



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**HASAT ÖNCESİ KALSİYUM KLORÜR VE KİTOSAN
UYGULAMALARININ BÖĞÜRTLENİN DEPOLAMA
PERFORMANSINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin İŞBİLİR

Danışman: Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

TOKAT- 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “Hasat Öncesi Kalsiyum Klorür ve Kitosan Uygulamalarının Böğürtlenin Depolama Performansına Etkisi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

11/12/2025

Mehmet Emin İŞBİLİR

JÜRİ KABUL VE ONAY

Mehmet Emin İŞBİLİR tarafından hazırlanan “**Hasat Öncesi Kalsiyum Klorür ve Kitosan Uygulamalarının Böğürtlenin Depolama Performansına Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 17.11.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

Üye : Doç. Dr. Orhan KARAKAYA

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Osman Nuri ÖCALAN

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesiyle her daim yanımda olan, akademik ahlakı ve duruşuyla bizlere örnek teşkil eden değerli hocam Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tez sürecinde desteklerini esirgemeyen biyoaktif moleküller laboratuvarı, namıdiğer kırmızı laboratuvar ekibine; Dr. Öğr. Üyesi Osman Nuri ÖCALAN'a, Dr. Emircan DİNÇER'e, Yüksek Ziraat Mühendisi Fatmanur ÇEZİK'e ve Dr. Öğr. Üyesi Onur Sefa ALKAÇ'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca karşılaştığım her zorlukta yanımda olup desteklerini esirgemeyen; eğitime ve öğrenmeye verdikleri önemle bugünlere gelmeme vesile olan başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi meyvecilik alanında muhafaza üzerine yürüttüm. Bu süreçte, birçok bilim insanının gıdaların korunması konusunda değerli çalışmalar ortaya koyduğunu ve insan yaşamını kolaylaştırmak için büyük bir çaba gösterdiğini gözlemledim. İnsan, yaşamını sürdürebilmek için tükettiği gıdaları daha uzun süre saklama ihtiyacı duymuş; gelişen teknolojilerle birlikte bu alandaki ilerleme de hız kazanmıştır.

Gıdaların muhafazasına yönelik gösterdiğimiz bu özenin, insanlığın vicdanını ve özünü koruma konusunda da aynı düzeye ulaşmasını diliyorum.

İnsanın özünü, kimliğini ve vicdanını muhafaza ettiği; savaş ve çatışmalardan uzak bir insanlık umuduyla...

Saygılarımla.

Mehmet Emin İŞBİLİR

Aralık 2025

ÖZET

HASAT ÖNCESİ KALSİYUM KLORÜR VE KİTOSAN UYGULAMALARININ BÖĞÜRTLENİN DEPOLAMA PERFORMANSINA ETKİSİ

İşbilir, Mehmet Emin

Yüksek Lisans, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

Aralık 2025, xii + 61 sayfa

Böğürtlen meyvesi, tat, aroma ve koku özelliklerinin yanı sıra; yüksek vitamin ve mineral içeriği ile antioksidan, flavonoid ve fenolik bileşikler gibi fitokimyasal maddeler içermesi, bu meyvenin sağlık açısından değerini artırmaktadır. Ancak, hasattan sonra kısa muhafaza ömrüne sahip olması, çürüme ve patojenik organizmalara karşı hassas yapısı kalite kayıplarını beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince kalite özelliklerini korumak amacıyla kalsiyum klorür (CaCl_2) ve kitosan uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Jumbo çeşidi böğürtlen meyvesine, çiçeklenme sonrası küçük meyve oluşumu döneminde %2 CaCl_2 uygulanmış; hasattan 12 saat önce ise kitosan uygulaması yapılmıştır. Hasat edilen meyveler, 2 ± 0.5 °C sıcaklık ve 85 ± 5 bağıl nem koşullarında 15 gün boyunca soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Bu süre zarfında meyvelerin kalite parametreleri laboratuvar ortamında değerlendirilmiştir. Ağırlık kaybı, çürüme ve kırmızı tanecik dönüşümü (KTD) oranı, meyve rengi, meyve eti sertliği, pH, titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), C vitamini içeriği, toplam fenolik, antosiyanin ve antioksidan aktivite içeriği analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, her iki uygulamanın birlikte kullanılmasının ağırlık kaybını azaltmada daha etkili olduğunu göstermiştir. Hasat gününde en yüksek SÇKM değeri kalsiyum + kitosan grubunda ölçülürken, muhafaza dönemi sonunda en yüksek değerler kitosan ve kalsiyum + kitosan uygulamalarında elde edilmiştir. Bununla birlikte, CaCl_2 uygulamasının çürüme oranı ile KTD'yi artırdığı belirlenmiştir. Fitokimyasal analizlerde, hasat gününde uygulamalar kontrolle karşılaştırıldığında anlamlı bir iyileşme sağlamamış; ancak depolama sonunda kalsiyumun antosiyanin miktarını artırdığı görülmüştür. Kalsiyumun beklenen etkiyi göstermemesi, uygulamanın küçük meyve döneminde gerçekleştirilmesi sebebiyle dokularda yeterli birikim sağlanamadığını düşündürmektedir. Benzer şekilde, kitosanın etkisinin de doğru doz ve zamanlamaya bağlı olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Fenol, Renk, Meyve Kalitesi, Antosiyanin

ABSTRACT

THE EFFECT OF PRE-HARVEST CALCIUM CHLORIDE AND CHITOSAN APPLICATIONS ON THE STORAGE PERFORMANCE OF BLACKBERRIES

İşbilir, Mehmet Emin

Master's Thesis, Department of Horticulture

Thesis Advisor: Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

Decemember 2025, xii + 61 pages

Blackberry fruit possesses desirable taste, aroma, and olfactory attributes, and its high content of vitamins and minerals, along with phytochemical compounds such as antioxidants, flavonoids, and phenolic substances, enhances its value in terms of human health. However, its short postharvest shelf life and susceptibility to decay and pathogenic organisms lead to significant quality losses. In this thesis study, calcium chloride (CaCl_2) and chitosan treatments were applied with the aim of preserving the quality attributes of blackberry fruit during storage. A 2% CaCl_2 treatment was applied to 'Jumbo' blackberry fruit during the early fruit set stage following flowering, and a chitosan treatment was administered 12 hours prior to harvest. The harvested fruits were stored for 15 days in a cold storage room at 2 ± 0.5 °C and $85 \pm 5\%$ relative humidity. Throughout the storage period, fruit quality parameters were evaluated under laboratory conditions. Weight loss, decay rate, red drupelet reversion (RDR), fruit color, flesh firmness, pH, titratable acidity, soluble solids content (SSC), vitamin C content, total phenolics, anthocyanins, and antioxidant activity were analyzed. The findings indicated that the combined use of both treatments was more effective in reducing weight loss. On the day of harvest, the highest SSC value was measured in the calcium + chitosan group, and by the end of the storage period, the highest values were observed in the chitosan and calcium + chitosan treatments. However, the CaCl_2 treatment was found to increase both the decay rate and RDR. In the phytochemical analyses, the treatments did not provide a significant improvement compared with the control on the day of harvest; nevertheless, calcium was observed to increase anthocyanin content by the end of the storage period. The inability of calcium to exhibit the expected effect suggests that its application during the early fruit stage may not have allowed sufficient accumulation in the tissues. Similarly, the effectiveness of chitosan is also considered to depend on proper dosage and timing.

Keywords: Antioxidant, Phenol, Color, Fruit Quality, Anthocyanine

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ETİK SÖZLEŞME	i
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Bitkisel materyal	18
3.1.2. Hasat öncesinde kullanılan materyaller	19
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Hasat öncesi bitkilere yapılan uygulamalar	21
3.2.2. Meyvelerin muhafazası	21
3.2.3. Muhafaza süresince yapılan ölçüm ve analizler	22
3.3. Fiziksel Ölçümler	22
3.3.1. Ağırlık kaybı oranı (%)	22
3.3.2. Çürüme oranı (%)	23
3.3.3. Kırmızı tanecik dönüşümü (KTD) oranı (%)	24
3.3.4. Meyve eti sertliği (Newton)	25
3.3.5. Meyve rengi tayini	26
3.4. Kimyasal Ölçümler	27

3.4.1. pH	27
3.4.2. Titre edilebilir (Serbest) asit (TA):.....	27
3.4.3. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM)	28
3.4.4. C vitamini	29
3.4.5. Toplam fenolik madde tayini (μg gallik asit eşdeğer g^{-1})	29
3.4.6. Toplam Antioksidan Aktivitesi (TAA- μmol Troloks eşdeğeri g^{-1})	30
3.4.7. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini (TMA- μg cy-3-glu g^{-1}):.....	31
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizi.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Fiziksel Ölçümler	33
4.1.1. Ağırlık kaybı oranı (%)	33
4.1.2. Çürüme oranı (%)	35
4.1.3. Kırmızı tanecik dönüşümü (KTD) oranı (%)	36
4.1.4. Meyve eti sertliği (Newton)	37
4.1.5. Meyve Rengi Tayini	39
4.2. Kimyasal Ölçümler	41
4.2.1. pH	41
4.2.2. Titre edilebilir asitlik (TA)	42
4.2.3. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM)	43
4.2.4. C vitamini	45
4.2.5. Toplam fenolik madde içeriği (TFM - μg gallik asit eşdeğer g^{-1}).....	46
4.2.6. Toplam antioksidan aktivite (TAA - μmol troloks eşdeğeri g^{-1}).....	47
4.2.7. Toplam monomerik antosiyanin miktarı (TMA - μg cy-3-glu g^{-1})	48
4.3. Pearson Korelasyon Analizi	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
6. KAYNAKLAR.....	55

7. EKLER	60
Ek 1. Pearson Korelasyon Analizi	60
8. ÖZGEÇMİŞ	61



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4. 1. Pearson korelasyon analiz	50



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1. Böğürtlen (<i>Rubus spp.</i>) bitkisinin genel görünümü (Orijinal).....	1
Şekil 1. 2. Türkiye'nin 2018-2024 böğürtlen üretim verileri (Ton) (TÜİK, 2024)	6
Şekil 3. 1. Böğürtlen parseline (40°19'56"N 36°28'35"E) ait uydu görüntüsü (Google Earth)	18
Şekil 3. 2. Böğürtlen hasadına ait bir görüntü (Orijinal)	19
Şekil 3. 3. Kalsiyum uygulamasının yapıldığı dönemde böğürtlen meyvesinin fenolojik gelişim durumu (sağda) ve uygulama şekli (solda) (Orijinal)	20
Şekil 3. 4. Kitosan uygulamasının yapıldığı dönemde böğürtlen meyvesinin fenolojik gelişim durumu (sağda) ve uygulama şekli (solda) (Orijinal)	20
Şekil 3. 5. Muhafaza deposundan bir görünüm (Orijinal)	22
Şekil 3. 6. Meyve ağırlık ölçümü (Orijinal).....	23
Şekil 3. 7. Böğürtlen meyvesinde çürümenin görsel etkisi (Orijinal)	24
Şekil 3. 8. Böğürtlen meyvesinde kırmızı tanecik dönüşümünün görsel etkisi (Orijinal)	25
Şekil 3. 9. Meyve eti sertliği ölçümü (Orijinal)	25
Şekil 3. 10. Meyve rengi tayini (Orijinal).....	26
Şekil 3. 11. pH ve titre edilebilir asit ölçümü (Orijinal)	28
Şekil 3. 12. Suda çözünebilir kuru madde ölçümü (Orijinal)	28
Şekil 3. 13. C vitamini ölçümü (Orijinal)	29
Şekil 3. 14. Toplam fenolik madde tayini analizi (Orijinal).....	30
Şekil 3. 15. Toplam antioksidan aktivitesi analizi (Orijinal).....	31
Şekil 3. 16. Toplam monomerik antosiyanin tayini analizi (Orijinal)	32
Şekil 4. 1. Hasat öncesi uygulamaların böğürtlen meyvesinde görsel kaliteye etkisi (Orijinal)	33
Şekil 4. 2. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin ağırlık kaybı üzerine etkisi ($p<0.05$)	34
Şekil 4. 3. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin çürüme oranı üzerine etkisi ($p<0.05$).....	35

Şekil 4. 4. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin kırmızı tanecik dönüşüm oranı üzerine etkisi ($p<0.05$)	37
Şekil 4. 5. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin meyve eti sertliği üzerine etkisi ($p<0.05$)	38
Şekil 4. 6. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin L* renk değeri üzerine etkisi ($p<0.05$)	39
Şekil 4. 7. Hasat öncesi uygulanan kalsiyum ve kitosan uygulamaları ile muhafaza süresi arasındaki etkileşimin, böğürtlen meyvesinin kroma renk değeri üzerine etkisi ($p<0.05$).....	40
Şekil 4. 8. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin hue renk açısı üzerine etkisi ($p<0.05$).....	41
Şekil 4. 9. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin pH değerleri üzerine etkisi ($p<0.05$).....	42
Şekil 4. 10. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin TA değerleri üzerine etkisi ($p<0.05$).....	43
Şekil 4. 11. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin SÇKM değerleri üzerine etkisi ($p<0.05$).....	44
Şekil 4. 12. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin C vitamini değerleri üzerine etkisi ($p<0.05$).....	45
Şekil 4. 13. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi ($p<0.05$).....	47
Şekil 4. 14. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam antioksidan aktivitesi içeriği üzerine etkisi ($p<0.05$).....	48
Şekil 4. 15. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam monomerik antosiyanin miktarı üzerine etkisi ($p<0.05$).....	49

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Kısaltmalar

Ca
CaCl₂
Ch
g
ha
KTD
L
ml
mM
N
RDR
SÇKM
SSC
TA
TPC
TÜİK

Açıklamalar

Kalsiyum
Kalsiyum klorür
Kitosan
Gram
Hektar
Kırmızı Tanecik Dönüşümü
Litre
Mililitre
Milimolar
Newton
Red Drupelet Reversion
Suda Çözünür Kuru Madde
Soluble Solids Content
Titre Edilebilir Asitlik
Toplam Fenolik Madde İçeriği
Türkiye İstatistik Kurumu

Simgeler

%
°
°C

Açıklamalar

Yüzde
Derece
Santigrat Derece

1. GİRİŞ

Böğürtlen *Rosaceae* familyasında, *Rubus* cinsinde yer alan üzüksü bir meyvedir (Finn ve Clark, 2012). Anavatanı Güney, Batı ve Orta Avrupa olan bu meyve türünün birkaç yüze varan alt formu olduğu bilinmektedir (Gerçekcioğlu, 1999). Bu cins, oldukça geniş bir morfolojik çeşitliliğe sahiptir; çok küçük ve yere yatık formlardan, 5 metreden daha uzun boylu çalılara kadar değışen yapıda türleri içerir (Clark ve ark., 2007). Bu cinse ait türler, Kuzey Kutup Dairesi'nden tropik bölgelere, deniz seviyesinden yüksek rakımlara kadar uzanan geniş bir coğrafi dağılım sergilemekte ve asidik ya da alkali topraklardan aşırı nemli iklimlere ve kurak koşullara, tam gölgeli alanlardan tam güneşli alanlara kadar çok çeşitli çevresel koşullara karşı yüksek düzeyde ekolojik tolerans göstermektedir. Bununla birlikte, özellikle iklimin ılıman olduğu bölgelerde ve iyi drene edilmiş, yeterli neme sahip alanlarda bu türlerin yetiştiriciliği başarıyla yapılabilmektedir (Finn ve Clark, 2012; Clark ve ark., 2007).



Şekil 1. 1. Böğürtlen (*Rubus spp.*) bitkisinin genel görünümü (Orijinal)

Üzümsü meyveler grubunda yer alan böğürtlen kendine has renk, aroma ve kokusu ile insanların taze tüketim tercihleri arasında yer almaktadır. Taze olarak tüketimlerinin yanı sıra gıda endüstrisinde; reçel, komposto, meyve suyu, şıra, pasta, dondurma ve dondurulmuş gıda ürünleri için hammadde olarak değerlendirilmektedir (Pehlivan ve Güleriyüz, 2004; Engin ve Yılmaz, 2019).

Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar ışığında bilinçli tüketicilerin meyve sebze tüketim alışkanlıkları değişmiştir. Tüketiciler meyve ve sebzelerin tat, aroma ve kokusunun yanında ürünlerin içerdiği vitamin ve mineral değerlerini de dikkate almaktadır. Araştırmalara göre kanser gibi hastalıklara yakalanma riskinin meyve sebze tüketimi ile ters ilişkili olduğu bildirilmektedir (Engin ve Yılmaz, 2019).

Böğürtlen meyvesi vitamin ve mineral bakımından zengindir. İçeriğinde fenoller, flavonlar, flavonoidler, lif ve bazı pigmentlerin birçok meyve türüne kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Pehlivan ve Güleriyüz, 2004). Böğürtlende bu bileşiklerin yanı sıra C ve E vitamini ve karotenoidler gibi başka fitokimyasallar da bulunur (Jacques ve Zambiasi, 2011).

Böğürtlen meyvesi klimakterik olmayan bir türdür. Yani bitkiden hasat edildikten sonra olgunlaşması devam etmez. Bundan dolayı meyveler, tamamen olgunlaşmış aşamaya geldiklerinde hasat edilmelidir (Benichou ve ark., 2018). Hasattan sonra en önemli sorun meyve kalitesini korumaktır. Böğürtlen meyvesinin solunum hızı ve metabolizmasının yüksek olması, meyve yapısının sulu olması, kabuk yapısının ince ve yumuşak olması; meyvenin hızlı su kaybetmesine, mekanik hasarlanmalara, patojenik zararlanmalara ve enfeksiyonlara hassas olmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla böğürtlen, hasattan çok kısa bir süre sonra kalite kaybına ve bozulmaya uğrar. Bu da ekonomik anlamda ciddi kayıplara sebep olmaktadır (Shi ve ark., 2022; Martínez-Camacho ve ark., 2022). Araştırmalar, yaş meyvelerde hasat ile tüketime kadar olan süreçte %10 ila %30 oranında ürün kaybı yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu kayıpların en aza indirilebilmesi için, meyvenin fizyolojik özelliklerinin doğru şekilde değerlendirilmesi, uygun depolama koşullarının sağlanması ve hasat sonrası dönemde kalite kayıplarını önlemeye yönelik etkili uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir (Çezik ve Saraçoğlu, 2024).

Hassas yapısına ek olarak böğürtlen meyvelerinde hasattan sonra karşılaşılan fizyolojik bir bozukluk daha vardır. Böğürtleni oluşturan küçük tanecikli yapıların (drupa) tek tek veya grup halinde siyah renginin bozularak kırmızıya dönmesi olayıdır. Literatürde bu fizyolojik bozukluk Red Drupelet Reversion (RDR) olarak yer almaktadır. Bu bozukluk meyvenin görsel ve fiziksel kalitesini bozarak ticari değerinin düşmesine sebep olmaktadır (Martínez-Camacho, ve ark., 2022; Edgley ve ark., 2019).

Meyvelerin metabolizmasındaki değişiklikler, olgunlaşma arttıkça hücre duvarı bileşiminde zayıflamaya ve bütünlüğünün bozulmasına sebep olur (Martínez-Camacho, ve ark.,2022; Muro-Villanueva ve ark., 2019).

Meyvelerin bozulma sürecinin bir diğer sebebi de hücre duvarını oluşturan pektin yapısının bozulmasıdır. Pektin hücre duvarını oluşturan önemli bir bileşendir. Hücreler arası yapışmayı sağlayarak doku bütünlüğünü sağlar. Bozulma sürecinde poligalakturonaz (PG) ve pektin esteraz (PE) enzimi pektinin yapısını bozarak çürüme ve kalite kaybına sebep olmaktadır (Wakabayashi ve ark., 2000; Martínez-Camacho, ve ark., 2022).

