

Aralık 2025

BAHÇE BİTKİLERİ

Alanında Uluslararası Derleme, Araştırma ve Çalışmalar

EDİTÖR

DOÇ.DR. HATİCE FİLİZ BOYACI



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2025

ISBN • 978-625-8559-95-8

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

BAHÇE BİTKİLERİ ALANINDA ULUSLARARASI DERLEME, ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

Editör

DOÇ. DR. HATİCE FİLİZ BOYACI

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

**KARAMAN KOŞULLARINDA MM111 ANACI ÜZERİNE AŞILI STARKİNG DELİCİOUS
VE GRANNY SMİTH ELMA ÇEŞİTLERİNDE NAA (AMİD-THİN) UYGULAMASININ
SEYRELTME ETKİSİ 7**

Mehmet Emin DAĞ, Said Efe DOST

BÖLÜM 2

MEYVE VE SEBZELERDE DONDURARAK KURUTMA 25

Erkan BAŞ, Mehmet Ali KOYUNCU, Derya ERBAŞ

BÖLÜM 3

TOHUM GÜÇ TESTLERİNDEN HIZLANDIRILMIŞ YAŞLANDIRMA TESTİ..... 39

Elif ÇATIKKAŞ

BÖLÜM 4

ZEYTİN VE ZEYTİNYAĞININ SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMLİ ETKİLERİ..... 53

Cansu DÖLEK

BÖLÜM 5

**ÜZÜMSÜ MEYVELERDE KURAKLIK VE TUZLULUK STRESİ TEŞHİS, YÖNETİM VE
UYGULANABİLİR YAKLAŞIMLAR 65**

Sevinç ATEŞ

BÖLÜM 6

İNCİRDE DERİM VE DERİM SONRASI İŞLEMLER..... 83

Şükrü KARAGÜL, Mehmet Ali KOYUNCU, Derya ERBAŞ



**KARAMAN KOŞULLARINDA MM111 ANACI
ÜZERİNE AŞILI STARKİNG DELİCİOUS VE GRANNY
SMİTH ELMA ÇEŞİTLERİNDE NAA (AMİD-THİN)
UYGULAMASININ SEYRELTME ETKİSİ**

“

”

*Mehmet Emin DAĞ¹
Said Efe DOST²*

1 Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye. yesil_dere_emin@hotmail.com, orcid id: 0000-0003-3393-7855

2 Dr. Öğr. Üyesi Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye. Saidefe.dost@gmail.com, orcid id: 0000-0003-4279-7292

Bu araştırma, 2022–2023 yıllarında yaz döneminin sıcak, kurak ve yağışın sınırlı geçtiği Karaman ili ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada, MM111 anacı üzerine aşılı Starking Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinde, meyve çapı 6–7 mm olduğu dönemde uygulanan farklı dozlarda (kontrol, 25, 50 ve 75 ppm) AMID-THIN (NAA) kimyasal seyrelticisinin seyreltme etkinliğinin belirlenmesi, ayrıca seyreltme oranı ile bazı temel meyve kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, her iki çeşitte de en yüksek seyreltme başarısının 75 ppm dozunda sağlandığını göstermiştir. Aynı uygulama düzeyinde meyve ağırlığı ve ekstra sınıf meyve sayısının da en yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, meyve eti sertliği (MES), suda çözünebilir toplam kuru madde (ŞÇ-TKM) ve titre edilebilir asitlik (TA) bakımından çeşitler arasında gözlenen farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

1. GİRİŞ

Botanik açıdan elma (*Malus domestica* L.), Dicotyledoneae sınıfı içerisinde yer almakta olup Rosaceae familyasının *Malus* cinsi altında sınıflandırılmaktadır. Dünya genelinde doğal yayılışa sahip yaklaşık 30 farklı elma türünün bulunduğu bildirilmektedir (Kızılaslan ve Kılıç, 2022). FAO'nun 2022 yılı verilerine göre Türkiye, 95.84 milyon tonluk küresel elma üretimi içinde 4.83 milyon tonluk üretim hacmiyle dünya çapında ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2022). Türkiye'de elma yetiştiriciliği hem geniş üretim alanları hem de artan ticari değeri nedeniyle önemli bir ekonomik potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, tüketici tercihlerindeki değişim üretim stratejilerinin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Eskimez vd. 2020). Meyvelerin dış görünüşü ve yapısal özellikleri, tüketiciler tarafından tat ve besin kalitesinden daha fazla önceliklendirilmektedir (Kader, 1999). Elma ticaretinde kaliteyi belirleyen temel unsur meyve iriliğidir (Hirst ve Flowers, 2000). Modern meyve yetiştiriciliğinde kullanılan birçok ticari çeşit, genellikle oldukça yüksek çiçeklenme potansiyeline sahiptir. Bu durum, ağaçlarda aşırı meyve tutumuna neden olarak meyve iriliğinde azalma, renk gelişiminde yetersizlik, kalite parametrelerinde düşüş ve buna bağlı ekonomik kayıplar gibi çeşitli olumsuzluklara yol açabilmektedir. Ayrıca, ağaç üzerindeki yoğun meyve yükü, takip eden yıl için çiçek tomurcuğu farklılaşmasını olumsuz etkileyerek periyodisite eğiliminin güçlenmesine neden olmaktadır (Verma et al., 2023).

Meyve seyreltme işlemi; elle, mekanik yöntemlerle veya kimyasal maddeler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Diğer seyreltme teknikleri ile karşılaştırıldığında kimyasal seyreltme, uygulama kolaylığı ve işçilik gereksiniminin düşük olması nedeniyle daha ekonomik bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Özellikle vejetatif dönemin erken safhalarında gerçekleştirildiğinde, hem takip eden yıldaki çiçeklenme potansiyeli hem de meyve kalite kriterleri üzerinde olumlu etkiler ortaya koyduğu bildirilmektedir (Ferree & Schmid, 2001; Sadeler ve Bolat, 1999). Bu amaçla kullanılan kimyasal maddeler

ise çoğunlukla çeşitli büyüme düzenleyicileri veya büyüme düzenleyicilerinin insektisitlerle belirli oranlarda oluşturduğu karışımları içermektedir. Elma yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan seyrelticiler arasında naftalin asetik asit (NAA), benziladenin (BA), karbaril, ethephon, gibberellinler, CPPU [N-(2-kloropiridil)-N-fenilüre] ve Accel yer almaktadır, NAA, naftalin asetamid (NAD), karbaril ve BA uygulamaları özellikle elmalarda en sık tercih edilen kimyasal seyrelticiler olmuştur. Karbaril ile 1-naftalen asetik asidin birlikte kullanıldığı bazı uygulamalar başarılı sonuçlar vermekle birlikte kimi durumlarda aşırı seyreltmeye yol açabilmektedir. Ayrıca karbarilin bir pestisit olması nedeniyle 2009 yılından itibaren seyreltici olarak kullanımının yasaklanmış olduğu bilinmektedir (Schupp et al., 2012; Fernandes et al., 2013; Botton et al., 2020). NAA seyrelticisinin yapraklardan emilerek etilen oluşumunu teşvik ettiği, ayırıcı tabaka oluşumuna yol açarak meyve dökümüne neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalarda elma çeşitlerinde tam çiçeklenmeyi izleyen yaklaşık 15–25 günlük dönemde uygulanan 10–20 ppm NAA dozlarının etkili bir kimyasal seyreltme sağlayabildiği belirtilmiştir (Burak vd. 1999). Uygun bir kimyasal seyrelticinin en önemli etkilerinden biri ağacın meyve yükünü hafifleterek meyveler arasındaki rekabeti kaldırmak daha iyi meyve ağırlığı, çapı ve rengi elde edilmesidir. Bir kimyasal seyreltici değerlendirilmesinde en çok dikkat edilen konu elma ağaçlarında meyvelerin pomolojik özelliklerin (ağırlığının, çapının ve kırmızı renk) gelişiminin tutarlı bir şekilde artışı sağlamasıdır (Stover vd. 2001; Gonzalez vd. 2024). Bu çalışmada AMID-THIN (NAA) kimyasal seyrelticinin Karaman-Yeşildere bölgesinde etkilerinin belirlenmesi için yapılmıştır. Bu çalışma, Starking Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinde farklı NAA dozlarının (Kontrol, 25, 50 ve 75 ppm) etkilerini incelemek ve söz konusu çeşitler için en uygun kimyasal seyreltme dozunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1 Bitkisel, kimyasal ve Deneme Parselinin Özellikleri

Bitkisel meteryal olarak Karaman ili Yeşildere köyünde 37. 25'77" enlem ve 33.38'34" boylam da bulunan M111 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Starking Delicious elma çeşitleri ile 2022-2023 yıllarında ağaçların 20-21 yaşlarında yütülmüştür. Denemenin Yürütüldüğü elma parseli 16500 m² büyüklüğünde 5x5 m sıra arası ve üzeri mesafelerde modifiye lider terbiye sistemine göre Doğu-Batı yönünde 2003 yılında kurulmuştur. Bölgenin uzun yıllar ortalamasına ait iklim verileri Tablo1 de verilmiştir.

Tablo 1. Karaman ilinde vejetasyon dönemi (Mart–Ekim) boyunca kaydedilen sıcaklık, nem ve yağış verileri

	Yıllar	Aylar								Yıllık
		3	4	5	6	7	8	9	10	
Ortalama	75-24	6.3	11.8	16.3	20.4	23.6	23.3	19.2	13.4	12.2
sıcaklık (°C)	2022	1.3	15.1	16.1	20.9	22.4	25.5	20.6	13.6	12.6
	2023	8.9	11.9	16.0	20.3	23.8	26.9	20.2	15.9	13.8
En yüksek	75-24	28.7	32.3	34.4	36.9	40.4	41.4	39.1	34.0	41.4
sıcaklık (°C)	2022	17.2	29.4	32.8	32.3	33.5	35.6	34.4	34.0	26.5
	2023	21.5	24.2	28.5	32.3	37.1	41.4	32.4	28.1	27.4
En yüksek	75-24	12.5	18.3	23.4	27.9	31.2	31.3	27.4	20.9	18.9
sıcaklık	2022	6.3	21.8	22.8	27.4	29.2	32.7	28.6	20.5	18.9
	2023	14.5	17.9	22.9	26.9	30.9	34.6	28.0	24.1	20.5
ortalaması (°C)	75-24	63.2	56.3	54.2	49.1	42.9	43.2	47.8	58.6	58.8
Ortalama	2022	88.4	55.4	76.3	78.4	63.0	62.0	62.6	81.8	77.4
	2023	84.1	77.2	81.7	81.7	57.3	51.5	62.4	77.8	77.3
nisbi nem (%)	75-24	37.5	35.4	34.9	25.8	5.8	7.5	7.8	28.0	339.6
	2022	50.6	2.4	20.0	32.0	0.0	0.0	4.2	29.4	297.4
Aylık toplam	2023	80.4	17.2	31.4	32.4	0.0	0.0	0.0	9.4	263.7
yağış (mm)	75-24	37.5	35.4	34.9	25.8	5.8	7.5	7.8	28.0	339.6
yağış (mm)	2022	50.6	2.4	20.0	32.0	0.0	0.0	4.2	29.4	297.4
	2023	80.4	17.2	31.4	32.4	0.0	0.0	0.0	9.4	263.7

3. Metot

Bu araştırmada tüm gözlem, ölçüm ve analizler, ağaçların dikiminden sonraki 20. (2022) ve 21. (2023) yetiştirme dönemlerinde yürütülmüştür. Deneme alanında yer alan bireyler arasından her çeşitte üçer ağaç rastgele seçilmiş olup, her bir ağaç bir tekerrür (replicat) olarak değerlendirilmiştir. Böylece çalışma, üç tekerrürlü olarak “Tesadüf Parselleri Deneme Deseni” esas alınarak kurulmuştur. Her yıl için çeşitler arasındaki farklılıklar bağımsız olarak değerlendirilmiş, elde edilen veriler istatistiksel açıdan “Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi” ile %5 önem düzeyinde ($P \leq 0.05$) analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, yıllar arasındaki çevresel varyasyonların etkisini en aza indirerek çeşit–uygulama ilişkilerinin daha doğru bir şekilde ortaya konmasına olanak sağlamıştır.

Çalışmada kullanılan kimyasal seyreltici AMID-THIN (NAA), dört doz halinde uygulanmıştır: kontrol, 25 ppm, 50 ppm ve 75 ppm. Belirlenen dozlara göre hazırlanan çözeltiler 10 litre su içerisinde çözündürülmüş ve ağaçlara püskürtme yöntemiyle uygulanmıştır. Uygulamalar, elma ağaçlarında çiçeklenmenin hemen sonrasında, meyvelerin 6–7 mm çapına ulaştığı fenolojik dönemde gerçekleştirilmiştir. Kimyasal uygulamalar, homojen dağılım sağlanabilmesi amacıyla sırt tipi elektrikli pülverizatör kullanılarak, sabahın erken saatlerinde, hava sıcaklığının 15–16 °C olduğu stabil bir atmosfer koşulunda tek doz şeklinde yapılmıştır. Bu uygulama zamanı, NAA’nın fizyolojik etki mekanizması gereği optimum seyreltme etkinliği sağlamak üzere literatürde önerilen kritik dönemle uyumludur.

Bu yöntemsel düzenlemeler, çevresel faktörlerin etkisini en aza indirerek

hem seyreltme etkinliği hem de kalite parametreleri üzerine uygulama dozlarının gerçek etkilerinin belirlenmesini amaçlamaktadır.

Burak ve arkadaşları (1999), Starkspur ve Golden Delicious çeşitlerinde NAA uygulamasının, tam çiçeklenmeden yaklaşık 25 gün sonra 5–10 ppm dozunda başarılı olduğunu rapor etmişlerdir. Genel olarak NAA, tam çiçeklenmeden 14–21 gün sonra ve meyveler 9–10 mm çapına ulaştığında, 5–100 ppm aralığında uygulanmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular da literatürde belirtilen zamanlama ve doz aralıklarıyla uyumludur. Seyreltme uygulamalarında meyvenin o andaki büyüklüğü kritik öneme sahiptir; 10–12 mm çapındaki meyveler, küçük veya büyük meyvelere kıyasla NAA ve BA uygulamalarına daha duyarlıdır. Ayrıca, hızlı büyüyen meyvelerde uygulamanın 7–10 mm iken, daha yavaş büyüyen meyvelerde ise 12–15 mm çapına ulaşmadan yapılması, uygulamanın etkinliğini artırmaktadır (Butar vd., 2016; Kaçal, 2011). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızdaki kimyasal seyreltme uygulamalarının uygun zaman ve dozda gerçekleştirildiği doğrulanmıştır.

3.1 Ağaç Başına Verim (kg ağaç⁻¹):

Her bir deneme ağacından hasat edilen toplam meyve miktarı, hasat işlemi tamamlandıktan hemen sonra laboratuvar hassasiyetinde bir terazi kullanılarak tartılmış ve elde edilen değerler ağaç başına verim (kg ağaç⁻¹) olarak kaydedilmiştir. Bu ölçüm, her ağacın üretim kapasitesini doğrudan yansıtmaması nedeniyle seyreltme uygulamalarının etkinliğini değerlendirmede temel bir parametre olarak kabul edilmektedir.

Elma yetiştiriciliğinde seyreltme uygulamaları, ağaçların generatif yükünü düzenleyerek optimum meyve sayısının oluşturulmasını hedefler. Bu nedenle ağaç başına verim verisi, hem uygulamaların meyve dökümüne etkisini hem de oluşan toplam ürün miktarındaki değişimleri değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. Uygulama dozları arasında ortaya çıkan verim farklılıkları, seyreltme maddelerinin meyve tutumu, fotosentetik ürün paylaşımı (sink–source ilişkisi) ve generatif–vejetatif denge üzerindeki etkileri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Literatürde de ağaç başına verim, kimyasal seyreltme çalışmalarında yaygın şekilde kullanılan ve çeşit–uygulama etkileşiminin en net gözlemlendiği parametrelerden biri olarak bildirilmektedir (Robinson ve Lakso, 2011; Greene, 2010). Ayrıca verim miktarındaki değişimler, seyreltmenin sonraki yıl çiçek tomurcuğu farklılaşmasını ve periyodisite eğilimini nasıl etkilediğine dair dolaylı bir değerlendirme yapılmasına da olanak sağlamaktadır.

Bu nedenle çalışmada elde edilen ağaç başına verim değerleri, uygulanan NAA dozlarının Karaman koşullarında MM111 anacı üzerindeki biyolojik ve fizyolojik etkilerini ortaya koymada belirleyici bir gösterge olarak kullanılmıştır.

3.2 Ortalama Meyve Ağırlığı (g):

Ortalama meyve ağırlığı, her bir deneme ağacından elde edilen toplam ürün miktarının aynı ağaçtan hasat edilen toplam meyve adedine bölünmesiyle belirlenmiştir. Bu hesaplama sayesinde meyvelerin bireysel büyüklüklerini yansıtan temel bir verim bileşeni ortaya konulmuştur. Kimyasal seyreltme uygulamalarının meyve sayısını azaltarak kalan meyvelerin besin ve fotosentetik ürünlere olan rekabetini düşürdüğü. dolayısıyla meyve iriliğini ve tek meyve ağırlığını artırdığı bilinmektedir. Bu nedenle ortalama meyve ağırlığı seyreltme stratejilerinin fizyolojik etkilerini değerlendirmek açısından kritik bir parametre olarak kabul edilmektedir. Ayrıca artan tek meyve ağırlığının, pazar değeri yüksek kalibre sınıflarının oranını yükseltmesi bakımından da ticari önemi büyüktür (Byers ve ark.. 1990; Bound. 2016).

3.3 Meyvelerin Kalite Sınıflarına Göre Dağılımı (%):

Hasat edilen tüm elmalar, Türk Standartları Enstitüsü'nün TSE 1128 Elma Standardı temel alınarak meyve çapı, renklenme düzeyi, kabuk yapısı, yüzey kusurları, vuruk ve berelenme durumu gibi dış kalite özellikleri bakımından sınıflandırılmıştır. Bu kriterler doğrultusunda her bir meyve; Ekstra. 1. Sınıf. 2. Sınıf ve Iskarta olmak üzere dört ana kategoriye ayrılmıştır. Sınıflandırma işlemi, hasadı takiben aynı gün içinde homojen bir değerlendirme sağlamak amacıyla eğitimli personel tarafından yapılmıştır.

Her deneme ağacında hem toplam meyve adedi hem de her kalite sınıfına giren meyve sayısı ayrı olarak kayıt altına alınmıştır. Ardından her kalite sınıfının oranı toplam meyve sayısı üzerinden yüzdelik hesaplama ile belirlenmiştir. Bu yaklaşım seyreltme uygulamalarının yalnızca verim üzerine değil aynı zamanda pazarlanabilir ürün oranı üzerindeki etkilerini de ayrıntılı biçimde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

Meyve kalite sınıfı dağılımı; sofralık elma üretiminde pazar kalitesinin belirlenmesi ticari değer tahmini, depolama uygunluğunun değerlendirilmesi ve üretim stratejilerinin optimize edilmesi açısından temel göstergelerden biridir. Özellikle Ekstra ve 1. Sınıf meyvelerin oranı, üretim kârlılığını doğrudan etkileyen kritik bir parametre olarak kabul edilmektedir (Kader. 2002).

3.4 Meyve Kabuk Üst Rengi:

Meyve kabuğu üst rengi, Minolta CR-200 marka renk ölçer (colorimeter) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler CIE renk uzayı koordinatlarında L* (açıklık), a* (yeşil-kırmızı eksen) ve b* (mavi-sarı eksen) değerleri olarak kaydedilmiştir. Bu objektif renk ölçümleri, meyvenin hasat olgunluğunu ve seyreltme ile ışıklanma koşullarının meyve rengindeki etkilerini değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Saure. 1990; Iglesias ve Alegre. 2006).

3.5 Meyve Eti Sertliği (MES. N):

Hasattan hemen sonra her parselden rastgele seçilen 15 adet meyvede, ekvator bölgesinin üç farklı noktasından penetrometre ile 11.1 mm çaplı delici uç kullanılarak sertlik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler Newton (N) cinsinden ifade edilmiştir. Meyve eti sertliği, hasat ve depolama kalitesinin belirlenmesinde kritik bir parametre olup, meyve yükü ve seyreltme uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmektedir (Johnston ve ark., 2002).

3.6 Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde (SÇKM. %):

Hasattan sonra alınan meyve örnekleri katı meyve sıkacağına sıkılmış, elde edilen meyve suyu Whatman filtre kâğıdından süzülerek berraklaştırılmıştır. Berrak meyve suyundan alınan örneklerde SÇKM değeri el refraktometresi ile ölçülmüş ve sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. SÇKM, meyvenin tatlılık düzeyinin ve olgunluk durumunun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir kalite parametresidir (Wertheim, 2000).

3.7 Titre Edilebilir Asitlik (TEA. % Malik Asit):

Elde edilen meyve sularının titre edilebilir asitlik değerleri, otomatik titratör cihazı (Mettler Toledo DL50 Graphix) kullanılarak belirlenmiştir. Her tekerrürde iki paralel ölçüm yapılmış ve sonuçlar malik asit cinsinden yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. TEA değeri, meyvenin tat-aroma dengesinin, olgunluk aşamasının ve seyreltme yoğunluğunun değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir (Kühn & Bangerth, 1998).

4. Bulgular ve Tartışma

Uygulamanın Meyve Kalite Özelliklerine Etkisi

4.1 Verim

Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda ağaç başına ortalama verim değerleri bakımından çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Birinci yıl sonuçlarına göre en yüksek verim 75 ppm uygulamasında Granny Smith çeşidinde 143.35 kg ve Starking Delicious çeşidinde 68.47 kg olarak belirlenmiştir. Aynı yıl en düşük verim değerleri ise 25 ppm uygulamasında Granny Smith için 125.79 kg ve Starking Delicious için 42.61 kg olarak kaydedilmiştir.

Çalışmanın ikinci yılında da benzer eğilim gözlenmiş olup en yüksek verim değerleri yine 75 ppm uygulamasında elde edilmiştir. Granny Smith için 93.16 kg, Starking Delicious için ise 83.86 kg verim tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu bulgular uygulama dozundaki artışın belirli düzeye kadar verim üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle Starking Delicious çeşidinin ikinci yılda kontrol grubuna kıyasla daha belirgin bir verim artışı

gösterdiği dikkat çekicidir.

Tablo 2’de yer alan veriler incelendiğinde her iki çeşitte de 75 ppm uygulamasının en yüksek verim değerlerine sahip olduğu, 25 ppm dozunun ise en düşük verimi oluşturduğu görülmektedir. Bununla birlikte 50 ppm uygulamasının verim bakımından kontrol grubu ile yakın ancak ortalama olarak daha yüksek değerler sağladığı belirlenmiştir. Çeşitler arası karşılaştırmada Granny Smith’in toplam verim açısından Starking Delicious’a göre her iki yılda da daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Literatürdeki bulgularla karşılaştırıldığında, Turak ve ark. (2019), MM 106 anacı üzerine aşıllı elma çeşitlerinde 10 ppm NAA ve 150 ppm BA uygulamalarının kontrol grubuna göre verim artışı sağladığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Keserović ve ark (2016), tarafından bildirilen verim değerleri bu çalışmada elde edilen verimlerin oldukça altında kalmıştır. Bu durum çalışmada kullanılan MM111 anacının bölgesel ekolojik koşullara adaptasyon avantajı sağlamasıyla açıklanabilir. Genel olarak değerlendirildiğinde kimyasal seyreltici uygulamalarının verim ve meyve özellikleri üzerinde önemli etkiler oluşturduğu görülmektedir. Seyreltici dozunun artışı ile meyve sayısında azalma meydana gelmiş; buna karşılık ortalama meyve ağırlığı çapı ve renk gibi kalite parametrelerinde artış gözlenmiştir. Bu bulgular meyve sayısı ile meyve iriliği (ağırlık çap ve renk) arasında negatif yönde bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Reginato vd. 2014; Gonzalez vd. 2024). Çalışma sonuçları maksimum verim ve optimum meyve kalitesi için 75 ppm dozunun uygun bir seyreltme düzeyi olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Karaman koşullarında MM111 anacı üzerindeki elma çeşitlerinde ağaç başına toplam meyve verimi (kg ağaç⁻¹)

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	56.40 c	73.95 ba	133.43 b	73.33 a
25 ppm	42.61 a	70.80 a	125.79 a	86.39 b
50 ppm	47.52 b	77.11 b	136.95 b	76.81 a
75 ppm	68.47 d	83.86 c	143.35 c	

4.2 Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda ortalama meyve ağırlığı bakımından çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P \leq 0.05$), Tablo 3’te verilen sonuçlara göre ortalama meyve ağırlığı parametresi her iki yılda da en yüksek değerini 75 ppm uygulamasında göstermiştir. Granny Smith çeşidinde 75 ppm uygulamasına ait ortalama meyve ağırlığı birinci yılda 163.77 g, ikinci yılda ise 138.55 g olarak kaydedilmiştir. Starking Delicious çeşidinde ise en yüksek ortalama meyve ağırlığı yine 75 ppm uygulamasında elde edilmiş olup birinci yıl 115.41 g ve ikinci yıl 132.03

g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3'teki bulgular incelendiğinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 75 ppm uygulamasının her iki çeşitte de ortalama meyve ağırlığını anlamlı düzeyde artırdığı görülmektedir. Starking Delicious çeşidinin birinci yıldaki ortalama meyve ağırlığı değerinin ikinci yıla kıyasla daha düşük olması, yıl içerisindeki iklimsel farklılıkların meyve gelişimi üzerinde etkili olduğunu düşündürmektedir. Granny Smith çeşidinin ise her iki yılda da Starking Delicious'a göre daha yüksek ortalama meyve ağırlığı değerlerine sahip olması çeşide özgü fizyolojik farklılıkların önemini göstermektedir.

Meyve tutma oranı ile meyve büyüklüğü arasında negatif ilişki bulunduğunu bildiren literatür ile çalışmadan elde edilen veriler uyumludur (Treder. 2008), Seyreltme uygulamaları sonucunda meyve sayısının azalması, fotosentetik ürünlerin daha az sayıdaki meyveye yönelmesi ile büyümeye olumlu katkıda bulunmuş ve meyve iriliği artmıştır. Türkeli ve Barut (2003), MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinde NAA ve BA kimyasal seyrelticilerin elle seyreltmeye kıyasla daha etkili olduğunu ve ortalama meyve ağırlığını artırdığını bildirmiştir. Ancak söz konusu araştırmada bildirilen değerlerin bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılık kullanılan anaç, çeşit, ekolojik koşullar ve uygulama zamanlamasından kaynaklanabilir.

Tablo 3. Karaman koşullarında MM111 anacı üzerinde yer alan elma çeşitlerine ait ortalama meyve ağırlıkları (g ağaç⁻¹)

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	98.83 c	127.21 b	129.58 a	129.52 b
25 ppm	66.87 a	126.29 b	139.11 b	138.04 c
50 ppm	75.99 b	123.54 a	159.59 c	124.00 a
75 ppm	115.41 d	132.03 c	163.77 c	

4.3 Meyvelerin kalite sınıflarına göre dağılımı

Araştırmanın gerçekleştirildiği her iki yıl boyunca, meyvelerin kalite sınıfları (Ekstra: >73 mm, I. sınıf: 67–73 mm ve II. sınıf: <67 mm) bakımından çeşitler ve uygulama dozları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Tablo 4'te yer alan bulgular incelendiğinde, özellikle ilk yılda kalite sınıflarına göre meyve dağılımının uygulanan seyreltme dozlarına bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Ekstra sınıf meyve sayısı bakımından en yüksek değer, Starking Delicious çeşidinde 75 ppm uygulamasında 193 adet olarak saptanmıştır. Bu bulgu, kimyasal seyreltme uygulamalarının meyve iriliği üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

İlk yıl elde edilen bulgular. I. ve II. sınıf meyvelerin dağılımı ve sayısının ikinci yıla kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum yıllık iklimsel koşulların meyve gelişimi ve büyümesi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını düşündürmektedir. Çalışmada en yüksek I. sınıf meyve sayısı. Granny Smith çeşidinde 25 ppm uygulamasında 630.5 adet olarak saptanmıştır. II. sınıf meyve miktarının özellikle Starking Delicious çeşidinde 25 ppm dozunda daha yüksek düzeyde gerçekleşmesi düşük doz uygulamaları sonucu ağaç üzerinde fazla sayıda küçük meyvenin tutulmasına bağlanmaktadır. Nitekim kimyasal seyreltme uygulamalarının küçük ve pazarlanabilir değeri düşük meyvelerin dökülmesini teşvik ederek daha üst kalite sınıflarına geçişi artırdığı bilinmektedir.

İkinci yılda ise ekstra sınıf meyve sayısının genel olarak ilk yıla göre azaldığı belirlenmiştir. En düşük ekstra sınıf meyve sayısı. 25.25 adet ile Starking Delicious çeşidinde 25 ppm dozunda kaydedilmiş; diğer uygulama dozlarında ise değerlerin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Aynı yıl en yüksek I. sınıf meyve sayısı 587.75 adet ile Granny Smith çeşidinde 75 ppm uygulamasında elde edilirken, en düşük I. sınıf meyve sayısı 441 adet ile Starking Delicious çeşidinin 25 ppm uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca II. sınıf meyve sayıları ikinci yılda her iki çeşitte de ilk yıla oranla daha düşük kaydedilmiş olup genel kalite profilinin daha iyi olduğu değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar kimyasal seyreltici uygulamalarının meyve kalite sınıfı dağılımını belirgin şekilde etkilediğini göstermektedir. Uygulama dozunun artmasıyla birlikte ekstra ve I. sınıf meyve oranlarında artış. II. sınıf meyvelerde ise azalma meydana gelmiştir. Seyreltme uygulamalarının kalite bileşenlerini geliştirdiği ve optimum sonucun 75 ppm dozunda elde edildiği belirlenmiştir. Bu bulgular benzer şekilde seyreltme uygulamalarının meyve iriliğini artırarak kalite sınıflarında olumlu değişim sağladığını bildiren literatürle uyumludur (Treder. 2008).

Tablo 4. Karaman ekolojik koşullarında MM111 anacı üzerine açılı elma çeşitlerinin kalite sınıflarına göre dağılımı

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
73 mm üstü meyve sayısı				
Kontrol	105.25 c	32.25 a	19.32 b	42.25 a
25 ppm	60 a	25.25 a	14.95 a	35.25 a
50 ppm	73 b	42.25 b	31 c	52.25 b
75 ppm	193 d	47.50 b	45.75 d	57.50 b
67-73 mm üstü meyve sayısı				
Kontrol	314.75 d	463.5 a	491.25 b	458.5 a
25 ppm	247.5 a	441 a	630.5 c	546 b

50 ppm	293.75 c	521.75 b	509.5 b	531.75 b
75 ppm	278 b	536.5 b	415.25 a	587.75 c
67 mm üstü meyve sayısı				
Kontrol	150.75 b	85.5 b	286.5 a	55.5 c
25 ppm	330.25 d	94.5 b	326 b	44.5 ba
50 ppm	258.5 c	60.25 a	349.5 b	35.5 ba
75 ppm	122.5 a	51 a	269.75 a	

4.4 Meyve kabuk üst rengi

Çalışmada, dikimden sonraki 20. (2022) ve 21. (2023) yıllarda ölçülen meyve kabuk üst rengi parametreleri (L^* , a^* ve b^*) açısından çeşitler ve uygulama dozları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). L^* değeri meyve kabuğunun parlaklığını, a^* kırmızı-yeşil renk yoğunluğunu, b^* ise sarı-mavi renk bileşimini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, en yüksek parlaklık değeri Granny Smith çeşidinde 75 ppm uygulamasında 72.42 olarak belirlenirken, Starking Delicious çeşidinde kontrol grubunda en düşük L^* değeri 33.73 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, kimyasal seyreltme uygulamalarının özellikle Granny Smith çeşidinde kabuk parlaklığını artırıcı yönde etkili olduğunu göstermektedir. a^* değeri incelendiğinde, Starking Delicious çeşidinde kontrol grubunun 2022 yılında 29.88 değeri ile en yüksek kırmızılık oranına sahip olduğu, 75 ppm uygulamasında ise 2023 yılında a^* değerinin 5.75'e kadar düştüğü görülmektedir. Granny Smith çeşidinde ise a^* değerlerinin negatif olması, çeşidin yeşil kabuk yapısını koruduğunu göstermekte olup, en düşük a^* değeri -20.66 ile kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. Bu durum seyreltme uygulamalarının Granny Smith çeşidinde yeşil kabuk renginin korunmasında olumlu etki yaptığını göstermektedir. b^* değeri bakımından Starking Delicious çeşidinde en yüksek değer 16.39 ile 75 ppm uygulamasında, Granny Smith çeşidinde ise 36.75 ile kontrol grubunda elde edilmiştir. b^* değeri sonuçları, Granny Smith çeşidinin sarı renk bileşeninin Starking Delicious'a göre daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, seyreltme uygulamalarının meyve kabuk rengi gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Seyreltme uygulamalarının meyve sayısını azaltması, fotosentetik ürünlerin meyve kabuğu pigment oluşumuna yönelmesine ve renk gelişiminin desteklenmesine yol açmaktadır. Mass (2007) tarafından "Elstar" elma çeşidinde ATS ve BA uygulamalarının meyve rengi ve iç kalite özelliklerini geliştirici etki yaptığı belirtilmiş olup, bu çalışma ile literatür sonuçları arasında uyum bulunmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, 75 ppm uygulaması meyve kabuk rengi parlaklığı ve pigment gelişimi bakımından en etkili uygulama olarak öne çıkmıştır.

