

**T.C.  
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**DERİM SONRASI MELATONİN VE SALİSİLİK ASİT  
UYGULAMALARININ TAZE BÖRÜLCEDE DEPOLAMA  
SIRASINDA KALİTE DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Esra MERSİNLİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Derya ERBAŞ**

**ISPARTA - 2025**



© 2025 [Esra MERSİNLİ]

## ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

24/07/2025

**Esra MERSİNLİ**

.....

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	10
3.1. Bitkisel Materyal .....	10
3.2. Baklaların Derimi ve Derim Sonrası Uygulamalar .....	11
3.3. Fiziksel ve Kimyasal Kalite Analizleri ile Duyusal Değerlendirmeler.....	14
3.3.1. Ağırlık kaybı .....	14
3.3.2. Bakla rengi .....	14
3.3.3. Solunum hızı .....	15
3.3.4. Paket içi gaz bileşimi .....	15
3.3.5. Elektrolit sızıntısı .....	15
3.3.6. Dış görünüş, sararma ve gevreklik.....	16
3.3.7. Üşüme zararı indeksi ve pas lekesi indeksi.....	16
3.3.8. Çürüme oranı.....	17
3.4. Biyokimyasal Analizler.....	17
3.4.1. Toplam fenolik madde içeriği .....	17
3.4.2. Antioksidan kapasitesi .....	18
3.4.3. Toplam klorofil miktarı ve karotenoid miktarı .....	18
3.4.4. Askorbik asit miktarı.....	18
3.5. İstatistiksel Analiz.....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	20
4.1. Ağırlık Kaybı .....	20
4.2. Bakla Rengi .....	22
4.3. Solunum Hızı .....	25
4.4. Paket İçi Gaz Bileşimi.....	27
4.5. Elektrolit Sızıntısı .....	30
4.6. Dış Görünüş, Sararma ve Gevreklik .....	33
4.6.1. Dış görünüş .....	33
4.6.2. Sararma .....	34
4.6.3. Gevreklik.....	36
4.7. Üşüme Zararı İndeksi ve Pas Lekesi İndeksi .....	38
4.7.1. Üşüme zararı indeksi.....	38
4.7.2. Pas lekesi indeksi .....	40
4.8. Çürüme Oranı.....	42
4.9. Biyokimyasal Analizler.....	43
4.9.1. Toplam fenolik madde içeriği .....	43
4.9.2. Antioksidan kapasitesi .....	45
4.9.3. Toplam klorofil miktarı.....	46
4.9.4. Toplam karotenoid miktarı.....	48
4.9.5. Askorbik asit miktarı.....	49

5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	52
KAYNAKLAR .....	54
ÖZGEÇMİŞ .....	66



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DERİM SONRASI MELATONİN VE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ TAZE BÖRÜLCEDE DEPOLAMA SIRASINDA KALİTE DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Esra MERSİNLİ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Derya ERBAŞ

Çalışmada derim sonrası salisilik asit (SA) ve melatonin (MEL) uygulamalarıyla taze börülce baklalarının depolama boyunca kalite özellikleri ve biyokimyasal içeriğinin korunması ve üşüme zararının engellenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla derilen taze börülce baklaları farklı dozlarda SA (1 ve 2 mM) ve MEL (100 ve 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) içeren çözeltilere daldırılmıştır. Kontrol grubu ise sadece saf suya daldırılmıştır. Daldırma işlemlerinden sonra, baklalar 1 kg'lık köpük kaselere yerleştirilmiş ve üzeri streç filmle kaplanmıştır. Streçlenen kaseler  $4\pm 1^\circ\text{C}$  ve  $90\pm 5$  oransal nem koşullarında 16 gün süreyle depolanmıştır. Raf ömrü çalışmaları için soğukta muhafazadan çıkartılan taze börülce baklaları 2 gün  $20\pm 1^\circ\text{C}$  ve  $60\pm 5$  oransal nem koşullarında bekletilmiştir. Baklalarda depolama başlangıcında ve 4'er gün aralıklarla kalite değişimlerini belirlemek için bazı fiziksel ve kimyasal kalite analizler ile duyusal değerlendirmeler yapılmış ve aynı analizler raf ömrü koşullarında da yinelenmiştir. SA ve MEL uygulamalarının, baklalarının ağırlık kaybının azaltılmasında ve solunum hızını baskılanmasında oldukça etkili olduğu saptanmıştır. Uygulamaların, baklaların toplam fenolik madde miktarı ve askorbik asit içeriği üzerine anlamlı bir etkisi saptanamamıştır. Dış görünüşünün korunması ve üşüme zararının azaltılmasında SA ve MEL uygulamaları kontrol uygulamasına oranla daha etkili olmuş ve özellikle MEL uygulamalarının etkisi daha dikkat çekici olmuştur. Genel olarak incelendiğinde, SA ve MEL uygulamalarının özellikle MEL uygulamasının taze börülce baklaların muhafazasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Depolama, Melatonin, Salisilik asit, Taze börülce, Üşüme zararı

2025, 66 sayfa

## **ABSTRACT**

**Master's Thesis**

### **THE EFFECT OF POSTHARVEST MELATONIN AND SALICYLIC ACID TREATMENTS ON THE QUALITY CHANGES OF FRESH COWPEA DURING STORAGE**

**Esra MERSİNLİ**

**Isparta University of Applied Sciences  
The Institute of Graduate Education  
Department of Horticulture**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Derya ERBAŞ**

In this study, it was aimed to maintain the quality attributes and biochemical composition and inhibit chilling injury of fresh cowpea pods by post-harvest salicylic acid (SA) and melatonin (MEL) treatments during storage. For this purpose, harvested fresh cowpea pods were dipped into solutions containing different doses of SA (1 and 2 mM) and MEL (100 and 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ). The control group was dipped into distilled water only. After dipping, pods were placed into 1 kg foam trays and covered with stretch film. The stretched trays were stored at  $4\pm 1^\circ\text{C}$  and  $90\pm 5\%$  relative humidity for 16 days. For shelf life studies, the fresh cowpea pods were kept at  $20\pm 1^\circ\text{C}$  and  $60\pm 5\%$  relative humidity for 2 days after cold storage. Some physical and chemical quality analyses and sensory evaluations were performed at the beginning of storage and at 4-day intervals to determine the quality changes in the pods and the same analyses were repeated under shelf life conditions. It was determined that SA and MEL treatments were effective to reduce the weight loss and to suppress the respiration rate of the pods. SA and MEL treatments were more effective than the control treatment in maintaining the external appearance and reducing chilling injury and the effect of MEL treatments was more noticeable. The treatments had no significant effect on the total phenolic content and ascorbic acid content of the pods. In conclusion, it was determined that MEL treatments were the most effective treatment for maintaining the quality parameters investigated.

**Key Words:** Cold storage, Melatonin, Salicylic acid, Fresh cowpea, Chilling injury

**2025, 66 pages**

## TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde bana yön gösteren, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayıran, değerli bilgilerini her zaman benimle paylaşarak karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımcı olan, destek ve emeklerini hiç bir zaman esirgemeyen öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım tez danışmanım sayın Doç. Dr. Derya ERBAŞ'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgileriyle yol gösteren teşvik edici sözleriyle bana akademik yolda yürüme cesareti veren sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Ali KOYUNCU'ya, çalışma süresince bana desteklerinden dolayı sayın Melike ÇEVİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni maddi manevi destekleriyle yalnız bırakmayan aileme, varlıkları ile hayatıma anlam katan sevgili kızım ve oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Esra MERSİNLİ**  
ISPARTA, 2025

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Karnıkara börülce çeşidine ait görüntüler.....	10
Şekil 3.2. SA ve MEL çözeltilerinin hazırlanmasına ait görüntüler .....	12
Şekil 3.3. Börülcelerin derimi, daldırma işlemi, kurutma işlemi ve paketlemesine ait görüntüler.....	13
Şekil 3.4. Baklaların renk ölçümlerine ait görüntüler .....	14



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları.....	11
Çizelge 4.1. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklarda ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi .....	20
Çizelge 4.2. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklarda ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi.....	21
Çizelge 4.3. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze bakların L* değeri üzerine etkisi .....	22
Çizelge 4.4. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze bakların L* değeri üzerine etkisi .....	22
Çizelge 4.5. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze bakların C* değerleri üzerine etkisi.....	23
Çizelge 4.6. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze bakların C* üzerine etkisi .....	23
Çizelge 4.7. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze bakların hue açısı (h°) değeri üzerine etkileri .....	24
Çizelge 4.8. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze bakların hue açısı (h°) değeri üzerine etkileri .....	24
Çizelge 4.9. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze bakların solunum hızı (mLCO <sub>2</sub> /kg.s) üzerine etkisi .....	26
Çizelge 4.10. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze bakların solunum hızı (mLCO <sub>2</sub> /kg.s) üzerine etkisi..	26
Çizelge 4.11. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklarda paket içi oksijen (%) konsantrasyonu üzerine etkisi.....	28
Çizelge 4.12. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklarda paket içi oksijen (%) konsantrasyonu üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.13. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklarda paket içi karbondioksit (%) konsantrasyonu üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.14. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklarda paket içi karbondioksit (%) konsantrasyonu üzerine etkisi.....	30
Çizelge 4.15. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklarda elektrolit sızıntısı (%) üzerine etkisi .....	31
Çizelge 4.16. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklarda elektrolit sızıntısı (%) üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.17. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze bakların dış görünüş puanları (1-9 puan) üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.18. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze bakların dış görünüş puanları (1-9 puan) üzerine etkisi .....	34

Çizelge 4.19. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların sararma puanları (1-5 puan) üzerine etkisi.....	35
Çizelge 4.20. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların sararma puanları (1-9 puan) üzerine etkisi..	35
Çizelge 4.21. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların gevreklik puanları (1-5 puan) üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.22. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların gevreklik puanları (1-5 puan) üzerine etkisi .....	37
Çizelge 4.23. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların üşüme zararı indeksi (%) üzerine etkisi.....	39
Çizelge 4.24. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların üşüme zararı indeksi (%) üzerine etkisi .....	39
Çizelge 4.25. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca süresince taze baklaların pas lekesi indeksi (%) üzerine etkisi.....	41
Çizelge 4.26. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların pas lekesi indeksi (%) üzerine etkisi .....	41
Çizelge 4.27. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların çürüme oranı (%) üzerine etkisi ...	42
Çizelge 4.28. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların çürüme oranı (%) üzerine etkisi .....	43
Çizelge 4.29. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam fenolik madde miktarı (mg/kg) üzerine etkisi.....	44
Çizelge 4.30. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam fenolik madde miktarı (mg/kg) üzerine üzerine etkisi.....	44
Çizelge 4.31. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların antioksidan kapasitesi (mg/kg) üzerine etkisi.....	46
Çizelge 4.32. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların antioksidan kapasitesi (mg/kg) üzerine etkisi .....	46
Çizelge 4.33. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam klorofil miktarı (mg/g) üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.34. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam klorofil miktarı (mg/g) üzerine etkisi .....	47
Çizelge 4.35. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam karotenoid miktarı (mg/kg) üzerine etkisi.....	49
Çizelge 4.36. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam karotenoid miktarı (mg/kg) üzerine etkisi.....	49

Çizelge 4.37. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların askorbik asit (mg/100 g) içeriği üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.38. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların askorbik asit (mg/100 g) içeriği üzerine etkisi .....	50



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Derece santigrat
µL	Mikrolitre
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetre kare
Co	Kobalt
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
KN	Kilonewton
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
MAP	Modifiye atmosfer paketlenme
MDA	Malondialdehid
MeJA	Metil jasmonat
MEL	Melatonin
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
N	Newton
NA	Normal atmosfer
nm	Nanometre
O <sub>2</sub>	Oksijen
PUT	Putresin
s	Saat
SA	Salisilik asit

## 1. GİRİŞ

Dünya genelindeki küresel ısınma kaynaklı iklim krizinin varlığı bilinmektedir. Bu iklim kriziyle birlikte gıda krizlerinin de ortaya çıkması öngörülmektedir. Buna bağlı olarak dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğunun protein, mineral ve mikro element eksikliği yaşadığı ve bu eksikliğin daha da artacağı düşünülmektedir. Bu yüzden ürünlerde hem kalite hem de miktar açısından sürdürülebilir bir gıda talebi olduğu vurgulanmaktadır. Günümüzde baklagiller (börülcenin de içinde yer aldığı), dengeli bir beslenme için gerekli besin maddelerinin ve düşük maliyetli proteinlerin ekonomik ve sürdürülebilir bir kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Börülcedeki zengin bitkisel besin içeriği de onu insan beslenmesi için önemli ürünlerden biri haline getirmektedir. Ayrıca yine küresel ısınma sebebiyle oluşan su kısıtlamaları da dikkate alındığında, kuraklığa toleranslı ve toprak konusunda çok seçici olmayan bitkilerin üretiminin ve tüketiminin artırılması önem arz etmektedir. Börülce de bu toleranslı bitkilerden birisidir. Dolayısıyla bu kadar önemli bir türün soğuk zincirdeki davranışının ortaya konması son derece önemlidir.

Börülce *Fabaceae* (baklagiller) familyasına ait olup, tohumları ve olgunlaşmamış meyvesi (bakla) tüketilen bir sebzedir. Taze baklalar fasulye gibi pişirilerek, konserve yapılarak ve turşu şeklinde tüketilmektedir. Tohumları ise soğuk ve sıcak hazırlanan yemeklerde kullanılır (Güvenç, 2017). Börülcenin anavatanı, Güney Asya, Afrika ve Hindistan olarak bilinmekte olup, ülkemizde daha çok Ege Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Günay, 1992). Kuraklığa dayanıklı sıcak mevsim baklagil bitkisi olan börülce, insan beslenmesinde önemli bir bitkisel protein ve vitamin kaynağıdır. Genç yaprakları ve yeşil baklaları sebze olarak tüketilen börülcenin besleyici değeri oldukça yüksektir (Karaman ve Türkay, 2021). Karoten ve B1 vitamini bakımından zengin olan börülce taneleri % 24.8 oranında protein bulundurur ve tanelerinin bileşimlerinde; % 63.6 karbonhidrat, % 6.3 lif ve % 1.9 oranında yağ bulunmaktadır (Sreerama vd., 2012).

Sağlık açısından olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda, özellikle taze börülce üretimi ülkemizde artmaya başlamıştır. 2014 yılından bu yana ülkemizde 167 546 ton taze börülce üretimi yapılmıştır. Türkiye'de 2023 yılında, 15 789 dekarlık alanda 12 635 ton taze börülce üretimi gerçekleştirilmiştir. Muğla (3173 ton), Aydın (2104 ton), İzmir

(1771 ton) ve Manisa (1.69 ton) en fazla yetiştiricilik yapılan illerdir (TÜİK, 2025). Derim sırasında taze börülcede olgunluk kriteri olarak dikkat edilmesi gereken nokta, baklaların normal iriliğine ulaşması fakat tohum yerlerinin belli olmamasıdır (Güvenç, 2017). Taze börülcelerin derimi baklalarda bulunan tohumlar süt olumunda iken yapılıır (Vural vd., 2000). Yeşil olarak derilen börülceler, satış yerlerine çuvallar (10-15 kg'lık) veya kasalar (5-10 kg'lık) içinde gönderilmektedir. Ancak taze börülceler depolarla uzun süreli olarak saklanamazlar. Börülcelerde kalite kaybı derimden hemen sonra başlar ve bahçeden tüketici sofrasına gidene kadarki süreçte artar. Taze börülcelerde kalite kaybının en büyük göstergeleri; nem kaybına bağlı olarak oluşan buruşma, mikrobiyolojik yükün artışına bağlı olarak gelişen çürüme, aşırı olgunlaşmayla birlikte ortaya çıkan liflileşme ve düşük sıcaklıklarda depolamayla ortaya çıkan üşüme zararlıdır. Derim sonrası yeşil (taze) baklaların solunum hızı çok yüksek olup, (Roopnarine ve Mohammed, 2021) hemen değerlendirilmezler ya da herhangi bir uygulamaya tabi tutulmazlar ise çok çabuk buruşur ve çürürler (Xie vd., 2014). Ayrıca börülceler derimden sonra kendine özgü lezzetini, içeriğindeki şekerlerin solunumla harcanması ve laktik asit bakterilerinin üremesiyle çok çabuk kaybeder (Türkeli, 2016). Soğukta muhafazaya alınmadan oda sıcaklığında depolandıklarında ise taze börülcelerin depolama süresi sadece 3 gün kadardır. Oda koşullarında kısa bir sürede parlaklığını yitiren börülcelerde solma, dehidrasyon, pas lekeleri ve çürüme meydana gelmektedir. Bu durum ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Hu ve Mao, 2023). Belirtilen sebeplerden dolayı taze börülcelerin derim sonrası ömrünü uzatabilecek, üşüme zararını ve kalite kayıplarını azaltabilecek yöntem ve uygulamalara ihtiyaç vardır.

Taze börülcelerde derim sonrası kalite kayıplarını yavaşlatıp/azaltıp, depolama süresini uzatmak amacıyla sadece metil jasmonat (Fan vd., 2016), kalsiyum klorid (Xie vd., 2014), putresin (Wang vd., 2019), sodyum hipoklorit (Roopnarine ve Mohammed, 2021),  $\epsilon$ -polilisin ve glutatyon (Hu ve Mao, 2023) uygulamaları ile yapılmış çalışmalara rastlanmış ve bu çalışmalardan da olumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Farklı bahçe ürünleriyle yürütülen çalışmalarda, bitkilerden elde edilen doğal bitki büyüme düzenleyicilerinden olan salisilik asitin (SA) (Bal, 2012) ve çok çeşitli sebze, meyve, tohum, tahıl, tıbbi ve aromatik bitkiler ile süs ve yabani bitki türlerinde bulunabilen melatonin (MEL) (Yakupoğlu vd., 2018), meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını ve yaşlanmasını düzenlemede, raf ömrünü uzatmada, abiyotik ve

biyotik stresi azaltmada, uşüme zararını engellemede, bitki büyümesi ve gelişimi gibi birçok fizyolojik sürece aracılık etmede kilit bir molekül görevi gördükleri ortaya konulmuştur (Luo vd., 2018; Davras vd., 2019; Kasım ve Kasım 2021a; Li vd., 2023).

Bu bilgiler ışığında tezde, derim sonrası SA ve MEL uygulamalarının taze bürölcelerde başta uşüme zararı ve çürüme olmak üzere depolama boyunca ortaya çıkabilecek kalite kayıplarını ne ölçüde azaltacağıının ve bürölcelerin biyokimyasal içeriğindeki değişimi ne şekilde etkileyeceğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Soğan, patates ve üzüm gibi ürünler yavaş solunum yaparken, bezelye, börülce, fasulye ve çilek gibi ürünlerin solunumları hızlıdır. Birçok meyve ve sebze derim sonrası bozulmaların ve kayıpların azaltılmasında en etkin yol metabolizmanın baskılanarak solunum hızının yavaşlatılmasıdır. Bunun için en etkin yöntem ise depolama sıcaklığın düşürülmesidir (Fan vd., 2016; Türk vd., 2017). Ancak soğukta muhafaza sırasında bazı ürünler belli bir derecenin altında üşüme zararına uğradığı için solunumun minimum seviyede tutulabileceği sıcaklık derecesine kadar inmek mümkün olmamaktadır (Türkeli, 2016). Düşük sıcaklıklara karşı hassas olan börülcelerde depolama sırasında üşüme zararı belirtileri meydana gelmektedir. Taze börülcelerin muhafazası için önerilen sıcaklık değerleri  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  (Fan vd., 2016; Wang vd., 2019; Roopnarine ve Mohammed, 2021; Hu ve Mao, 2023) ile  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$  (Xie vd., 2014; Güvenç, 2017) arasında değişmektedir. Bu sıcaklıklarda bile uzun süre muhafaza edildiğinde ya da bu değerlerden daha düşük sıcaklıklarda depolandıklarında üşüme zararına uğradıkları bilinmektedir. Taze börülcelerde üşüme zararı belirtileri yüzeyde benek oluşumu ve çökük lezyonlar şeklinde ortaya çıkmakta olup, ileri aşamalarda çürümeler meydana gelmektedir (Fan vd., 2016). Bu belirtiler de börülcelerin kalitesini olumsuz yönde etkilemekte, depolama ve raf ömrünü sınırlandırmaktadır.