Belirtilen bu sorunların önüne geçebilmek, hasat sonrası muhafaza ömrünü arttırmak ve meyve kalitesini korumak için araştırmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmalar hasat öncesi ve hasat sonrası uygulamalar olarak sınıflandırabilir. Günümüzde böğürtlen muhafazasına yönelik geliştirilen yöntemlerin büyük çoğunluğu hasat sonrası uygulamalara dayanmaktadır; ancak bu tür uygulamalar, meyvenin hassas yapısı nedeniyle kalite kayıplarına ve yapısal bozulmalara yol açabilmektedir. Bu bağlamda, böğürtlen gibi son derece hassas meyveler için hasat öncesi uygulamalar daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Nitekim Martínez-Camacho ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada, böğürtlen gibi hassas meyvelerin raf ömrünü uzatmada hasat öncesi uygulamaların, hasat sonrasında gerçekleştirilen uygulamalara kıyasla daha etkili ve uygulanabilir olduğunu vurgulamışlardır.

Kalsiyum (Ca), meyve kalitesi üzerine etkili olan en önemli besin elementleri arasında yer alır (Eşitken, 2020). Yapılan çalışmalar, meyve dokusunda kalsiyum miktarı arttığında olgunlaşma ve yaşlanma hızının azaldığını göstermiştir. Kalsiyumun hücre

duvarı sağlamlığının ve dokular arası bağlanmanın artırılması üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Bunu pektik asitlerin ve diğer polisakkaritlerin arasında bağlanmayı sağlayarak yapar. Ayrıca pektolik enzimlerin etkisini inhibe ederek bitki patojenlerine, bakteri ve mantarlara karşı savunmayı artırır (Güldaş ve Dağlıoğlu, 2008; Modesto ve ark., 2020; Nguyen ve ark., 2020). Kalsiyum elementinin bitki tarafından alımı incelendiğinde yalnızca ağaç tarafından alınmasının meyve kalitesi bakımından etkili olmadığı anlaşılmıştır. Meyve kalitesi üzerine etkisi olabilmesi için topraktan kalsiyum uygulamasından daha farklı yöntemler gerekmektedir (Eşitken, 2020). Bu nedenle hasat öncesi sprey uygulamaları hasat sonrası meyve kalitesinin korunmasında etkili olmuş ve muhafaza ömrünü olumlu anlamda etkilemiştir (Modesto ve ark., 2020).

Bazı araştırmacılar, hasat öncesi kalsiyum uygulamalarının hasat sonrası meyve kalitesini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Nitekim böğürtlen (Modesto ve ark., 2020), maviyemiş (Lobos ve ark., 2021), ananas (Naradisorn ve ark., 2022) ve Çin bodur kirazında (Guo ve ark., 2020) yapılan çalışmalar, kalsiyum uygulamalarının meyvelerin hasat sonrası kalite özelliklerini koruduğunu, muhafaza süresini uzattığını ve biyoaktif bileşiklerin korunmasına katkı sağladığını göstermiştir.

Kitosan $[(C_6H_{11}NO_4)_n (C_8H_{13}NO_4)_m]$, doğada bulunan, biyolojik olarak parçalanabilir, toksik olmayan ve biyoyumlu bir doğal polisakkarittir. Bu özellikleri sayesinde kitosan; farmakoloji, kozmetoloji, tıp, biyoteknoloji, gıda ve tarım gibi birçok alanda geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir. Özellikle son yıllarda çevre dostu ve kalıntı bırakmayan alternatif arayışlarının artması, kitosanı ön plana çıkarmıştır.

Kitosan, aminopolisakkarit yapısında olan kitin maddesinin deasetilasyonu ile elde edilir. Kitin; yengeç, karides ve ıstakoz gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletinde, kelebek kanatlarında ve mantar hücre duvarlarında doğal olarak bulunur. Kimyasal yapısı bakımından selüloza benzeyen kitin, doğada selülozdan sonra en yaygın ikinci biyopolimerdir (Elsabee ve Abdou, 2013; Bostan ve ark., 2007).

Ziraat alanında kitosan, hem hasat öncesi hem de hasat sonrası uygulamalarda kullanılabilir. Hasat sonrası dönemde daha yaygın olmakla birlikte, hasat öncesi uygulamalarda da olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Kitosan; mantarlar, bakteriler, virüsler

ve fitoplazmalar gibi birçok patojene karşı bitki savunma sistemini aktive eden bir uyarıcı olarak görev yapar (El Hadrami ve ark., 2010). Bununla birlikte bazı araştırmalarda, zararlılara karşı da uyarıcı etkisinin bulunduğu rapor edilmiştir (Badawy ve Rabea, 2016).

Kitosanın bitkilerde üç temel etki mekanizması bulunmaktadır (Romanazzi ve ark., 2018):

- 1) Bitkinin savunma sistemini aktive eder, hastalık etmenlerine karşı direnç kazandırır.
- 2) Antimikrobiyal etki göstererek patojen mikroorganizmaların gelişimini inhibe eder.
- 3) Uygulama yapılan yüzeyde ince bir film tabakası oluşturarak, fiziksel bir bariyer görevi görür ve meyve/bitki yüzeyini çevresel etmenlerden korur.

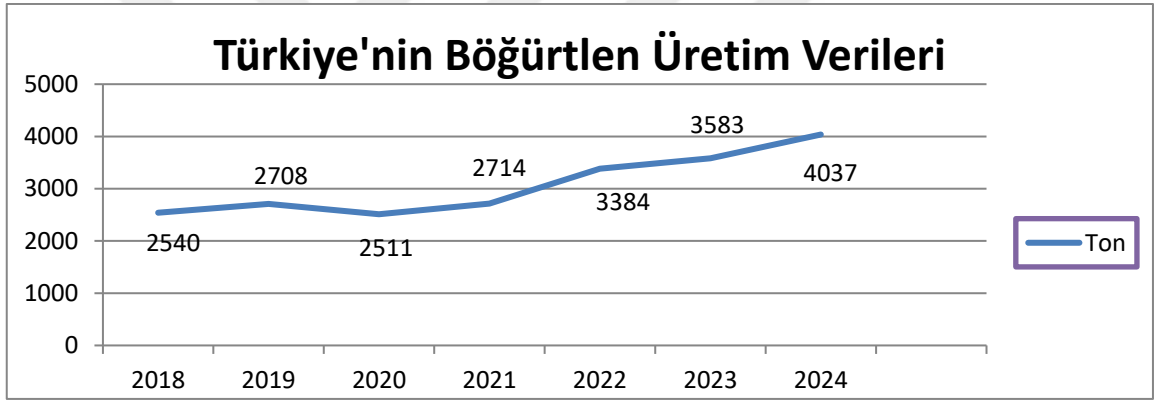
Kitosanın bu çok yönlü etkileri, özellikle bahçe ürünlerinin kalitesinin korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanımını yaygınlaştırmıştır. Yapılan bilimsel çalışmalar, kitosanın bakteri ve mantar gibi çeşitli mikroorganizmaların gelişimini baskıladığını ve viral enfeksiyonlara karşı da koruyucu etki sağladığını göstermiştir (Yıldırım ve ark., 2015).

Sonuç olarak, biyogüvenilirliği, çevre dostu yapısı ve çoklu etki mekanizması ile kitosan, tarımda sentetik pestisitlere etkili bir alternatif olarak ön plana çıkmakta hem üretici hem de tüketici açısından sürdürülebilir ve sağlıklı bir çözüm sunmaktadır.

Literatürde yer alan çeşitli çalışmalar, hasat öncesi kitosan uygulamalarının farklı meyve türlerinde koruyucu etkilere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ahududu (Tezotto-Uliana ve ark., 2014), böğürtlen (Martínez-Camacho ve ark., 2022), sofralık üzüm (Nia ve ark., 2021), çilek (Landi ve ark., 2017) ve kivi (Kumarihami ve ark., 2021) üzerine yapılan araştırmalar, kitosanın meyvelerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde çeşitli iyileştirici etkiler sağladığını göstermektedir. Bu etkiler arasında meyvelerin muhafaza ömrünün uzatılması, kalite kayıplarının azaltılması ve çürüme sürecinin geciktirilmesi öne çıkmaktadır. Söz konusu bulgular, kitosanın hasat öncesi uygulamalarda etkili, doğal ve çok yönlü bir koruyucu ajan olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Literatürde, hasat öncesi dönemde kalsiyum ve kitosanın birlikte uygulanmasının etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Bu araştırmalar, her iki maddenin sinerjik bir etki oluşturarak meyve kalitesinin korunmasına katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim kivi (Kumarihami ve ark., 2020) ve hurma (Ahmed ve ark., 2021) üzerinde yürütülen çalışmalarda, kalsiyum ve kitosan kombinasyonunun meyvelerin muhafaza özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir. Bu bulgular, söz konusu kombinasyonun hasat öncesi uygulamalarda potansiyel bir kalite koruma stratejisi olabileceğini göstermektedir.

TÜİK verilerine göre, Türkiye’de son yedi yıla ait böğürtlen üretim miktarları (ton) Şekil 1.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2. Türkiye’nin 2018-2024 böğürtlen üretim verileri (Ton) (TÜİK, 2024)

Şekildeki veriler incelendiğinde, 2020 yılı dışında genel bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. 2018 yılında 2.540 ton olan böğürtlen üretimi, 2024 yılı itibarıyla 4.037 tona ulaşmıştır. Bu artış hem iç tüketimdeki talebin yükseldiğini hem de üretim alanlarının genişlediğini göstermektedir. Buna bağlı olarak, elde edilen ürünlerin kalite kaybı yaşamadan muhafaza edilmesi ve pazarlanabilirliğinin korunması, üretim sürecinin sürdürülebilirliği açısından her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Böğürtlen gibi üretimi ve piyasa talebi her geçen yıl artan meyvelerde, yalnızca verimli üretim değil, aynı zamanda hasat sonrası kalite kayıplarını en aza indirerek ürünün sağlıklı bir şekilde muhafaza edilmesi de büyük önem taşımaktadır. Bu sürecin

sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde yönetilebilmesi için, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen, doğal maddelerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda, kalsiyum klorür (CaCl_2) ve kitosan gibi maddeler, meyve muhafazasında potansiyel katkılar sağlayabilecek biyolojik kökenli uygulamalar arasında yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında, CaCl_2 ve kitosanın böğürtlen meyvesine hasat öncesi ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının, hasat sonrası muhafaza süresince meyve kalite özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar hasattan önce gerçekleştirilmiş; ardından meyveler 15 gün boyunca soğuk hava deposunda muhafaza edilerek kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Yapılan literatür taramasında, böğürtlen meyvesine yönelik hasat öncesi CaCl_2 ve kitosan uygulamalarının birlikte değerlendirildiği çalışmalara rastlanmamıştır. Bu yönüyle araştırma, mevcut literatürdeki boşluğa bilimsel katkı sağlamayı ve konuyla ilgili özgün veri üretmeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma, bir yandan bilimsel literatürdeki eksiklikleri gidermeyi, diğer yandan üreticilere hasat öncesi kolaylıkla uygulanabilecek etkili ve doğal bir yöntem sunmayı amaçlamaktadır. Elde edilen verilerin, böğürtlen üreticilerinin ürünlerini daha uzun süre kalite kaybı olmadan muhafaza etmelerine imkân tanıyarak, hasat sonrası kayıpların azaltılmasına ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlanmasına yardımcı olacağı öngörülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Ahmed ve ark. (2021), yaptıkları bir çalışmada kitosan (%1), salisilik asit (2 mM) ve kalsiyum klorür (%3) uygulamalarının 'Khesab' çeşidi hurma meyvelerinde muhafaza ömrü ve kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Uygulamalar, tozlaşmadan 5 ve 15 hafta sonra ve hasattan 2 hafta önce olmak üzere üç kez gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda saf su kullanılmış; kitosan (Ch), Ca, SA ve bunların kombinasyonları bitkilere sprey yöntemiyle uygulanmıştır. Hasat edilen meyveler 2 °C sıcaklık ve %90-92 bağıl nem koşullarında 60 gün boyunca muhafaza edilmiş; her 15 günde bir fiziksel ölçümler ve kimyasal analizler yapılmıştır. Muhafaza süresince, Ch+Ca, Ch+SA+Ca ve Ch+SA uygulamalarının mikrobiyal gelişimi baskılayarak çürüme oranını azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca Ca ve Ch+SA+Ca uygulamalarının meyve olgunlaşmasını geciktirdiği ve bu gruplarda en yüksek toplam fenolik bileşik içeriğine ulaşıldığı tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite açısından değerlendirildiğinde, en yüksek korunum Ch+SA uygulamasında gözlenmiş; bunu sırasıyla Ch+SA+Ca ve Ch uygulamaları takip etmiştir. Araştırma sonucunda, Ch+SA ve Ch+SA+Ca uygulama kombinasyonlarının hurma meyvesinin muhafaza boyunca meyve kalitesini koruma açısından en etkili yöntemler olduğu ifade edilmiştir.

Çezik ve Saraçoğlu (2024) tarafından yürütülen çalışmada, Monterey çeşidi çileklerde hasat sonrası kalsiyum klorür (CaCl_2) daldırma uygulamalarının ve farklı sap uzunluklarının, muhafaza süresince meyve kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmada meyveler, 0 cm, 5 cm ve 10 cm olmak üzere üç farklı sap uzunluğunda hasat edilmiş ve ardından %0 (kontrol), %2 ve %4 CaCl_2 çözeltilerine daldırılmıştır. Uygulama yapılan çilekler, %90 bağıl nem koşullarında 0 °C sıcaklıkta soğuk hava deposunda muhafazaya alınmış ve 21 gün boyunca, 7'şer günlük periyotlarla kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma bulgularına göre, en düşük ağırlık kaybı 5 cm sap uzunluğuna sahip meyvelerde gözlemlenmiştir. En düşük çürüme oranı ise 0 cm ve 5 cm sap uzunluklarına sahip çileklerde ve %2 CaCl_2 uygulaması yapılan meyvelerde belirlenmiştir. Muhafaza süresi boyunca meyvelerdeki suda çözünür kuru madde miktarının (SÇKM) azaldığı rapor edilmiştir. Fitokimyasal içerikler açısından değerlendirildiğinde, meyve sapı uzunluğu ve kalsiyum dozuna bağlı

olarak depolama süresince farklılıklar gözlemlenmiş; bazı parametrelerde artış, bazı parametrelerde ise azalışlar kaydedilmiştir. Sonuç olarak, 0-5 cm sap uzunluğu ve %2 CaCl_2 uygulamasının, çilek meyvesinin hasat sonrası kalite özelliklerini koruma açısından etkili olduğu ve birçok parametre bakımından olumlu sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Bu nedenle, söz konusu uygulamaların çilek muhafazasında önerilebilecek yöntemler arasında yer aldığı belirtilmiştir.

Erbaş ve ark. (2024) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, ‘Chester’ çeşidi böğürtlen meyvesine hasat öncesinde farklı dozlarda oksalik asit (2.5 mM ve 5 mM) ile salisilik asit (0.5 mM ve 1 mM) uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalar, hasattan 7 ve 14 gün önce gerçekleştirilmiş olup, ardından meyveler soğuk hava deposunda 9 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresince böğürtlen meyvelerinin fizyolojik, fizikokimyasal ve görsel kalite parametreleri izlenmiştir. Elde edilen bulgular, tüm uygulamaların kontrol grubuna kıyasla ağırlık kaybını, asit düzeylerindeki değişimi ve toplam fenolik madde kaybını azalttığını göstermiştir. Genel değerlendirme sonucunda, 1 mM salisilik asit uygulaması meyve kalitesini koruma açısından en etkili yöntem olarak belirlenmiştir. Oksalik asit uygulamaları arasında ise 2.5 mM dozunun kısa süreli (3 gün) depolama koşulları için daha uygun olduğu ifade edilmiştir.

Gayed ve ark., (2017) tarafından yürütülen bir çalışmada, hasat öncesi uygulanan kalsiyum klorür ve kitosan spreylelerinin, şeftali meyvelerinin soğuk hava muhafaza süresince kalite özellikleri ve muhafaza ömrü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, ‘Early Swelling’ çeşidi şeftali ağaçlarına %1 ve %2 oranlarında kalsiyum klorür (CaCl_2) olmak üzere iki kez spreysel uygulama yapılmıştır. İlk uygulama meyvelerin bezelye büyüklüğüne ulaştığı dönemde, ikinci uygulama ise hasattan 10 gün önce gerçekleştirilmiştir. Kitosan uygulamaları ise yalnızca hasattan 10 gün önce %0.5 ve %1 oranlarında, hem tek başına hem de %1 ve %2 CaCl_2 ile kombinasyon hâlinde yapılmıştır. İşlem görmemiş ağaçlar kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Meyveler olgunluk aşamasında hasat edilerek paketlenmiş ve %85-90 bağıl nem koşullarında 0 ± 1 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresi boyunca meyvelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri 7 günlük aralıklarla analiz edilmiştir. Araştırmacıların elde ettikleri bulgulara göre, hasat öncesi %2 CaCl_2 + %1 kitosan kombinasyonunun, ağırlık kaybı ve çürüme oranını minimum düzeye indirerek meyve sertliğini maksimum düzeyde

koruduğunu ve muhafaza ömrünü uzattığını ortaya koymuştur. Uygulamalar meyve rengini istatistiksel olarak etkilememiştir ve kontrol grubundaki meyveler ile yalnızca CaCl_2 uygulanan meyvelerde, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı, toplam fenolik içerik değerleri ve titre edilebilir asitlik oranları korunmuştur. Araştırmacılar, bu sonuçların şeftali meyvesinde hasat öncesi uygulanan kalsiyum ve kitosan kombinasyonlarının, muhafaza süresince kaliteyi koruma ve muhafaza ömrünü uzatma açısından etkili bir yöntem olabileceğini belirtmektedir.

Guo ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada Çin cüce kirazı meyvesine hasat öncesi %2.0 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulaması ve hasat sonrası %1 kitosan kaplamasının etkilerini incelemiştir. Meyvelere, hasattan 21 gün önce %2.0 oranında $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisi püskürtülmüş ve hasat sonrası %1 kitosan çözeltisi ile meyveler kaplanmıştır. Meyveler, 30 gün boyunca soğuk ortamda muhafaza edilmiştir. Bu süre zarfında, hem kontrol grubunda hem de uygulama yapılan grupta besin bileşenlerinde azalma gözlemlenmiş; ancak bu azalma uygulama grubunda daha yavaş gerçekleşmiştir. Hasat öncesi kalsiyum ve hasat sonrası kitosan uygulamalarının sinerjik etkisi; muhafaza süresince şeker, organik asit ve fenolik madde içeriklerini kontrol grubuna göre daha yüksek seviyelerde korumuştur. Kombinasyon uygulaması meyvelerinde besin kaybı daha yavaş gerçekleşmiş ve antioksidan aktivitenin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu yöntemin Çin cüce kirazı meyvelerinin muhafazasında kalite kaybını azaltmada etkili olabileceğini vurgulamışlardır.