Tablo 5. Karaman ekolojik koşullarında MM111 anacı üzerine aşılı elma çeşitlerinde meyve kabuk rengi değerleri

L*				
	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	33.73 a	41.51 a	58.69 a	57.25 a
25 ppm	38.69 b	42.74 a	57.96 a	57.03 a
50 ppm	37.12 ba	42.98 a	57.60 a	58.30 a
75 ppm	37.79 ba	47.93 a	57.51 a	72.42 b
a*				
Kontrol	29.88 a	23.61 b	-20.66 a	-19.96 a
25 ppm	26.92 a	22.93 b	-20.16 b	-19.72 a
50 ppm	27.98 a	23.1 b	-20.35 ba	-19.52 ba
75 ppm	28.87 a	5.75 a	-20.39 ba	-19.03 b
b*				
Kontrol	14.16 a	14.65 ba	36.75 b	33.86 b
25 ppm	15.42 ba	15.65 ba	35.52 a	33.37 b
50 ppm	15.65 ba	16.30 b	35.45 a	33.46 b
75 ppm	16.39 b	13.85 c	35.52 a	

4.5 Meyve eti sertliği (MES)

Çalışmanın yürütüldüğü 2022 ve 2023 yıllarında, meyve eti sertliği (MES) açısından Starking Delicious ve Granny Smith çeşitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Birinci yıl (2022) verilerine göre, Starking Delicious çeşidinde en yüksek meyve eti sertliği 50 ppm Amid-Thin (NAA) uygulamasında 73.09 N olarak ölçülmüştür. Granny Smith çeşidinde ise en yüksek MES değeri kontrol uygulamasında 77.96 N olarak kaydedilmiştir. İkinci yıl (2023) verilerinde ise Starking Delicious çeşidinde 50 ppm uygulaması ile 78.2 N, Granny Smith çeşidinde aynı uygulama ile 85.51 N meyve eti sertliği elde edilmiştir. Bu bulgular, her iki çeşitte de orta doz (50 ppm) uygulamasının meyve eti sertliği üzerinde belirleyici etkisi olabileceğini göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 6 verileri ayrıca, uygulanan en yüksek doz (75 ppm) ve en düşük doz (25 ppm) Amid-Thin uygulamalarının MES üzerinde belirgin bir artış sağlamadığını ortaya koymaktadır. Starking Delicious çeşidinde kontrol ve 25 ppm uygulamalarında sertlik değerleri 72.30–72.06 N arasında değişirken, 75 ppm uygulamasında 70.66 N ile bir miktar düşüş gözlenmiştir. Granny Smith çeşidinde ise 75 ppm uygulaması 85.3 N ile orta seviyedeki 50 ppm uygulamasına yakın değerler vermiştir. bu durum yüksek doz uygulamanın sertlik üzerine sınırlı etkisini göstermektedir. Literatürle karşılaştırıldığında, Türkeli ve Barut

(2003) meyve sertliği açısından NAA ve BA gibi seyreltici uygulamaların etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulmuşlardır. Bununla birlikte, çalışmamızda kontrol grubu bazı yıllarda uygulama yapılan gruplardan daha yüksek MES değerleri sergilemiştir. Bu durum, daha küçük ve düşük gelişmiş meyvelerin iri meyvelere kıyasla daha sert dokuya sahip olma eğilimi ile açıklanabilir (Karaçalı, 2009). Bulgular, seyreltici uygulamaların meyve büyüklüğü ve sertliği arasındaki karmaşık ilişkiyi ortaya koymakta ve orta doz uygulamaların optimal meyve eti sertliği sağlama potansiyeline işaret etmektedir.

Tablo 6. Karaman koşullarında MM111 anacı üzerine aşılı elma çeşitlerinde ağaç başına meyve eti sertliği (N)

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	72.30 a	77 ba	77.96 a	85.04 a
25 ppm	72.06 a	75.95 ba	76.94 a	84.1 a
50 ppm	73.09 a	78.2 b	75.65 a	85.51 a
75 ppm	70.66 a	73.99 a	75.48 a	a

4.6 Suda çözünabilir kuru madde

Araştırmada değerlendirilen Starking Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinin suda çözünabilir kuru madde (SÇKM) değerleri, 2022 ve 2023 yıllarında yapılan ölçümler sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($P \leq 0.05$). SÇKM, meyve içeriğinin lezzet ve kalite açısından kritik bir göstergesi olarak kabul edilmekte olup özellikle kimyasal seyreltici uygulamalarının etkisiyle değişkenlik gösterebilmektedir.

2022 yılı verilerine göre Starking Delicious çeşidinde en yüksek SÇKM değeri 50 ppm Amid-Thin (NAA) uygulaması ile 15.63% olarak ölçülmüştür. Diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında kontrol ve 25 ppm uygulamalarında SÇKM değerleri sırasıyla 15.00% ve 15.45% olarak belirlenmiş, 75 ppm uygulamasında ise SÇKM 14.88% ile bir miktar azalma göstermiştir. Granny Smith çeşidinde ise en yüksek değer kontrol grubunda 13.55% olarak kaydedilmiş, 25 ppm ve 50 ppm uygulamalarında değerler sırasıyla 13.45% ve 13.30% olarak ölçülmüştür. 75 ppm uygulaması ile 12.77% değer elde edilmiş ve yüksek doz uygulamanın meyve içeriği üzerinde sınırlı bir düşüş etkisi olduğu gözlenmiştir.

2023 yılı verileri her iki çeşitte de benzer bir eğilim göstermiştir. Starking Delicious'ta 50 ppm uygulaması ile 13.39% değer en yüksek olarak kaydedilmiş kontrol ve 75 ppm uygulamaları ise sırasıyla 12.69% ve 12.56% ile daha düşük değerler göstermiştir. Granny Smith çeşidinde 50 ppm uygulaması 12.45% ile en yüksek SÇKM değerini sağlarken, kontrol ve 75 ppm uygulamaları 12.00% ve 12.23% olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar orta doz (50

ppm) uygulamasının meyve içeriğini optimize ettiğini ve yüksek doz (75 ppm) uygulamalarının SÇKM üzerinde sınırlı olumsuz etki yaratabileceğini göstermektedir. Tablo 7’de sunulan veriler ayrıca yıllar arasında SÇKM değerlerinde belirgin bir düşüş olduğunu ortaya koymaktadır; bu durum muhtemelen 2023 yılı iklim koşullarının (sıcaklık, yağış ve güneşlenme süresi) 2022 yılına göre farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Literatür ile karşılaştırıldığında, Türkeli ve Barut (2003) seyreltici uygulamaların SÇKM üzerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığını bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde uygulama dozları arasında sınırlı farklılıklar gözlenmiş ve genel olarak meyve içeriği stabil kalmıştır.

Tablo 7. Karaman koşullarında MM111 anacı üzerine aşıllı elma çeşitlerinde suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değerleri (%)

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	15 a	12.69 a	13.55 b	12:00 ÖÖ
25 ppm	15.45 b	13.55 c	13.45 b	12.17 ba
50 ppm	15.63 b	13.39 ba	13.3 b	12.45 b
75 ppm	14.88 a	12.56 a	12.77 a	a

4.7 Titre edilebilir asitlik (TA)

Çalışmada dikimden sonraki 20. (2022) ve 21. (2023) yıllarda, Starking Delicious ve Granny Smith çeşitlerinde titre edilebilir asitlik (TA) değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. TA, meyve asiditesinin ve dolayısıyla tat profilinin önemli bir göstergesidir ve seyreltici uygulamaların etkisi altında değişkenlik gösterebilir.

2022 yılı verilerine göre, Granny Smith çeşidinde en yüksek TA değeri kontrol uygulamasında %0.87 olarak belirlenmiştir. Aynı yıl Starking Delicious’ta ise en yüksek TA değeri %0.31 ile kontrol grubunda ölçülmüştür. 2023 yılı verilerinde, Granny Smith’te 75 ppm uygulaması ile %0.92 değer elde edilmiş. Starking Delicious’ta ise en yüksek değer 50 ppm uygulamasında %0.32 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, Granny Smith çeşidinde yüksek doz (75 ppm) uygulamasının TA üzerinde belirleyici bir artış sağladığını, Starking Delicious’ta ise TA değerlerinin genel olarak uygulama dozlarından daha az etkilendiğini göstermektedir (Tablo 8).

Tablo 8’deki veriler, TA değerlerinde yıllar arası değişkenliğin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Granny Smith çeşidinde 2023 yılı değerleri, bir önceki yıla göre artış göstermiştir. Bu durum, muhtemelen meyve gelişimi sırasında iklim koşullarındaki farklılıklardan (sıcaklık, güneşlenme süresi ve yağış) kaynaklanmaktadır. Ayrıca, her iki çeşitte de orta doz (50 ppm) uygulamalarının TA üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu, yüksek doz uygulamalarının

ise Granny Smith çeşidinde TA'yı artırıcı yönüyle öne çıktığı gözlenmiştir. Literatürle karşılaştırıldığında, seyreltici uygulamaların meyve asiditesi üzerindeki etkisinin çeşide ve uygulama dozuna bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Türkeli ve Barut, 2003). Çalışmamızda elde edilen bulgular da, özellikle Granny Smith çeşidinde, seyreltici uygulamaların meyve asiditesini koruyucu veya artırıcı etkisi olabileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 8. Karaman koşullarında MM111 anacı üzerine aşılı elma çeşitlerinde titre edilebilir asitlik (TA) değerleri (%)

	Starking Delicious		Granny Smith	
	2022	2023	2022	2023
Kontrol	0.31 b	0.27 a	0.87 b	0.90 b
25 ppm	0.26 a	0.30 a	0.68 a	0.89 ba
50 ppm	0.27 a	0.32 b	0.72 a	0.84 a
75 ppm	0.26 a	0.28 a	0.67 a	

5. Sonuç

Sonuç olarak, çalışmada yer alan Starking Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinin dikimden sonraki 20. ve 21. yıllara ait verim, ortalama meyve ağırlığı, kalite sınıfları, meyve kabuk rengi, meyve eti sertliği, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TA) değerleri dikkate alındığında, genel olarak en düşük verim değerlerinin Starking Delicious çeşidinin kontrol ve 25 ppm Amid-Thin (NAA) uygulamalarından elde edildiği görülmüştür. Diğer uygulama dozları ve Granny Smith çeşidinde ise verim ve kalite parametreleri Karaman koşullarında genel olarak yüksek performans göstermiştir. Çeşitler arasında gözlenen verim dengesizlikleri ve farklılıklar, özellikle ilk yılın geç ısınan ilkbahar koşulları ve uygulama sonrası düşük hava sıcaklıklarıyla ilişkilendirilebilir; bu nedenle ilerleyen uygulamalarda hava koşullarının ve olası geç don risklerinin dikkate alınması önem arz etmektedir. Seyreltme uygulamalarının etkisiyle meyve sayısı azalırken, ortalama meyve ağırlığı, çapı ve kabuk rengi gibi kalite parametrelerinde artış gözlenmiş olup, bu durum meyve verim ve kalite ilişkisini gösteren negatif ikinci dereceden bir korelasyonu ortaya koymaktadır. Ayrıca, orta doz seyreltme uygulamalarının (50–75 ppm) meyve eti sertliği ve SÇKM gibi iç kalite parametrelerini optimize ettiği, yüksek doz uygulamaların ise bazı durumlarda sınırlı olumsuz etkiler yaratabileceği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, kimyasal seyreltme programlarının doğru doz ve zamanlamayla uygulanması halinde, ağaç başına verimi optimize ederken, meyve iriliği, renk ve kalite sınıflarını iyileştirerek ekonomik ve kalitatif avantaj sağlayabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Alegre, S., Àvila, G., Bonany, J., Torres, E., Carbó, J., & Asin, L. (2024). Effect of thinning with metatriton. NAA, BA and naphthenic acids on apple (*Malus domestica*) trees. *Plant Growth Regulation*. 102, 39–50.
- Botton, A., Rocchi, L., & Costa, G. (2020). Modelling metatriton-induced fruit drop as related to photoinhibition stress, dosage and number of applications in ‘Golden Delicious’. *Acta Horticulturae*. 1295, 21–32. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1295.3>
- Bound, S. A. (2016). Chemical thinning of pome fruit: Advances and future prospects. *Acta Horticulturae*. 1130, 215–226.
- Burak, M., Büyükyılmaz, M., & Öz, F. (1999). Farklı seyreltme uygulamalarının Starks-pur Golden Delicious elma çeşidinde meyve seyreltmesi ve periyodisite üzerindeki etkileri. *Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri*. 263–268. Erzurum.
- Butar, S., Çetinbaş, M., Atasay, A., İşçi, M., & Koçal, H. (2016). Elmada meyve seyreltmesi, meyve tutumu ve meyve kalitesi üzerine bitki büyüme düzenleyicisi madde uygulamalarının etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 33(2), 9–18.
- Byers, R. E., Carbaugh, D. H., & Presley, C. N. (1990). The influence of thinning and pruning on apple fruit firmness. *Journal of Horticultural Science*. 65, 129–136.
- Eskimez, İ., Polat, M., & Mertoğlu, K. (2020). M9 anacı üzerine aşılı Arapkıızı, Jonagold ve Fuji Kiku elma çeşitlerinin Isparta ekolojik koşullarında fenolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*. 6(2), 152–159.
- FAO. (2022). *Agricultural Statistics. Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org> (Erişim: 06.03.2024)
- Fernandes, C., Oliveira, C. M., & Mota, M. (2013). Fruit thinning agents for apple cultivar ‘Fuji’: Comparison among formulates. In M. M. Blanke & G. Costa (Eds.), *Acta Horticulturae*. 998 (ss. 37–42). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.998.3>
- Ferree, D. C., & Schmid, J. C. (2001). Chemical thinning ‘Gala’ apple in the Midwest. *Journal of the American Pomological Society*. 55(2), 109–113.
- Hirst, P. M., & Flowers, R. R. (2000). Rootstock effects on growth and cell size of Gala apple fruit. *Acta Horticulturae*. 517, 189–194.
- İglesias, I., & Alegre, S. (2006). The effect of reflective materials on fruit color and quality in different apple varieties. *Scientia Horticulturae*. 107, 215–226.
- Johnston, J. W., Hewett, E. W., & Hertog, M. (2002). Postharvest softening of apple fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*. 16, 1–18.
- Kader, A. A. (1999). Effect of pre and postharvest factors on storage of fruit. *Acta Hor-*

ticulturae. 485. 209–213.

- Kader. A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California.
- Kaçal. E. (2011). Seyreltme. In H. Akgül. E. Kaçal. F. P. Öztürk. Ş. Özongun. A. Atasay. & G. Öztürk (Eds.). *Elma Kültürü* (ss. 297–309). Adım Ofset Matbaacılık.
- Karaçalı. İ. (2009). *Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlanması*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494.
- Keserović. Z., Milić. B., Kevrešan. S., Magazin. N., & Dorić. M. (2016). The effect of naphthenic acids (NAs) on the response of ‘Golden Delicious’ and ‘Fuji’ apple trees on chemical thinning with NAA. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 15(3). 113–125.
- Kızılaslan. N., & Kılıç. S. (2022). Üreticilerin Coğrafi İşaret Tescilli Amasya Misket Elması üretim ve pazarlamasında yaşadığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Gazi-osmanpaşa Journal of Scientific Research*. 11(3). 183–202.
- Kühn. B., & Bangerth. F. (1998). The effect of fruit load on levels of abscisic acid, IAA and GA in apple seeds. *Journal of Horticultural Science*. 73. 765–772.
- Mass. F. (2007). Thinning strategies for ‘Elstar’ apples – Experiences with ammonium thiosulphate, calcium hydroxide and benzyladenine. *Erwerbs-Obstbau*. 49. 101–105.
- Reginato. G., Riquelme. C., & Robinson. T. L. (2017). Evaluation of timing for spraying metamitron or NAA plus BA for thinning ‘Brookfield Gala’ apple fruit-lets. *Acta Horticulturae*. 1177. 229–234. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1177.33>
- Robinson. T. L., & Lakso. A. N. (2011). Predicting chemical thinner response on apples. *Acta Horticulturae*. 903. 131–140.
- Sadeler. M., & Bolat. İ. (1999). Golden ve Starking Delicious elma çeşitlerinde farklı seyreltme uygulamalarının meyve özelliklerine etkileri. *Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri*. 849–854.
- Saure. M. C. (1990). External control of anthocyanin formation in apple. *Scientia Horticulturae*. 42. 181–218.
- Schupp. J. R., Kon. T. M., & Winzeler. H. E. (2012). 1-Aminocyclopropane carbaryl-ic acid shows promise as a chemical thinner for apple. *HortScience*. 47(9). 1308–1311. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.9.1308>
- Stover. E., Fargione. M., Risio. R., Yang. X., & Robinson. T. (2001). Fruit weight, crop load, and return bloom of ‘Empire’ apple following thinning with 6-benzyladenine and NAA. *HortScience*. 36. 1077–1081.
- Treder. W. (2008). Relationship between yield, crop density coefficient and average fruit weight of ‘Gala’ apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16. 53–63.
- Turak. B., Gülsoy. E., & Aslantaş. R. (2019). Effects of benzyladenine and naphthalene

acetic acid applications on fruit thinning and quality of some apple cultivars grafted onto MM 106 rootstocks. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*. 22(2). 347–353.

Türkeli. Y.. & Barut. E. (2003). M9 ve MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma ağaçlarında kimyasal seyreltme. *Bahçe*. 32(1–2). 23–33.

Verma. P., Sharma. S., Sharma. N. C., & Chauhan. N. (2023). Review on crop load management in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 98(3). 299–321.

Wertheim. S. J. (2000). Developments in the chemical thinning of apple and pear. *Plant Growth Regulation*. 31. 85–100.



MEYVE VE SEBZELERDE DONDURARAK KURUTMA

“ ”

Erkan BAŞ¹

Mehmet Ali KOYUNCU²

Derya ERBAŞ³

1 Ziraat Müh. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
<https://orcid.org/0009-0005-8828-0901>

2 Prof. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
<https://orcid.org/0000-0003-4449-6709>

3 Doç. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
<https://orcid.org/0000-0001-5675-3907>

GİRİŞ

Taze meyve ve sebzeler yüksek su içerikleri ve biyokimyasal yapıları nedeniyle derimden sonra hızlı bir şekilde yaşlanmaya başlar. Yüksek solunum hızı, artan mikrobiyolojik faaliyetler ve fiziksel zararlanmalar gibi nedenlerden dolayı taze meyve ve sebzelerde kalite kayıpları hızlanmaktadır. Bu durum hem ekonomik kayıplara hem de gıda israfına yol açmaktadır (Dikbasan, 2007). Meyve ve sebzelerde, derim sonrası kalite kayıplarını minimize etmek ve soğukta depolanma ve raf ömrünü mümkün olduğu kadar uzatabilmek için alternatif yöntem ve teknolojilere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ürünlerin kurutularak saklanması insanoğlunun çok eski zamanlardan beri kullandığı yöntemlerden biridir. Ancak geleneksel kurutma tekniklerinde (sıcak hava ile kurutma, güneşte kurutma vb.) genellikle yüksek sıcaklık uygulandığı için kurutulan üründe başta renk olmak üzere aroma ve tat kaybı gibi bazı istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Özellikle ısıya duyarlı enzimler ve sekonder metabolitler bu yöntemler sırasında önemli ölçüde zarar görebilmektedir. Dondurarak kurutma (liyo-filizasyon) ise ürünün fiziksel ve kimyasal yapısını minimum düzeyde etkileyerek, görsel kalite ve besin kaybını büyük oranda azaltmaktadır. Bu nedenle dondurarak kurutma son yıllarda ürün işleme ve muhafaza teknolojilerinin odağında yer almaya başlamıştır (Przic vd., 2004).

Ürünlerin dondurularak kurutulması (liyo-filizasyon) tekniğinde, süblimasyon yani maddenin katı (buz) halden doğrudan gaz (su buharı) haline geçmesinden faydalanılır. Bu süreçte maddenin sıvı hali atlanmakta yani buzun erimesine imkan verilmeden gaz haline geçmesi sağlanmaktadır (Sabarez, 2015). Ürünlerin içinde bulunan su hızlı bir şekilde dondurulur ve üründe dondurulmuş halde bulunan su süblimasyonla uzaklaştırılır (Telis, 2002; Franks ve Auffret 2008). Düşük basınç altında buz haline gelmiş su, ortam sıcaklığının değiştirilmesiyle (çok az artırılmasıyla) buharlaşmaya başlar. Bu nedenle maddenin kurutulması için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaz. Bu yöntemde ürünlerde hücresel ve moleküler düzeyde kayda değer bir bozulma olmadığı için ürünler başlangıçtaki görünümlelerini büyük oranda korurlar. Yani kurutulmuş ürünlerin iç ve dış kalite özelliklerinde önemli bir kayıp meydana gelmemektedir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Liyo-filizasyon düşük sıcaklık ve düşük basınç koşullarında gerçekleştirildiği için ürünlerin doğal yapısı bozulmadan nem oranı %1-2 seviyelerine indirilebilir. Dolayısıyla bu teknikle kurutulan ürünlerin soğukta depolanma ve raf ömürleri, klasik yöntemlerle kurutulanlara kıyasla oldukça uzun olmaktadır (Rambhatla ve Pikal, 2003; Liapis ve Bruttini, 2020).

Son yıllarda gıda endüstrisinde katma değeri yüksek ürünlere olan talebin artması, atıştırmalık diye nitelendirilen ürün pazarının genişlemesi, fonksiyonel gıda üretiminin artması ve tüketicilerin doğal ürünlere yönelmesi de dondurarak kurutma teknolojisinin önemini artırmıştır. Aynı zaman-

da biyoteknoloji, ilaç, kozmetik ve diğer bazı disiplinlerdeki geniş kullanım alanı, liyofilizasyonu hem endüstriyel hem de akademik açıdan stratejik bir teknoloji haline getirmiştir (Özenir, 2009).

Bu çalışmada liyofilizasyonun tanımı, tarihsel gelişimi, işlem basamakları, avantajları ve dezavantajlarına ilişkin güncel bilgiler bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Özellikle meyve-sebze işleme ve değerlendirme uygulamalarındaki rolü irdelenmiştir. Çalışma, hem ilgili alandaki bilgi birikimine katkı sunmayı, hem de araştırmacılar ile uygulayıcılara liyofilizasyon teknolojisi hakkında bilimsel bir perspektif sağlamayı amaçlamaktadır.

LİYOFİLİZASYON VE ÖNEMİ

Liyofilizasyon Yunanca ‘sıvı çeken’ ‘liyofil’ kelimesinden türetilmiştir. Dondurarak kurutma tekniği ile nem oranı %1-2’ye kadar düşürülebilen liyofilize ürünler, yüksek seviyede yeniden su alabilme yeteneğindedir (Jennings, 1999). Liyofilizasyon, her bir adımın ayrı bir önem arz ettiği çok aşamalı bir proses olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreçte başarılı olabilmek için tüm aşamalar iyi değerlendirilmeli ve her bir adım kontrol altında tutulmalıdır (Rey, 1999). Liyofilizasyon yaygın olarak gıda, biyoteknoloji ve ilaç endüstrisinde geliştirilen protokoller ve formülasyonların korunabilmesi ve geliştirilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Gaidhani vd., 2015).

Yukarıda da belirtildiği gibi liyofilizasyonda, ürünün içinde bulunan dondurulmuş su, düşük basınç ve sıcaklık altında doğrudan gaz fazına geçebildiği için bazı ürünler açısından avantaj oluşturmaktadır. Örneğin, ısıya duyarlı gıda bileşenlerinin korunması açısından geleneksel kurutma tekniklerine göre önemli avantajlar sağlamaktadır. Süblimasyon işleminde, donmuş su düşük sıcaklık ve basınç altında denge faz diyagramında sıvı faz atlanarak doğrudan katı halden buhar fazına geçmektedir. Böylece ürünün doku bütünlüğünde sıcaklığa bağlı bozulmaların büyük oranda engellenmesi mümkün olmaktadır (Oetjen ve Haseley, 2004). Ayrıca liyofilizasyon sırasında uygulanan düşük sıcaklık ve basınç, biyokimyasal reaksiyonların ve mikrobiyal faaliyetlerin büyük ölçüde durmasına katkı sağlayarak ürünün kalitesini uzun süre korur. Süblimasyonla uzaklaştırılan su miktarı yüksek olduğu için nihai ürünün nem oranı oldukça düşer ve bu nedenle gıdaların oksidatif, enzimatik ve mikrobiyal bozulmalara karşı dayanıklılığı önemli ölçüde artar. Nem oranının bu derece düşük olması, soğukta depolama ve raf ömrünün geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla çok daha uzun olmasına imkan verir (Liapis ve Bruttini, 2020). Liyofilize ürünler renk, tat-aroma, doku bütünlüğü ve besin değeri bakımından taze ürünlere oldukça yakın düzeydedir. Bunun nedeni, hücre duvarının ve makro moleküllerin yüksek sıcaklığa maruz kalmaması, yani suyun faz değişimi sırasında hücresel yapıda deformasyona neden olabilecek erime sürecinin gerçekleşmemesidir (Nail vd., 2002). Ayrıca liyofilize gıdalar, kurutma sırasında bozulmamış olan gözenekli yapıları sa-

yesinde, yeniden sulandırıldığında üründe rehidrasyon hızlı ve homojen bir şekilde gerçekleşir. Bu özelliği sayesinde liyofilizasyon hem endüstriyel gıda üretiminde hem de farmasötik uygulamalarda tercih edilen bir yöntem haline gelmektedir. (Claussen vd., 2007).

Sonuç olarak, liyofilizasyon; gıdaların besin değerini, duyuusal niteliklerini ve yapısal bütünlüğünü koruyarak uzun süre saklanmasına olanak sağlayan, süblimasyon prensibine dayanan yüksek verimli bir kurutma tekniği olarak değerlendirilmektedir. Gıda bilimi, eczacılık, biyoteknoloji ve kozmetik gibi alanlarda artan kullanım yaygınlığı, bu yöntemin modern endüstrilerde stratejik bir teknoloji haline geldiğini göstermektedir (Özenir, 2009).

LİYOFİLİZASYONUN TARİHÇESİ

Dondurarak kurutma tekniğinin kökeni, modern bilimsel uygulamalardan çok daha eskilere dayanmaktadır. Tarihsel kayıtlar, liyofilizasyonun ilkel bir formunun ilk kez İnka uygarlığı tarafından kullanıldığını göstermektedir. Bu yöntem, o dönem için gıdaların uzun süre saklanabilmesi adına kritik bir yenilik olarak dikkat çekmiştir (Oetjen ve Haseley, 2004). Liyofilizasyonun bilimsel anlamda gelişimi ise 20. yüzyılın başlarına rastlamaktadır. Benedict ve Manning tarafından 1905 yılında ilk mekanik dondurarak kurutma cihazının geliştirilmesi, yöntemin endüstriyel bir teknolojiye dönüşmesinin temelini oluşturmuştur. Bu dönemde özellikle biyolojik ve kimyasal maddelerin düşük sıcaklıkta kurutularak stabil hale getirilmesi üzerine çalışmalar artmıştır (Nail vd., 2002).

1930’lu yıllar liyofilizasyonun farmasötik uygulamalarda önem kazandığı bir dönem olmuştur. Proteinler, enzimler ve biyolojik preparatların bozulmadan saklanabilmesi için kurutma koşullarının optimize edilmesi üzerine yoğun araştırmalar yapılmış ve liyofilizasyon tıbbi ürünlerin stabilizasyonunda tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (Liapis ve Bruttini, 2020). Liyofilizasyonun gıda sanayisindeki ilk büyük ölçekli kullanımı 1938 yılında gerçekleşmiştir. Nestle firması tarafından geliştirilen dondurarak kurutulmuş kahve (Nescafé), yöntemin ticarileşmesine öncülük etmiş ve dondurularak kurutulmuş gıdaların uluslararası pazarda yaygınlaşmasını hızlandırmıştır (Oetjen ve Haseley, 2004). Teknikte diğer bir dönüm noktası II. Dünya Savaşı sırasında yaşanmıştır. Liyofilizasyon, taşınabilir ve dayanıklı serumlara duyulan ihtiyaç nedeniyle, kan ürünleri ve biyolojik materyallerin uzun mesafelere güvenli şekilde taşınmasında kritik bir rol oynamıştır. Bu süreç, yöntemin tıbbi ve askeri alanda stratejik önemini artırmıştır (Claussen vd., 2007).

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren teknolojik gelişmeler, daha kontrollü vakum sistemlerinin, gelişmiş ısı transfer mekanizmalarının ve yüksek verimli kondansatörlerin tasarlanmasını sağlamış; böylece süreç hem farmasötik hem de gıda endüstrisinde büyük ölçekte uygulanabilir hale gel-

miştir. Günümüzde liyofilizasyon; değeri yüksek gıda ürünleri, ilaçlar, biyolojik örnekler, enzimler, probiyotikler, kozmetik hammaddeleri ve arkeolojik materyallerin korunmasında yaygın olarak kullanılan ileri bir teknoloji haline gelmiştir (Özenir, 2009).

LİYOFİLİZASYON İŞLEMİ VE EVRELERİ

Liyofilizasyon işlemi, ürün içerisindeki suyun faz değişim süreçleri ve ısı-kütle transferi esaslarına dayanan çok aşamalı bir teknolojik uygulamadır. Genel olarak üç temel evreden oluşur; dondurma, birincil kurutma (süblimasyon) ve ikincil kurutma (desorpsiyon). Her bir evre, ürünün nihai kalitesini doğrudan belirleyen kritik aşamalar içerdiği için süreç titizlikle kontrol edilmelidir (Gieseler, 2004; Liapis ve Bruttini, 2020).

Dondurma Evresi

Dondurma, liyofilizasyon sürecinin en kritik aşamalarından biridir ve ürün içerisindeki suyun tamamen donmasını sağlayacak sıcaklıklara düşürülmesini gerektirir. Genellikle -40 ila -60°C aralığında gerçekleştirilen bu süreçte, buz kristallerinin oluşumu ve büyüklüğü doğrudan dondurma hızına bağlıdır. Yavaş dondurma büyük buz kristalleri oluştururken, hızlı dondurma küçük ve daha yoğun kristal yapılarının oluşmasını sağlar (Oetjen ve Haseley, 2004). Buz kristallerinin morfolojisi, kurutmanın ilerleyen aşamalarındaki kütle transferi etkinliğini doğrudan etkiler. Büyük ve homojen dağılmış kristaller, süblimasyon sırasında buhar geçiş yollarını genişleterek kütle transferini kolaylaştırırken; küçük veya düzensiz kristaller daha dar gözenek yapıları oluşturarak su buharı akışını sınırlandırır. Bu sebeple dondurma hızının kontrolü, kurutma süresini ve nihai ürünün gözenekli yapısını belirleyen temel faktörlerden biridir (Claussen vd., 2007).

Süblimasyon işleminin arzulanan düzeyde gerçekleşmesi, dondurma sırasında oluşan buz kristallerine son derece bağlıdır. Kurutulmuş ürünlerdeki gözeneklerin boyutu, gözeneklerin dağılımı ve gözeneklerin birbiriyle olan ilişkileri büyük önem arz etmektedir. Birçok durumda dondurarak kurutulan üründe bulunan suyun %65-90'ı donmuş, geri kalan %10-35'i ise donmamış su (bağlı su) olarak bulunur (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Dondurma aşamasında ürünün ötektik noktası, camı oluşumu ve minimum donma sıcaklığı gibi fiziksel özellikleri dikkate alınmalıdır. Dondurma işlemi istenen şekilde gerçekleşmezse, ürün içinde donmamış (bağlı) su oranı artar ve bu durum birincil kurutma sırasında yapısal bozulmalara yol açabilir (Nail vd., 2002).

