

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

KİTOSAN UYGULAMALARININ ROKADA (*Eruca sativa*)
VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayşe ÖZKAN

Danışman
Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

ISPARTA - 2021



© 2021 [Ayşe ÖZKAN]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Kitin ve Kitosanın Tarihçesi	4
2.2. Kitin ve Kitosanın Özellikleri	4
2.3. Bitkilerde Kitosanın Etkileri	6
2.3.1. Kitosanın fizyolojik, biyokimyasal ve büyüme etkileri	7
2.3.2. Kitosanın sinyal transdüksiyonu ve hücrel etkileri.....	7
2.4. Kitosan ile İlgili Çalışmalar	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma yerinin iklim özellikleri.....	16
3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri	17
3.2. Yöntem.....	17
3.3. Araştırmada İncelenen Özellikler	18
3.3.1. Verim	18
3.3.2. Bitki boyu.....	19
3.3.3. Yaprak eni	19
3.3.4. Kuru madde	19
3.3.5. Suda çözünabilir kuru madde miktarı	20
3.3.6. Klorofil içeriği.....	20
3.3.7. Yaprak rengi.....	20
3.3.8. Toplam fenolik madde içeriği	21
3.3.9. C vitamini içeriği.....	21
3.3.10. Nitrat birikimi	22
3.3.11. Antiradikal aktivite.....	22
3.3.12. Bitki besin elementi analizi.....	23
3.4. Verilerin Değerlendirilmesi	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Verim	24
4.2. Bitki Boyu	25
4.3. Yaprak Eni	26
4.4. Kuru Madde	27
4.5. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı.....	28
4.6. Klorofil İçeriği	29
4.7. Yaprak Rengi	30
4.8. Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	32
4.9. Vitamin C İçeriği.....	33

4.10. Nitrat Birikimi	34
4.11. Antiradikal Aktivite	35
4.12. Besin Elementi	36
4.12.1. Makro besin elementleri.....	36
4.12.2. Mikro besin elementleri	37
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	52



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KİTOSAN UYGULAMALARININ ROKADA (*Eruca sativa*) VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayşe ÖZKAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

Bu araştırmada, roka yetiştiriciliğinde kitosan uygulamasının verim, kalite ve bitki besin elementleri üzerine olan etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçla bitkisel materyal olarak Bengi roka çeşidi kullanılan çalışmada; yapraktan 4 farklı dozda (0-75-150-300 ppm) kitosan uygulaması yapılmıştır.

Çalışma sonucunda uygulamalara göre verim değerlerinin 1690.6-1913.9 g/m², bitki boyu değerlerinin 24.33-27.92 cm ve yaprak eni değerlerinin 4.56-5.71 cm arasında değişim gösterdiği belirlenirken; en yüksek değerler 75 ppm kitosan uygulamasından elde edilmiştir.

Rokada uygulamalara göre toplam kuru madde, klorofil, toplam fenolik, vitamin C ve antiradikal aktivite değerleri sırasıyla; %7.71-8.68, 34.15-36.68 SPAD, 104.67-180.84 mg/100 g, 126.63-143.51 mg/100 g ve %63.77-71.87 arasında tespit edilmiştir. Toplam kuru madde ve klorofil değerleri en yüksek 75 ppm kitosan uygulamasında saptanmıştır. En yüksek toplam fenolik ve antiradikal değerleri 300 ppm uygulamasından, vitamin C değerleri ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmada a* ve h° değerlerinin sırasıyla; -17.87 - -18.71 ve 124.09-125.78 arasında değişim gösterdikleri ve en yüksek değerlere 75 ppm kitosan uygulamasında ulaşıldığı saptanmıştır. Çalışma sonucunda kontrol uygulamasına göre kitosan uygulamalarının nitrat birikimini azalttığı ve en düşük nitrat birikiminin 75 ppm kitosan dozundan elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışmada farklı dozlarda kitosan uygulamalarının sonucunda roka yapraklarındaki P, Ca, Mg, Cu ve Fe değerlerinin sırasıyla; %0.44-0.52, %3.37-5.55, %0.25-0.29, 8.0-17.0 mg/kg ve 262-336 mg/kg arasında değişim gösterdikleri saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan kitosan dozlarından 75 ppm uygulamasının özellikle verim, bitki boyu, yaprak eni, toplam kuru madde, klorofil, a*, h°, nitrat birikimi ve P parametreleri bakımından ön plana çıktığı tespit edilmiş olup; roka yetiştiriciliğinde tavsiye edilebilir doz olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Roka, Kitosan, Verim, Kalite