Hernandez-Munoz ve ark. (2008), yapmış oldukları bir çalışmada, hasat sonrası çilek meyvelerine uygulanan kitosan ve kalsiyum uygulamalarının çilek meyvesinin meyve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kontrol grubuna herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Kitosan uygulamaları %1 veya %1.5 dozlarında yapılmış; kalsiyum uygulamaları ise kalsiyum glukonatın (CaGlu) kitosan ile kombinasyonu şeklinde gerçekleştirilmiştir (%1 kitosan + %0.5 CaGlu ve %1.5 kitosan + %0.75 CaGlu çözeltileri). Uygulamaların ardından meyveler, 10°C sıcaklık ve 70 ± 5 bağıl nem koşullarında bir hafta süreyle muhafaza edilmiştir. Raf ömrünü uzatmadaki etkiler; fungal bozulma, solunum hızı, kalite parametreleri ve genel görsel görünüm dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Depolama süresi boyunca, %1.5 kitosanla (CaGlu ilaveli ya da ilavesiz) veya %1 kitosan + %0.5 CaGlu ile kaplanan meyvelerde fungal çürümeye

rastlanmamıştır. Buna karşılık, sadece %1 kitosan ile kaplanan ve kalsiyum içermeyen çileklerin %12.5'i, depolamanın beşinci gününde fungal enfeksiyona uğramıştır. Kitosan kaplaması, meyvelerde solunum aktivitesini azaltarak olgunlaşma sürecini ve fungal gelişimi geciktirmiştir. %1.5 kitosan ile kaplanan çileklerde, kalsiyum glukonat varlığına bağlı olmaksızın, %1 kitosanla kaplananlara kıyasla daha az ağırlık kaybı ve daha az kararma gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, %1 kitosan çözeltisine kalsiyum ilavesi, meyve sertliğini artırmıştır. Kaplanmış örnekler, kaplanmamış meyvelere göre daha iyi görsel görünüm sergilemiştir. Ayrıca, kitosan kaplamalara kalsiyum glukonat eklenmesi, meyvenin kalsiyum içeriğini artırarak besin değerinde iyileşme sağlamıştır.

Kumarihami ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada 'Garmrok' çeşidi kivi meyvelerine yapılan bazı hasat öncesi uygulamaların, muhafaza süresince meyve kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, kalsiyum-kitosan (%2 kitosan + %2 CaCl₂), Vapor Gard (1-p-menthene) -bitkilerde su buharlaşmasını azaltmak amacıyla kullanılan bir polimer- ve kontrol uygulamalarına meyveler hasattan önce daldırılmış ve bu uygulamalar iki farklı zamanda tekrarlanmıştır. Tam çiçeklenmeden 140 gün sonra ilk uygulama yapılmış, ikinci uygulama ise ilk uygulamadan 22 gün sonra gerçekleştirilmiş; uygulamalardan 13 gün sonra meyveler hasat edilmiştir. Hasat edilen meyveler 0 °C sıcaklıkta 90 gün boyunca muhafaza edilmiş ve meyveler her 30 günde bir analize tabi tutulmuştur. Yapılan Ca-kitosan uygulaması meyve ağırlığını artırmıştır. Ayrıca Ca-kitosan, hasat edilen meyvelerin solunum hızını anlamlı düzeyde azaltmış, meyve sertliğini daha uzun süre korumuş, en düşük suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve en yüksek titre edilebilir asitlik (TA) değerlerini vermiştir. Araştırmacılar, Ca-kitosan uygulamasının bir biyostimülant olarak olgunlaşmayı geciktirici etkisine özellikle vurgu yapmışlardır. Sonuç olarak, çalışmada kivi meyvelerinin muhafaza süresince kalite korunumu açısından Ca-kitosan uygulaması önerilmiştir.

Kumarihami ve ark. (2021), yaptıkları bir çalışmada hasat öncesi kitosan uygulamalarının muhafaza süresince meyve kalitesi üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada 'Garmrok' kivi çeşidi kullanılmış ve kontrol grubu için hiç uygulama yapılmazken kitosan iki farklı dozda (100 mg L⁻¹, 500 mg mg L⁻¹) uygulanmıştır. Meyveleri daldırma yöntemi ile uygulayan araştırmacılar bunu 4 defa tekrarlamış ve hasat günü meyveleri 0 °C sıcaklıkta %90-95 bağıl nem koşullarında olan depoya

kaldırmışlardır. 90 günlük muhafaza boyunca meyveler 30 gün periyotla analizlere tabi tutulmuştur. Hasat öncesi yapılan uygulamalar kivi meyvesinin ağırlıklarını artırmış fakat boyutunda bir değişikliğe sebep olmamıştır. Kitosan uygulamaları etilen üretimini baskılamış ve solunum hızını yavaşlatmıştır. Aynı zamanda ağırlık kaybını en az düzeye indirmiş ve meyve sertliği, suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam asitler, toplam lignin, toplam fenoller gibi kalite parametrelerindeki değişimleri geciktirmiştir. Araştırmacılar bulgular sonucunda kitosan uygulamalarının muhafaza boyunca meyve kalitesini korumada etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çilek bitkisine hasattan önce uygulanan benzotiyaidazol (BTH) (%0.02) ve kitosanın (%1) meyve savunma mekanizmasını nasıl etkilediği moleküler düzeyde incelenmiştir. Araştırmanın amacı bu uyarıcı maddelerin çilek meyvesinde genetik olarak nasıl yanıt verdiğini belirlemektir. Uygulamalar, çilek meyveleri hasat edilmeden 6, 12 ve 24 saat önce yapılmıştır. RNA-Seq teknolojisi kullanılarak transkripsiyonel değişiklikler araştırılmıştır. İncelemeler sonucunda BTH uygulamasının 5062, kitosan uygulamasının 5210 genin ifadesini değiştirdiği tespit edilmiştir. Her iki uygulama da meyvenin savunma sistemini güçlendiren genleri, protein üretimini ve ısı şok proteinlerini etkilemiştir. Sonuç olarak BTH ve kitosan uygulamalarının meyvede savunma genlerini olumlu yönde etkileyerek meyvenin dayanıklılığını arttırmada etkili olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışma ile çevre dostu ve kalıntı bırakmayan maddelerin bitki savunmasındaki önemini vurgulamışlardır (Landi ve ark., 2017)

Lobos ve ark. (2021) yaptıkları bir çalışmada, hasattan önce farklı dönemlerde uygulanan iki farklı dozda kalsiyum spreyinin, mavi yemiş meyvesinin hasat sonrası muhafaza süresince kalite özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada kalsiyum klorür, 400 ve 800 g Ca ha⁻¹ dozlarında; erken dönem (meyve tutumundan 8 ve 16 gün sonra) ve geç dönem (meyve tutumundan 16, 24 ve 32 gün sonra) olmak üzere iki farklı uygulama zamanında yapraktan püskürtme yoluyla uygulanmıştır. Uygulamalar tamamlandıktan sonra olgunlaşan meyveler hasat edilerek %88-90 bağıl nem koşullarında, 0 °C'de soğuk hava deposunda muhafazaya alınmıştır. Çalışma sonucunda, meyve sertliği ve kütle kaybı gibi kalite parametrelerinde uygulama dozları ve zamanlamaları arasında anlamlı etkileşimler gözlenmiştir. Erken dönemde yapılan

Ca uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla %10'a kadar daha yüksek meyve sertliği ve %1 daha düşük nem kaybı sağlamıştır. Ayrıca, erken uygulamalar meyvede Ca birikimini artırmış, toplam fenolik madde içeriğini yükseltmiş ve sağlam meyve oranını artırarak, çürüme ve kuruma oranlarını azaltmıştır. Geç dönemde yapılan uygulamalarda ise meyve Ca konsantrasyonu daha düşük kalmış ve bu durum poligalakturonaz enzim aktivitesinin artmasına, dolayısıyla depolama süresince bozulmanın hızlanmasına neden olmuştur. Araştırmacılar, elde ettikleri bulgular doğrultusunda hasat öncesi erken dönem Ca uygulamalarının, mavi yemiş meyvesinin raf ömrünü uzatmada ve muhafaza süresince kaliteyi korumada etkili bir strateji olduğunu belirtmişlerdir.

Martinez-Camacho ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada böğürtlen meyvesinin hassas yapısı göz önünde bulundurularak, hasat sonrası kalite kayıplarını azaltmaya yönelik uygulamaların etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, meyve yaşlanmasının bazı enzimatik aktivitelerle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Bu doğrultuda yürütülen çalışmada, farklı konsantrasyonlarda salisilik asit (SA; 1 mM, 2 mM, 3 mM) ve kitosan (COS; %0.25, %0.5, %1) uygulamalarının, meyvenin korunabilirliği ve pazarlanabilirlik indeksi üzerindeki fizyolojik etkileri değerlendirilmiştir. Uygulamalar, hasat öncesinde bitkilere yapraktan püskürtme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), fenilalanin amonyak liyaz (PAL) ve poligalakturonaz (PG) enzim aktiviteleri ölçülmüş, ayrıca suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TA), SÇKM/TA oranı ve pazarlanabilirlik indeksi (MI) depolamanın 144. saatinde analiz edilmiştir. Bulgulara göre, 3 mM SA ve %0.25 COS uygulamaları, meyvede sızma (leakage), kırmızı drupelet geri dönüşümü (RDR) ve miselyum oluşumunu azaltarak pazarlanabilirlik indeksinin korunmasına katkı sağlamıştır. SA uygulaması, ayrıca SOD, CAT ve PAL enzim aktivitelerini anlamlı düzeyde artırmıştır. Bununla birlikte SA ve COS uygulamalarının, hücre duvarı yıkımında etkili olan PG enziminin aktivitesini değiştirdiği belirlenmiş ve bu değişikliğin, meyvenin raf ömrünün uzamasında ve çürümeye neden olan patojenlere karşı direncin artmasında etkili olabileceği değerlendirilmiştir. Öte yandan, bu uygulamaların SÇKM, TA ve SÇKM/TA oranı gibi temel fizyokimyasal özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi tespit edilmemiştir.

Modesto ve ark. (2020) tarafından yürütölen çalışmada, hasat öncesi uygulanan farklı konsantrasyonlardaki kalsiyum klorür (CaCl_2) uygulamalarının ‘Tupy’ eşidi böğürtlen meyvelerinin kalite özellikleri üzerindeki etkileri değeriendirilmiştir. Çalışmada %0 (kontrol), %1.5, %3 ve %4.5 oranlarında CaCl_2 konsantrasyonları ile bir, iki ve üç kez uygulama olmak üzere farklı uygulama kombinasyonları incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre, tek uygulamayla meyve kalsiyum içeriğinde %2.2 oranında artış sağlanırken, özellikle %4.5’lik uygulama sonucunda meyvelerde kütle kaybının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, meyve sertliği, askorbik asit içeriğı, meyve iriliğı ve kütleğinde anlamlı düzeyde artışlar gözlemlenmiştir. Öte yandan, çözünebilir katı madde, toplam şeker, antioksidan aktivite ve toplam polifenol içeriğı açısından uygulamaların, genel olarak azalma eğilimi gösterdiği rapor edilmiştir.

Naradisorn ve ark. (2022), yürüttükleri çalışmada hasat öncesi uygulanan kalsiyum klorürün (CaCl_2), ‘Phulae’ eşidi ananas meyvelerinin hasat sonrası kalite özellikleri ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, hasattan önce üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir: %0.5 CaCl_2 , %1.0 CaCl_2 ve su (kontrol). Bu uygulamalar, bitki gelişiminin belirli dönemlerinde üç bölünmüş doz hâlinde uygulanmıştır. Meyveler ticari olgunluk döneminde hasat edilmiş ve 10 °C’de depolanarak analizler yedi günlük aralıklarla yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, C vitamini, toplam fenolik bileşikler, toplam karotenoidler ile DPPH ve FRAP yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite düzeyleri, CaCl_2 uygulanan gruplarda kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Buna karşın, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarında uygulamalar arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Ayrıca, kalsiyum uygulamaları meyvede sertlik kaybını geciktirmiş ve iç kararma oluşumunu belirgin şekilde azaltmıştır. Elde edilen bulgular, hasat ncesi CaCl_2 uygulamalarının ‘Phulae’ eşidi ananas meyvelerinin soğukta muhafaza süresince kalite ve fonksiyonel özelliklerini korumada etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Nguyen ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada, farklı kalsiyum klorür (CaCl_2) konsantrasyonlarının nano-kitosan (NCTS) kaplamayla birlikte ilek meyvesinin hasat sonrası depolama süresince kalite özellikleri üzerindeki etkilerini değeriendirmeyi amaçlamıştır. ilekler, %0.2 NCTS kaplaması uygulanmadan önce sırasıyla %1, %2,

%3 ve %4 CaCl₂ çözeltilerine daldırılmıştır. Ardından meyveler 4 °C’de depolanmış ve üçer günlük aralıklarla, pazarlanabilirlik kayboluncaya dek aşağıdaki fizikokimyasal parametreler analiz edilmiştir: genel kalite indeksi, ağırlık kaybı, sertlik, titre edilebilir asitlik, suda çözünür kuru madde, L-askorbik asit içeriği, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, antioksidan aktivite ve malondialdehit düzeyi. Altı farklı uygulama içinde %3 CaCl₂ + %0.2 NCTS kombinasyonu, 15 günlük depolama sonunda en yüksek genel kalite indeksi puanını koruyarak en etkili işlem olarak belirlenmiştir. Bu kombinasyon, ağırlık kaybını anlamlı ölçüde azaltmış; L-askorbik asit, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivite değerlerini büyük ölçüde muhafaza etmiş; ayrıca malondialdehit birikimini geciktirmiştir. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, %3 CaCl₂ + %0.2 NCTS ile kaplanan meyvelerin yüzeyinde homojen ve düzgün bir film tabakası oluştuğunu göstermiştir. Depolama süresince tat bozulması gözlenmezken, uçucu bileşik profilinin 15. güne kadar büyük ölçüde korunduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, orta düzey CaCl₂ konsantrasyonunun nano-kitosan kaplamayla kombinasyonunun çilek meyvesinin soğuk depolama koşullarında kalite özelliklerini sürdürmede etkili bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Nia ve ark. (2021), sofralık üzümde hasat öncesi kitosan yaprak püskürtmesi ile hasat sonrası Aloe vera jeli (AVG) kaplamasının depolama süresince meyve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada kitosan, meyve tutumu döneminde, meyve tutumundan sonra 25. ve 50. günlerde olmak üzere üç defa, %2.0 ve %3.0 oranlarında uygulanmıştır. Hasat sonrası üzümler kontrol için saf suya, AVG kaplaması için ise sırasıyla %25 ve %33 AVG çözeltilerine daldırılmıştır. Meyveler, 10’ar günlük aralıklarla fizikokimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Bulgular, kitosan ve AVG uygulamalarının tek başına ya da kombinasyon hâlinde depolama ömrünü anlamlı düzeyde uzattığını ortaya koymuştur. Özellikle %3.0 kitosan + %33 AVG kombinasyonu, çürüme indeksi, malondialdehit birikimi, ağırlık kaybı ve polifenol oksidaz aktivitesini düşürerek üzümün raf ömrünü 15 güne kadar uzatmış; aynı zamanda genel kalite indeksi, sertlik, antioksidan aktivite, peroksidaz, toplam fenoller, antosiyanin, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) ve C vitamini düzeylerini korumuştur. Araştırmacılar, bu doğal bileşiklerin pazarlanabilir süreyi uzatma ve hasat sonrası kayıpları azaltmada uygulanabilir alternatifler sunduğunu belirtmişlerdir.

Tezotto-Uliana ve ark. (2014), ahududu meyvesinin yüksek solunum oranına sahip olması nedeniyle depolama ömrünün kısaldığını ve pazarlanabilirlik kalitesinin hızla düştüğünü belirtmişlerdir. Bu nedenle araştırmacılar, kitosan kaplamalarının bu sorunu çözmede etkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada, hasat öncesi ve hasat sonrası uygulanan farklı konsantrasyonlardaki kitosan çözeltilerinin (%0. %0.5, %1.0 ve %2.0), taze ahududu meyvelerinin kalite özelliklerinin korunması üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Hasat öncesi uygulama, meyvelerin pembeye dönmeye başladığı dönemde başlatılmış ve üç hafta boyunca haftada bir kez el spreyi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası uygulamada ise meyveler hasattan hemen sonra ilgili çözeltilere beş dakika süreyle daldırılmıştır. Her iki uygulama sonrasında meyveler 0 °C sıcaklıkta ve %90 bağıl nem koşullarında muhafaza edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre hem hasat öncesi hem de hasat sonrası uygulanan %1 ve %2 kitosan konsantrasyonları, titre edilebilir asitlik değerini korumada ve solunum ile etilen üretimini azaltarak, ağırlık kaybı ve çürüme oranlarını geciktirmede etkili olmuştur. Ancak en yüksek kitosan konsantrasyonlarının askorbik asit içeriğinde daha hızlı azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Meyve sertliği yalnızca hasat öncesi %2 oranında kitosan uygulandığında korunabilmiştir. Sonuç olarak, hasat sonrası %1 ve %2 ile hasat öncesi %2 oranındaki kitosan uygulamalarının, ahududu meyvesinin temel kalite özelliklerini sırasıyla 15 ve 12 gün boyunca koruyabildiği belirlenmiştir.

Böğürtlen meyvesinin hasat sonrası muhafaza süresince biyoaktif bileşiklerinin ve pazarlanabilirlik kalitesinin korunmasına yönelik olarak Ünal ve ark. (2023) bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada, organik olarak yetiştirilen 'Jumbo' çeşidi böğürtlenler kullanılmıştır. Hasadı yapılan meyveler dört farklı gruba ayrılmış ve uygulamalar yapılmıştır. Kontrol grubuna herhangi bir işlem uygulanmazken, diğer gruplara 254 nm dalga boyunda 5 dakika süreyle UV-C ışını uygulaması, %1 oranında kitosan kaplaması ve UV-C + kitosan kombinasyonu uygulanmıştır. Uygulamaların ardından meyveler 1 ± 0.5 °C sıcaklık ve %85 bağıl nem koşullarında 14 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Depolama süresi sonunda en yüksek ağırlık kaybı kontrol grubunda (%3.04), en düşük ağırlık kaybı ise UV-C + kitosan uygulanan grupta (%1.59) tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bu kombinasyonun poligalakturonaz (PG) enzimi aktivitesini baskılamış olduğu ve meyve görselliğini en iyi şekilde muhafaza ettiği belirtilmiştir. UV-C + kitosan uygulaması; suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), renk değerleri, antioksidan

aktivite, askorbik asit ve toplam antosiyanin düzeylerinde meydana gelen değişiklikleri geciktirme açısından en etkili yöntem olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, hasat sonrası dönemde 254 nm’de 5 dakikalık UV-C ışınlamasını takiben %1 oranında uygulanan kitosan kaplamanın, böğürtlen meyvesinin muhafaza boyunca kalite özelliklerini korumada etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü bünyesinde bulunan böğürtlen parselinde yürütülmüştür.



Şekil 3. 1. Böğürtlen parseline (40°19'56"N 36°28'35"E) ait uydu görüntüsü (Google Earth)

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal

Bu çalışmada, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü bünyesinde bulunan böğürtlen parselinde yetiştirilen 4 yaşlı Jumbo böğürtlen çeşidine ait bitkiler kullanılmıştır. Bitkiler aynı büyüklük ve yapıda olacak biçimde seçilmiştir. Meyvelerin temin edildiği bahçe, yaklaşık 1 dekarlık bir alan üzerine kurulmuş olup damlama sulama sistemiyle düzenli olarak sulanmaktadır. Ayrıca bahçede gerekli kültürel bakım uygulamaları düzenli bir şekilde yürütülmektedir.