Sonuç olarak; çözeltinin içeriği, çözeltinin içinde bulunduğu kabın şekli, dondurma metodu ve dondurma hızı dondurarak kurutma işlemi için çok önemlidir. Çünkü bunlar kurutulmuş ürünün kalitesini ve kurutma hızını direkt olarak etkileyen faktörlerdir (İşleroğlu vd., 2018).

Birincil Kurutma (Süblimasyon Evresi)

Birincil kurutma, ürünün içindeki donmuş suyun düşük basınç altında süblimasyon yoluyla uzaklaştırıldığı evredir. Bu aşama genellikle kurutma işleminin en uzun bölümünü oluşturur ve ürün içindeki donmuş suyun yaklaşık %65-90'nının uzaklaştırılmasını sağlar (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Dondurma işlemi tamamlandıktan sonra kurutma odasının basıncı süblimasyonun gerçekleşeceği seviyeye düşürülür. Böylece buz, erime fazına geçmeden doğrudan gaz fazına geçebilir. Süblimasyonun devam edebilmesi için ürüne dışarıdan enerji aktarılması gerekir. Bu enerji genellikle kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon yoluyla sağlanır (Oetjen ve Haseley, 2004).

Birincil kurutma sırasında dondurarak kurutulmuş ürün için sıcaklığın ayarlanması önemlidir. Sıcaklık değeri bazı kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara etki ederek kurutulmuş üründe istenmeyen gelişmelere neden olacak seviyeyi geçmemelidir. Süblimasyon sırasında donmuş tabakanın herhangi bir bölgesinin erimesi üründe büzülme, şişme ve boşlukların suyla dolmasına neden olarak son ürünün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, ısıtma aşamasında sıcaklık kontrolü çok iyi yapılarak ürünün süblimasyon sırasında stabil kalması sağlanmaktadır (Nail vd., 2002).

Yukarıda söz edilen olumsuz etkilerin oluşmasını engellemek için kurutma aşamasında numunenin her yerindeki sıcaklığın ürünün kavrulma/yanma sıcaklığının (scorch temperature) altında tutulması gerektiği unutulmamalıdır. Bununla birlikte ürün için diğer bir sınırlama ise donmuş katman ile alakalıdır. Bu katmanın sıcaklığı, kurutulan maddenin içerdiği çözücünün erime sıcaklığını geçmemesine dikkat edilmelidir. Birinci kurutma periyodu boyunca, eğer madde ötektik formda ise ve minimum ötektik sıcaklığı geçilirse, donmuş katmanın erimesi söz konusu olur. Sonuç olarak su buharı soğutulmuş kondensörün yüzeyinde buz olarak bulunur ve birinci kurutma periyodunun sonu kurutulacak madde içerisindeki tüm donmuş haldeki su bittiği an olarak kabul edilir (Liapis ve Bruttini, 1995).

İkincil Kurutma (Desorpsiyon Evresi)

Birincil kurutma sonunda ürünün içindeki buz tamamen uzaklaştırılmış olsa da meyve ve sebzelerde hala belirli oranda bağlı su bulunmaktadır. Dondurarak kurutma sistemlerinde ikincil kurutma periyodu (desorpsiyon evresi), kurutulacak madde içerisindeki bütün donmuş sıvının süblimasyonla uzaklaştığı an (birinci kurutma periyodunun sonu) başlamış demektir. Bu suyun uzaklaştırılması, ürünün raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal gelişmeyi engellemek açısından önemlidir (Liapis ve Bruttini, 1995).

Kurutulacak maddeye vakum altında ısı verilmesiyle ikincil kurutma periyodu boyunca bağlı su uzaklaştırılır. Sıcaklığa duyarlı ürünler için 10-35°C arası sıcaklıklar, sıcaklığa daha az duyarlı ürünler için ise 50°C ve üstündeki

sıcaklıklar tercih edilir. Bu aşama sonunda ürünün nem oranı %1-2 gibi oldukça düşük değerlere ulaşır (Liapis ve Bruttini, 2020). İkincil kurutma, ürünün depolama stabilitesi, rehidrasyon kapasitesi ve duyu kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir (Claussen vd., 2007).

DONDURARAK KURUTMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Liyofilizasyon, gıdaların fiziksel ve biyokimyasal özelliklerini en iyi şekilde koruyan kurutma teknolojilerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Düşük sıcaklık ve düşük basınç altında gerçekleşen süblimasyon işlemi, ürün kalitesini belirleyen birçok parametreyi olumlu yönde etkiler. Teknik bilgiye ihtiyaç olması ve maliyetinin yüksekliği yöntemin dezavantajlı kısımlarıdır. Bu nedenle avantaj ve dezavantajların bütüncül şekilde incelenmesi yöntemin uygulanabilirliği açısından önemlidir (Abdelwahed vd., 2002).

Avantajları

Liyofilizasyon, düşük sıcaklık altında gerçekleştirildiğinden ürünlerde renk, aroma, tat ve tekstür kayıpları minimum düzeyde olur (Oetjen ve Haseley, 2004; Candas ve İzli, 2024). Vitaminler, antioksidan bileşikler ve uçucu aromatik maddeler gibi ısıya duyarlı bileşenler yüksek sıcaklıklara maruz kalmadığı için besin kaybı oldukça düşüktür (Fellows, 2022). Dondurarak kurutulan ürünlerdeki C vitamini ve fenolik bileşiklerin diğer kurutma yöntemlerine kıyasla daha iyi korunduğunu bilinmektedir (Şahin vd., 2010). Bu teknikle kurutulan üründe nem oranı çok düşük seviyelerde olduğu için mikrobiyal gelişme, enzimatik aktivite ve kimyasal oksidasyon neredeyse tamamen durur. Bu nedenle ürünler çok uzun süre bozulmadan saklanabilir (Liapis ve Bruttini, 2020). Süblimasyon sırasında oluşan gözenekli yapı, suyun gıdaya hızla nüfuz etmesini sağlayarak taze ürüne oldukça yakın bir rehidrasyon performansı oluşturur. Bu durum özellikle hazır gıda olarak bilinen ürünler için büyük avantaj sağlar (Claussen vd., 2007). Ürün stabilizasyonunun herhangi bir kimyasal koruyucuya ihtiyaç olmadan, doğal yollarla sağlanması özellikle organik ürün, bebek maması ve fonksiyonel gıda kategorilerinde önemli bir kalite göstergesidir. Ürünler yüksek sıcaklığa maruz kalmadığı için protein denatürasyonu, pigment bozulması, yağ oksidasyonu veya istenmeyen kimyasal reaksiyonlar büyük ölçüde engellenir (Nail vd., 2002).

Dezavantajları

Liyofilizatör cihazlarında yer alan vakum pompaları, soğutma sistemleri ve yoğunlaştırıcıların geleneksel kurutma tesislerine göre yatırım maliyeti oldukça yüksektir (Marques vd., 2006; Fissore vd., 2014; Salehi, 2023). Süblimasyon, suyun sıvı faza geçmeden uzaklaştırılmasını gerektirdiği için oldukça yavaş bir süreçtir (Yao vd., 2023). Ürün tipine bağlı olarak işlem süresi 24 saatten 10 güne kadar uzayabilmektedir (Liapis ve Bruttini, 2020). Dondurma, vakum oluşturma ve yoğunlaştırıcı çalışması sırasında yüksek miktarda

enerji harcanır. Bu durum maliyetleri artırmakta ve enerji verimliliğini düşürmektedir (Oetjen ve Haseley, 2004). Liyofilize ürünler gözenekli ve hafif bir yapıya sahiptir, bu nedenle taşıma ve paketleme sırasında kolay kırılıp parçalanabilir. Özellikle meyve dilimleri ve sebze parçaları yüksek kırılabilirlik gösterebilir. Enerji tüketiminin fazla olması, işlem süresinin uzunluğu, teknik bakım gereksinimi ve ekipmanların ileri teknoloji gerektirmesi nedeniyle işletme maliyetleri, sıcak hava ile kurutma gibi klasik yöntemlere kıyasla daha yüksektir (Marques vd., 2006; Fissore vd., 2014; Salehi, 2023).

LİYOFİLİZASYONUN UYGULAMA ALANLARI

Liyofilizasyon, düşük sıcaklıkta suyun süblimasyon yoluyla uzaklaştırıldığı bir kurutma tekniği olduğu için ürünlerde yüksek sıcaklık kaynaklı zararlanmaların önüne geçilmektedir. Bu özelliği sayesinde yöntem yalnızca gıda teknolojisinde değil; farmasötik, biyoteknolojik, kültürel mirası koruma ve kozmetik sektörleri gibi birçok alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Aşağıda liyofilizasyonun bazı uygulama alanları ele alınmıştır (Özenir, 2009).

Gıda Endüstrisi

Gıda endüstrisi, liyofilizasyonun en yaygın kullanıldığı sektörlerden biridir. Bu kurutma tekniği gıdaların duysal ve besinsel özelliklerini büyük oranda koruyarak soğukta depolanma ve raf ömrünü uzatır (Yöney, 2005). Meyve ve sebzelerin yapısında bulunan çeşitli biyoaktif bileşenler (vitaminler, fenolik maddeler, antioksidanlar) yüksek sıcaklığa duyarlı olduğu için geleneksel kurutma teknikleri sırasında önemli kalite kayıplar meydana gelebilmektedir. Ayrıca geleneksel kurutma yöntemleri sırasında ürünlerin görsel kalitelerinde de tüketicinin tercih etmediği değişiklikler olmaktadır. Liyofilizasyon kaliteyi oluşturan bu bileşenleri büyük ölçüde koruyarak pazar değeri yüksek toz ürünler elde edilmesini sağlar (Şahin vd., 2010).

Dondurarak kurutulmuş meyve ve sebzeler, gözenekli ve hafif yapıları yanında yoğun aroma profilleri ve düşük nem içerikleriyle günümüzde sağlıklı atıştırmalık kategorisinde yer alan ürünler içerisinde değerlendirilmektedir. Sahip oldukları bu özellikler onların tüketime hazır gıdalar (ready to eat) içerisindeki pazar payını her geçen gün artırmaktadır. Liyofilize sebzeler, protein ekstraları ve baharat karışımları, hazır çorba ve kahvaltılık ürünlerde stabiliteyi artırır ve rehidrasyon sırasında hızlı çözünme sağlar. Dondurarak kurutulmuş kahve, liyofilizasyonun gıda sanayisindeki ilk büyük ölçekli uygulamalarından biridir. Bu yöntem, uçucu aroma bileşenlerinin kaybolmasını engelleyerek kalitesi yüksek kahve elde edilmesini sağlar (Oetjen ve Haseley, 2004). Liyofilizasyon sırasında doğal pigment ve aroma bileşenlerinde çok az kayıp olduğu için bu yöntem karotenoidler, antosiyaninler ve uçucu yağlar gibi maddelerin stabil kalmasına imkan verir. Liyofilize gıdalar oldukça düşük nem içerikleri ve uzun süre depolanabilme özellikleri sayesinde askeri yiyecekler, kamp ürünleri, acil durum gıdaları ve astronot gıdası şeklinde

yaygın olarak kullanılmaktadır (Claussen vd., 2007).

Farmasötik ve Biyoteknoloji

Liyofilizasyon, ısıya duyarlı biyolojik moleküllerin stabilizasyonu için farmasötik endüstride kritik öneme sahiptir. Liyofilizasyon, canlı aşılardan ve serumların stabilitesini artırarak soğuk zincirde taşınma ve depolanma olanaklarını iyileştirmektedir. Bu kurutma yöntemi mikrobiyal kontaminasyon riskini azaltır (Nail vd., 2002). Proteinlerin yapısal bütünlüğü ve biyolojik aktivitesi sıcaklığa son derece duyarlıdır. Liyofilizasyon, bu moleküllerin yapısal stabilitesini koruyarak uzun süre güvenli şekilde saklanmasını sağlar (Liapis ve Bruttini, 2020). DNA, enzimler, antikolar ve mikroorganizma kültürleri gibi araştırma materyalleri liyofilize edilerek depolanma süreleri önemli derecede uzatılabilir. Probiyotik bakteriler, enzim preparatları ve biyolojik ajanlar düşük nem oranı sayesinde uzun süre stabil kalabilirler. Bu nedenlerden dolayı liyofilizasyon, biyoteknoloji alanında yaygın olarak kullanılan temel tekniklerinden birisidir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Diğer Alanlar

Liyofilizasyon yalnızca gıda ve farmasötik alanlarla sınırlı olmayıp daha geniş uygulama alanlarına sahiptir. Doğal özler, peptitler, enzimler ve bitki ekstraktları gibi ısıya duyarlı bileşenler liyofilize edilerek kozmetik alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma bu konsantre aktif maddelerin depolanma süresi ve stabilizasyonunu iyileştirerek kozmetik sektöründe kullanım olanaklarını artırmaktadır. Suyla zarar görmüş kitap, arşiv belgesi, deri ürünleri ve organik arkeolojik buluntular içerdikleri suyun güvenli şekilde uzaklaştırılması amacıyla liyofilizasyonla kurutulur (Oetjen ve Haseley, 2004). Müze materyalleri, taksidermi örnekleri, botanik koleksiyonlar ve doku numuneleri biyolojik bütünlükleri bozulmadan uzun süre saklanabilir. Yoğurt kültürleri, peynir starter kültürleri, maya ve enzim preparatları, liyofilizasyon sayesinde daha uzun raf ömrüne ve yüksek aktiviteye sahip hale gelir. Liyofilizasyon tekniğinin, kullanıldığı alanlarda başta ürünlerin kalite kayıplarını azaltarak depolanma olanaklarını iyileştirmek olmak üzere pek çok faydalı sonuçlar ürettiği bilinmektedir. Bu nedenle liyofilizasyon gıdadan biyoteknolojiye, kültürel miras korumadan kozmetik ürün geliştirmeye kadar pek çok sektörde stratejik bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Salehi, 2023).

LİYOFİLİZATOR TEKNOLOJİSİ VE TİPLERİ

Liyofilizasyon sistemlerinde kullanılan ekipmanlar, işlem ölçeği, ürün tipi, otomasyon seviyesi ve enerji gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Modern liyofilizatörler; vakum sistemi, yoğunlaştırıcı (kondansatör), ısıtılabilir raflar, soğutma bobinleri ve proses kontrol birimlerinden oluşan çok yönlü teknolojilerdir. Kurutma performansı, ısı ve kütle

transferinin verimli bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Bu nedenle, ürüne uygun sistem tipinin seçimi ürün kalitesi ve süreç verimliliği açısından kritik öneme sahiptir (Liapis ve Bruttini, 2020). Aşağıda Tablo 1’de liyofilizasyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılan sistem tipleri açıklanmıştır:

Tablo-1: Liyofilizator tipleri, teknik özellikleri, avantajları ve dezavantajları

Sistem Tipi	Teknik Özellikler	Avantajlar	Dezavantajlar
Batch freeze dryer (Yığın halinde kurutma Sistemi)	Ürünler parti (yığın) halinde işlenir Tepsiler ve özel şişelerle yükleme ilaç endüstrisinde kullanım daha fazla Küçük ve orta ölçekli üretime uygun	Yüksek ürün kalitesi sağlar. Aynı anda farklı ürünlerle çalışabilme esnekliği sağlar. İşlemler sırasında müdahale edilebilme olanağı sağlar.	İşleme süresi uzundur. Enerji tüketimi yüksektir. İşletim maliyeti fazladır.
Continuous freeze dryer (Sürekli kurutma sistemi)	Kesintisiz çalışma Tam otomasyon Endüstriyel üretime uygun	Yüksek verimlilik sağlar. Düşük işletim maliyeti vardır. Süreç sürekliliği sağlanır.	Ürün çeşitliliği sınırlıdır. Yüksek yatırım maliyeti vardır.
Tunnel freeze dryers (Tünel tipi kurutma sistemi)	Ürünler tünel boyunca aşamalı olarak kurutulur Yüksek kapasite Otomatik yükleme ve boşaltma	Çok yüksek üretim kapasitesi sağlar. Büyük hacimli meyve/sebze kurutmak için uygundur.	Ürün çeşitliliği sınırlıdır. Geniş alan ve yüksek enerji gerektirir.
Vacuum spray freeze dryer (Vakum spreyli kurutma sistemi)	Sıvı ürünler vakum altına püskürtülür Toz formda ürün üretimi	Aroma ve besin kaybı minimumdur. Kahve, çay, süt ve ekstraktlar için uygundur. Çok hızlı kurutur.	Teknoloji maliyeti çok yüksektir. İşletme uzmanlık gerektirir.

Bu tabloda (Tablo 1) dondurarak kurutma işleminde kullanılan farklı liyofilizator sistemleri; teknik özellikleri, sağladıkları avantajlar ve dezavantajları açısından karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Batch (toplu-yığın) tipi sistem daha esnek kullanım ve yüksek ürün kalitesi sağlarken, sürekli (continuous) sistemler yüksek verimlilik ve düşük işletme maliyetleri ile öne çıkmaktadır. Tünel tipi sistemler çok yüksek kapasite gerektiren endüstriyel uygulamalar için uygun olup, büyük hacimli meyve/sebzelerin işlenmesi için kullanıldığından ürün çeşitliliği açısından sınırlıdır. Vakum spreyli sistemler ise sıvı ürünlerin çok hızlı kurutulmasına imkan tanıyan ileri teknoloji ekipmanlardır. Ancak yüksek yatırım maliyeti ve uzmanlık gereksinimi nedeniyle belirli ürün gruplarında kullanılır (Özenir, 2009).

SONUÇ

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon), meyve ve sebzeler başta olmak üzere ısıya duyarlı farklı gıdaların kalite kayıplarını azaltan ve depolanma ömrünü uzatan gelişmiş kurutma teknolojilerinden biridir. Süblimasyon prensibine dayanan bu yöntem, geleneksel kurutma teknikleriyle karşılaştırıldığında renk, aroma, doku ve besin maddelerini önemli ölçüde koruyarak kaliteli ürün eldesinde önemli avantajlar sunmaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003; Hui, 2006). Ürün nem oranının oldukça düşük seviyelere indirilmesi, mikrobiyal gelişme ve kimyasal reaksiyonların sınırlandırılmasını sağlamakta, böylece klasik yöntemlere kıyasla ürünlerin en az kalite kaybıyla uzun süre depolanmasına olanak sağlamaktadır (Rambhatla ve Pikal, 2003; Liapis ve Bruttini, 2020).

Liyofilizasyon sürecinin üç temel aşaması olan dondurma, birincil kurutma ve ikincil kurutma ürünün nihai kalitesini doğrudan belirleyen kritik öneme sahip noktalardır. Buz kristal boyutunun kontrolü, süblimasyonun verimli yönetilmesi ve bağlı suyun tamamen uzaklaştırılması gerek süreç optimizasyonu gerekse ürün stabilitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle liyofilizasyon teknolojisi; yüksek bilgi birikimi ve yatırım gerektiren, kompleks ısı ve kütle transferi süreçlerini içeren teknik bir uygulamadır (Oetjen ve Haseley, 2004).

Gıda endüstrisinde meyve-sebze tozları, kahve ve çay ekstraktları gibi birçok ürün kategorisinde geniş kullanım alanı bulan yöntem; farmasötik sektörde aşılar, biyolojik ürünler, protein bazlı ilaçlar ve laboratuvar materyallerinin stabilizasyonunda vazgeçilmez bir konuma sahiptir. Ayrıca kozmetik, biyoteknoloji, arkeoloji ve kültürel miras yönetimi gibi alanlarda da liyofilizasyonun sağladığı düşük nem ve yapısal koruma avantajları ön plana çıkmaktadır. Bu geniş uygulama alanı, teknolojinin gelecekte farklı sektörlerde kullanılma oranını artıracığını göstermektedir (Özenir, 2009).

Bununla birlikte, yüksek yatırım maliyeti, uzun işlem süresi ve yüksek enerji tüketimi yöntemin yaygınlaşmasını sınırlayan başlıca dezavantajlardır. Endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğin artırılması, verimli enerji sistemlerinin geliştirilmesine ve süreç optimizasyonu çalışmalarına bağlıdır. Son yıllarda geliştirilen sürekli çalışan sistemler, tünel tipi teknolojiler ve vakum spreylili kurutma üniteleri bu alanda önemli ilerlemeler sunmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, liyofilizasyon teknolojisi özellikle pazar değeri yüksek ürünlerin işlenmesi ve kalitesinin korunması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Gelecekte hem gıda teknolojisi hem de biyoteknoloji alanında stratejik önemini artırarak kullanılmaya devam edecektir. Enerji verimliliğinin yükseltilmesi ve maliyetlerin düşürülmesine yönelik araştırmalar, bu teknolojinin daha geniş bir kullanım alanına yayılmasını destekleyecektir.

Kaynakça

- Abdelwahed, W., Thomas, M., & David, E. (2002). The importance of freezing on lyophilization cycle development. *Pharmaceutical Development and Technology*, 7(4), 443–456.
- Candas, M., & İzli, N. (2024). Effect of freeze drying method on drying characteristics, colour and rehydration ratio of some apple varieties. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 18(52), 1-7.
- Claussen, I. C., Ustad, T. S., Strommen, I., & Walde, P. M. (2007). Atmospheric freeze drying-A review. *Drying Technology*, 25(6), 947–957. <https://doi.org/10.1080/07373930701394845>
- Dikbasan, T. (2007). *Determination of effective parameters for drying of apples* (Master's thesis). Izmir Institute of Technology, Turkey.
- Fellows, P. J. (2022). *Food processing technology: Principles and practice*. Woodhead publishing.
- Fissore, D., Pisano, R., & Barresi, A. A. (2014). Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process. *Journal of Food Engineering*, 123, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.018>
- Franks, F., & Auffret, T. (2008). *Freeze-drying of pharmaceuticals and biopharmaceuticals*. Royal Society of Chemistry.
- Gaidhani, K. A., Harwalkar, M., Bhambere, D., & Nirgude, P. S. (2015). Lyophilization/freeze drying-A review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(8), 516–543.
- Gieseler, H. (2004). *Product morphology and drying behavior delineated by a new freeze-drying microbalance* (Doctoral dissertation). Friedrich-Alexander University, Germany.
- Hui, Y. H. (Ed.). (2006). *Handbook of food science, technology, and engineering* (Vol. 149). CRC Press.
- İşleroğlu, H., Türker, İ., Koç, B., & Tokatlı, M. (2018). Biyoteknolojik materyallerin kurutulması: Püskürtmeli-dondurarak kurutma işlemi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7), 1393–1402.
- Jennings, T. A. (1999). *Lyophilization: Introduction and basic principles*. CRC Press.
- Liapis, A. I., & Bruttini, R. (1995). Freeze-drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes in vials: Dynamic multi-dimensional models of the primary and secondary drying stages. *Drying Technology*, 13(1-2), 43-72. <https://doi.org/10.1080/07373939508916942>
- Liapis, A. I., & Bruttini, R. (2020). Freeze drying. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (pp. 309–343). CRC Press.
- Marques, L. G., Silveira, A. M., & Freire, J. T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24(4), 457–463. <https://doi.org/10.1080/07373930600571111>

[org/10.1080/07373930600611919](https://doi.org/10.1080/07373930600611919)

- Nail, S. L., Jiang, S., Chongprasert, S., & Knopp, S. A. (2002). Fundamentals of freeze-drying. In *Development and manufacture of protein pharmaceuticals* (pp. 281–360). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0549-5_6
- Oetjen, G. W., & Haseley, P. (2004). *Freeze-drying*. Wiley-VCH.
- Özenir, N. (2009). *Meyvelerin dondurarak kurutulması* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye.
- Przic, D. S., Ruzic, N. L., & Petrovic, S. D. (2004). Lyophilization: The process and industrial use. *Hemijaska Industrija*, 58(12), 552–562.
- Rambhatla, S., & Pikal, M. J. (2003). Heat and mass transfer scale-up issues during freeze-drying I: Atypical radiation and the edge vial effect. *AAPS PharmSciTech*, 4(2), 1–11. <https://doi.org/10.1208/pt040214>
- Rey, L. (1999). Glimpses into the realm of freeze-drying: Classical issues and new ventures. *Drugs and the Pharmaceutical Sciences*, 96, 1–30.
- Sabarez, H. T. (2015). Modelling of drying processes for food materials. In *Modeling food processing operations* (pp. 95–127). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-284-6.00004-0>
- Sadıkoğlu, H., & Özdemir, M. (2003). Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28(6), 595–602.
- Salehi, F. (2023). Recent progress and application of freeze dryers for agricultural product drying. *ChemBioEng Reviews*, 10(5), 618–627. <https://doi.org/10.1002/cben.202300003>
- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T., & Orak, H. (2010). Effects of different drying techniques on some nutritional components of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(1), 71–78.
- Telis, V. R. N., & Sobral, P. J. D. A. (2002). Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. *Food Research International*, 35(5), 435–443. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00138-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00138-7)
- Yao, J., Chen, W., & Fan, K. (2023). Novel efficient physical technologies for enhancing freeze drying of fruits and vegetables: A review. *Foods*, 12(23), 4321. <https://doi.org/10.3390/foods12234321>
- Yöney, T. (2005). Gıdaları dondurarak kurutup saklamak nasıl çalışır. *Bilim ve Teknik*, 12, 101–105.



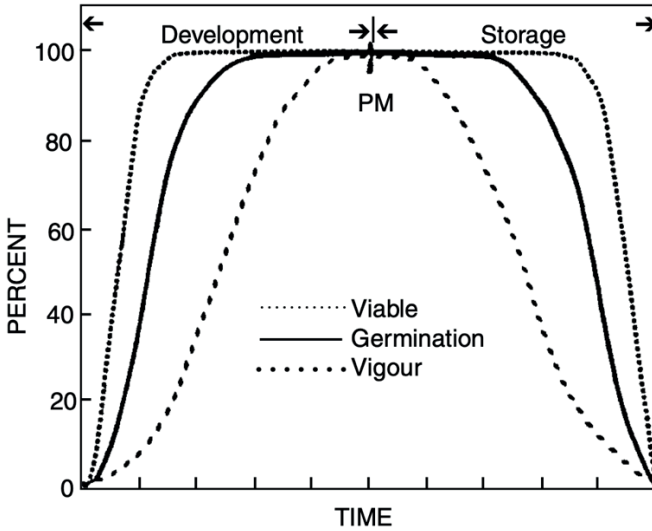
TOHUM GÜÇ TESTLERİNDEN HIZLANDIRILMIŞ YAŞLANDIRMA TESTİ

“
Elif ÇATIKKAŞ¹”

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0661-0219>

Tohum canlılığı (vigour), standart çimlenme testleriyle belirlenen canlılıktan farklı olarak, tohum partisinin değişken çevre koşullarındaki performansını ve depolama süresince dayanıklılığını yansıtan bütüncül bir kalite göstergesidir. Bu kavramın temelleri, çimlenme testlerinin optimum koşullarda yürütülmesi gerektiğini, fide performansının ise ayrı ve tamamlayıcı testlerle değerlendirilmesinin zorunlu olduğunu ortaya koyan Franck'ın (1950) çalışmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, ISTA bünyesinde canlılık testlerinin tanımlanması ve yöntemsel olarak standartlaştırılmasına yönelik çalışmaların başlamasına öncülük etmiş; yayımlanan el kitapları aracılığıyla canlılık testlerinin kapsamı, kullanım alanları ve uygulama esasları sistematik bir çerçeveye oturtulmuştur (Perry, 1981; Fiala, 1987; Hampton ve TeKrony, 1995).

Tohum canlılığı; tohumun gelişim ve olgunlaşma sürecinden başlayarak hasat, işleme, depolama ve bozulma aşamalarında etkili olan çevresel, genetik ve fizyolojik faktörlerin bileşik etkisiyle şekillenmektedir. Canlılık, yalnızca çimlenme yüzdesi ile açıklanamayacak; çimlenme hızı ve uniformitesi, stres koşullarına tolerans, fide gelişim gücü ile hücresel ve biyokimyasal bütünlüğü kapsayan çok boyutlu bir performans kavramı olarak değerlendirilmektedir. Tohum gelişimi sırasında canlılık ve çimlenme kapasitesinin kazanımı ile depolama sürecinde bu özelliklerin kaybı arasındaki ters yönlü ilişki, Miles (1985) tarafından önerilen kavramsal model ile açıklanmış olup, bu sürecin şematik gösterimi şekil 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Soya fasulyesi tohumlarında gelişim ve bozulma sürecine bağlı olarak canlılık (viability), çimlenme ve tohum canlılığı (vigour) düzeylerinde meydana gelen değişimlerin kavramsal gösterimi (PM: maksimum kuru tohum ağırlığı, fizyolojik olgunluk) (Miles, 1985).

Dünya genelinde çok sayıda sebze türü yetiştirilmekte olup, sebzeler insan beslenmesi ve sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. FAO verilerine göre, kişi başına yıllık ortalama sebze tüketimi yaklaşık 86 kg olup, küresel ölçekte sebze kullanımının artış eğiliminde olduğu bildirilmektedir (Rubatzky ve Yamaguchi, 2012). Sebze türlerinin büyük çoğunluğu tohumla çoğaltılmakta ve bu tohumlar türler arasında morfolojik özellikler ve boyut bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu çeşitlilik, üretim sürecindeki paydaşlar açısından belirli zorluklar yaratmakla birlikte, küresel sebze tohum endüstrisinin bilimsel ve dinamik yapısını da desteklemektedir.

Yüksek kaliteli sebze tohumları; hızlı ve uniform çimlenme, çevresel streslere karşı daha dayanıklı fide ve bitki gelişimi, hedeflenen bitki popülasyonuna ulaşılabilmesi ve daha uniform ürün olgunluğu sayesinde hasat verimliliğini artırmaktadır. Standart çimlenme testleri, optimum ekim koşullarında çıkışı makul düzeyde tahmin edebilse de, tohum canlılığı (vigour) testleri, daha geniş çevresel stres koşulları ve tarla/sera ortamlarında tohum partilerinin performansını ayırt etmede kritik bir rol oynamaktadır (TeKrony, 2001). Canlılık testlerinden beklenen temel özellikler; standart çimlenme testlerine kıyasla daha duyarlı bir kalite indeksi sunmaları, tohum partileri arasında tutarlı bir performans sıralaması yapabilmeleri, hızlı, basit ve ekonomik olmaları ile tekrarlanabilir ve yorumlanabilir sonuçlar üretmeleridir (McDonald, 1980; Perry, 1984).

Bu kapsamda tohum canlılığı testleri genel olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır: stres testleri, fide büyümesi ve değerlendirme testleri ile biyokimyasal testler. Günümüzde tohum güç (vigour) analizleri, tohum üretim işletmelerinin kalite güvence sistemlerinin temel bir bileşeni hâline gelmiştir. Bunun temel nedeni, bu testlerin standart çimlenme analizlerinin ortaya koyamadığı fizyolojik ve biyokimyasal farklılıkları belirleyebilmesi ve tarla performansını daha güvenilir biçimde öngörebilmesidir (Delouche ve Caldwell, 1960). Tohum canlılığı, geniş ve çok boyutlu bir kavram olup, araştırmacılar tohum partilerini performansın tüm yönlerini kapsayacak şekilde değerlendirmektedir (TeKrony ve ark., 2001).

