blaufränkisch'i anımsatan koyu renkli, dolgun gövdeli ve tanen açısından zengin kırmızı şaraplar üretir.

Regent

Diana (Silvaner × Müller-Thurgau) ve Chambourcin melezi olan bu çeşit güçlü ve dik büyür. Mildiyö ve küllemeye karşı orta-yüksek; Botrytis'e karşı orta-yüksek direnç gösterir. Silindirik ve gevşek salkımlarında koyu mavi-mor, küçük-orta boy taneler geliştirir. Koyu kırmızı, dolgun gövdeli, tanenli, kiraz aromalı; fiçıda olgunlaştırmaya uygun şarap verir ve rosé ve kupaj için idealdir.

Rinot

Merzling x (Seyve Villard x Pinot Gris) melezi olan bu çeşit orta büyüklükte ve gevşek salkımlara sahip olup orta büyüklükte kalın kabuklu taneleriyle mantar ve *Botrytis* riskini azaltır. Vinifiye edilen ilk şaraplar aromatik olarak Riesling ve Silvaner arasında konumlanır, turuncgil ve olgun yerel meyve aromaları öne çıkar. Canlı asiditeye sahip yapısıyla iyi yıllanma potansiyeli sunar.

Roesler

Zweigelt x Klosterneuburg 1189-9-77 (Seyve Villard 18-402 x Blaufränkisch) melezi bu çeşit mantar hastalıklarına karşı yüksek direnci sayesinde özellikle organik bağcılıkta tercih edilir. Salkımları büyük, gevşek, konik yapıda ve omuzlu olup bir veya iki neferiye verebilir. Taneleri küçük, yuvarlak ve mavimsi siyah renktedir. Şarapları belirgin yabancı meyve aromaları taşır. Özüt, gövde ve tanen açısından zengin, çok yoğun çok koyu kırmızı şaraplar üretir.

Rondo

1964 yılında Çek Cumhuriyeti'ndeki "Zarya Severa" ve "St. Laurent"ten elde edilen bir çeşittir. Kuvvetli büyümesi nedeniyle omcalarda iyi bir vejetatif denge ve özenli bakım gerektirir. Güçlü bir renge sahip kırmızı bir şarap olarak klasik kırmızı çeşitleri desteklemek için kupajlarda kullanılır. Rondo Rheinhessen, Pfalz, Danimarka, İsveç, Belçika, Hollanda ve Büyük Britanya'da yetiştirilir. Büyük olan salkımları iyi renklenir. Taneleri orta irilikte olup yüksek renk potansiyeline sahiptir. Erken olgunlaşır. *Oidium*'a karşı bitki koruma önlemleri (kükürt uygulama vb.) gerekir. Magnezyum tedariki de sağlanmalıdır. Çeşit kloroza dayanıklı değildir. Erken sürmesi nedeniyle geç donlara karşı hassastır.

Saphira

Arnsburger (Riesling Gm 88 x Gm 64) x Seyve-Villard 1-72 (Rayon d'Or x Bertille Seyve 450) melezidir. Beyaz renkli bu çeşit mantar hastalıklarına dayanıklıdır. Sarı-yeşil ila sarı renkteki şarapları genellikle nötr aromalıdır. Ancak damakta Pinot Blanc veya Auxerrois tarzında daha meyvemsi, dolgun gövdeli karakter gösterebilir.

Satin Noir

Bir Cabernet Sauvignon x dirençli ortak melezi olan bu çeşit olgun böğürtlen, frenk üzümü, karabiber ve bitter çikolata aromalarıyla dikkat çeken koyu kırmızı, yoğun şaraplar üretir. Derimsi ve dumanlı notalarla Cabernet Sauvignon veya Cabernet Franc'ı andıran Akdeniz tarzı güçlü kırmızı şarap profiline sahiptir.

Sauvignac

Sauvignon Blanc x Riesling x bilinmeyen dayanıklı partnerlerin bir melezi olan Sauvignac, Riesling'den yaklaşık on gün önce olgunlaşır. Şarapları, olgunluk düzeyi, genişleme tarzına ve maya kullanımına bağlı olarak, Riesling'e benzer kayısı ve olgun elma aromaları ya da Scheurebe'yi andıran misket limonu ve siyah frenk üzümü notaları gösterir. Hem üzümler asmada olgunlaştığında hem de şişede yıllandığında canlı ve istikrarlı bir asidite gösterir. Gevşek salkım yapısı ve kalın kabuğu nedeniyle *Botrytis*'e karşı oldukça dayanıklıdır. Ayrıca 100°Oe'nin üzerindeki olgunluklarda asil çürüklük potansiyeli gösterebilir. İsviçre'deki aşırı hava koşullarında bile *Peronospera* ve *Oidium*'a karşı yüksek direnç gösterebilir.

Sauvignon Kretos

Sauvignon x 20-3 (kod UD. 76-026) melezi olan bu beyaz çeşit erken sürer ve erken olgunlaşır. Bağ mildiyösüne (*Rpv* 12) karşı iyi, bağ küllemesine karşı ise oldukça iyi direnç gösterir. *Botrytis*, asit çürüklüğü (*Acetobacter aceti* nedeniyle) ve ikincil hastalıklara karşı hassasiyetlidir. Çok düşük sıcaklıklara (-22°C'ye kadar) dayanır. Sıcak ve kuru yazlarda bile iyi şeker birikimi ve ortalama asitlik sağlar. Aromatik profili Sauvignon 108'i andırır; serbest aromalar orta yoğunlukta, glikozidik aromalar ise ortalamanın üzerindedir. Genç tüketim veya kısa bir rafinasyon sonrası içime uygun taze beyaz şaraplar verir.

Sauvignon Nepis

Sauvignon x Bianca melezi beyaz bir çeşittir. Erken sürer ve orta mevsimde olgunlaşır. Bağ mildiyösüne (*Rpv* 3) ve bağ küllemesine (*Ren* 3) karşı iyi ila mükemmel dirence sahiptir. -20°C'ye kadar dona dayanıklıdır ve ikincil hastalıklara karşı düşük hassasiyet gösterir. Sıcak yıllarda bile asidite ile şeker birikimi dengelidir. Aromatik profili kompleks ve zengindir; çiçeksi-meyvemsi notalar, baharatlı tonları ve Sauvignon'u anımsatan belirgin pirazin karakteri taşır. Bu özellikleriyle kısa-orta süreli rafinasyon için uygun canlı ve aromatik şaraplar üretir.

Sauvignon Rytos

Sauvignon x Bianca (eski adıyla UD. 55-100) melezi beyaz bir çeşit olup, orta mevsimde olgunlaşır. Bağ mildiyösü (*Rpv* 3) ve bağ küllemesine (*Ren* 3) karşı iyi ila mükemmel direnç gösterir. Oldukça kompakt salkımları nedeniyle *Botrytis*'e duyarlı olsa da siyah çürümeye karşı toleranslıdır. -23°C'ye kadar minimum sıcaklıklara dayanabilir. Şeker birikimi ve asidite dengesi iyidir. Tropikal meyve ve mineral tonları içeren aromatik profili serbest ve glikozidik aromalarda ortalamanın üzerinde bir yoğunluk sunar. Hem genç tüketim için hem de uzun rafinasyona elverişli yoğun ve kompleks şaraplar üretir.

Sauvitage

FR 147-66 ve We 75-34-13 ebeveynlerinden elde edilen mantara dirençli bir çeşittir. Ebeveyn FR 147-66 Riesling ve Pinot Gris'in genetik özelliklerini Amerikan *Vitis* türlerinden gelen mantar hastalıklarına karşı direnç genleriyle birleştirirken, We 75-34-13 Sauvignon Blanc, Riesling ve *V. amurensis*'in melezi olarak çeşitlilik sağlar. Gevşek salkımı nedeniyle *Botrytis*'e dirençli

kabul edilir. Kuvvetli ve dik gelişim gösterdiğinden sürgün bağlama ve budamada iş gücü ihtiyacını azaltır. Verim ve sıra randımanı Riesling'den biraz daha yüksektir. Olgunlaşma süresi orta mevsimdir. Magnezyum eksikliğine bağlı olarak salkım sapı çürümesi görülebilir. Şarap profili taze meyve aromalarından, egzotik tonlara ve belirgin beктаşi üzümü notalarına kadar uzanır. Dengeli asiditeye sahip olup Sauvignon Blanc şaraplarını andırır.

Sibera

Saperavi Severny x (Foster's White Seedling x Prachttraube) melezi yeni bir beyaz çeşittir. Sinonimleri Ambros Weiss, Geisenheim 6495-3 ve Sibera Blanca'dır. *V. amurensis* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Erken olgunlaşan çeşit her iki mantar hastalığına ve dona karşı yüksek dayanıklılık gösterir. Gevşek salkımları nedeniyle *Botrytis*'e karşı yalnızca hafif derecede duyarlıdır.

Sirius

Phoenix ve Staufer ile aynı ebeveyne sahiptir ve Bacchus x Seyve-Villard 12-375 (Villard Blanc) melezi beyaz bir çeşittir. *V. berlandieri*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Her iki mantar türüne de dayanıklıdır. Riesling'e benzer meyveli beyaz şaraplar üretir.

Solaris

Merzling x (Saperavi Severny x Muscat Ottonel) melezi olan bu beyaz çeşit ananas ve fındığı andıran meyvemsi bir bukeye sahip şaraplar üretir. Yaban arılarının sevdiği yüksek şeker içeriği ve dengeli asidite ile erken olgunlaşır. Bağ küllemesi ve bağ mildiyösüne karşı yüksek dirençlidir. Serin iklim kupajlarına ağırlık ve alkol katar, ancak tatlı şaraplar için de uygundur.

Soreli

Tocai (Friulano) x Kozma 20/3 melezi olan bu çeşit ebeveyini Friulano'ya benzer. Şeker birikimi mükemmeldir ve asidite sıcak yıllarda bile dengeli kalır. Aromatik profili yoğundur ve ananas ve çarkıfelek meyvesi gibi tropikal notalar içerir. Bağ mildiyösüne karşı mükemmel, bağ küllemesine karşı iyi-mükemmel direnç gösterir. *Botrytis* ve asit çürüklüğüne karşı düşük hassasiyeti vardır. Fleurtaile uygun bir kupaj ortağıdır.