2021, 52 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECTS OF CHITOSAN APPLICATIONS ON THE YIELD AND QUALITY IN ROCKET (*Eruca sativa*)

Ayşe ÖZKAN

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Halime ÜNLÜ

The present study was aimed to reveal the effects of chitosan application on yield, quality and plant nutrients in rocket cultivation. Bengi rocket variety was used as plant material and chitosan was applied at 4 different doses (0-75-150-300 ppm) on leaves.

The results revealed that yield values varied between 1690.6-1913.9 g/m², plant height between 24.33-27.92 cm and leaf width between 4.56-5.71 cm among the applications; the highest values were obtained from 75 ppm chitosan application.

According to the applications, the total dry matter, chlorophyll, total phenolics, vitamin C and antiradical activity values were determined between; 7.71-8.68%, 34.15-36.68 SPAD 104.67-180.84 mg/100 g, 126.63-143.51 mg/100 g and 63.77-71.87%, respectively. Total dry matter and chlorophyll values were highest in 75 ppm chitosan application. The highest total phenolic and antiradical activity values were obtained 300 ppm application and vitamin C values were obtained from the control application.

a* and h° values varied between -17.87 - -18.71 and 124.09-125.78, and the highest values were obtained in 75 ppm chitosan application. Chitosan applications decreased nitrate accumulation compared to the control application and the lowest nitrate accumulation was obtained from 75 ppm chitosan dose.

P, Ca, Mg, Cu and Fe values in rocket leaves were found between 0.44-0.52%, 3.37-5.55%, 0.25-0.29%, 8.0-17.0 mg/kg and 262-336 mg/kg as a result of different doses of chitosan applications,

It was determined that 75 ppm application of chitosan dose used in the study were better in terms of yield, plant height, leaf width, total dry matter, chlorophyll, a*, h°, nitrate accumulation, P parameters and that it is the recommended dose in rocket cultivation.

Key Words: Rocket, Chitosan, Yield, Quality

2021, 52 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca beni her zaman motive eden, yönlendiren ve çalışma süresince değerli bilgileriyle bana ışık tutan ve karşılaştığım zorlukları fikir ve tecrübeleri ile aşmamda yardımcı olan danışmanım sayın Doç. Dr. Halime ÜNLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Veli UYGUR'a bitki besleme ve besin elementi analizleri ile ilgili yardımlarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ayşe ÖZKAN
ISPARTA, 2021

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Hasat sonrası tartım.....	18
Şekil 3.2. Bitki boyu ölçümü	19
Şekil 3.3. Yaprak eni ölçümü.....	19
Şekil 3.4. Briks ölçümü.....	20
Şekil 3.5. Klorofil ölçümü.....	20
Şekil 3.6. Yaprak renk ölçümü.....	21
Şekil 3.7. Makro ve mikro element analizi	23