Bahçe ürünlerinde depolama ömrünü uzatmak ve derim sonrası kalite kayıplarını en aza indirmek sayısız yeni yöntem ve uygulama yapıldığı bilinmektedir. SA ve MEL’de derim sonrası uygulanan bu maddeler arasında yer almaktadır. Geniş spektrumlu bir antioksidan olan ve güçlü bir serbest radikal süpürücü olarak bilinen melatonin, bitkilerde, hayvanlarda ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır (Xu vd., 2019; Kasım ve Kasım, 2021a). İlk olarak 1995 yılında keşfedilen MEL’in, bitkilerde tohum çimlenmesi, çiçek gelişimi, kök gelişimi ve yaprak yaşlanması gibi olaylarda yer aldığı, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine (tuzluluk, üşüme, ağır metal, hastalık ve zararlı gibi) karşı koruma sağladığı ve serbest radikallerin (ROS) önemli bir temizleyicisi olarak birçok önemli aşamalarda etkili olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2016; Xu vd., 2019; Rastegar vd., 2020; Onik vd., 2021). Son yıllarda farklı sebze türlerinde (hıyar, kasava, brokoli, karpuz ve domates) yürütülen çalışmalarda dışsal olarak uygulanan MEL’in, depolama boyunca toplam fenolik madde miktarını,

C vitaminini, antioksidan aktiviteyi ve karotenoit miktarını koruduğu (Xin vd., 2017; Miao vd., 2020), klorofil parçalanmasını, solunum hızını ve etilen üretim miktarını azalttığı (Xin vd., 2017; Madebo vd., 2021a), olgunlaşmayı geciktirdiği ve hücre bütünlüğünü koruduğu (Zhu vd., 2018), likopen ve antosiyanin miktarını arttığı (Sun vd., 2015, 2016; Azadshahraki vd., 2018), üşüme zararı belirtilerini azalttığı (Aghdam vd., 2019; Jannatizadeh vd., 2019; Madebo vd., 2021a), hastalıklara karşı direnci arttırdığı (Mandal vd., 2018; Li vd., 2019), ağırlık kaybını azalttığı (Cano vd., 2022) ve olgunlaşmayı geciktirdiği (Xin vd., 2017) bildirilmiştir. Domateste yürütülen çalışmada ise MEL'in olgunlaşmayı hızlandırarak meyve yumuşamasını ve etilen üretimini teşvik ettiği rapor edilmiştir (Sun vd., 2015). Ayrıca MEL'in etkilerinin tür ve çeşitlere göre farklılık gösterdiği yukarıdaki çalışmalarda belirtilmiştir.

Kabuk ve yapraklarının ağrı ve ateşe iyi geldiği bilinen söğüt (*Salix*) ağacından adını alan salisilik asit (SA), ilk olarak Rafaele Piria adlı araştırmacı tarafından 1838 yılında kullanılmıştır. Dışsal olarak uygulandığı zaman floem yoluyla farklı organlara taşınmakta ve bitkinin tüm organlarında bulunmaktadır (Algül vd., 2016). Bitkilerde fenolik bir bileşik, doğal büyüme düzenleyicisi ve antioksidan olan SA, besin alımı, membran geçirgenliği, enzim aktivitesi ve hastalıklara direnç mekanizmaları gibi bitki büyümesini ve gelişimini kontrol eden birçok fizyolojik süreci uyardığı bilinmektedir (Ennab vd., 2020). Farklı türlere derim sonrası uygulanan SA'nın (domates, hıyar, dereotu, turp, kuşkonmaz, brokoli, maydanoz) depolama boyunca ürünlerin üşüme zararını azalttığı (Zhang vd., 2011; Aghdam vd., 2012, 2014; Altıkardeş vd., 2018; Davras vd., 2019), antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde birikimini teşvik ettiği (Wei vd., 2011; Devi vd., 2018), hücre zarı bütünlüğünü sağlayarak sertliği koruduğu (Altıkardeş vd., 2018; Davras vd., 2019; Kumar vd., 2021), klorofil ve C vitamini kaybını geciktirdiği (Wei vd., 2011; Koyuncu vd., 2018; El-Beltagi vd., 2022), ağırlık kaybını azalttığı (Bilgin, 2021; Üner Öztürk ve Koyuncu, 2021; Kibar vd., 2024) etilen üretimi ve solunum hızını baskıladığı (Altıkardeş vd., 2018; Devi vd., 2018; Davras vd., 2019; El-Beltagi vd., 2022; Kibar vd., 2024) bildirilmiştir.

Taze bürülcelerde derim sonrası kalite kayıplarının azaltılması ve depolama süresini uzatılması amacıyla yürütülen çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Taze bürülcelere

derim sonrası sadece (ulaşılabilirdiği kadarıyla) kalsiyum klorid (Xie vd., 2014), metil jasmonat (Fan vd., 2016), putresin (Wang vd., 2019), sodyum hipoklorit (Roopnarine ve Mohammed, 2021),  $\epsilon$ -polilisin ve glutatyon (Hu ve Mao, 2023) uygulamaları ile yapılmış çalışmalara rastlanmış ve bu çalışmalardan da olumlu sonuçlar elde edildiği rapor edilmiştir.

Guinong börölce çeşidine hasattan 4 gün önce % 0.2 kalsiyum klorür ve saf su (kontrol) püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Dış görünüşüne göre ticari olgunluk döneminde derilen börölceler laboratuvara getirilmiş ve uygulama yapılmayan grubun yarısı % 0.2'lik kalsiyum klorür çözeltisine daldırılmıştır. Diğer yarısı da kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Daha sonra taze baklalar ayrı ayrı plastik torbalara yerleştirilerek  $8\pm 1^{\circ}\text{C}$  ve % 85-90 oransal nemde 19 gün depolanmıştır. Derimden 1, 5, 11, 15 ve 19 gün sonra bazı analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, depolama boyunca uygulama yapılan baklalarda kontrol grubuna kıyasla çürüme oranı, ağırlık kaybı, toplam klorofil madde miktarı ve malondialdehid (MDA) aktivitesinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, uygulama yapılan börölcelerin belirtilen koşullarda deponlama süresinin 15 güne kadar uzatılabildiği belirtilmiştir (Xie vd., 2014).

Fan vd. (2016), taze börölceleri baklalarını farklı dozlarda (0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0  $\mu\text{M}$ ) metil jasmonat (MeJA) içeren çözeltilere daldırmışlar ve  $25^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 50 oransal neme sahip ortamda 1 s boyunca kurumaya bırakmışlardır. Kuruyan tüm taze baklaları polietilen film torbalara (0.03 mm kalınlığında) yerleştirilerek  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ve % 90-95 oransal nem koşullarında 10 gün depolamışlardır. Sonuç olarak 1  $\mu\text{M}$  MeJA'nın taze baklaların duyusal kalitesini önemli ölçüde koruduğunu, üşüme zararını, ağırlık kaybını ve elektriksel iletkenliğindeki değişimi ise azalttığını/engellediğini belirtmişlerdir. İncelenen parametreler açısından en etkili dozun ise 1  $\mu\text{M}$  olduğunu rapor etmişlerdir.

Taze börölce baklaları 8 mmol/L putresin (PUT) çözeltisine ve saf suya (kontrol) 10 dk boyunca daldırılmıştır. Sonra baklalar  $25^{\circ}\text{C}$  ve % 50 oransal nemde 1 s boyunca üzerlerindeki suyun uzaklaştırılması için bekletilmiştir. Tüm baklalar düşük nem geçirgenliğine sahip 0.03 mm kalınlığında polietilen film torbalara yerleştirilmiş ve  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 90-95 oransal neme sahip soğuk odada depolanmıştır. Sonuç

olarak, 8 mmol/L PUT uygulaması ile baklaların yaşlanmasının büyük ölçüde geciktirildiği, duyu kalitenin korunduğu, ağırlık kaybındaki artışın geciktirildiği, askorbik asit, toplam klorofil miktarı ve toplam fenolik madde içeriğindeki azalışı nispeten geciktirildiği bildirilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, soğuk depolama boyunca 8 mmol/L PUT uygulamasının taze baklaların kalitesini korumada etkili olduğu rapor edilmiştir (Wang vd., 2019).

Pullulan (% 1.0) çözeltisine (% 0.2 e-polilizin ve % 0.3 glutatyon) taze börülce baklaları 15 dk boyunca daldırılmış ve polietilen saklama torbalarına (25 cm × 38 cm × 0.03 cm) konularak, 4°C'de 15 gün boyunca depolanmıştır. Herhangi bir işlem uygulanmamış börülceler kontrol grubu olarak kullanılmıştır. E-polilizin ve glutatyon içeren pullulan bazlı kaplamalar, ağırlık kaybı, çürüme ve pas lekeli indekslerini, solunum hızını ve malondialdehit miktarını sırasıyla % 49.01, % 60.38, % 91.09, % 69.09 ve % 49.23 oranında azaltmıştır. Sonuç olarak, e-polilizin ve glutatyon içeren pullulan bazlı kaplamaların, soğukta depolama sırasında börülcelerde kalitenin korunması için alternatif materyaller olabileceği ifade edilmiştir (Hu ve Mao, 2023).

Taze kesilmiş börülce baklalarının raf ömrü ve depolanabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, sodyum hipokloritle veya sodyum hipoklorit olmadan hidro-soğutmaya tabi tutulan baklalar, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) torbalarda paketlenmiştir. Paketlenen baklalar 4-5°C ve 20-22°C (% 70-75 oransal nem) arasında 12 gün kadar depolanmıştır. Taze baklalar 4-5°C'de 6 gün sonra % 100 pazarlanabilir durumda olurken, 12 gün sonra % 70 oranında pazarlanabilir bulunmuştur. Her iki sıcaklıkta da ilk 6 gün içinde üşüme zararının görülmediği belirtilmiştir (Roopnarine ve Mohammed, 2021).

Wei vd. (2011), kuşkonmazları derimden sonra 0 (kontrol), 0.1 ve 1 mmol/L SA içeren çözeltilere daldırmışlar ve 18±2°C'de 12 gün depolanmışlardır. Sonuç olarak SA uygulamalarının klorofil parçalanmasını geciktirdiği, toplam flavonoid miktarını azalttığı, antioksidan kapasiteyi arttırdığı, meyve rengini, askorbik asit içeriğini ve fenolik madde miktarını ise koruduğu rapor edilmiştir.

Maydanoz ile yürütülen çalışmada demetler dört gruba ayrılmış, birinci ve ikinci grup 1 ve 2 mM'lık SA çözeltisine (% 0.01 Tween 20 içeren) 5 dk süreyle daldırılmıştır. Üçüncü grup, 5 dk boyunca içilebilir musluk suyuna daldırılarak yıkandıktan sonra 2.14 mg/m<sup>3</sup> ozona (gaz şeklinde) maruz bırakılmıştır. Dördüncü grup (kontrol) ise sadece 5 dk süreyle damıtılmış suya daldırılmıştır. Uygulamalardan sonra maydanozlar düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) modifiye atmosfer poşetlerine yerleştirilmiş ve 28 gün 1°C ve % 90±5 oransal nemde depolanmıştır. Sonuç olarak SA'nın kalite parametreleri üzerine olumlu etkilerinin olduğunu ve yaprakların canlı yeşil rengini korumak için özellikle 2 mM SA uygulamasının daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (Üner Öztürk ve Koyuncu, 2021).

Miao vd. (2020), brokolileri 4 farklı dozda (0, 1, 50 ve 500 µM) MEL içeren çözeltiye 5 dk süre ile daldırılmışlar ve plastik kaplarda 20°C ve % 60 oransal nemde 5 gün boyunca depolanmışlardır. Sonuç olarak düşük doz olarak uygulanan 1 µM MEL'in kontrol uygulamasına göre klorofil parçalanmasını ve C vitamini kaybını geciktirdiğini, toplam fenolik madde miktarı, toplam karotenoit miktarı ve antioksidan kapasiteyi koruduğunu ve ayrıca duyusal kalite üzerine de olumlu etki ettiğini ifade etmişlerdir.

Cano vd. (2022), brokoliyi 0, 50 ve 100 µM melatonin çözeltisine 15 ve 30 dk boyunca daldırılmışlar, 5°C ve %75 oransal nemde 42 gün boyunca depolanmışlardır. Sonuç olarak MEL uygulanan brokolilerin kontrol grubundakilere kıyasla daha uzun raf ömrüne sahip olduklarını rapor etmişlerdir.

Brokoliler 5 dk boyunca farklı dozlarda (0, 1, 50 ve 500 µM) MEL içeren çözeltiye daldırıldıktan sonra 20°C sıcaklık ve % 60 oransal neme sahip odada depolanmıştır. Sonuç olarak MEL uygulamasının brokolinin derim sonrası yaşlanmasını geciktirebileceği ve karotenoitler, C vitamini ve toplam fenolik gibi maddelerin korunması bakımından etkili olduğu belirtilmiştir (Miao vd., 2020).

Hıyarlara 100 µmol/L dozunda MEL uygulanmış ve 15 gün 4°C sıcaklık ve % 90 oransal nemde depolanmıştır. Sonuç olarak MEL uygulamasının üşüme zararı belirtilerini azalttığı, meyve sertliğini koruduğu ve klorofil parçalanmasını geciktirdiği bildirilmiştir (Madebo vd., 2021b).

Lou vd. (2023), brokoliyi 100 µmol/L MEL içeren çözeltiye daldırmışlar ve % 78-80 oransal nem ve 20°C sıcaklığa sahip ortamda depolamışlardır. Çalışma sonucunda MEL'in brokolilerde sararmayı geciktirdiğini ve duyu kalite özellikleri üzerine de olumlu etkiler yaptığını belirtmişlerdir.

Brokoliler 30 dk boyunca farklı melatonin (0, 50, 100, 200, 350 ve 500 µmol/L MEL) çözeltilerine daldırılmıştır. Daldırma işlemlerinden sonra, brokoliler 20°C'de üzerlerindeki suyun uzaklaştırılması için bekletilmiş. Kurutulan brokoliler polietilen filmle kaplandıktan sonra 20°C sıcaklık ve % 90 oransal neme sahip odada depolanmıştır. MEL uygulamalarının brokolilerin yaşlanmasını geciktirerek raf ömrünün uzattığı ve özellikle 100 µmol/L'lik uygulamanın en etkili doz olduğu ifade edilmiştir (Wu vd., 2021).

Dereotu demetleri 2 dk boyunca 1.0, 2.0 ve 4.0 mM SA içeren çözeltilere, kontrol grubu ise 2 dk boyunca sadece saf suya daldırılmıştır. Uygulamalardan sonra demetler kurutma kağırlarında kurutularak, modifiye atmosfer ambalajlarına yerleştirilmiş ve 0°C ve % 90±5 oransal nem koşullarında 25 gün depolanmıştır. SA uygulaması, dereotu yapraklarının kontrol grubuna göre daha uzun süre yeşil kalmasını sağlamıştır. Düşük doz olarak kullanılan 1 mM SA'nın, kaliteyi koruyarak dereotu yapraklarının depolanma ömrünü uzatmak için en etkili uygulama olduğu bildirilmiştir (Koyuncu vd., 2018)

Taze naneler, saf su (kontrol), SA (0.5 ve 1 mM), CaCl<sub>2</sub> (% 1 ve 2) ve PO (500 ve 1000 mg/L) içeren çözeltilere 20 dk boyunca daldırılmıştır. Daldırma işlemlerinde sonra nane örnekleri 100 g'lık paketlere yerleştirilmiş ve ambalajlanan örnekler 6°C'de 6 gün depolanmıştır. Çalışma sonucunda SA uygulamasının, klorofil parçalanmasını ve su/ağırlık kaybını önemli ölçüde önlediği ve nanelerin membran bütünlüğünü koruduğu ifade edilmiştir (Yousefizad vd., 2015).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Bitkisel Materyal

Bu tezde materyal olarak ülkemizde taze tüketim için yetiştiriciliği yapılan standart Karnıkara börülce (Şekil 3.1) çeşidi kullanılmıştır. Börülce tohumları Mayıs ayı ortalarında Isparta-Alıköy’de kurak tarla koşullarına ekilmiştir. Börülceler sıra arası ve sıra üzeri 50 × 20 cm mesafelerde ocak usulü ve her ocakta 3 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Bitkiler 2-3 yapraklı olduğu dönemde, ocaklarda seyreltme ve boğaz doldurma işlemleri yapılmıştır. Gerek görüldüğü sürece yabancı otlarla mücadele çapa yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Karnıkara börülce çeşidine ait görüntüler

Börülce tohumlarının temin edildiği araziden alınan toprak örnekleri incelenmiş ve deneme arazisine ait bazı toprak özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Buna göre kumlu tın tekstür grubuna sahip toprakların pH’sı alkaline (Jones, 2001) reaksiyonlu olup, EC’si ise Dahnke ve Whitney (1988)’e göre tuzsuz sınıfta yer almaktadır. Toprak örneklerinin organik madde (Ülgen vd., 1995) ve kireç içerikleri (Kacar, 2012) düşük bulunmuştur. Söz konusu toprakların yeterli seviyede besin elementleri içerdiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları

Özellikler	Sonuçlar
Organik madde (%)	1.04
pH (1:1)	7.7
EC ( $\mu$ S/cm)	354
% CaCO <sub>3</sub> (kireç)	0.97
Tarla kapasitesi (%)	21.19
Solma noktası (%)	9.77
Kil (%)	22.45
Silt (%)	31.60
Kum (%)	52.05
Tekstür sınıfı	SL
Cu (mg/kg)	2.9
Mn (mg/kg)	11.48
Fe (mg/kg)	16.2
Zn (mg/kg)	1.14
Mg (mg/kg)	443
K (mg/kg)	916
Ca (mg/kg)	5270
P (mg/kg)	5.66
N (%)	0.15

EC: Elektriksel iletkenlik, CaCO<sub>3</sub>: Kalsiyum karbonat, Cu: Bakır, Mn: Manganez, Fe: Demir, Zn: Çinko, Mg: Magnezyum, K: Potasyum, Ca: Kalsiyum, P: Fosfor, N: Azot, SL: Kumlu tınlı.

### 3.2. Baklaların Derimi ve Derim Sonrası Uygulamalar

Taze börülce deriminde olgunluk kriteri olarak dikkat edilmesi gereken nokta baklaların normal iriliğine ulaşması fakat tohum yerlerinin belli olmaması olarak belirtilmektedir. Taze börülcelerde, baklalarda bulunan tohumların süt olumuna ulaştığı aşama optimum derim dönemi olarak kabul edilmektedir (Vural vd., 2000). Belirtildiği gibi optimum derim zamanında toplanan börülceler hızlı bir şekilde (klimalı araçla yaklaşık 30-35 dk) laboratuvara nakledilmiştir. Laboratuvara getirilen börülceler, mümkün olduğunca bakla büyüklüğünde bir örneklik sağlanabilmesi için boy, şekil ve renk dikkate alınarak depolanacak ürün seçilmiş (Xie vd., 2014; Fan vd., 2016) ve bereli örnekler deneme dışı bırakılmıştır. Örneklemede homojenlik sağlandıktan sonra börülce baklaları 5 eşit gruba ayrılmış, uygulamalar için çözeltiler hazırlanmış (Şekil 3.2) ve aşağıda belirtilen uygulamalar yapılmıştır.