Souvignier Gris

Seyval Blanc ile Riesling x Traminer melezi olan Zähringer'in melezlenmesinden elde edilen pembe kabuklu bir çeşittir. Bu durum şaraplarındaki sert çekirdekli meyve aromalarını açıklayabilir. Ayrıca bağ mildiyösüne ve bağ küllemesine karşı çok iyi bir dirence sahiptir. Geç olgunlaşması, gevşek salkımları ve kalın tane kabukları nedeniyle dayanıklılık göstermektedir. Bu özellikleri sayesinde kabuk maserasyonu gerektiren şaraplar için uygundur.

Stauffer

Bacchus x Seyve-Villard 12-375 (Villard Blanc) melezi yeni bir çeşit olup Phoenix ve Sirius ile aynı ebeveynleri paylaşır. *V. berlandieri*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Orta-geç mevsimde olgunlaşır, her iki mantar hastalığına ve *Botrytis*'e dayanıklıdır, ancak dona karşı hassastır. Meyvemi, aromatik beyaz şaraplar üretir.

Termantis (R.N.V.V. nr.919)

V. vinifera x dayanıklı tür melezidir. Bağ mildiyösü ve bağ küllemesine karşı yüksek toleranslıdır. Meyvemi kırmızı şaraplar için uygun olan bu çeşit ayrıca yıllandırmaya da uygundur. Yüksek antosiyanin ve tanen içerir.

Valnosia

Bianca x Nosiola melezidir. Bağ mildiyösü ve bağ küllemesine karşı daha dirençli yapısı sayesinde seçilen bu çeşit kaliteli bir beyaz şarap potansiyeli sunar.

VB 32-7 (Cabernet Soyhières)

Sinonimi Blattner VB 32-7 olan bu çeşit Cabernet Sauvignon ve *V. amurensis* melezidir. Tane kabuğu çok serttir ve bu nedenle *Botrytis*'e karşı çok dirençlidir. Asya genleri yüksek mantar toleransı ve don direncine katkıda bulunur. Erkenci olup, salkımları oldukça küçük ve gevşektir. Taneleri olgunlaştığında altın kahverengiye döner. Aromatik açıdan şarap tam olgunlukta beyaz preslenmiş bir Cabernet'in daha ince ve daha zarif bir yorumunu andırır. Kırmızı biber nüansının yanı sıra çarkıfelek meyvesi ve mürver çiçeğinin ince baharatlı notalarını yansıtır.

Vidoc

Bu kırmızı çeşit karmaşık bir türlerarası melezdır (VRH 3082-1-42 (Aubun, Cabernet Sauvignon, Garnacha Tinta, Merlot genleri) x Regent). *V. labrusca*, *V. lincecumii*, *V. rupestris*, *V. vinifera* and *V. rotundifolia* türlerinden genler içerir. Kuvvetli gelişir ve verimlidir ancak sarkık büyüme eğilimi nedeniyle dikkatli bir şekilde terbiye edilmelidir. Magnezyum eksikliğine karşı çok hassastır. Bu çeşit hoş asiditeye sahip, dolgun gövdeli, renkli ve dengeli şaraplar üretir. Şaraplar meyvensi ve baharatlı aromalar taşır. Bağ mildiyösü ve bağ küllemesine karşı dirençlidir ancak siyah çürüklüğe karşı hassastır. Ayrıca Botrytis'e karşı oldukça toleranslıdır. Riskli durumlarda, fungusit koruması yine de gereklidir.

Villaris

Sirius x Vidal Blanc melezi beyaz bir çeşittir. *V. berlandieri*, *V. rupestris* ve *V. vinifera*'dan genler içerir. Hem mantar türlerine (yüksek) hem de *Botrytis*'e (orta-yüksek) dayanıklıdır. Pinot Blanc'ı anımsatan hafif asiditeye sahip beyaz şaraplar üretir.

Voltis

Villaris x Mtp 3159-2-12 melezi olan bu beyaz çeşit, verimi sınırlandırıldığı sürece, hoş kokulu, yumuşak, geniş ve kalıcı şaraplar üretir. Ancak verim yüksek olduğunda, bu güçlü asmalardan elde edilen sıra randımanı düşer ve asidite belirgin şekilde yükselir.

Volturnis

Pinot Noir ve 99-1-48 melezi olan bu kırmızı çeşit orta mevsimde olgunlaşır. Bağ mildiyösüne karşı mükemmel direnç (*Rpv* 12), bağ küllemesine karşı hassasiyet gösterir. -20°C'ye kadar dayanıklıdır. Şarabı duyuşal açıdan ebeveyni Pinot Noir'e benzer. Siyah kiraz ve yabancı çileği çağrıştıran yoğun kırmızı olgun meyve notaları hem aromada hem tatta hissedilebilir. Polifenolik profili, yüksek antosiyanin içeriğiyle birlikte kalite, yoğunluk ve yuvarlaklık açısından güçlüdür. Orta ila uzun rafinasyon süresine uygun şaraplar verir.

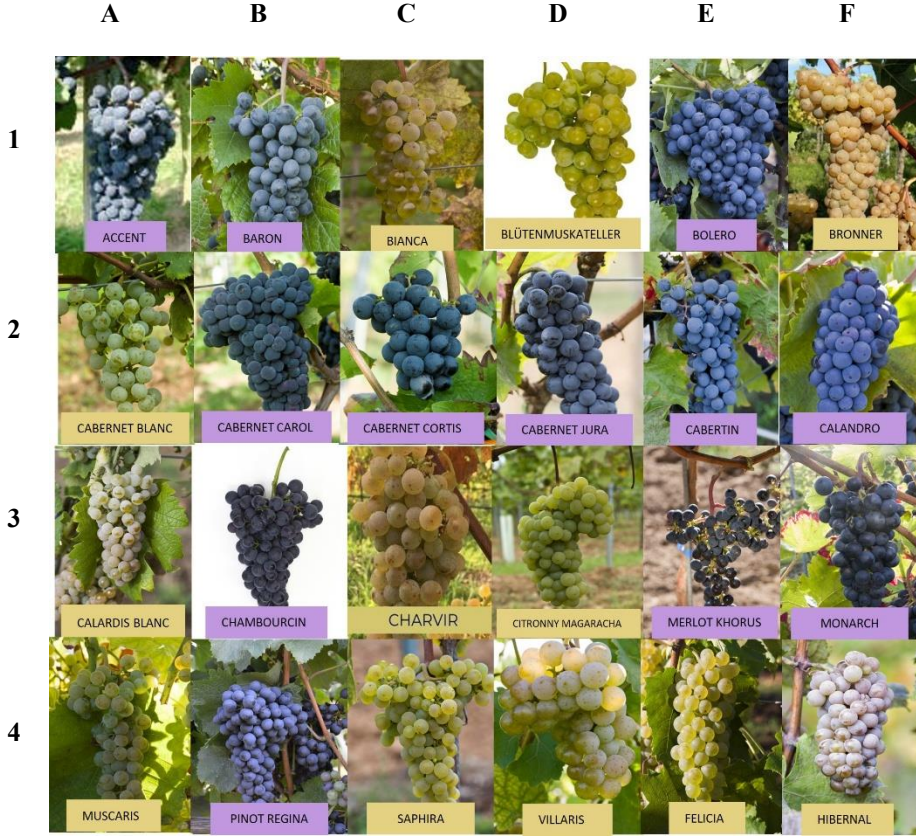
WE 94-26-37

Regent (Gf 67-198-3) ve Acolon (We 71-816-102) melezidir ve aynı zamanda Levitage olarak bilinir. Baba ebeveyni Bel. Lemberger x Dornfelder

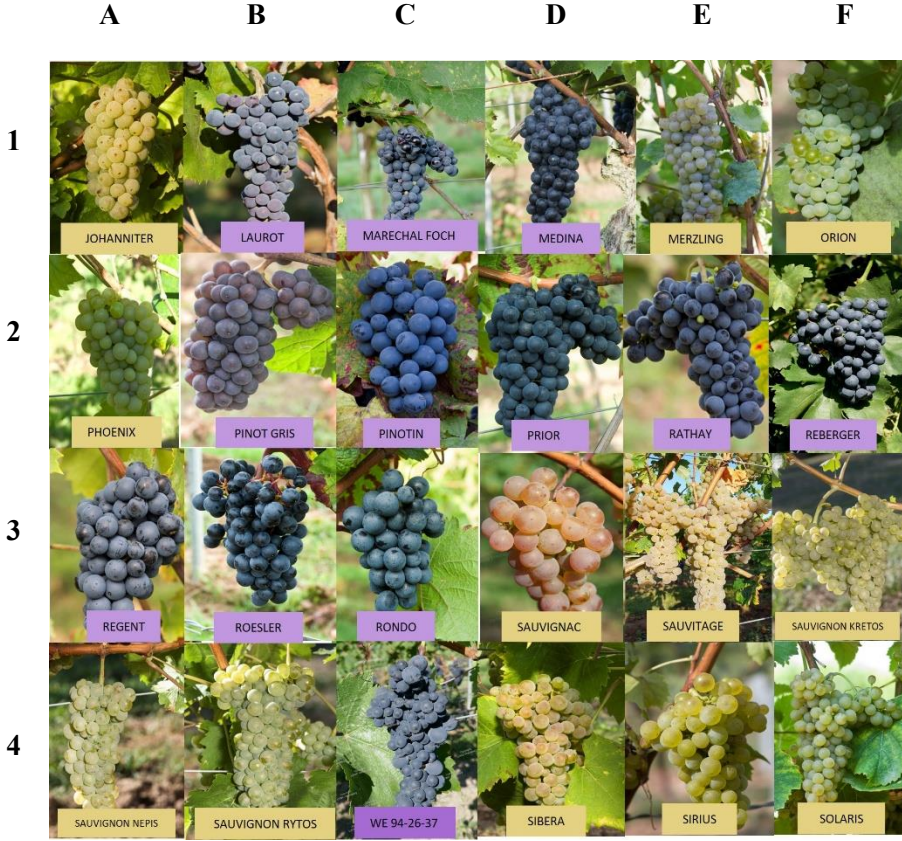
genlerini taşıyan kırmızı bir çeşittir. Bağ mildiyösüne orta-yüksek, bağ küllemesine yüksek ve *Botrytis*'e çok yüksek dayanım gösterir. Orta büyüklükte taneleri ile oldukça büyük salkımları vardır. Gevşek salkımları ve çok sert kabuklu taneleri vardır. *Drosophila suzukii* zararlısına karşı da çok iyi bir direnç sağlar. Şarabı yabancı çilek ve kiraz aromalı ve renklidir. Şaraplar, tam gövdeli ve dolgun olmasının yanı sıra yuvarlak ve sıcak olup, uyumlu bir tanen yapısına sahiptir. Tane asitliğinin sabit olması mahzen işlemlerini kolaylaştırır.