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. 2019 yılına ait bazı meteorolojik veriler	16
Çizelge 3.2. Deneme alanına ait toprak özellikleri	17
Çizelge 4.1. Kitosan uygulamalarının rokada verim üzerine etkileri.....	24
Çizelge 4.2. Kitosan uygulamalarının rokada bitki boyu üzerine etkileri	25
Çizelge 4.3. Kitosan uygulamalarının rokada yaprak eni üzerine etkileri	26
Çizelge 4.4. Kitosan uygulamalarının rokada kuru madde üzerine etkileri	27
Çizelge 4.5. Kitosan uygulamalarının rokada SÇKM üzerine etkileri.....	28
Çizelge 4.6. Kitosan uygulamalarının rokada klorofil üzerine etkileri.....	29
Çizelge 4.7. Kitosan uygulamalarının rokada renk değerleri üzerine etkileri.....	30
Çizelge 4.8. Kitosan uygulamalarının rokada toplam fenolik içeriği üzerine etkileri	32
Çizelge 4.9. Kitosan uygulamalarının rokada vitamin C içeriği üzerine etkileri.....	33
Çizelge 4.10. Kitosan uygulamalarının rokada nitrat birikimi üzerine etkileri.....	34
Çizelge 4.11. Kitosan uygulamalarının rokada antiradikal aktivite üzerine etkileri..	35
Çizelge 4.12. Kitosan uygulamalarının makro besin elementleri üzerine etkileri	36
Çizelge 4.13. Kitosan uygulamalarının mikro besin elementleri üzerine etkileri.....	37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

cm	Santimetre
cm	Santimetre
da	Dekar
DD	Deasetilasyon derecesi
g	Gram
ha	Hektar
kDa	Kilodalton
kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
pH	Ortamda bulunan H ⁺ konsantrasyonunun negatif logaritması
ppm	Milyonda bir kısım
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
°	Derece
µg	Mikrogram (gramın milyonda biri)
µmol	Mikromol

1. GİRİŞ

Roka (*Eruca sativa* Mill.) Brassicaceae familyasının üyesi olup anavatanı kesin olarak bilinmemekle birlikte; Akdeniz ülkeleri anavatanı olarak kabul edilmektedir. Romalılar döneminden günümüze kadar sebze olarak tüketilen rokanın birçok hastalığa iyi geldiği bilinmektedir. Sebze olarak yaprakları tüketilen roka Güney Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak yetiştirilmekte, garnitür ve salata olarak tüketilmektedir. Uzakdoğu ülkeleri olan Çin ve Hindistan'da yağ bitkisi olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Vural vd., 2000).

Dünya üzerinde geniş bir dağılım gösteren roka tahıllar, yağlı tohumlar ve bakliyatlarla saf veya karışık olarak yetiştirilen bir kış ürünüdür. Ekimin geciktiği veya başka mahsüllerin ekiminin mümkün olmadığı arazilerde, olumsuz çevre koşullarına adapte olması ve kuraklığa dayanıklı yapısı ile alternatif bir ürün olarak yetiştirilebilmektedir. Roka A, C, K vitaminleri, riboflavin, niasin, tiamin, B-6 vitamini ve pantotenik asidin mükemmel kaynağıdır (Garg ve Sharma, 2014).

Dalları, taze gövde ve yaprakları salata içinde veya sade olarak tüketilen iştah açıcı bu sebze türünde bulunan acımtrak ve baharatlı lezzetini oluşturan eterik yağlar rahatlatıcı etkiye sahip olup hazmı kolaylaştırmaktadır. Taze yapraklarında yaklaşık 200 mg/100 g C vitamini içerir, Fe ve Ca bakımından oldukça zengindir. Ayrıca A, B1, B2, C ve E vitaminleri bakımından zengin olmakla birlikte sindirimde bağırsaklarda Ca emilimini de artırdığı belirtilmiştir (Şalk vd., 2008). *Brassicaceae* familyasına ait türler arasında roka, zengin bir kimyasal bileşime ve geniş biyolojik aktiviteye, protein, karbonhidrat, L-askorbik asit ve mineral besin kaynağı olarak yüksek bir besin değerine sahiptir (Nurzyńska-Wierdak, 2015).