Tablo 1. *Canlılık (Vigor) testlerinin sınıflandırılması*

Kaynak	Canlılık (Vigor) Testlerinin Sınıflandırılması
Association of Official Seed Analysts (AOSA, 2002)	Stres oluşturan testler: Hızlandırılmış yaşlandırma testi, soğuk test, düşük sıcaklıkta çimlenme testi
	Fide gelişimi ve değerlendirme testleri: Canlılık düzeyine göre fide sınıflandırması, fide büyüme testi
	Biyokimyasal testler: Tetrazolyum testi, elektriksel iletkenlik testi

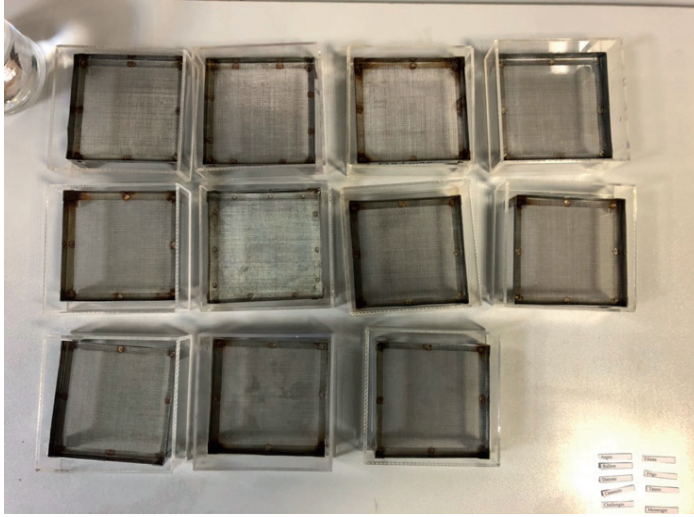
Hampton ve TeKrony (1995)	Canlılık hakkında doğrudan bilgi sağlayan ve tarla çimlenme yüzdesiyle daha yakın ilişkili testler: Elektriksel iletkenlik testi, hızlandırılmış yaşlandırma testi Geliştirme aşamasında olan ve önerilen testler: Soğuk test, düşük sıcaklıkta çimlenme testi, kontrollü bozulma testi, kompleks stres testi, Hiltner testi, fide büyüme testi, tetrazolium testi
---------------------------	--

Tablo 1’de görüldüğü üzere, canlılık testleri farklı kurumlar ve araştırmacılar tarafından değerlendirme amaçlarına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. AOSA’nın sınıflandırması testlerin uygulama prensiplerine ve ölçtükleri fizyolojik tepkilere odaklanırken, Hampton ve TeKrony (1995) canlılık testlerini tarla çıkışı ve canlılık öngörü gücü açısından ele almıştır. Bu farklı yaklaşımlar, tek bir canlılık testinin tüm türler ve koşullar için yeterli olmadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Tohum canlılığı geniş bir kavram olup, bilim insanları partileri tüm performans yönlerine göre sıralamaktadır (TeKrony ve ark., 2001). Fide büyüme ve stres testleri standart çimlenme testlerinden daha zaman alıcı ve maliyetlidir. Ayrıca kaplama, pelletleme, bitki büyüme düzenleyicileri (PGR) ve biyolojik kontrol uygulamaları maliyeti artırabilmekte ve bazı uygulamaların (örneğin giberelik asit) tohum sağlığı ve canlılığı üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Warren ve Bennett, 2000). Tohum güç testleri, günümüzde tohum üretim işletmelerinin kalite güvence sistemlerinde önemli bir yer edinmiştir. Bunun temel nedeni, bu testlerin standart çimlenme analizlerinin ortaya koyamadığı fizyolojik ve biyokimyasal farklılıkları belirleyebilmesi ve tarla performansını daha güvenilir biçimde tahmin etmesidir (Delouche ve Caldwell, 1960). Bu testlerden beklenen, çimlenme testine göre daha hassas olması, tohum partisinin performansını tutarlı biçimde sıralaması, hızlı, basit ve ekonomik uygulanabilirlik sunmasıdır. Ayrıca sonuçların tekrarlanabilir ve yorumlanabilir olmasıda çok büyük katkı sağlamaktadır (McDonald, 1980). Yapılan araştırmalarda, stres testlerinden olan soğuk test ve hızlı yaşlandırma testi; tarla çıkışıyla ilişkili, iletkenlik ve tetrazolium testlerinin ise depolama dayanıklılığı ve fiziksel zararların tespitiyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Hampton ve TeKrony, 1995). Tohum gücü belirlemede uzun süre en yaygın yöntem olarak kullanılan soğuk testin (Ferguson, 1995) laboratuvarlar arası farklı uygulama şekilleri, daha standart ve tekrarlanabilir yöntem geliştirme ihtiyacını doğurmuştur. Bu doğrultuda geliştirilen hızlandırılmış yaşlandırma testi (HYT), tohumların yüksek sıcaklık ve yüksek nispi nemde tutulmasına dayanmakta ve depolamadaki doğal yaşlanma sürecini taklit etmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma testi, tohum gücünü belirlemede en sık başvuru yöntemlerinden biridir. Başlangıçta tohum dayanıklılığını incelemek amacıyla kullanılan HYT (Delouche ve Baskin, 1973), özellikle

soya fasulyesinde arazi çıkışını öngörmeye başarılı bulunmuş ve ıslah programlarında yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır (TeKrony ve Egli, 1977; Wilson ve ark., 1992; Adkins ve ark., 1996).

Hızlandırılmış yaşlandırma (HYT) testi, tohum bozulmasıyla ilişkili temel çevresel faktörleri, yani depolama sıcaklığını ve bağıl nemi kullanmaktadır. Tohumlar tek sıra hâlinde bir elek tepsisine yerleştirilirler ve bu tepsi, içinde az miktarda (40 ml) su bulunan bir iç hazneye (plastik kutu) konulmaktadır (Şekil 2). Daha sonra bu iç hazne, hızlandırılmış yaşlandırma için kullanılan dış haznenin içine yerleştirilmekte ve belirli bir süre boyunca (örneğin 72 saat) yüksek sıcaklıklarda (41–45°C) yaşlandırılmaktadır (TeKrony, 1993).



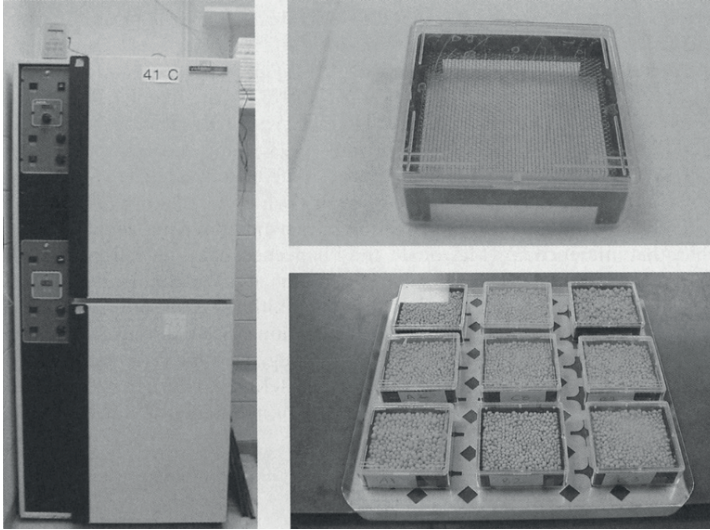
Şekil 2. Tohumları yaşlandırmak için kullanılan delikli iç bölmeler ve plastik kutular

Hızlandırılmış yaşlandırma süresince tohumlar, iç haznedeki yüksek nemli ortamdan su almakta ve hem yüksek sıcaklık hem de artan tohum nem içeriği nedeniyle strese maruz kalmaktadırlar. Yüksek canlılığa sahip tohumlar, düşük canlılığa sahip tohumlara göre daha yavaş bozulmakta; böylece tohum partileri farklı vigor düzeylerine göre ayrılabilir (TeKrony, 1993).

Hızlandırılmış yaşlandırma (HYT) testi, başlangıçta tohumların depolama dayanıklılığını öngörmek amacıyla geliştirilmiş olup, daha sonra birçok kültür bitkisi için güvenilir bir güç değerlendirme yöntemi olarak yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Mississippi State University’de yürütülen erken dönem çalışmalar (Helmer ve ark., 1962; Delouche, 1965; Delouche ve Helmer, 1967; Rushing, 1969), farklı türlerde tohumların göreceli depolanabilirliğini belirlemeye odaklanmış ve bu testin temellerini oluşturmuştur. Delouche ve Baskin (1973), yüksek ve düşük kaliteli tohum

partilerinin HYT koşullarında gösterdiği bozulma eğilimlerinin gerçek depolama koşullarındaki yaşlanma ile paralellik gösterdiğini bildirmiş; bu nedenle HYT sonuçlarının tohumların depolama performansını öngörmede güçlü bir gösterge olduğunu ortaya koymuşlardır. Test, tohumların kısa bir süre boyunca yüksek sıcaklık (40–45 °C) ve çok yüksek orantılı nem (%95'in üzeri) altında 48–96 saat tutulması esasına dayanmaktadır. Bu yapay stres ortamı, doğal yaşlanma sürecini hızlandırarak partiler arasındaki canlılık farklılıklarını belirgin hâle getirmektedir. Canlılık düzeyi yüksek tohumlar bu koşullara daha dayanıklıyken, düşük kaliteli tohumlar hızla canlılık kaybına uğramaktadır (TeKrony, 2005).

Hızlı yaşlandırma testi uygulamasında tohumlar küçük plastik kutular içinde yaşlandırma odasında veya su ceketli inkübatörlerde belirlenen süre boyunca tutulurak; sıcaklık ve nem değerleri hassas biçimde kontrol edilerek örnekler arasında tutarlılık sağlanmaktadır (Şekil 3). Yüksek sıcaklık ve nem altında gerçekleşen hızlı nem artışı, membran bütünlüğünün bozulmasını ve fizyolojik stresin artmasını tetiklediğinden, farklı vigor düzeylerine sahip tohumların tepkileri bu süreçte açık şekilde belirlenmektedir. Bu özellikleri sayesinde HYT testi, hızlı uygulanabilirliği, yorumlanabilir sonuçları ve geniş tür yelpazesinde kullanılabilirliği ile uluslararası düzeyde en yaygın vigor testlerinden biri olarak kabul edilmektedir (TeKrony, 1988; Egli ve TeKrony, 1995).



Şekil 3. Kontrollü bölmeli su ceketli inkübatör (solda), iç tepsili hızlandırılmış yaşlandırma plastik kutusu (sağ üstte) ve yaşlandırma öncesinde rafta yer alan tohumlar (sağ altta)

Günümüzde hızlandırılmış yaşlandırma (HYT) testi, özellikle soya fasulyesi için standart bir canlılık değerlendirme yöntemi olarak kabul

edilmekte olup (Hampton ve TeKrony, 1995), sebze türlerinde kullanımına yönelik araştırmalar ise oldukça sınırlıdır. HYT koşullarında tohumların tepkisini belirleyen faktörler arasında sıcaklık ve yaşlandırma süresi etkileşimi en fazla incelenen konulardan birisi olmuştur (Dutra ve Vieira, 2006). Test, soya fasulyesinde tarla çıkışı ve fide yerleşimini öngörmede yüksek doğruluk göstermiş ve bu nedenle tohum performansının güvenilir bir göstergesi olarak geniş kabul görmüştür (Egli ve ark., 1979; Hampton et al., 1992; Woltz ve TeKrony, 2001). ABD’de yürütülen çalışmalar, test koşullarının standardizasyonuna önemli katkı sağlamış, böylece uygulama protokolleri netleştirilmiştir (McDonald ve Phaneendranath, 1978; TeKrony, 1993). Bu birikim doğrultusunda HYT, AOSA ve ISTA tarafından resmi vigor testi olarak tanınmış; 2001 yılında ise ISTA tarafından soya fasulyesi tohumlarının canlılık değerlendirilmesinde kullanılmak üzere standart yöntemler arasına dâhil edilmiştir (Hampton ve TeKrony, 1995; ISTA, 2001). Soya fasulyesi tohumları için hızlandırılmış yaşlandırma testi metodolojisi, iklim koşullarına ve kullanım dönemlerine bağlı olarak üç farklı sıcaklık ve yaşlandırma süresi için tanımlanmıştır. Tropik iklim koşullarında depolama döneminin başlangıcında kullanılan 41 °C’de 48 saatlik koşul Marcos-Filho (2020) tarafından açıklanmış; ılıman iklimde kullanılan 41 °C’de 72 saatlik koşul ISTA’nın (2017) tohum test kurallarında tanımlanmış; 41 °C’de 24 saatlik koşul ise Costa et al. (1984) tarafından bildirilmiş. Bu metodolojiler, yüksek vigorlu tohumların kısa süreli şiddetli sıcaklık ve nem koşullarına maruz kalsalar dahi canlılıklarını koruyacakları, buna karşılık düşük vigorlu tohumların canlılıklarında azalma görüleceği prensibine dayanmaktadır. Bu nedenle, tohum bozulması şiddetinin fizyolojik kalitesi düşük partilerde daha belirgin olması beklenmektedir (Costa et al., 2008; Marcos-Filho, 2020). Literatürde, hızlı yaşlandırma testinin soya fasulyesi (Hampton ve TeKrony, 1995), mısır (Çatıkkaş ve ark., 2024) ve diğer kültür bitkilerinde tohum canlılığını güvenilir biçimde gösterdiğini ortaya koymaktadır. Doygun tuz çözeltileriyle yapılan hızlandırılmış yaşlandırma testi, salatalık (Bhéring ve ark., 2000), tatlı mısır (Bennett ve ark., 2001) ve domates (Panobianco ve Marcos-Filho, 2001) tohum partilerini ayırt etmede oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır. Öte yandan Ribeiro ve Carvalho (2001), havuç, marul ve brokoli tohumlarında NaCl ve KCl doymuş çözeltileriyle orantılı nemi düzenlemede başarılı sonuçlar elde edememiş ve bu türler için saf suyun daha güvenilir bir seçenek olduğunu bildirmiştir.

Tablo 2, hızlandırılmış yaşlandırma testinde (HYT) farklı bitki türleri için önerilen temel uygulama koşullarını özetlemektedir. Çoğu türde test sıcaklığı 41°C olup, standart yaşlandırma süresi 72 saat olarak belirtilmiştir. Küçük tohumlu türlerde bu süre 48 saate düşürülebilir. Testte kullanılacak tohum miktarı her türün tohum büyüklüğüne göre gram cinsinden verilmiştir ve tartılarak örnekleme yapılması önerilmektedir. Yaşlandırma sonunda

tohumların ulaşması gereken nem aralıkları da tablo 2 içinde gösterilmekte olup bu değerler testin doğruluğunu değerlendirmede önemlidir. Bazı küçük tohumlu sebzelerde bağıl nemi düşürmek için doymuş tuz çözeltisi kullanımı tavsiye edilmektedir. Genel olarak tablo 2, HYT'nin tür bazında standartlaştırılmasını sağlayan temel bir rehber niteliğindedir.

Bitki Türü	Önerilen Sıcaklık (°C)	Önerilen Süre (saat)	Testte Kullanılacak Tohum Miktarı (g)	Yaşlandırma Sonrası Beklenen Tohum Nem İçeriği (%)
<i>Glycine max</i> L.	41-43	72	24-40 g	%27-30
<i>Zea mays</i> L. (Corn, sweet)	41	72	24 g	%31-35
<i>Zea mays</i> L. (Corn, field)	43	72	40 g	%26-69
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	42	72	42 g	%28-30
<i>Medicago sativa</i> L.	41	72	3.5g	%40-44
<i>Capsicum spp.</i> L.	41	72	2g	%40-45
<i>Lycopersicon lycopersicum</i> L.	41	72	1 g	%44-46
<i>Lactuca sativa</i> L.	41	72	0.5 g	%38-41
<i>Trifolium pratense</i> L.	41	72	10 g	%22-28
<i>Sorghum bicolor</i> L.	41	72	1 g	%39-44

Tablo 2. Hızlandırılmış Yaşlandırma Testi (HYT) – Tür Bazlı Önerilen Parametreler (TeKrony, 2005)

HYT testinde yüksek nemde tutulan tohumlar farklı seviyelerde su absorbe edebilmekte ve bu durum test sırasında tohum su içeriğinde belirgin farklılıkların oluşmasına neden olabilmektedir. Powell (1995), küçük tohumlu türlerde özellikle sebze türlerinde yaşlandırma sonrası örneklerin su içeriğindeki dalgalanmalar nedeniyle HYT testlerinde tutarsız sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle, yaşlandırma testlerinde su yerine doymuş tuz çözeltilerinin (SSAA – Saturated Salt Accelerated Ageing) kullanılması bu tür tohumlar için bir alternatif olarak önerilmektedir. Kullanılan çözeltiye bağlı olarak belirli orantılı nem seviyeleri elde edilir; bu sayede tohumların su alım hızı azalmakta, bozulma süreci daha yavaş ilerlemekte ve yaşlandırmanın şiddeti kontrol altına alınabilmektedir (Dutra ve Vieira, 2006). Büyük tohumlu sebze türlerinde, örneğin tatlı mısırdaki, HYT testinin uygulanması, şekerli (sw), şeker artırıcı (se) ve büzülmüş 2 (sh2) genotiplerinin anatomik ve bileşimsel farklılıkları nedeniyle sınırlı olabilmektedir. Özellikle sh2 tohumlarındaki meyve kabuğu hasarı ve patojen varlığı sorun yaratmaktadır (Borowski ve ark., 1991; Parera ve ark., 1996). Bu nedenle doymuş tuzlu hızlandırılmış yaşlandırma (SSAA) testi, tatlı mısır

tohumlarını daha doğru değerlendirmek için önerilmektedir (Bennett ve ark., 2001). SSAA testi su alımını azaltmakta, mikroflora gelişimini sınırlamakta ve genel tohum bozulmasını yavaşlatarak sw genotiplerinin canlılığını daha hassas ve tekrarlanabilir biçimde ölçmeyi sağlamaktadır. Araştırmalar, küçük örnekler üzerinde se ve sh2 tatlı mısır çeşitlerinde tuzla zenginleştirilmiş hızlı yaşlandırma testinin başarıyla uygulandığını göstermiştir (Jianhua ve McDonald, 1999). Deneylerde, tohumlar tel örgü üzerine tek sıra hâlinde yerleştirilmiş, AA testi için su, doymuş tuzlu hızlı yaşlandırma testi için NaCl kullanılmış ve 41, 43, 45 veya 47°C'de yaşlandırılmıştır. Yedi gün sonunda normal ve anormal fideler sayılmış; ayrıca tarla denemeleri yapılarak ekim sonrası fide çıkış verileri toplanmıştır.

Mısır tohumlarında yaşlandırma çalışmalarında farklı sıcaklık süre kombinasyonları kullanılmıştır: 41°C'de 60–72 saat (Delouche ve Baskin, 1973; TeKrony ve ark., 1989), 45–46°C'de 72 saat (Wilson ve Trawatha, 1992) ve tropik koşullar için 44°C'de 96 saatlik uygulamalar (Santipracha ve ark., 1997) yapılmıştır. Bu çeşitlilik, mısırdaki henüz tek bir standart HYT protokolü üzerinde uzlaşamadığını göstermektedir.

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) tohumlarında hızlandırılmış yaşlandırmanın etkilerini inceleyen bu çalışmada, tohumlar 40–44 °C ve %90–95 bağıl nem koşullarında farklı sürelerle yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma süresi arttıkça çimlenme oranı azalmış ve 20 gün sonunda tamamen kaybolmuştur. Çimlenmedeki bu düşüş; çıkış süresinin uzaması, elektrolit sızıntısı, serbest yağ asidi içeriği ve lipid peroksidasyonundaki artışla birlikte gerçekleşmiştir. Ayrıca fide canlılığı, kök ve sürgün gelişimindeki gerileme ile belirgin biçimde azalmıştır. Bulgular, tohum bozulmasının temel olarak membran hasarı ve enzimatik aktivitenin azalmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (Basma ve ark., 2003).

Susam (*Sesamum indicum* L.) tohumlarında canlılık düzeyinin belirlenmesinde hızlandırılmış yaşlandırma (AA) testinin uygun sıcaklık ve süre kombinasyonunu belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada, başlangıç çimlenme oranları yüksek olan beş tohum partisi 47 ve 49 °C'de farklı sürelerle yaşlandırılmıştır. Sonuçlar, kısa süreli uygulamaların (24 saat) canlılık farklarını ayırt etmede yetersiz kaldığını, 49 °C'nin ise uzun sürelerde aşırı stres oluşturduğunu göstermiştir. Buna karşılık, 47 °C'de 72 saatlik AA uygulaması, tohum partileri arasında fizyolojik kalite farklarını en iyi şekilde ortaya koyan koşul olarak belirlenmiştir. Çalışma, AA testinin susam tohumlarında canlılık değerlendirmesi için etkili bir yöntem olduğunu ve bu kombinasyonun pratik uygulamalar için uygun olduğunu ortaya koymaktadır (Ghaderi-Far ve ark., 2010).

Kinoa tohumlarının tropikal koşullarda kalitesini koruması zor olup, bu durum üretimi sınırlayan önemli bir faktördür. Beş farklı tohum partisiyle

yürütülen bu çalışmada, kinoa tohum canlılığını değerlendirmek amacıyla farklı bağıl nem ve sıcaklık koşullarında hızlandırılmış yaşlandırma testleri uygulanmıştır. Sonuçlar, küçük tohumlu birçok türden farklı olarak, %100 bağıl nemde yapılan geleneksel hızlandırılmış yaşlandırma testinin kinoa için daha güvenilir olduğunu göstermiştir. Özellikle 41 °C'de 48 saatlik uygulama, tarla çıkışı ile güçlü bir ilişki ortaya koyarak kinoa tohumlarında canlılık değerlendirmesi için uygun bir yöntem olarak belirlenmiştir (Souza ve ark., 2017).

Palmer horozibığının (*Amaranthus palmeri*) tohumlarının toprak tohum bankasındaki uzun ömürlülüğünü tahmin edilmesinde hızlandırılmış yaşlandırma (AA) testinin potansiyeli değerlendirilmiştir. Tohumlar, %100 bağıl nem koşullarında 41 ve 45 °C'de farklı sürelerle yaşlandırılmıştır. Sonuçlar, sıcaklık ve süre artışıyla birlikte tohum canlılığının hızla azaldığını ve membran bütünlüğünün bozulduğunu göstermiştir. Laboratuvar AA sonuçları ile tarla gömme denemelerinden elde edilen canlılık kayıpları arasında yüksek korelasyon bulunmuş, özellikle 45 °C'de yapılan AA testinin tohum ömrünü güvenilir biçimde öngörebildiği belirlenmiştir. Bulgular, AA testinin yabancı ot tohumlarının toprak tohum bankasındaki kalıcılığını tahmin etmede hızlı ve etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır (Singh and Maity 2025).

Kanola (*Brassica napus* L.) tohumlarında hızlandırılmış yaşlandırma testinin canlılık değerlendirmedeki uygunluğu bu çalışmada incelenmiştir. Diamond çeşidine ait tohumlar 41 °C'de geleneksel yöntem ile NaCl ve KCl doymuş çözeltileri kullanılarak yaşlandırılmıştır. Sonuçlar, geleneksel yöntemin daha şiddetli bozulmaya yol açtığını, KCl doymuş çözeltisi ile 24 saatlik uygulamanın ise fizyolojik bütünlüğü koruyarak tohum canlılığını güvenilir biçimde değerlendirdiğini göstermiştir. Uzun süreli geleneksel yaşlandırmada hücresel yapı ve depo maddelerinde belirgin bozulmalar gözlenmiştir (Silva ve ark., 2025).

Hızlandırılmış yaşlandırma testi, tohum bozulma sürecini kısa sürede taklit edebilmesi ve tohum partileri arasındaki fizyolojik kalite farklılıklarını belirgin biçimde ortaya koyabilmesi nedeniyle, canlılık değerlendirmesinde güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Yüksek sıcaklık ve bağıl nem koşulları altında gerçekleştirilen bu test, özellikle depolama dayanıklılığı ve tarla çıkış performansının öngörülmesinde güvenilir sonuçlar sunmaktadır. Bununla birlikte, test koşullarının tür ve tohum büyüklüğüne göre dikkatle uyarlanması, sonuçların tekrarlanabilirliği ve yorumlanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle küçük tohumlu sebze türlerinde doymuş tuz çözeltileriyle modifiye edilmiş uygulamalar, testin hassasiyetini artırarak daha kontrollü bir bozulma süreci sağlamaktadır. Bu yönleriyle hızlandırılmış yaşlandırma testi, hem araştırma hem de tohum endüstrisinde kalite güvence sistemlerinin vazgeçilmez bileşenlerinden biri hâline gelmiştir.

KAYNAKÇA

- Basra, S. M. A., Ahmad, N., Khan, M. M., Iqbal, N., & Cheema, M. A. (2003). Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. *Seed Science and Technology*, 31(3), 531-540. <https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.02>
- Bennett, M. A., Grassbaugh, E. M., & Evans, A. F. (2002). Saturated Salt Accelerated Aging (SSAA) Test for Assessing and Comparing sh2 and se Sweet Corn Seed-lots. *RESEARCH RESULTS* 2001, 20.
- Bennett, M.A., Evans, A.F., Grassabaugh, E.M. (2001). Saturated salt accelerated aging (SSAA) test for assessing and comparing sh2 and se sweet corn seed lots. In: CONGRESS OF ISTA, 26, Angers, 2001. Abstracts appendix. Angers; ISTA. p.11.
- Bhéring, M.C., Barros, D.I., Dias, D.C.F.S. (2001). Avaliação do vigor de sementes de melancia pelos testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada (Use of accelerated ageing and controlled deterioration as vigor tests for water-melon seeds). *Informativo ABRATES*, 11, 204.
- Borowski, A. M., Fritz, V. A., & Waters Jr, L. (1991). Seed maturity influences germination and vigor of two shrunken-2 sweet corn hybrids. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(3), 401-404.
- Catikkas, E., Kadioglu, N., & Demir, I. (2024). Combined vigour tests to estimate relative seedling emergence in the field and germination after storage in sweet corn seed lots. *Seed Science and Technology*, 52(2), 141-152.
- Delouche, J. C. (1965). An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. In *Agronomy Abstracts* (Vol. 40, No. 1, p. 40).
- Delouche, J. C. and C. C. Baskin. (1973). Accelerated aging technique for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1: 427-452.
- Delouche, J. C., & Helmer, J. D. (1967). Predicting the longevity of alfalfa and lettuce seed lots. In *Proc. Southern Agr. Workers 64th Ann. Conf* (p. 72).
- Delouche, J.C. and Caldwell, W.P. (1960). Seed vigour and vigour tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, 50, 124-129.
- Dutra, A. S., & Vieira, R. D. (2006). Accelerated ageing test to evaluate seed vigor in pumpkin and zucchini seeds. *Seed Science and Technology*, 34(1), 209-214.
- Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (2012). *World vegetables: principles, production, and nutritive values*. Springer Science & Business Media.
- Egli, D. B., & TeKrony, D. M. (1995). Soybean seed germination, vigor and field emergence.
- Egli, D. B., White, G. M., & TeKRONY, D. M. (1978). Relationship between seed vigor and the storability of soybean seed. *Journal of Seed Technology*, 1-11.
- Ferguson, J. (1995) An introduction to vigour testing. (p 1-9) In: *Seed vigor testing*

- seminar (ed. H.A. van de Venter), International Seed Testing Association, Copenhagen, Denmark
- Fiala, F. (1987). *Handbook of Vigour Test Methods*. Second Edition. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Frank, W.J. (1950). Introductory remarks concerning a modified working of the international rules for seed testing on the basis of experience gained after the world war. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, **16**, 405-430.
- Ghaderi-Far, F., Bakhshandeh, E., & Ghadirian, R. (2010). Evaluating seed quality in sesame (*Sesamum indicum* L.) by the accelerated ageing test. *Seed Technology*, 69-72.
- Hampton, J. G., & Tekrony, D. M. (1995). *Handbook of ISTA vigour test methods*. 3 rd Edn., Zurich: ISTA.
- Jeng TL, Sung JM. (1994). Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzyme activity of artificially aged peanut seeds. *Seed Sci. Technol*, **22**, 531-539.
- Hampton, J. G., Johnstone, K. A., & Eua-Umpun, V. (1992). Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots.
- Helmer, J. D. (1962). Evaluation of some methods for differentiating among vigor levels in seeds of crimson and red clover (Doctoral dissertation, Mississippi State University).
- International Seed Testing Association. (2001). Rules Amendments, *Seed Sei. Technol. Suppl.* 29:1-131.
- Jianhua, Z., & McDonald, M. B. (1997). The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. *Seed Science and Technology* (Switzerland), **25**(1).
- McDonald Jr, M. B., & Phaneendranath, B. R. (1978). A modified accelerated aging seed vigor test for soybeans. *Journal of Seed Technology*, 27-37.
- McDonald, M. B. (1980). Assessment of seed Quality1. *HortScience*, **15**(6), 784-788.
- Miles, D.F. (1985). Effect of stage of development and the desiccation environment on soybean seed quality and respiration during germination. Ph D. dissertation, University of Kentucky, Lexington, KY, USA.
- Panobianco, M., Marcos-Filho, J. (2001). Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate (Accelerated ageing and controlled deterioration as vigor tests for tomato seeds). *Scientia Agricola*, **58**, 525-531.
- Parera, C. A., Cantliffe, D. J., McCarty, D. R., & Hannah, L. C. (1996). Improving vigor in shrunken-2 corn seedlings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **121**(6), 1069-1075.
- Perry, D.A. (1981). *Handbook of Vigour Test Methods*. First Edition. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Powell, T. C. (1995). Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study. *Strategic management journal*, **16**(1), 15-37.
- Ribeiro, F.C., Carvalho, N.M. (2001). The saturated salt accelerated ageing (SSAA)

- method seems to act too leniently on carrot (*Daucus carota* L.), lettuce (*Lactuca sativa* L.), and brocoli (*Brassica oleraceae*, ver. Italica, Plenck) seeds germination. In: Congress of International Seed Testing Association, 26., Angers, 2001. Abstracts. 41-42.
- Rushing, T. T. (1969). Evaluation of Methods for Predicting Storage Potential of Tall Fescue, Crimson Clover, Sorghum, and Wheat Seed Lots (Doctoral dissertation, Mississippi State University).
- Silva, Í. J., Melo, S. G. F. D., Cabral, C. M., Francino, D. M. T., Laviola, B. G., & Nery, M. C. (2025). Vigor of canola seeds through accelerated aging test and anatomical alterations. *Ciência e Agrotecnologia*, 49, e022124. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549022124>
- Singh, A., & Maity, A. (2025). Predicting Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) soil seedbank longevity in field using accelerated aging test in laboratory. *Scientific Reports*, 15(1), 40199.
- Souza, F. F. J., Spehar, C. R., Souza, N. O. S., Fagioli, M., Souza, R. T. G., & Borges, S. R. (2017). Accelerated ageing test for the evaluation of quinoa seed vigour. *Seed Science and Technology*, 45(1), 212-221.
- TeKrony, D. M. (1993). Accelerated aging test. *J. Seed Technol.* 17:110
- TeKrony, D. M. (2001). ISTA seed vigour survey-2000. *ISTA News Bulletin*, 122, 14-15.
- TeKrony, D. M. (2005). Accelerated aging test: principles and procedures. *Seed Technology*, 135-146.
- Warren, J. E., & Bennett, M. A. (2000). Bio-osmopriming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds for improved seedling establishment. In *Seed biology: advances and applications. Proceedings of the Sixth International Workshop on Seeds*, Merida, Mexico, 1999. (pp. 477-487). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Woltz, J. M., & TeKrony, D. M. (2001). Accelerated aging test for corn seed. *Seed technology*, 21-34.



ZEYTİN VE ZEYTİNYAĞININ SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMLİ ETKİLERİ

“ ”

Cansu DÖLEK¹

¹ Dr. Çukurova Üniversitesi Kozan Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Programı, Kozan, Adana, Türkiye. cansudolek.90@gmail.com, 0000-0001-7628-0676

Zeytinin diğer meyve türleri içerisinde oldukça uzun ömürlü olması önemli farklarından biridir. Ortalama ömrü 300-400 yıl olmakla birlikte 1000-3000 yıla kadar yaşayan ağaçların olduğu da bilinmektedir (Pekcan, 2016; Durlu Özkaya ve Özkaya, 2017). Zeytin, yaklaşık 30 tür ve 600 türden oluşan Oleaceae familyasının bir üyesidir. *Olea* L. cinsi, Avrupa, Asya, Okyanusya ve Afrika'ya dağılmış 30'dan fazla tür içerir; bunlar arasında yetiştirilen tek tür *Olea europaea* L.'dir. Beş alt türe ayrılmıştır: Sahra masiflerinde *laperrinei*, Güney Afrika'da Mısır'ın güneyine ve Arabistan'dan kuzey Hindistan'a ve Çin'in güneybatısına kadar *cuspidata*, Kanarya Adaları'nda *guanchica*, güneybatı Fas'ta *maroccana* ve Maderia'da *cerasiformis* olarak sınıflandırılmaktadır (Fogher, et al. 2010; Kermanshah vd. 2020).

Owen ve ark. (2000) Zeytinyağında tanımlanan ve miktarı belirlenen başlıca fenolik bileşiklerin, basit fenoller (örneğin, hidroksitirozol, tirozol), sekoiridoidler (örneğin, oleuropein, ligstrosidin aglikonu ve bunların ilgili dekarboksile edilmiş dialdehit türevleri) ve lignanlar dahil olmak üzere üç farklı sınıfa ait olduğunu ileri sürmüşlerdir. Her üç sınıf da dikkate değer antioksidan özelliklere sahiptir. Özellikle bu fenolik antioksidanlar (aynı zamanda skualen ve oleik asit) açısından zengin olan sızma zeytinyağının yüksek tüketimi, genel olarak kolon, meme ve cilt kanseri riskinin azalmasıyla ilişkilidir. Benzer şekilde, bu bileşenlerin antioksidatif etkilerinden dolayı, sağlıklı yaşlanmanın yanı sıra koroner kalp hastalığı görülme sıklığı üzerinde de yararlı bir etkisi vardır (Foscolou vd. 2018).