3. SONUÇ

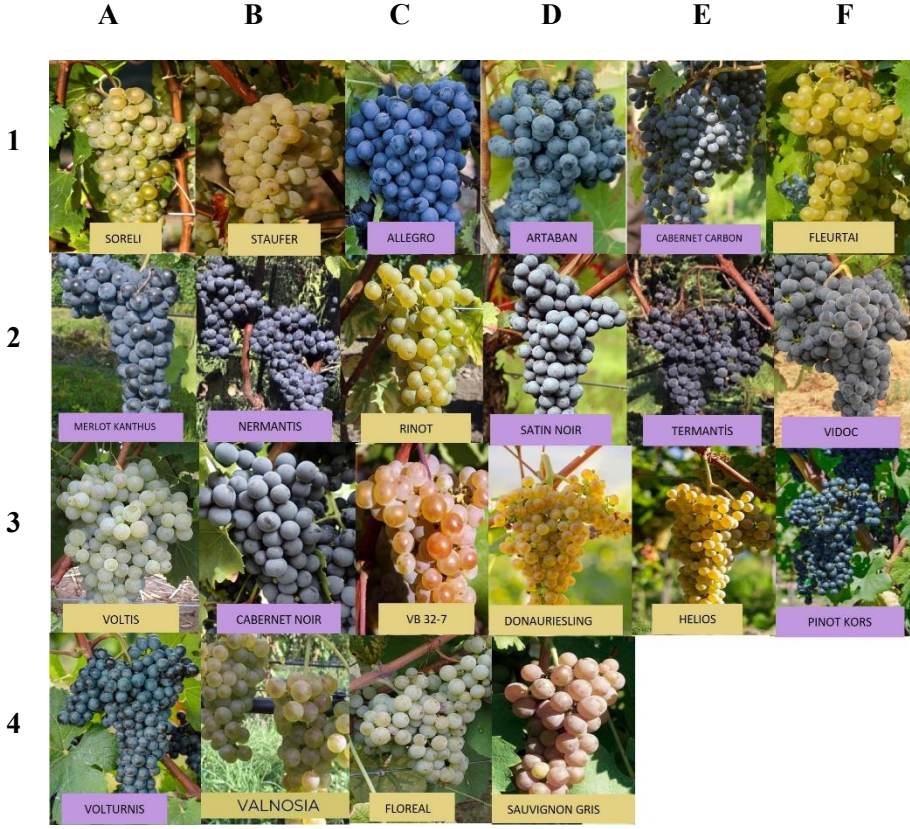
Mantar hastalıklara karşı mücadele nedeniyle yoğun ilaçlama programı altında yetiştirilen üzüm çeşitlerinin ister sofralık ister şaraplık isterse de kurutmalık olsun, kalıntı nedeniyle çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltma ve üretim giderlerini düşürme ıslah programlarının temel amacı haline gelmesi gerekmektedir. Hali hazırda dünyada ve Türkiye'de yüksek olan çeşit sayısının bu ihtiyaca göre değişiklik göstermesi ve özellikle üretilen üzüm ürünlerinin dış pazarlarda alıcı bulmasının Avrupa Birliği'nin ilaç kullanımını azaltıcı hedefleriyle uyumlu olmasıyla çok yakından ilişkili olduğu göz ardı edilmemelidir. Yaygın nitelendirme ile "PİWİ" denilen bu tip çeşitlerin ülkemizde de ıslah edilmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilmektedir.



Şekil 1: PİWİ çeşitleri. 1A-4D, Ursula Brühl, Julius Kühn-Institut (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Grapevine Breeding Geilweilerhof-76833 Siebeldingen, Germany. 4E-F, <https://PIWI-international.org/en/>



Şekil 2: PİWİ çeşitleri. 1A-4F, <https://PIWI-international.org/en/>.



Şekil 3: PİWİ çeşitleri: 1A-B, <https://piwi-international.org/en/>; 1C-3A, <https://www.wein.plus/en/>; 3B-E, <https://rebschule-freytag.de/home.en.html>; 3F, 4A, <https://www.vivairauscedo.com>; 4B, www-internationalwinechallenge-com; 4C-D, www.plantgrape.fr

KAYNAKÇA

- Casanova-Gascón, J., Ferrer-Martín, C., Bernad-Eustaquio, A., Elbaile-Mur, A., Ayuso-Rodríguez, J. M., Torres-Sánchez, S., ... & Martín-Ramos, P. (2019). Behavior of vine varieties resistant to fungal diseases in the Somontano region. *Agronomy*, 9(11), 738.
- Duley, G., Ceci, A. T., Longo, E., & Boselli, E. (2023). Oenological potential of wines produced from disease-resistant grape cultivars. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4), 2591-2610.
- González-Centeno, M. R., Chira, K., Miramont, C., Escudier, J. L., Samson, A., Salmon, J. M., ... & Teissedre, P. L. (2019). Disease resistant bouquet vine varieties: Assessment of the phenolic, aromatic, and sensory potential of their wines. *Biomolecules*, 9(12), 793.
- Kiefer, C., & Szolnoki, G. (2024). Consumer preferences for fungus-resistant grape varieties: an explorative segmentation study in Germany. *British Food Journal*, 126(6), 2271-2290.
- Martín-García, B., Longo, E., Ceci, A. T., Pii, Y., Romero-González, R., Garrido Frenich, A., & Boselli, E. (2024). Pesticides and winemaking: A comprehensive review of conventional and emerging approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(5), e13419.
- Pedneault, K., & Provost, C. (2016). Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Horticulturae*, 208, 57-77.
- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M. S., ... & Anfora, G. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, 97, 70-84.
- Scariolo, F., Gabelli, G., Magon, G., Palumbo, F., Pirrello, C., Farinati, S., ... & Vannozzi, A. (2024). The transcriptional landscape of berry skin in red and white PIWI ("Pilzwiderstandsfähig") grapevines possessing QTLs for partial resistance to downy and powdery mildews. *Plants*, 13(18), 2574.
- Siegfried, W., & Temperli, T., (2008). PIWI-Reben im vergleich—ein zwischenbericht. *Schweiz Z. Obst Weinbau*, 17, 6-9.

- Töpfer, R., & Trapp, O. (2022). A cool climate perspective on grapevine breeding: climate change and sustainability are driving forces for changing varieties in a traditional market. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(11), 3947-3960.
- Wang, W. N., Qian, Y. H., Liu, R. H., Liang, T., Ding, Y. T., Xu, X. L., ... & Ju, Y. L. (2023). Effects of table grape cultivars on fruit quality and aroma components. *Foods*, 12(18), 3371.

BÖLÜM 10

YAŞLI ASMALARIN (OLD VINES) BAĞCILIKTA YERİ VE ÖNEMİ: EKOLOJİK, FİZYOLOJİK VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLER

Prof. Dr. Birhan KUNTER^{1*}

Prof. Dr. Hasan ÇELİK²

Prof. Dr. Nurhan KESKİN³

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955890>

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06100 Ankara-Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7112-1908>

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Emekli Öğretim Üyesi,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8618-9531>

³VanYüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080 Van-Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-1459>

*sorumlu yazar: marasali@agri.ankara.edu.tr

1. GİRİŞ

Vitis vinifera L. asmaları, uygarlık tarihi boyunca insan için önemli bir besin ögesi olmuş ve bunun ötesinde, kültür ve inanç temelli toplumsal yaşamı şekillendiren sembol bitkiler olarak değer verilmiştir. Bu bağlamda, *vinifera* asmalarının uygarlığın gelişimine olan katkısı başlıca dört ana başlıkta değerlendirilebilir.

(1) Asmaların yetiştirilmesi ve ürünlerinin değerlendirilmesine yönelik Bağcılık faaliyetleri kapsamında geliştirilen teknikler, tarımsal evrimin gelişmesine öncülük etmiştir.

(2) Üzüm ve şarap, toplumsal ritüellerin ve kutlamaların temel unsurları olarak toplumsal aidiyet duygusunu ve sosyal bağları güçlendirmiştir.

(3) Üzüm ve üzüm ürünleri gelir ve istihdam sağlamış, yerel ve küresel bağcılık endüstrisinin oluşmasını sağlamıştır.

(4) Kültür mirası olarak kabul edilen pek çok üzüm çeşidi ve üzüm ürünü, kimlik ve miras olarak ait oldukları yörelere değer katmıştır.

Günümüz bağcılığında yukarıdaki maddelere paralel olarak kültür mirası niteliğindeki üzüm çeşitlerinin yaşlı bağları, hasat yılları boyunca biriktirdikleri özellikler ile sürdürülebilir bağcılığın hafızasını oluşturan değerlerdir.

Vitis vinifera L. asma türü; Doğu Anadolu, Gürcistan, Azerbaycan, Ermenistan ve Kuzey İran'ı içine alan coğrafyada (Transkafkasya) 7.500 yıl önce kültüre alınmıştır. İnsanlık tarihi büyük göçlerle şekillenirken, *Vitis vinifera* L. asmaları da kültüre alındığı bu yöreden farklı coğrafyalara yayılmış, yüksek adaptasyon yeteneği ile gittiği yerlerde büyük bir biyoçeşitlilik kazanmıştır. Bir asmanın yaşamı, 1- 3 yıl süren verimsiz büyüme ve gelişme dönemi ile karakterize edilen ilk gençlik dönemi ile başlar; bunu izleyen süreçlerde verimlilik ilerleyen bir artış seyri izleyerek, gövdenin ve kolların gelişmelerini tamamlamasının ardından, 20-30 yıl boyunca sabit kalan düzenli verim kapasitesi ile karakterize edilen yetişkinliğe ulaşılır. Ürün veriminin azalmaya başlaması ile yaşlılık dönemi tanımlanır. Bu süreç uygun ekoloji, bağ yönetimi koşulları altında başarıyla sürdürülebilir. Diğer taraftan; virüs enfeksiyonları, gövde fungal hastalıkları, zararlı böceklerin verdiği zararlar, yetersiz bakım ve besleme koşulları, çevresel stresler vb. etkenler, asmaların ömrünü sınırlandıran başlıca etmenlerdir. (Riffle vd., 2022). Son yıllarda, yaşlı (eski) bağlardaki verim kaybı nedeniyle, özellikle kıraç alanlarda kurulu şaraplık üzüm bağlarının yenilenmesi tercih edilirken; 2000'li yılların başında

yaşlı bağlardan üretilen şarapların daha kaliteli olduğu savının genel kabul görmesi ve yaşlı bağlardan üretilen şarapların daha yüksek fiyatlara alıcı bulması, şarap sektöründe yaşlı bağları koruma altına alma bilincinin oluşmasına katkıda bulunmuş ve onları yaşlı bağların ömrünü uzatmak için önlemler almaya yöneltmiştir. Bu bağlamda yaşlı bağların kayıt altına alınmasına yönelik çalışmalar, 2010 yılında Jancis Robinson’ın özel çabası ile başlatılmıştır (Gray, 2022).