1. Kontrol: Saf su + Tween-20 (% 0.01)'ye 15 dk daldırılmıştır.
2. SA 1: 1 mM salisilik asit (SA) + Tween 20 (% 0.01) içeren çözeltiye 15 dk daldırılmıştır.
3. SA 2: 2 mM SA + Tween 20 (% 0.01) içeren çözeltiye 15 dk daldırılmıştır.

4. MEL 1: 100 µmol/L melatonin (MEL) + Tween 20 (% 0.01) içeren çözeltiye 15 dk daldırılmıştır.
5. MEL 2: 200 µmol/L MEL + Tween 20 (% 0.01) içeren çözeltiye 15 dk daldırılmıştır.

Çalışmada seçilen SA dozları Luo vd. (2012) ve Koyuncu vd. (2018), MEL dozları ise Wu vd. (2021) ve Lou vd. (2023)'ye göre belirlenmiştir.



Şekil 3.2. SA ve MEL çözeltilerinin hazırlanmasına ait görüntüler

Daldırma işlemlerinden sonra, bütün uygulama yapılan baklalar 30 dk (Erbaş vd., 2024) üzerlerindeki suyun uzaklaştırılması için oda koşullarında ( $21\pm 1^{\circ}\text{C}$  ve %  $60\pm 5$  oransal nem) bekletilmiştir (Şekil 3.3). Kuruyan börülceler yine aynı koşullarda 1 kg'lık köpük kaselere yerleştirilerek üzeri streç filmle ( $12\ \mu$ ) kaplanmıştır (Şekil 3.3). SA ve MEL uygulanmış ve paketlenmiş taze börülceler  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve %  $90\pm 5$  (Fan vd., 2016; Wang vd., 2019; Roopnarine ve Mohammed., 2021) oransal nem koşullarında 16 gün süreyle depolanmıştır. Paketlenmiş börülce baklalarının depolanmasında normal atmosfer (NA) bileşimine (% 21  $\text{O}_2$  ve % 0.03  $\text{CO}_2$ ) sahip soğuk odalar kullanılmıştır. Çalışmada depolama sıcaklığı seçilirken, üşüme zararı üzerine uygulanan bu maddelerin etkinliğinin daha net ortaya çıkarılması ve kalite değişiminin mümkün olduğunca yavaşlatılması için önerilen sıcaklıklar ( $4-7\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) arasından (Xie vd., 2014; Fan vd., 2016; Wang vd., 2019; Roopnarine ve Mohammed, 2021; Hu ve Mao, 2023) en düşük olanı seçilmiştir.



Şekil 3.3. Börülcelerin derimi, daldırma işlemi, kurutma işlemi ve paketlemesine ait görüntüler

Bakla örneklerinde muhafaza başlangıcında ve 4'er gün aralıklarla kalite değişimlerini belirlemek için bazı fiziksel ve kimyasal analizler ile duyuşal değerlendirmeler yapılmıştır. Depolamanın 16+2. gününde baklarda çok fazla çürüme meydana geldiği için, bu dönemde solunum hızı, bakla rengi ve biyokimyasal analizler için yeterli örnek bulunamamış ve analiz edilememiştir. Bunun yerine biyokimyasal analizlerde (toplam fenolik madde miktarı, toplam karotenoid miktarı, askorbik asit miktarı, toplam klorofil miktarı ve antioksidan aktivite) 12+2. gün örnekleri, solunum hızı ve bakla renginde ise 12. gün örnekleri analiz edilmiştir. Tüm analizlerde her tekerrürde  $450\pm 50$  g bakla örneği kullanılmıştır. Raf ömrü çalışmaları için her analiz döneminde soğukta muhafazadan çıkartılan örnekler 2 gün  $20\pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\% 60\pm 5$  oransal nem koşullarında bekletilmiş ve soğuk odada depolama boyunca yapılan bütün analizler yinelenmiştir.

### 3.3. Fiziksel ve Kimyasal Kalite Analizleri ile Duyusal Değerlendirmeler

#### 3.3.1. Ağırlık kaybı

Baklarda meydana gelen ağırlık kayıpları, streçlenmiş köpük tabaklardaki baklaların (ağırlık kaybı için ayrılmış) her dönem tartılıp başlangıç ağırlığına oranlanmasıyla bulunmuştur. Tartımı yapılan köpük tabaklar bir sonraki dönem tartılmak üzere tekrar soğuk odaya yerleştirilmiştir. Raf ömrü için ağırlık kayıpları ise oda koşullarına aktarılan örneklerin başlangıçta ve raf ömrü sonunda tekrar ölçülmesiyle belirlenmiştir. Ölçümler 0.01 g hassasiyetindeki terazi (Scaltec SBA51, Germany) ile yapılmış ve ağırlık kaybı aşağıdaki Denklem (3.1)'e göre % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı} = [(\text{Başlangıç ağırlığı} - \text{Dönem ağırlığı}) / \text{Başlangıç ağırlığı}] \times 100 \quad (3.1)$$

#### 3.3.2. Bakla rengi

Depolama süresince börülce baklalarında meydana gelen renk değişimleri, renk ölçüm cihazı (CR 300, Minolta, Japon) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.4). Sonuçlar CIEL\* a\* b\* cinsinden elde edilip, kroma (C\*) değeri ve hue açısı (h°) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar aşağıdaki Denklem (3.2)'ye göre yapılmıştır.

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} (b^* / a^*) \quad \text{Kroma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (3.2)$$



Şekil 3.4. Baklaların renk ölçümlerine ait görüntüler

### 3.3.3. Solunum hızı

Depolama boyunca depodan çıkartılan baklalar 2 L hacmindeki gaz sızdırmaz kavanozlara yaklaşık  $125 \pm 25$  g olacak şekilde tartılmış, ağzı sıkıca kapatılmış ve oda koşullarında ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) 2 s bekletilmiştir (Hu ve Mao, 2023). Bu süre sonunda plastik şırınga ile (gaz kaçırmaz) kavanozlardan ile hava alınarak (15-20 mL) gaz kromatografisine enjekte edilmiştir. Ölçümler ısı iletkenlik dedektörü (TCD) bulunan gaz kromatografisi (Agilent Technologies, GC-6890N, Palo Alto, CA, USA) ile yapılmış ve solunum hızı aşağıdaki Denklem (3.3)'e göre  $\text{mLCO}_2/\text{kg.s}$  cinsinden belirlenmiştir (Çalhan, 2018; Erbaş vd., 2024).

$$\text{Solunum hızı (mL.CO}_2\text{/kg.s)} = [(\text{CO}_2 \text{ üretilen} + \text{CO}_2 \text{ absorblanan}) / (h \times M)] \quad (3.3)$$

$\text{CO}_2$  üretilen: Baklaların kavanoz içerisinde ürettiği  $\text{CO}_2$  (mL);  $\text{CO}_2$  absorblanan: Kavanoz içerisindeyken baklalar tarafından absorblanan  $\text{CO}_2$  (mL); h: Kavanozda baklaların bekleme süresi (saat); M: Kavanoza koyulan bakla ağırlığı (kg)

### 3.3.4. Paket içi gaz bileşimi

Paket içi gaz bileşimleri, infared gaz analiz cihazı (Systech Instruments, Gaspac 2, UK) ile her analiz döneminde depodan çıkarılan streç filmle kaplanmış köpük tabaklarda yapılmıştır. Cihazdaki iğneli uç, ambalaj içerisine sokularak içerideki  $\text{O}_2$  ve  $\text{CO}_2$  değerleri % olarak ölçülmüştür.

### 3.3.5. Elektrolit sızıntısı

Börülce baklalarının elektrolit sızıntısı değeri Fan ve Sokorai (2005)'nin belirttiği yöntemle göre (%) yapılmıştır. Baklalardan alınan örnekler (5 g) diskler şeklinde kesilerek saf suyla yıkanmıştır. Daha sonra sabit sıcaklıkta ( $23^\circ\text{C}$ ) üzerine 50-70 mL saf su eklenmiş ve çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Çalkalamanın 1. dakikasında (C1) ve 60. dakikasında (C60) EC metre yardımıyla ölçüm yapılmıştır. Daha sonra örnekler  $121^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 25 dk süreyle otoklavlanmıştır. Otoklavlanan örnekler  $23^\circ\text{C}$  sıcaklığa gelene kadar soğutulmuş ve tekrar ölçüm (CT) yapılmıştır. Elektrolit sızıntısı değeri aşağıdaki Denklem (3.4)'e göre % olarak hesaplanmıştır.

$$E = (C60 - C1)/CT \times 100 \quad (3.4)$$

### 3.3.6. Dış görünüş, sararma ve gevreklik

Dış görünüş için 1-9 skalası (1-4: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi) (Erbaş, 2023) ve gevreklik (sertlik) için 1-5 skalası (1: çok yumuşak, 2: yumuşak 3: az gevrek 4: gevrek 5: çok gevrek) (Giné-Bordonaba vd., 2016) kullanılmıştır. Baklaların duyuusal değerlendirilmesinde sararma için 1-5 skalası (1: koyu yeşil, 2: açık yeşil, 3: yeşilimsi sarı, 4: sarı, 5: koyu sarı) kullanılmıştır (Cefola ve Pace, 2015; Erbaş, 2023). Baklalar sararma skalasında 3 puana ulaştığında, pazarlanamaz ve depolama ömürlerinin bittiği kabul edilmiştir (Siomos ve Koukounaras, 2007). Değerlendirmeler kokusuz bir ortamda ve floresan ışık altında 5 kişilik eğitimli panelist (25-60 yaş) grubu tarafından gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.7. Üşüme zararı indeksi ve pas lekesi indeksi

Baklaların üşüme zararı belirtileri arasında, yüzeyde çökük lezyonlar ve çukurlaşma yer almaktadır. Üşüme zararı, çökük lezyonlar veya yüzey çukurlaşması içeren toplam meyve yüzey alanının yüzdesine göre belirlenmiştir. Bunun için 0-3 skalası (0: üşüme zararı belirtisi yok, 1: yüzey alanının <%25'i üşüme zararı belirtisi, 2: yüzey alanının %25-50'si üşüme zararı belirtisi; 3: yüzey alanının >%50'si üşüme zararı belirtisi) kullanılmıştır (Fan vd., 2016). Üşüme zararı indeksi (%) aşağıdaki Denklem (3.5)'e göre hesaplanmıştır

$$\text{Üşüme zararı indeksi} = [(\text{Üşüme zararı seviyesi}) \times (\text{bu seviyedeki bakla sayısı})] / (\text{en yüksek seviye} \times \text{toplam bakla sayısı}) \times 100 \quad (3.5)$$

Baklalardaki pas lekesi indeksi 0-4 skalasına (0: pas lekesi yok; 1: %1-25 pas lekesi; 2: %26-50 pas lekesi; 3: %51-75 pas lekesi; 4: %76-100 pas lekesi) göre belirlenmiş ve aşağıdaki Denklem (3.6)'ya göre % hesaplanmıştır (Hu ve Mao, 2023).

$$\text{Pas lekesi indeksi} = 100 \times [(\text{pas lekesi derecesi}) \times (\text{bu derecedeki bakla sayısı})] / [(\text{en yüksek derecede}) \times \text{toplam bakla sayısı}] \quad (3.6)$$

### 3.3.8. Çürüme oranı

Baklalardaki çürüme oranı 0-4 skalasına (0: çürüme yok; 1: < %10 çürümüş alan; 2: %10-25 çürümüş alan; 3: %25-50 çürümüş alan; 4: >50 çürümüş alan) göre belirlenmiş ve aşağıdaki Denklem (3.7)'ye göre % hesaplanmıştır (Hu ve Mao, 2023).

$$\text{Çürüme oranı} = 100 \times [(\text{çürüme oranı derecesi} \times \text{bu derecedeki bakla sayısı}) / ((\text{en yüksek derecede} \times \text{toplam bakla sayısı})] \quad (3.7)$$

### 3.4. Biyokimyasal Analizler

Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite ölçümleri için aynı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Baklaların ekstraksiyonu için 5 g taze bakla örneğine 25 mL metanol eklenmiş ve homojenizatör (JSHR-270A) ile 2 dk homojenize edildikten sonra karanlık koşullarda 4°C sıcaklıkta 14-16 saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 8000 rpm'de 30 dk santrifüj edilmiş ve süpernatantlar pastör pipeti ile tüplere alınarak analiz edilinceye kadar -20°C'de saklanmıştır (Thaipong vd., 2006).

#### 3.4.1. Toplam fenolik madde içeriği

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocaltaeu kalorimetrik yöntemi modifiye edilerek spektrofotometre (Varian Bio 100, Avustralya) ile yapılmıştır (Swain ve Hillis, 1959). Ekstrakte edilen örneklerden 150 µL ekstrakta 2400 µL saf su, 150 µL folin-ciocaltaeu (1:10) çözeltisi konarak 30-40 sn vortekste karıştırılmıştır. 3-4 dk sonra 300 µL sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1 N) ilave edilerek 20°C'de karanlık koşullarda 2 s bekletilmiştir. Çözeltilerin spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Hazırlanan standart gallik asidin çözeltiler ile kurve çizilerek sonuçlar hesaplanmıştır. Sonuçlar toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri (GAE) mg/kg olarak ifade edilmiştir.

### 3.4.2. Antioksidan kapasitesi

Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde ferric reducing antioxidant power (FRAP) yöntemi kullanılmıştır. Ekstrakte edilen örneklerden 150 µL ekstrakta 2850 µL FRAP solüsyonu eklenerek 30 dk 20°C’de karanlık koşullarda bekletilmiştir. Çözeltilerin spektrofotometrede (Varian Bio 100, Avustralya) 593 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Hazırlanan standart trolox çözeltiler ile kurve çizilerek hesaplanmış ve sonuçlar mg trolox eşdeğeri (TE)/kg olarak verilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

### 3.4.3. Toplam klorofil miktarı ve karotenoid miktarı

Toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarının belirlenmesi için (Arnon, 1949; Kirk ve Allen, 1965) aşağıdaki yöntem kullanılmıştır. Püre haline getirilmiş baklalardan 0.5 g tartılarak santrifüj tüpüne alınmıştır. Üzerine 10 mL %80’lik aseton eklenerek vortekslenmiştir. Vorteksten sonra 10 dk 2500 rpm’de + 4°C’de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra süpernatant alınmış % 80’lik aseton ile 10 mL’ye tamamlanmıştır. Spektrofotometrede toplam karotenoid için 480, 645 ve 663 nm dalga boyunda, toplam klorofil için ise 645 ve 663 nm dalga boyunda okumalar yapılmış ve elde edilen değerler aşağıdaki Denklem (3.8) ve Denklem (3.9)’a göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam klorofil miktarı (mg/g)} = [(0.0202 \times A_{645}) + (0.00802 \times A_{663}) \times 10] / \text{örnek ağırlığı} \quad (3.8)$$

$$\text{Toplam karotenoid miktarı (mg/kg)} = A_{480} + (0.114 \times A_{663} - 0.638 \times A_{645}) \quad (3.9)$$

### 3.4.4. Askorbik asit miktarı

Askorbik asit miktarını belirlemek için 5 g örnek 50 mL saf su içerisinde homojen hale getirilmiş ve 4000 rpm’de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra 100 µL süpernatant alınmış ve üzerine 400 µL %0.4’lük okzalik asit ve 4.5 mL 2,6 diklorofenol indofenol çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra okumalar 520 nm dalga boyunca spektrofotometrede yapılmıştır (Abacı vd., 2014). Sonuçlar mg/100g olarak sunulmuştur.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Deneme, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Depolama süresince analizler, 3 tekerrürlü her tekerrürde 450±50 g bakla olacak şekilde planlanmıştır. Denemeden elde edilen veriler JMP15 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, dönem ve uygulama ortalamaları arasındaki farklılıklar Tukey's çoklu karşılaştırma testine ( $p<0.05$ ) göre gruplandırılmıştır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Ağırlık Kaybı

Baklarda soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince ağırlık kaybı değişimi Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Soğukta muhafaza boyunca ağırlık kaybı üzerine uygulamaların, depolama süresinin ve uygulama × depolama süresi interaksiyonunun etkisi istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Depolama süresinin uzamasına paralel olarak baklardaki ağırlık kayıpları da artış göstermiştir. Soğukta muhafaza sonunda (16. günde) en fazla ağırlık kaybı (% 7.23) kontrol örneklerinde olurken, en az ağırlık kaybı (% 6.14) MEL 1 uygulamasında bulunmuştur. Ağırlık kaybı açısından genel uygulama ortalamaları dikkate alındığında, en fazla kayıp (% 4.47) yine kontrol grubunda olurken, bunu sırasıyla SA 2 (% 4.16), SA 1 (% 4.07), MEL 2 (% 4.00) ve MEL 1 (% 3.83) uygulaması takip etmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL’in soğukta muhafaza boyunca taze baklarda ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

Uygulama (U)	Depolama süresi (DS)				U ort.
	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	1.35 f	3.30 e	5.99 c	7.23 a	4.47 a
SA 1	1.38 f	3.05 e	4.89 d	6.95 b	4.07 c
SA 2	1.41 f	3.04 e	4.97 d	7.20 a	4.16 b
MEL 1	1.29 f	3.22 e	4.67 d	6.14 c	3.83 d
MEL 2	1.29 f	3.09 e	4.81 d	6.79 b	4.00 c
DS ort.	1.34 D	3.14 C	5.07 B	6.86 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Raf ömrü boyunca soğukta muhafazaya benzer şekilde ağırlık kayıpları depolama süresinin artışına paralel olarak artmıştır. Raf ömrü denemelerinde bakların ağırlık kayıpları soğukta muhafazaya oranla daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum raf koşullarındaki depolama sıcaklığının yüksek olmasıyla açıklanabilir. Nitekim Jadhav vd. (2019), depolama sıcaklığının artışının ağırlık kaybı artışına neden olabileceğini belirtmiştir. Raf ömrü sonunda genel uygulama ortalamaları incelendiğinde en fazla ağırlık kaybı kontrol (% 5.63) grubunda olurken, bu uygulamayı sırasıyla SA 2 (% 5.42), SA 1 (% 5.33), MEL 2 (% 5.15), MEL 1 (% 5.11) uygulaması takip etmiştir (Çizelge 4.2). Raf ömrü süresince ağırlık kaybı üzerine uygulamaların, depolama

süresinin ve uygulama × depolama süresi interaksiyonunun etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Her iki depolama koşulu birlikte incelendiğinde, hem SA hem de MEL uygulamaları ağırlık kaybının azaltılması bakımından kontrol uygulamasına göre daha olumlu sonuç vermiştir. Özellikle melatonin uygulamalarının (özellikle MEL 1) ağırlık kaybının azaltılması bakımından en etkili uygulamalar olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklarda ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

Uygulama (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	1.79 l	4.31 jk	5.12 h	8.07 de	8.84 ab	5.63 a
SA 1	1.80 l	4.54 ij	4.80 h <sub>1</sub>	6.84 fg	8.66 bc	5.33 b
SA 2	1.84 l	4.32 jk	4.86 h <sub>1</sub>	6.98 f	9.07 a	5.42 b
MEL 1	1.79 l	4.25 jk	5.02 h	6.52 g	7.97 e	5.11 c
MEL 2	1.71 l	4.13 k	4.81 h <sub>1</sub>	6.71 fg	8.39 cd	5.15 c
DS ort.	1.79 E	4.31 D	4.92 C	7.02 B	8.59 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Fizyolojik bir parametre olan ağırlık kaybı, pazarlanacak ürünlerin direk ağırlığını etkilediği ve dokusal değişikliklere sebep olduğu için depolanan ürünlerde önemli bir kalite kriteridir (İñiguez-Moreno vd., 2021). Derimden sonra meyve ve sebzelerdeki ağırlık kayıpları, hücreler arası boşluklardaki suyun buharlaşması ile meydana gelmektedir. Dolayısıyla ürünlerin metabolik aktivitelerinin baskılanması ağırlık kaybını azaltabilmektedir (Bal, 2019; Wang vd., 2021). Mevcut çalışmada MEL uygulamasının metabolik aktivitenin bir göstergesi olan solunum hızını baskılayarak (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10) baklaların ağırlık kaybını azalttığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Boonsiriwit vd. (2021), ağırlık kaybı ve solunum hızı arasında ilişki olduğunu ve dışsal olarak uyguladıkları MEL'in kuşkonmazlarda ağırlık kaybını azalttığını, özellikle 100 µM'lık dozun en etkili uygulama olduğunu vurgulamışlardır. Cano vd. (2022), derim sonrası brokolilere uyguladıkları MEL'in ağırlık kaybını geciktirmede etkili olduğunu, bunu da MEL'in stomaların açılıp kapanması üzerine etki ederek yapabileceğini ifade etmişlerdir.