Bununla birlikte, polifenol içeriğinin, kullanılan zeytin çeşidi (örneğin, Arbequina zeytinlerinin aksine, Koroneiki zeytinleri belirgin derecede yüksek polifenol içeriğine sahiptir), çevresel faktörler (örneğin, ağaçların büyüme yüksekliği, ekim alanı) gibi birçok faktör tarafından belirlendiğine dikkat edilmelidir. uygulamalar, vb.), hasat zamanı (örneğin olgunlaşmamış zeytinlerden elde edilen yağlar, olgun zeytinlerden elde edilenlere göre daha yüksek polifenol içeriğine sahiptir) ve ayrıca ekstraksiyon ve depolama koşulları (Kalogeropoulos ve Tsimidou, 2014; Foscolou vd. 2018).

Zeytinyağı tüketimi, genel ve özellikle meme kanserinin yanı sıra tip 2 diyabet oluşumuna karşı da koruyucu bir rol sergilemektedir. Yukarıdaki kanıtlara dayanarak, zeytinyağı tüketiminin insan sağlığı üzerinde yararlı etkileri olduğu açıktır. Gerçekten de anti-inflamatuar ve hastalık önleyici etkilerinden dolayı zeytinyağı fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmektedir (Stark and Madar, 2002; Foscolou vd. 2018).

Zeytinyağı, tokoferoller, fenoller, aroma bileşikleri, hidrokarbonlar ve steroller olarak alt bölümlere ayrılabilen çeşitli küçük bileşenler içerir. Bu maddelerden bazılarının, özellikle tokoferollerin ve fenolik bileşiklerin sağlık üzerinde faydalı etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Visioli and Galli, 1995; 1998). Bazıları yağın stabilitesini artırır, bazıları ise yağın eşsiz tadı

ve lezzetinden sorumludur. Bu bileşiklerin miktarı iklim, yetiştirme ve olgunlaşma aşaması gibi faktörlere bağlı olarak 50 ila 800 mg/kg yağ arasında değişmektedir. Ayrıca natürel yani rafine edilmemiş zeytinyağı, rafine yağlara göre daha fazla minör bileşen içerir (Kiritsakis, A.K., 1998). Zeytinyağında bulunan çok sayıda fenolik bileşik tatlandırıcı, renklendirici ve antioksidan görevi görür. Hidroksitirozol, tirozol, oleuropein gibi en azından bazılarının insan vücudunda antiinflamatuvar ve güçlü antioksidanlar olarak görev yaptığına dair birçok bilgi bulunmaktadır (Owen et al. 2000; Wahrburg et al. 2002).

Zeytinyağı esas olarak en yüksek E vitamini aktivitesine sahip tokoferol olan α -tokoferol'ü ortalama 12 ila 25 mg/100 g arasında değişen miktarlarda içerir. E vitamini, antioksidatif vitaminler grubuna aittir ve bu antioksidatif özellikleri nedeniyle, kardiyovasküler hastalıklar ve kansere ilişkin önemli önleyici etkilere sahip olduğuna dair çok sayıda kanıt bulunmaktadır (Stampfer and Rimm, 1995; Shklar and Oh, 2000; Wahrburg et al. 2002).

Zeytin (*Olea europaea*) yağının faydalı etkileri antik dünyadan biliniyordu ve son yıllarda birçok klinik çalışma onun koruyucu etkisini desteklemektedir. Ayrıca zeytinyağının küçük bileşenlerinin, özellikle de fenolik bileşiklerin yararlı özelliklerini gösteren kümülatif kanıtlar vardır. 1993 yılında tanımlanan EVOO fenol oleocanthal, steroid olmayan antiinflamatuvar ilaç (NSAID) ibuprofen ile benzer boğaz tahriş edici his ve antiinflamatuvar özellikler göstermektedir (Scotece et al. 2015). İlginç bir şekilde, zeytinyağı fenollerinin ve metabolitlerinin düşük yoğunluklu lipoproteinlere (LDL) dahil edilebileceği kanıtlanmış; bu durumun LDL'nin in vitro oksidasyona karşı direnciyle doğrudan ilişkili olduğu bildirilmiştir. (Gómez-Romero et al. 2012; Francisco et al. 2019).

Zeytin meyvesinin yetiştirilmesinde kullanılan tarım teknikleri EVOO'daki fenolik bileşik konsantrasyonunu etkilemektedir. Son olarak, zeytinyağı fenolik bileşiklerinin çoğu pişirme sırasında ısıtıldığında bozunmasına rağmen, EVOO'da başlangıçta önemli miktarda mevcut olduğunda OC'nin ısıtma üzerine nispeten stabil olduğu doğrulanmıştır. Minimal OC (oleocanthal) bozunmasının kısmen kimyasal yapısına ve ardından gelen antioksidan aktiviteye bağlı olduğu görülmektedir (Cicerale et al. 2012; Francisco et al. 2019).

Oleocanthal'ın (OC), kanserojenizin erken evre teşvik edici faktörü olan kronik inflamasyonu azaltma yeteneği göz önüne alındığında, potansiyel bir gıda kaynaklı kemopreventif ajan olarak seçilmiştir. Ek olarak OC, hepatoselüler karsinomdan çeşitli kanserli hücre dizileri üzerinde umut verici antikanser aktivitelerine sahiptir (Scotece et al. 2013); hücre çoğalmasının, göçünün ve istilasının engellenmesi yoluyla prostat, meme ve kolon kanserlerinin yanı sıra daha da önemlisi, hiç yokken kanser hücrelerine karşı

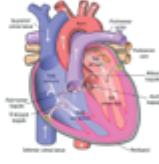
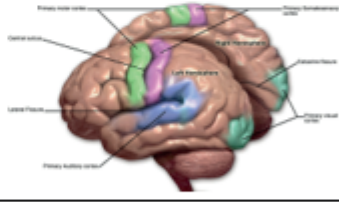
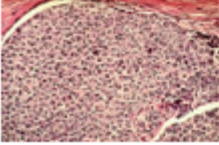
sitotoksik seçicilik göstermiştir (Elnagar et al. 2011; Francisco et al. 2019).

Zeytin ağacının yaprakları, mikrop öldürücü, ateş düşürücü, yatıştırıcı, kan şekerini ve yüksek tansiyonu düşürücü, iştah açıcı, idrar söktürücü özelliklere sahiptir. Şeker hastalığına zeytin yaprağı önerilirken; Oleuropein adlı maddeden hareketle vücudumuzda oluşan eleanolic asit, virüs ve mikrop yok edici ve AIDS'i önleyici özelliği vurgulanmaktadır (Dara, 2010; Karabina et al. 2016).

Zeytin ağaçlarının ağırlıklı olarak yetiştirildiği Akdeniz bölgesi, uzun süreli güneş ışığı ve yüksek oranda patojen ve böcek saldırısı ile karakterizedir. Bu stres etkenleriyle mücadele etmek için zeytin ağaçları, büyük ölçüde kalın yapraklarında depolanan yüksek miktarda polifenol sentezler (Erbay and Icier, 2010). Yapraklarda bulunan polifenollerin konsantrasyonu ve çeşitliliği coğrafi konum, ağacın çeşidi ve ağacın yaşı gibi birçok faktörden etkilenecektir (Elamin et al. 2013). Polifenoller, her biri değişen sayıda hidroksil grubuna sahip aromatik bir halkadan oluşan birden fazla fenolik grup içerir (Lockyer et al 2012). Ana fenolik bileşikler sekoiridoidler (yani oleuropein) ve flavonoidlerdir (Boss et al. 2016).

Çeşitli çalışmalar, fenolik bileşiklerin, zeytin yaprağında doğal olarak bulunanlarla aynı oranlarda sinerjistik bir etki gösterebileceğini göstermiştir. Sekoiridoidler, flavonoidler ve diğer fenoller, fenoliklerin bağımsız olarak aksine, birlikte çalıştıklarında daha güçlü bir anti-mikrobiyal ve antioksidan etki sağlar. Polifenol karışımlarının insan sağlığı açısından önemli olabilmektedir (Lee, 2010; Benavente-garcia et al. 2000; Boss et al. 2016).

Vücudun farklı organlarında sağlık açısından faydalar üretebilme yeteneği, biyoaktif zeytin yaprağı polifenollerinin veya bunların metabolitlerinin bu alanlara sızabilmesini gerektirir. Farelerde akut bir zeytin fenolik özütünün ardından (zeytin küspesinden 3 g fenolik özüt/kg vücut ağırlığı), örnekler fenolik türevlerin ve konjugatların (oleuropein, tirozol, HT ve luteolin) emildiğini, metabolize edildiğini ve kalp, böbrek, testisler ve kan-beyin bariyerini bile geçerek, plazmada mevcut olduğunu göstermiştir (Serra et al. 2012; Boss et al. 2016).

	
Oleuropein'in iskelet sistemini desteklemesi	Bağışıklık sistemini güçlendirici antioksidan kapasitesi
	
Tıp-2 Diyabet oluşumuna karşı koruma	Kalp hastalığı görülme sıklığını azaltma, antioksidatif etki
	
Anti-aging etkisi	Beyin sağlığını destekleme, antioksidan ajanların nöron hasarını önleyebilme
	
Kanser riskini azaltma	Mikrop öldürücü, anti-inflamatuar etki

Şekil 1. Zeytin ve zeytinyağı tüketiminin sağlık açısından etkileri (Kaynak: Resim, Anonim, 2025)

Daha yüksek meme kanseri riski östrojene aşırı maruz kalmayla bağlantılıdır (Kaaks, 2001; Key et al. 2002) ve meme kanserinin büyümesi östrojen reseptörüne (ER) bağlanan estradiol tarafından uyarılabilir. Bu reseptör, meme kanserinin önlenmesi ve tedavisi için önemli bir biyobelirteç ve hedeftir (Bartlett et al. 2011). Meme kanseri hücre dizileri ve OLE (Olive leaf extract) polifenollerini ile yapılan çalışmalar, fitoöstrojen etkisini de içeren potansiyel etki mekanizmalarını göstermiştir. Oleuropein ve HT'nin her ikisi de estradioldekine benzer bir aromatik halkaya sahiptir, dolayısıyla

bu bileşiklerin reseptör bağlanma bölgeleri için östrojenlerle rekabet ettiği varsayılmaktadır (Sirianni et al. 2010; Carrera-González et al. 2013; Boss et al. 2016).

“Zeytin yaprağı” terimi, zeytin ağaçlarının budanması ve zeytinlerin toplanması ve temizlenmesi sonucunda oluşan hem yaprak hem de dalların birleşimini ifade eder. Zeytinyağı endüstrilerinde yüksek miktarlarda bulunan zeytin bahçelerinin bir yan ürünüdürler. Zeytin ağacı başına yaklaşık 25 kg ve yağ fabrikalarında hasat edilen zeytinlerin ağırlığının %5’ini oluştururlar (El and Karakaya, 2009; Jemai et al. 2008; Kermanshah vd. 2020).

Zeytin yaprağında bulunan polifenol bileşikleri beş ana gruba ayrılır (El ve Karakaya, 2009):

- a) oleuropein ve verbaskozitten oluşan oleuropeozitler;
- b) luteolin-7-glukozit, apigenin-7-glukozit, diosmetin-7-glukozit, luteolin ve diosmetinden oluşan flavonlar;
- c) flavonoller (rutin)
- d) flavan-3-oller (kateşin);
- e) tirozol, hidroksitirozol, vanilin, vanilik asit ve kafeik asitten oluşan sübstitüe fenoller.

Ayrıca zeytin yaprağı triterpenler (oleanolik ve maslinik asit) ve kalkonlar (olivin, olivindiglukozit) içerir (Dekanski ve ark. 2011; Kermanshah vd. 2020).

Zeytin yaprağı ekstraktının ana bileşeni olan oleuropein ve onun metaboliti hidroksitirozolün her ikisi de yapılarında optimum antioksidan/temizleme aktivitesi için gerekli olan bir katekol grubuna sahiptir. Hem oleuropein hem de hidroksitirozolün süperoksit anyonunu temizlediği ve aynı zamanda nötrofillerin ve hipokloröz asitten türetilmiş radikallerin solunum patlamasını inhibe ettiği rapor edilmiştir. Oleuropeinin antioksidan aktivitesi aynı zamanda serbest radikal üreten reaksiyonlarda katalize edici bir role sahip olan Fe ve Cu (demir ve bakır) gibi metal iyonlarını şelatlama yeteneğinin yanı sıra lipoksijenazlar gibi çeşitli inflamatuvar enzimleri inhibe etme yeteneği ile de ilişkilendirilebilir. (El and Karakaya, 2009; Kermanshah vd. 2020).

Sızma zeytinyağı ve sofralık zeytin gibi zeytin ürünlerinde bulunan bifenollerini içeren antioksidan bileşiklerin topikal uygulamasının cildi UV radyasyonunun neden olduğu foto-oksidatif strese karşı koruduğu uzun zamandır bilinmektedir. Bu etkinin etki mekanizmasının, UV radyasyonuna bağlı peroksidasyonun azaltılması ve UV maruziyetini takiben eritemden sorumlu olan serbest oksijen ve NO radikallerinin temizlenmesi olduğu rapor edilmiştir. Zeytin yaprağı ekstraktında bulunan bifenoller arasında kafeik asidin benzer cilt koruyucu etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Topikal

ajanların potansiyel cilt koruyucu etki gösterebilmesi için etkili perkütanöz emilim gereklidir. Kafeik asidin, eksojen ajanların deriden emilmesinin önündeki ana bariyer olan stratum korneumdan geçebildiği gösterilmiştir (Saija and Uccella, 2000; Kermanshah vd. 2020).

Çeşitli çalışmalar Ca^{2+} 'nin ağrı duyarlılığının düzenlenmesinde rol oynadığını ve kalsiyum iyonunun hareketinin bloke edilmesinin antinosisepsiyona katkıda bulunabileceğini göstermiştir (Esmaili-Mahani et al., 2010). Zeytin yaprağı ekstraktlarının kalsiyum kanalını bloke edici aktiviteye sahip olabileceği daha önce bildirilmiştir (Hassan Gilani et al. 2005; Scheffler et al. 2008; Kermanshah vd. 2020).

Nefropati ve retinopati gibi diyabette ortaya çıkan komplikasyonlar sıklıkla artan oksidatif stres durumunun bir sonucudur. Al Azzawie ve ark. diyabetik tavşanlarda OLE tedavisinin, artan oksidatif stresin bir parametresi olarak malondialdehit düzeylerinde azalmaya yol açtığı, ayrıca çoğu enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan ajanların aktivitelerinde ve seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olduğu gösterilmiştir; bu diyabetik durumda, OLE için güçlü antioksidan aktiviteyi düşündürmektedir. Bu çalışmada diyabetik hastalarda OLE tedavisinin diyabetik hastalarda oksidatif stresten kaynaklanan komplikasyonları azaltabileceği ileri sürülmüştür (Al-Azzawie and Alhamdani, 2006; Kermanshah vd. 2020).

Oleuropeinin miyokardiyal iskemi ve serebral iskemik hasardaki koruyucu etkisinin, dokuyu bu tür olaylarda indüklenen oksidatif hasara karşı koruyan antioksidan etkisinden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Dekanski et al. 2011). Akdeniz bölgesinde kalp hastalığı görülme oranının düşük olması, bu bölgedeki beslenmenin büyük bir bölümünü oluşturan zeytin ve ürünündeki yüksek fenolik bileşik içeriğiyle ilişkilendirilmiştir. OLE'nin kardiyovasküler fayda sağlayan etkileri geniş çapta araştırılmış ve ana bileşenler olan oleuropein ve oleaceine bağlanmıştır (El and Karakaya, 2009; Kermanshah vd. 2020).

Zarzouelo ve ark. (1990) sıçanlarda zeytin yaprağı kaynatmasının hipotansif ve vazodilatör etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada, zeytin yaprağının liyofilize kaynatma maddesinin farklı dozlarının intravenöz uygulanmasını takiben, normotansif sıçanlarda belirgin bir hipotansif etki gözlenmiştir (Zarzuelo et al. 1991; Kermanshah vd. 2020).

Geniş epidemiyolojik çalışmalar sayesinde, Akdeniz bölgesindeki genel kanser görülme sıklığının dünyanın diğer bölgeleri arasında en düşük olduğu düşünülmektedir; bunun nedeni çoğunlukla meme, endometriyum, prostat ve kolon kanseri ile lösemi görülme sıklığının daha düşük olmasıdır. Polifenollerin aynı zamanda kanser önleyici özelliklere sahip olduğu da çok sayıda epidemiyolojik veri ve hayvan ve in vitro çalışmalarla kanıtlanmıştır

(Bouallagui et al. 2011). Zeytin yapraklarının antimikrobiyal özellikleri geleneksel olarak ateş ve farklı enfeksiyonları tedavi etmek için kullanılmıştır (Markin vd. 2003; Kermanshah vd. 2020).

Serebral iskemik hasarın neden olduğu gecikmiş nöron hasarı, artan nitrik oksit üretimi ve zayıflatılmış redoks düzenleyici sistem dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin sonucudur. Artan nitrik oksit üretimi apoptozun artmasına yol açar ve zayıflatılmış redoks düzenleyici sistem, artan oksidatif strese yol açar. Bu nedenle antioksidan ajanlar iskemik yaralanmalardan sonra gecikmiş nöron hasarını önleyebilir (Ikeda vd. 2003; Kermanshah vd. 2020).

KAYNAKLAR

- Al-Azzawie, H.F. & Alhamdani, M.S.S. (2006). Hypoglycemic and antioxidant effect of oleuropein in alloxan-diabetic rabbits. *Life Sci*, 78(12), 1371-1377.
- Anonim, (2025). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Anasayfa>. Erişim Tarihi: 25.10.2025
- Bartlett, J. M., Brookes, C. L., Robson, T., van de Velde, C. J., Billingham, L. J., Campbell, F. M., ... & Rea, D. (2011). Estrogen receptor and progesterone receptor as predictive biomarkers of response to endocrine therapy: a prospectively powered pathology study in the Tamoxifen and Exemestane Adjuvant Multinational trial. *Journal of Clinical Oncology*, 29(12), 1531-1538.
- Benavente-garcia, O., Castillo, J., Lorente, J. & Ortun, A. (2000). Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chem.*, 68, 457-462.
- Boss, A., Bishop, K. S., Marlow, G., Barnett, M. P., & Ferguson, L. R. (2016). Evidence to support the anti-cancer effect of olive leaf extract and future directions. *Nutrients*, 8(8), 513.
- Bouallagui, Z., Han, J., Isoda, H., & Sayadi, S. (2011). Hydroxytyrosol rich extract from olive leaves modulates cell cycle progression in MCF-7 human breast cancer cells. *Food and chemical toxicology*, 49(1), 179-184.
- Carrera-González, M.P., Ramírez-Expósito, M.J., Mayas, M.D. & Martínez-Martos, J.M. (2013). Protective role of oleuropein and its metabolite hydroxytyrosol on cancer. *Trends Food Sci. Technol.*, 31, 92-99.
- Cicerale, S., Lucas, L.J. & Keast, R.S.J. (2012). Oleocanthal: A naturally occurring anti-inflammatory agent in virgin olive oil. olive oil - constituents, quality, health properties and bioconversions. *InTech*, 357-374.
- Dara, R. (2010). Sofralara geldi bahar baharatlar- kokulu otlar yerel ve evrensel tatlar, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Dekanski, D., Selaković, V., Piperski, V., Radulović, Ž., Korenić, A., & Radenović, L. (2011). Protective effect of olive leaf extract on hippocampal injury induced by transient global cerebral ischemia and reperfusion in Mongolian gerbils. *Phytotherapy*, 18(13), 1137-1143.
- Durlu Özkaya, F. & Özkaya, M.T. (2017). Türk mutfağında zeytin ve zeytinyağı kültürü. Susamcı, E., Ötleş, S., Dıraman, H. (Edi.). Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı Teknolojisi, *Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, İzmir, 395-412.
- El, S.N. & Karakaya, S. (2009). Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health. *Nutr Rev.*, 67(11), 632-8.
- Elamin, M.H., Daghestani, M.H., Omer, S.A., Elobeid, M.A., Virk, P., Al-Olayan, E.M., Hassan, Z.K., Mohammed, O.B. & Aboussekhra, A. (2013). Olive oil oleuropein has anti-breast cancer properties with higher efficiency on ER-negative cells. *Food Chem. Toxicol.*, 53, 310-316.
- Elnagar, A. Y., Sylvester, P. W. & El Sayed, K.A. (2011). Oleocanthal as a c-met inhibitor

- for the control of metastatic breast and prostate cancers. *Planta Med.*, 77(10), 1013–1019.
- Erbay, Z. & Icier, F. (2010). A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 50, 441–464.
- Esmaili-Mahani, S., Rezaeezadeh-Roukerd, M., Esmailpour, K., Abbasnejad, M., Rasoulzadeh, B., Sheibani, V., ... & Hajializadeh, Z. (2010). Olive (*Olea europaea* L.) leaf extract elicits antinociceptive activity, potentiates morphine analgesia and suppresses morphine hyperalgesia in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 132(1), 200–205.
- Fogher, C., et al. (2010). Olive genomics, in olives and olive oil in health and disease prevention. Academic press elsevier, 1, 17–24.
- Foscolou, A., Critselis, E. & Panagiotakos, D. (2018). Olive oil consumption and human health: A narrative review. *Maturitas*, 118, 60–66.
- Francisco, V., Ruiz-Fernández, C., Lahera, V., Lago, F., Pino, J., Skaltsounis, L., González-Gay, M.A., Mobasher, A., Gómez, R., Scotece M. & Gualillo, O. (2019). Natural molecules for healthy lifestyles: Oleocanthal from Extra Virgin Olive Oil. *J. Agric. Food Chem.*, 67, 3845–3853.
- Gómez-Romero, M., García-Villalba, R., Carrasco-Pancorbo, A. & Fernández-Gutiérrez, A. (2012). Metabolism and Bioavailability of Olive Oil Polyphenols. In *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*; Boskou, D. D., Ed., *Intech*, 333–356.
- Hassan Gilani, A., Khan, A. U., Jabbar Shah, A., Connor, J., & Jabeen, Q. (2005). Blood pressure lowering effect of olive is mediated through calcium channel blockade. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(8), 613–620.
- Ikeda, K., Negishi, H. & Yamori, Y. (2003). Antioxidant nutrients and hypoxia/ischemia brain injury in rodents. *Toxicol*, 189(1–2), 55–61.
- Jemai, H., Bouaziz, M., Fki, I., El Feki, A., & Sayadi, S. (2008). Hypolipidemic and antioxidant activities of oleuropein and its hydrolysis derivative-rich extracts from Chemlali olive leaves. *Chemico-biological interactions*, 176(2–3), 88–98.
- Kaaks, R. (2001). Endogenous hormone metabolism as an exposure marker in breast cancer chemoprevention studies. *IARC Sci. Publ.*, 154, 149–162.
- Kalogeropoulou, N. & Tsimidou, M., 2014. Antioxidants in greek virgin olive oils. *Antioxidants*, 3 (2), 387–413, <https://doi.org/10.3390/antiox3020387>.
- Karabina, S., İflazoğlu, N., Karakuş, H. & Kuvvetli, M. (2016). Mutfaktaki kutsal emanet. *Zeytin Bilimi*, 6(2), 99–104.
- Kermanshah, Z., Samadanifard, H., Moghaddam, O.M. & Hejrati, A. (2020). Olive leaf and its various health-benefitting effects: A review study. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 14(2), 1301–1312.
- Key, T., Appleby, P., Barnes, I. & Reeves, G. (2002). Endogenous hormones and breast cancer collaborative group. Endogenous sex hormones and breast cancer in postmenopausal women: Reanalysis of nine prospective studies. *J. Natl. Cancer*

Inst., 94, 606–616.

- Kiritsakis, A.K. (1998). Flavor components of olive oil – a review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75, 673–681.
- Lee, O.H. & Lee, B.Y. (2010). Antioxidant and antimicrobial activities of individual and combined phenolics in *Olea europaea* leaf extract. *Bioresour. Technol.*, 101, 3751–3754.
- Lockyer, S., Yaqoob, P., Spencer, J.P.E. & Rowland, I. (2012). Olive leaf phenolics and cardiovascular risk reduction: Physiological effects and mechanisms of action. *Nutr. Aging*, 1, 125–140.
- Markin, D., Duek, L. & Berdicevsky, I. (2003). In vitro antimicrobial activity of olive leaves. Antimikrobielle Wirksamkeit von Olivenblättern in vitro. *Mycoses*, 46 (3-4), 132-136.
- Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalter, B. & Bartsch, H., (2000). Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants, *Lancet Oncol.* 107–112, [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(00\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(00)00015-2).
- Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E. Haubner, R. Spiegelhalter, B. & Bartsch, H. (2000). The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. *Eur. J. Cancer*, 36, 1235–1247.
- Pekcan, T. (2016). Zeytinin tanımı, önemi, ekolojik istekleri ve zeytinde gübreleme. Yokaş, İ. (Edi.), *Zeytin ve zeytinyağı*, *Efil Yayınevi*, Ankara, 5-53.
- Saija, A. & Uccella, N. (2000). Olive biophenols: functional effects on human wellbeing. *Trends Food Sc Tech*, 11(9-10), 357-363.
- Scheffler, A., Rauwald, H. W., Kampa, B., Mann, U., Mohr, F. W., & Dhein, S. (2008). *Olea europaea* leaf extract exerts L-type Ca²⁺ channel antagonistic effects. *Journal of ethnopharmacology*, 120(2), 233-240.
- Scotece, M., Conde, J., Abella, V., Lopez, V., Pino, J., Lago, F., ... & Gualillo, O. (2015). New drugs from ancient natural foods. Oleocanthal, the natural occurring spicy compound of olive oil: a brief history. *Drug Discovery Today*, 20(4), 406-410.
- Scotece, M., Gomez, R., Conde, J., Lopez, V., Gomez-Reino, J. J., Lago, F., ... & Gualillo, O. (2013). Oleocanthal inhibits proliferation and MIP-1 α expression in human multiple myeloma cells. *Current medicinal chemistry*, 20(19), 2467-2475.
- Serra, A., Rubió, L., Borràs, X., Macià, A., Romero, M.P. & Motilva, M.J. (2012). Distribution of olive oil phenolic compounds in rat tissues after administration of a phenolic extract from olive cake. *Mol. Nutr. Food Res.* 2012, 56, 486–496.
- Shklar, G. & Oh, S.K. (2000). Experimental basis for cancer prevention by vitamin E. *Cancer Invest.*, 18, 214–222.
- Sirianni, R., Chimento, A., De Luca, A., Casaburi, I., Rizza, P., Onofrio, A., Iacopetta, D., Puoci, F., Andò, S., Maggiolini, M., et al. (2010). Oleuropein and hydroxytyrosol inhibit MCF-7 breast cancer cell proliferation interfering with ERK1/2 activation. *Mol. Nutr. Food Res.*, 54, 833–840.

- Stampfer, M.F., Rimm, E.B. (1995). Epidemiologic evidence for vitamin E in prevention of cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 62 (Suppl) 1365S–1369S.
- Stark, A.H. & Madar, Z. (2002). Olive oil as a functional food: epidemiology and nutritional approaches, *Nutr. Rev.* 60 (6) 170–176, <https://doi.org/10.1301/002966402320243250>.
- Visioli, F. & Galli C. (1995). Natural antioxidants and prevention of coronary heart disease: the potential role of olive oil and its minor constituents. *Nutr. Metabol. Cardiovasc. Dis.*, 5, 306–314.
- Visioli, F. & Galli, C., 1998. Olive oil phenols and their potential effects on human health. *J. Agric. Food. Chem.*, 46, 4292–4296.
- Wahrburg, U., Kratz, M. & Cullen, P. (2002). Mediterranean diet, olive oil and health. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 104, 698–705.
- Zarzuelo, A., Duarte, J., Jimenez, J., Gonzalez, M., & Utrilla, M. P. (1991). Vasodilator effect of olive leaf. *Planta medica*, 57(05), 417–419.



ÜZÜMSÜ MEYVELERDE KURAKLIK VE TUZLULUK STRESİ TEŞHİS, YÖNETİM VE UYGULANABİLİR YAKLAŞIMLAR

“ ”

Sevinç ATEŞ¹

¹ Doç. Dr. Sevinç ATEŞ
Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye,
ORCID ID: 0000-0001-5335-9250

Üzümsü meyveler, yüksek katma değerleri, taze ve işlenmiş tüketimdeki geniş kullanım alanları ve insan sağlığına olan katkıları gibi nedenlerle hem Türkiye’de hem de dünyada üreticiler için stratejik bir ürün grupları arasında yerini almıştır. Ancak son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık sorunun artması, sulama suyu kalitesinin giderek düşmesi ve toprak tuzluluğunun artması, bu değerli ürün grubunda sürdürülebilir üretimi ciddi biçimde tehdit etmektedir. Bu nedenle, üzümsü meyve yetiştiriciliğinin geleceği, öncelikle iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması ve de su kalitesinin bozulması gibi iki temel abiyotik stres faktörünün etkin yönetimine bağlıdır.

1. Üzümsü Meyvelerde Kuraklık ve Tuzluluk Stresi

Kuraklık ve tuzluluk stresi yalnızca bitki gelişimini yavaşlatmakla kalmamakta; kök sistemi, su ve besin alımı, çiçeklenme ve meyve tutumu ile hasat süresi üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadır (Chaves vd., 2009). Tüm bu fizyolojik aksaklıklar, nihayetinde verim kaybı, kalite düşüşü ve doğrudan ekonomik zararlar sonuçlanmaktadır (Ferreira vd., 2019). Günümüzde kuraklık ve tuzluluk artık sadece “kötü geçen bir sezonun” sonucu değil, her yıl dikkate alınması ve yönetilmesi gereken kalıcı üretim parametreleri haline gelmiştir.

Bu bölümün amacı, üzümsü meyve üretimi sırasında kuraklık ve tuzluluk stresine bağlı olarak ortaya çıkan belirtilerin doğru şekilde yorumlanmasını sağlamak, sahada sıkça yapılan hatalara dikkat çekmek ve üreticilerin karşılaştıkları problemlere yönelik uygulanabilir çözüm önerileri sunmaktır. İklim değişikliğinin etkisiyle bu stres faktörlerini tamamen ortadan kaldırmak çoğu zaman mümkün olmasa da, doğru teşhis, zamanında müdahale ve uygun yönetim stratejileri ile verim ve kalitenin sürdürülebilir düzeyde korunması mümkündür.

1.1. Üretici Açısından Kuraklık ve Tuzluluk

Kuraklık ve tuzluluk stresi, üretici tarafından çoğu zaman ayrı ve farklı problemler olarak algılansa da üzümsü meyve yetiştiriciliğinde bu iki stres faktörü çoğunlukla birlikte ortaya çıkan, birbirini şiddetlendiren ve aynı fizyolojik hedefleri etkileyen süreçlerdir. Bu nedenle sahada görülen stres belirtilerinin doğru yorumlanabilmesi için, yalnızca sulama miktarı veya sulama suyunun elektriksel iletkenliği (EC) değil; bitki kök bölgesi ve atmosfer üçgeninin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kuraklık stresi, en genel tanımıyla toprakta veya substratta kullanılabilir suyun azalmasıdır. Ancak üzümsü meyve yetiştiriciliğinde üreticinin karşılaştığı stresin önemli bir bölümü, mutlak su eksikliğinden değil, bitkinin su dengesini koruyamamasından kaynaklanmaktadır.

Özellikle açıkta yetiştiricilik yapılan maviyemiş, böğürtlen ve ahududu yetiştiricilik alanlarında yüksek hava sıcaklığı, düşük bağıl nem, rüzgar ve güneş ışınlarının yoğunluğu bitkinin yaprak yüzeyinden su kaybını artırarak yüksek buhar basıncı açığı (VPD) koşullarını oluşturur (Ru vd., 2024). Bu durumda toprakta yeterli nem bulursa olmasına rağmen bitki transpirasyon yoluyla kaybettiği suyu köklerinden yeterince hızlı telafi edemez ve fizyolojik kuraklık ortaya çıkar. Literatürde maviyemiş için, yüksek VPD koşullarında stomaların erken kapanmaya zorlandığı, fotosentezin hızla düştüğü ve yeterli sulama yapılmasına rağmen verim kayıplarının meydana geldiği bildirilmiştir (Liang vd., 2019; Salgado Vargas vd., 2018). Açıkta yetiştiricilikte gölge tülü kullanılmaması, bu etkiyi daha da şiddetlendirerek kuraklık stresini toprak kökenli olmaktan çıkarıp atmosfer kökenli bir probleme dönüştürmektedir.