Yaşayan tarihi bağ alanlarının genetik ve kültürel anlamda korunmasına yönelik ilk organize adım ise 2009 yılında Avustralya’nın Barossa bağ alanlarında başlatılmıştır. “Dünyanın kesintisiz üretim yapılan en yaşlı bağ alanları” olarak ifade edilen bu bağların/asmaların korunması, tanıtılması ve kayıt altına alınması konusunda “Old Vine Charter (Yaşlı Bağ Listesi)” olarak adlandırılan bir çalışma pratiğe aktarılmıştır. Bu çalışmaları, 2011 yılında Kaliforniya’da “Historic Vine Society (Tarihi Bağ Derneği)” ve 2016 yılında Güney Afrika’da “Old Vine Project (Yaşlı Bağlar Projesi)” izlemiştir. Günümüzde de faaliyetleri devam etmekte olan bu çalışmalar, internet üzerinden iletişim imkânı sunan, üye ve kayıt almaya açık önemli organizasyonlardır. Yaşlı bağları korumaya yönelik çalışmaların katkısıyla oluşan olumlu ticari etkinin bilimsel çalışmalara da yansması sonucunda, 2021 yılında “Old Vine Conference (Yaşlı Bağ Konferansı)” adı altında, sektör paydaşlarını düzenli olarak bir araya getirmeyi amaçlayan, uluslararası katılıma açık yeni bir topluluk oluşturulmuştur. Adı geçen dernek ve organizasyonlar temel olarak şaraplık üzüm çeşitlerine ait bağların korunmasını, böylece şarap sektöründe yaşlı bağların sürdürülebilir olmasını ve özgün şarapların ticari değerini yükseltme amacını öne çıkarmaktadırlar.

Kısa zamanda ivme kazanan bu gelişmelere paralel olarak, kuruluş amaçlarında dünya bağcılığının bilimsel anlamda bir araya getirilmesi ve yönlendirilmesi faaliyetleri de yer alan “OIV-Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü”, yaşlı asma ve bağ kavramlarına ait ilk resmi tanımlama ve tescil ilkelerini 2024 yılında yayımlamıştır (OIV, 2024a). Bu çalışma ile, önceki organizasyonlardan farklı olarak, ilk kez üzümün, şarap dışındaki farklı ve geniş değerlendirme şekillerini de içeren tanımlar ve öneriler sektör ile paylaşılmıştır. Bu kapsamda, halen ürün alınan yaşlı bağlar dışında, farklı amaçlarla kullanılan asmalar ve bağ alanlarında farklı yaş sınırlarının uygulanabileceği de belirtilmiştir.

Çeşitli iklim ve teruar (terroir) koşullarında yaşayan ve ürün verebilen sağlıklı yaşlı asmalar ve özellikle sağlıklı yaşlı bağlar, sürdürülebilir bağcılık uygulamalarına kanıt niteliğindeki örneklerdir. Bu bağlar, kurulduğu yörenin ekolojik koşullarına uzun yıllar boyunca uyum sağlama ve çevresel streslere direnç geliştirme konusunda en başarılı örneklerdir.

Sürdürülebilir bağcılık, üzüm üretiminde ve ürünlerin işlenmesinde; kaliteli, güvenilir, tüketici sağlığı ve çevreye karşı duyarlı üretim ve bu üretimin gerçekleştirilmesine katılan yapıların ve bölgelerin ekonomik sürdürülebilirliğini kültürel miras, tarih, sosyo-kültür, ekolojik ve estetik unsurları da değerlendirmeye alarak yürütülmesini amaçlayan küresel strateji olarak tanımlanmaktadır (OIV, 2024b). Bu geniş kapsamlı tanımın bileşenleri içerisinde, yaşlı asmalar ve bağlar özel bir öneme sahiptir.

Bu bölümde; yabancı kaynaklarda “old vine” olarak ifade edilen asmalar ve bağlar, Türkçe bağcılık terminolojisinde kullanılmakta olan “eski bağcılık” kavramından farklılıklarını vurgulamak amacıyla “yaşlı asma ve yaşlı bağ” olarak tanımlanmış ve sürdürülebilir bağcılık kapsamındaki önemleri ile bu konuda sağlanan gelişmelerin aktarılması amaçlanmıştır.

2. YAŞLI (ESKİ) ASMALARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR YAŞAMA GÜCÜNÜ ETKİLEYEN ÖZELLİKLERİ

Yaşlı asmaların yaşamlarını sürdürebilme, ürün verme ve ürünlerini kaliteli olarak olgunlaştırabilme yetenekleri konusunda farklı görüşler ileri sürülmektedir. Genel olarak yaşlı asmalar, kalın gövde ve kollardan oluşan büyük bir hacim, buna karşılık az sayıda bir yaşlı dal, sürgün ve düşük verim oluşturma kapasiteleri ile tanımlanmaktadır (Grigg, 2017). Bu tanıma, morfolojik yönden ortak bir katılım olmakla birlikte, yaşlı asmalardan da yüksek verim alınabildiği bildirilmektedir (Reynolds vd. 2008, Sanmartin vd., 2017). Asma yaşı ile ürün verimi arasında ilişki olduğuna yönelik bilgilerin yetersiz olması ve verimliliğin analiz edilmesinde kullanılacak veri eksikliği; aynı bağdaki yaş farklılıklarından, budama ve diğer uygulamaların bir örnek yapılamamasından, yine başta iklim olmak üzere çevresel etmenlerden kaynaklanabilmektedir (Considine, 2004; Grigg vd., 2018; Keller, 2020).

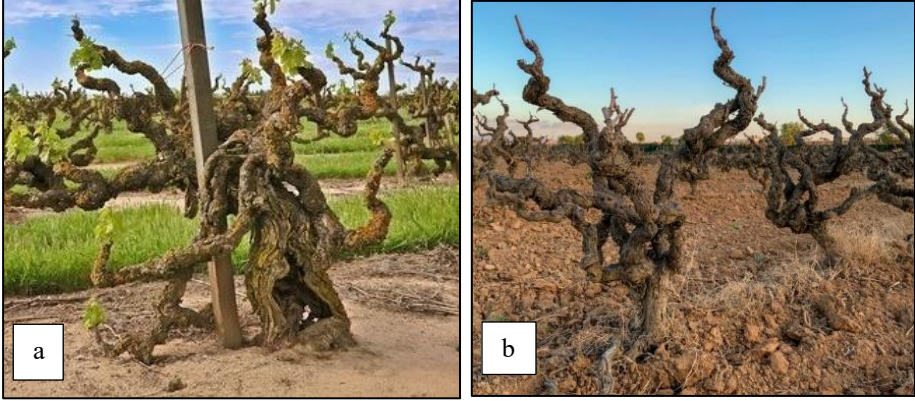
Ürün kalitesi dikkate alındığında; şarap endüstrisi ve tüketicilerde, ekonomik verim dönemini tamamlamış ancak ürün vermeye devam eden yaşlı bağlardan elde edilen üzümlerden daha yüksek kalitede şarapların elde

edilebileceğine ilişkin güçlü bir inanış vardır. Bilimsel literatürde ise, asmalarda yaş ile şarap kalitesi arasındaki ilişki konusunda, farklı görüşler ileri sürülmektedir. Yaş ilerledikçe ürün kalitesinin arttığını savunan görüşe göre, yaşlı asmalarda azalan verimle ilişkili olarak tanelere daha fazla kalite metabolitleri (fenolik maddeler) taşınmaktadır. Bunun sonucu olarak besin içeriği ve duyuşal özellikleri ile daha kaliteli şaraplar üretilebilmektedir (Gray 2022; di Battista, 2022). Bu düşünceye karşıt görüşlere göre ise, Pinot Noir, Sangiovese, Syrah gibi kaliteli kırmızı şaraplık çeşitlerin yaşlı asmalarından elde edilen üzümlerde titrasyon asitliğinin ve pH'nın (Sanmartin vd., 2017; Grigg, 2018; Nader vd., 2019), toplam antosiyaninlerin (Reynolds vd., 2008) daha düşük ya da önemli sayılamayacak sınırlar içerisinde değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Şarapların kompozisyonunu ifade eden kimyasal belirteçler kalitenin değerlendirilmesinde yararlı bilgiler sağlamakla birlikte, şarap kalitesinin duyuşal karakterler ile ifade edilmesi, diğer bir deyişle tadım sonuçları daha fazla tercih edilmektedir. Heymann ve Noble (1987), şarapların duyuşal özelliklerinin esas olarak üzümün olgunluk ve hasat kriterleri tarafından etkilendiğini, buna paralel olarak yaşın etkili olmadığını; Reynolds vd. (2008), asma yaşının şarapların duyuşal niteliklerini etkilemesi üzerindeki bilgilerin yetersiz olduğunu ileri sürmüşlerdir. Asmaların sahip oldukları yaş kriterini dikkate alarak üç kırmızı çeşit (Gamay, Syrah ve Humagne Rouge) üzerinde yapılan duyuşal analiz sonuçlarını değerlendiren Zufferey ve Maigre (2008), yaşlı asmalardan (34 yaşında) üretilen şarapların tanen yapısının daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Cabernet Sauvignon şaraplarını değerlendiren Casassa ve Harbertson (2014), genç asmalardan (beş yaşında) elde edilen şaraplarda bitkisel aromaların baskın olduğunu; daha yaşlı (olgun) asmalardan (20 yaşında) ise meyve aromalarıyla tanımlanan yüksek kalite derecesine sahip şarapların üretilebildiğini; Grigg (2017) ise, Syrah üzümlerinde genç asma (6 yaşında) şaraplarının meyve ve alkol, yaşlı asma şaraplarının (168 yaşında) ise daha yoğun kırmızı taze meyve aromalarına sahip olduğu bildirilmişlerdir.