Jumbo Böğürtlen Çeşidi

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan en yaygın çeşitlerden biridir. Meyvelerinin iriliğinin yanı sıra lezzetiyle dikkat çeken ve talebi yüksek olan bir çeşittir. Jumbo çeşidi böğürtlenler, gelişimi iyi, yarı dik büyüyen, dikensiz, meyveleri çok iri, uzun silindirik

ve aromalı, çiçekleri beyaz ve olgunlaşmış meyveleri siyah olan bir çeşittir. Yaz ayları boyunca hasadı yapılabilen bu çeşit kendine verimli olmasıyla da bilinir. (Karşlı, 2016)



Şekil 3. 2. Böğürtlen hasadına ait bir görüntü (Orijinal)

3.1.2. Hasat öncesinde kullanılan materyaller

Kalsiyum klorür

Kalsiyum ve klorun tuz formudur. Oda sıcaklığında beyaz, kokusuz ve katı halde bulunur. Kalsiyum klorür uygulaması ürünlerde membran sistemlerini stabilize edip, kalsiyum pektat oluşumunu sağlayarak hücre duvarının sertliği ve dayanımını arttırmaktadır. Bu nedenle hasattan önce böğürtlen bitkilerine %2 CaCl_2 uygulaması yapılmıştır. Saf su ile hazırlanan %2'lik CaCl_2 solüsyonu %1 yayıcı yapıştırıcı ilave edilerek bitkilere sırt pompası ile uygulanmıştır.



Şekil 3. 3. Kalsiyum uygulamasının yapıldığı dönemde böğürtlen meyvesinin fenolojik gelişim durumu (sağda) ve uygulama şekli (solda) (Orijinal)

Kitosan

Ticari olarak alınan kitosan, metanol ile çözündürülerek %0.25 konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Hazırlanan %0.25'lik kitosan %1 yayıcı yapıştırıcı ilave edilerek bitkilere sırt pompası ile hasattan 12 saat önce uygulanmıştır.



Şekil 3. 4. Kitosan uygulamasının yapıldığı dönemde böğürtlen meyvesinin fenolojik gelişim durumu (sağda) ve uygulama şekli (solda) (Orijinal)

Yayıcı Yapıştırıcı

Hasat öncesi yapılan uygulamalar, *Prowet* marka yayıcı yapıştırıcı ile birleştirilerek bitkilere püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır.

Saf Su

Kullanılacak miktarda saf suya %1 yayıcı yapıştırıcı ilave edilerek bitkilere sırt pompası ile uygulanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Hasat öncesi bitkilere yapılan uygulamalar

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine uygun şekilde planlanmıştır. Böğürtlen bahçesinde parseller bitki sayısı ve gelişimi bakımından homojen olarak belirlenmiştir. Belirlenen parsellere CaCl_2 uygulaması, çiçeklenme sonrasında küçük meyve oluşum aşamasında yapılmıştır. Kontrol grubu olarak saf su uygulaması yapılmıştır. Meyveler hasat olgunluğuna geldiğinde, Kitosan için belirlenen parsele hasattan 12 saat önce uygulama yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelen meyveler her parseldeki uygulama isimlerine dikkat edilerek homojen renklenmiş, tekdüze büyüklükte, zarar görmemiş, sağlıklı ve kusursuz olanları hasat edilmiştir. Hasat edilen meyveler yapıldıkları uygulamaya uygun şekilde sınıflandırılarak plastik ambalajlara konulmuş ve hemen Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait soğuk hava deposunda muhafazaya alınmıştır.

3.2.2. Meyvelerin muhafazası

Yürütülen çalışmada, deneme 3 tekerrürlü, her tekerrürde 1 şale ve her şalede 250 g meyve bulunacak şekilde planlanmıştır. Her bir uygulama için 15 adet şale kullanılmıştır. Bu işlemler sonrasında meyveler soğuk hava deposuna taşınmıştır. Soğuk hava deposuna sevk edilen böğürtlen meyveleri 15 gün boyunca, $2\pm0.5^\circ\text{C}$ ve 85 ± 5 bağıl nem koşullarında muhafaza edilmiştir. Depolama süresince 0. 3. 6. 9. 12. ve 15.

günlerde meyve kalite parametrelerine ait ölçüm ve analizler laboratuvar ortamında yapılmıştır.



Şekil 3. 5. Muhafaza deposundan bir görünüm (Orijinal)

3.2.3. Muhafaza süresince yapılan ölçüm ve analizler

Depolamanın 0, 3, 6, 9, 12 ve 15. günlerinde meyve kalite parametrelerine ait ölçüm ve analizler biyoaktif moleküller laboratuvarında yürütülmüştür.

3.3. Fiziksel Ölçümler

3.3.1. Ağırlık kaybı oranı (%)

Ağırlık kaybı ölçümü için ayrılan meyveler depolamanın başlangıcında ve her bir analiz döneminde (her bir tekrerrür için=150 g meyve) 0.01 g'a duyarlı hassas teraziyle tartılıp elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerine konularak belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = (\text{Başlangıç ağırlığı} - \text{Son ağırlık}) / (\text{Başlangıç ağırlığı}) \times 100$$



Şekil 3. 6. Meyve ağırlık ölçümü (Orijinal)

3.3.2. Çürüme oranı (%)

Her bir uygulamaya ait tekerrürlerdeki meyve sayısı belirlenmiş ve her bir analiz tarihinde, meyvelerin yüzeyindeki misel gelişimleri çürümüş meyve olarak kabul edilmiştir. Çürüme oranı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

Çürüme oranı (%)= (Toplam meyve sayısı - Sağlam meyve sayısı)/ (Toplam meyve sayısı) x 100

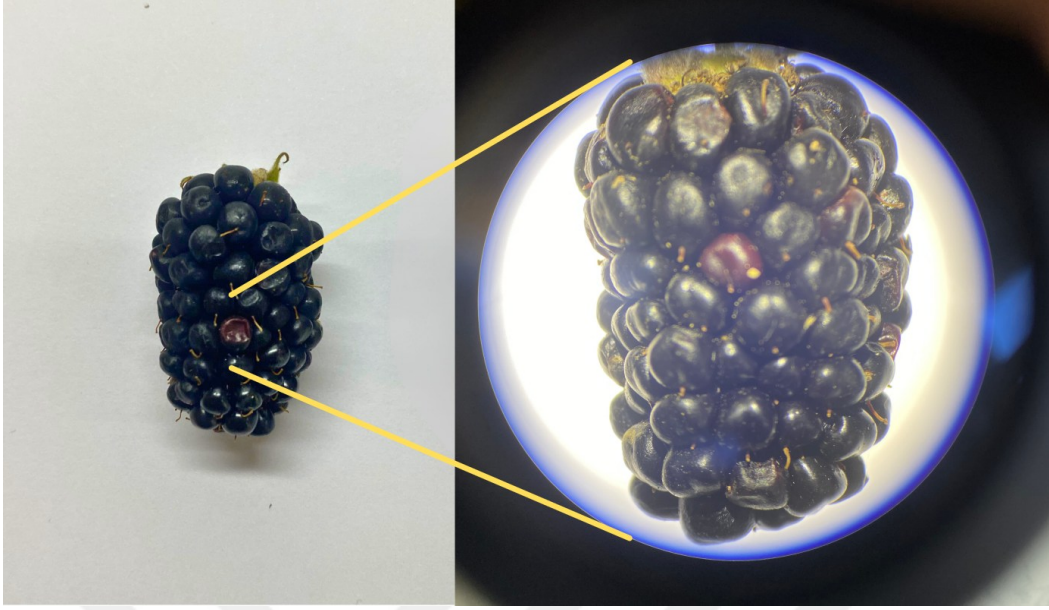


Şekil 3. 7. Böğürtlen meyvesinde çürümenin görsel etkisi (Orişinal)

3.3.3. Kırmızı tanecik dönüşümü (KTD) oranı (%)

Böğürtlen meyvesinde hasattan sonra karşılaşılan önemli bir fizyolojik bozukluk olan Kırmızı tanecik dönüşümü (KTD), bazı taneciklerin siyah renginin kırmızıya dönmesiyle meydana gelir. Bu renk dönüşümü meyvenin görsel kalitesini olumsuz etkileyerek ticari değerini düşürmektedir. Üç veya daha fazla parlak kırmızı renk içeren ve sızdıran tanecik içermeyen böğürtlenler bu parametrede pozitif olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada, KTD'nin görülme sıklığı ve şiddeti, meyve kalitesi değerlendirmelerinde dikkate alınmıştır. KTD aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır ve KTD yüzdesi olarak ifade edilmiştir;

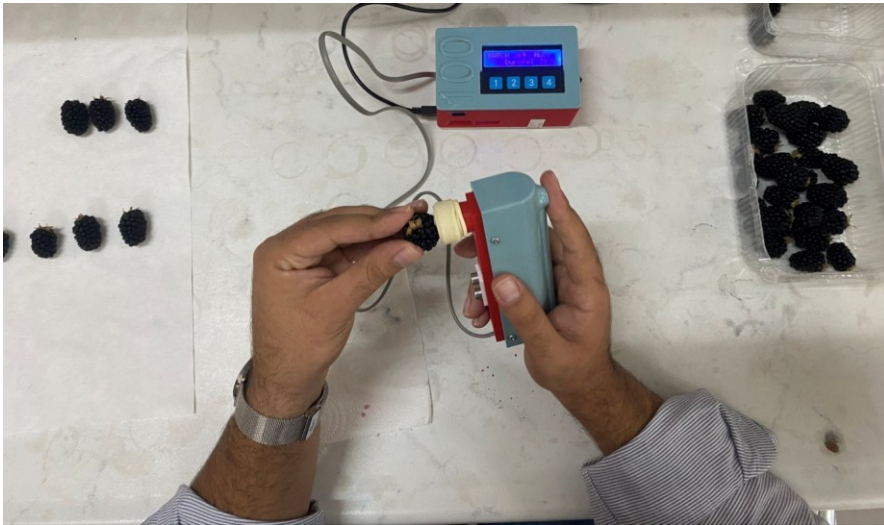
$$\text{Kırmızı tanecik dönüşümü (\%)} = (\text{KTD hasarlı meyve sayısı}) / (\text{Toplam meyve sayısı}) \times 100$$



Şekil 3. 8. Böğürtlen meyvesinde kırmızı tanecik dönüşümünün görsel etkisi (Orijinal)

3.3.4. Meyve eti sertliği (Newton)

Meyve sertliği her tekerrürde 10 adet meyvenin ekvatorial kısmının 2 farklı yanağından olacak şekilde Agrosta ®100 Field dijital sertlik ölçerin 2.5 mm ucu kullanılarak belirlenmiş ve değerler Newton (N) cinsinden ifade edilmiştir.



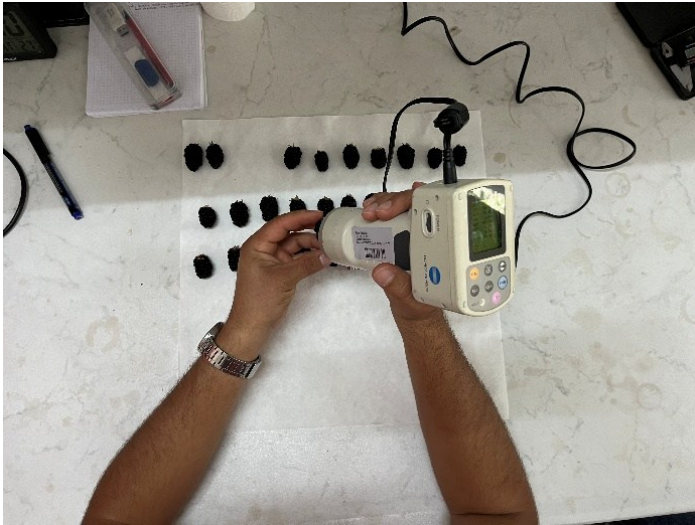
Şekil 3. 9. Meyve eti sertliği ölçümü (Orijinal)

3.3.5. Meyve rengi tayini

Meyve kabuk rengi CIE L*, a* ve b* parametreleri ile belirlenmiştir. Meyvelerde renk özelliklerine ait değerler, bir renk ölçer (Minolta, model CR-400, Tokyo, Japonya) vasıtasıyla, depolamanın her bir analiz döneminde, her bir uygulamaya ait tekrerrürde belirlenen 20 meyvenin ekvatorial kısmından iki ölçüm alınması ile tespit edilmiştir. Hazırlanan skalaya göre L* değeri 0 ile 100 arasında değer almaktadır. Sıfıra yaklaştıkça koyuluk artmakta, yüze yaklaştıkça açık renk artmaktadır. a* değeri pozitif (+) değer aldığıında kırmızı ve tonlarını, negatif (-) değer aldığıında yeşil ve tonlarını; b* değeri ise pozitif (+) değer aldığıında sarı ve tonlarını, negatif değer (-) aldığıında mavi ve tonlarını temsil etmektedir. Elde edilen L*, a* ve b* değerleri ile kroma (C*) ve hue (h°) açısı değerleri hesaplanmaktadır. Hue açısı, bir renk dairesi olarak tanımlanır; kırmızı-mor renkler 0° ve 360° açılarında, sarı renk 90° açısında, mavimsi yeşil renk 180° ve mavi renk 270° açı değerlerinde yer alır. Kroma değeri, rengin doygunluğunu gösterir; donuk renklerde kroma değeri düşerken, canlı renklerde bu değer yükselir. (McGuire, 1992).

$$h^{\circ} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3.1)$$

$$C = (a^2 + b^2) \quad (3.2)$$



Şekil 3. 10. Meyve rengi tayini (Orijinal)

3.4. Kimyasal Ölçümler

3.4.1. pH

Blendırdan çekilen meyvelerden 5 g pulplu meyve örnekleri alınarak üzerine 95 ml saf su eklenmiştir. 100 ml'ye tamamlanan örneklerin pH ölçüm cihazı vasıtasıyla pH değerleri belirlenmiştir.

3.4.2. Titre edilebilir (Serbest) asit (TA):

pH ölçümünden sonra aynı örnekler üzerinde TA ölçümü yapılmıştır. Örnekler pH 8.1 değerine ulaşana kadar 0.1 mol L⁻¹ sodyum hidroksit (NaOH) ile titre edilmiş ve titrasyonda harcanan NaOH miktarı esas alınarak sitrik asit cinsinden (g sitrik asit 100 mL⁻¹) ifade edilmiştir.

$$A = (S \times N \times F \times E) / C \times 100 \quad (3.3)$$

A: Asitlik yüzdesi (%)

S: Kullanılan sodyum hidroksit miktarı (ml)

N: Kullanılan sodyum hidroksitin normalitesi

F: Kullanılan sodyum hidroksit faktörü

E: Karşılık gelen asidin eşdeğer değeri (sitrik asit için 0.064)

C: Alınan örnek miktarı (ml).



Şekil 3. 11. pH ve titre edilebilir asit ölçümü (Orijinal)

3.4.3. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM)

Homojenije edilen meyveler kaba filtre kağıdından süzülüp elde edilen meyve suyu, saf suya göre kalibre edilmiş dijital refraktometrenin (PAL-1, McCormick Fruit Tech. Yakima, ABD) ekranına damlatılarak okumalar yapılmış ve elde edilen değerler % olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3. 12. Suda çözünebilir kuru madde ölçümü (Orijinal)

3.4.4. C vitamini

C vitamini tayini, meyvelerden elde edilen meyve suyu içerisine askorbik asit kiti daldırılarak Reflectoquant (Merck RQflex plus 10) cihazı ile ölçülmüş, bulunan değerler mg 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3. 13. C vitamini ölçümü (Orijinal)

3.4.5. Toplam fenolik madde tayini (μg gallik asit eşdeğer g⁻¹)

Toplam fenolik madde miktarı Singleton ve Rossi (1965)'de tarif edildiği üzere Folin-Ciocalteu's kimyasalı kullanılarak yapılmıştır. Yöntem doğrultusunda öncelikle homojenize edilen püre aseton, su ve asetik asit (70:29.5:0.5) çözeltisi kullanılarak bir saat boyunca tüpler içerisinde ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Folin-Ciocalteu's kimyasalı ve saf su karıştırılarak 8 dakika bekletilmiştir. Ardından %7'lik sodyum karbonat ilave edilmiştir. İki saat inkübasyondan sonra mavimsi bir renk alan çözeltinin absorbansı spektrofotometre cihazında 750 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asit cinsinden μg gallik asit eşdeğer/g taze meyve olarak hesaplanmıştır.

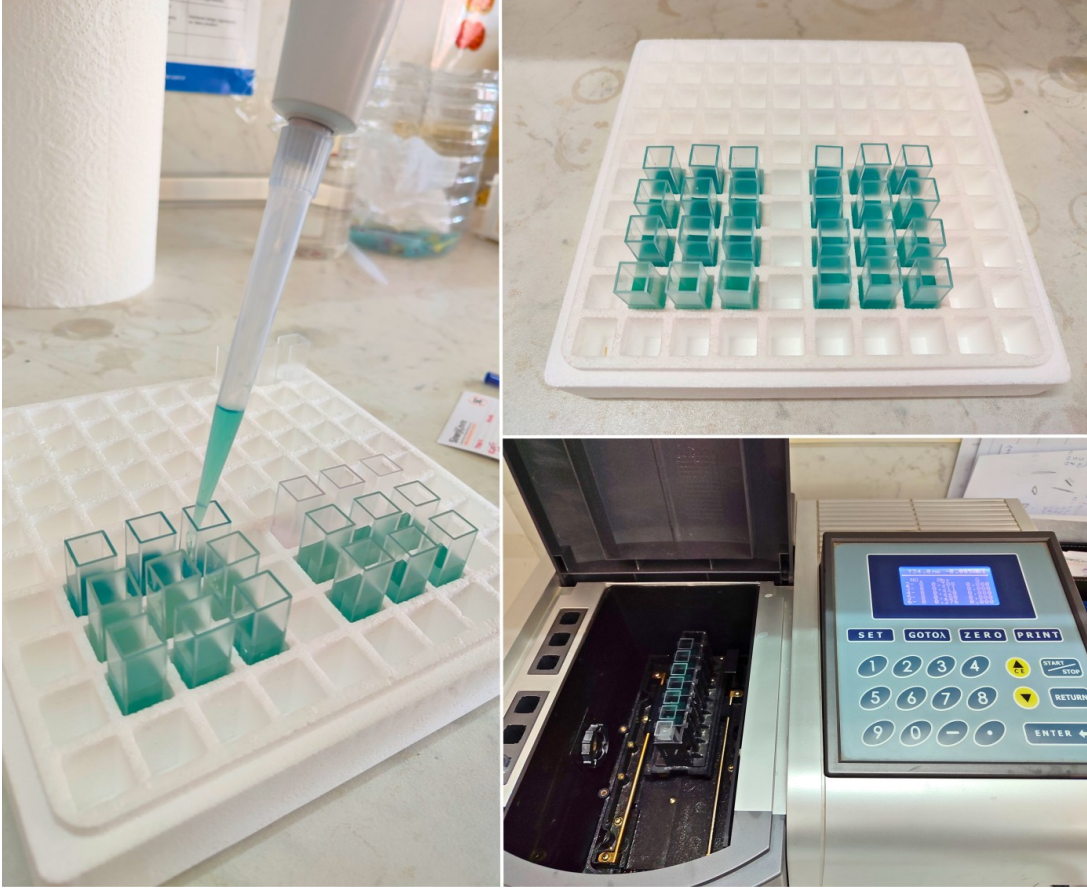


Şekil 3. 14. Toplam fenolik madde tayini analizi (Orijinal)

3.4.6. Toplam Antioksidan Aktivitesi (TAA- μmol Troloks eşdeğeri g^{-1})

Meyvelerin toplam antioksidan aktiviteleri Özgen ve ark. (2006) tarafından tavsiye edilen ve bitkisel materyaller için sık kullanılan TEAC (Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. TEAC analizi için (Özgen ve ark., 2006) 7 nm ABTS (2,2'-Azino-bis 3- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 2.45 mM potasyum bisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu solüsyon 20 mM sodium asetat (pH 4.5) bafırı ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ± 0.01 absorbans olacak şekilde sadeleştirilmiştir. Nihayetinde 30 μL ekstrakt 2.97 mL hazırlanan bakır karıştırılarak absorbans 10 dakika sonra

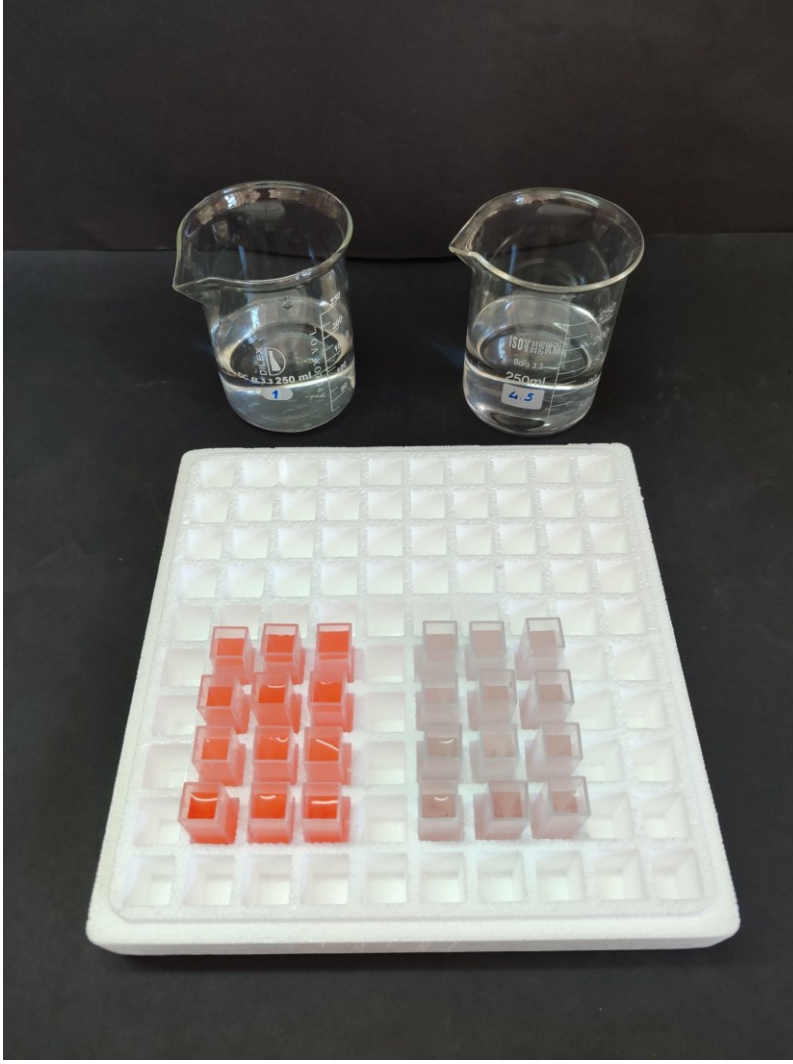
spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10-100 $\mu\text{mol/L}$) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak μmol Troloks eşdeğeri/g yaş ağırlık olarak sunulmuştur.