Tuzluluk stresi çoğunlukla sulama suyunun EC değeri ile tanımlanmaktadır. Oysa bitki açısından belirleyici olan, kök bölgesindeki toprak çözeltisinin ozmotik potansiyelidir (Daldoul vd., 2022, 2024). Toprakta veya substratta biriken tuzlar, köklerin suyu alabilmesi için daha yüksek enerji harcamasına neden olur ve bu durum ozmotik stres olarak tanımlanır (Munns & Tester, 2008). Bitki durumuyla karşılaştığında ise iki temel mekanizma göstermektedir. Bunlardan birincisi ozmotik baskı, ikincisi ise iyon toksisitesidir. Ozmotik baskı durumunda bitki, ortamda su bulursa bile suyu kök hücrelerine alamaz (Rodriguez vd., 1997). İyon toksisitesi durumunda ise özellikle Na ve Cl iyonlarının aşırı birikimi, hücre zarlarında hasara yol açar, besin elementlerinin alımını bozar ve kök uçlarında büyük zararlar oluşturur.

Maviyemiş gibi bitkiler, yüzeysel kök sistemi ve düşük tuzluluk toleransı nedeniyle bu iki mekanizmaya karşı son derece hassastır (Ru vd., 2024; Salgado Vargas vd., 2018). Buna karşılık *Rubus* türleri (böğürtlen ve ahududu), daha derin ve yaygın kök sistemi sayesinde göreceli olarak daha yüksek tamponlama kapasitesine sahiptir (Yang vd., 2015; Neocleous & Vasilakakis, 2008). Ancak bu durum, *Rubus* türlerinin tuzluluktan etkilenmediği anlamına gelmemekte yalnızca stresin daha geç ve farklı şiddette ortaya çıktığını göstermektedir.

Kuraklık ve tuzluluk stresinin birçok üretici açısından algılanışı ve yönetimi, yetiştiricilik sistemine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Toprakta yetiştiricilikte toprağın tamponlama kapasitesi daha yüksektir dolayısıyla stres daha yavaş gelişir (Voogt vd., 2012). Fakat bu durumda da tekrar düzeltilmesi topraksız sistemlere göre daha fazla zaman alır. Topraksız yetiştiricilikte ise kök hacmi sınırlı olduğu için substratın tuz ve su tutma kapasitesi düşük olmakta ve bu sebeple de stres çok daha hızlı ortaya çıkmaktadır. Ancak doğru yönetildiğinde topraktaki yetiştiriciliğe kıyasla daha hızlı kontrol altına alınabilmektedir. Bu nedenle topraksız sistemlerde küçük hatalar kısa sürede büyük streslere yol açsa dahi, doğru sulama ve drenaj yönetimi ile stresin etkileri daha kısa sürede kontrol altına alınabilmektedir.

Birçok tarımsal işletmede kuraklık ve tuzluluk stresi çoğunlukla uygulanan sulama miktarı ve EC ölçümü gibi parametrelerle kontrol edilmeye çalışılmaktadır. Fakat gerek toprakta gerekse topraksız kültürde asıl belirleyici olan faktörler bitkinin suyu ne ölçüde kullanabildiği, kök bölgesinin bu kullanımı ne kadar desteklediği ve atmosferik koşulların bu dengeyi ne yönde zorladığıdır (Agosti vd., 2025). Bu nedenle stres yönetimi kök bölgesi, mikroklima, yetiştiricilik sistemi ve yetiştirilen türün fizyolojik özellikleri birlikte ele alınmadan başarılı olamaz.

1.2. Üzumsü Meyve Yetiştiriciliğinde Yanlış Teşhisler ve Uygulama Hataları

Kuraklık ve tuzluluk stresinin yönetiminde en kritik adımlardan biri, bitkilerde gözlemlenen semptomların doğru yorumlanmasıdır. Genellikle üzumsü meyve yetiştiriciliğinde bitkilerde gözlenen kuraklık veya tuzluluk gibi abiyotik stres belirtileri, besin noksanlıkları, kök hastalıkları veya bir takım fizyolojik bozukluklarla karıştırılmakta ve bu sebeple de yanlış teşhis konulmaktadır. Bu tür durumlarda ise hem sorunun çözümü gecikmekte hem de yanlış teşhis nedeniyle yanlış tedavi ve müdahaleler uygulanarak stresin şiddeti arttırılmaktadır.

Yetiştiricilik uygulamalarında yapılan hataların önemli bir kısmı, belirtiye odaklanıp nedeni gözden kaçırmaktan kaynaklanmaktadır. Örneğin, yaprakta görülen bir sararma, yanma veya solgunluk belirtisi çoğu zaman doğrudan gübreleme ya da kimyasal mücadele ile çözülmeye çalışılmaktadır. Fakat özellikle günümüzde artan abiyotik stres baskısını göz önünde bulundurduğumuzda sorunun kaynağı kök bölgesi veya sulama yönetimi olabilmektedir.

Bunun yanı sıra kuraklık ve tuzluluk stresinin ortaya çıkış dinamikleri, şiddeti ve yönetim şekli, toprakta ve topraksız yetiştiricilik sistemleri arasında farklılıklar göstermektedir (Ma vd., 2025; Molnar vd., 2024). Literatürde bu farklılıklar net bir şekilde ortaya konmasına rağmen pratikte çoğu zaman aynı teşhis ve müdahale yaklaşımları uygulanmaktadır. Toprakta yetiştiricilikte, stres faktörlerinin etkileri çok daha yavaş belirir. Çünkü toprak tampon kapasitesi, köklerin derinlere yayılma potansiyeli ve mikrobiyal faaliyetler stresin ortaya çıkışını geciktirebilmektedir. Topraksız sistemlerde ise, kök ortamının düşük tamponlama kapasitesi ve hızlı su/tuz değişim hızı nedeniyle, stres çok daha ani ve şiddetli bir şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, bir sistem için geliştirilmiş sulama programı veya besin solüsyonu konsantrasyonunun, diğer sisteme doğrudan uygulanması, ya yetersiz kalabilir ya da aşırı uygulama sonucu toksisiteye ve ekonomik kayba neden olabilir.

1.2.1. Kuraklık, Tuzluluk ve Besin Noksanlıklarının Karıştırılması

Kuraklık ve tuzluluk stresi, bitkide besin alımını doğrudan etkilediği için, belirtiler çoğu zaman besin noksanlıkları ile karıştırılmaktadır (Munns & Tester, 2008). Özellikle azot, demir, magnezyum ve potasyum eksikliklerinde görülen yaprak belirtilerine benzerlik, yanlış ve gereksiz gübreleme uygulamalarına yol açmaktadır.

Abiyotik stres faktörlerini yola açtığı ve besin elementi eksikliği ile karıştırılan bazı belirtiler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Kuraklık stresi nedeniyle bitki yapraklarında gözlenen genel solgunluk ve gelişme geriliği azot noksanlığı ile karıştırılabilmektedir.
- Tuzluluk stresi bitkilerde yaprak kenarlarında yanıklıklar meydana getirmekte ve bu durum zaman zaman potasyum noksanlığı ile karıştırılabilmektedir.
- Kök bölgesinde yoğunlaşan tuzlar, demirin alımını engelleyerek kloroz (sararma) belirtilerine neden olur ve bu durum genellikle demir eksikliği zannedilir.

Bu ve bunun gibi yanlış teşhisler neticesinde yoğun gübreleme uygulamaları yapılmakta ve yüksek EC'li gübrelerin kullanımı sonucunda da kök bölgesindeki ozmotik baskı artırarak bitkinin stres yükünü daha da ağırlaştırmaktadır.

1.2.2. Tuzluluk Stresinin Hastalıklarla Karıştırılması

Tuzluluk stresine bağlı olarak yaprak uçlarında ve kenarlarında oluşan yanıklar, nekrotik lekeler ve erken yaprak dökümü gibi bazı semptomlar özellikle çiftçi koşullarındaki yetiştiricilikte sıklıkla fungal veya bakteriyel hastalıkların semptomlarıyla karıştırılmaktadır. Tuzluluğa karşı hassas olan çilek ve maviyemiş gibi türlerin yetiştiriciliğinde oldukça yaygın yapılan bir hatadır. Bu tür yanlış teşhis sonucunda üreticiler genellikle yanlış teşhis sonucunda gereksiz yere fungusit ve bakterisit kullanabilmekte ve bu nedenle de zaten stres altında olan bitkiler fitotoksik risk altına girmektedir. Ayrıca hastalık olasılığına odaklanan yönetici/üretici asıl belirtileri gözden kaçırarak kök bölgesindeki tuz birikimini göz ardı edebilir.

Bu iki durumu birbirinden ayırt edebilmek için teşhiste dikkat edilmesi gereken en önemli husus görülen semptomların dağılımını incelemektir. Tuzluluk stresine bağlı semptomlar, genellikle parsel genelinde veya sulama hatlarına paralel olarak homojen bir dağılım gösterir. Buna karşılık hastalık etmenleri çoğunlukla lokalize şekilde belli bölgelerde ve daha düzensiz bir yayılım gösterir.

1.2.3. Kök Bölgesi Sorunları

Üzümsü meyve yetiştiriciliğinde yapılan en temel hatalardan biri, bitkide gözlenen stres belirtilerinin büyük ölçüde yaprak ve sürgün üzerinden değerlendirilmesi; kök bölgesinin ise çoğu zaman ikincil planda ele alınmasıdır. Oysa kuraklık ve tuzluluk stresinin fizyolojik etkileri, literatürde açıkça ortaya konulduğu üzere, öncelikle kök sisteminde başlamakta ve daha sonra bitkinin toprak üstü aksamında gözle görülür hale gelmektedir.

Üzümsü meyve yetiştiriciliğinde en çok karşılaşılan hatalardan birisi de bitkinin genel durumunun çoğunlukla yapraklar ve sürgün üzerindeki görünen durum üzerinden değerlendirilmesidir. Bitkinin toprak/subsratla olan ilişkisini sağlayan, beslenme için kritik önem taşıyan kök bölgesi genellikle yeterince incelenmemekte ve buradaki gelişim göz ardı edilmektedir. Oysa kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik streslerin bitki tarafından ilk algılanan ve tepki verilmeye başlanılan, fizyolojik etkilerinin büyük bölümünün ortaya çıktığı birincil bölge kök sistemidir. Özellikle topraksız yetiştiricilik sistemlerinde, kök hacminin sınırlı olması nedeniyle bu tür hatalar kısa sürede ciddi stres tablolarına dönüşebilmektedir (Askri vd., 2018; Baneh vd., 2014; Daldoul vd., 2023).

Bu ihmal ve hata sonucunda ise sıklıkla aşağıda belirtilen sorunlar ortaya çıkmaktadır:

- Sulama ve gübreleme kararlarının, kök bölgesinin nem ve bitki besin elementi/tuz durumu izlenmeden, yalnızca yüzeysel gözlemlere dayanarak verilmesi.
- Uygun drenajın sağlanmadığı zamanlarda, toprakta/subsratla oksijen stresi (hipoksi) meydana gelmekte bu durumda kök çürüklüklerini tetikleyebilmektedir. Bu koşullarda kök bölgesi izlenmeden su verilmeye devam ederse bitki ölüme gidebilmektedir.
- Kök bölgesi yeterince izlenip takip edilmediğinde kök ucu aktivitesindeki azalma gözden kaçabilir, kılcal kök kaybı veya patojen kaynaklı erken dönem hasarların fark edilmeyebilir, dolayısıyla sorunun ilerleyip bitki ölüme gidebilir (Daldoul vd., 2022).

1.2.4. Türler Arası Fizyolojik Farklılıklar

Vaccinium (maviyemiş), *Rubus* (böğürtlen/ahududu) ve *Fragaria* (çilek) gibi üzümsü meyve türleri, kök yapısı, su ve besin elementi alım şekli, iyon homeostaz mekanizmaları ve dolayısıyla kuraklık ile tuzluluk tolerans düzeyleri açısından belirgin fizyolojik farklılıklar sergiler (Rugienius vd., 2022). Buna rağmen, pratikte sahada bu farklar çoğu zaman göz ardı edilmekte ve genel-geçer uygulamalar tercih edilmektedir.

Örneğin maviyemiş türleri, yüzeysel kök sistemi ve düşük tuzluluk toleransı nedeniyle kuraklık ve tuzluluk stresine karşı daha hassas iken; böğürtlen ve ahududu türleri göreceli olarak daha toleranslıdır (Rugienius vd., 2020). Kök bölgesinde biriken tuzlar, kısa sürede ozmotik baskı oluşturarak su alımını sınırlandırmakta ve demir başta olmak üzere bazı besin elementlerinin bitki tarafından alınmasını engellemektedir (Yang vd., 2015; Neocleous & Vasilakakis, 2008; Fernandez vd., 2018). Bu nedenle maviyemiş yetiştiriciliğinde düşük EC toleransı ve hassas sulama–drenaj yönetimi kritik öneme sahiptir.

Rubus türleri (böğürtlen ve ahududu) ise daha derin ve yaygın kök sistemleri sayesinde toprak hacminin daha büyük bir bölümünden su ve besin alabilmekte; bu özellikleri nedeniyle kuraklık ve tuzluluk stresine karşı göreceli olarak daha yüksek tolerans gösterebilmektedir. Ancak bu durum, *Rubus* türlerinin stres koşullarından etkilenmediği anlamına gelmemektedir (Morales vd., 2013). Özellikle uzun süreli stres koşullarında, kök bölgesinde biriken tuzlar ve azalan su alımı bu türlerde de büyüme geriliği, meyve tutumunda azalma ve kalite kayıplarına yol açabilmektedir (Yavuz vd., 2025).

Çilek (*Fragaria* × *ananassa*) ise yüzeysel kök sistemi ve yüksek su talebi nedeniyle hem kuraklık hem de tuzluluk stresine karşı duyarlıdır. Çilek bitkisinde stres belirtileri genellikle kısa sürede ortaya çıkmakta ve uygun müdahaleler yapılmadığında verim kayıpları hızla artmaktadır. Bu durum, çilek yetiştiriciliğinde stresin erken teşhisini ve hızlı yönetimini önemini göstermektedir (Şener, 2021).

Aynı uygulamanın farklı türlerde aynı etkiyi göstermemesi, çoğu zaman yanlış uygulama olarak değil, bitkinin tepkisi olarak değerlendirilmelidir. Yanlış teşhis edilen bitki semptomları, yanlış müdahalelere ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle stres yönetiminde ilk adım, belirtilerin doğru yorumlanması ve de özellikle kök bölgesi merkezli bir değerlendirme yapılmasıdır.

2. Tarla ve Sera Koşullarında Kuraklık ve Tuzluluk Stresinin Yönetimi

İklim değişikliğinin etkileri günümüzde giderek artmaktadır. Dolayısıyla kuraklık ve tuzluluk stresinin tamamen ortadan kaldırılması çoğu üretim sistemi için ulaşılabilir ve gerçekçi bir hedef değildir. Bunun yanı sıra artan kirlilik sebebiyle de artık kuyu sularında da yüksek tuzluluk miktarlarıyla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle üzüm, meyve yetiştiriciliğinde temel amaç; stres faktörlerini ortadan tamamen kaldırmaktan ziyade, stresin bitki üzerindeki olumsuz etkilerini yönetilebilir düzeyde tutmaktır. Tarla ve sera koşullarında etkili bir stres yönetimi, tek bir uygulamaya dayanmayan, su yönetimi, kök bölgesi düzenlemesi, kültürel uygulamalar ve çevresel faktörlerin birlikte ele alındığı entegre bir yaklaşımı gerektirmektedir.

2.1. Su Kaynağı ve Sulama Yönetimi

Stres yönetiminin en kritik aşaması, sulama suyunun kalitesinin dikkate alınarak yönetilmesidir. Sulama suyunun EC değeri, iyon içeriği ve mevsimsel değişimi, özellikle tuzluluk stresinin ortaya çıkışında ve yönetiminde önemli rol oynamaktadır (Torabi, 2014). Aynı su kaynağının yıl içinde farklı dönemlerde farklı tuzluluk değerleri gösterebileceği göz önünde bulundurulmalı, sulama programları da bu değişim dikkate alınarak planlanmalıdır. Yani sulama sıklığı ve süresi belirlenirken yalnızca üretim veya bitkinin vejetatif takvimi esas alınmamalı bunun yanı sıra toprak veya substratın su tutma kapasitesi, drenaj durumu ve bitkinin fenolojik dönemi dikkate alınmalıdır (Bryla vd., 2005). Özellikle çiçeklenme ve meyve gelişimi dönemlerinde su stresine duyarlılık artmakta ve dolayısıyla bu dönemlerde yapılacak hatalar doğrudan verim ve kalite kaybına yol açmaktadır. Kök bölgesinde tuz birikimi, üzüm sü meyve yetiştiriciliğinde düzenli izleme ve yönetim gerektiren bir faktördür. Bu riskin iyi yönetilebilmesi, planlı yıkama sulaması uygulamasının yapılması ile mümkün olabilmektedir.

Yıkama sulaması, sulama suyunun belirli bir kısmının, kök bölgesinde biriken tuzların yıkanarak uzaklaştırılması uygulanmasını ifade eder. Yıkama sulaması, bitkinin transpirasyon hızının ve su talebinin görece düşük olduğu serin saatlerde veya dönemlerde yapılmalıdır. Aşırı sıcak koşullarda yapılan yıkamalar, bitkinin stres yükünü artırabileceği gibi suyun etkinliğini de azaltmaktadır. Yıkama amacıyla kullanılacak su miktarı, genellikle toplam sulama suyunun %10–15'i düzeyinde planlanmakla birlikte; bu oran toprak veya substrat bünyesi, drenaj kapasitesi ve sulama suyunun elektriksel iletkenliği (EC) dikkate alınarak belirlenmelidir. Yüksek tuzluluk riski taşıyan koşullarda bu oran kontrollü biçimde artırılabilir. Aşırı yıkama uygulamaları, yalnızca su israfına yol açmakla kalmaz; aynı zamanda bitki için gerekli besin elementlerinin kök bölgesinden uzaklaşmasına neden olabilir (Feng vd., 2005; Yang vd., 2019). Bu nedenle yıkama sulamaları mutlaka kontrollü şekilde yapılmalıdır. Kök bölgesine yerleştirilen sensörler toprak veya substrat nemini, EC sensörleri ise tuz konsantrasyonunu sürekli olarak izler. Sensörlerden elde edilen verileri okuyarak sulamayı otomatik olarak başlatan sistemler, yıkama uygulamalarının hassas şekilde programlanmasına olanak tanır. Bu şekilde, insan kaynaklı hatalar azaltılırken su ve besin elementlerinin gereksiz kaybını da en aza indirilir.

2.2. Mikroklima ve Çevresel Koşulların Yönetimi

Bitkilerin bulunduğu mikroklima bitkinin su kaybını belirleyen en önemli faktörlerdendir. Sıcaklık, düşük nem düzeyleri ve rüzgar bitkinin transpirasyonunu artırır ve bu durumda kuraklık belirtilerinin oluşmasına yol açabilir. Bu sebeple açık alan yetiştiriciliğinde gölgeleme tülleri, canlı veya cansız rüzgarkıranlar ve uygun bitki sıklığı/sıra yönü gibi basit uygulamalarla

buharlaşma ve terleme baskısı azaltılabilir. Örtüaltı yetiştiricilikte ise havalandırma, sıcaklık kontrolü, sisleme ve oransal nem yönetimi gibi uygulamalarla bitkinin su stresi azaltılabilir. Ayrıca bu önlemler, sulama suyu ihtiyacını doğrudan azaltarak tuz birikimi riskini de düşürür.

2.3. Kültürel Uygulamaların Stres Üzerindeki Rolü

Bitkinin vejetatif gelişimi ve durumu stres karşısındaki dayanıklılığını doğrudan etkiler. Aşırı vejetatif gelişme veya meyve yükü, bitkinin su ve besin talebini artırarak, kök sisteminin kapasitesini zorlar. Stres dönemlerinde ağır budamalardan kaçınılmalıdır. Bitkinin mevcut yaprak alanı, fotosentez ve terleme dengesi için gereklidir. Bunun yerine, hafif seyreltmeler ve meyve yükünün dengelenmesi daha uygun olmaktadır. Ayrıca stres altındaki bir bitkinin besin alım kapasitesi düşüktür. Bu dönemde yüksek dozlu gübreleme veya yoğun yaprak uygulamaları, kök bölgesindeki ozmotik baskıyı daha da artırarak bitkiyi olumsuz etkiler. Gübreleme, ancak stres koşulları hafifledikten ve bitki toparlanma belirtisi gösterdikten sonra, düşük konsantrasyonlarda ve dengeli şekilde yapılmalıdır. Sonuç olarak, alınabilecek bazı tedbirler ve uygulamalarla bitkilerin strese karşı dayanımı arttırılabilir.

2.4. Stresi Azaltıcı Uygulamalar

Açıkta üzümsü meyve yetiştiriciliğinde kuraklık ve tuzluluk stresinin şiddeti, yalnızca toprak ve sulama yönetimine değil; aynı zamanda atmosferik koşullara ve bitkinin bu koşullara karşı korunma düzeyine de bağlıdır. Bu koşullarda uygulanabilecek destekleyici yaklaşımlar, stresin nedenini ortadan kaldırmaktan ziyade, **bitkinin stresle başa çıkma kapasitesini arttırmaya** yönelik olmalıdır. Bu bölümde ele alınan destekleyici uygulamalar, stresin kök nedenini ortadan kaldırmaz ancak bitkinin bu koşullara karşı toleransını güçlendirebilir. Tüm bu uygulamalar, ancak doğru sulama, kök sağlığı ve toprak yönetimi gibi temel prensipler üzerine inşa edildiğinde anlamlı bir katkı sağlar.

2.4.1. Yaprak Uygulamaları

Bu tür uygulamalar hücre duvarı dayanıklılığını arttıran, transpirasyon kaybını sınırlayan ve bitkinin stres toleransını destekleyen tamamlayıcı uygulamalar olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu tür uygulamaların etkili olabilmesi, kök bölgesi ve sulama yönetiminin doğru yapılmış olmasına bağlıdır.

Silika Uygulamaları: Günümüzde bu uygulamalar kapsamında silika uygulamalarının etkili olduğu bildirilmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Silika, bitki tarafından alındığında hücre duvarında birikerek mekanik bir destek tabakası oluşturmakta ve yaprak dokularının fiziksel dayanımını artırarak stres koşullarında hücrenin korunmasını sağlamaktadır (şener vd., 2023). Bunun yanı sıra yaprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma (transpirasyon) yoluyla

su kaybının sınırlandırılabilmektedir (Kurt & Ateş, 2024). Özellikle yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nemin neden olduğu yüksek buhar basıncı açığı (VPD) koşullarında yaprak dokularının korunması sağlanmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle silika uygulamaları, açıkta yetiştiricilikte ve sıcak dönemlerde destekleyici bir tolerans artırıcı olarak değerlendirilebilir. Ancak unutmamak gerekir ki; kök bölgesinde devam eden bir tuzluluk, drenaj veya su yetersizliği problemi varken yapılan silika uygulamaları, sorunu çözmez; yalnızca bitkinin bu olumsuz koşullara geçici olarak dayanmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle silika, her zaman temel yetiştiricilik uygulamalarını tamamlayan bir araç olarak ele alınmalıdır.

Glisin Betain: Silika uygulamalarının yanı sıra glisin betain gibi osmoprotektanlar, bitki hücrelerinde osmotik dengeyi korumaya yardımcı olan küçük moleküllerdir. Bu bileşikler, stres koşullarında hücre içi su dengesinin sürdürülmesine katkı sağlar ve proteinlerin denatürasyonunu sınırlar. Bu yüzden bu materyaller de stres dönemlerinde tolerans artırıcı olarak kullanılabilirler. Bu tür uygulamalar, özellikle ani ve geçici stres koşullarında, bitkinin stres şokunu daha atlatmasına yardımcı olabilir, ancak etkileri genellikle geçicidir.

Melatonin: Bazı bitki hormonlarının da yapraktan uygulamaları stres toleransını arttırmak için kullanılmaktadır (Nasırcılar vd., 2019). Melatonin, son yıllarda bitkilerde stres fizyolojisi açısından yoğun biçimde çalışılan bir sinyal molekülüdür. Bitkilerde melatonin; antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonu, reaktif oksijen türlerinin (ROS) baskılanması ve hücre hasarının sınırlandırılması gibi süreçlerde rol oynar (Arnao & Hernández-Ruiz, 2015). Ancak bu tür uygulamalarda uygulama zamanı, dozu ve bitkinin fenolojik durumu doğru seçilmediğinde beklenen etki görülmeyebilir.

Deniz Yosunu Ekstraktları: Deniz yosunu ekstraktları ve bazı bitkisel kökenli preparatlar; doğal hormon benzeri bileşikler, amino asitler ve mikro elementler içermeleri nedeniyle bitkinin stres yanıtlarını dolaylı olarak destekleyebilir. Bu materyallein kullanımı bitkilerde kök ve sürgün gelişimini destekleyebilir, stres sonrası toparlanma sürecinin hızlandırabilir, metabolik aktiviteyi uyurabilir. Ürünlerin etkisi, çoğu zaman dolaylı ve destekleyici düzeydedir.

2.4.2. Toprak Düzenleyiciler

Agrojel/Hidrojel: Hafif bünyeli topraklarda veya yeni dikimlerde, suyun hızla derine sızması büyük bir sorundur. Bu noktada su tutucu polimerler (hidrojel/agrojel) kullanımı kuraklık stresi koşullarında bitkinin toleransını arttırabilir. Bu materyaller, sulama sonrası topraktaki serbest suyu bünyesine alarak şişer ve hacim kazanır. Toprak kurudukça, tuttuğu suyu yavaşça kök bölgesine geri salar. Bu vesileyle de bitkiyi kısa süreli su dalgalanmalarına karşı tamponlayabilirler. Özellikle kök sisteminin henüz tam gelişmediği yeni

dikimlerde veya aşırı sıcak dönemlerde kök bölgesi nemi daha stabil tutulabilir. Aşırı kullanım, kök boğulmasına ve havalanma sorunlarına yol açabilir (Bakass vd., 2002; Akhter vd., 2004). Fakat bu materyaller düzenli sulama yapılmadığı takdirde veya drenaj sorunu olduğunda önemli bir etki yaratamamaktadır.

Organik Madde ve Organik Kökenli İyileştiriciler: Organik madde ve organik kökenli toprak iyileştiriciler, kuraklık ve tuzluluk stresinin yönetiminde kök bölgesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek amacıyla en çok kullanılan materyallerdir. Leonardit, kompost ve yanmış ahır gübresi gibi materyaller, doğrudan stres faktörünü ortadan kaldırmaz; ancak toprağın su ve besin tutma kapasitesini artırarak bitkinin stres koşullarına daha dayanıklı hale gelmesine katkı sağlar. Burada gerçekleştirilmeye çalışılan esas etki aslında toprağın su tutma kapasitesini artırarak kök bölgesinde nemin daha stabil kalmasını sağlamaktır (Tejada vd., 2006). Aynı zamanda katyon değişim kapasitesini (KDK) yükselterek besin elementlerinin toprakta tutulmasına ve bitki tarafından daha dengeli alınmasına yardımcı olurlar. Organik maddenin bu tamponlayıcı etkisi, özellikle sulama sonrası tuzların kök bölgesinde ani ve yüksek konsantrasyonlara ulaşmasını sınırlandırarak bitkinin ozmotik strese maruz kalma riskini azaltabilir. Aynı zamanda bu tür uygulamalar hafif bünyeli, kumlu veya organik maddece fakir topraklarda önemli derecede iyileşme sağlayabilmektedir. Yeni tesis edilen üzüksü meyve yetiştiricilik sistemlerinde veya erken gelişim dönemlerinde yapılan uygulamalar, kök sisteminin daha sağlıklı ve dengeli gelişmesine katkı sağlayarak ilerleyen dönemlerde streslere karşı dayanıklılığı artırabilir. Fakat mevcutta şiddetli, ani stres koşulları yaşıyorsa ya da toprakta ciddi düzeyde tuz birikimi ve drenaj problemi söz konusuysa, organik madde uygulamalarının kısa vadede belirgin bir iyileşme sağlaması çok fazla beklenemez. Nitekim, literatürde de organik maddenin, tuzluluk stresinin bitki üzerindeki olumsuz etkilerini dolaylı olarak azalttığı; ancak uygun sulama, drenaj ve kök bölgesi yönetimi sağlanmadığı sürece tek başına yeterli bir çözüm oluşturmadığı açıkça vurgulanmaktadır.

Mikrobiyal Preparatlar: Bu tür uygulamalar kuraklık ve tuzluluk stresinin yönetiminde doğrudan etki göstermek fakat kök bölgesinin biyolojik işlevselliğini artırarak bitkinin stres koşullarına toleransını arttırabilir. Bu grupta yer alan ürünler genellikle yararlı bakteri preparatları (PGPR – Plant Growth Promoting Rhizobacteria) ve mikoriza mantarlarını içermektedir. Mikrobiyal preparatların temel etki mekanizması, kök–toprak etkileşimini güçlendirmeleri ve kök sisteminin daha etkin çalışmasını sağlamalarıdır. Mikoriza mantarları, köklerle simbiyotik ilişki kurarak kökün etkin yüzey alanını artırır; bu sayede su ve besin elementlerinin, özellikle fosfor gibi hareketliliği sınırlı elementlerin, bitki tarafından alımı kolaylaşır (Ulukapı vd., 2020). Yararlı bakteriler ise rizosferde besin çözünürlüğünü artırabilir, kök gelişimini teşvik eden hormon benzeri bileşikler salgılayabilir ve kök çevresindeki mikrobiyal dengeyi olumlu yönde etkileyebilir. Mikrobiyal

uygulamalar stres başlangıç aşamasındayken daha iyi sonuçlar vermektedir. Kök sistemi canlı ve gelişime açık olan bitkilerde mikrobiyal preparatlar, kök fonksiyonlarının stres koşullarında korunmasına katkı sağlayabilir (Şener & Duran, 2020). Buna karşılık, köklerin ciddi biçimde zarar gördüğü, tuzluluğun çok yüksek olduğu veya kök bölgesinde aktif stresin devam ettiği koşullarda mikrobiyal preparatların kısa vadede belirgin bir iyileştirici etki göstermesi beklenmemelidir. Yüksek tuzluluk ve ozmotik baskı, birçok yararlı mikroorganizmanın kök bölgesinde tutunmasını ve etkinlik göstermesini etkiler ve azaltır. Bu nedenle mikrobiyal uygulamalar, akut stres koşullarında kurtarıcı bir müdahale değil, daha çok önleyici ve destekleyici bir uygulama olarak ele alınmalıdır.

2.4.3. Fiziksel ve Kültürel Önlemler

Kültürel önlemler kuraklık ve tuzluluk stresinin yönetiminde çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Oysaki bu uygulamalar en düşük maliyetle en yüksek faydayı sağlayabilecek uygulamalardır. Bu önlemler, stres faktörünü ortadan kaldırmaktan çok bitkinin maruz kaldığı baskıyı azaltarak kök bölgesinde daha dengeli bir mikroklima oluşturmayı amaçlamaktadır. Canlı veya cansız malçlama uygulamaları (örtücü bitki, saman, ağaç kabuğu, bitkisel artıklar veya plastik malçlar), özellikle açıkta yapılan üzüm suyu yetiştiriciliğinde en yaygın ve en etkili yöntemler arasında yer almaktadır. Malç tabakası, toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmayı önemli ölçüde engelleyerek su kaybını azaltır, kök bölgesi sıcaklığını dengeler ve yabancı ot gelişimini baskılayarak bitki-su rekabetini azaltır. Uygun şekilde yapıldığında malçlama, özellikle yaz aylarında sulama etkinliğini belirgin biçimde artırabilir. Fiziksel önlemler yalnızca malçlama ile sınırlı değildir. Düzenli ve yüzeysel toprak işleme, toprağın kabuk bağlamasını önleyerek yağış ve sulama suyunun toprağa daha etkin şekilde nüfuz etmesini sağlar. Uygun bitki sıklığı ve sıra yönü ise bitkiler arası hava sirkülasyonunu iyileştirerek hem aşırı buharlaşmayı hem de sıcaklık stresini sınırlandırabilir. Özellikle açık alanda yetiştirilen maviyemiş, böğürtlen ve ahududu yetiştiriciliğinde, sıra yönünün hâkim rüzgâr ve güneşlenme koşulları dikkate alınarak planlanması, stresin şiddetini doğrudan etkileyebilmektedir. Malç materyali seçimi ve uygulama şekli, yetiştiricilik koşulları ve iklim özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Sonuç

Kuraklık ve tuzluluk stresi, diğer tüm bitki türlerinde de olduğu gibi üzüm suyu yetiştiriciliğinde önemli bir sorun haline gelmiştir. Üzüm suyu meyveler gerek kök sistemleri gerekse yumuşak sulu meyveleri sebebiyle bu stres faktörlerine karşı oldukça hassastırlar. Bu sebeple de etkileri her geçen gün artan stres faktörlerine karşı üzüm suyu yetiştiriciliğinde entegre yönetimlerin benimsenmesi gerekmektedir. Sulama suyunun kalitesi, kök bölgesinin fiziksel ve biyolojik durumu, mikroklima koşulları ve yetiştirilen

türün fizyolojik özellikleri birlikte değerlendirilmeden yapılan müdahaleler, çoğu zaman sorunu çözmek yerine daha da derinleştirmektedir. Stresle mücadelede en sık yapılan hata, görünen belirtiye odaklanıp sorunun kaynağını göz ardı etmektir. Oysa kuraklık ve tuzluluk stresinin gerçek etkileri çoğunlukla kök bölgesinde başlamakta, yaprak ve sürgünlerde görülen belirtiler ise bu sürecin geç yansımaları olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle başarılı bir stres yönetiminin ilk adımı, kök bölgesi merkezli bir değerlendirme yaklaşımının benimsenmesidir.