Asmaları, diğer meyve türlerinden ayıran önemli özelliklerinden biri, yaşlanma ile birlikte meyve kalitesinin değişmemesi, hatta bazı görüşlere göre artış göstermesidir. Yaşlı asmaların sürdürülebilir ürün karakterleri üzerinde henüz çok sınırlı olan bilgilerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu kabul edilmekle birlikte, genel olarak yaşlanma ile asmaların olumlu özellikler kazandığı ve bu kazanımların rezerv madde (karbonhidrat) birikimi, daha güçlü fizyolojik

denge, güçlü kök yapısı ve hastalık etmenleri ile ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Easton, 2015; Grigg vd., 2018; di Battista, 2022; Riffle vd., 2022).

Karbonhidrat depolama kapasitesi: Kalın gövde ve güçlü kollardan oluşan büyük hacimli bir yapıya sahip olan yaşlı asmalar, bu güçlü iskelet nedeniyle, kendi gövdeleri üzerinde herhangi bir desteğe ihtiyaç duymadan bağımsız asmalar şeklinde yaşamlarını sürdürebilmektedirler (Şekil 1). Bu gösterişli çok yaşlı kitle, aynı zamanda yüksek kapasiteli bir karbonhidrat deposu anlamına gelmektedir (Pellegrino vd., 2014). Asmanın büyüme sezonu başında ilk yapraklarını oluşturabilmesi, depo maddelerini kullanmasıyla gerçekleşmektedir. Bu ilk yaprakların büyümelerini devam ettirebilmesi için ihtiyaç duyulan karbonhidrat miktarının fotosentez yoluyla karşılanabilmesi de uzun bir süre almaktadır. Bu nedenle, karbonhidrat deposu niteliğindeki yaşlı asmaların sahip olduğu bu avantaj, gelişmenin başlaması ve devamı için büyük önem taşımaktadır (Grigg vd., 2018; di Battista, 2022). Bu birikime sahip yaşlı odun dokusunun, aynı zamanda biyotik ve abiyotik strese karşı tampon görevi yaptığı ve özellikle düşük sıcaklıklara (don) karşı daha güçlü direnç sağladığı bilinmektedir (Mullins, 1992; Fennell, 2004). Bu nedenle, çevresel streslere karşı yaşa bağlı adaptasyon kapasitesindeki değişimin araştırılması gereği vurgulanmaktadır (Zufferey ve Maigre, 2008). Yaşlı asmaların karbonhidrat kapasitesinin genç asmalardan farklı olmadığını ileri süren tek görüş Zinfandel asmalarındaki bulgulara dayanmaktadır. 5-12 yaş ile 40-60 yaş karşılaştırmalarında elde edilen bulguların, öncekilerle çelişki oluşturduğu, bu nedenle kendi kökleri üzerinde yetiştirilen yaşlı Zinfandel asmaları ile St. George (*Vitis rupestris* Scheele) üzerine aşıllı genç asmaların karşılaştırılmasından elde edilen bulguların, anaç etkisi dikkate alınarak yeniden değerlendirmesi gerektiği belirtilmiştir (Riffle vd., 2022).



Şekil 1: Güçlü gövde ve kollara sahip yaşlı asma örnekleri. a: 1901 yılında Kaliforniya'da dikilmiş ve kendi kökleri üzerinde yetiştirilmiş bir Zinfandel asmasının güçlü gövde yapısı (<https://www.lodiwine.com/index.cfm?method=blog.blogsearch>); b: Yaşlı bir bağda güçlü asma gövde ve kolları (<https://www.oldvineregistry.org/old-vines-info>)

Vegetatif ve generatif büyüme dengesi (Fizyolojik denge): Bir asmada yapraklar ile salkımlar arasındaki sayısal denge, ürün kalitesini etkileyen bir gelişme parametresidir (Santesteban vd., 2010). Genç asmalarda taç yapısı daha geniş hacimli olduğundan, yaprak örtüsü/salkım dengesinin sağlanabilmesi için bilinçli bir taç yönetimi gereklidir. Bağlarda ürün kalitesini doğrudan etkileyen taç yönetimi, teknik bilgi ve yoğun işgücü içeren uygulamalardır (Çelik 2017, 2018). Asmanın yaşlı döneminde ise, yaprak ve salkım oluşumunun azalmaya başlaması nedeniyle, ek uygulamalara gerek duyulmadan optimum olgunluk için gerekli fizyolojik denge kendiliğinden sağlanmış olur. Genellikle yaşlı asmalarda ürün kalitesindeki artış, taç yönetimi uygulamalarına gerek duyulmadan gerçekleşen bu fizyolojik dengenin bir sonucu olarak kabul edilmektedir. Ancak bu dengenin sağlanabilmesinde ekolojik koşulların da etkili olduğu unutulmamalıdır (Grig, 2017). Crouse (2016)'un, asmalar yaşlandıkça çevrelerine uyum kapasitelerinin yükseldiği ve bir anlamda çevrelerinin “hafızasını” bilerek daha dengeli verim oluşturdıkları yönündeki yorumu (di Battista, 2022), destekleyici araştırma bulgularına rağmen henüz tam olarak bilimsel kabul görmeyen, yaşlı asmaların daha dengeli ve kaliteli ürün verme yeteneğine bir ölçüde açıklık getirmektedir.

Kök yapısı: Asmaların kök geliştirme kapasitesi, bağın toprak yapısı ve derinliği ile nem durumuna bağlı olmakla birlikte, asma yaşlandıkça kökleri toprakta daha derin ve geniş bir alana yayılmaktadır. Dolayısıyla yaşlı asmalar,

daha güçlü ve geniş kök yapısına sahiptir. Asmaların toprak üstü gelişme kapasitesi ile uyumlu güçlü bir kök sistemine sahip olması, biyotik ve abiyotik strese karşı direncinin güçlenmesini sağlamaktadır. Bu yapı, yaşlı asmaların genç asmalara göre gövde hastalıklarının baskısına karşı daha dirençli olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, yaşlı bağ alanlarında, kökler derinleştikçe olumlu teruar etkisinin daha fazla hissedildiği kabul edilmektedir (di Battista, 2022).

Virüs hastalıkları: Yaşlı asmaların sürdürülebilir bir gelişme ve verim potansiyeli kazanmalarını olumlu yönde etkileyen özelliklere sahip olmalarının yanı sıra ileri yaşlarda karşılaşılan en önemli sorun, bünyede virüs hastalıklarının birikmesidir. Ancak virüs hastalıklarının yöresel etkenler ve bağ yönetimi ile ilişkili bir birikim ve seyir izlediği gerçeği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bağlarda gelişme, verimlilik ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen virüs hastalıkları, doğal olarak, bulaşık asmalardan elde edilen üzümlerden üretilen şarapların kalitelerini de aşağı çekmektedir (di Battista, 2022).

3. YAŞLI (ESKİ) ASMA VE BAĞLARIN KAYIT ALTINA ALINMASI

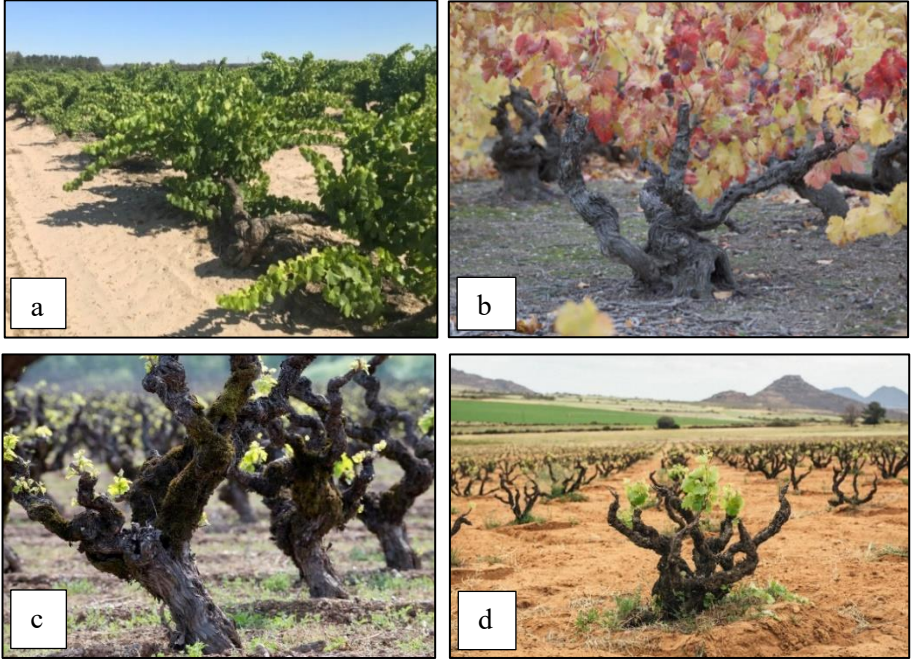
Yaşlı asmaların kayıt altına alınarak korunması ve tanıtılmasına yönelik çalışmalar ilk olarak 2009 yılında Avustralya'nın Barossa bölgesinde başlatılmıştır. Barossa bölgesi, Avustralya kıtasında en eski bağcılık bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Bölge bağlarında yer alan üzüm çeşitleri, dört kronolojik kategoriye ayrılmıştır (Çizelge 1). “Barossa Yaşlı Asmalar Listesi” adı altında gerçekleştirilmiş olan çalışma ile yaşlı bağlara, resmi sınıflandırma niteliği kazandırılmıştır. Halen, bağcılık-şarapçılık uzmanları ve sektör temsilcilerinin katılımı ve katkıları ile aktif bir tanıtım programı online olarak sürdürülmektedir. Açık kaynaklar incelendiğinde Riesling, Semillion, Shiraz, Grenache, Mourvèdre, Cabernet Sauvignon ile kurulu bağların kayıtlarına ulaşılmaktadır (<https://barossawine.com/vineyards/old-vine-charter/>).