Yaprakları sebze olarak değerlendirilen roka kokulu otlar sınıfına girmektedir. Birçok hastalığa karşı eczacılıkta kullanıldığı, kanı temizlediği, vitamin ve mineral içeriği bakımından zengin olduğu için vücuda direnç kazandırdığı ve yapraklarının çay gibi demlenerek içildiğinde öksürükte etkili olduğu bilinmektedir. Tohumları erüsik asit içermekte ve baharat olarak tüketilmektedir. İştah açıcı ve idrar söktürücü etkisinin yanı sıra ezilmiş halinin yaraları dezenfekte ettiği ve açık yaraların kapanmasında

etkili olduğu bilinmektedir. Tohumundan elde edilen yağlar beslenmede, ilaç sanayisinde ve farklı şekillerde değerlendirilmektedir (Demir, 2007).

Ülkemizde rokanın daha çok Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde güney ve batı bölgelerinde yıl boyu açık tarla koşullarında yetiştiriciliği yapılırken soğuk bölgelerde örtüaltında yetiştiriciliği yapılmaktadır (Vural vd., 2000). Son yıllarda roka sebzesinin insan sağlığı açısından öneminin anlaşılması ile üretim ve tüketiminde artışlar meydana gelmiştir (Demir, 2007). Ülkemizdeki son 10 yıldaki roka üretim verileri değerlendirildiğinde yaklaşık %270 oranında bir artışın olduğu görülmektedir. 2020 yılı verilerine göre ülkemizde 14326 dekar alanda 15045 ton roka üretilmiştir ve bu üretiminin yaklaşık olarak yarısı örtüaltında gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2021).

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artışına paralel olarak gıda açıklarını kapatabilmek için birim alanda yoğun kimyasal kullanımı toprak sağlığının bozulmasına ve tarımda sürdürülebilirlik üzerine olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Son yıllarda tarım alanlarındaki sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi, üretimin ve verimin artırılabilmesi için doğal kaynaklardan yararlanılmaya çalışılmaktadır (Kesimci, 2013).

Ayrıca bu hızlı artış ile birlikte yaşam koşullarındaki değişimler ve bilinçli tüketici sayısındaki artış mevcut bulunan besin kaynaklarının daha verimli kullanılmasını gerektirdiğini göstermektedir. Bunun için tarımda verimi artırmanın yanı sıra kalitenin de artırılması gerekmektedir. Günümüzde bilinçli tüketicilerin artması ile tüketicilerin besin tercihleri değişmeye başlamıştır. Tüketiciler temel gereksinimlerin sağlanmasının yanı sıra koruyucu, tedavi edici, hastalık riskini azaltıcı gibi etkilere sahip gıdalara yönelmektedir. Bu sebeplerden dolayı verim odaklı üretim yerini hem verim hem de kaliteyi içine alan bir üretim anlayışına bırakmakta ve verimin yanı sıra kaliteyi artırıcı uygulamaları zorunlu hale getirmektedir (Bayram ve Elmacı, 2013).

Diğer tarım alanlarında olduğu gibi sebze yetiştiriciliğinde temel amaç verim ve kalitenin artırılmasıdır. Özellikle bilinçli tüketiciler sebze satın alırken kaliteyi ön planda tutmaktadırlar. Buna bağlı olarak uluslararası ve ulusal düzeydeki sebze ticaretinde kalite unsurlarının önemi gittikçe artmaktadır (Abak vd., 2010).

Ürün verimini ve kalitesini artırmak, sürdürülebilir tarım ve çevre sorunlarının azaltılması için yenilikçi teknolojilerin geliştirilip uygulanmasına ihtiyaç vardır (Dağhan, 2017).

Bitkilerde verim ve kalitenin artırılmasında önemli etkenlerden biri büyüme düzenleyicilerdir. Son zamanlarda üretim miktarını artırabilmek için bitki büyüme düzenleyicilere alternatif olabilecek maddeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Süs bitkileri, bahçe ve zirai bitki endüstrilerinde bitki büyüme düzenleyiciler olarak bilinen, biyobozunur, doğal, etkin ve düşük maliyetli alternatif maddeler popüler hale gelmiştir. Günümüzde artık bitki büyüme düzenleyicilere alternatif olarak kullanılmaya başlanan bitki büyüme artırıcılardan biri de kitosandır (Acemi, 2018).