Şekil 3. 15. Toplam antioksidan aktivitesi analizi (Orijinal)

3.4.7. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini (TMA- $\mu\text{g cy-3-glu g}^{-1}$):

Meyvelerdeki toplam antosiyanin miktarı, pH farkı metodu kullanılarak belirlenmiştir (Giusti ve ark., 1999). Ekstraktlar pH 1.0 ve 4.5 bafurlarında hazırlanarak 531 ve 700 nm dalga boylarında ölçülmüştür. Toplam antosiyanin miktarı (Molar weight 449.2 and molar extinction coefficient of 29600 cyanidin-3-glucoside), absorbanslar [(A531-A700) pH 1.0 - (A531-A700) pH 4.5] μg cyanidin-3-glucoside/g taze meyve ($\mu\text{g cy-3-glu/g tm}$) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. 16. Toplam monomerik antosiyanin tayini analizi (Orijinal)

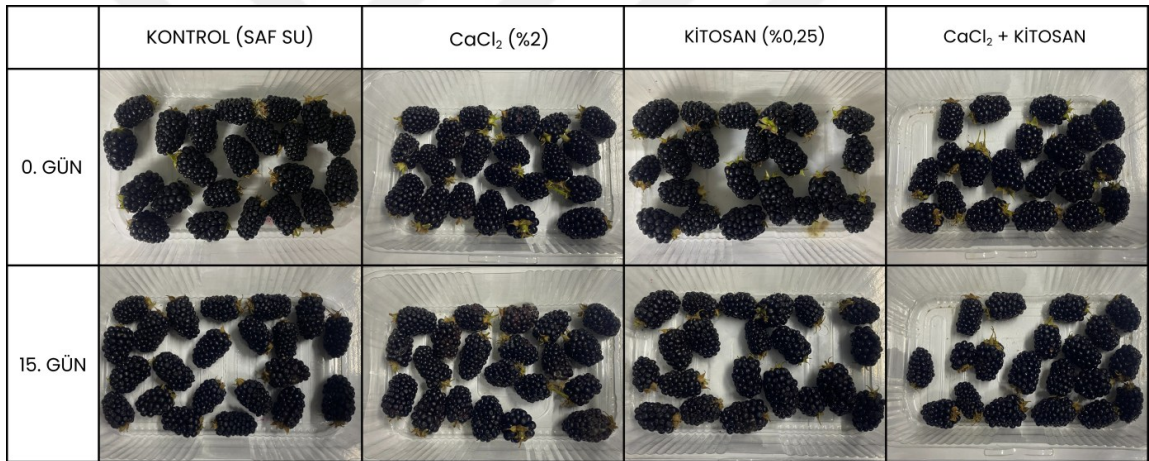
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizi

Deneme neticesinde hasat öncesi CaCl_2 ve kitosan uygulamalarının muhafaza kalitesine olan etkisini belirlemek amacıyla elde edilen veriler SAS paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmış ve ardından uygulama ortalamaları arasındaki farkın önemli olup olmadığı Duncan ($P < 0.05$) çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Yine aynı programda (SAS) korelasyon analizi yapılarak parametreler arasındaki ilişki saptanarak pearson korelasyon katsayıları gösterilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Böğürtlén bitkisine hasattan önce yapılan kalsiyum ve kitosan uygulamalarının meyve muhafaza ömrüne ve farklı kalite parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan uygulamaların meyvelere olan tesirini incelemek amacıyla ağırlık kaybı, çürüme oranı, kırmızı tanecik dönüşüm oranı, meyve renk tayini, meyve eti sertliği, pH, titre edilebilir asitlik (TA), suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam fenolik, toplam antioksidan aktivitesi ve toplam monomerik antosiyanin analizleri yapılmıştır. Bu bölümde elde edilen bulgular verilmiş ve literatürde bulunan çalışmalarla tartışması yapılmıştır.

4.1. Fiziksel Ölçümler

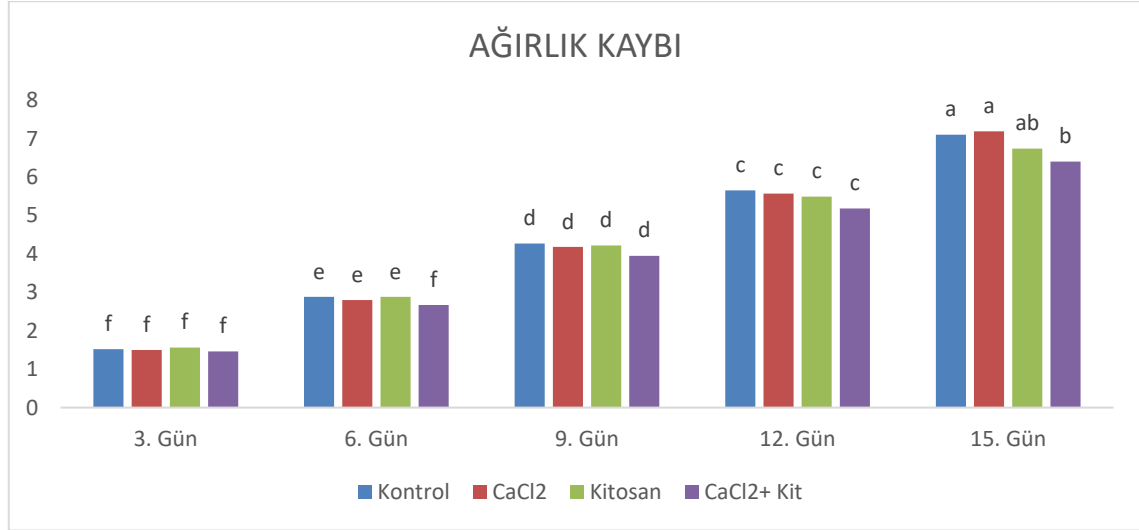


Şekil 4. 1. Hasat öncesi uygulamaların böğürtlén meyvesinde görsel kaliteye etkisi (Orijinal)

4.1.1. Ağırlık kaybı oranı (%)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlén meyvesinin muhafaza süresince ağırlık kaybı üzerine etkisi Şekil 4.2.'de sunulmuştur. Meyveler, 15 günlük muhafaza süresi boyunca 3'er günlük aralıklar ile tartılarak ağırlık kayıpları değerlendirilmiştir. Ağırlık kaybı üzerine uygulamaların ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Muhafaza süresi boyunca tüm uygulamalarda ağırlık kaybı artış göstermiştir. Depolama süresince en düşük ağırlık kaybı 3. günde ve CaCl₂ + kitosan uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kalsiyum uygulamasında

belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde kitosan ve kalsiyumun kombinasyonu ağırlık kaybını azaltmada diğer uygulamalara göre daha etkili olmuştur.

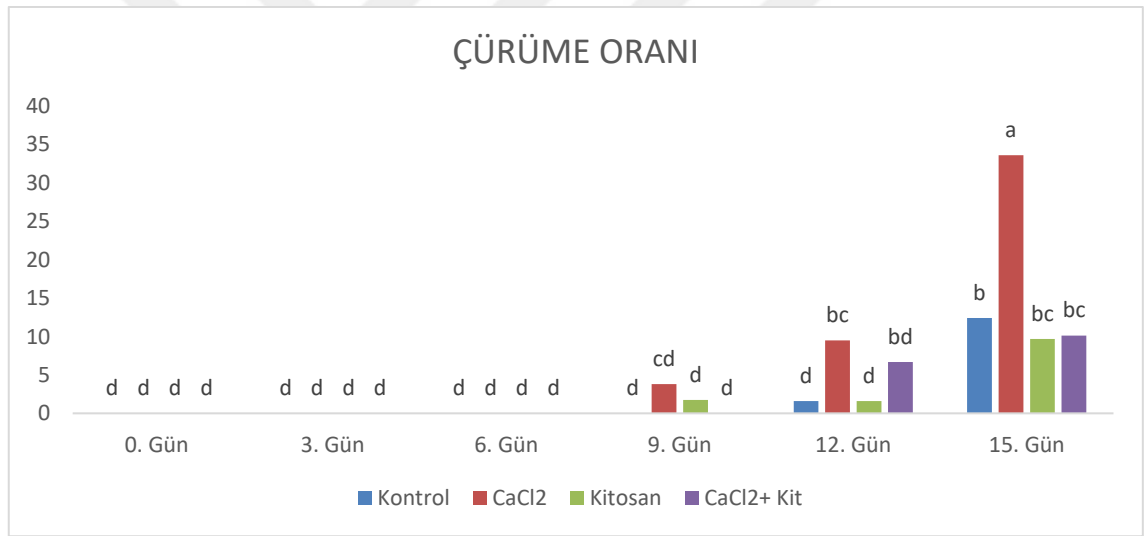


Şekil 4. 2. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin ağırlık kaybı üzerine etkisi ($p<0.05$)

Böğürtlen meyvesinin ince kabuklu yapısı, suyun hızlı buharlaşmasına neden olarak muhafaza süresi boyunca ağırlık kaybının artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu hassas kabuk yapısı, patojenlere karşı duyarlılığı artırarak çürümeye karşı olan hassasiyetini de artırmaktadır (Martinez-Camacho ve ark., 2022). Lobos ve ark. (2021), kalsiyum uygulamalarının hücre duvarındaki pektin yapısını koruyarak su kaybını sınırladığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Zhang ve ark. (2019) kivi meyvesi üzerinde yaptıkları çalışmada, kitosan ve kalsiyum içeren kompozit kaplamaların, meyve yüzeyinde koruyucu bir bariyer oluşturarak çürüme ve yumuşamayı geciktirdiğini ve bunun da ağırlık kaybını önlemede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda, kalsiyum ve kitosan uygulamalarının tek başlarına kullanımı, kontrol grubuna kıyasla ağırlık kaybı açısından anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Ancak bu iki maddenin birlikte uygulanması, sinerjik bir etki göstererek ağırlık kaybını azaltmada daha etkili bir sonuç vermiştir. Bu bulgu, kalsiyumun hücre duvarı dayanıklılığı sağlaması ve kitosanın yarı geçirgen film tabakası oluşturması sayesinde, birlikte uygulandıklarında su kaybını sınırlayıcı bir bariyer etkisi oluşturduklarını düşündürmektedir.

4.1.2. Çürüme oranı (%)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince çürüme oranı üzerine etkisi Şekil 4.3.'de sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde meyve çürümelerinin CaCl_2 uygulaması ve kitosan uygulaması için 9. günde başladığı Kontrol ve CaCl_2 + kitosan uygulamaları için ise 12. günde başladığı görülmüştür. 15 günlük muhafaza süresi sonunda CaCl_2 uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla çürümeye etkisi daha fazla bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulamalar ayrı olarak değerlendirildiğinde ise yine CaCl_2 uygulaması diğer uygulamalara kıyasla daha fazla çürüme göstermektedir. Muhafaza süreleri açısından bakıldığında, muhafaza süresinin artışı ile çürüme oranının giderek arttığı gözlemlenmiştir.



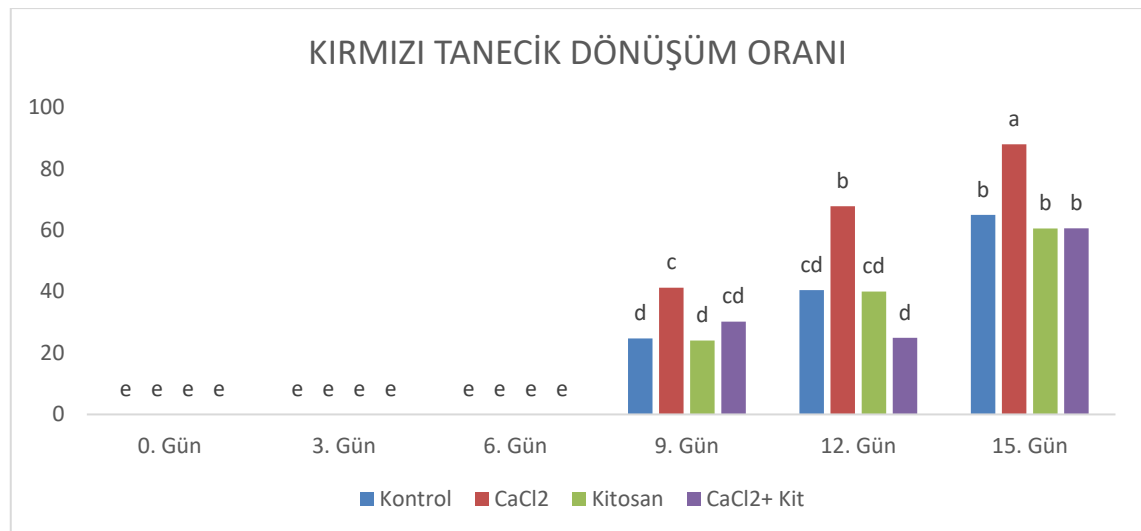
Şekil 4. 3. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin çürüme oranı üzerine etkisi ($p<0.05$)

Böğürtlen meyvesi, yumuşak ve sulu yapısı nedeniyle patojenik mikroorganizmaların neden olduğu mekanik hasarlara ve enfeksiyonlara karşı oldukça hassastır (Edgley ve ark., 2019; Shi ve ark., 2022). Literatürde yapılan çeşitli çalışmalar, kitosan uygulamalarının meyvelerde hasat sonrası çürüme oranını azaltmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Meng ve ark. (2008), sofralık üzümlere hasat öncesi sprey yöntemiyle uygulanan kitosanın ve hasat sonrası yapılan kitosan kaplamalarının muhafaza süresince çürümeyi anlamlı düzeyde azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, çilek meyvesinde yapılan hasat öncesi kitosan uygulamalarının da çürüme oranını

istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşürdüğü belirtilmiştir (Feliziani ve ark., 2015). Çin hünabı üzerinde yürütülen bir çalışmada ise hasattan önce uygulanan oligokitosan maddesinin, meyveleri çürümeye karşı koruduğu rapor edilmiştir (Yan ve ark., 2012). Yaptığımız çalışma sonucunda ise kitosan içeren uygulamaların etkisi kontrol ile aynı seviyede kalmıştır. Buna karşılık, yalnızca kalsiyum uygulanan grupta en yüksek çürüme oranı gözlemlenmiştir. Bu durum, kalsiyumun uygulama zamanından kaynaklanıyor olabilir. Erken meyve gelişim döneminde yapılan kalsiyum uygulamasının, hasat zamanına kadar ve muhafaza süresi boyunca bitki dokularından uzaklaşmış olabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. Kırmızı tanecik dönüşümü (KTD) oranı (%)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlent meyvesinin muhafaza süresince kırmızı tanecik dönüşümü oranı üzerine etkisi Şekil 4.4.'te sunulmuştur. Çalışmada kırmızı tanecik dönüşümü verileri 9. gün itibarıyla kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Şekle bakıldığında her muhafaza günü için CaCl_2 uygulamasının en fazla kırmızı tanecik dönüşüm oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu veriler çürüme oranıyla da benzerlik göstermektedir. Muhafaza süresi açısından bakıldığında ise muhafaza süresi arttıkça kırmızı tanecik dönüşüm oranının arttığı görülmüştür.