## 4.2. Bakla Rengi

Depolama ve raf ömrü boyunca baklaların L\*, C\* ve h° değerlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.3-4.8'de sunulmuştur. Hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü süresince L\* değeri üzerine depolama süresinin etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunurken, uygulamaların etkisi önemsiz ( $p > 0.05$ ) olmuştur. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, istatistik olarak önemsiz olsa da en yüksek L\* değeri 38.44 ile SA 2 grubunda ölçülürken, en düşük L\* değeri (36.42) ise kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Raf ömrü koşullarında ise en yüksek L\* değeri (35.38) SA 1 uygulamasında belirlenirken, bu uygulamayı sırasıyla SA 2 (35.36), MEL 2 (35.28), MEL 1 (35.18) ve kontrol (34.25) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların L\* değeri üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	40.38	37.46	36.29	34.55	33.41	36.42 <sup>ÖD</sup>
SA 1	40.38	41.08	37.36	35.42	35.70	37.99
SA 2	40.38	40.44	36.55	38.38	36.44	38.44
MEL 1	40.38	38.20	38.07	38.42	37.02	38.42
MEL 2	40.38	36.83	37.80	36.47	35.37	37.37
DS ort.	40.38 A	38.80 AB	37.22 B	36.65 B	35.59 B	

SA 1 : 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.4. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların L\* değeri üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)				U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	
Kontrol	37.79	35.62	31.89	31.71	34.25 <sup>ÖD</sup>
SA 1	37.13	35.49	33.81	35.11	35.38
SA 2	36.94	35.34	34.03	35.13	35.36
MEL 1	37.79	33.23	34.66	35.04	35.18
MEL 2	37.44	34.15	33.75	35.78	35.28
DS ort.	37.42 A	34.77 B	33.63 B	34.55 B	

SA 1 : 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Soğukta muhafaza boyunca baklaların C\* değerleri üzerine depolama süresinin ve uygulamaların etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Genel uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama C\* değeri (26.00) MEL 1 uygulamasında ölçülürken, en düşük değer (24.37) kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Raf ömrü çalışmalarında ise en yüksek ortalama C\* değeri (23.85) SA 1 uygulamasında saptanırken, en düşük değer (22.75) yine kontrol uygulamasında bulunmuştur. Raf ömrü koşullarında C\* değerleri üzerine sadece depolama sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olurken, uygulamaların ve uygulama  $\times$  depolama süresi interaksyonunun etkisi önemsiz ( $p > 0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.6). Her iki depolama koşulunda da en yüksek C\* değerleri genellikle MEL uygulamalarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların C\* değerleri üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	27.04	25.66	24.76	22.67	21.74	24.37 <i>b</i>
SA 1	27.04	25.57	26.77	24.01	22.53	25.18 <i>ab</i>
SA 2	27.04	26.49	24.08	25.79	21.74	25.03 <i>ab</i>
MEL 1	27.04	27.07	24.98	26.67	24.26	26.00 <i>a</i>
MEL 2	27.04	27.63	24.59	24.51	22.20	25.19 <i>ab</i>
DS ort.	27.04 A	26.48 A	25.04 B	24.73 B	22.49 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100  $\mu$ L MEL, MEL 2: 200  $\mu$ L MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri ve küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.6. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların C\* üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)				U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	
Kontrol	24.65	24.27	21.72	20.36	22.75 <sup>ÖD</sup>
SA 1	24.57	24.87	24.68	21.29	23.85
SA 2	24.71	25.17	24.05	20.62	23.64
MEL 1	24.57	23.92	23.96	22.88	23.83
MEL 2	25.73	23.41	23.78	22.28	23.80
DS ort.	24.85 A	24.33 A	23.64 A	21.49 B	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100  $\mu$ L MEL, MEL 2: 200  $\mu$ L MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince taze baklaların hue açısı değerleri üzerine muhafaza sürelerinin ve uygulamaların etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Soğukta muhafaza sonunda (16. gün) hue

açısı değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 117.16° ile MEL 1 grubunda ölçülürken, en düşük değer 114.86° ile kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.7). Raf ömrü koşullarında ise 16+2. günde en yüksek değer 115.65° ile SA 1 uygulamasında, en düşük değer ise 112.48° ile kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların hue açısı (h°) değeri üzerine etkileri

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	120.69	118.93	117.05	116.56	114.86	117.62 <i>b</i>
SA 1	120.69	118.84	119.23	118.10	115.21	118.41 <i>ab</i>
SA 2	120.69	119.07	117.88	118.98	116.22	118.57 <i>ab</i>
MEL 1	120.69	120.27	117.68	118.99	117.16	118.96 <i>a</i>
MEL 2	120.69	117.99	118.26	119.04	115.83	118.36 <i>ab</i>
DS ort.	120.69 A	119.02 B	118.02 B	118.33 B	115.86 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.8. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların hue açısı (h°) değeri üzerine etkileri

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)				U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	
Kontrol	119.50	117.95	114.69	112.48	116.15 <i>b</i>
SA 1	119.16	119.47	117.94	115.65	118.05 <i>a</i>
SA 2	119.58	118.96	116.95	113.76	117.31 <i>ab</i>
MEL 1	118.92	118.37	118.22	114.14	117.41 <i>ab</i>
MEL 2	119.94	117.07	116.32	115.04	117.09 <i>ab</i>
DS ort.	119.42 A	118.36 A	116.82 B	114.21 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Renk, meyve ve sebzelerde tüketicinin dikkatini çeken en önemli kalite parametrelerinden birisidir (Özbek vd., 2021). Parlaklığı (açıklığı-koyuluğu) ifade eden L\* parametresinin 0-100 arasında değerler aldığı bilinmekte olup, çalışmada her iki depolama koşulunda dikkate alındığında L\*'nin 31 ile 41 arasında değerler aldığı belirlenmiştir. Başlangıca göre depolama sonunda L\* değerleri bütün uygulamalarda azalmıştır. Bu durum taze baklaların parlaklığının azalmış olduğunu göstermektedir. Parlaklığın korunması bakımından genellikle MEL 1 uygulamaları en olumlu

sonuçları vermiştir. Rengin canlılığını veya donukluğunu ifade eden C\* değeri de uzayan muhafaza süresiyle birlikte bütün uygulamalarda azalmış ve 20 ile 25 arasında değerler almıştır. C\* değerinin korunması bakımından da MEL uygulamalarının diğer gruplara göre nispeten daha etkili olduğu saptanmıştır. Hue açısı değerleri renk dairesinde 0°-360°'ler arasında değerler almaktadır. Bu değerler, kırmızıdan sarıya 0°-90°, 90-180° sarıdan yeşile, 180°-270° yeşilden maviye ve 270°-360° arasında da maviden kırmızı renge doğru dönüşümün olduğunu ifade etmektedir (McGuire, 1992). Çalışmada h° değerleri 120° ile 112° arasında değişen değerler almış ve depolama süresi uzadıkça değerlerde azalışlar tespit edilmiştir. Uygulama gruplarının (SA ve MEL) hue açısı değerleri kontrol grubuna göre kısmen daha yüksek ölçülmüştür. Hue açısı değerinin 180°'ye yakın olması ürünün daha yeşil olduğunu göstermektedir. SA ve MEL uygulamalarında kontrolden nispeten yüksek olması yani 180°'e biraz daha yakın olması, taze baklaların renginin daha yeşil olduğunu ve bu yeşilliğin gözle de görülebileceğini/algılanabileceğini göstermektedir. Nitekim melatonin uygulamalarının meyve ve sebzelerde olgunlaşmayı geciktirerek, ürünlerdeki renk değişimini yavaşlattığı ve rengi koruduğu rapor edilmiştir (Ahamad vd., 2024). Savran (2025), brokolilere MEL uyguladığı çalışmasında, melatonin uygulamasının sararmayı geciktirerek brokolilerin rengini korumada etkili olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde dereotuna derim sonrası SA uygulamasının rengin canlılığını koruduğunu (Koyuncu vd., 2018) ve hıyarlara derim sonrası uygulanan SA'nın da metabolizma hızını yavaşlatarak yaşlanmayı geciktirmek suretiyle rengin korunması bakımından olumlu etki ettiği rapor edilmiştir (Altıkardeş vd., 2018).

### 4.3. Solunum Hızı

Taze baklalarda soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince solunum hızı değişimi Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Soğukta muhafaza boyunca baklaların solunum hızı değerleri üzerine muhafaza sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunurken, uygulamaların etkisi önemsiz ( $p > 0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.9). İstatistik olarak önemsiz olsa da, soğukta muhafazada genel uygulama ortalamaları arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Genel olarak incelendiğinde, en düşük solunum hızı değeri (61.18 mLCO<sub>2</sub>/kg.s) MEL 1 uygulamasında ölçülürken bunu sırasıyla SA 1 (63.62 mLCO<sub>2</sub>/kg.s), SA 2 (64.67 mLCO<sub>2</sub>/kg.s), MEL 2 (65.37

mLCO<sub>2</sub>/kg.s) ve kontrol (71.48 mLCO<sub>2</sub>/kg.s) uygulaması takip etmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların solunum hızı (mLCO<sub>2</sub>/kg.s) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	71.50	58.50	33.50	57.90	136.00	71.48 <sup>ÖD</sup>
SA 1	71.50	32.34	43.30	56.10	114.85	63.62
SA 2	71.50	17.69	45.87	45.50	142.80	64.67
MEL 1	71.50	21.00	54.40	34.50	124.48	61.18
MEL 2	71.50	50.60	28.03	32.70	144.00	65.37
DS ort.	71.50 B	36.03 C	41.02 C	45.34 C	132.43 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.10. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların solunum hızı (mLCO<sub>2</sub>/kg.s) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)				U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	
Kontrol	87.97	77.04	49.04	175.53	97.40 <i>a</i>
SA 1	81.30	50.67	56.01	172.64	90.15 <i>ab</i>
SA 2	86.51	56.83	35.78	180.04	89.79 <i>ab</i>
MEL 1	69.72	48.63	36.22	157.37	77.99 <i>b</i>
MEL 2	81.54	66.10	52.01	173.50	93.29 <i>ab</i>
DS ort.	81.41 B	59.85 C	45.81 C	171.82 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Raf ömrü koşullarında da soğukta muhafazaya benzer sonuçlar elde edilmiş olup, uygulama ortalamaları incelendiğinde en düşük solunum hızı değeri (77.99 mLCO<sub>2</sub>/kg.s) MEL 1 uygulamasında, en yüksek değer (97.40 mLCO<sub>2</sub>/kg.s) ise yine kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.10). Raf ömrü koşullarında uygulamalar arasında solunum hızı bakımından elde edilen bu farklılıklar istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Raf ömrü koşullarında soğukta muhafazaya oranla (Çizelge 4.9) solunum hızları daha yüksek ölçülmüştür (Çizelge 4.10). Bu durum ortam sıcaklığı artışının solunum hızında da artışa neden olmasıyla açıklanabilir (Kartal vd., 2010). Her iki depolama koşulunda da, hem SA hem de

MEL uygulanan baklalarının solunum hızları kontrol uygulamasına oranla daha düşük ölçülmüştür. Özellikle MEL 1'in solunum hızının baskılanması bakımından etkili uygulama olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10).

Solunum hızı, ürünlerin metabolik aktivitesinin bir göstergesi olarak bilinmekte ve depolama süresi ile solunum hızı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Solunum hızı ne kadar yükselirse ürünlerin muhafaza süresi o kadar kısalmaktadır (Kartal vd., 2010; Eyduran vd., 2025). Solunumun hızlanmasıyla birlikte olgunlaşma başlamakta, meyve-sebzelerde doku yumuşamaları, renk değişimleri ve tat bozulmaları meydana gelmektedir. Bu da ürünlerin derim sonrası ömrünün kışalmasına neden olmaktadır (Kartal vd., 2010; Wang vd., 2022b). Ürünlerin olgunlaşmasının yavaşlatılması ve kalitesinin korunması ekonomik kayıpların önlenmesi açısından da oldukça önemlidir (Ze vd., 2021). Bütün bu sebeplerden dolayı, depolanan ürünlerde solunum hızının yavaşlatılması dolayısıyla kalitenin korunması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada da dışsal olarak uygulanan SA ve MEL'in ürünlerin solunum hızını yavaşlattığı görülmektedir (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). MEL uygulamalarının, farklı enzimlerin (katalaz, süperoksit dismutaz, peroksidaz vb.) etkinliği artırarak ya da solunumun yapıldığı organelin yapısal bütünlüğünü koruyarak (Xin vd., 2017; Zhu vd., 2018; Saud vd., 2023), SA uygulamalarının ise stomaları kapatarak (Champa vd., 2015) ya da etilen sentezini/etkisini inhibe ederek indirgen şekerlerin üretimini yavaşlatmak suretiyle solunum hızındaki artışı baskılayabildikleri rapor edilmiştir (Aghdam vd., 2016; Zhang vd., 2022). Xin vd. (2017) hıyarlara, Zhu vd. (2018) brokolilere, Lin vd. (2022) mantarlara ve Wang vd. (2022b) pakçoylara dışsal olarak uyguladıkları MEL'in solunum hızının baskılanması açısından olumlu sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde farklı sebze türlerine (kuşkonmaz, dereotu ve maydanoz) dışsal olarak uygulanan SA'nın solunumu yavaşlattığına dair bulgular da bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir (Wei vd., 2011; Koyuncu vd., 2018; Üner ve Koyuncu, 2021).

#### **4.4. Paket İçi Gaz Bileşimi**

Taze baklaların soğukta depolama ve raf ömrü süresince paket içi oksijen (O<sub>2</sub>) konsantrasyonundaki değişimler Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de sunulmuştur. Soğukta depolamada paket içi O<sub>2</sub> konsantrasyonu değişimi üzerine uygulamaların,

depolama süresinin ve uygulama × depolama süresi interaksyonunun etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.11). Raf ömrü koşullarında ise O<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerine uygulamaların ve muhafaza süresinin etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunurken, depolama süresi × uygulama interaksyonunun etkisi ise önemsiz ( $p > 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.12). Depolama boyunca MAP içi O<sub>2</sub> konsantrasyonu düzenli olarak azalmıştır. Başlangıçta % 21.00 olan O<sub>2</sub> konsantrasyonu muhafaza sonunda % 8.30 (kontrol) ile % 13.58 (MEL 1) arasında değişmiştir. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde ise en düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonu (% 15.07) yine kontrol uygulamasında ölçülmüştür. Uygulama gruplarının O<sub>2</sub> konsantrasyonu ise uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre daha yüksek ölçülmüştür (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklalarda paket içi oksijen (%) konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	21.00 a	16.70 bc	15.70 c-e	13.65 e	8.30 f	15.07 b
SA 1	21.00 a	17.05 bc	15.72 c-e	14.55 de	11.53 f	15.97 a
SA 2	21.00 a	18.75 ab	15.82 c-e	13.90 e	10.13 f	15.92 ab
MEL 1	21.00 a	15.65 c-e	15.20 c-e	14.60 c-e	13.58 e	16.01 a
MEL 2	21.00 a	16.53 b-d	16.53 b-d	14.50 c-e	10.53 f	15.82 ab
DS ort.	21.00 A	16.94 B	15.79 C	14.24 D	10.82 E	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Raf ömrü koşullarında da soğukta muhafazaya benzer şekilde O<sub>2</sub> konsantrasyonunda azalmalar meydana gelmiş ancak bu azalışlar soğukta muhafazadan daha fazla olmuştur. Raf ömrü sürecinin başında (0+2. gün) % 14.37 (SA 1) ile % 16.27 (MEL 1) arasında değişen değerler, 16+2. günde % 10.15 (kontrol) ile % 12.14 (MEL 1) arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.12). Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde ise her iki depolama koşulunda da en yüksek O<sub>2</sub> konsantrasyonu MEL 1 uygulamasında ölçülürken, en düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonu kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.11 ve 4.12).

Çizelge 4.12. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklalarda paket içi oksijen (%) konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	15.39	11.61	11.40	10.57	10.15	11.82 <i>b</i>
SA 1	14.37	13.64	12.29	11.82	12.04	12.83 <i>ab</i>
SA 2	15.90	13.53	11.42	10.61	10.70	12.43 <i>ab</i>
MEL 1	16.27	14.14	12.61	12.44	12.14	13.52 <i>a</i>
MEL 2	15.33	13.15	12.36	12.38	11.30	12.90 <i>ab</i>
DS ort.	15.45 A	13.21 B	12.01 BC	11.56 BC	11.27 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Taze baklaların soğukta depolama ve raf ömrü süresince paket içi karbondioksit (CO<sub>2</sub>) konsantrasyonu değişimi Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Soğukta muhafaza sonunda (16. gün) ortalama CO<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde, en düşük değer % 2.97 ile MEL 1 uygulamasında ölçülürken, bunu % 4.00 ile SA 1 uygulaması takip etmiştir. En yüksek CO<sub>2</sub> değeri (% 5.53) ise kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.13). Raf ömrü koşullarında da yaklaşık olarak soğukta muhafazaya benzer sonuçlar elde edilmiş olup, 16+2. günde en düşük CO<sub>2</sub> değeri (% 3.90) yine MEL 1 uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklalarda paket içi karbondioksit (%) konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	0.03 e	3.03 b-d	3.17 bc	4.17 a-c	5.53 a	3.19 <i>a</i>
SA 1	0.03 e	1.20 e	3.35 bc	3.77 bc	4.00 a-c	2.47 <i>b</i>
SA 2	0.03 e	1.50 de	3.20 bc	3.23 bc	4.60 ab	2.51 <i>b</i>
MEL 1	0.03 e	3.10 b-d	3.15 bc	2.93 cd	2.97 cd	2.44 <i>b</i>
MEL 2	0.03 e	2.90 cd	3.05 b-d	4.07 a-c	4.58 ab	2.93 <i>ab</i>
DS ort.	0.03 D	2.35 C	3.18 B	3.63 B	4.34 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama etkileşimi arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.14. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklalarda paket içi karbondioksit (%) konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	4.15 d-f	5.15 b-f	5.25 b-e	6.85 a	5.10 c-f	5.30 <i>a</i>
SA 1	3.97 d-f	4.25 d-f	5.05 c-f	5.33 b-d	4.83 c-f	4.69 <i>bc</i>
SA 2	4.15 d-f	4.45 d-f	5.15 b-f	6.55 ab	4.65 d-f	4.99 <i>ab</i>
MEL 1	3.90 ef	3.75 f	4.75 c-f	6.10 a-c	3.90 ef	4.48 <i>c</i>
MEL 2	4.00 d-f	5.00 c-f	4.80 c-f	5.38 b-d	5.15 b-f	4.87 <i>a-c</i>
DS ort.	4.03 D	4.52 C	5.00 B	6.04 A	4.73 BC	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Meyve ve sebzeler ağaçtan/bitkiden koparıldıktan sonra da canlı oldukları için solunumlarının devam ettiği bilinmektedir (Aday, 2021). Solunumla birlikte içinde buldukları ya da depolandıkları ortamın hava bileşimini değiştirmektedirler. Bu değişim, ortamdaki oksijen miktarının azalması ve karbondioksit miktarının artması şeklinde gerçekleşmektedir (Kartal vd., 2010). Çalışmamızda da bu bilgilerle uyum içinde olan sonuçlar elde edilmiştir. Her iki depolama koşulunda da paket içi gaz bileşimlerinde değişiklikler olmuş, uzayan muhafaza süresine paralel olarak depolama süresince oksijen konsantrasyonu azalmış ve karbondioksit konsantrasyonu artmıştır. Uygulamalar arasında bu artışlar/azalışlar bakımından farklılıklar saptanmış ve bu farklılıklar da istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.11-Çizelge 4.14). Uygulama yapılan grupların oksijen konsantrasyonu daha yüksek, karbondioksit konsantrasyonları da daha düşük ölçülmüştür. Bu durum uygulamaların (hem MEL hem de SA) solunum hızını yavaşlatmasıyla açıklanabilmektedir. Nitekim çalışmadan elde edilen solunum hızı sonuçları da (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10) bu durumu desteklemektedir.