Topraktan ve yapraktan yapılan destekleyici uygulamalar, fiziksel ve kültürel önlemler ile birlikte ele alındığında, bitkinin stres koşullarına karşı toleransı anlamlı düzeyde artırılabilir. Ancak bu uygulamaların hiçbirisi, hatalı sulama, yetersiz drenaj veya uygunsuz yetiştiricilik kararlarının yerine geçmez. Destekleyici uygulamalar, ancak doğru temel yönetim prensipleri üzerine inşa edildiğinde etkili sonuçlar verebilir.

Sonuç olarak, üzömsü meyve yetiştiriciliğinde kuraklık ve tuzluluk stresinin yönetimi hızlı özömlerden çok, doğru teşhis, zamanında müdahale ve entegre bir bakış açısı gerektiren bir süreçtir.

KAYNAKLAR

- Agosti, A., Nazeer, S., Leto, L., Hadj Saadoun, J., Levante, A., Maestri, E., ... & Chiancone, B. (2025). Combined Effects of Biochar and Wood Distillate on Growth, Yield, and Fruit Quality of Soilless-Grown Highbush Blueberry Plants (*Vaccinium corymbosum* L.). *Plants*, 14(24), 3773.
- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Mardan, A., Ahmad, M., & Iqbal, M. M. (2004). Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil and Environment*, 50(10), 463-469.
- Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: a review. *Journal of pineal research*, 59(2), 133-150.
- Askri, H., Gharbi, F., Rejeb, S., Mliki, A., & Ghorbel, A. (2018). Differential physiological responses of Tunisian wild grapevines (*Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris*) to NaCl salt stress. *Brazilian Journal of Botany*, 41(4), 795-804.
- Bakass, M., Mokhlisse, A., & Lallemand, M. (2002). Absorption and desorption of liquid water by a superabsorbent polymer: Effect of polymer in the drying of the soil and the quality of certain plants. *Journal of applied polymer science*, 83(2), 234-243.
- Baneh, H. D., Hassani, A., & Shaieste, F. G. (2014). Effects of salinity on leaf mineral composition and salt injury symptoms of some Iranian wild grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris*) genotypes. *OENO One*, 48(4), 231-235.
- Bryla, D. R., Dickson, E., Shenk, R., Johnson, R. S., Crisosto, C. H., & Trout, T. J. (2005). Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and its relation to yield and fruit quality in peach. *HortScience*, 40(7), 2118-2124.
- Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of botany*, 103(4), 551-560.
- Daldoul, S., Gargouri, M., Weinert, C., Jarrar, A., Egert, B., Mliki, A., & Nick, P. (2023). A Tunisian wild grape leads to metabolic fingerprints of salt tolerance. *Plant Physiology*, 193(1), 371-388.
- Daldoul, S., Hanzouli, F., Boubakri, H., Nick, P., Mliki, A., & Gargouri, M. (2024). Deciphering the regulatory networks involved in mild and severe salt stress responses in the roots of wild grapevine *Vitis vinifera* spp. *sylvestris*. *Protoplasma*, 261(3), 447-462.
- Daldoul, S., Hanzouli, F., Hamdi, Z., Chenenaoui, S., Wetzel, T., Nick, P., ... & Gargouri, M. (2022). The root transcriptome dynamics reveals new valuable insights in the salt-resilience mechanism of wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*). *Frontiers in Plant Science*, 13, 1077710.
- Faralli, M., Bontempo, L., Bianchedi, P. L., Moser, C., Bertamini, M., Lawson, T., ... &

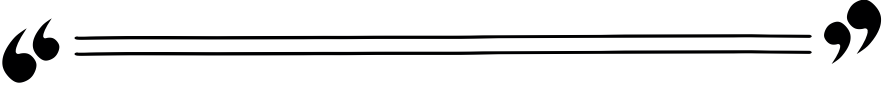
- Varotto, C. (2022). Natural variation in stomatal dynamics drives divergence in heat stress tolerance and contributes to seasonal intrinsic water-use efficiency in *Vitis vinifera* (subsp. *sativa* and *sylvestris*). *Journal of Experimental Botany*, 73(10), 3238-3250.
- Feng, Z. Z., Wang, X. K., & Feng, Z. W. (2005). Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. *Agricultural Water Management*, 71(2), 131-143.
- Ferreira, J. F., Liu, X., & Suarez, D. L. (2019). Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 243, 401-410.
- Fernandez, G. E., Molina-Bravo, R., & Takeda, F. (2018). What we know about heat stress in *Rubus*. In *Raspberry: breeding, challenges and advances* (pp. 29-40). Cham: Springer International Publishing.
- 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.
- Kurt, Z., & Ateş, S. (2024). Application of Silicon Iron and Silver Nanoparticles Improve Vegetative Development and Physiological Characteristics of Boysenberry Plants Grown under Salinity Stress In Vitro Cultivation Conditions. *Horticulturae*, 10(10), 1118.
- Liang, K., Wang, A., Sun, Y., Yu, M., & Zhang, L. (2019). Identification and expression of NAC transcription factors of *Vaccinium corymbosum* L. in response to drought stress. *Forests*, 10(12), 1088.
- Ma, W., Wang, Y., Li, K., Lu, C., Hou, D., Li, Y., ... & Li, J. (2025). Physiological Responses and Assessment of Salt Tolerance of Different Blueberry Cultivars Under Chloride Stress. *Agronomy*, 15(2), 494.
- Molnar, S., Clapa, D., HÂRȚA, M., ANDRECAN, F. A., & BUNEA, C. I. (2024). Investigation of salinity tolerance to different cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in vitro. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(1), 13691-13691.
- Morales, C. G., Pino, M. T., & Del Pozo, A. (2013). Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 162, 234-241.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 651-681.
- Nasırcılar, A. G., Ulukapı, K., & Sener, S. (2019). Exogenous salicylic acid applications as an example of molecules effective in abiotic stress tolerance in plants.
- Neocleous, D., & Vasilakakis, M. (2008). Fruit quality of red raspberry as affected by salinity. *European Journal of Horticultural Science*, 73(3), 131.
- Rodriguez, P., Dell'Amico, J., Morales, D., Blanco, M. S., & Alarcón, J. J. (1997). Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in

- tomato plants. *The Journal of Agricultural Science*, 128(4), 439-444.
- Ru, S., Sanz-Saez, A., Leisner, C. P., Rehman, T., & Busby, S. (2024). Review on blueberry drought tolerance from the perspective of cultivar improvement. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1352768.
- Rugienius, R., Frercks, B., Mažeikienė, I., Rasiukevičiūtė, N., Baniulis, D., & Stanys, V. (2020). Development of climate-resilient varieties in rosaceous berries. In *Genomic Designing of Climate-Smart Fruit Crops* (pp. 333-384). Cham: Springer International Publishing.
- Rugienius, R., Vinskienė, J., Andriūnaitė, E., Morkūnaitė-Haimi, Š., Juhani-Haimi, P., & Graham, J. (2022). Genomic Design of Abiotic Stress-Resistant Berries. In *Genomic Designing for Abiotic Stress Resistant Fruit Crops* (pp. 197-249). Cham: Springer International Publishing.
- Salgado Vargas, C., Sánchez-García, P., Volke-Haller, V. H., & Colinas León, M. T. (2018). Agronomic response to osmotic stress of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agrociencia*, 52(2), 231-239.
- Somkuwar, R., Landage, S., & Kakade, P. (2025). Bio-efficacy Studies of Biostimulant (Budmaker) in Relation to Growth, Yield and Shelf-life of Thompson Seedless Grape under Multilocation. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28(3), 932-945.
- Şener, S. (2021). Abiotic stress factors and strawberry cultivation. *Impact of Climate Change on Agriculture*, 111-125.
- Şener, S., & Duran, C. N. (2020). Farklı mikrobiyal gübrelerin boysenberry çeliklerinin köklenmesi üzerine olan etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3), 309-313.
- Şener, S., & Duran, C. N. (2020). The effect of mycorrhiza applications and different irrigation regimes on growth and development characteristics of blackberry cuttings. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(3), 638-642.
- Şener, S., & Kurt, Z. (2022). BAP ve IBA'nın Boysenberry'nin In Vitro Sürgün Çoğaltması ve Köklenmesi Üzerine Etkileri. *COMU Journal of Agriculture Faculty/ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1).
- Şener, S., Saygı, H., & Duran, C. N. (2023). Responses of in vitro strawberry plants to drought stress under the influence of nano-silicon dioxide. *Sustainability*, 15(21), 15569.
- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., & Hernandez, M. T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413-1421.
- Torabi, M. (2014, January). Physiological and biochemical responses of plants to salt stress. In *1st international conference on new ideas in agriculture*.

- Ulukapi, K., Kurt, Z., & Sener, S. (2020). Su Kısıtı Koşullarında Biber (*Capsicum annuum* L.) Bitkisinde Mikoriza Uygulamasının Vejetatif ve Generatif Gelişme Üzerinde Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(4), 927-931.
- Ulukapi, K., Nasircilar, A. G., Şener, S., & Aydınsakir, K. (2020). Alleviation of Drought Stress in *Phaseolus Vulgaris* L. Cultivars Using Biostimulants in Organic Agriculture. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 19(4), 143-157.
- Voogt, W., Van Dijk, P., Douven, F., & Van Der Maas, R. (2012, June). Development of a soilless growing system for blueberries (*Vaccinium corymbosum*): Nutrient demand and nutrient solution. In *X International Symposium on Vaccinium and Other Superfruits 1017* (pp. 215-221).
- Yang, H. Y., Zhang, C. H., Wu, W. L., Li, W. L., Wei, Y. L., & Dong, S. S. (2015). Physiological responses of blackberry cultivar 'Ningzhi 1' to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62(4), 472-479.
- Yang, T., Šimůnek, J., Mo, M., McCullough-Sanden, B., Shahrokhnia, H., Cherchian, S., & Wu, L. (2019). Assessing salinity leaching efficiency in three soils by the HYDRUS-1D and-2D simulations. *Soil and Tillage Research*, 194, 104342.
- Yavuz, N., İpek, M., Arıkan, Ş., Yavuz, D., & Karakoyun, M. (2025). Agronomic and Biochemical Responses of Blackberry to Alternative Deficit Irrigation Strategies to Increase Stress Tolerance. *Applied Fruit Science*, 67(3), 106.



İNCİRDE DERİM VE DERİM SONRASI İŞLEMLER



Şükrü KARAGÜL¹
Mehmet Ali KOYUNCU²
Derya ERBAŞ³

1 Öğr. Gör. Dr. Şükrü KARAGÜL Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek
Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Bahçe Tarımı Programı
<https://orcid.org/0000-0002-7601-8595>

2 Prof. Dr. Mehmet Ali KOYUNCU Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü <https://orcid.org/0000-0003-4449-6709>

3 Doç. Dr. Derya ERBAŞ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü <https://orcid.org/0000-0001-5675-3907>

1. GİRİŞ

İncir (*Ficus carica* L.), besin değeri ve ekonomik getirisi yüksek olan stratejik bir meyve türüdür. İncir hem taze hem de kuru tüketim açısından dünya ticaretinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle Türkiye, dünya incir üretiminde ve ihracatında lider konumdadır. Dünya incir üretimi 2022 verilerine göre 1.242.449 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, 350.000 tonluk üretimiyle dünya üretiminin %28'ini karşılayarak ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2025). Türkiye'yi sırasıyla Mısır, Fas, Cezayir ve İran takip etmektedir. Türkiye'de ticari olarak yetiştirilen taze incir çeşitleri; Bursa Siyahı, Beyaz Orak, Göklop, Morgüz, Siyah Orak, Yediveren ve Yeşilgüz'dür. En yaygın yetiştiriciliği yapılan çeşitler Bursa Siyahı ve Beyaz Orak olup, ihracata gönderilen en önemli çeşit ise Bursa Siyahı'dır (Çalışkan, 2012).

Kuru incir üretiminde Türkiye'nin dünyadaki liderliği aşıkardır. International Nut and Dried Fruit Council (INC) verilerine göre, 2023/2024 sezonunda 133.500 ton olan dünya kuru incir üretiminin %50'sinden fazlası Türkiye tarafından gerçekleştirilmiştir (INC, 2024). Ege İhracatçı Birlikleri kayıtlarına göre 2023-2024 sezonunda, Türkiye 61.621 ton kuru incir ihracatı gerçekleştirerek miktar bazında %60'a varan pazar hakimiyetini korumuş ve bu ihracattan 369 milyon dolar gelir elde etmiştir (EİB, 2024). Bu ihracat hacmi, tarımsal ihracatta en büyük paylardan birini oluşturmaktadır. Türkiye'de ticari olarak en yaygın yetiştirilen kurutmalık incir çeşitleri Sarılop, Sarızeybek, Göklop, Ak İncir ve Bardacık'tır (Polat ve Çalışkan, 2009; Karaca ve Kılıç, 2018).

Sofralık ve kurutmalık olarak tüketilen bu kıymetli meyvenin derimden tüketici sofrasına kadar geçen süreçte hala çözülmesi gereken sorunları bulunmaktadır. Derim, kurutma, taşıma, depolama ve pazara hazırlama sırasında yeterli özenin gösterilmemesi mevcut sorunlardan biridir. Ayrıca fumigasyon işlemlerinde kullanılan metil bromürün (MeBr) 2004 yılında yasaklanmasından sonra derim sonrası dönemde kuru incirlerde ciddi kalite kayıpları ortaya çıkmaya başlamıştır (Alaoğlu, 1989; Bernard ve Jack, 2003). Meyvede daha ağaç üzerindeyken veya derim, nakliye, kurutma, işleme ve depolama gibi aşamalarda; ürünün bileşimi, su içeriği ve ortamın nemi gibi faktörlere bağlı olarak kontaminasyon olmaktadır. Dolayısıyla incirde derim ve derim sonrası işlemler ile ilgili yürütülecek çalışmalara ve bilgi birikimine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bütün bu bilgiler ışığında mevcut çalışmada, incir yetiştiriciliğinde önemli olan derim kriterleri, derim ve derim sonrası işlemleri ele alınmıştır. Derim ve derim sonrası işlemler taze ve kuru incirde farklılık gösterdiği için bu çalışmada ayrı başlıklar altında irdelenmiştir.

2. TAZE İNCİRDE DERİM VE DERİM SONRASI İŞLEMLER

Ulusal ve uluslararası ulaştırma olanaklarının gelişmesiyle birlikte taze incire olan talebin ve pazar payının arttığı günümüzde, derim zamanının doğru belirlenmesi ürün kalitesi ve depolama açısından hayati önem taşımaktadır. İncir, meyvede hızlı bir olgunlaşma ve şeker birikimi ile karakterize edilen, derim sonrası dönemde tipik klimakterik meyveler gibi olgunlaşmayan bir türdür. Olgunlaşma öncesi meyvede çok hızlı bir kuru madde ve şeker artışı görülürken, derimle birlikte bu değişimler durmaktadır. Kurutmalık incirlerin aksine taze incirde meyvelerin kendiliğinden yere düşmesi beklenmez, meyveler ağaç üzerinden elle toplanmalıdır. Dalından koparıldıktan sonra meyve, hangi sıcaklıkta tutulursa tutulsun tatlanamamakta ve yeterli antosiyanin birikimi olmadığı için çeşide özgü rengini (örn. Bursa Siyahı) kazanamamaktadır. Bu nedenle incir meyvesi tüketicinin tercih ettiği aşamada, yani yeme olumunda derilmelidir.

2.1. Önemli Derim Kriterleri

Klimakterik meyve türleri arasında sayılsa da, diğer klimakterik meyvelerde görülen derim sonrası şeker birikimi, incirde gerçekleşmemektedir. Dolayısıyla optimum derim zamanının tayini kritik önem taşır (Flaishman vd., 2008).

İncirde derim kriterleri, fiziksel-morfolojik ve kimyasal değişimle ilgili olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir.

2.1.1. Fiziksel ve morfolojik kriterler

Bu kriterler üreticilerin daha çok pratikte hızlı bir şekilde derim tarihine karar vermek için kullandıkları en yaygın ölçütlerdir. Üreticilerin bahçede herhangi bir cihaza ihtiyaç duymadan, duyuusal yöntemlerle değerlendirmede kullanabilecekleri derim kriterleridir. Ancak kabuk rengi ve meyve sertliği gibi derim ölçütlerinin laboratuvar koşullarında uygun cihazlarla belirlenmesi daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Meyve ağırlığı ve hacmi: İncir, çift sigmoid büyüme eğrisi gösterir. İkinci hızlı büyüme evresinde (faz III), meyve su alarak ve şeker biriktirerek nihai hacmine ulaşır (Flaishman vd., 2008).

Kabuk renk değişimi: En belirgin göstergedir. Klorofil parçalanmasıyla yeşil rengin kaybolması ve çeşide özgü renk oluşturan maddelerin (ör: Bursa Siyahı'nda antosiyaninler) birikmesi esastır (Çelikel ve Karaçalı, 1998).

Meyve sertliği: İncirde olgunlaşma ile birlikte hücre duvarı bileşenlerinde (pektin) hızlı bir yıkım gerçekleşir ve yumuşama başlar. Uzak pazara gönderilecek (ihracat) ve depolanacaklar için "ticari olgunluk" (commercial maturity), kısa mesafeye gönderilecekler (iç pazar) için "yeme olgunluğu" (ripening) hedeflenir. Ticari olgunluktaki meyveler, parmak baskısına hafif

direnç gösterirken, yeme olgunluğundaki meyveler tamamen yumuşamıştır (Crisosto vd., 2010).

Ostiol açıklığı: Meyve tepesindeki ostiolün hafifçe açılması olgunluk belirtisi olarak kabul edilmektedir. Ancak aşırı açıklık derimin gecikmesine ve kalitenin düştüğüne işaret etmektedir. Ayrıca ekşime ve zararlı girişine (özellikle sirke sinekleri) açık hale gelmesi demektir. Derim zamanında ideal ostiol açıklığının, 0.0-2.0 mm arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Aksoy, 1991; IPGRI ve CIHEAM, 2003; Şimşek, 2010).

Sarkma/Boyun bükme: Sap ile meyve arasındaki boyun kısmının turgorunu kaybederek yumuşaması ve meyvenin kendi ağırlığıyla aşağı sarkması, meyvenin daldan kopmaya hazır olduğunun en net göstergesidir (Kabasakal, 1990; Şimşek, 2010).

Çatlamalar: Bazı çeşitlerde (ör: Bursa Siyahı) kabuk üzerinde ince boyuna çatlakların oluşması yeme olgunluğunun göstergesidir, ancak bu durum meyvenin derim sonrası ömrünü kısaltmaktadır (Aksoy vd., 2003b).

Bunların dışında üreticiler pratikte meyvenin süt benzeri sıvı salgılamasındaki azalışı (sap kısmındaki süt salgısının kaybolmasını veya çok azalmasını) derim kriteri olarak kullanmaktadır.

2.1.2. Kimyasal kriterler

İncir, derildikten sonra tatlanmayan (şeker oranı artmayan) bir meyve olduğu için, derimden hemen önce meyvedeki önemli kalite bileşenleri nihai kaliteyi belirler.

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM): SÇKM taze incirde en önemli derim ve kalite ölçütlerinden birisi olup, derim öncesi olgunlukla doğrudan ilintilidir. İncirde diğer klimakterik türlerde olduğu gibi derim sonrası bariz bir SÇKM artışı olmamaktadır. Çünkü mutlak şeker miktarında (gram olarak) bir artış olmaz. Ancak meyve su kaybederse (dehidrasyon), su azaldığı için mevcut şekerin konsantrasyonu oransal olarak artar. Fakat bu gerçek bir tatlanma değil, su kaybına bağlı bir yoğunlaşmadır. Taze (sofralık) tüketim için SÇKM'nin genellikle %17-20 oranında veya üzerinde olması istenmektedir (Aksoy vd., 2003a; Aksoy vd., 2003b; Crisosto vd., 2010).

Titre edilebilir asitlik (TEA): İncirlerde olgunlaşma ile birlikte asitlik miktarı (sitrik asit cinsinden) hızla düşmektedir (Çelikel ve Karaçalı, 1998; Şimşek, 2010; Crisosto vd., 2010). Aşağıda farklı olgunluk aşamalarında meyvedeki TEA içeriği verilmiştir.

- Ham/Yeşil Dönem: TEA = %0.30-%0.45
- Derim Olgunluğu (Ticari/Yeme) Dönemi: TEA = %0.13-%0.29
- Aşırı Olgun Dönem: TEA %0,10'un altına düşebilir (Bu sınırın

altında meyve tadı “yavanlaşır” ve mikrobiyal bozulmaya açık hale gelir).

SÇKM/TEA (olgunluk oranı): Olgunluk oranı önemli bir derim kriteri olup, tüketicinin lezzet algısını etkilemektedir. Tüketicinin arzuladığı tatlanma için SÇKM değerinin kritik eşiği %18.0 ve üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca dengeli bir aroma için bu SÇKM oranına %0.18-0.22 aralığında bir asitlik değerinin de eşlik etmesi gerektiği bildirilmiştir (Çelikel ve Karaçalı, 1998; Crisosto vd., 2010).

- SÇKM (%18 ve üstü) ve asitlik (%0.18-%0.22) = İdeal/Mükemmel Lezzet (Meyve de şeker ve asit dengesi optimumdur, aroma zengindir).

- SÇKM (%18 ve üstü) ve asitlik (%0.13-%0.17) = Kabul Edilebilir Lezzet (Meyve tatlıdır ancak asit oranı azaldığı için aroma yoğunluğu düşüktür).

- SÇKM (%18 ve altı) ve asitlik (<%0.12) = Yavan Lezzet (Asitlik düşüktür, karakteristik incir aroması kaybolmuştur).

2.2. Derim

Taze incir epidermisi (kabuğu) son derece ince ve narin olan, mekanik zedelenmelere karşı hassasiyeti en yüksek meyve türlerinden biridir. Bu nedenle taze incir derimine adeta bir mühendislik hassasiyeti gerektiren bir işlem gibi özen gösterilmelidir. Çünkü tüm bu teknik bilgilere rağmen hala taze incirde, pratikte optimum derim tarihi arzulanan düzeyde belirlenememektedir. Meyveleri toplayacak işçinin her sabah ağaçları dolaşp, meyvenin boyun bölgesinde bükülme olup olmadığına, rengine ve yumuşaklığına gözü ve eliyle karar vermesi gerekmektedir. Bu subjektif karar alınırken üreticinin bilgi birikimi ve tecrübesi önem arz etmektedir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi daha sağlıklı sonuç alabilmek adına önemli derim kriteri için analizlerin laboratuvar ortamında uygun cihazlarla yapılması gerekmektedir. Pazarlama süresini uzatmak veya nakliye sırasında avantaj sağlamak amacıyla yeterince olgunlaşmamış meyvelerin (erken) derilmesi kaliteyi düşüreceğinden kesinlikle önerilmemektedir.

2.2.1. Derim şekli

Elle derim: Bu derim şekli literatürde kabul gören standart bir yöntemdir. Meyve avuç içerisinde sıkılmadan ve daldan çekilerek değil, parmak uçlarıyla sapın dibinden yana doğru hafifçe bükülerek koparılmalıdır. İşçiler mutlaka eldiven giymeli ve tırnakları kesilmiş olmalıdır.

Derim sırasında sapın meyve üzerinde kalmasını sağlamak ve meyve kabuğunun yırtılmasını önlemek son derece önemlidir. Meyvenin sapıyla birlikte toplanması derim sonrası ömrü uzatır. Meyveden sapın ayrılmasının ticari değeri %50 oranında düşürdüğü bildirilmiştir. Sapın kopması durumunda ortaya çıkan yara dokusundan su kaybı hızlanır. Kabuk bütünlüğünün bozulması fungal enfeksiyonlar (özellikle *Botrytis* ve

Aspergillus) için giriş kapısı oluşturmaktadır (Ferguson vd., 1990; UNECE, 2016).

2.2.2. İncir sütü (Latex)

İncir, koparıldığı noktadan süt benzeri bir sıvı (lateks) salgılar. Bu beyaz renkli sıvı proteolitik (proteinlerin yapısını bozan) bir enzim olan Ficin içerir (Flaishman vd., 2008; Ayar ve Karacaoğlu, 2023).

İşçi güvenliğine etkisi: Ficin enzimi işçilerde dermatit riski oluşturur. İnsan cildinde tahrişe, yanmaya ve “Fotodermatit”e (güneşle etkileşime giren deri lezyonlarına) neden olur. Derim sırasında işçilerin mutlaka eldiven ve uzun kollu giysiler giymesi zorunludur.

Meyve kalitesine etkisi: Akan sıvının diğer meyvelerin üzerine damlaması, meyve kabuğunda siyah lekeler ve görsel kalite kayıplarına yol açmaktadır. Bu nedenle toplanan meyveler kasaya yerleştirilirken sap kısmı aşağı veya boşluğa bakacak şekilde yerleştirilmesi önemlidir.

2.2.3. Derim zamanı ve derim sırasında dikkat edilecek hususlar

Taze incir için günün hangi saatinde derim yapıldığı meyve eti sıcaklığı açısından kritiktir. Derime güneş doğarken başlanmalı (genellikle saat 06:00) ve öğleye doğru sıcaklık çok yükselmeden (genellikle saat 10:00) bitirilmelidir. Meyve, sabah saatlerinde en yüksek su içeriğine ve turgor basıncına sahiptir ve solunum hızı nispeten düşüktür. Meyveler öğleden sonra toplanırsa, arazide ağaç üzerinde ısınmış meyvenin soğutulması için çok daha fazla enerji sarf edilir ve derim sonrası kalite kayıpları hızlanır (Kader, 2002).

Taze incir, ince ve hassas kabuk yapısı nedeniyle mekanik zararlanmalara ve işçilik hatalarına karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle derim sırasında şu teknik hususlara dikkat edilmelidir:

- Zamanlama ve seçim: Derim sabahın erken saatlerinde, hava serinken yapılmalı ve meyveler doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmamalıdır. Toplama sırasında aynı irilikte, düzgün şekilli, yarasız ve beresiz incirler seçilmelidir.

- Koparma yöntemi: Meyve avuç içinde ezilmeden, sağa-sola çevrilerek ve hafifçe burkma hareketiyle koparılmalıdır. Sap meyve üzerinde kalmalı ve kabuk yırtılmamalıdır.

- Ekipman kullanımı: Derim elle yapılır ancak yüksekteki meyvelere ulaşmak için çengel veya merdiven kullanılabilir.

- Korunma: Toplayıcılar, incir sapından sızacak sütün cildi tahriş etmesini önlemek için eldiven kullanmalı ve uzun kollu giysiler tercih etmelidir.

· Soğuk zincir: Toplanan ürünlere hızlıca ön soğutma işlemi yapılmalı ve soğuk depolara alınmalıdır.

2.2.4. Ambalajlama, taşıma ve depolama

İncir meyvesi kendi ağırlığı altında ezilmeye müsait hassas bir yapıya sahiptir. Derilen incirler, derin kova veya çuvallar yerine yüksek olmayan kasalara ya da tek katlı viyollere yerleştirilmelidir. Viyol kullanımının söz konusu olmadığı durumlarda ise meyvelerin üst üste en fazla iki sıra gelmesine özen gösterilmelidir. Meyve sapı aşağıya bakacak şekilde ve sıvı (süt) salgısı diğer meyvelere değmeyecek açıyla yerleştirilmelidir. Mekanik zedelenmeleri önlemek adına, meyvelerin mümkünse doğrudan pazara sunulacakları derin olmayan kaplara (maksimum 5 kg kapasiteli) konulmaları önemlidir. Ağaç tacının yüksekliği nedeniyle doğrudan esas kaba derimin mümkün olmadığı hallerde ise ezilmeyi engelleyecek yayvan plastik kaplar kullanılmalıdır. Toplanan ürünler derhal gölge ve serin bir alanda ambalajlanmalıdır. Meyveler derim sonrasında doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmadan en kısa sürede pazara ulaştırılmalı veya hızla soğuk zincire dahil edilmelidir. Kısa depolama ve raf ömrü nedeniyle taze incirlerin sevkiyatı sırasında iç pazarda frigofrik araçlar, ihracatta ise hava yolları tercih edilmelidir. Taze incirde pazarlanabilir kalite bakımından kritik su kaybı değeri %12 olarak kabul edilmektedir (Çelikel ve Karaçalı, 1998; Aksoy vd., 2003a).

Derim sonrası fizyolojisinde altın kuralı olan “soğuk zincire ulaşımında her 1 saatlik gecikme, derim sonrası ömrü 1 gün kısaltır” görüşü dikkate alınarak, depolanacak incirler derhal soğutulmalıdır. Kritik ilk adım ön soğutmadır. Derimden sonra genellikle meyve iç sıcaklığı 25-30°C civarındadır. Meyvelerin ön soğutma yapılmadan doğrudan soğuk hava depolarına alınması, başta solunum hızı olmak üzere metabolik faaliyetlerin baskılanmasında gecikmelere neden olabilir. Bu nedenle, derim sonrası çok yüksek solunum hızına ve metabolik ısı üretimine sahip olan taze incir için ön soğutmaya (hızlı soğutmaya) ihtiyaç vardır. Zorlanmış hava akımlı ön soğutma (forced air cooling) kullanılmalıdır. Bu sistemde, istiflenmiş kasaların ve meyvelerin arasında soğuk hava, bir fan yardımıyla “üflenerek” veya “vakumlanarak” hızlı bir şekilde geçirilir. Bu yöntem, ısı transferini konveksiyonla hızlandırır. Ön soğutma süresi hesaplanırken, başlangıç sıcaklığı ile hedef sıcaklık arasındaki farkın 7/8’inin giderildiği süre esas alınır. Ön soğutma ile meyve iç sıcaklığı hızlı bir şekilde (genellikle 4-6 saatte) depolama sıcaklığına yakın değerlere düşürülmelidir. İncir, fiziksel yapısı gereği (ince kabuklu ve yüzey/hacim oranı nispeten yüksek) hızlı soğumaya elverişli bir meyve olarak kabul edilmektedir. Kasa dizilimi hava geçişine izin verecek şekilde (viyol veya tek sıra) yapılırsa, soğuk havanın meyve yüzeyine temasında ve ısı transferinde verimlilik artacaktır (Kader, 2002; Türk vd., 2017; Erkan ve Güngör, 2024).

Lojistik ve sevkiyat aşamasında frigofirik araçların içi (yük taşıma bölümü) yükleme yapılmadan önce mutlaka soğutulmuş olmalıdır. İstiflemeye dikkat edilmeli ve araç içinde hava sirkülasyonunu (alttan yukarı veya önden arkaya) engellemeyecek şekilde palet dizilimi yapılmalıdır. İncir klimakterik özellikler gösterdiği (etilen daha fazla duyarlı olduğu) için etilen varlığında yumuşama hızlanır. Soğuk zincirde (tır/kamyon veya depoda), elma, kavun ve şeftali gibi etilen üreten meyvelerle yan yana getirilmemelidir.

Ön soğutma sonrası incir meyveleri uygun koşullara sahip soğuk odalarda depolanır. İncirin donma noktası içerdiği suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarına bağlı olarak yaklaşık -2.4°C civarındadır. Güvenli sınır -1 ile 0°C aralığında kabul edilir ve bu dereceler fungus gelişimini minimum düzeye indirmektedir. İncir kabuğu (epidermis) stomalara sahiptir ve su kaybına karşı hassastır. Depoda düşük oransal nemde tutulursa meyve hızla su kaybeder, büzüşür ve sapı kurur. Depolama ortamında oransal nemin 90 ± 5 olması önerilir (Crisosto vd., 2010).