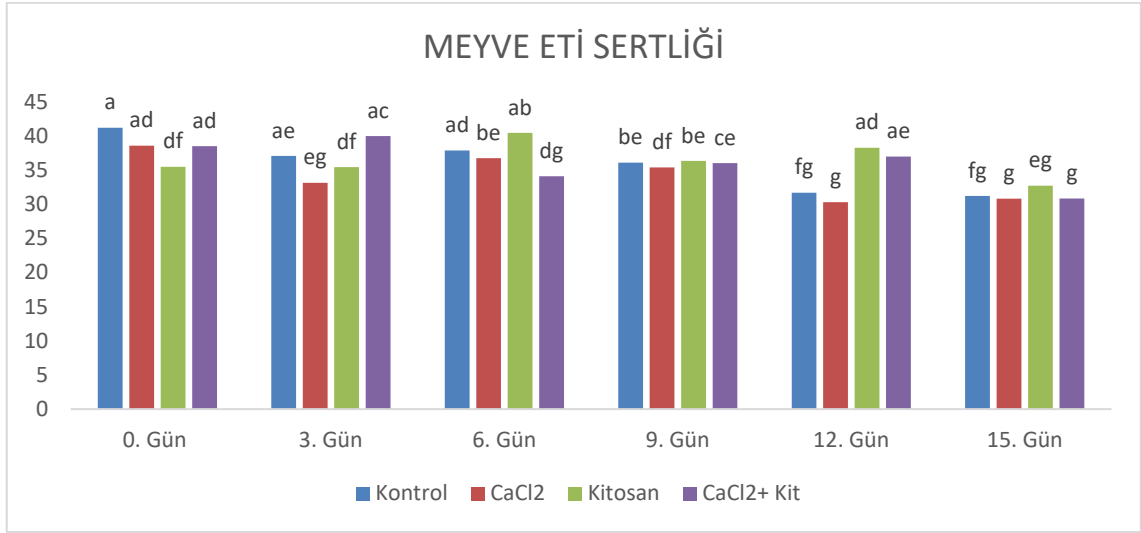


Şekil 4. 4. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin kırmızı tanecik dönüşüm oranı üzerine etkisi ($p<0.05$)

Böğürtlen meyvelerinde hasat sonrası karşılaşılan önemli fizyolojik sorunlardan biri de kırmızı tanecik dönüşümüdür (Red Drupelet Reversion, RDR). Bu durum, meyveyi oluşturan küçük tanecikli yapıların (drupa) tek tek ya da grup hâlinde siyah rengini kaybederek kırmızıya dönmesiyle karakterizedir. Söz konusu renk bozukluğu, meyvenin hem görsel hem de fiziksel kalitesini olumsuz yönde etkileyerek ticari değerinde ciddi kayıplara neden olmaktadır (Martínez-Camacho ve ark., 2022; Edgley ve ark., 2019). Martínez-Camacho ve ark. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, böğürtlen meyvelerine hasat öncesi uygulanan salisilik asit ve kitosan işlemlerinin, kontrol grubuna kıyasla kırmızı tanecik dönüşümünü belirgin şekilde engellediği rapor edilmiştir. Bizim çalışma bulgularımız incelendiğinde ise çürüme verilerine oldukça benzer sonuçlar görülmüştür. Kalsiyum uygulanan grupta kırmızı tanecik dönüşümünün en yüksek oranda gerçekleştiği belirlenirken, kitosan ve kalsiyum + kitosan uygulamalarının kontrol grubu ile benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

4.1.4. Meyve eti sertliği (Newton)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince meyve eti sertliği üzerine etkisi Şekil 4.8.'de sunulmuştur. Yapılan sertlik ölçümleri incelendiğinde, muhafaza süresi boyunca meyve sertliğinde genel bir azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince en yüksek meyve sertliği 0. günde ve kontrol grubunda, en düşük sertlik ise 12. günde ve kalsiyum uygulamasında belirlenmiştir. Hasat günü elde edilen veriler değerlendirildiğinde, yalnızca kitosan uygulamasının kontrol grubuna kıyasla meyve sertliğini düşürdüğü tespit edilmiştir. Ancak muhafazanın son gününde bu durum değişmiş ve uygulamalar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 4. 5. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin meyve eti sertliği üzerine etkisi ($p<0.05$)

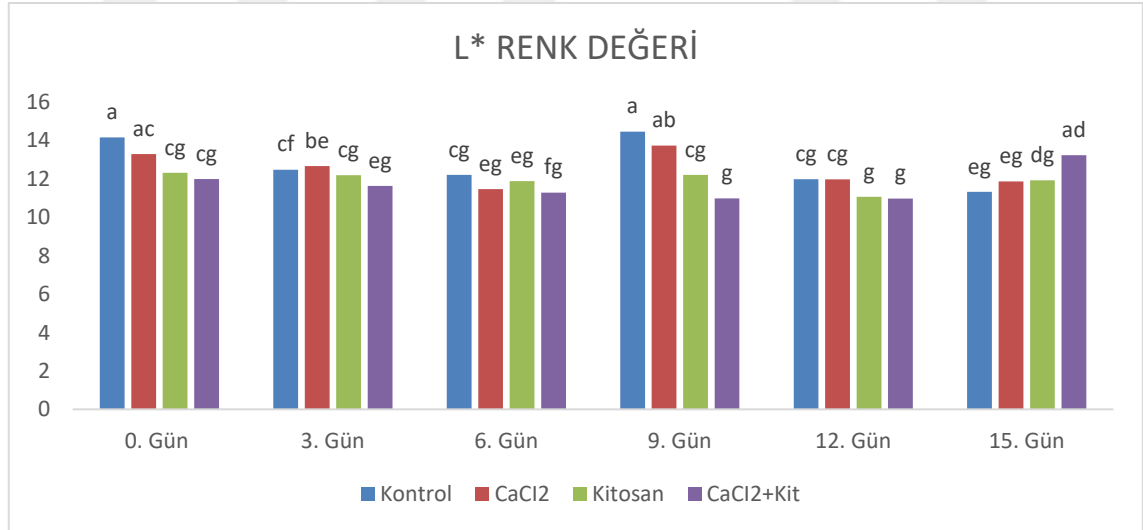
Meyve eti sertliği, böğürtlenin üreticiden tüketiciye ulaşana kadar kalite kaybına uğramadan pazarlanabilirliğini sürdürebilmesi açısından önemli bir kalite parametresidir. Ancak böğürtlenin narın yapısı, hasat sonrası süreçte taşıma ve depolama esnasında fiziksel zarara uğramasına neden olabilmekte ve bu durum pazarda kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Modesto ve ark., 2020). Bu sorunun önüne geçebilmek amacıyla birçok araştırmacı, farklı meyve türlerinde hasat öncesi ve hasat sonrası çeşitli uygulamalarla sertlik kaybını azaltmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir (El-Badawy, 2012; Kumarihami ve ark., 2020; Tezetto-Uliana ve ark., 2014; Modesto ve ark., 2020). Modesto ve ark. (2020), ‘Tupy’ çeşidi böğürtlen meyvelerine hasat öncesi farklı konsantrasyonlarda (%0, 1.5, 3 ve 4.5) CaCl_2 uygulamış ve muhafaza süresi boyunca en düşük sertlik kaybının %4.5 CaCl_2 uygulamasında elde edildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, El-Badawy (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada şeftali meyvesine hasattan önce uygulanan %1 kitosan + %4 CaCl_2 kombinasyonunun, meyve sertliğini korumada en etkili uygulama olduğu rapor edilmiştir. Kumarihami ve ark. (2020) da benzer şekilde, hasat öncesi kitosan ve kalsiyum uygulamalarının muhafaza süresince meyve sertliğini koruduğunu belirtmiştir. Yaptığımız çalışma sonucunda kalsiyum ve kitosanın meyve sertliği üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır. Literatür ile bulgularımız arasındaki

uyuşmazlığın sebebi, uygulamaların zamanı veya dozuyla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

4.1.5. Meyve Rengi Tayini

Meyve rengi L* değeri

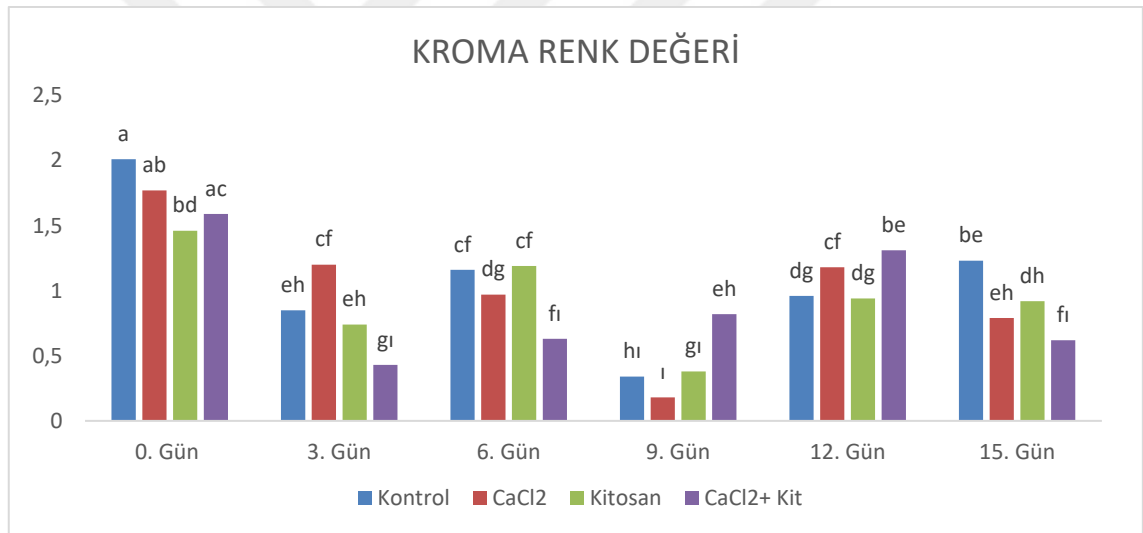
Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince meyve rengi L* değeri üzerine etkisi Şekil 4.5.'de sunulmuştur. L* değeri meyvenin koyuluk ve açıklığını belirtmektedir. Değerler sıfıra yaklaştıkça koyuluk artmakta, yüze yaklaştıkça açıklık artmaktadır. Depolama süresince en düşük L* renk değeri 12. günde ve CaCl₂+ kitosan uygulamasında, en yüksek ise 9. günde ve kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Hasat zamanında (0. Gün) kitosan ve CaCl₂+kitosan uygulamalarının kontrole kıyasla L* değerini düşürdüğü saptanmıştır. Fakat bu durum muhafazanın son gününde farklılık göstermiş ve en yüksek L* değeri CaCl₂+ kitosan uygulamasında tespit edilmiştir.



Şekil 4. 6. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin L* renk değeri üzerine etkisi (p<0.05)

Meyve rengi kroma (C*) değeri

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlü meyvesinin muhafaza süresince meyve rengi kroma değeri üzerine etkisi Şekil 4.6.'da sunulmuştur. Kroma değeri, rengin doygunluğunu gösterir; donuk renklerde kroma değeri düşerken, canlı renklerde bu değer yükselir. Depolama süresince en düşük kroma değeri 9. günde ve kalsiyum uygulamasında, en yüksek ise 0. günde ve kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Hasat günü yapılan ölçümler sonucunda en yüksek kroma değeri kontrol grubunda tespit edilmiştir. Bu eğilim, muhafazanın son gününde de benzer şekilde devam etmiş ve kontrol grubunun kroma değeri diğer gruplara kıyasla en yüksek seviyede kalmıştır.

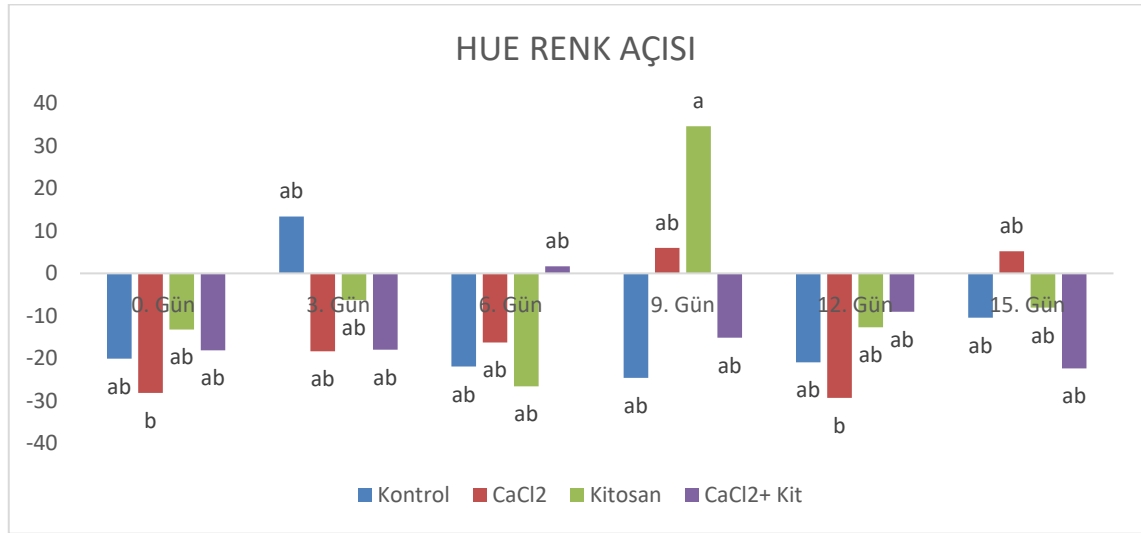


Şekil 4. 7. Hasat öncesi uygulanan kalsiyum ve kitosan uygulamaları ile muhafaza süresi arasındaki etkileşimin, böğürtlü meyvesinin kroma renk değeri üzerine etkisi ($p < 0.05$)

Meyve rengi hue açısı (h°) değeri

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlü meyvesinin muhafaza süresince meyve rengi hue açısı değeri üzerine etkisi Şekil 4.7.'de sunulmuştur. Hue açısı, bir renk dairesi olarak tanımlanır; kırmızı-mor renkler 0° ve 360° açılarında, sarı renk 90° açısında, mavimsi yeşil renk 180° ve mavi renk 270° açı değerlerinde yer alır. Çalışmada elde edilen hue açısı değerlerinin, renk dairesi üzerinde değerlendirildiğinde,

böğürtlenin karakteristik renk açısı değerlerinden belirgin bir sapma göstermediği belirlenmiştir.

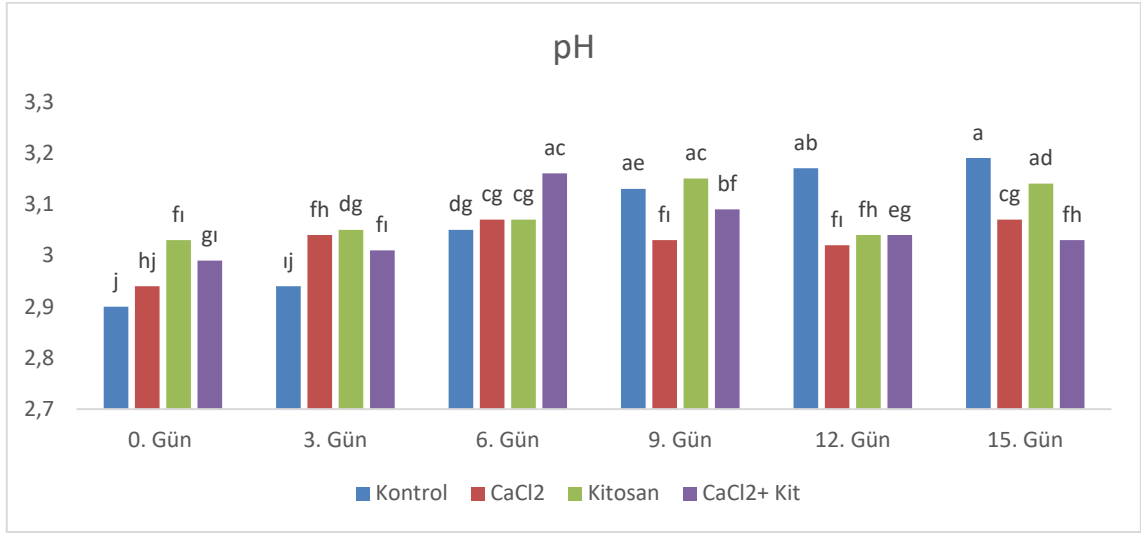


Şekil 4. 8. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin hue renk açısı üzerine etkisi ($p < 0.05$)

4.2. Kimyasal Ölçümler

4.2.1. pH

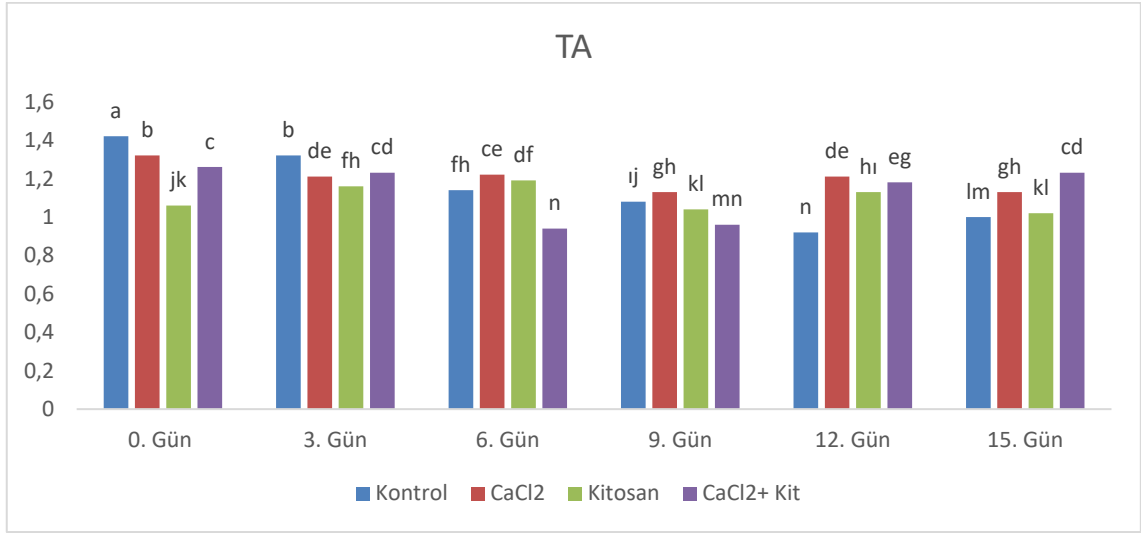
Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince pH değerine etkisi Şekil 4.9.'da sunulmuştur. Depolama süresince en düşük pH değeri 0. günde ve kontrol uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Hasat günü elde edilen pH verileri incelendiğinde en yüksek değerin kitosan uygulamasında ölçüldüğü görülmüştür. En düşük pH değeri ise kontrol grubunda görülmüştür. Muhafaza süresince değerler şekilde de görüldüğü gibi değişiklik göstermektedir. Muhafazanın son dönemine bakıldığında da en yüksek pH değerinin hasat gününden farklı olarak kontrol grubunda ölçüldüğü, en düşük değerin ise CaCl2 + kitosan uygulamasında ölçüldüğü görülmüştür.



Şekil 4. 9. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin pH değerleri üzerine etkisi ($p < 0.05$)

4.2.2. Titre edilebilir asitlik (TA)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince titre edilebilir asitlik (TA) değerine etkisi Şekil 4.10.'da sunulmuştur. Depolama süresince en düşük TA değeri 12. günde ve kontrol uygulamasında, en yüksek ise 0. günde ve kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Böğürtlen meyvelerine uygulanan farklı işlemlerin hasat günündeki etkileri incelendiğinde, en yüksek TA değerinin kontrol grubunda, en düşük değerin ise kitosan uygulamasında ölçüldüğü belirlenmiştir. Bu sonuç, TA değerinin pH ile ters orantılı bir ilişki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Muhafaza süresi boyunca dalgalı bir seyir izleyen TA değerleri, muhafazanın sonunda en yüksek düzeye CaCl₂ + kitosan uygulamasında ulaşmıştır. Ayrıca, hasat günü ile muhafazanın son günü karşılaştırıldığında, CaCl₂ + kitosan uygulamasının TA değerini muhafaza süresince koruyucu bir etki sağladığı görülmüştür.