#### 4.5. Elektrolit Sızıntısı

Derim sonrası taze baklalarda SA ve MEL uygulamalarının soğukta muhafaza ve +2 günlük raf ömrü boyunca elektrolit sızıntısı üzerine etkileri Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da sunulmuştur. Soğukta muhafazada depolama süresi ve uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.15). Soğukta muhafaza

boyunca depolama süresinin artışına paralel olarak baklaların elektrolit sızıntısında da artışlar olmuştur. Depolama başlangıcında (0. gün) % 1.70 olan elektrolit sızıntı değeri, depolama sonunda (16. gün) % 7.68'e (kontrol) kadar çıkmıştır. Genel uygulama ortalamalarına bakıldığı zaman ise yine en yüksek değer (% 4.20) kontrol grubunda saptanırken, en düşük değer (% 3.35) MEL 1 grubunda bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklalarda elektrolit sızıntısı (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	1.70	2.06	3.04	6.54	7.68	4.20 <i>a</i>
SA 1	1.70	1.99	2.45	5.20	7.08	3.68 <i>ab</i>
SA 2	1.70	1.78	2.71	4.97	6.92	3.62 <i>ab</i>
MEL 1	1.70	1.97	2.76	4.81	5.52	3.35 <i>b</i>
MEL 2	1.70	1.74	2.62	4.86	6.02	3.39 <i>b</i>
DS ort.	1.70 D	1.91 D	2.72 C	5.28 B	6.65 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Raf ömrü koşullarında da soğukta muhafazaya benzer şekilde artışlar olmuş ve depolamanın 8+2. gününden sonra artışlar hızlanmıştır. Uygulamaların raf ömrü koşullarında membran geçirgenliği üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) olsa da, uygulamalar arasında küçük farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.16). Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, en düşük geçirgenlik değeri (% 4.59) MEL 2 uygulamasında belirlenirken, bu uygulamayı sırasıyla MEL 1 (% 4.60), SA 1 (% 4.77), SA 2 (% 4.79) ve kontrol (% 5.05) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.16). Baklaların membran geçirgenliği her iki depolama koşulu için birlikte değerlendirildiğinde, her iki uygulamanın da (SA ve MEL) membran geçirgenliğini yavaşlattığı, özellikle MEL uygulamalarının daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklalarda elektrolit sızıntısı (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	1.99	2.17	4.24	7.28	9.59	5.05 <sup>ÖD</sup>
SA 1	1.87	2.12	4.14	7.02	8.72	4.77
SA 2	1.95	2.37	3.68	7.14	8.82	4.79
MEL 1	1.81	2.23	4.10	6.74	8.12	4.60
MEL 2	2.01	2.21	3.00	6.65	9.09	4.59
DS ort.	1.92 D	2.22 D	3.83 C	6.96 B	8.87 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Hücre membran zararlanmasının bir ölçütü olarak kabul edilmekte olan elektrolit sızıntısı, elektrolitlerin hücreden dışarıya verilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Kasım ve Kasım, 2016a). Bahçe ürünlerinde bazı fizyolojik olaylar (üşüme zararı, zararlanmalar, radyasyon zararı gibi) ya da ilerleyen olgunlaşma/yaşlanma süreci, hücre membran bütünlüğünün bozulmasına ve dolayısıyla elektrolit sızıntısının artmasına neden olabilmektedir (Yaşar vd., 2020). Bununla birlikte membran bozulması, üşüme zararına hassas türlerde üşüme zararının bir göstergesi olarakta kullanılmaktadır. Ürünlerin düşük sıcaklıklar gibi şiddetli stres koşullarına uzun süre maruz kaldıklarında elektrolit sızıntısının artabileceği bildirilmektedir (Bagheri vd., 2015; Fan vd., 2016). Çalışmamızda da, elektrolit sızıntısı değerleri uzayan muhafaza süresiyle birlikte artış göstermiştir. En fazla artışın kontrol uygulamasında olmasını, bu gruptaki baklalarda üşüme zararının (Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24) ve çürümelerin (Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26) fazla olmasıyla açıklayabiliriz. Nitekim farklı sebze türleri ile yürütülen çalışmalarda üşüme zararının ve bozulmaların hücre zarı yapısını etkileyerek elektrolit sızıntısını arttırdığı rapor edilmiştir (Fan vd., 2016; Kasım ve Kasım, 2016a; Kasım ve Kasım, 2016b). SA ve MEL uygulamalarının elektrolit sızıntı değerlerindeki artışı yavaşlatmasını, taze baklaların yaşlanmasını/olgunlaşmasını geciktirmesine dayandırabiliriz. Özellikle MEL uygulamalarının taze baklaların çürümelerini geciktirerek hücre yapısını korumasıyla ilişkilendirebiliriz. Çalışmadaki çürüme değerleri de (Çizelge 4.25 ve 4.26) bu durumu destekler niteliktedir. Çalışmamıza paralel olarak Aghdam vd. (2019) domateslere, Mohamadi ve Karimi (2020) biberyeye ve Liu vd. (2022) hıyarlara uyguladıkları MEL'in üşüme zararını azaltarak ürünlerdeki elektrolit sızıntı değerini de azalttığını rapor etmişlerdir.

## 4.6. Dış Görünüş, Sararma ve Gevreklik

### 4.6.1. Dış görünüş

Taze baklaların soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince dış görünüş puanları değişimi Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Soğukta muhafaza boyunca uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksiyonlarının bürülcelerin dış görünüş puanları üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Taze bürülce baklalarının dış görünüş puanları soğukta muhafaza süresi arttıkça zamana bağlı olarak azalmıştır. Başlangıçta bütün uygulamalarda 9.00 puan olan dış görünüş değeri, 16 gün sonunda 3.00 puana (kontrol) kadar düşmüştür. Muhafaza boyunca genellikle uygulama yapılan baklaların dış görünüş puanları uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre daha yüksek olmuştur. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, dış görünüş bakımından en yüksek puanı (7.87 puan) MEL 2 uygulaması alırken, MEL 1 (7.72 puan) bu uygulamayı takip etmiştir. En düşük puanı (7.43 puan) ise kontrol grubu almıştır (Çizelge 4.17). Raf ömrü çalışmalarında ise tüm uygulamalar soğukta muhafazaya oranla dış görünüş bakımından daha düşük puanlar almıştır. En yüksek puanı MEL 1 (6.18 puan) uygulaması alırken, bunu MEL 2 uygulaması (6.13 puan) takip etmiştir. En düşük puanı ise soğukta muhafazada olduğu gibi kontrol grubu (5.89 puan) almıştır (Çizelge 4.18). MEL uygulamalarının taze baklaların dış görünüşüne diğer uygulamalara kıyasla daha olumlu etkileri olduğunu söyleyebiliriz. Wang vd. (2023), derim sonrası MEL uygulamalarının ürünlerin renk pigmentlerindeki bozulmaları engelleyerek duyusal kaliteyi koruduğunu ve Fan vd. (2023) de kedi kuyruklarına (*Typha latifolia* L.) uyguladıkları MEL’in duyusal özelliklerin korunması bakımından en etkili uygulama olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.17. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların dış görünüş puanları (1-9 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	9.00 a	9.00 a	9.00 ab	7.17 c	3.00 f	7.43 c
SA 1	9.00 a	9.00 a	9.00 a	7.33 c	3.88 de	7.64 a-c
SA 2	9.00 a	9.00 a	9.00 a	7.17 c	3.50 ef	7.53 bc
MEL 1	9.00 a	9.00 a	9.00 a	7.33 c	4.25 de	7.72 ab
MEL 2	9.00 a	9.00 a	9.00 a	7.83 bc	4.50 d	7.87 a
DS ort.	9.00 A	9.00 A	9.00 B	7.37 C	3.83 D	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.18. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların dış görünüş puanları (1-9 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	9.00	9.00	7.19	3.00	1.25	5.89 b
SA 1	9.00	9.00	7.63	3.33	1.63	6.12 ab
SA 2	9.00	9.00	7.63	3.50	1.31	6.09 ab
MEL 1	9.00	9.00	7.56	3.83	1.50	6.18 a
MEL 2	9.00	9.00	7.63	3.58	1.44	6.13 ab
DS ort.	9.00 A	9.00 A	7.53 B	3.45 C	1.43 D	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

#### 4.6.2. Sararma

Soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince baklaların sararma puanlarındaki değişimler Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20'de sunulmuştur. Soğukta depolama çalışmalarında uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksyonlarının baklaların sararma puanları üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.19). Taze börülce baklalarında sararma puanları soğukta depolama süresi arttıkça zamana bağlı olarak artmıştır. Başlangıçta 1.00 puan (koyu yeşil) olan sararma puanları 16 gün sonunda 4.00 puana (sarı) kadar çıkmıştır. Uygulama yapılan (SA ve MEL) baklaların ortalama sararma puanlarının kontrole göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Taze baklalarda sararma bakımından en iyi puanı MEL 1 (1.67 puan) uygulaması alırken, en yüksek puanı (2.06 puan) ise kontrol grubu

almıştır (Çizelge 4.19). Soğukta muhafaza sonunda MEL uygulamalarının taze börülce baklalarının sararması üzerine diğer uygulamalara göre kısmen daha olumlu etkileri olduğunu söyleyebiliriz.

Raf ömrü koşullarında da soğukta muhafazaya benzer sonuçlar elde edilmiş ancak sararma puanları soğukta muhafazaya oranla daha yüksek olmuştur. Raf ömrü sonunda, baklaların sararma puanları bakımından uygulamalar arasında küçük farklılıklar tespit edilmiş olsa da uygulamaların sararma üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların sararma puanları (1-5 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	1.00 d	1.00 d	1.63 cd	2.67 b	4.00 a	2.06 a
SA 1	1.00 d	1.00 d	1.57 cd	2.25 bc	2.57 b	1.68 b
SA 2	1.00 d	1.00 d	1.38 d	2.50b	2.57 b	1.69 b
MEL 1	1.00 d	1.00 d	1.25 d	2.23 bc	2.88 b	1.67 b
MEL 2	1.00 d	1.00 d	1.50 d	2.59 b	2.88 b	1.79 b
DS ort.	1.00 D	1.00 D	1.46 C	2.45 B	2.98 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.20. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların sararma puanları (1-9 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	1.00	1.00	1.94	2.83	4.13	2.18 <sup>ÖD</sup>
SA 1	1.00	1.00	1.63	2.67	3.81	2.02
SA 2	1.00	1.00	1.63	2.75	3.44	1.96
MEL 1	1.00	1.00	2.06	2.31	3.69	2.01
MEL 2	1.00	1.00	1.81	2.75	3.56	2.03
DS ort.	1.00 D	1.00 D	1.81 C	2.66 B	3.73 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Baklarda sararma için eşik değer 3 puan olarak belirtilmiş ve 3 puana ulaştığında ürünün pazarlanamaz olduğu veya depolama ömürlerinin bittiği belirtilmiştir (Siomos ve Koukounaras, 2007). Bu bilgiler doğrultusunda her iki depolama koşulu

birlikte incelendiğinde, soğukta depolamanın 16. gününde sadece kontrol uygulaması (4. puan), raf ömrü koşullarında ise 16+2 günde bütün uygulamalar (kontrol 4.13 puan, SA 1 3.81 puan, SA 2 3.44 puan, MEL 1 3.69 puan ve MEL 2 3.56 puan) 3 puanın üzerinde puan almışlardır. Hatta soğukta depolamanın 12. gününde kontrol (2.67 puan), MEL 2 (2.59 puan) ve SA 2 (2.50 puan), raf koşullarında ise 12+2. günde kontrol (2.83 puan), MEL 2 (2.75 puan) ve SA 2 (2.75 puan) eşik değere (3 puan) çok yakın değerler almıştır (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20).

Yeşil sebzelerde sararma, olgunlaşma/yaşlanmanın ileri aşamalarında meydana gelmektedir. Sararma, klorofillerin parçalanarak halihazırda var olan sarı renkli pigmentlerin görünür hale gelmesinden kaynaklanmaktadır (Ergun, 2006). Depolama boyunca bütün uygulamalarda ve her iki depolama koşulunda sararma puanları düzenli olarak artmıştır (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20). Nitekim Adams ve Brown (2007), taze sebzelerin uzun ya da kısa süreli depolamalarda renklerini kaybedebileceğini ve ortaya istenilmeyen renklerin (sarı veya sarımsı kahverengi) çıkabileceğini belirtmişlerdir. Hem SA hem de MEL uygulaması taze baklalarda sararmanın geciktirilmesi bakımından kısmen etkili olmuştur (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20). Wang vd. (2022b), pakçoya uyguladıkları MEL'in klorofil bozulmasını engelleyerek yaprak sararmasını geciktirdiğini ve Wu vd. (2021)'de brokoliye uyguladıkları MEL'in klorofil parçalanmasında etkili olan genlerin ve enzimlerin aktivitesini engelleyerek sararmaları geciktirdiğini rapor etmişlerdir. Maydanoza (Üner Öztürk ve Koyuncu, 2021) ve pakçoya (Zhang vd., 2022) derim sonrası uygulanan SA'nın depolama boyunca yeşil rengin korunmasında etkili olduğu belirtilmiştir.

### **4.6.3. Gevreklik**

Taze baklaların soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince gevreklik puanlarındaki değişimler Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'de gösterilmiştir. Soğukta muhafazada uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksiyonlarının baklaların gevreklik puanları üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.21). Taze börülce baklalarının gevreklik puanları soğukta muhafaza süresinin uzamasına paralel olarak azalmıştır. Depolama başlangıcında ortalama

gevreklik puanı 5.00 (gevrek) olarak değerlendirilen baklalar, 16 gün sonunda 2.95 puan almışlardır. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, taze baklalarda gevreklik bakımından en yüksek puanı SA 1 (4.45 puan) alırken, bu uygulamayı SA 2 (4.40 puan), MEL 2 (4.33 puan), MEL 1 (4.19 puan) ve kontrol (4.08 puan) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.21). SA uygulamalarının taze bürülce baklalarının gevrekliğinin korunması bakımından kısmen olumlu etkileri olduğunu söyleyebiliriz. Raf ömrü çalışmalarında da beklenildiği gibi taze baklaların gevreklik puanları depolama boyunca düzenli olarak azalmış ve bu azalışlar istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.22). İstatistik olarak SA ve MEL uygulamaları aynı grupta yer almış ve aralarında ciddi farklılıklar gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.21. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların gevreklik puanları (1-5 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	5.00 a	5.00a	4.63 a-c	3.75 d-f	2.00 h	4.08 c
SA 1	5.00 a	5.00a	4.75 a	4.00 d-f	3.50 f	4.45 a
SA 2	5.00 a	5.00a	4.69 ab	3.67 d-f	3.63 ef	4.40 a
MEL 1	5.00 a	5.00a	4.19 b-d	4.00 d-f	2.75 g	4.19 bc
MEL 2	5.00 a	5.00a	4.69 ab	4.08 c-e	2.88 g	4.33 ab
DS ort.	5.00 A	5.00 A	4.59 B	3.90 C	2.95 D	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama etkileşimi arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.22. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların gevreklik puanları (1-5 puan) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	5.00 a	5.00 a	2.81 b-d	1.58 f-h	1.25 h	3.13 b
SA 1	5.00 a	5.00 a	3.38 b	2.17 d-g	1.50 gh	3.41 a
SA 2	5.00 a	5.00 a	3.00 bc	2.33 c-e	1.38 h	3.34 ab
MEL 1	5.00 a	5.00 a	3.06 b	2.25 d-f	1.50 gh	3.36 a
MEL 2	5.00 a	5.00 a	3.38 b	1.83 e-h	1.56 gh	3.35 a
DS ort.	5.00 A	5.00 A	3.13 B	2.03 C	1.44 D	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama etkileşimi arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Taze brlce baklalarında, gevreklik tüketicinin satın alma tercihini etkileyen önemli bir kalite özelliğidir. Muhafaza süresince baklalarda artan su/ağırılık kaybına bağlı olarak gevreklikte azalışın (yumuşamanın) meydana gelebileceği bilinmektedir. Bu bilgiler ışığında, ağırılık kaybının yüksek olduğu uygulamada, gevreklik puanının da düşük olması beklenmektedir ki; mevcut çalışmada da ağırılık kaybı (izelge 4.1 ve izelge 4.2) sonuçlarından elde edilen bulgular bu durumu açıklamaktadır. Ayrıca meyve ve sebzelerdeki tekstür kayıplarının, olgunlaşmayla birlikte hücre duvarı bileşenlerinin değişmesi/bozulmasıyla yakından ilişki olduğu ve olgunlaşmayı geciktirici uygulamaların tekstür kaybını da yavaşlatabileceği belirtilmiştir (Sun vd., 2013). Bu alışmada MEL'in taze baklaların gevrekliğini korumasını olgunlaşmayı yavaşlatmasıyla ilişkilendirebiliriz. Nitekim Shi vd. (2024), bamyalara uyguladıkları MEL'in sertliği koruduğunu belirtmişlerdir. Bunu, hücre duvarının polisakkaritler, proteinler gibi bileşenlerden olduğunu, bu bileşenlerin olgunlaşma/yaşlanmayla birlikte aktive olan enzimler tarafından parçalanarak hücre duvarı yapısının bozulduğunu ve bunun da yumuşamaya neden olduğunu şeklinde açıklamışlardır.

#### **4.7. Üşüme Zararı İndeksi ve Pas Lekesi İndeksi**

##### **4.7.1. Üşüme zararı indeksi**

Taze brlce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince görülen üşüme zararı değişimleri izelge 4.23 ve izelge 4.24'te sunulmuştur. Soğukta muhafaza ve raf ömrü çalışmalarında uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksiyonlarının üşüme zararı indeksi üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (izelge 4.23 ve izelge 4.24). Taze baklalarda soğukta muhafazada üşüme zararı belirtileri ilk olarak 8. günde kontrol grubunda görülürken, raf ömrü denemelerinde 8+2. günde bütün uygulamalarda belirtilen belirginleşmiştir. Depolamanın 12. ve 16. günlerinde de şiddetlenerek artmıştır. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, MEL ve SA uygulanan baklaların üşüme zararı indeksi kontrol grubuna göre her iki depolama koşulunda da nispeten daha düşük çıkmıştır (izelge 4.23 ve izelge 4.24). Soğukta depolamada en düşük üşüme zararı indeksi (% 7.33) MEL 1 uygulamasında olurken, en yüksek değer kontrol grubunda (% 12.60) saptanmıştır (izelge 4.23). Raf mr koşullarında da 8+2. günden sonra bütün uygulamalarda üşüme zararı ciddi olarak artmış ve kontrol grubunda

%45.67'ye kadar çıkmıştır. Muhafaza sonunda (16+2. gün) ise üşüme zararı indeksi % 81 ile % 91 arasında değişen değerler olarak analiz edilemez hale gelmiştir (Çizelge 4.24). MEL uygulamalarının taze börülce baklalarının üşüme zararı indeksi üzerine olumlu etkileri olduğunu ancak bu olumlu etkilerin depolama sonlarında ortadan kalktığını ifade edebiliriz.