Yakın geçmişte öne çıkan bir diğer oluşum ise, “Kaliforniya Tarihi Bağ Derneği”dir. Dernek, Kaliforniya bölgesi için yaşlı asmaları; 50 ve daha yaşlı olan ve halen ürün veren asmalar olması ve bağ alanlarında bu asmaların en az 1/3'ünün ilk dikim tarihine kadar izlenebilir olması, koşulunu esas alarak tanımlamıştır (<https://historicvineyardsociety.org/>).

Tablo 1: Barossa yaşlı asmalar listesinde yer alan yaş kategorileri (<https://barossawine.com/vineyards/old-vine-charter/>)

Kategori	Yaş Aralığı (Yıl)	Tanım
Yaşlı asma	≥ 35	Sağlıklı, ürün verebilen olgun asmalar
Yaşayan asma	≥ 75	Yüksek dayanıklılık göstermiş, hâlen verimli asmalar
Asırlık asma	≥ 100	Yüzyılı aşmış, bölgenin yaşayan mirası niteliğindeki asmalar
Atasal (Anıtsal) asma	≥ 125+	Kuşaklar boyunca korunmuş, en yaşlı ve nadir asmalar

Dünya bağcılığında yaşlı asma ve bağların tanıtılmasına öncülük eden organizasyonlar başta olmak üzere, ilgili bilgi kanallarından alınan yaşlı asma ve bağlara ait örnek görseller Şekil 2’de sunulmuştur.

**Şekil 2:** Dünyadaki yaşlı (eski) asma ve bağ örnekleri.

- a: Avustralya-Barossa bağlarında Grenache asmaları (<https://savorthetheharvest.com>),
b: İspanya’da Garnacha asmaları (<https://www.winescholarguild.com>),
c: ABD-Kaliforniya’da Zinfandel bağları (<https://www.forbes.com>),
d: Güney Afrika’da Chenin Blanc bağları (<https://alheitvineyards.co.za>)

Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü (OIV)’nün bağcılık sektörünün geliştirilmesine ilişkin karar ve stratejik planları ihtiyaçlar doğrultusunda hazırlanmış ve yayımlanmıştır. 2024 yılına kadar yayımlanmış karar ve raporlarda doğrudan “yaşlı asma ve bağ” ifadeleri kullanılmasa da, alınan

kararların yaşlı asma ve bağları da kapsadığı kabul edilmektedir. Bununla birlikte, dünyanın birçok ülkesinde yaşlı asma ve bağ kavramlarının son yirmi yıllık süreçte giderek öne çıkması ve bilimsel nitelik kazanması, konu ile ilgili örgütlerin kendi tanımlamalarını yapması sonrasında OIV, uluslararası kullanıma uygun ölçütler geliştirme görevini hızla yerine getirmiştir. Buna göre OIV, önceki yıllarda yayımlanmış olduğu ve hedefleri öz olarak Çizelge 2’de belirtilmiş olan kurumsal stratejik plân ve kararları ile Birleşmiş Milletler 2030 “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” arasında yer alan “biyolojik çeşitlilik ve ekosistemler üzerindeki baskıların azaltılması”, “doğa ile uyumlu yaşamın korunması” eylem plânları bağlamında, “yaşlı asma ve bağları tanımlama ölçütleri ve öneriler” yönergesini (OIV-VITI703-2024) yayımlamıştır (OIV, 2024a).

Tablo 2: Yaşlı asma ve bağların tanımlanmasına esas oluşturan OIV stratejik plân ve kararları

OIV Plân ve Kararları	Kapsam
Stratejik Plân 2020-2024	Çevre dostu bağcılık ve şarapçılığın geliştirilmesi ve genetik kaynakların korunması
OIV-VITI 01/2002	Biyoçeşitliliğin korunması
CST1-2004	Sürdürülebilir bağcılık ve şarapçılığın geliştirilmesi
OIV-VITI-333-2010	Bağcılıkta 'teruar' kavramının tanımlanması
OIV-VITI-424-2010	Üzüm çeşitlerinin temsil ettiği dünya mirasının korunmasının âciliyeti
OIV-CST-518-2016	Çevreyi ve biyoçeşitliliği koruyan sürdürülebilir bağcılık prensipleri
OIV-VITI-564B-2019	Çeşitlerde fizyolojik, biyotik ve abiyotik etkenlerden kaynaklanan özelliklerin ve poliklonal genetik farklılıkların korunması ve geri kazanılmasının sağlanması
OIV-VITI-641-2020	Sürdürülebilir bağcılık ilkeleri uygulama kılavuzu

OIV-VITI703-2024 no’lu yönergeye göre;

Yaşlı asma: 35 veya daha yaşlı ve ürün alınan asmalardır. Asmanın aşılı olması durumunda, aşı noktası en az 35 yıl boyunca bozulmamış olmalıdır. Ayrıca üretim yapılan bağ alanları dışında, farklı amaçlarla kullanılan asmalar veya bağ alanlarında farklı yaş sınırlarının uygulanabileceği de belirtilmiştir.

Yaşlı bağ: Değerlendirme şekline (şarap, taze tüketime yönelik sofralık üzüm, kuru üzüm, damıtık ürünler ve üzümden elde edilen fermente edilmemiş ürünler) göre ürün vermeye devam eden ve asmalarının en az %85'i yaşlı asmalardan oluşan, sınırları belli bağlardır.

Yaşlı Asma ve Bağları Tanımlama Ölçütleri: Kronolojik yaşıml izlenebilir olmasının yanı sıra tanımlama için kullanılacak özelliklerin de karışıklığa neden olmayacak şekilde ifade edilebilir olmasının önemini vurgulayan OIV (2024a); bitkilerin yıllar içerisindeki fenotipik değişimine neden olan etkenlerin incelenmesi gerektiğini vurgulayarak, yaşlı asmaların ve bağların korunması ve değerinin artırılması için ortak bir tanımlama kılavuzu oluşturmuştur.

Yaşlı asmalar için tanımlama kılavuzu

- Bulunduğu yerin coğrafik konumu,
- Asma yaşını gösteren belge. Resmi belgenin eksik olması, belge ya da verilere dayalı bilgilerin ve Resmi verilerin bulunmaması durumunda, kişisel olarak hazırlanan yeminli belge sunulması,
- Çeşit ve aşılı ise anacın tanıtılması,
- Orijinal asmanın tipi: Kendi kökü üzerinde veya aşılı olma durumu,
- Yetiştirme şekline ait değerlendirmeler: budama-terbiye sistemi,
- Elde edilen ürünün değerlendirilme şekli,
- Ürünün sertifika potansiyeli.

Yaşlı bağlar için tanımlama kılavuzu

- Bağın veya parselin tapu kimliği,
- Bağdaki asmaların numaralandırılmış detaylı haritası,
- Çeşitlerin ve aşılı ise anaçların tanıtılması,
- Bağın yaşına ait doküman. Resmi belgenin eksik olması durumunda belge ya da verilere dayalı bilgi; Resmi verilerin bulunmaması durumunda kişisel olarak hazırlanan yeminli belge,
- Orijinal asmanın tipi: Kendi kökü üzerinde veya aşılı olma durumu,
- Parselde yetiştirilen asmaların %85'inin aynı çeşit ve yaşta olduğunun doğrulanması,
- Yetiştirme şekline ait bilgiler: budama-terbiye sistemi,
- Elde edilen ürünün değerlendirilme şekli,
- Ürünün potansiyel sertifikası.

4.YAŞLI (ESKİ) ASMALARIN VE BAĞLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIKTAKİ ÖNEMİ VE GELECEĞİ

Dünyada sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesi bağlamında, bağcılık sektöründe yaklaşık son 20 yıllık süreçte ilgi kazanmakta olan yaşlı asmaların ve bağların önemi ve geleceğin bağcılığındaki yeri; asmanın ekolojik istekleri ve fizyolojik özellikleri ile kültürel önemi bağlamında incelenmektedir. İlgili kaynaklara göre yaşlı asmaların ve bağların bugünün ve geleceğin bağcılığındaki yeri ve önemi ile ilgili bilimsel veriler ve görüşler aşağıda değerlendirilmiştir.

1. Asmalar, tırmanıcı ve sarılıcı bitkilerdir. Bu özellikleri nedeniyle yetiştiriciliklerinde özel dayanak sistemlerine ihtiyaç duyulmakta ve bu durum bağ tesisinde önemli bir maliyet unsuru olarak yer almaktadır. Buna karşılık, işlevsel özelliklerini yitirmeden yaşama gücünü sürdüren yaşlı bağlar, dayanak ihtiyacı duymadan neredeyse bir ağaç formu kazanmaktadır. Bu yüzden yaşlı bağlar, modern bağlarda kurulması zorunlu olan destek yapılarının kurulmasına gerek duyulmayan üretim alanları olarak ayrıca değer taşımaktadır (<https://www.lodiwine.com/blog/Ten-reasons-why-old-vines-are-more-important-than-ever-to-the-international-wine-industry>).

2. Bir dayanak sisteminden bağımsız formdaki yaşlı asmalar, doğadaki yabani formlarından farklı olmayan kalın gövdeleri ve derin kökleri ile su ve besin maddelerine daha kolay ve etkin erişebilirler. Bu özellikleri ile, küresel ısınmanın da etkisiyle son yıllarda giderek artan şiddette hissedilen aşırı kuraklık, yüksek sıcaklıklar, don gibi zorlu iklim olaylarının yaşandığı koşullarda sağlıklı ve üretken olmayı sürdürebilme yeteneğine sahiptirler.

3.Telli terbiye şekillerine gerek duyulan modern bağcılık uygulamalarında, genellikle 25-35 yıl ürün alındıktan sonra bağların sökülerek yenilenmesi düşüncesi son yıllarda sıkça dile getirilmektedir. Özellikle fungal ve bakteriyel gövde hastalıkları ve çeşit değiştirme isteği, bu sürecin daha da öne çekilmesine neden olabilmektedir (Carbone vd., 2019, ECA, 2023) . Buna karşın, 50-100 yıl hatta daha uzun süre üretkenliklerini sürdüren yaşlı bağlardaki asmalar, bazen tek bir hereğe dayalı, çoğu kez dayanağın da bulunmadığı bir gövde üzerinde baş veya goble şeklinde terbiye edilmiş kısa budanan asmalardır. Söz konusu terbiye şekli-kısa budama kombinasyonu, iyi havalandırılan sınırlı bir taç gelişme kapasitesi oluşturarak, asmaların özellikle

biyotik stres etmenlerine (hastalıklar ve zararlılar) direnç gösterme yeteneğini de güçlendirmektedir.