Doğal katyonik bir polisakkarit olan kitosan biyotıp, gıda, tarım, ilaç ve kozmetik gibi birçok sanayide kullanılan toksik olmayan yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir biyoyumlu bir biyopolimer olarak büyük ilgi görmektedir (Kaur ve Dhillon, 2013). Bitkilerde kimyasal bileşime, uygulama zamanı ve hızına bağlı olarak stres direnci ve artan verimlilik gibi sayısız biyolojik tepki meydana getirdiği belirlenmiştir (Malerba ve Cerena, 2016). Ayrıca sebzelerin agronomik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Kitosan kullanımı fotosentetik aktivite, vejetatif büyüme, antioksidan aktivite, meyve kalitesi ve verim gibi özellikleri artırmak için tavsiye edilmektedir (Sharif vd., 2018).

Kitosan uygulaması altında bitkilerde meydana gelen anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler ile ilgili temel araştırmaların az olduğu görülmekte ve daha fazla araştırma gerekmektedir (El Amerany vd., 2020).

Bu çalışmada farklı dozlarda kitosan (0, 75, 150 ve 300 ppm) uygulamalarının rokada verim ve kalite üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu araştırma ile bitki yetiştiriciliğinde kullanımı henüz çok yaygın olmayan kitosanın rokada verim ve kalite kriterleri üzerine olan etkilerinin ortaya konulması ve bundan sonraki yapılabilecek olan araştırmalara ışık tutulması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kitin ve Kitosanın Tarihçesi

1811 yılında Braconnot mantarlar üzerinde yaptığı bir çalışmanın sonucunda ilk kez kitini keşfetmiş ve izole etmiştir (Çarıkçı, 2015). Braconnot keşfettiği bu maddenin amonyak içerdiğini ve o zamana kadar gözlemlenen en değişik madde olduğunu belirterek bu maddeye fungia adını vermiştir (Özel, 2013). 1823 yılında ise böcekler üzerinde çalışan Oldier mantar ile aynı yapıya sahip maddeyi böcek kabuklarında bulmuş ve kitin (chitin) olarak adlandırmıştır (Yazgan, 2010).

Kitinin ana türevi olan kitosan 1859'da Rouget tarafından hidroksit çözeltisinde kaynatıldığında keşfedilmiştir. Ancak bu kitin türevi 1894'te Hoppe-Seyler tarafından modifiye edilerek kitosan adını almıştır (Paul ve Sharma, 2000). 1934 yılında kitinden kitosan eldesi ve kitosandan film üretimi ve lif eldesi olmak üzere Rigby tarafından iki patent alınmıştır (Yazgan, 2010). Kitin ve kitosan ile ilgili en kapsamlı yayın ise 1977 yılında Muzarelli tarafından yapılmıştır (Guang, 2002).

2.2. Kitin ve Kitosanın Özellikleri

Kitosan, karides, yengeç gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletlerinde, kelebeklerin kanatlarında, mantarların hücre duvarlarında doğal olarak bulunan bir polisakkarit olan kitinin deasetilasyon ile elde edilen, kimyasal yapısı selüloz gibi olan, doğada selülozdan sonra en çok rastlanan bir biyopolimerdir (Bostan vd., 2007).

Doğal olarak kitosan, kitin deasetazlarının etkisiyle hücre duvarının oluşumunda veya otoliz sırasında hücre duvarları üzerindeki endoksinlerin etkisinden sonra kitin oligosakkaritlerinin deasetilasyonunda rol oynayan enzimlerden oluşur, yapısal olarak birbirine bağlı uzun glikoz molekülleri zincirinden oluşan selüloz ile ilişkilidir (Gornik vd., 2008).