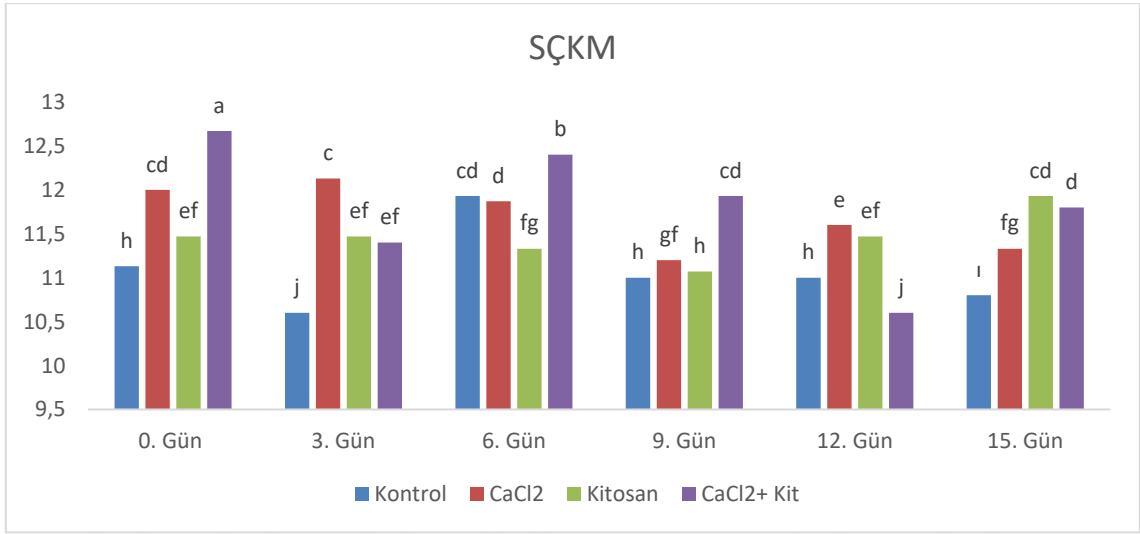
Şekil 4. 10. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin TA değerleri üzerine etkisi ($p < 0.05$)

Meyve asitliğinin korunması, ürünün tat ve aroma özelliklerinin devamlılığını sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır (Chitarra ve Chitarra, 2005). El-Badawy (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada, şeftali meyvelerine uygulanan hasat öncesi kitosan ve kalsiyum kombinasyonlarının titre edilebilir asitlik (TA) üzerine etkileri incelenmiş ve en yüksek TA değerinin %0.5 kitosan + %4.5 CaCl₂ etkileşimiyle elde edildiği rapor edilmiştir. Modesto ve ark. (2020) tarafından böğürtlen meyvesi ile yapılan benzer bir çalışmada, %2.5 CaCl₂ uygulamasında en düşük TA değeri, %4.5 CaCl₂ uygulamasında ise en yüksek TA değeri tespit edilmiştir. Ayrıca, Shen ve Yang (2017), sofralık üzümlere hasat öncesi uygulanan kitosan ve salisilik asidin, meyvelerde TA düzeylerinin düşüşünü geciktirdiğini bildirmiştir. Çalışmamız da hasat öncesi CaCl₂ + kitosan uygulamasının asitliği korumada daha etkili olabileceğini düşündürmektedir.

4.2.3. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM)

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değerine etkisi Şekil 4.11.'da sunulmuştur. Muhafaza süresi boyunca SÇKM değerlerinde dalgalı bir seyir gözlemlenmiştir. Depolama süresince en düşük SÇKM değeri 3. Günde kontrol uygulamasında ve aynı şekilde 12. Günde CaCl₂+ kitosan uygulamasında, en yüksek ise 0. günde ve CaCl₂+ kitosan uygulamasında belirlenmiştir. Hasat günü elde edilen

verilere göre, en yüksek SÇKM değeri CaCl_2 + kitosan uygulamasında, en düşük değer ise kontrol grubunda ölçülmüştür. Muhafaza sonu verileri incelendiğinde ise en yüksek SÇKM değerinin kitosan ve CaCl_2 + kitosan uygulamalarında tespit edildiği belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda hasat günü ile muhafaza sonu karşılaştırıldığında SÇKM değerlerinde bir düşüş görülürken, kitosan uygulamasında bu durumun aksine artış gözlemlenmiştir.



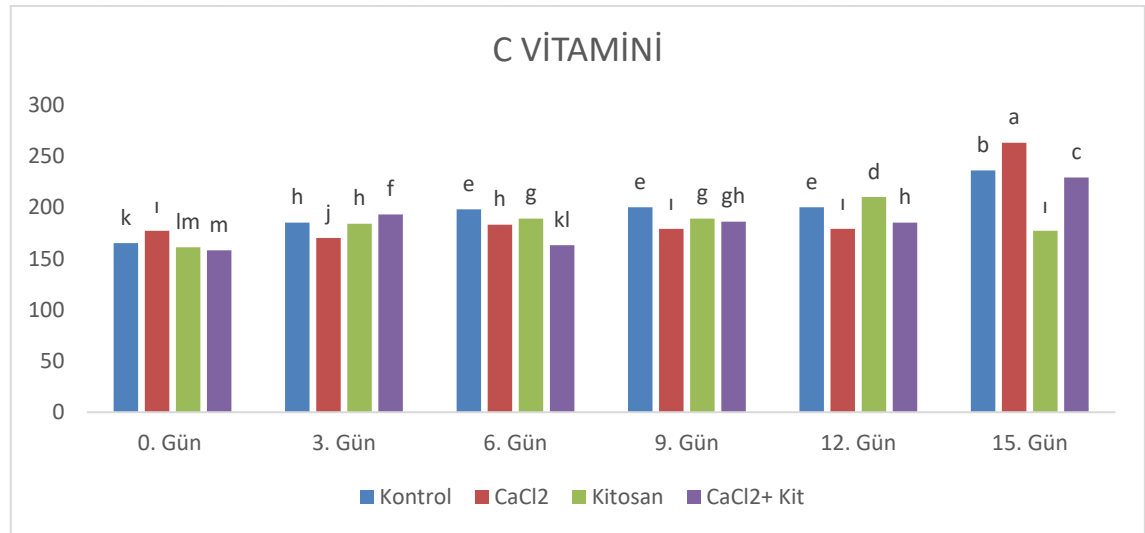
Şekil 4. 11. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin SÇKM değerleri üzerine etkisi ($p < 0.05$)

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı, meyvenin olgunluk düzeyini, lezzet profilini ve tüketici tercihlerini belirleyen temel kalite göstergelerinden biridir. Literatürde yer alan çalışmalar, SÇKM üzerine yapılan uygulamaların meyve türüne, uygulama zamanına ve uygulama dozuna bağlı olarak farklı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Örneğin, Shen ve Yang (2017), sofralık üzümlere hasat öncesi uygulanan kitosan ve salisilik asidin, 42 günlük muhafaza süresi boyunca özellikle kitosan + salisilik asit kombinasyonunun kontrol grubuna ve diğer uygulamalara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek SÇKM içeriği sağladığını raporlamıştır. Gayed ve ark. (2017), şeftali meyvelerine hasat öncesi uygulanan %2 CaCl_2 + %1 kitosan kombinasyonunun, çalışmaları boyunca en düşük SÇKM ortalamasına neden olduğunu bildirmiştir. Öte yandan, Martínez-Camacho ve ark. (2022), böğürtlen bitkisine hasat öncesi uygulanan kitosan ve salisilik asidin SÇKM üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığını belirtmiştir. Çalışmamızda ise elde edilen bulgular incelendiğinde,

kalsiyum ve kitosan kombinasyonunun hasat gününde en yüksek SÇKM değerini verdiği ve bunu sırasıyla kalsiyum, kitosan ve kontrol grubu uygulamalarının izlediği görülmektedir. Bu bulgular, uygulamaların meyve şeker içeriğini artırıcı etkisini ortaya koymakta olup, çalışmamızda uygulanan tüm grupların kontrol grubuna kıyasla daha yüksek SÇKM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bulgularımızın aksine literatürde bildirilen farklı sonuçlar, denemeye alınan meyve ve uygulama dozlarının farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir.

4.2.4. C vitamini

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince C vitamini değerine etkisi Şekil 4.12.'de sunulmuştur. Depolama süresince en düşük C vitamini değeri 0. günde ve CaCl₂+ kitosan uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kalsiyum uygulamasında belirlenmiştir. Hem hasat zamanı hem de muhafazanın son dönemi incelendiğinde, yalnız kalsiyum uygulamasının kontrole kıyasla C vitamini içeriğini artırdığı, diğer uygulamaların ise düşürdüğü saptanmıştır.

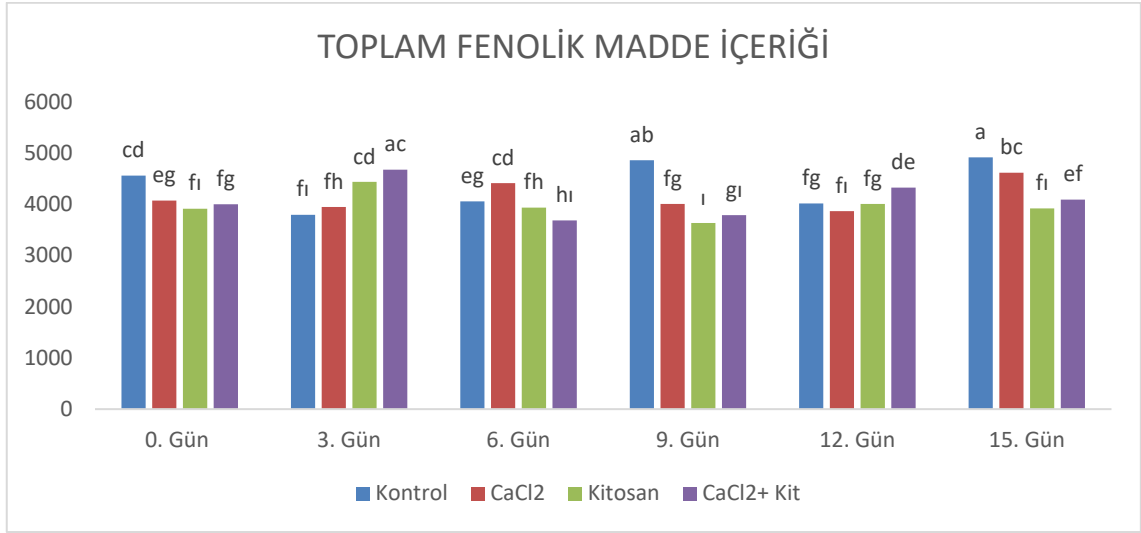


Şekil 4. 12. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin C vitamini değerleri üzerine etkisi ($p<0.05$)

Askorbik asit (AsA), bitki dokularında en yaygın olarak bulunan çözünür antioksidanlardan biridir ve aynı zamanda insanlar ile bazı hayvanlar için temel bir besin ögesidir. Bitkiler, insan beslenmesinde askorbik asidin başlıca kaynağını oluşturmakta olup, bu bileşik hem hücrel savunma sistemlerinde rol oynamakta hem de meyve ve sebzelerin besin değerine katkı sağlamaktadır (Honcock ve Viola, 2005; He ve ark., 2018). Mohamed ve ark. (2017) tarafından mango meyvesi üzerinde yürütülen bir çalışmada, hasat öncesi uygulanan kitosan ve potasyum silikat uygulamalarının tümünde, kontrol grubuna kıyasla C vitamini kaybının azaldığı bildirilmiştir. Çalışmada, en yüksek C vitamini korunumunun kitosan ve potasyum silikat kombinasyonunun uygulandığı grupta elde edildiği rapor edilmiştir. Benzer şekilde, He ve ark. (2018) tarafından çilek bitkisi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, hasat öncesi yapılan kitosan uygulamasının meyvelerdeki C vitamini içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Çalışmamızda ise kitosanın C vitamini üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. Bu noktada literatürle olan uyumsuzluğun sebebi, farklı meyvelerin kitosana karşı göstermiş olduğu farklı tepkilerden kaynaklanıyor olabilir

4.2.5. Toplam fenolik madde içeriği (TFM - μg gallik asit eşdeğer g^{-1})

Hasat öncesi kalsiyum ve kitosan uygulamalarının, böğürtlen meyvesinin muhafaza süresince toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi Şekil 4.13.'de sunulmuştur. Depolama süresince en düşük toplam fenolik madde içeriği 9. günde ve kitosan uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği değerleri incelendiğinde, hasat günü en yüksek değer kontrol grubunda bulunduğu belirlenmiştir. Muhafaza süreci sonunda en yüksek sonucun yine kontrol grubunda olduğu gözlemlenmiş bunu kalsiyum uygulaması takip etmiştir.

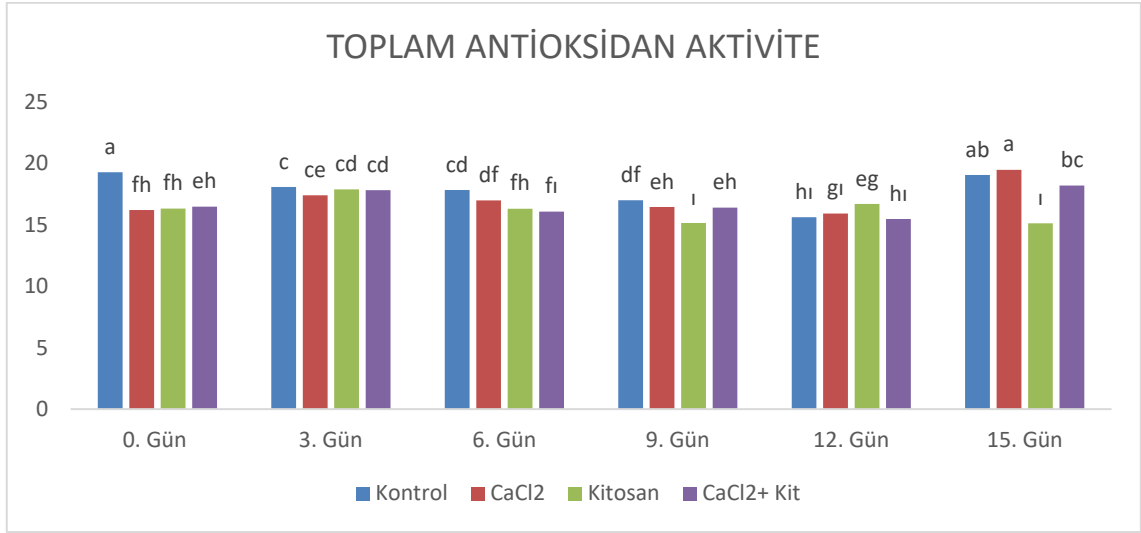


Şekil 4. 13. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi ($p < 0.05$)

Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan başlıca ikincil metabolitler arasında yer almakta olup, güçlü antioksidan özellikleri ile bilinmektedir. Aynı zamanda bitkilerin savunma sistemlerinde rol alan önemli biyomoleküllerdendir (He ve ark., 2018; Demis, 2024). He ve ark. (2018) tarafından çilek meyvesinde yapılan bir çalışmada, kitosan uygulamasının toplam fenolik madde içeriğini kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde artırdığı rapor edilmiştir. Çalışmamızda ise kitosanın böyle bir etkisi görülmemiştir.

4.2.6. Toplam antioksidan aktivite (TAA - μmol troloks eşdeğeri g^{-1})

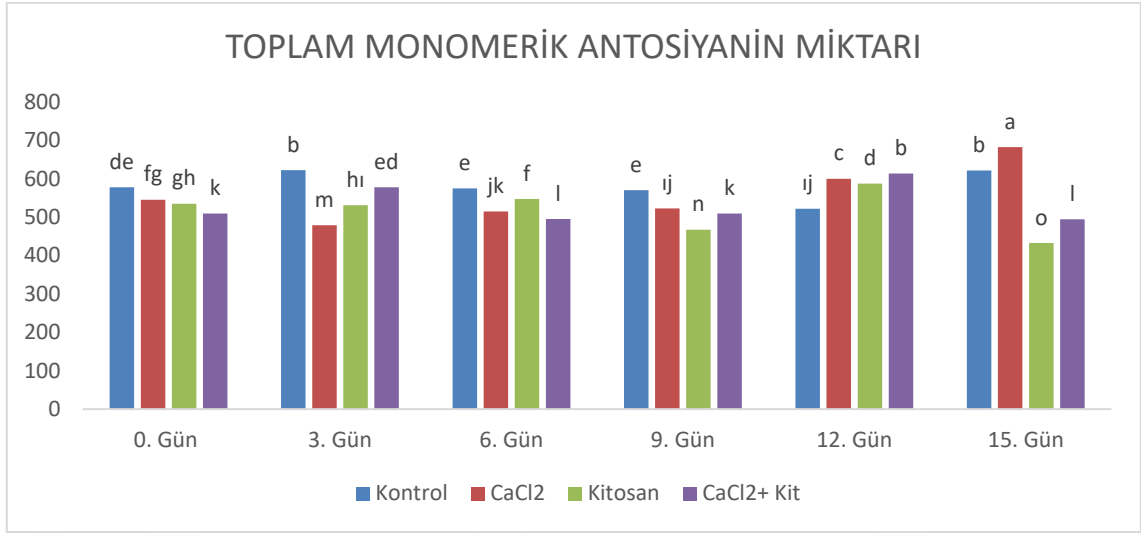
Böğürtlen meyvelerinin toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.14.'de yer almaktadır. Depolama süresince en düşük TAA değeri 15. günde ve kitosan uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kalsiyum uygulamasında belirlenmiştir. Buna göre, hasat zamanında en yüksek TAA kontrol grubunda saptanmıştır. Muhafazanın son dönemine gelindiğinde ise en yüksek TAA kalsiyum uygulamasında olurken, bunu kontrol grubu izlemiştir. En düşük TAA ise kitosan uygulamasında gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 14. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam antioksidan aktivitesi içeriği üzerine etkisi ($p < 0.05$)

4.2.7. Toplam monomerik antosiyanin miktarı (TMA - $\mu\text{g cy-3-glu g}^{-1}$)

Şekil 4.15’de toplam monomerik antosiyanin içerikleri gösterilmektedir. Depolama süresince en düşük TMA değeri 15. günde ve kitosan uygulamasında, en yüksek ise 15. günde ve kalsiyum uygulamasında belirlenmiştir. TMA miktarına ilişkin veriler incelendiğinde, hasat gününde en yüksek değer kontrol grubunda belirlenmiştir. Muhafaza süresinin sonuna gelindiğinde ise kalsiyum uygulamasında TMA değeri artış göstererek en yüksek değere ulaşmıştır. Bunu kontrol grubu takip etmiştir.



Şekil 4. 15. Hasat öncesi uygulamaların muhafaza süresince böğürtlen meyvesinin toplam monomerik antosiyanin miktarı üzerine etkisi ($p < 0.05$).

4.3. Pearson Korelasyon Analizi

Tablo 4. 1. Pearson korelasyon analiz

	L*	Kroma	Hue	Çürüme	KTD	Sertlik	Ağırlık kaybı	SÇKM	pH	TA	C Vit	TFM	TMA	TAA
L*	1,000													
Kroma	0,096 ^{öd}	1,000												
Hue	-0,219 ^{öd}	0,418***	1,000											
Çürüme	-0,106 ^{öd}	-0,111 ^{öd}	-0,176 ^{öd}	1,000										
KTD	-0,057 ^{öd}	-0,221 ^{öd}	-0,127 ^{öd}	0,759***	1,000									
Sertlik	0,070 ^{öd}	0,135 ^{öd}	0,105 ^{öd}	-0,461***	-0,614***	1,000								
Ağırlık kaybı	-0,057 ^{öd}	0,093 ^{öd}	-0,067 ^{öd}	0,676***	0,891***	-0,502***	1,000							
SÇKM	-0,100 ^{öd}	0,152 ^{öd}	0,066 ^{öd}	-0,134 ^{öd}	-0,199 ^{öd}	0,008 ^{öd}	-0,180 ^{öd}	1,00						
pH	-0,199 ^{öd}	-0,290**	-0,036 ^{öd}	0,156 ^{öd}	0,347**	-0,352**	0,385**	-0,059 ^{öd}	1,00					
TA	0,369***	0,397***	0,036 ^{öd}	-0,120 ^{öd}	-0,335**	0,398***	-0,373**	-0,003 ^{öd}	-0,773***	1,00				
C Vit	-0,109 ^{öd}	-0,282**	-0,101 ^{öd}	0,684***	0,663***	-0,369***	0,613***	-0,348**	0,273*	-0,188 ^{öd}	1,00			
TFM	0,113 ^{öd}	-0,061 ^{öd}	-0,001 ^{öd}	0,263*	0,110 ^{öd}	0,079 ^{öd}	0,163 ^{öd}	-0,343**	-0,027 ^{öd}	0,149 ^{öd}	0,452***	1,00		
TMA	-0,067 ^{öd}	0,123 ^{öd}	0,169 ^{öd}	0,426***	0,227 ^{öd}	0,045 ^{öd}	0,175 ^{öd}	-0,524***	-0,230 ^{öd}	0,273*	0,517***	0,501***	1,00	
TAA	0,149 ^{öd}	0,100 ^{öd}	-0,005 ^{öd}	0,286**	0,054 ^{öd}	0,001 ^{öd}	-0,038 ^{öd}	-0,160 ^{öd}	-0,239*	0,374**	0,475***	0,559***	0,515***	1,00

öd: önemli değil (p>0.05); *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001

Değişkenler arasındaki korelasyonlar Şekil 4.16.da gösterilmiştir. İlgili şekil incelendiğinde, Hue ve Kroma değerleri arasında beklendiği üzere pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Sertlik ile ağırlık kaybı arasındaki ilişkinin ise negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.0001$). Ayrıca, kırmızı tanecik dönüşüm oranı ile çürüme oranı arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır ($p<0.0001$).