Çizelge 4.23. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların üşüme zararı indeksi (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	0.00 e	0.00 e	1.00 e	15.00 d	47.00 a	12.60 a
SA 1	0.00 e	0.00 e	0.00 e	6.33 de	37.00 a-c	8.67 b
SA 2	0.00 e	0.00 e	0.00 e	5.67 de	44.00 ab	9.93 ab
MEL 1	0.00 e	0.00 e	0.00 e	5.67 de	31.00 c	7.33 b
MEL 2	0.00 e	0.00 e	0.00 e	5.00 de	35.00 bc	8.00 b
DS ort.	0.00 C	0.00 C	0.20 C	7.53 B	38.80 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.24. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların üşüme zararı indeksi (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	0.00 d	0.00 d	7.00 d	45.67 b	91.00 a	28.73 a
SA 1	0.00 d	0.00 d	1.67 d	26.33 c	81.00 a	21.80 b
SA 2	0.00 d	0.00 d	3.00 d	31.00 c	83.00 a	23.40 b
MEL 1	0.00 d	0.00 d	3.33 d	23.00 c	82.00 a	21.67 b
MEL 2	0.00 d	0.00 d	3.00 d	23.00 c	83.00 a	21.80 b
DS ort.	0.00 C	0.00 C	3.60 C	29.80 B	84.00 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Bahçe ürünlerinde düşük sıcaklıkta depolamanın amacı metabolik olayları yavaşlatarak ürünlerin kalitesini korumak ve soğukta depolama/raf ömrü süresini uzatmaktır (Zahid vd., 2013). Ancak, börülceler düşük sıcaklığa oldukça duyarlı olup, uzun süreli soğuğa maruz kaldıklarında üşüme zararı belirtileri ortaya çıkabilmektedir. Börülcelerde üşüme zararının ilk belirtileri, bakla yüzeyinde lezyonlar ve çukurlaşma olarak ortaya çıkmakta ve bu durumda depolama ömrünü sınırlandırmaktadır (Fan vd., 2016). Üşüme zararının bir sonucu olarak hücre zarı ve

organelleri zararlanır, çözünen maddeler de hücreden dışarı çıkararak dokusal bozulmalara sebep olur. Dolayısıyla üşüme zararına maruz kalan ürünlerde çürümeler artar ve depolama ömrü kısalır (Kasım ve Kasım, 2021b). Çalışmamızda üşüme zararı uzayan depolama süresine bağlı olarak arttığı (Fan vd., 2016; Roopnarine ve Mohammed, 2021) ve üşüme zararının azaltılması bakımından en etkili uygulamanın MEL olduğu saptanmıştır. Dışarıdan uygulanan MEL'in hücre membran bütünlüğünü koruyarak (Zhai vd., 2018) ya da hücre zarında bulunan yağ asidi bileşiklerinin peroksidasyonunu geciktirerek üşüme zararına toleransı arttırabileceği bildirilmiştir (Korkmaz vd., 2017). Benzer şekilde Azadshahraki vd. (2018), domateslerde MEL uygulamasının, elektrolit sızıntı ve malondialdehit içeriğini azaltmak, prolin ve kartotenoid içeriğini arttırmak suretiyle hücre ve doku zararını dolayısıyla üşüme zararını azalttığı rapor etmişlerdir. Ayrıca dışsal olarak uygulanan MEL'in, derim sonrası ortaya çıkan stres koşullarında (çürüme, üşüme zararı vb.) meyvelerde antioksidan aktivitesini arttırarak üşüme zararının ortaya çıkmasını geciktirebildiği belirtilmiştir (Baş, 2024). Nitekim bu çalışmada da MEL 1 uygulamasında antioksidan kapasitesinin (Çizelge 4.29) yüksek olması belirtilen literetür bulgusuyla uyumludur. MEL uygulamalarının üşüme zararı üzerine olumlu etkilerinin olduğu farklı araştırmacılar tarafında da belirtilmiştir (Jannatizadeh vd., 2019; Kong vd., 2020; Wang vd., 2022a).

#### **4.7.2. Pas lekesi indeksi**

Taze börülce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince pas lekesi indeksi değişimleri Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da gösterilmiştir. Soğukta muhafaza ve raf ömrü çalışmalarında uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksiyonlarının pas lekesi indeksi üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Taze baklalarda pas lekesi indeksi soğukta muhafaza boyunca artmıştır. Soğukta depolamada ilk olarak 12. günde, raf ömrü koşullarında ise 8+2. günde pas lekeleri görülmeye başlanmıştır. Pas lekesi belirtileri genellikle üşüme zararı belirtileri ile paralel olarak ilerlemiş ve üşüme zararı (Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24) arttıkça pas lekelerinde de artışlar göze çarpmıştır. Muhafaza sonu olan 16. günde pas lekesi indeksi değerleri % 63.25 (kontrol) ile % 41.50 (MEL 2) arasında değişirken, raf ömrü sonunda (16+2. gün) % 90.00 (kontrol) ile % 69.00 (SA 1 ve MEL 1) arasında değişmiştir. Genel olarak her iki muhafaza koşulu birlikte

incelendiğinde, MEL uygulamaları en düşük pas lekeli indeksine sahip uygulamalar olmuştur. Özellikle soğukta muhafazada, MEL uygulamalarının pas lekeli indeksi üzerine olumlu etkisi daha net ortaya çıkarken, raf ömrü koşullarında bu etki kısmen ortadan kalkmıştır (Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26). Börülcelerde, pas lekeli indeksinin çürümenin (Çizelge 4.27 ve 4.28) ve üşüme zararının (Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24) bir belirtisi olduğu düşünüldüğünde, bunları geciktiren ya da engelleyen uygulamaların pas lekeli indeksini de geciktirdiğini ifade edebiliriz. Nitekim bu çalışmada üşüme zararını ve çürümeyi azaltan uygulamanın MEL olması bu durumu açıklar niteliktedir. Hu ve Mao (2023), farklı uygulamalar yaparak 4°C sıcaklıkta 15 gün depoladıkları taze börülce baklalarında, pas lekeli belirtilerinin depolamanın 6. gününde itibaren şiddetlendiği, 15. günde kontrol uygulamasında % 65'lere kadar ulaştığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.25. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca süresince taze baklaların pas lekeli indeksi (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	0.00 d	0.00 d	0.00 d	6.00 d	63.25 a	13.85 a
SA 1	0.00 d	0.00 d	0.00 d	4.75 d	53.25 ab	11.60 ab
SA 2	0.00 d	0.00 d	0.00 d	5.25 d	53.50 ab	11.75 ab
MEL 1	0.00 d	0.00 d	0.00 d	0.75 d	43.50 bc	8.85 b
MEL 2	0.00 d	0.00 d	0.00 d	1.00 d	41.50 c	8.50 b
DS ort.	0.00 C	0.00 C	0.00 C	3.55 B	51.00 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.26. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların pas lekeli indeksi (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	0.00 g	0.00 g	8.75 e-g	24.50 d	90.00 a	24.65 a
SA 1	0.00 g	0.00 g	5.25 e-g	15.25 de	69.00 c	17.90 b
SA 2	0.00 g	0.00 g	5.75 e-g	13.25 ef	80.00 ab	19.80 b
MEL 1	0.00 g	0.00 g	4.50 fg	12.25 ef	69.00 c	17.15 b
MEL 2	0.00 g	0.00 g	4.75 fg	13.25 ef	76.00 bc	18.80 b
DS ort.	0.00 D	0.00 D	5.80 C	15.70 B	76.80 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

#### 4.8. Çürüme Oranı

Taze börülce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince çürüme oranları Çizelge 4.27 ve 4.28’de sunulmuştur. Soğukta muhafaza ve raf ömrü koşullarında, uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksyonlarının çürüme oranı üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Taze baklalarda çürümeler, depolamanın 8. gününde ortaya çıkmış ve depolama sonuna doğru da şiddetlenerek artmıştır. Xie vd. (2014)’de taze börülcelerde 19 gün süren depolama çalışmalarında, depolama boyunca çürümelerin arttığını, çürümelerin ilk olarak 11. günde ortaya çıktığını ve depolama sonu olan 19. günde ise çürümelerin % 90’lara yaklaştığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada da depolamanın sonunda çürüme oranları % 39.75 (MEL 1) ile % 55.00 (kontrol) arasında değişen değerler almıştır (Çizelge 4.27). Raf ömrü sonunda ise bu değerler % 65.50 (SA 1) ile % 89.00 (kontrol) arasında değişmiştir (Çizelge 4.28). Üşüme zararının (Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24) fazla olduğu uygulamalarda çürüme oranlarının da yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28). Nitekim Kasım ve Kasım (2021b) ve Madebo vd. (2021b), üşüme zararına maruz kalan ürünlerde çürüme oranlarının artabileceğini belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada bütün uygulama grupları (SA ve MEL) çürüme oranının azaltılması bakımından kontrol grubuna kıyasla daha etkili olmuş, özellikle MEL uygulamalarının etkisi daha net ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28). Benzer şekilde El-Mogy vd. (2019) çilekte ve Ba vd. (2021) pitayada, melatonin uygulamasının meyvelerde çürüme oranını azalttığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.27. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL’in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların çürüme oranı (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS)					U ort.
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün	16. gün	
Kontrol	0.00 d	0.00 d	5.50 d	13.75 c	55.00 a	14.85 a
SA 1	0.00 d	0.00 d	0.00 d	8.25 cd	44.75 b	10.60 b
SA 2	0.00 d	0.00 d	0.00 d	8.75 cd	45.00 b	10.75 b
MEL 1	0.00 d	0.00 d	0.75 d	7.00 cd	39.75 b	9.50 b
MEL 2	0.00 d	0.00 d	3.00 d	5.25 cd	42.50 b	10.15 b
DS ort.	0.00 C	0.00 C	1.85 C	8.60 B	45.40 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.28. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların çürüme oranı (%) üzerine etkisi

Uygulamalar (U)	Depolama süresi (DS) (gün + gün)					U ort.
	0+2	4+2	8+2	12+2	16+2	
Kontrol	0.00 e	0.00 e	10.00 e	53.25 c	89.00 a	30.45 a
SA 1	0.00 e	0.00 e	3.50 e	33.75 d	65.50 bc	20.55 b
SA 2	0.00 e	0.00 e	3.50 e	30.75 d	71.50 b	21.15 b
MEL 1	0.00 e	0.00 e	3.75 e	31.50 d	67.50 bc	20.55 b
MEL 2	0.00 e	0.00 e	3.50 e	31.50 d	69.50 bc	20.90 b
DS ort.	0.00 C	0.00 C	4.85 C	36.15 B	72.60 A	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler uygulamalar, küçük harfler ise depolama süresi × uygulama interaksiyonu arasındaki farklılıkları göstermektedir.

## 4.9. Biyokimyasal Analizler

### 4.9.1. Toplam fenolik madde içeriği

Taze börülce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince toplam fenolik madde miktarı değişimleri Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30'da sunulmuştur. Soğukta muhafazada, uygulamaların ve muhafaza süresinin taze baklaların toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.29). Muhafaza süresince her iki depo koşulunda da azalışlar meydana gelmiştir. Depolama boyunca benzer azalışlar Collado vd. (2019)'nin taze börülce baklalarıyla yürütmüş olduğu muhafaza çalışmasında da belirtilmiştir. Depolama başlangıcında 823.31 mg/kg olan toplam fenolik madde miktarı, depolama sonunda kontrol, SA 1, SA 2, MEL 1 ve MEL 2 uygulamasında sırasıyla 384.46, 411.93, 424.66, 510.68 ve 494.45 mg/kg olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.29). Raf ömrü koşullarında da soğukta muhafazaya benzer sonuçlar elde edilmiş ve uzayan depolama süresine paralel olarak toplam fenolik madde miktarlarında azalışlar tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında raf ömrü sonunda (12+2. günde) rakamsal olarak farklılıklar olmasına rağmen, bu farklılıklar istatistik olarak önemsiz ( $p > 0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.30). Genel olarak değerlendirildiğinde, MEL ve SA uygulamalarının depolama süresince fenolik madde miktarındaki azalışları yavaşlattığını ifade edebiliriz.

Çizelge 4.29. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam fenolik madde miktarı (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS)			U ort.
	0 g	8 g	16 g	
Kontrol	828.31	681.62	384.46	631.46 <i>c</i>
SA 1	828.31	700.29	411.93	646.84 <i>bc</i>
SA 2	828.31	729.60	424.66	660.85 <i>a-c</i>
MEL 1	828.31	720.96	510.68	686.65 <i>a</i>
MEL 2	828.31	716.46	494.45	679.74 <i>ab</i>
DS ort.	828.31 A	709.78 B	445.23 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.30. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam fenolik madde miktarı (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS) (gün+gün)			U ort.
	0+2	8+2	12+2	
Kontrol	806.46	614.65	349.01	590.04 <i>ÖD</i>
SA 1	820.88	651.75	351.20	607.94
SA 2	817.49	696.33	332.98	615.60
MEL 1	810.68	696.33	311.52	606.18
MEL 2	822.80	688.48	298.31	603.19
DS ort.	815.66 A	669.51 B	328.60 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Depolama sırasında ürünlerdeki fenolik bileşikler, derim öncesi ve sonrası ortam koşulları, olgunluk aşaması, tür ve çeşit, stres faktörleri ve depolama süresi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Valero vd., 2011; Collado vd., 2019). Fenoller ve flavonoidler, antioksidan kapasiteyi artıran ve membran lipid peroksidasyonunu engelleyen ikincil metabolitlerdir (Ahamad vd., 2024). Dolayısıyla fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi birbiri ile ilişkili olup, fenolik madde miktarının artması ya da azalması durumunda antioksidan kapasitede de artış ya da azalış görüldüğü bildirilmektedir (Sağlam, 2007). Mevcut çalışmada da fenolik madde miktarı (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) ve antioksidan kapasitesi (Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32) bulguları birbirini desteklemektedir. Bu çalışmada, MEL uygulamalarındaki azalışlar kontrol grubuna göre daha az olmuştur (Çizelge 4.29). Nitekim Bal (2021), depolama boyunca nektarinlerin fenolik madde miktarlarında

azalışlar meydana geldiğini ve MEL uygulanan gruplarda bu azalışların kontrole oranla daha az olduğunu belirtmiştir. Bu durumda, MEL uygulamalarının fenolik bileşiklerle yakından ilişkili olan PPO enziminin aktivitesini engelleyerek fenoliklerin oksidasyonunun geciktirerek yapabileceğini rapor etmiştir. Çalışmamıza benzer bulgular Gurjar vd. (2023)'nin marulda ve Ahamad vd. (2024)'nin dolmalık biberlere MEL uygulayarak depoladıkları çalışmalardan da elde edilmiştir.

#### **4.9.2. Antioksidan kapasitesi**

Taze börülce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince toplam antioksidan kapasite değişimi Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32'de sunulmuştur. Soğukta muhafaza koşullarında uygulamaların ve muhafaza süresinin, taze baklaların antioksidan kapasitesi üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) olurken, raf ömrü koşullarında ise sadece muhafaza süresinin etkisi önemli ( $p<0.05$ ) olmuştur. Soğukta muhafazada genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, en yüksek antioksidan kapasite değeri (520.20 mg/kg) MEL 1 uygulamasında saptanmış olup, bu uygulamayı sırasıyla MEL 2 (200.28 mg/kg), SA 2 (494.89 mg/kg), SA 1 (482.45 mg/kg) ve kontrol (459.27 mg/kg) uygulamaları takip etmiştir. Derim sonrası taze börülce baklalarına yapılan SA ve MEL uygulamalarının genel olarak toplam antioksidan kapasiteyi korumada etkili olduğu saptanmıştır. Hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü koşullarında depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinde azalışlar saptanmıştır. Benzer azalışlar Ahamad vd. (2024)'nin dolmalık biberlere MEL uyguladıkları çalışmalarında da tespit edilmiştir. Çalışmamızda antioksidan kapasite değerlerinin korunması bakımından MEL uygulamalarının özellikle MEL 1 uygulamasının etkisinin daha belirgin olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.31). Nitekim Sun vd. (2016) ve Bhardwaj vd. (2022), MEL uygulamalarının askorbik asit ve toplam fenolik madde içeriğini koruyarak antioksidan aktivitedeki azalışları geciktirdiğini ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada toplam fenolik madde (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) ve askorbik asit miktarındaki (Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38) bulgularda bu durumu destekler niteliktedir.

Çizelge 4.31. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların antioksidan kapasitesi (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS)			U ort.
	0. gün	8. gün	16. gün	
Kontrol	569.27	469.28	339.25	459.27 <i>b</i>
SA 1	569.27	498.28	379.82	482.45 <i>ab</i>
SA 2	569.27	509.15	406.26	494.89 <i>ab</i>
MEL 1	569.27	513.62	477.70	520.20 <i>a</i>
MEL 2	569.27	484.25	447.31	500.28 <i>ab</i>
DS ort.	569.27 A	494.91 B	410.07 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.32. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların antioksidan kapasitesi (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS) (gün + gün)			U ort.
	0+2	8+2	12+2	
Kontrol	513.90	454.48	333.13	433.84 <i>ÖD</i>
SA 1	540.25	500.29	309.43	449.99
SA 2	526.76	468.92	374.98	456.89
MEL 1	567.26	452.66	332.41	450.78
MEL 2	514.13	425.46	394.35	444.65
DS ort.	532.46 A	460.36 B	348.86 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri farklılıkları göstermektedir.

#### 4.9.3. Toplam klorofil miktarı

Taze börülce baklalarında soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince toplam klorofil miktarı değişimi Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34'te sunulmuştur. Hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü koşullarında uygulamaların ve muhafaza süresinin baklaların toplam klorofil miktarı üzerine etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olmuştur. Başlangıçta 0.188 mg/g olan ortalama toplam klorofil miktarı değeri, muhafaza boyunca azalış göstermiş, 16. günde 0.098 mg/g'a düşmüştür. Genel uygulama ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek klorofil miktarı (0.150 mg/g), MEL 1 uygulamasında ölçülürken, en düşük (0.132 mg/g) kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.33). Raf ömrü koşullarında da benzer sonuçlar elde edilmiş olup, muhafaza sonunda (12+2. gün) en düşük klorofil içeriği (0.064 mg/g) kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.33). Soğukta muhafazada, hem SA hem de

MEL uygulamaları kontrol uygulamasına göre klorofil içeriğinin korunması bakımından etkili olmuş, ancak SA ve MEL uygulamaları arasında istatistik olarak farklılıklar tespit edilememiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.33. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam klorofil miktarı (mg/g) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS)			U ort.
	0. gün	8. gün	16. gün	
Kontrol	0.188	0.121	0.087	0.132 <i>b</i>
SA 1	0.188	0.150	0.098	0.145 <i>a</i>
SA 2	0.188	0.149	0.102	0.146 <i>a</i>
MEL 1	0.188	0.161	0.100	0.150 <i>a</i>
MEL 2	0.188	0.157	0.103	0.149 <i>a</i>
DS ort.	0.188 A	0.148 B	0.098 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.34. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam klorofil miktarı (mg/g) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS) (gün+gün)			U ort.
	0+2	8+2	12+2	
Kontrol	0.160	0.108	0.064	0.110 <i>b</i>
SA 1	0.153	0.126	0.081	0.120 <i>ab</i>
SA 2	0.175	0.136	0.067	0.126 <i>a</i>
MEL 1	0.163	0.133	0.077	0.124 <i>a</i>
MEL 2	0.170	0.108	0.082	0.120 <i>ab</i>
MS ort.	0.164 A	0.122 B	0.074 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Klorofiller, bitkilerin yeşil renginden sorumlu bir renk pigmenttir. Yeşil ürünlerde, kalite parametrelerinden birisi olan yeşil renkte, muhafaza süresinin uzamasına paralel olarak açılmalar hatta ilerleyen süreçlerde sararmalar meydana gelmektedir. Bu sararmalar, klorofillerin parçalanmasının bir sonucu olup, ürünlerin kalitesini kaybetmesine ve muhafaza/raf ömrünü kısılmasına sebep olmaktadır (Rastegar vd., 2022). Çalışmada, hem SA hem de MEL uygulamalarının taze baklaların klorofil içeriğinin korunması bakımından etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34). Benzer şekilde Yadav vd. (2022), SA'nın kabaklarda klorofillerin parçalanmasında etkili olan enzimlerin aktivitelerini yavaşlatarak klorofil içeriğini

koruduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde El-Beltagi vd. (2022), brokolide derim sonrası SA uygulamasının, klorofil içeriğini koruduğunu, bunu da solunum hızı ve etileni baskılayarak olgunlaşmayı geciktirerek yaptığını rapor etmişlerdir. Öte yandan Wang vd. (2023), ıspanağa ve Gurjar vd. (2023)'de marula uyguladıkları farklı dozlardaki MEL'in klorofil parçalanmasını geciktirerek ürünlerin yeşil rengini koruduğunu belirtmişlerdir.