Kitinin kimyasal yapısında ise düşük oranda 2-amino-2-deoksi- β -glukopiranoz monomerleri bulunur ve poli- $[\beta$ -(1,4)-2-asetamid-2-deoksi- β -D-glukopiranoz] yapısındadır. Kitosanın kimyasal yapısı ise, poli- $[\beta$ -(1,4)-2-amino-2-deoksi- β -D-

glukopiranoz] şeklindedir. Kitin ve kitosanın kimyasal yapısı selüloza benzer fakat bu üçlünün yapısal olarak bazı farklılıkları vardır. Selülozda, ikinci karbon atomunda hidroksil (-OH), kitinde asetamid (-NHCOCH₃), kitosanda ise amin (-NH₂) grubu bulunmaktadır (Özdemir, 2014a).

Selülozun aksine kitosanın pozitif yüke sahip olması negatif yüklü lipitler, yağlar, proteinler, metal iyonları ve makromoleküllerle bağlanma kabiliyetini sağlamıştır. Bu durum kitosan ve kitosan türevlerinin ticari olarak önem kazanmalarına neden olmuştur (Özel, 2013).

Kitosanın özelliklerine etki eden parametreler arasında molekül ağırlığı, deasetilasyon derecesi, viskozite, renk ve çözünürlük yer almaktadır (Çataldaş, 2018). Genel olarak kitin ve kitosanın çözünürlüğü molekül ağırlığı ile ilişkilidir ve molekül ağırlığı arttıkça çözünürlük azalmaktadır. Kitosan nötral ve alkali pH'da çözünmez (Kayapa, 2018). Deasetilasyon derecesi düşük olan kitosanın pH 9'un üzerinde olduğunda, yüksek deasetilasyon derecelerinde ise pH 6.5 ve altında olduğunda çözünür olduğu bilinmektedir (Chen ve Tsaih, 1998).

Kitosan, organik ve anorganik asitler ile suda çözünür formlara dönüşebilmektedir. Bunların arasından en çok tercih edilenler ise formik ve asetik asittir fakat nitrik asit, perklorit asit, hidroklorik asit ve fosforik asitler de kullanılabilmektedir (Demetgül, 2008). Bu çok yönlü biyopolimer uygulama alanına göre nanopartikül, membran, toz, fiber ve jel boncuk gibi farklı formlara dönüşebilmektedir (Koçer, 2015).

Kitosan çöktürme, film oluşturma, nem tutma, enzim immobilizasyonu, antimikrobiyal etki gibi çeşitli fonksiyonları ile pozitif iyonik yapıya sahiptir. Kitosan yarı şeffaf, tatsız, kokusuz, beyaz renkli toz halinde, sindirim enzimlerine dayanıklı ve bazı bakteriler tarafından parçalanabilen bir maddedir (Bostan vd., 2007).

Doğadaki bol miktarlardaki kaynaklardan elde edilen bu biyopolimer toksik olmaması, biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyoyumluluğu gibi özelliklere sahip olması sebebi ile diğer biyopolimerlere göre üstünlük göstermekte ve bundan dolayı birçok endüstri dalı için kullanılabilecek bir madde haline gelmiştir (Muzzarelli, 1997; Sugimoto vd., 1998).

2.3. Bitkilerde Kitosanın Etkileri

Kitosan tarım uygulamalarında bitki savunması ve verim artışı için kullanılan çok önemli doğrusal bir polisakkarittir (Monirul vd., 2018). Kitosanın bitkilerde savunma mekanizmalarını tetiklediği ve ayrıca büyümeyi uyarıp bazı enzimleri indüklediği belirlenmiştir (fitoaleksinler, kitinazlar, pektinazlar, glukanaaz sentezi gibi). Bunların yanı sıra reaktif oksijen türleri (ROS) sisteminde, süperoksit, katalaz, peroksidaz, dismutaz gibi birçok enzimi uyardığı bilinmektedir. Bu özelliklere ek olarak kitosanın; dona karşı bitkiyi korumada, tohum kaplanmasında, gübrenin ve besin elementlerinin toprağa salınmasında (Özdemir, 2014b), çiçeklenme ve meyve uyarımı, meyveler için koruyucu kaplama ve sebzelerde bitki bağışıklık sistemlerini, bitki büyümesini ve bitkileri mikroorganizmaların saldırılarına karşı korumada etkili rol oynadığı belirlenmiştir (Kaur ve Dhillon, 2013).