4. Şarap sektörünün ana hedefi, üzüm çeşidinin karakterini ve bulunduğu ekolojii en iyi şekilde yansıtan şarapların üretilmesidir. Aslında genç bağlardan da aynı hedefe yönelik şarapların üretilebileceği bilinmektedir. Ancak, şarapların özgün duyuşsal nitelikleri teruar ile tanımlandığı için şarap üreticileri yaşlı bağların ürünlerini ayrı işlemeyi tercih etmektedir. Yaşlı asmaların, teruarı daha güçlü ifade etme yetenekleri ve son yıllarda sektörün doğal mayalara bağlı üretimi tercih etmesi, elde edilen şarapların piyasa değerini de artırmaktadır. Bilimsel olarak hala tartışılmakla birlikte, yaşlı bağlardan elde edilen şaraplar, sektör ve tüketiciler için daha ilgi çekici ve değerli görülmektedir (<https://www.guadoalmelo.it/en/agroecology-in-the-vineyard-our-present-and-future/>).

5. Yaşlı asmalar ve bağlar bir bölgenin nesiller boyunca sahiplenilen, benzersiz birer “kültür mirası” olarak korunmalı ve bölgesel/ülkesel imajın güçlendirilmesi ve şarap turizmi açısından bağcılık sektörünün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasındaki rolleri önemsenmelidir. Diğer yandan, birer kültür mirası olan yaşlı bağlar ve asmalar, kâr beklentisi olmayan organizasyonların oluşturulmasına da ön ayak olmaktadır. Miras çeşitler aynı zamanda birer uluslararası “tanıtım elçisi” olarak kabul görmekte, yine geleneksel ve tarihi bağcılık manzaralarının korunmasına katkıda bulunarak bağ turizmi için eşsiz birer sanat eseri niteliği taşımaktadırlar. Üzümlerin değerlendirme şekillerinin genişliği dikkate alındığında, yaşlı miras asmalar, yaratıcı ellerde eşsiz sanat eserlerine ilham kaynağı olan coğrafik değerlerdir (Kunter vd., 2024; <https://www.oldvines.org/blog/preserving-rioja-old-vine-heritage-for-a-more-sustainable-future>).

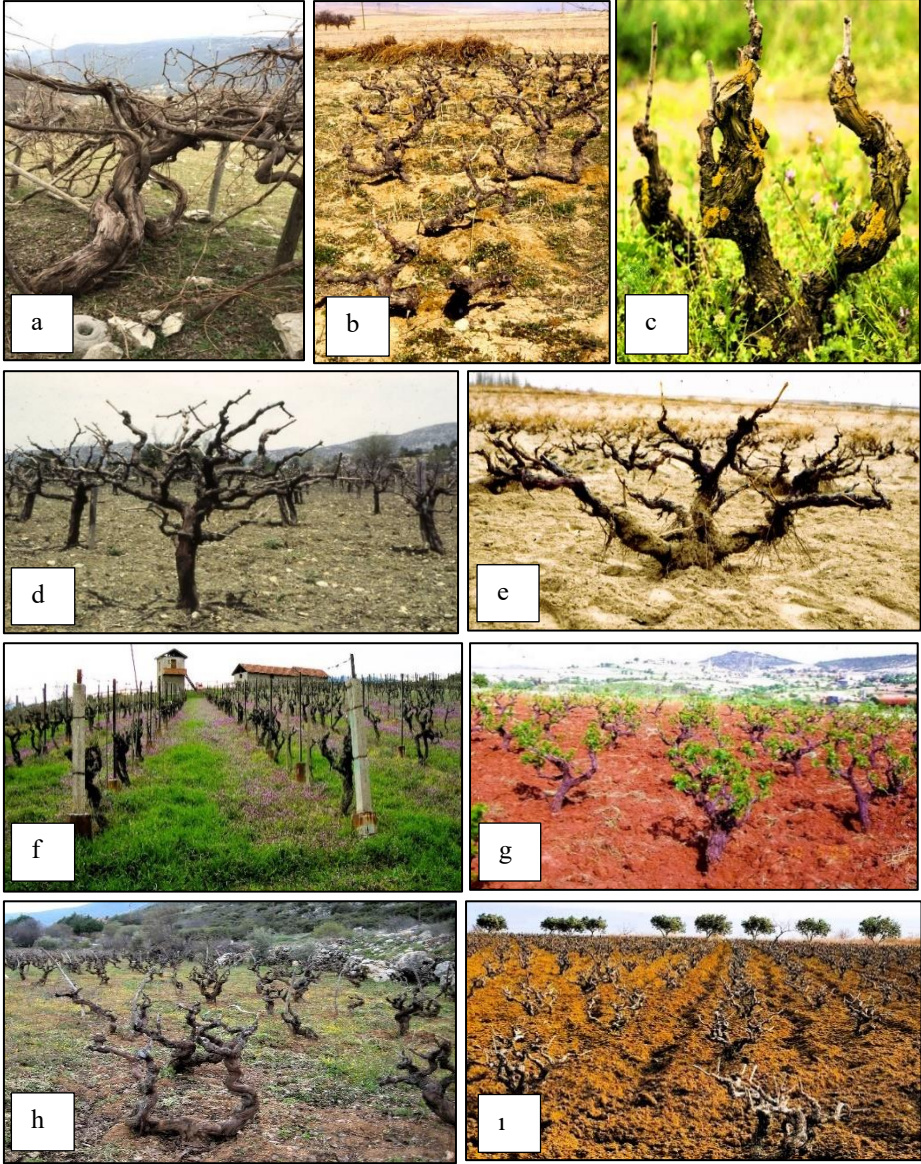
6. Asmalar, her iki yarımkürenin hemen her köşesinde yetiştirilebilecek yüksek eko-adaptasyon yeteneğine sahip olmakla birlikte, ekonomik anlamda bağcılık, sıcak-ılıman iklim kuşağının tarımsal faaliyetidir. Küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenen, dünyanın en eski ve önemli bağcılık merkezi konumundaki bu kuşakta yağışların azalması, sıcaklığın artması ve yaz kuraklıklarının şiddetlenmesi ile birlikte, hastalık ve zararlı baskısının artması, bağcılığın sürdürülebilirliği için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu bağlamda yaşlı asmaların; genotip-çevre etkileşiminden kaynaklanan epigenetik özellikleri ile, özellikle ürün kalitesi yönüyle kazandıkları üstünlüklerin yanı sıra çevresel streslere karşı fenotipik esnekliğe sahip özgün bireyler olarak da

değerleri büyüktür. Epigenetik; çevrenin bir organizmanın genetik yapısında, DNA dizisinde değişiklik yapmadan, genomda meydana gelen kimyasal değişikliklerin fenotipe yansması olarak açıklanmaktadır (Venios vd., 2024). Yaşlı asmalar, bu yönüyle epigenetik mirasın anlaşılmasında bilimsel açıdan da değer taşımaktadır. Uzun yaşam süreçleri boyunca yaşlı asmaların elde ettiği epigenetik kazanımlar, kalıtsal miras olarak korunmalıdır. Yaşlı asmalar ve bağların yıllar boyunca kazandıkları epigenetik miras; genetik çeşitlilik, tarımsal kapasite, kalite, sürdürülebilirlik ve izlenebilirlik gibi etkileri ile bağcılık sektörünün geleceği için son derece önemlidir.

7. Günümüzde halâ yeterince aydınlatılamamış olan asma kökleri ile mikoriza ve diğer toprak misel ağları arasındaki ilişkilerin ve teruar kavramının daha iyi anlaşılmasında yaşlı bağların önemli olduğu düşünülmektedir. Yaşlı bağlar, “onarıcı bağcılık (regenerative viticulture)” alanında toprak sağlığı ve ekosistemin güçlendirilmesi çalışmalarının önemli materyalleri olarak da değer taşımaktadır (<https://wineanorak.com/2022/03/22/the-science-of-old-vines/>).

5. TÜRKİYE BAĞCILIĞINDA YAŞLI (ESKİ) ASMA VE BAĞLARIN ÖNEMİ

Dünyanın değişik bölgelerinde kurulmuş ve halen ayakta olan bağlarda OIV tanımlama ölçütlerine uyan yaşlı asmalara sıkça rastlamak mümkünse de kriterleri karşılayan gerçek yaşlı bağlar oldukça nadir ve değerlidir. Tarihi boyunca 15 büyük uygarlığa ev sahipliği yapan Anadolu, tek başına neredeyse tüm Dünya bağcılığını temsil eden *Vitis vinifera* L. asma türünün hem gen merkezi hem de ilk kez kültüre alındığı coğrafyanın merkezindeki konumu ile çok eski ve köklü bir bağcılık kültürüne sahiptir. Bağcılık, tüm dünyaya bu coğrafyadan yayılmıştır. Aynı zamanda, her türlü değerlendirme amacına uygun bağcılık için son derece elverişli ekolojik koşullara sahip olan bu coğrafyada bağcılığın geçmişi günümüzden yaklaşık 7.500 yıl öncesine (Neolitik dönemin sonu) uzanmaktadır (Çelik, 2024). Bağcılık tarihi ve kültürü açısından önemi ve değeri yukarıda vurgulanan Türkiye, sahip olduğu zengin asma gen potansiyelinin eseri olarak hemen her yöresinde bu zengin kültür mirasının günümüze ulaşmış örnekleri olan üzüm çeşitlerine ve bu çeşitlere ait yaşlı bağlara ve asmalara ev sahipliği yapmaktadır. Şekil 3’de ülkemizin yaşlı asmalarına ve bağlarına ait örnekler sunulmuştur.