Sertlik ve ağırlık kaybı parametreleri arasındaki ilişki detaylı olarak incelendiğinde, bu iki değişken arasında negatif yönde güçlü bir korelasyon bulunduğu görülmüştür ($p<0.0001$). pH ve titre edilebilir asitlik (TA) değerleri arasında ise literatürle uyumlu şekilde negatif yönde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir ($p<0.0001$).

C vitamini bulguları ile çürüme oranı, kırmızı tanecik dönüşüm oranı ve ağırlık kaybı değerleri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir ($p<0.0001$). Bununla birlikte, toplam fenolik madde (TFM), toplam monomerik antosiyanin (TMA) ve toplam antioksidan aktivite (TAA) bulguları arasında da pozitif yönde anlamlı ilişkiler gözlemlenmiştir ($p<0.0001$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Böğürtlen, taze tüketiminin yanı sıra pastacılık, meyve suyu ve reçel üretimi gibi çeşitli gıda sektörlerinde yaygın olarak kullanılmakta olup yüksek talep gören bir meyvedir. Yüksek vitamin ve mineral içeriğine ek olarak içerdiği faydalı fitokimyasallar, bu meyvenin insan sağlığı açısından önemini artırmaktadır. Ancak ince kabuk yapısı ve yüksek su içeriği nedeniyle böğürtlen meyveleri, hızlı ağırlık kaybı yaşamakta, patojenlere karşı hassasiyet göstermekte ve bu durum çürüme ile birlikte kalite kaybının hızla gerçekleşmesine yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir.

Bu çalışmada, hasat öncesi uygulanan %2 kalsiyum klorür (CaCl_2) ve %0.25 dozundaki kitosan uygulamalarının böğürtlen meyvesinin hasat sonrası kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. CaCl_2 uygulaması çiçeklenme sonrası erken meyve döneminde, kitosan uygulaması ise hasattan 12 saat önce gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen meyveler, 2 ± 0.5 °C sıcaklık ve $\%85 \pm 5$ bağıl nem koşullarında 15 gün süreyle soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Bu süreçte meyvelerin kalite parametreleri laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Ağırlık kaybı, çürüme oranı, kırmızı tanecik dönüşümü (KTD), meyve rengi, meyve eti sertliği, pH, titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), C vitamini, toplam fenol, antosiyanin ve antioksidan aktivite içerikleri belirlenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, kalsiyum + kitosan kombinasyonunun, kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla ağırlık kaybını yavaşlattığı belirlenmiştir. Bu sonuç, kalsiyum ve kitosan uygulamalarının sinerjik bir etki oluşturarak ağırlık kaybının azaltılmasına katkı sağladığını göstermektedir. Ancak çürüme oranı açısından en yüksek değerin kalsiyum uygulamasında gözlemlendiği, diğer uygulamalar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, uygulanan kalsiyumun meyve dokularında yeterli düzeyde birikmemesi veya hasat zamanına kadar etkisini kaybetmiş olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Dolayısıyla, kalsiyum uygulamalarında zamanlamanın kritik bir rol oynadığı söylenebilir.

Kitosan uygulamasında çürüme oranının kontrol grubuna benzer düzeyde kalması, uygulama dozunun yeterli seviyede olmamış olabileceğini düşündürmektedir. Kırmızı tanecik dönüşüm oranı parametresi de çürüme oranlarıyla paralel sonuçlar göstermektedir.

pH, TA ve SÇKM açısından değerlendirildiğinde, en etkili uygulamanın kalsiyum + kitosan olduğu belirlenmiştir.

C vitamini açısından değerlendirildiğinde, yalnız kalsiyum uygulamasının artırıcı etkisi olduğu saptanmıştır.

Fitokimyasal içerik açısından değerlendirildiğinde, yalnız kalsiyum uygulamasının olumlu etkileri görülürken, diğer uygulamalar etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu bulgu, kalsiyumun belirli koşullar altında sekonder metabolitlerin korunmasında veya sentezinde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Elde edilen bulgular, CaCl_2 + kitosan uygulamasının meyvelerde ağırlık kaybını azaltarak fiziksel bütünlüğün korunmasına katkı sağladığını göstermiştir. Ayrıca bu kombinasyon, muhafaza süresince meyve parlaklığının daha iyi korunmasına imkan tanımıştır. pH, TA ve SÇKM değerleri birlikte değerlendirildiğinde, karışım uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, depolama kalitesini artırmaya yönelik uygulamalarda CaCl_2 + kitosan kombinasyonunun tercih edilmesi önerilmektedir.

Tüm bu bulgular ışığında, kalsiyum klorür uygulamasının fiziksel parametreler üzerinde etkisi kısmen yetersiz kalırken, kimyasal parametreler üzerinde etkisi olumlu bulunmuştur. Kalsiyum klorürün bazı parametrelerde etkisiz kalmasının, uygulamanın küçük meyve döneminde yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle kalsiyum, meyve dokularına yeterli düzeyde ulaşamamış ve beklenen etkiyi gösterememiş olabilir. Dolayısıyla uygulamanın etkisi sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, kalsiyum uygulamalarında hem optimum zamanlamanın hem de uygun dozun doğru biçimde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Benzer şekilde, hasat öncesi uygulanan kitin türevlerinin (kitosan vb.) muhafaza süresince etkinliğinin sınırlı kalabildiği; bu nedenle kitosanın hasat sonrası uygulanmasının depolama boyunca daha etkili

olabileceği düşünölmektedir. Bu alışma, gelecekte yapılacak araştırmalara uygulama zamanı ve dozu açısından önemli bir referans oluşturmaktadır.



6. KAYNAKLAR

- Ahmed, Z. F., Alblooshi, S. S., Kaur, N., Maqsood, S., & Schmeda-Hirschmann, G. (2021). Synergistic effect of preharvest spray application of natural elicitors on storage life and bioactive compounds of date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Khesab). *Horticulturae*, 7(6), 145.
- Badawy, M. E., & Rabea, E. I. (2016). Chitosan and its derivatives as active ingredients against plant pests and diseases. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities* (pp. 179-219). Academic Press.
- Benichou, M., Ayour, J., Sagar, M., Alahyane, A., Elateri, I., & Aitoubahou, A. (2018). Postharvest technologies for shelf life enhancement of temperate fruits. *Postharvest biology and technology of temperate fruits*, 77-100.
- Bostan, K., Aldemir, T., & Aydın, A. (2007). Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37(2), 118-127.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras, MG: UFLA.
- Clark, J. R., Stafne, E. T., Hall, H. K., & Finn, C. E. (2007). Blackberry breeding and genetics. *Plant breeding reviews*, 29, 19.
- Çezik, F., & Saraçoğlu, O. (2024). The effect of pedicel length and post-harvest calcium chloride application on the storage life of strawberry fruit. *Applied Fruit Science*, 66(3), 843-853.
- Demis, E. (2024). Mechanism of Plant Resistance to Insects, Weeds and Pathogens. *Middle East Research Journal of Agriculture and Food Science*, 4(2), 76-85.
- Edgley, M., Close, D. C., Measham, P. F., & Nichols, D. S. (2019). Physiochemistry of blackberries (*Rubus* L. subgenus *Rubus* Watson) affected by red drupelet reversion. *Postharvest Biology and Technology*, 153, 183-190.
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Marine drugs*, 8(4), 968-987.
- El-Badawy, HEM. (2012). Effect of chitosan and calcium chloride spraying on fruits quality of Florida Prince peach under cold storage. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 8(2), 272-281.

- Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(4), 1819-1841.
- Engin, S. P., & Yılmaz, B. O. Z. (2019). Ülkemiz Üzümsü Meyve Yetiştiriciliğinde Son Gelişmeler. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 108-115.
- Erbas, D., Mertoglu, K., Eskimez, I., Polat, M., Koyuncu, M. A., S. Durul, M., ... & Esatbeyoglu, T. (2024). Preharvest salicylic acid and oxalic acid decrease bioactive and quality loss in blackberry (cv. Chester) fruits during cold storage. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 4286507.
- Eşitken A. 2020 Ilıman İklim Meyve Ağaçları Fizyolojisi *Atlas Akademi*, Sertifika No: 15833, ;(1), 625 Page
- Feliziani, E., Landi, L., & Romanazzi, G. (2015). Preharvest treatments with chitosan and other alternatives to conventional fungicides to control postharvest decay of strawberry. *Carbohydrate polymers*, 132, 111-117.
- Finn, C. E., & Clark, J. R. (2012). Blackberry. *Fruit breeding*, 151-190.
- Gayed, A. A. N. A., Shaarawi, S. A. M. A., Elkhishen, M. A., & Elsherbini, N. R. M. (2017). Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(2), 220-231.
- Gerçekcioğlu, R. (1999). Tokat yöresinde doğal olarak yetişen böğürtlenlerin (*Rubus fruticosus* L.) seleksiyonu üzerine bir araştırma.
- Giusti, M.M., L.E. Rodríguez-Saona, D. Griffin, and R.E. Wrolstad. 1999. Electrospray and tandem mass spectroscopy as tools for anthocyanin characterization. *J. Agric. Food Chem.* 47(11):4657-4664.
- Guo, C. E., He, Y., Cui, Q., & Li, W. (2020). Influence of preharvest calcium spray and postharvest chitosan coating methods on quality of Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok) fruits during cold storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(6), 773-781.
- Güldaş, M., & Dağlıoğlu, F. (2008). Kalsiyum klorürün meyve ve sebze işlemede kullanılması. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 319-322.
- Hancock, R. D., & Viola, R. (2005). Improving the nutritional value of crops through enhancement of L-ascorbic acid (vitamin C) content: rationale and biotechnological opportunities. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(13), 5248-5257.

- He, Y., Bose, S. K., Wang, W., Jia, X., Lu, H., & Yin, H. (2018). Pre-harvest treatment of chitosan oligosaccharides improved strawberry fruit quality. *International journal of molecular sciences*, 19(8), 2194.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food chemistry*, 110(2), 428-435.
- Jacques, A. C., & Zambiasi, R. C. (2011). Phytochemicals in blackberry. *Semina: Ciências Agrárias* (Londrina), 32(1), 245-260.
- Karşlı, A. (2016). Böğürtlen pası *Kuehneola uredinis* (Link) Arth.'e karşı klasik ve organik ilaçlama programlarının etkinliği üzerinde çalışmalar (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).
- Kumarihami 2019 için = Kumarihami, H. P. C., Cha, G. H., Kim, J. G., Kim, H. L., Lee, M., Kwack, Y. B., ... & Kim, J. (2020). Effect of preharvest Ca-Chitosan application on postharvest quality of 'Garmrok' kiwifruit during cold storage. *Horticultural Science and Technology*, 38(2), 239-248.
- Kumarihami, H. P. C., Cha, G. H., Kim, J. G., Kim, H. L., Lee, M., Kwack, Y. B., ... & Kim, J. (2020). Effect of preharvest Ca-Chitosan application on postharvest quality of 'Garmrok' kiwifruit during cold storage. *Horticultural Science and Technology*, 38(2), 239-248.
- Kumarihami, H. P. C., Kim, J. G., Kim, Y. H., Lee, M., Lee, Y. S., Kwack, Y. B., & Kim, J. (2021). Preharvest application of chitosan improves the postharvest life of 'Garmrok' kiwifruit through the modulation of genes related to ethylene biosynthesis, cell wall modification and lignin metabolism. *Foods*, 10(2), 373.
- Landi, L., De Miccolis Angelini, R. M., Pollastro, S., Feliziani, E., Faretra, F., & Romanazzi, G. (2017). Global transcriptome analysis and identification of differentially expressed genes in strawberry after preharvest application of benzothiadiazole and chitosan. *Frontiers in plant science*, 8, 235.
- Lobos, T. E., Retamales, J. B., & Hanson, E. J. (2021). Early preharvest calcium sprays improve postharvest fruit quality in 'Liberty' highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 277, 109790.
- Martínez-Camacho, J. E., Guevara-González, R. G., Rico-García, E., Tovar-Pérez, E. G., & Torres-Pacheco, I. (2022). Delayed senescence and marketability index preservation of blackberry fruit by preharvest application of chitosan and salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 13.

- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Meng, X., Li, B., Liu, J., & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106(2), 501-508.
- Modesto, J. H., Souza, J. M. A., Ferraz, R. A., Silva, M. D. S., Leonel, M., & Leonel, S. (2020). Physical and chemical characterization and bioactive compounds from blackberry under calcium chloride application. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42.
- Mohamed, M. A. A., El-Khalek, A. F. A., & Elmehrat, H. G. (2017). Preharvest applications of potassium silicate, chitosan and calcium chloride to improve mango cv. 'Zibda' fruit quality and storability. *Egypt J Hortic*, 44, 17-32.
- Muro-Villanueva, F., Mao, X., & Chapple, C. (2019). Linking phenylpropanoid metabolism, lignin deposition, and plant growth inhibition. *Current opinion in biotechnology*, 56, 202-208.
- Naradisorn, M., Yuenyongsaen, K., & Setha, S. (2022). Preharvest calcium application maintains antioxidant capacity and postharvest quality of Phulae'pineapple. *FRUITS*, 77(5).
- Nguyen, V. T., Nguyen, D. H., & Nguyen, H. V. (2020). Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111103.
- Nia, A. E., Taghipour, S., & Siahmansour, S. (2021). Pre-harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. 'Yaghouti') during postharvest period. *Food Chemistry*, 347, 129012.
- Ozgen, M., R.N. Reese, A.Z. Tulio, A.R. Miller, and J.C. Scheerens. 2006. Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *J. Agric. Food Chem.* 54 (4):1151-1157. doi: 10.1021/jf051960d.
- Pehlivan, M., & Güleriyüz, M. (2004). Ahududu ve böğürtlenlerin insan sağlığı açısından önemi. *Bahçe*, 33(1).
- Romanazzi, G., Feliziani, E., & Sivakumar, D. (2018). Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: Eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2745.

- Shen, Y., & Yang, H. (2017). Effect of preharvest chitosan-g-salicylic acid treatment on postharvest table grape quality, shelf life, and resistance to *Botrytis cinerea*-induced spoilage. *Scientia Horticulturae*, 224, 367-373.
- Shi, C., Xia, S., Gao, M., Han, T., Wu, W., & Li, W. (2022). Postharvest quality comparison of six blackberry cultivars under two storage conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), e16575.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Tezotto-Uliana, J. V., Fargoni, G. P., Geerdink, G. M., & Kluge, R. A. (2014). Chitosan applications pre-or postharvest prolong raspberry shelf-life quality. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 72-77.
- TÜİK, (2025). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447> (03.08.2025)
- Ünal, S., KÜÇÜKBASMACI SABİR, F. E. R. H. A. N., & Sabir, A. (2023). Some physicochemical and bioactive features of organically grown blackberry fruits (*Rubus fruticosus* L.) as influenced by postharvest UV-C and chitosan treatments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47(6), 907-917.
- Wakabayashi, K., Chun, J. P., & Huber, D. J. (2000). Extensive solubilization and depolymerization of cell wall polysaccharides during avocado (*Persea americana*) ripening involves concerted action of polygalacturonase and pectinmethylesterase. *Physiologia Plantarum*, 108(4), 345-352.
- Yan, J., Cao, J., Jiang, W., & Zhao, Y. (2012). Effects of preharvest oligochitosan sprays on postharvest fungal diseases, storage quality, and defense responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit. *Scientia Horticulturae*, 142, 196-204.
- Yıldırım, Z., Öncül, N., & Yıldırım, M. (2015). Kitosan ve antimikrobiyal özellikleri. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(1), 19-36.
- Zhang, C., Xiong, Z., Yang, H., & Wu, W. (2019). Changes in pericarp morphology, physiology and cell wall composition account for flesh firmness during the ripening of blackberry (*Rubus* spp.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 250, 59-68.

7. EKLER

Ek 1. Pearson Korelasyon Analizi

	L*	Kroma	Hue	Çürüme	KTD	Sertlik	Ağırlık kaybı	SÇKM	pH	TA	C Vit	TFM	TMA	TAA
L*	1,000													
	-													
Kroma	0,096	1,000												
	0,4246	-												
Hue	-0,219	0,418	1,000											
	0,0640	0,0003	-											
Çürüme	-0,106	-0,111	-0,176	1,000										
	0,3753	0,3524	0,1391	-										
KTD	-0,057	-0,221	-0,127	0,759	1,000									
	0,6351	0,0625	0,2892	<.0001	-									
Sertlik	0,070	0,135	0,105	-0,461	-0,614	1,000								
	0,5613	0,2566	0,3811	<.0001	<.0001	-								
Ağırlık kaybı	-0,057	0,093	-0,067	0,676	0,891	-0,502	1,000							
	0,6636	0,4783	0,6105	<.0001	<.0001	<.0001	-							
SÇKM	-0,100	0,152	0,066	-0,134	-0,199	0,008	-0,180	1,00						
	0,4045	0,2026	0,5789	0,2624	0,0934	0,9489	0,1698	-						
pH	-0,199	-0,290	-0,036	0,156	0,347	-0,352	0,385	-0,059	1,00					
	0,0932	0,0136	0,7624	0,1906	0,0028	0,0024	0,0024	0,6249	-					
TA	0,369	0,397	0,036	-0,120	-0,335	0,398	-0,373	-0,003	-0,773	1,00				
	0,0014	0,0005	0,7636	0,3163	0,0041	0,0005	0,0033	0,9800	<.0001	-				
C Vit	-0,109	-0,282	-0,101	0,684	0,663	-0,369	0,613	-0,348	0,273	-0,188	1,00			
	0,3608	0,0165	0,3970	<.0001	<.0001	0,0014	<.0001	0,0027	0,0202	0,1146	-			
TFM	0,113	-0,061	-0,001	0,263	0,110	0,079	0,163	-0,343	-0,027	0,149	0,452	1,00		
	0,3432	0,6113	0,9929	0,0257	0,3565	0,5087	0,2129	0,0032	0,8194	0,2115	<.0001	-		
TMA	-0,067	0,123	0,169	0,426	0,227	0,045	0,175	-0,524	-0,230	0,273	0,517	0,501	1,00	
	0,5780	0,3051	0,1559	0,0002	0,0548	0,7044	0,1811	<.0001	0,0524	0,0205	<.0001	<.0001	-	
TAA	0,149	0,100	-0,005	0,286	0,054	0,001	-0,038	-0,160	-0,239	0,374	0,475	0,559	0,515	1,00
	0,2130	0,4018	0,9696	0,0149	0,6507	0,9935	0,7744	0,1790	0,0429	0,0012	<.0001	<.0001	<.0001	-

8. ÖZGEÇMİŞ