Kitosan moleküllerinin yapısı ve konsantrasyonu, bitki türlerine ve gelişim evrelerine bağlı olarak bitkilerde farklı tepkilere neden olabilmektedir. Ayrıca kitosanın ortalama moleküler kütle, moleküler kütle dağılımı ve deasetilasyon derecesi (DD) parametrelerindeki farklılıklar, kitosanın fiziksel özelliklerini ve biyolojik fonksiyonlarını, örneğin çözünürlüğünü ve bitkileri uyarabilme kabiliyetini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, bu parametreler uygulanmadan önce iyi karakterize edilmesi gerekmektedir (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015).

Elde edilmesi ve uygulanması maliyetli olmayan bu biyopolimerin son yıllarda tarımsal uygulamalarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Biyoçözünürlük ve biyoyumluluk gibi birçok olumlu biyolojik özelliğe sahip olan kitosanın en büyük avantajı yenilenebilir ve çevre dostu bir kaynak olmasıdır. Kitosanın etkisi bitkinin türü, uygulama zamanı ve şartları, kimyasal yapısı, moleküler ağırlığına ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişirken yapılan çok sayıda çalışmaya rağmen etki mekanizması tam anlamıyla aydınlatılabilmemiş değildir (Kurtuluş, 2019).

2.3.1. Kitosanın fizyolojik, biyokimyasal ve büyüme etkileri

Kitosanın ilk olarak bezelyede (*Pisum sativum* L.) fitoaleksinleri ve domateste (*Solanum lycopersicum*) proteinazları indüklediğinin ortaya çıkışından sonra fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri araştırılmaya başlanmış, yaraya ve patojen enfeksiyonlara karşı bitki savunma tepkilerini artırdığı gözlemlenmiştir (Malerba ve Cerena, 2016).

Bitki dokularının yaralanması üzerine, hücre duvarındaki pektik fragmanlar, bitki dokularını patojen enfeksiyonuna karşı korumak için reaktif oksijen türlerinin ve patogenezele ilişkili proteinlerin birikmesine neden olur. Kitosan, bitki dokularına uygulandığında benzer yanıtları tetikler. Kitosan uygulanan birçok bitkide hidrojen peroksit (H_2O_2) üretimi ile oksidatif bir patlama yanıtı bulunmuştur. Kitosanın neden olduğu bitki savunma sisteminin nitrik oksit (NO) yoluyla tetiklendiği bildirilmiştir (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015). Bunun bitki savunma enzimlerinin indüklenmesine ve kitosan ile muamele edilen birçok bitki türünde gözlenen polifenolikler, lignin, flavonoidler ve fitoaleksinler gibi ikincil metabolitlerin sentezine yol açabileceği bildirilmiştir (Malerba ve Cerena, 2016). Bunların yanı sıra; DNA hasarı, kromatin değişiklikleri, sitosolik Ca^{2+} iyonlarının artışı, MAP-kinazların aktivasyonu, oksidatif patlama, patogenezele ilişkili (PR) mRNA gen artışı, PR protein sentezi, fitoaleksin birikimi, aşırı duyarlı tepki (HR) ve bazı sistemlerde, jasmonik asit (JA) ve absisik asit (ABA) sentezi ve hidrojen peroksit birikimi gibi moleküler ve biyokimyasal değişikliklere de etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Hadwiger, 2013).