Şekil 3: Türkiye'nin yaşlı (eski) asmalarından ve bağlarından örnekler.

a: Antalya-Kaş'ta anıtsal Margaz asması, b: Kırşehir-Kaman'da yaşlı bir bağ, c: Edirne-Kırcasalih'te yaşlı bir Papazkarası omcası, d: Antalya-Akseki'nin Murtiçi köyünde yaşlı bir bağ, e: Nevşehir-Ürgüp'ün Ortahisar beldesinde yaşlı bir Dimrit bağı, f: Karabük-Safranbolu Yazıköy'de yaşlı bir bağ, g: Denizli-Çal'da yaşlı bir Çalkarası bağı, h: Isparta-Eğirdir'de eski bir bağ, ı: Tekirdağ-Şarköy-Mürefte Gazıköy'de eski bir bağ. (Fotoğraflar: Prof.Dr. Hasan Çelik).

Ege’de Sultani, Çalkarası, Bornova Misketi; Marmara-Trakya’da Müşküle, Papazkarası, Yapıncak, Karasakız, Adakarası, Semillon; Akdeniz’de Margaz, Tilki Kuyruğu, Kabarcık, Dimrit; İç Anadolu’da Kalecik Karası, Hasandede, Emir, Ekşikara, Gecek Karası; Güneydoğu’da Boğazkere, Horozkarası, Besni, Rumi, Mezrone; Doğu Anadolu’da Öküzgözü, Ağın, Şilfoni, Cimin (Karaerik), Erciş üzümü Karadeniz’de Narince, Merzifon Karası, Mercan, Çatalkara, İskilip Karası üzüm çeşitlerine ait yaşlı, yüzyıllık hatta anıtsal asmalara kadar uzanan çok geniş yaş aralıklarına sahip asmalardan oluşan bağ alanları ülkemiz için bağcılık mirasıdır.

6. SONUÇ

Günümüzde yaşlı bağlar ve asmaların kayıt altına alınması ve korunması için geliştirilen projeler ve plânlamalar, *Vitis vinifera* L. çeşitlerinin ilk kültür alanından çıkarılarak taşındığı diğer uygun coğrafyalarda (Kaliforniya, Avustralya, Güney Afrika gibi) gerçekleştirilmiş olsa da, dünyanın en iyi üzümleri ve şaraplarının, doğal olarak köken coğrafya ve çeşitlerinden üretilebileceği bir gerçektir. Bu nedenle, asmanın ilk kültüre alındığı Anadolu, Transkafkasya ve Akdeniz havzasında en güzel örnekleri bulunan yaşlı asmaların ve bağların tanımlanması, kayıt altına alınması ve korunmasına yönelik çalışmalar, sürdürülebilir bağcılık için çok değerli katkılar sağlayacaktır.

Yaşlı asmalar ve bağların fizyolojik davranışları ve sürdürülebilir genetik karakterleri ile ilgili bilimsel bulgulara dayalı görüşler arasında önemli farklılıklar vardır. Bu kararsız sonuçları kıyaslamakla ve anlamaya çalışmakla zaman yitirmek yerine; uzun yaşamlarında çevrelerindeki tüm biyotik ve abiyotik stres faktörlerine direnmiş yaşlı asmaların, fizyolojik yapıları, çevresel faktörler ve bağ yönetimi etkisi altında şekillen yaşama güçlerine saygı duyulmalı ve koruma projelerine önem verilmelidir.

KAYNAKÇA

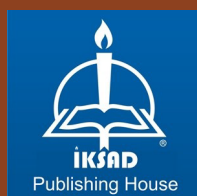
- Carbone, A., Quici, L., & Pica, G. (2019). The age dynamics of vineyards: Past trends affecting the future. *Wine Economics and Policy*, 8, 38-48.
- Casassa, L. F., & Harbertson, F. J. (2014). Extraction, Evolution, and Sensory Impact of Phenolic Compounds During Red Wine Maceration. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 83-109.
- Çelik, H. (2017). Bağlarda Taç Yönetimi-Yaz Budamaları. *TÜRKTOB Dergisi* Sayı 22:34-43.
- Çelik, H. (2018). Bağlarda Taç Yönetimi-Kış Budamaları. *TÜRKTOB Dergisi* Sayı 24: 32-42.
- Çelik, H. (2024). Düünden Bugüne Ankara Bağcılığı ve Bağ Evi Kültürü (Viticulture and Vineyard House Culture of Ankara from Past to Present). Antik Çağlardan Günümüze Anadolu'da Tarım Sempozyumu (Agriculture in Anatolia from Antiquity to the Present Symposium), 13-15 Mayıs-May, 2024, Ankara.
- Considine, J.A. (2004). Grapevine productivity and yield components: A case study using field vines of Zante currant. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 10, 108-115.
- Crouse, R. (2016). The sensory characterisation of old-vine Chenin blanc wine: An exploratory study of the dimensions of quality. Thesis, Stellenbosch University, Private BagX1, 7602 Matieland (Stellenbosch), South Africa).
- di Battista, M. (2022). Impact of vine age on grape composition: a review. Instituto Superior D Agronomia, Universidade de Lisboa, Viticulture and Oenology Engineering, Master's thesis, 94 p.
- Easton, S. (2015). Strength in maturity? A look at old vines. The Drink Business. <https://www.thedrinksbusiness.com/2015/05/strength-in-maturity-a-look-at-old-vines-wine/>
- ECA, (2023). Restructuring and planting vineyards in the EU. European Court of Auditors (ECA) Special Report, 53 p. (https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-23/SR-2023-23_EN.pdf).
- Fennell, A. (2004). Freezing Tolerance and Injury in Grapevines. *Journal of Crop Improvement*, 10(1-2), 201-235.

- Gray, W. B. (2022). Old Vines Begin to Capture the Wine World's Attention. *Wine Business Monthly* (<https://www.winebusiness.com/wbm/article/258406>).
- Grigg, D. (2017). An investigation into the effect of grapevine age on vine performance, grape and wine composition, sensory evaluation and epigenetic characterization. Ph.D.Thesis, University of Adelaide, Adelaide.
- Grigg, D., Methven, D., de Bei, R., Rodríguez López, C. M., Dry, P., & d Collins C. (2018). Effect of vine age on vine performance of Shiraz in the Barossa Valley, Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, 75–87.
- Heymann, H. & Noble A. C. (1987). Descriptive analysis of commercial Cabernet Sauvignon wines from California. *Am. J. Enol. Vitic.*, 38, 41-44.
- Keller, M. (2020). The Science of Grapevines. Academic Press-Elsevier, Third Edition, 541p. ISBN: 978-0-12-816365-8
- Kunter, B., Keskin, N. & Kaya, Ö. (2024). Kültürel Değerler Eşliğinde Eski Bağları ile Bir Bozkır Üzümlü: 'Hasandede'. *Journal of Academic Tourism Studies*, 5(2), 161-169.
- Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L.(1992). Biology of The Grapevine. Cambridge University Press, 239 p. ISBN 0-521-30507-1
- Nader, K. B., Stolla, M., Rauhuta, D., Patza, C. D., Junga, R., Loehnertza, O., Schultza, H.R., Hilbertb, G., Renaudb,C., Robyb, J.P., Delrothb, S., & Gomèsb,E. (2019). Impact of grapevine age on water status and productivity of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. *Eur. J. Agron.*, 104, 10-12.
- OIV, (2024a). OIV Definitions and Recommendations on Old Grapevines and Old Vineyards in The Vitivinicultural Sector. Standarts and Technical Documents/ Resolutions/ OIV-VITI 703-2024 (<https://www.oiv.int/node/3806>).
- OIV, (2024b). Development of sustainable vitiviniculture. Standart and Standarts and Technical Documents/ Resolutions/ CST 1/2004 (<https://www.oiv.int/node/3391>).
- Pellegrino A, Clingeffer P, Cooley N., & Walker, R. (2014). Management practices impact vine carbohydrate status to a greater extent than vine productivity. *Front Plant Sci.*, 5, 283.

- Reynolds, A. G., Pearson, E. G., Savigny, C. D., Coventry, J., & Strommer, J. (2008). Interactions of vine age and reflective mulch upon berry, must, and wine composition of five *Vitis vinifera* cultivars. *Int. J. Fruit. Sci.*, 7, 85-119.
- Riffle, V. L., Arredondo, J. A., LoMonaco, I., Appel, C., Catania, A. A., Dodson Peterson J. C., & Casassa, L. F. (2022). Vine Age Affects Vine Performance, Grape and Wine Chemical and Sensory Composition of cv. Zinfandel from California. *Am J Enol Vitic.*, 73(4), 277-293.
- Sanmartin, C., Venturi, F., Taglieri, I., Ferroni, G., Scalabrelli, G., Narkabulova, N., Andrich, G., & Zinnai, A. (2017). Restoration of an old vineyard by replanting of missing vines: Effects on grape production and wine quality. *Agrochimica* 61, 154-163.
- Santesteban, L., Miranda, C., & Royo, J. (2010). Vegetative Growth, Reproductive Development and Vineyard Balance. In: Delrot, S., Medrano, H., Or, E., Bavaresco, L., Grando, S. (eds) Methodologies and Results in Grapevine Research. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9283-0_4
- Venios, X., Gkizi, D., Nisiotou, A., Korkas, E., Tjamos, S. E., Zamioudis, C., & Banilas, G. (2024). Emerging Roles of Epigenetics in Grapevine and Winegrowing. *Plants*, 13, 515. <https://doi.org/10.3390/plants13040515>
- Zufferey, V., & Maigre, D. (2008). Grapevine age. II. Impact on grape and wine quality. *Revue suisse de Vitic., Arboric., Hortic.*, 40, 241–246.
- <https://alheitvineyards.co.za> (<https://alheitvineyards.co.za/the-vineyards/>)
- <https://barossawine.com/vineyards/old-vine-charter/>
- <https://historicvineyardsociety.org/>
- <https://savortheharvest.com> (<https://savortheharvest.com/rejuvenating-old-vine-grenache-in-the-barossa-valley/>)
- <https://wineanorak.com/2022/03/22/the-science-of-old-vines/>
- <https://www.forbes.com> (<https://www.forbes.com/sites/cathrinetodd/2022/>)
- <https://www.guadoalmelo.it/en/agroecology-in-the-vineyard-our-present-and-future/>
- <https://www.lodiwine.com/blog/Ten-reasons-why-old-vines-are-more-important-than-ever-to-the-international-wine-industry>
- <https://www.oldvines.org/blog/preserving-riojas-old-vine-heritage-for-a-more-sustainable-future>

<https://www.winescholarguild.com>

(<https://www.winescholarguild.com/blog/regional-spotlight/a-journey-around-some-of-spains-oldest-vines>)



ISBN: 978-625-378-418-8