#### **4.9.4. Toplam karotenoid miktarı**

Derim sonrası taze baklalara SA ve MEL uygulamalarının toplam karotenoid miktarı üzerine etkileri Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da sunulmuştur. Her iki muhafaza koşulunda da uygulamaların taze börölce baklalarının karotenoid miktarı üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) olmuştur. Her ne kadar önemsiz olsa da, genel uygulama ortalamaları incelendiğinde, her iki uygulama baklalarında da (SA ve MEL) kontrole göre karotenoid miktarı nispeten daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36). Yeni derilmiş yeşil sebzelerde, sarı rengi veren karotenoidler ile yeşil renkten sorumlu klorofillerin birlikte bulunduğu ve olgunlaşmayla klorofiller hızla parçalanarak karotenoidlerin ortaya çıkmasına neden olduğu bilinmektedir (Ergun, 2006). Ayrıca ürüne göre değişmekle beraber olgunlaşmayla birlikte karotenoidlerin sentez miktarıda artmaktadır. Mevcut çalışmada da bu bilgiyi doğrular nitelikte bir durum ortaya çıkmış, depolama süresince taze baklaların klorofil miktarlarında (Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34) azalışlar, karotenoid miktarlarında (Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36) ise artışlar tespit edilmiştir. Nitekim Yadav vd. (2022), ürünlerde muhafaza süresinin ilerlemesiyle klorofil pigmentinin yapısının bozulduğunu ve bu pigmentlerin karotenoidlere dönüştüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca toplam karotenoid miktarının fazla olması, o üründe klorofil pigmentinde bozulmanın fazla olması ile ilişkilendirilebileceğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.35. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların toplam karotenoid miktarı (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS)			U ort.
	0. gün	8. gün	16. gün	
Kontrol	2.81	3.02	3.21	3.01 <sup>ÖD</sup>
SA 1	2.81	2.95	3.01	2.92
SA 2	2.81	3.08	2.89	2.93
MEL 1	2.81	2.73	3.06	2.87
MEL 2	2.81	3.07	3.03	2.97
DS ort.	2.81 <sup>ÖD</sup>	2.97	3.04	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil.

Çizelge 4.36. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların toplam karotenoid miktarı (mg/kg) üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS) (gün+gün)			U ort.
	0+2	8+2	12+2	
Kontrol	2.98	2.99	3.09	3.02 <sup>ÖD</sup>
SA 1	2.97	2.96	3.00	2.98
SA 2	2.92	2.98	3.07	2.99
MEL 1	2.81	3.04	3.09	2.98
MEL 2	3.06	2.92	3.02	3.00
MS ort.	2.95 <sup>ÖD</sup>	2.98	3.05	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil.

#### 4.9.5. Askorbik asit miktarı

Taze baklalarda soğukta muhafaza ve raf ömrü boyunca askorbik asit miktarlarındaki değişimler Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38'da sunulmuştur. Soğukta muhafaza boyunca taze baklaların askorbik asit içeriği üzerine, muhafaza süresinin etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olurken, raf ömrü koşullarında hem muhafaza süresi hem de uygulamaların etkisi önemli ( $p < 0.05$ ) olmuştur. Raf ömrü koşullarında uygulamaların etkisi önemli olsa da SA ve MEL uygulamaları istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Her iki muhafaza koşulunda da, uzayan muhafaza süresine paralel olarak baklaların askorbik asit miktarında azalışlar tespit edilmiştir. Bu azalışlar raf ömrü koşullarında daha fazla gerçekleşmiştir. Soğukta muhafaza başlangıcında 51.07 mg/100 g olan askorbik asit içeriği 16. günde 22.83 mg/100 g'a düşmüştür (Çizelge 4.37). Raf ömrü koşullarında, başlangıçta 45.18 mg/100 g'a askorbik asit içeriği, 12+2. gün sonunda ortalama 19.65 mg/100 g'a düşmüştür

(Çizelge 4.38). Nitekim Yuan vd. (2010), yaş meyve ve sebzelerde derimden sonra askorbik asit miktarında hızlı azalışlar meydana gelebileceğini ve Yaman (2023)'da ürünlerin depolanması sırasında sıcaklık, nem ve ağırlık/su kaybının askorbik asit miktarını etkileyebileceğini, düşük sıcaklık, yüksek nem ve düşük ağırlık/su kaybının ürünlerin askorbik asit miktarının korunmasını sağlayabileceğini belirtmiştir (Yaman, 2023). Çalışmada da en düşük ağırlık kayıplarının (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2) SA ve MEL uygulamalarında olması bu durumu nispeten desteklemektedir.

Çizelge 4.37. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in soğukta muhafaza boyunca taze baklaların askorbik asit (mg/100 g) içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS)			U ort.
	0. gün	8. gün	16. gün	
Kontrol	51.07	30.96	18.10	33.37 <sup>ÖD</sup>
SA 1	51.07	33.81	23.14	36.00
SA 2	51.07	37.11	24.32	37.50
MEL 1	51.07	36.97	25.32	37.79
MEL 2	51.07	36.58	23.30	36.98
DS ort.	51.07 A	35.08 B	22.83 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama, ÖD: Önemli değil. Büyük harfler depolama süreleri farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.38. Derim sonrası farklı dozlarda uygulanan SA ve MEL'in raf ömrü süresince taze baklaların askorbik asit (mg/100 g) içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar	Depolama süresi (DS) (gün+gün)			U ort.
	0+2	8+2	12+2	
Kontrol	44.17	25.82	16.12	28.70 <i>b</i>
SA 1	45.91	31.26	20.65	32.61 <i>a</i>
SA 2	45.12	34.25	19.23	32.87 <i>a</i>
MEL 1	45.09	32.91	21.72	33.24 <i>a</i>
MEL 2	45.61	33.73	20.53	33.29 <i>a</i>
DS ort.	45.18 A	31.59 B	19.65 C	

SA 1: 1 mM SA, SA 2: 2 mM SA, MEL 1: 100 µL MEL, MEL 2: 200 µL MEL, Ort: Ortalama. Büyük harfler depolama süreleri, küçük italik harfler ise uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Suda çözünen bir vitamin olan askorbik asit, güçlü bir antioksidan özelliğe sahiptir. Bu antioksidan özellik sayesinde süperoksit ve hidroksil radikallerini ortadan kaldırarak meyvenin bozulmaya karşı korunmasında çok önemli bir rol oynar ve depolama sırasında meyvenin kalitesinin korunmasına da katkıda bulunur (Rastegar

vd., 2020). Muhafaza süresi ilerledikçe ürünlerin askorbik asit içeriğindeki azalma, askorbik asidin askorbat oksidaz tarafından dehidroaskorbik aside hızlı bir şekilde parçalanmasından kaynakladığı ifade edilmiştir (Cao vd., 2018). Çalışmada da MEL ve SA uygulamalarının, diğer metabolik olayları yavaşlattığı gibi askorbat oksidaz aktivitesini azaltarak veya geciktirerek askorbik asit içeriğini koruduğu düşünülmektedir. SA ve MEL uygulamalarının askorbik asit içeriğinin koruduğuna ait bulgular farklı araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Wei vd., 2011; Özgan ve Sabır, 2018; Miao vd., 2020; Ahamad vd., 2024).



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, Karnıkara börülce çeşidine ait taze baklalara derim sonrası farklı dozlarda SA ve MEL uygulamalarının, kalite kayıpları ve biyokimyasal içeriğindeki değişimleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Taze baklaların ağırlık kayıplarının azaltılması bakımından hem SA hem de MEL uygulaması kontrol uygulamasına göre daha etkili olmuştur. Raf ömrü koşullarında da uygulamaların bu etkisi kısmen devam etmiş ve ağırlık kayıpları ortam sıcaklık artışından dolayı daha fazla olmuştur. Raf ömrü ve soğukta muhafaza birlikte incelendiğinde en etkili uygulamanın MEL 1 olduğu saptanmıştır.

Sebzelerde tüketicinin satın alırken dikkat ettiği en önemli faktörlerden birisi olan renk, uzayan muhafaza süresi ve ilerleyen olgunluk aşamasıyla birlikte değişim göstermiştir. Baklaların yeşil renginin korunması bakımından SA ve MEL uygulamaları etkili olmuş, ancak MEL uygulamalarının etkisi kısmen daha belirgin olmuştur.

Çalışmada, metabolik aktivitenin dolayısıyla yaşlanmanın bir göstergesi olan solunum hızı üzerine, uygulamaların etkisinin olumlu olduğu gözlemlenmiş ancak uygulamalar arasında bu etki bakımından istatistik olarak fark belirlenmemiştir.

İlerleyen olgunluk süreciyle birlikte artan elektrolit sızıntısı değeri, uygulama yapılan gruplarda kontrole göre kısmen daha düşük ölçülmüştür. Özellikle soğukta muhafazada MEL uygulamalarının etkisi dikkat çekici olmuştur.

Taze börülce baklalarının duyuşal özelliklerinin korunması bakımından hem MEL hem de SA uygulamalarının olumlu etkileri saptanmıştır. MEL uygulamaları daha çok baklaların dış görünüş ve gevreklik puanları üzerine etkili bulunurken, SA uygulaması ise sararma üzerine daha etkili bulunmuştur.

Taze baklalarda soğukta muhafazada üşüme zararı belirtileri ve çürümeler ilk olarak 8. günde ortaya çıkmış ve depolama sonuna doğru da şiddetlenerek artmıştır. Bu belirtiler kontrol grubunda uygulama gruplarına göre daha net görülmüş, SA ve MEL uygulamalarıyla da kısmen geciktirilmiştir.

Çalışmada taze börülce baklalarının biyokimyasal içeriklerinin korunması açısından hem SA hem de MEL uygulamalarının kontrole kıyasla kısmen daha etkili olduğu saptanmış ancak raf ömrü koşullarında uygulamaların bu etkilerinin genellikle ortadan kalktığı saptanmıştır.

Sonuç olarak çalışmada incelenen bütün kalite parametreleri dikkate alındığında, hem SA hem de MEL uygulamalarının taze börülce baklalarının soğukta depolama boyunca kalitesinin korunması ve muhafaza süresinin uzamasında etkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle düşük doz olarak kullanılan MEL 1 uygulamasında bu etkinin diğer uygulamalara göre kısmen daha belirgin olduğu söylenebilir.

Genel olarak sararma, dış görünüş ve ağırlık kaybı değerleri göz önüne alındığında, yapılan uygulamalarla (MEL ve SA) taze börülce baklalarının soğukta muhafazada 12 gün kadar, raf ömrü koşullarında ise 8+2. gün kaliteli bir şekilde depolanabileceği sonucuna varılmıştır. Bu durum kontrol grubunda 8 gün ile sınırlı kalmıştır.

Son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesiyle birlikte tüketilen ürünlerin içeriklerine daha fazla dikkat edilmeye başlanmıştır. Her alanda olduğu gibi bahçe ürünlerinde de doğala yönelim giderek artmakta ve tüketici sofrasına kadar olan her aşamada kimyasal madde kullanımından kaçınılmasına özen gösterilemektedir. Bu tezde de, derim sonrası uygulanan MEL ve SA'nın doğal maddeler arasında olmasından dolayı, taze börülce baklalarında derim sonrası kalitenin ve biyokimyasal içeriğin korunması, muhafaza ve raf ömrünün uzatılmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak çalışmada kullanılan maddeler SA ve MEL her ne kadar doğal maddeler olsa da, insanlar ya da ürünler için toksik etkilerinin olabileceği göz önüne alınmalı ve tür/çeşit bazında uygulama dozu ve süresinin iyi seçilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abacı, Z. T., Sevindik, E., & Selvi, S. (2014). Ardahan'da yetişen bazı erik (*Prunus x domestica* L.) genotiplerinde toplam fenolik içerik, toplam antosiyanin ve askorbik asit içeriğinin belirlenmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 11(3), 27-33.
- Adams, J. B., & Brown, H. M. (2007). Discoloration in raw and processed fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 319-333. <https://doi.org/10.1080/10408390600762647>
- Aday, M. S. (2021). Meyve ve sebzelerde aktif ambalajlama teknolojisinin kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 122-130. <https://doi.org/10.31590/ejosat.840317>
- Aghdam, M. S., Asghari, M. R., Moradbeygi, H., Mohammadkhani, N., Mohayeji, M., & Rezapour-Fard, J. (2012). Effect of postharvest salicylic acid treatment on reducing chilling injury in tomato fruit. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(4), 7466-7473.
- Aghdam, M. S., Asghari, M., Babalar, M., & Sarcheshmeh, M. A. A. (2016). Impact of salicylic acid on postharvest physiology of fruits and vegetables. In *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*. (pp. 243-268)
- Aghdam, M. S., Asghari, M., Khorsandi, O., & Mohayeji, M. (2014). Alleviation of postharvest chilling injury of tomato fruit by salicylic acid treatment. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2815-2820. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0757-1>
- Aghdam, M. S., Luo, Z., Jannatizadeh, A., Sheikh-Assadi, M., Sharafi, Y., Farmani, B., Fard, J. R., & Razavi, F. (2019). Employing exogenous melatonin applying confers chilling tolerance in tomato fruits by upregulating ZAT2/6/12 giving rise to promoting endogenous polyamines, proline, and nitric oxide accumulation by triggering arginine pathway activity. *Food Chemistry*, 275, 549-556. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.157>
- Ahamad, S., Asrey, R., Singh, A. K., Sethi, S., Joshi, A., Vinod, B. R., Meena, N. K., Meneka, M., & Choudhar, G. K. (2024). Melatonin treatment enhances bioactive compound retention, antioxidant activity and shelf-life of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during cold storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 7918-7931. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17154>
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E., & Dalkılıç, G. G. (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini artırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 87-95. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.294100>
- Altıkardeş, E., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2018). Hıyarlarda salisilik asit uygulaması ile depolama süresinin uzatılması ve kalite kayıplarının

azaltılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 143-150.  
<https://doi.org/10.29278/azd.476188>

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.  
<https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>

Azadshahraki, F., Jamshidi, B., & Mohebbi, S. (2018). Postharvest melatonin treatment reduces chilling injury and enhances antioxidant capacity of tomato fruit during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 32(3), 299-310.

Ba, L., Cao, S., Ji, N., Ma, C., Wang, R., & Luo, D. (2021). Exogenous melatonin treatment in the postharvest storage of pitaya fruits delays senescence and regulates reactive oxygen species metabolism. *Food Science and Technology*, 42, e15221. <https://doi.org/10.1590/fst.15221>

Bagheri, M., Esna-Ashari, M., & Ershadi, A. (2015). Effect of postharvest calcium chloride treatment on the storage life and quality of persimmon fruits (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. 'Karaj'. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 2(1), 15-26.  
<https://doi.org/10.22059/ijhst.2015.54260>

Bal, E. (2012). Hasat sonrası putresin ve salisilik asit uygulamalarının kirazın soğukta muhafazası üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 23-31.

Bal, E. (2019). Physicochemical changes in 'Santa Rosa' plum fruit treated with melatonin during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 1713-1720.

Bal, E. (2021). Effect of melatonin treatments on biochemical quality and postharvest life of nectarines. *Food Measure* 15, 288-295.  
<https://doi.org/10.1007/s11694-020-00636-5>

Baş, T. (2024). *Hasat Sonrası Melatonin Uygulamalarının Albion Çilek Çeşidinde Muhafaza Süresince Kalite Özelliklerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

Bhardwaj, R., Pareek, S., Mani, S., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). A melatonin treatment delays postharvest senescence, maintains quality, reduces chilling injury, and regulates antioxidant metabolism in mango fruit. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 2379556.  
<https://doi.org/10.1155/2022/2379556>

Bilgin, J. (2021). The effects of salicylic, folic and ascorbic acid treatment on shelf life quality of broccoli florets. *Journal of Agricultural Production*, 2(1), 7-15.  
<https://doi.org/10.29329/agripro.2021.344.2>

- Boonsiriwit, A., Lee, M., Kim, M., Itkor, P., & Lee, Y. S. (2021). Exogenous melatonin reduces lignification and retains quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Foods*, 10(9), 2111. <https://doi.org/10.3390/foods10092111>
- Cano, A., Giraldo-Acosta, M., García-Sánchez, S., Hernández-Ruiz, J., & Arnao, B. M. (2022). Effect of melatonin in broccoli postharvest and possible melatonin ingestion level. *Plants*, 11(15), 2000. <https://doi.org/10.3390/plants11152000>
- Cao, S., Shao, J., Shi, L., Xu, L., Shen, Z., Chen, W., & Yang, Z. (2018). Melatonin increases chilling tolerance in postharvest peach fruit by alleviating oxidative damage. *Scientific Reports*, 8(1), 806. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19363-5>
- Cefola, M., & Pace, B. (2015). Application of oxalic acid to preserve the overall quality of rocket and baby spinach leaves during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2523-2532. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12502>
- Champa, W. H., Gill, M. I. S., Mahajan, B. V. C., & Arora, N. K. (2015). Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3607-3616. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1422-7>
- Collado, E., Klug, T. V., Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Artés, F., Fernández, J. A., & Gómez, P. A. (2019). Quality changes in nutritional traits of fresh-cut and then microwaved cowpea seeds and pods. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 338-346.
- Çalhan, Ö. (2018). *Eşme ayva (Cydnia oblonga Mill.) Çeşidinin Derim Sonrası Fizyolojisi Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dahnke, W. C., & Whitney, D. A. (1988). Measurement of soil salinity. In *Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region*. (pp. 32-34)
- Davras, İ., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2019). Domateste salisilik asit uygulamasıyla soğukta depolama süresince kalite kayıplarının azaltılması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 176-186. <https://doi.org/10.24180/ijaws.536754>
- Devi, J., Bhatia, S., Alam, M. S., & Dhillon, T. S. (2018). Effect of calcium and salicylic acid on quality retention in relation to antioxidative enzymes in radish stored under refrigerated conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 1116-1126. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-3027-4>
- El-Beltagi, H. S., Ali, M. R., Ramadan, K. M., Anwar, R., Shalaby, T. A., Rezk, A. A., El-Ganainy, S. M., Mahmoud, S. F., Alkafafy, M., & El-Mogy, M. M. (2022). Exogenous postharvest application of calcium chloride and salicylic