İncir, karbondioksit (CO_2) karşı toleransı yüksek bir meyvedir. Bu özellik, *Botrytis cinerea* (kurşuni küf) kontrolünde ve diğer fungal gelişmeleri azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Soğuk zincir sürecinde, ambalaj içi veya depo ortamındaki CO_2 oranı $15\text{-}20$ seviyesine çıkarılabilir. Bu yüksek CO_2 oranı, mantar sporlarının çimlenmesini yavaşlatır ve meyvenin solunum hızını azaltır. Soğuk oda ya da ambalaj içinde 25 'in üzerindeki CO_2 veya 2 'nin altındaki O_2 oranları meyvede fermentasyona ve kötü koku oluşumuna (off-flavor) neden olabilir (Colelli vd., 1991; Crisosto vd., 2010).

Sonuç olarak, taze incirler, -1 ile 0°C sıcaklık ve 90 ± 5 oransal nem koşullarında kaliteli olarak 1-2 hafta depolanabilir. Ön soğutma işlemi ve kontrollü atmosfer ($5\text{-}10\text{ O}_2$, $15\text{-}20\text{ CO}_2$) uygulamaları ile bu süre 4-5 haftaya kadar uzatılabilir. İncirde derim sonrası kayıplar oldukça yüksek olup, kimi zaman 30 'ların üzerine çıkabilmektedir. Bu nedenle, incirde kayıp oranlarının azaltılması için derim sonrası tüm ara kademelerde uygun teknolojilerin kullanılması büyük önem arz etmektedir.

3. KURUTMALIK İNCİRDE DERİM VE DERİM SONRASI İŞLEMLER

3.1. Önemli Derim Kriterleri

Kurutmalık incir (*Ficus carica* L.) yetiştiriciliğinde derim, taze incirden farklı olarak meyvenin ağaç üzerinde su kaybederek istenen olgunluğa erişmesi ve doğal absisyon (kopma) sürecinin gerçekleşmesi ile kendiliğinden yere düşmesiyle başlar. Bu nedenle kurutmalık incirlerde optimum derim zamanı belirlenirken, biyokimyasal özelliklerden ziyade meyvenin fiziksel ve morfolojik özelliklerindeki değişim dikkate alınmaktadır.

3.1.1. Fiziksel ve morfolojik kriterler

Dalda kuruma ve buruşma: Kurutmalık incirlerde meyveler derim öncesi dönemde ağaç üzerindeyken su kaybetmeye (kurumaya) başlamaktadır. Meyve olgunlaşma evresini tamamladıktan sonra sap kısmındaki iletim demetleri tıkanır ve meyveye su akışı kesilir. Meyve kendi ağırlığıyla sarkar ve büzüşmeye başlar. Özellikle Türkiye'nin standart kurutmalık çeşidi olan "Sarılöp"ta, meyve renginin sararması, sapın bükülmesi ve meyve dokusunun yumuşaması derim olumunun göstergeleridir (Ferguson vd., 1990; Aksoy, 1991). Kurutmalık çeşitler genetik olarak dalda su kaybetmeye yatkındır. Meyve su (nem) içeriği %30-50 seviyelerine düştüğünde absisyon (kopma) tabakası oluşur (Flaishman vd., 2008).

Absisyon ve kendiliğinden dökülme: Taze incirin aksine, kaliteli kurutmalık incir genellikle ağaçtan koparılmaz, ağaç dibine düşenler toplanır. Meyve sapı ile dalın birleştiği noktada absisyon (ayrılma) dokusu oluşur ve meyve yerçekimi etkisiyle düşer (Ferguson vd., 1990).

Meyve ağırlığı ve hacim kaybı: Taze dönemde şişkin olan meyve, kurutmalık olarak derileceği dönemde (buruk incir), ağaç üzerinde su kaybettiği için meyve ağırlığı yaklaşık %30-50 oranında azalır (Flaishman vd., 2008).

Ostiol açıklığı: Kurutmalık çeşitlerde (örn: Sarılöp) ostiolün durumu kalite ve gıda güvenliği açısından önemlidir. Ostiol çok açık olduğunda, aflatoksin vektörü olan zararlıların (özellikle *Carpophilus* spp.) meyve içine girişi kolaylaşarak zararlanma riski artmaktadır (Meyvacı vd., 2003; Flaishman vd., 2008). Özellikle seleksiyon çalışmalarında 0.0-2.0 mm arasındaki kapalı veya çok küçük ostiol açıklığı, derim için ideal olarak kabul edilmektedir (Aksoy, 1991; Şimşek, 2010).

Kabuk rengi: Sarılöp çeşidinde meyve renginin yeşilden sarıya, ardından "saman sarısı" veya "kehribar" rengine dönmesi tam olgunluk ve kuruma başlangıcının göstergesidir (Polat ve Çalışkan, 2009).

3.1.2. Kimyasal kriterler

Nem içeriği (su oranı): Kurutmalık incirde derim zamanı ve ürün kalitesini belirleyen en önemli kriterlerden bir tanesi su içeriğidir. Taze (sofralık) incirler derim anında ortalama %75-90 oranında su içerirken, kurutmalık incirlerde bu değer çok daha düşük seviyelerdedir.

· Doğal derim (Yarı-Kuru dönem): Kaliteli kurutmalık incir üretiminde, meyve ağaç üzerinde su kaybederek 'buruk' hale gelir ve absisyon tabakasının oluşumuyla kendiliğinden yere düşer. Meyve sapının daldan ayrılıp kısmen kuru halde yere düştüğü bu aşamada nem içeriğinin genellikle %30 ile %50 seviyelerinde olduğu belirlenmiştir (Ferguson vd., 1990; Piga vd., 2004).

· Erken derim: Kurutmalık incirleri üreticiler bazı bölgelerde veya yağmur riski olan zamanlarda meyve yere düşmeden toplamak zorunda kalabilmektedir. Eğer meyveler doğal döküm beklenmeden ağaçtan toplanacaksa, meyvenin turgor basıncının azalması ve nem içeriğinin %50-55 seviyesine düşmesi istenmektedir. Bu kritik eşik değerinden daha yüksek nem oranına sahip meyvelerin koparılıp kurutulması durumunda; kuruma süresi uzar, doku sertleşir, ürün rengi kararır ve kuru madde birikimi tam gerçekleşmediği için tat yavan kalır (Boudra vd., 1994; Babalis ve Belessiotis, 2004).

Suda çözünabilir kuru madde (SÇKM): Kurutmalık incirde SÇKM değeri derim olgunluğunu gösteren önemli bir kimyasal parametredir. Su kaybıyla ters orantılı olarak SÇKM miktarı artmakta olup, bu artış suyun buharlaşması sonucu meyvedeki mevcut şeker konsantrasyonunun oransal olarak yükselmesinden kaynaklanır. Ağaçtan doğal olarak dökülen veya derilmeye uygun olan ‘yarı-kuru’ meyvelerde, SÇKM oranının %50 ve üzerine olduğu belirlenmiştir. Bu değerin altındaki meyveler ham kabul edilmekte ve kurutulsalar bile istenilen tat profiline ulaşamamaktadırlar. Tam kurutulmuş incirde ise SÇKM oranı %50-70 seviyelerine ulaşır. Bu yüksek seviyelerdeki şeker konsantrasyonu, yüksek ozmotik basınç oluşturarak mikroorganizma faaliyetlerini sınırlandırmakta ve ürünün doğal yolla korunmasına da katkı sağlamaktadır (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2006; Pourghayoumi vd., 2016; Yaşartürk, 2016; Özer, 2020; Karagül, 2024; Ayar vd., 2025).

Titre edilebilir asitlik: İncir meyvesinin olgunlaşma ve kuruma sürecinde organik asitler (başta sitrik asit olmak üzere) solunum substratı olarak kullanıldığı için, titre edilebilir asitlik miktarında belirgin bir azalma görülür. Olgunlaşmış kurutmalık incirlerde titre edilebilir asitlik değerinin %0.14-0.30 (sitrik asit) aralığında olduğu sıkça rapor edilmiştir. Kurutma sürecinde incirlerde asitlik içeriği bu değerlerin üzerinde çıkıyor ise bu durum organik asitlerin varlığından ziyade, kuru incir zararlıları (ör: *Carpophilus* spp.=ekşilik böcekleri) ve/veya mikrobiyal bozulmalar sonucu ortaya çıkan asetik asit kaynaklı olduğu söylenebilir (Meyvacı vd., 2003; Polat ve Çalışkan, 2009; Crisosto vd., 2010; Şimşek, 2010; Konak vd., 2015; Allegra vd., 2018; Andreou vd., 2021).

3.2. Derim

Geleneksel olarak en yaygın derim şekli her sabah ağaç altına düşen meyvelerin toplanmasıdır. Sırıkla vurma yöntemi, dallara ve sonraki yılın gözlerine zarar verdiği için önerilmez. Günümüzde makineli sarsıcılar kullanılarak derim yapılırsa da en kaliteli kuru incirler, doğal olarak yere düşenlerdir. Ancak ticari kaygılarla mekanik sarsıcılar kullanılabilenmekte ve bunun da meyve nem içeriğinde heterojenliğe yol açtığı görülmektedir (Ferguson vd., 1990). Toplama işleminde meyvelerin ezilip birbirini kirleterek

kalite kaybına yol açmasını engelleyen ve taşıma kolaylığı sağlayan 10-15 kilogramlık sepet veya kova benzeri kaplar kullanılmalıdır. Derim işlemi her gün düzenli olarak yapılmalı, hurda ve bulaşık meyveler ayrı kaplarda toplanarak imha edilmelidir. Derim anında (meyve yere düştüğünde) incirler kısmen kurumuş durumdadır. Bu haldeyken toplanan incirler sergi yerlerinde kerevetlere alınarak nem oranı %20-22 seviyesine düşene kadar güneşte kurutulmaktadır (Boudra vd., 1994; Kashefi ve Arabsorkhi, 2012).

3.3. Mikotoksin Yönetimi ve Derim Sıklığı

Kurutmalık incir üretiminde en kritik kalite parametresi mikotoksin (özellikle aflatoksin) kontaminasyonudur. İncirler yere düştüğünde, toprak kaynaklı *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* sporları ile temas ederler. Heperkan vd. (2012), toprağa temasın ve uygunsuz kurutma koşullarının okratoksin A ve aflatoksin oluşum riskini artırdığını vurgulamışlardır. Bu bağlamda derim sıklığı, ürün güvenliği açısından belirleyici faktördür. Doster vd. (1996), meyvelerin toprak yüzeyinde kalma süresi ile *Aspergillus* enfeksiyon oranı arasında güçlü bir pozitif korelasyon saptamış; sık derimin (tercihen günlük) enfeksiyon riskini minimize ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yere düşen incir, şekerli yapısı nedeniyle enfeksiyon vektörü olan zararlılar (özellikle ekşilik böcekleri-*Carpophilus* spp.) için çekim merkezidir. Benzer şekilde Aksoy vd. (2003a), Türkiye koşullarında kaliteli kuru incir üretimi için meyvelerin her gün toplanması ve hızla kurutma kerevetlerine alınması gerektiğini, bunun en etkili kültürel mücadele yöntemi olduğunu belirtmişlerdir.

3.4. Kurutma

Kurutmalık incir üretiminde temel işlem; meyvedeki serbest suyun uzaklaştırılarak mikrobiyal ve enzimatik bozulmaların engellendiği bir koruma yöntemi olan güneşte kurutmadır. Termodinamik açıdan ürün ile çevre havası arasında eşzamanlı ısı ve kütle transferinin gerçekleştiği bu süreçte, incirin kurutma kinetiği belirleyici faktördür. Kurutma sürecinin nihai hedefi, ürünlerdeki nem içeriğini belirli bir düzeye (%20-22) düşürerek su aktivitesi değerini güvenli sınırlara çekmektir. Gıdalarda mikrobiyal stabilitenin sağlanması ve mikotoksin oluşumunun engellenmesi için su aktivitesini eşik değerin (0.60-0.70'in) altına indirilmesi gerekmektedir (Sabancı, 2003).

Ürün kalitesi ve gıda güvenliği, kurutma ortamındaki çevresel faktörler (sıcaklık, oransal nem, hava hızı ve güneş radyasyonu şiddeti) ile doğrudan ilişkilidir. Geleneksel yöntem olan toprak üzerinde kurutma, düşük maliyetli olmasına rağmen ciddi kalite kayıplarına yol açmaktadır. Ayrıca toprak temasının *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* kaynaklı aflatoksin kontaminasyonunu artıran en önemli neden olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle güncel literatür, kurutma işleminin toprakla teması kesen kerevetler

üzerinde yapılmasını önermektedir. Kerevet sistemi, sadece kontaminasyonu engellemekle kalmaz, aynı zamanda alt yüzeyden de hava sirkülasyonu sağlayarak kuruma süresini kısaltır ve daha homojen bir renk oluşumuna katkıda bulunur (Doster vd., 1996). Kurutma sırasında sıcaklığın aşırı yükselmesi ($>45-50^{\circ}\text{C}$), meyve yüzeyinde “kabuk bağlama” adı verilen ve iç nemin dışarı çıkmasını engelleyen sert bir tabaka oluşumuna neden olabilir. Ayrıca yüksek sıcaklıklar, Maillard reaksiyonunu tetikleyerek istenmeyen esmerleşmelere ve doku sertleşmesine yol açar (Piga vd., 2004). Bu bağlamda ideal kurutma prosesi; suyun hızlı uzaklaştırılması ile meyvenin rehidrasyon kapasitesi, renk ve dokusal özelliklerinin korunması arasındaki optimum dengenin sağlanması esasına dayanır.

Alternatif kurutma yöntemleri ve kaliteye etkileri

Güneşte kurutmaya alternatif olarak geliştirilen yöntemler, kuruma süresini kısaltmayı ve dış ortam şartlarından (yağmur, toz, böcek) bağımsız olarak hareket etmeyi hedefler.

- Ön işleme (çözeltilere daldırma)

Kurutma hızını artırmak için incirler, potasyum karbonat (K_2CO_3) ve etil oleat ($\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2$) çözeltilisine daldırılır. Bu işlem, meyve kabuğundaki mumsu tabakayı (kütikula) parçalayarak su difüzyon direncini kırar. Bu işlemin kuruma süresini %40-50 oranında kısalttığı, ancak meyve renginin doğal sarıdan daha açık/beyazımsı bir tona dönmesine neden olduğu bildirilmiştir (Doymaz, 2005).

- Güneş enerjili tünel kurutucular

Bu sistemler, güneş enerjisini bir kolektör yardımıyla toplayarak ürün üzerine yönlendiren kapalı sistemlerdir. Açıkta güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında, solar tünel kurutucuların ürünün iç sıcaklığını artırarak kuruma süresini önemli ölçüde kısalttığı ve meyve rengini daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca kapalı yapı, *Carpophilus* (ekşilik böceği) gibi zararlıların ürüne temasını tamamen engeller (Toğrul ve Pehlivan, 2004).

- Sıcak hava ile kurutma

Sıcaklık ve hava hızının tam kontrol edildiği bu yöntemle, kuruma süresi oldukça kısaltılmaktadır. Ancak 60°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda incir yüzeyinde sert bir tabaka oluştuğu ve buna bağlı olarak kurumanın zorlaştırdığı saptanmıştır. Bu nedenle bu kurutma tekniğinde sıcaklık profili (kademeli artış/azalış) kritik öneme sahiptir (Piga vd., 2004).

3.5. Kurutma Sonrası İşlemler

Kurutma işlemi tamamlanan incirlerde karşılaşılan problemlerden bir tanesi depo zararlılarıdır (*Plodia interpunctella*, *Ephestia* spp. ve *Carpophilus* spp.). Bu zararlıların yumurta ve larvalarını ürünler depoya girmeden önce

elimine etmek için bazı uygulamalar yapılmaktadır. Yüksek basınçta (25 bar) CO₂ uygulamaları, -40°C'de şoklama uygulamaları (2-4 hafta), kontrollü atmosferde (KA) yüksek CO₂ veya düşük O₂ uygulamaları, yumurtaları oda sıcaklığında larvaya dönüştürüp oksijensiz bırakma uygulaması ve geçmişte yaygın olarak kullanılan metil bromürün (MeBr) yasaklanmasının ardından, endüstride temel fumigant olarak fosfin gazı uygulamaları bu zararlılarla mücadele yöntemleri arasındadır (Alaoğlu, 1989; Bernard ve Jack, 2003; Meyvacı vd., 2003; Aksoy vd., 2012; Anonim, 2016; Karagül, 2024).

Kuru incir üretiminde kalitenin korunması ve depolama süresinin uzatılması amacıyla geleneksel yöntemlere alternatif olarak oksidasyon gücü yüksek teknolojilerin kullanımı önem kazanmıştır. Bunlar içinde güçlü bir dezenfektan olan ozon uygulamaları öne çıkmaktadır (Karaca ve Velioğlu, 2007; Karaca ve Velioğlu, 2009). Ozon, gaz formunda, suda çözünmüş halde veya yüksek basınç altında uygulanabilmektedir. Karagül (2024), kuru incirlere 4 ppm ozonu; suda çözünmüş (15 dk), gaz formunda (havada 180 dk) ve basınç altında (1.5-4.0 bar, 180 dk) uygulanmıştır. Bu uygulamaların temel amacı, ürün yüzeyindeki mikrobiyal yükü azaltmak, potansiyel toksinleri parçalamak ve depolama öncesi ürünü sterilize etmektir. Ozonun oksidatif özelliği, sadece mikrobiyal inaktivasyon sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda renk pigmentlerini etkileyerek ürünün daha açık ve parlak bir görünüm kazanmasına ve ağartılmasına katkıda bulunmaktadır. Ozon uygulamalarının toplam maya-küf ve bakteri yükünü önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Özellikle havada ve suda yapılan uygulamalar, mikrobiyal yükün baskılanmasında en etkili yöntemler olarak belirlenmiştir. Ozon, mikroorganizmaların hücre duvarı bileşenlerini okside ederek parçalanmalarına neden olmaktadır. Ozon uygulandıktan sonra uygun depolama koşullarında (0°C) 12 ay depolanan kuru incirlerde, aflatoksin oluşumuna rastlanmamıştır. Ayrıca ozonun, zararlı böcekler (ör. *Ephestia kuehniella*) üzerinde öldürücü etkisi olduğu literatürde rapor edilmiştir (Girgin vd., 2001; Gürhayta ve Çağındı, 2015; Anonim, 2016; EUR-LEX, 2024; Karagül, 2024).

Kuru incirde en kritik kalite parametresi, insan sağlığını tehdit eden aflatoksin (B1, B2, G1, G2) ve okratoksin A gibi mikotoksinlerin varlığıdır. Avrupa Birliği ve Türkiye mevzuatlarında aflatoksin B1 için 6 ppb, toplam aflatoksin için 10 ppb sınır değerler olarak belirlenmiştir. Ürünlerin kabulü sırasında önlem amaçlı ultraviyole (UV) ışın testi yapmak ve renk veren ürünleri imha etmek dışında, sektörde kullanılan başka bir yöntem yoktur. Ayrıca bazı çalışmalarda, UV ışınla okratoksinli ürünlerin sağlıklı bir şekilde tespit edilemediği bildirilmiştir (Özay ve Alperen, 1991; Güler, 2008).

3.6. Depolama ve Ambalajlama Koşulları

Kuru incirin depolanması sırasında karşılaşılan temel sorunlar; su kaybına bağlı ağırlık azalması, dokusal sertleşme, enzimatik olmayan esmerleşme (kararma) ve yüzeyde şeker kristalizasyonudur (şekerlenme). Kalite kayıplarını azaltmak ve depolama süresini uzatmak için uygun ambalaj ve depolama koşullarının belirlenmesi gerekmektedir. Kuru ve kurutulmuş bahçe ürünlerinin depolanması sırasında, ortam sıcaklığı kadar depo oransal nemi de önemlidir. Depo oransal nemi seçilirken kuru incirin nem içeriği ve su aktivitesi değeri dikkate alınmalıdır. Ürün su buharı transferine izin veren plastik kasa ya da benzeri kaplarda depolanacaksa, ortam nemi %50-60 seviyelerinde tutulmalıdır. Kuru incirler su buharı geçişine izin vermeyen ambalaj malzemeleri (vakum poşetler vb.) içinde depolanacaksa, daha yüksek oransal neme sahip soğuk odalardan da faydalanılabilir. Kuru incirler için önerilen depo sıcaklığı 0-4°C' dir.

Karagül (2024), kuru incirlerin gaz ve su buharı geçirgenliği olmayan polietilen esaslı ambalajlarda, 0.8 bar vakum altında paketlenerek 0°C sıcaklık ve %55-60 oransal nemde depolanmasının en uygun koşul olduğunu belirlemiştir. Bu koşullar altında:

- **Ağırlık ve nem kaybı:** Gaz geçirgenliği olmayan vakumlu ambalajlar sayesinde, depolama süresince ağırlık kaybı meydana gelmemiş ve ürün nem içeriği korunmuştur.

- **Şekerlenme:** Nem kaybının olmaması, kuru incirde ciddi bir kalite kusuru olan şekerlenmenin oluşumunu bariz şekilde engellemiştir.

- **Renk ve sertlik:** Düşük sıcaklık (0°C) ve vakum uygulaması, solunum hızını ve oksidasyonu yavaşlatarak renk kararmasını geciktirmiş, ancak hücre duvarı yapısındaki doğal değişimlerden dolayı depolama sonunda meyve sertliğinde kısmi artışlar gözlemlenmiştir.

Bu kapsamlı çalışmadan elde edilen bilimsel veriler ışığında, kuru incir sektörüne yönelik şu öneriler sunulabilir:

- **Depolama öncesi uygulamalar:** Kuru incirlerde mikrobiyal yükü azaltmak ve duysal kaliteyi (renk, tat ve görünüş) korumak için **havada ozon** uygulaması önerilmektedir. Yüksek basınç altındaki uygulamaların meyve dokusunda sertleşmeye ve renk kaybına neden olabildiği, sudaki uygulamaların ise şekerlenme riskini artırabildiği belirlenmiştir.

- **Depolama protokolü:** Ozon uygulanmış kuru incirlerin, su buharı ve gaz geçirgenliği olmayan ambalajlar içerisinde **vakumlanarak paketlenmesi** ve **0°C'de** depolanması tavsiye edilebilir. Bu koşullarda "Sarılop" çeşidi kuru incirler, kaliteli olarak **12 ay boyunca** başarılı bir şekilde depolanabilir.

- **Toksin kontrolü:** Derim öncesi kültürel önlemlere ek olarak, derim sonrası ozon kullanımı ve soğuk zincir entegrasyonu, aflatoksin ve okratoksin riskini minimize etmek için standart bir prosedür olarak benimsenebilir.

4. SONUÇ

İncir üretiminde derim ve derim sonrası süreçlerin yönetimi, ürünün ekonomik değerini doğrudan etkilemektedir. Kuru incirde aflatoksin oluşumunu engellemek için derim ve kurutma aşamasına çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Taze incirde ise kalite kaybını yavaşlatarak depolama süresini uzatmak için ön soğutma, soğuk zincir ile kontrollü ve modifiye atmosfer teknolojilerinden yararlanılması önerilebilir. Gelecek yıllarda yürütülecek çalışmalarda, özellikle taze tüketilen çeşitlerde moleküler biyoloji temelli araştırmalara ve ozon teknolojisinin optimizasyonuna ağırlık verilmesi, sektörün gelişimi açısından önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

- Aksoy, U. (1991). *Descriptors for fig (Ficus carica L. and related Ficus sp.)*. Ege University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture.
- Aksoy, U., Balcı, B., Can, H. Z., & Hepaksoy, S. (2003a). Some significant results of the research-work in Turkey on fig. *Acta Horticulturae*, 605, 173–181. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.26>
- Aksoy, U., Can, H. Z., Mısırlı, A., & Kara, S. (2003b). The effect of netting on fruit quality and exportable yield of ‘Bursa Siyahi’ fig. *Acta Horticulturae*, 605, 173–177. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.26>
- Aksoy, U., Sen, F., & Meyvacı, K. B. (2012). Effect of postharvest carbon dioxide application on storage pests and fruit quality of dried figs. In *Proceedings of 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products* (pp. 166-171). Antalya, Turkey.
- Alaoğlu, Ö. (1989). *Bacillus thuringiensis*’in depolanmış tahıllardaki lepidoptera larvalarının mücadelesinde kullanılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 144-155.
- Allegra, A., Gallotta, A., Inglese, P., & Liguori, G. (2018). Metabolic profiling and post-harvest behavior of “Dottato” fig (*Ficus carica* L.) fruit covered with an edible coating from *O. ficus-indica*. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1321. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01321>
- Andreou, V., Thanou, I., Giannoglou, M., Giannakourou, M. C., & Katsaros, G. (2021). Dried Figs Quality Improvement and Process Energy Savings by Combinatory Application of Osmotic Pretreatment and Conventional Air Drying. *Foods*, 10(8), 1846. <https://doi.org/10.3390/foods10081846>
- Anonim. (2016). *Nazilli Soğuk Hava Deposu Fizibilite Etüdü*. Güney Ege Kalkınma Ajansı. https://geka.gov.tr/uploads/pages_v/nazilli-soguk-hava-deposu-fizibilite-etudu-2016.pdf
- Ayar, A., & Karacaoğlu, Ç. (2023). İncir sütü-fisin-lateks. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 5(1), 12-20.
- Ayar, A., Kargıcak, D. M. A., & Mutlu, D. (2025). Yıl ve Rakım Farklılığının Sarılop İncir Çeşidinin Meyve Kalitesine Etkileri. *Bahçe*, 54(2), 145-155. <https://doi.org/10.53471/bahce.1790983>
- Babalıs, S. J., & Belessiotis, V. G. (2004). Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 449-458.
- Bernard, R. G., & Jack, J. P. (2003). *Principles and Applications of Recombinant DNA* (3. Basım). New York: Molecular Biotechnology - American Society for Microbiology.
- Boudra, H., Le Bars, J., Le Bars, P., & Dupuy, J. (1994). Time of *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin formation in ripening of figs. *Mycopathologia*, 127(1), 29–33.

<https://doi.org/10.1007/BF01104008>

- Colelli, G., Mitchell, F. G., & Kader, A. A. (1991). Extension of postharvest life of 'Mission' figs by CO₂-enriched atmospheres. *HortScience*, 26(9), 1193–1195. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.9.1193>
- Crisosto, C. H., Bremer, V., Ferguson, L., & Crisosto, G. M. (2010). Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience*, 45(4), 707–710. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.4.707>
- Çalışkan, O. (2012). Türkiye'de sofralık incir yetiştiriciliğinin mevcut durumu ve geleceği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 71–87.
- Çelikel, F. G., & Karaçalı, İ. (1998). Effects of harvest maturity and precooling on fruit quality and longevity of 'Bursa Siyahi' figs (*Ficus carica* L.). *Acta Horticulturae*, 480, 283–288. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.480.55>
- Doster, M. A., Michailides, T. J., & Morgan, D. P. (1996). *Aspergillus* species and mycotoxins in figs from California orchards. *Plant Disease*, 80, 484–489.
- Doymaz, I. (2005). Sun drying of figs: An experimental study. *Journal of Food Engineering*, 71(4), 403–407. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.003>
- EİB. (2024). 2023-2024 sezonu kuru meyve ve mamulleri ihracat kayıtları. İzmir: EİB Genel Sekreterliği. <https://www.eib.org.tr>
- Erkan, T., & Güngör, A. (2024). Sebze ve meyvelerin hasat sonrası önsoğutulması yöntemleri ve hesaplama prensipleri. *Tesisat Mühendisliği*, (200), 22–51.
- EUR-LEX. (2024). Commission Regulation (EU) 2022/1370 of 5 August 2022 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of Ochratoxin A in certain foodstuffs. *Official Journal L206*, 11–14. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022R1370>
- FAO. (2022). *Türkiye'de ve dünyada incir üretim miktarı*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ferguson, L., Michailides, T. J., & Shorey, H. H. (1990). The California fig industry. *Horticultural Reviews*, 12, 409–490. <https://doi.org/10.1002/9781118060858.ch9>
- Flaishman, M. A., Rodov, V., & Stover, E. (2008). The Fig: Botany, horticulture, and breeding. *Horticultural Reviews*, 34, 113–197. <https://doi.org/10.1002/9780470380147.ch2>
- Girgin, G., Başaran, N., & Şahin, G. (2001). Dünyada ve Türkiye'de insan sağlığını tehdit eden mikotoksinler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 58, 97–118.
- Güler, K. F. (2008). *İncirde Okratoksin A ve Fumonisin Oluşumunun İncelenmesi* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürhayta, O. F., & Çağındı, Ö. (2015). Kurutulmuş meyvelerde aflatoksin ve okratoksin A varlığının ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Celal Bayar University Journal of Science*, 12(2), 327–338. <https://doi.org/10.18466/cbujos.90850>

- Heperkan, Z., Karbancıoğlu-Güler, F., & Oktay Başegmez, H. (2012). Mycoflora and natural occurrence of aflatoxin, cyclopiazonic acid, fumonisins and ochratoxin A in dried figs. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(2), 277–286. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.597037>
- INC. (2024). *Global statistical review 2023/2024*. Reus, Spain: INC. https://www.nutf-ruit.org/files/tech/1715070020_Global_Statistical_Review_2023-2024.pdf
- IPGRI & CIHEAM. (2003). *Descriptors for Fig*. International Plant Genetic Resources Institute & International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies.
- Kabasakal, A. (1990). *İncir Yetiştiriciliği* (Yayın No: 20). Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı.
- Kader, A. A. (Ed.). (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California Agriculture and Natural Resources.
- Karaca, F., & Kılıç, M. (2018). *Bazı İncir Çeşitlerinin Gaziantep Bölgesine Adaptasyonu*. Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Karaca, H., & Velioğlu, Y. S. (2007). Ozone applications in fruits and vegetables processing. *Food Reviews International*, 23, 91–106.
- Karaca, H., & Velioğlu, Y. S. (2009). Effects of some metals and chelating agents on patulin degradation by ozone. *Ozone: Science & Engineering*, 31, 224–231.
- Karagül, Ş. (2024). *Farklı ozon uygulamalarının kuru incirde soğukta depolama boyunca meyve kalitesi üzerine etkisi* (Doktora tezi). Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Kashefi, B., & Arabsorkhi, M. R. (2012). Effect of mycotoxins in dried figs production. *Acta Horticulturae*, 963, 37–40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.963.4>
- Konak, R., Kösoğlu, İ., Tan, N., Kocataş, H., & Yemenicioğlu, A. (2015). Assessment of black fig varieties as dried. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 394–397.
- Meyvacı, K. B., Sen, F., Aksoy, U., Özdamar, F., & Çakır, M. (2003). Research on prolonging the marketing period of dried and ready-to-eat type Figs (*Ficus carica*). *Acta Horticulturae*, 628, 439–445. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.628.55>
- Özay, G., & Alperen, I. (1991). Aflatoxin and ochratoxin-A contamination of dried figs (*Ficus carica* L.) from the 1988 crop. *Mycotoxin Research*, 7, 85–91.
- Özer, İ. (2020). *Modifiye atmosfer paketlenme koşullarında depolamanın kuru incirin kalite özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Piga, A., Pinna, I., Özer, K. B., Agabbio, M., & Aksoy, U. (2004). Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): Drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(7), 793–799.

- Polat, A. A., & Çalışkan, O. (2009). Fruit characteristics of some fig (*Ficus carica* L.) genotypes grown in Hatay province. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(2), 161-170.
- Pourghayoumi, M., Bakhshi, D., Rahemi, M., Kamgar-Haghighi, A. A., & Aiman, M. J. (2016). Phytochemical attributes of some dried fig (*Ficus carica* L.) fruit cultivars grown in Iran. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 81(3), 161-166.
- Sabancı, R. (2003, Haziran 17-20). *Aflatoksin kontrolü için numune alma teknikleri* [Konferans sunumu]. Mikotoksinler Biyoteknolojisi; Sorunlar ve Çözümler Çalıştayı, Bornova, İzmir.
- Şimşek, M. (2010). Physical and chemical characteristics of selected fig types in Batman central district. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3), 30-35.
- Toğrul, İ. T., & Pehlivan, D. (2004). Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 413-425. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.001>
- Türk, R., Tuna Güneş, N., Erkan, M., & Koyuncu, M. A. (2017). *Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazara hazırlanması*. Somtad Yayınları.
- Türk Patent ve Marka Kurumu. (2006). *Aydın inciri coğrafi işaret tescil belgesi* (Tescil No: 90). Resmi Gazete, 20 Temmuz 2006, Sayı 26234.
- UNECE. (2016). *UNECE standard FFV-17 concerning the marketing and commercial quality control of fresh figs*. United Nations Economic Commission for Europe. https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/fresh/FFV-Std/English/17_FreshFigs.pdf
- Yaşartürk, Z. E. (2016). *Sarılop incir çeşidinde bazı uygulamaların meyve kalitesi üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.