- acid to maintain the quality of broccoli florets. *Plants*, *11*(11), 1513. <https://doi.org/10.3390/plants11111513>
- El-Mogy, M. M., Ludlow, R. A., Roberts, C., Müller, C. T., & Rogers, H. J. (2019). Postharvest exogenous melatonin treatment of strawberry reduces postharvest spoilage but affects components of the aroma profile. *Journal of Berry Research*, *9*(2), 297-307. <https://doi.org/10.3233/JBR-180361>
- Ennab, H. A., El-Shemy, M. A., & Alam-Eldein, S. M. (2020). Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. *Agronomy*, *10*(1), 115. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010115>
- Erbaş, D. (2023). Effect of oxalic acid treatments and modified atmosphere packaging on the quality attributes of rocket leaves during different storage temperatures. *Horticulturae*, *9*(6), 718. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060718>
- Erbaş, D., Ünlü, H., Ünlü, H., & Koyuncu, M. A. (2024). Oxalic acid treatment delays quality loss and biochemical changes of minimally processed leeks during storage. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *65*(2), 271-282. <https://doi.org/10.1007/s13580-023-00571-6>
- Ergun, M. (2006). Sebzelelerde Hasat Sonrası Renk Kayıpları. *VI. Sebze Tarımı Sempozyumu*. Eylül 19-22, Kahramanmaraş, 340-342.
- Eyduran, Ş. P., Çolak, A. M., Berk, S. K., Sakaldaş, M., Şen, F., & Gündoğdu, M. (2025). Reducing respiration rate and increasing chemical stability of mulberry fruits by using postharvest putrescine and melatonin. *BMC Plant Biology*, *25*(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06459-0>
- Fan, A., Wan, C., Liu, H., Xiong, X., Nong, Y., Kahramanoğlu, İ., Yang, R., & Zeng, L. (2023). Melatonin treatment maintains the quality and delays senescence of postharvest cattails (*Typha latifolia* L.) during cold storage. *Food Chemistry: X*, *19*, 100796. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100796>
- Fan, L., Wang, Q., Lv, J., Gao, L., Zuo, J., & Shi, J. (2016). Amelioration of postharvest chilling injury in cowpea (*Vigna sinensis*) by methyl jasmonate (MeJA) treatments. *Scientia Horticulturae*, *203*, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.010>
- Fan, X., & Sokorai, K. J. (2005). Assessment of radiation sensitivity of fresh-cut vegetables using electrolyte leakage measurement. *Postharvest Biology and Technology*, *36*(2), 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.004>
- Giné-Bordonaba, J., Cantín, C. M., Echeverría, G., Ubach, D., & Larrigaudière, C. (2016). The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. *Postharvest*

- Gurjar, P. S., Singh, S. R., Verma, A. K., & Mishra, M. (2023). Post-harvest melatonin application reduced browning in minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.) during low temperature storage. *Journal of Horticultural Sciences*, 18(1), 195-200. <https://doi.org/10.24154/jhs.v18i1.2163>
- Günay, A. (1992). *Özel Sebze Yetiştiriciliği Cilt II*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güvenç, İ. (2017). *Sebzecilik Temel Bilgiler Muhafaza ve Yetiştiricilik*. Nobel Yayınları, Atlas Akademik Basımevi.
- Hu, A., & Mao, Y. (2023). Effects of pullulan-based coatings incorporating  $\epsilon$ -polylysine and glutathione on the preservation of cowpeas (*Vigna unguiculata* L.) postharvest. *Coatings*, 13(1), 125. <https://doi.org/10.3390/coatings13010125>
- Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126(4), 1821-1835. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>
- İñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., & Calderón-Santoyo, M. (2021). An extensive review of natural polymers used as coatings for postharvest shelf-life extension: Trends and challenges. *Polymers*, 13(19), 3271. <https://doi.org/10.3390/polym13193271>
- Jadhav, B. P., Ajinkya, M., Gurav, P. N., Pokharkar, K., & More, B. D. (2019). Effect of cold storage on weight loss and storage life of pomegranate cv. "Bhagwa". *International Journal of Forestry and Horticulture*, 5(1), 28-30. <https://doi.org/10.20431/2454-9487.0501005>
- Jannatizadeh, A., Aghdam, M. S., Luo, Z., & Razavi, F. (2019). Impact of exogenous melatonin application on chilling injury in tomato fruits during cold storage. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 741-750. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-2247-1>
- Jones Jr, J. B. (2001). *Laboratory Guide of Conducting Soil Test and Plant Analysis*. CRC Press.
- Kacar, B. (2012). *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karaman, R., & Türkay, C. (2021). Börülcede bazı fiziksel ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 477-485. <https://doi.org/10.29048/makufebd.1004466>
- Kartal, S., Aday, M. S., & Caner, C. (2010). Meyve ve sebzelerde denge modifiye atmosfer ambalajlamaya etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 8(6), 29-34.

- Kasım, M. U., & Kasım, R. (2016a). Taze kesilmiş baklarda yüksek dozda sitrik asit uygulamalarının polifenol enzim aktivitesi ve kalite üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 339-347.
- Kasım, M. U., & Kasım, R. (2016b). Taze kesilmiş ıspanaklarda farklı dalga boyundaki ultraviyole ışınlarının hasat sonrası kaliteye etkisi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 348-359.
- Kasım, R., & Kasım, M. U. (2021a). Hasat Sonrası Yaşlanmanın Geciktirilmesi ve Antioksidan Kapasitenin Arttırılmasında Etkili Yeni Uygulama: Melatonin. *In International Çukurova Agriculture and Veterinary Congress*. Ekim 9-10, Adana, Türkiye, 981-995.
- Kasım, R., & Kasım, M. U. (2021b). Meyve ve Sebzelerde Hasat Sonrası Üşüme Zararının Azaltılmasında Poliaminlerin Rolü. *International Çukurova Agriculture and Veterinary Congress*. Ekim 9-10, Adana, Türkiye, 969-980.
- Kibar, H., Kibar, B., & Turfan, N. (2024). Exogenous citric acid, salicylic acid, and putrescine treatments preserve the postharvest quality and physicochemical properties of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) during cold storage. *Food Science & Nutrition*, 12(3), 1686-1705. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3862>
- Kirk, J. T. O., & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 21(6), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(65\)90516-4](https://doi.org/10.1016/0006-291X(65)90516-4)
- Kong, X. M., Ge, W. Y., Wei, B. D., Zhou, Q., Zhou, X., Zhao, Y. B., & Ji, S. J. (2020). Melatonin ameliorates chilling injury in green bell peppers during storage by regulating membrane lipid metabolism and antioxidant capacity. *Postharvest Biology and Technology*, 170, 111315. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111315>
- Korkmaz, A., Karaca, A., Kocaçınar, F., & Cuci, Y. (2017). The effects of seed treatment with melatonin on germination and emergence performance of pepper seeds under chilling stress. *Journal of Agricultural Sciences*, 23(2), 167-176.
- Koyuncu, M. A., Güneşli, A., Erbaş, D., Onursal, C. E., & Seçmen, T. (2018). Combined effects of MAP and postharvest salicylic acid treatment on quality attributes of dill (*Anethum graveolens* L.) bunches during storage. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(3), 340-348. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.456652>
- Kumar, N., Tokas, J., Raghavendra, M., & Singal, H. R. (2021). Impact of exogenous salicylic acid treatment on the cell wall metabolism and ripening process in postharvest tomato fruit stored at ambient

temperature. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(6), 2961-2972. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14936>

- Li, N., Zhai, K., Yin, Q., Gu, Q., Zhang, X., Melencion, M. G., & Chen, Z. (2023). Crosstalk between melatonin and reactive oxygen species in fruits and vegetables post-harvest preservation: An update. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1143511. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1143511>
- Li, S., Xu, Y., Bi, Y., Zhang, B., Shen, S., Jiang, T., & Zheng, X. (2019). Melatonin treatment inhibits gray mold and induces disease resistance in cherry tomato fruit during postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 157, 110962. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110962>
- Lin, Y., Zhan, L., Shao, P., & Sun, P. (2022). Phase-change materials and exogenous melatonin treatment alleviated postharvest senescence of *Agaricus bisporus* by inhibiting browning and maintaining cell membrane integrity. *Postharvest Biology and Technology*, 192, 112009. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112009>
- Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., & Zheng, L. (2018). Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.016>
- Liu, J., Zhang, R., Sun, Y., Liu, Z., Jin, W., & Sun, Y. (2016). The beneficial effects of exogenous melatonin on tomato fruit properties. *Scientia Horticulturae*, 207, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.003>
- Liu, Q., Xin, D., Xi, L., Gu, T., Jia, Z., Zhang, B., & Kou, L. (2022). Novel applications of exogenous melatonin on cold stress mitigation in postharvest cucumbers. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100459. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100459>
- Lou, J., Wu, C., Wang, H., Cao, S., Wei, Y., Chen, Y., Jiang, S., Shao, X., & Xu, F. (2023). Melatonin treatment delays postharvest senescence of broccoli with regulation of carotenoid metabolism. *Food Chemistry*, 408, 135185. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135185>
- Luo, F., Cai, J. H., Zhang, X., Tao, D. B., Zhou, X., Zhou, Q., Zhao, Y. B., Wei, B. D., Cheng, S. C., & Ji, S. J. (2018). Effects of methyl jasmonate and melatonin treatments on the sensory quality and bioactive compounds of harvested broccoli. *RSC Advances*, 8(72), 41422-41431. <https://doi.org/10.1039/C8RA07982J>
- Luo, Z., Wu, X., Xie, Y., & Chen, C. (2012). Alleviation of chilling injury and browning of postharvest bamboo shoot by salicylic acid treatment. *Food Chemistry*, 131(2), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.007>
- Ma, Q., Lin, X., Wei, Q., Yang, X., Zhang, Y. N., & Chen, J. (2021). Melatonin treatment delays postharvest senescence and maintains the organoleptic

- quality of 'Newhall' navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by inhibiting respiration and enhancing antioxidant capacity. *Scientia Horticulturae*, 286, 110236. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110236>
- Madebo, M. P., Hu, S., Zheng, Y., & Jin, P. (2021a). Mechanisms of chilling tolerance in melatonin treated postharvest fruits and vegetables: a review. *Journal of Future Foods*, 1(2), 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.005>
- Madebo, M. P., Li, W., Zheng, Y. H., & Peng, J. (2021b). Melatonin treatment induces chilling tolerance by regulating the contents of polyamine,  $\gamma$ -aminobutyric acid, and proline in cucumber fruit. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(11), 3060-3074. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63485-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63485-2)
- Mandal, M. K., Suren, H., Ward, B., Boroujerdi, A., & Kousik, C. (2018). Differential roles of melatonin in plant-host resistance and pathogen suppression in cucurbits. *Journal of Pineal Research*, 65(3), e12505. <https://doi.org/10.1111/jpi.12505>
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Miao, H., Zeng, W., Zhao, M., Wang, J., & Wang, Q. (2020). Effect of melatonin treatment on visual quality and health-promoting properties of broccoli florets under room temperature. *Food Chemistry*, 319, 126498. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126498>
- Mohamadi, M., & Karimi, M. (2020). Effect of exogenous melatonin on growth, electrolyte leakage and antioxidant enzyme activity in rosemary under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function*, 9(37), 59-65.
- Onik, J. C., Wai, S. C., Li, A., Lin, Q., Sun, Q., Wang, Z., & Duan, Y. (2021). Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage. *Food Chemistry*, 337, 127753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127753>
- Özbek, H. N., Elik, A., Işmay, B., Sever, M., Bulut, Ş. E., Yanık, D. K., Dalgıç, A. C., Erdoğan, F., & Göğüş, F. (2021). Kombine kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların renk parametreleri üzerine depolamanın etkisi. *Akademik Gıda*, 19(3), 257-266. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1011216>
- Özgan, F., & Sabır, F. K. (2018). Albion ve Kabarla çilek çeşitlerinde derim sonrası salisilik ve oksalik asit uygulamalarının soğukta depolama süresince kalite özelliklerine etkileri. *Alatarım*, 17(2), 89-97.
- Rastegar, S., Khankahdani, H. H., & Rahimzadeh, M. (2020). Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 259, 108835. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108835>

- Rastegar, S., Shojaie, A., & Koy, R. A. M. (2022). Foliar application of salicylic acid and calcium chloride delays the loss of chlorophyll and preserves the quality of broccoli during storage. *Journal of Food Biochemistry*, 46(8), e14154. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14154>
- Roopnarine, S., & Mohammed, M. (2021). Effect of modified atmosphere packaging on storability and quality attributes of fresh-cut cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp). *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4(Special Issue-Fresh-cut Products), 55-66. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2021.3961.1187>
- Sağlam, F. (2007). *Antosiyanince Zengin Dut, Kiraz ve Gilaburu Meyvelerindeki Fenolikler ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Reçel Yapım İşleminin Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Saud, S., Jiang, Z., Chen, S., & Fahad, S. (2023). Interaction of melatonin on post-harvest physiology and quality of horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 321, 112286. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112286>
- Savran, H. M. (2025). *Hasat Sonrası Melatonin ve Yenilebilir Film Kaplama Uygulamalarının Taze Kesilmiş Brokolilerde Muhafaza Süresi ve Kaliteye Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Shi, L., Cao, M., Lu, X., Dong, W., Lan, Q., Chen, W., Yang, Z., Li, X., & Cao, S. (2024). Melatonin extends shelf life in postharvest okra via delaying fruit softening and reducing weight loss. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(15), 9506-9513. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13773>
- Siomos, A. S., & Koukounaras, A. (2007). Quality and postharvest physiology of rocket leaves. *Fresh Produce*, 1(1), 59-65.
- Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., Pratape, V. M., & Singh, V. (2012). Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry*, 131(2), 462-468. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.008>
- Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Cao, Y., Li, X., Zhang, H., Zhang, L., Tan, D. X., & Guo, Y. D. (2016). A label-free differential proteomics analysis reveals the effect of melatonin on promoting fruit ripening and anthocyanin accumulation upon postharvest in tomato. *Journal of Pineal Research*, 61(2), 138-153. <https://doi.org/10.1111/jpi.12315>
- Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Zhang, H., Li, D., Shi, J., Li, R., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., & Guo, Y. D. (2015). Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. *Journal of Experimental Botany*, 66(3), 657-668. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru332>
- Sun, X., Yang, Q., Guo, W., Dai, L., & Chen, W. (2013). Modification of cell wall polysaccharide during ripening of Chinese bayberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 160, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.048>

- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.- The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- TÜİK (2025). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Ankara, Türkiye.
- Türk, R., Tuna Güneş, N., Erkan, M., & Koyuncu, M. A. (2017). Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması. Somtad Yayınları Ders Kitabı No: 1, Metro Matbaacılık.
- Türkeli, B. (2016). *Bazı Yerel Börülce Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özellikleri ile Depolama Ömrünün Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 209. Teknik Yayınlar No: T.66, 230s.
- Üner Öztürk, K., & Koyuncu, M. A. (2021). Effects of ozone and salicylic acid on post-harvest quality of parsley during storage. *Biological Agriculture & Horticulture*, 37(3), 183-196. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1937316>
- Valero, D., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Castillo, S., Guillen, F., Martínez-Romero, D., & Serrano, M. (2011). Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5483-5489. <https://doi.org/10.1021/jf200873>
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri: Sebze Yetiştirme*. Ege Üniversitesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi.
- Wang, D., Chen, Q., Chen, W., Guo, Q., Xia, Y., Wu, D., Jing, D., & Liang, G. (2021). Melatonin treatment maintains quality and delays lignification in loquat fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 284, 110126. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110126>
- Wang, L., Shen, X., Chen, X., Ouyang, Q., Tan, X., & Tao, N. (2022a). Exogenous application of melatonin to green horn pepper fruit reduces chilling injury during postharvest cold storage by regulating enzymatic activities in the antioxidant system. *Plants*, 11(18), 2367. <https://doi.org/10.3390/plants11182367>

- Wang, M., Xu, J., Ding, Z., & Xie, J. (2023). Prolong the postharvest shelf life of spinach through the antioxidative ability of melatonin. *Food Chemistry: X*, 19, 100769. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100769>
- Wang, N., Fang, H., Yang, Q., Liu, Z., Feng, H., & Ji, S. (2022b). Exogenous melatonin alleviated leaf yellowing via inhibiting respiration and ethylene biosynthesis during shelf life in pakchoi. *Plants*, 11(16), 2102. <https://doi.org/10.3390/plants11162102>
- Wang, Z., Wang, Y., Shi, J., Zheng, Q., Gao, L., Wang, Q., & Zuo, J. (2019). Effects of putrescine on the postharvest physiology characteristics in cowpea. *Food Science & Nutrition*, 7(2), 395-403. <https://doi.org/10.1002/fsn3.773>
- Wei, Y., Liu, Z., Su, Y., Liu, D., & Ye, X. (2011). Effect of salicylic acid treatment on postharvest quality, antioxidant activities, and free polyamines of asparagus. *Journal of Food Science*, 76(2), S126-S132. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01987.x>
- Wu, C., Cao, S., Xie, K., Chi, Z., Wang, J., Wang, H., Wei, Y., Shao, X., Zhang, C., Xu, F., & Gao, H. (2021). Melatonin delays yellowing of broccoli during storage by regulating chlorophyll catabolism and maintaining chloroplast ultrastructure. *Postharvest Biology and Technology*, 172, 111378. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111378>
- Xie, G. F., Tan, S. M., & Yu, L. (2014). Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *European Journal of Horticultural Science*, 79(1), 16-21.
- Xin, D., Si, J., & Kou, L. (2017). Postharvest exogenous melatonin enhances quality and delays the senescence of cucumber. *Acta Horticulturae Sinica*, 44(5), 891. <https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2016-0888>
- Xu, T., Chen, Y., & Kang, H. (2019). Melatonin is a potential target for improving post-harvest preservation of fruits and vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1388. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01388>
- Yadav, N., Singh, A. K., Emran, T. B., Chaudhary, R. G., Sharma, R., Sharma, S., & Barman, K. (2022). Salicylic acid treatment reduces lipid peroxidation and chlorophyll degradation and preserves quality attributes of pointed gourd fruit. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 2090562. <https://doi.org/10.1155/2022/2090562>
- Yakupoğlu, G., Köklü, Ş., & Korkmaz, A. (2018). Bitkilerde melatonin ve üstlendiği görevler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2), 264-276. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.320180>
- Yaman, S. (2023). *Hasat Sonrası Melatonin ve Kitosan Uygulamalarının Albion Çilek Çeşidinde Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Yaşar, K., Kasım, M., & Kasım, R. (2020). Kivi (*Actinidia deliciosa* L.)’de ozon gazı uygulamasının hasat sonrası kalite üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 788-797. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.681591>
- Yousefizad, L., Fathi Til, R., & Ghanbari, F. (2015). Effectiveness of CaCl<sub>2</sub>, peppermint oil and salicylic acid treatments on shelf life extension of fresh mint during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2639-2646. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12514>
- Yuan, G., Sun, B., Yuan, J., & Wang, Q. (2010). Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. *Food Chemistry*, 118(3), 774-781. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.062>
- Zahid, N., Ali, A., Siddiqui, Y., & Maqbool, M. (2013). Efficacy of ethanolic extract of propolis in maintaining postharvest quality of dragon fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 69-72. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.01.003>
- Ze, Y., Gao, H., Li, T., Yang, B., & Jiang, Y. (2021). Insights into the roles of melatonin in maintaining quality and extending shelf life of postharvest fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 569-578. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.051>
- Zhai, R., Liu, J., Liu, F., Zhao, Y., Liu, L., Fang, C., Wang, H., Li, X., Wang, Z., Ma, F., & Xu, L. (2018). Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.017>
- Zhang, H., Cun, Y., Wang, J., Wu, M., Li, X., Liang, Q., Wang, C., Zhao, L., & Deng, J. (2022). Acetylsalicylic acid and salicylic acid alleviate postharvest leaf senescence in Chinese flowering cabbage (*Brassica rapa* var. parachinensis). *Postharvest Biology and Technology*, 194, 112070. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112070>
- Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D., & Sheng, J. (2011). Methyl salicylate-induced arginine catabolism is associated with up-regulation of polyamine and nitric oxide levels and improves chilling tolerance in cherry tomato fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9351-9357. <https://doi.org/10.1021/jf201812r>
- Zhu, L., Hu, H., Luo, S., Wu, Z., & Li, P. (2018). Melatonin delaying senescence of postharvest broccoli by regulating respiratory metabolism and antioxidant activity. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34(3), 300-308.

## ÖZGEÇMİŞ