2.3.2. Kitosanın sinyal transdüksiyonu ve hücresel etkileri

Kitosan uygulaması sonucunda ortaya çıkan sinyal transdüksiyon yolu, hidrojen peroksit ve nitrik oksit sinyallerini içererek kromatin ile etkileşir ve gen ekspresyonunu direkt kontrol edebildiği bildirilmiştir. Kitosanın reseptöre spesifik bir etkileşim yolu ile değil de pozitif yüklü amino gruplar ile negatif yüklü hücre fosfolipidlerin arasındaki yük-yük etkileşimini kullanarak bitkilerde hücreleri uyardığı, çoklu pozitif yüklere sahip olduğu için DNA'daki negatif yüklü fosfat gruplarına güçlü bir çekim gösterdiği bildirilmiştir (Premi, 2018).

2.4. Kitosan ile İlgili Çalışmalar

Marulda kitosan uygulamalarının nitrat birikimi üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan farklı bir çalışmada 20 günlük marul fidelerine dikimden sonraki 3. ve 4. haftalarda Mg, kitosan içeren mikro besin solüsyonu (%1 kitosan, %0.66 laktik asit, %0.5 Ca, %1 Mo, %0.02 Cu, %0.02 Zn ve %0.02 Mn) ve Mg + kitosan içeren mikro besin solüsyonu yapraktan 2 kez uygulanmıştır. Çalışma sonunda Mg ve kitosan içeren mikro besin uygulamalarının marullarda nitrat içeriğinin %14-18 oranlarında azalttığı saptanmıştır. Ayrıca kitosan içeren mikro besin uygulamalarının kontrol uygulaması ile kıyaslandıklarında marullarda nitrat redüktaz aktivitesinde artışlara neden oldukları görülmüştür (Chung vd., 2001).

Boonlertnirun vd. (2008), çeltikte gerçekleştirdikleri bir çalışmada tohumu, toprağa ve yaprağa farklı şekillerde kitosan uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Buna göre uygulamaları; Tr-no: kontrol, Tr2: kitosan çözeltisi ile tohum ıslatma, Tr3: kitosan çözeltisi ile tohum ıslatma ve toprak uygulaması ve Tr4: kitosan çözeltisi ile tohum ıslatma ve yapraktan püskürtme şeklinde oluşturmuşlardır. Tr2, Tr3 ve Tr4 uygulamalarında tohumları 4-5 saat 80 ppm'lik kitosan çözeltisi ile muamele etmişlerdir. Tr3 ve Tr4 uygulamalarında ise 14, 24, 34 ve 44. günlerde topraktan ve yapraktan püskürtme şeklinde uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak Tr3 uygulamasının büyümeyi uyararak verimi önemli ölçüde artırdığı ve Tr4 uygulamasının ise hastalık kontrolünde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

İn vitro koşullarda gerçekleştirilen bir çalışmada Mokara ve Phalaenopsis orkide çeşitlerinin fidelerine 0, 10, 20 ve 40 mg/l olacak şekilde farklı kitosan dozları uygulanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek yaş ağırlık değerlerinin Mokara ve Phalaenopsis fidelerinde 20 mg/l uygulamasından, en yüksek yaprak sayısı her iki çeşitte 40 mg/l kitosan uygulamasından ve en yüksek yaprak alanı ise Phalaenopsis fidelerinde 20 mg/l uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir (Obsuwan vd., 2010).

Çilekte kitosanın verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere yapılan çalışmada 0, 1, 2, 3 ve 4 cm³/l dozlarındaki kitosan, fide dikiminden sonra her 4 haftada bir olmak üzere 3 kez yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda bitki başına düşen meyve sayısı, toplam meyve verimi, ortalama meyve

ağırlığı, bitki başına düşen yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, taze ve kuru ağırlık değerleri 2 cm³/l dozunda anlamlı bulunurken; tüm kitosan uygulamalarının kontrol uygulamasına göre meyvelerde karbonhidrat içeriğini, yaprakların N ve K miktarlarını artırdığı bildirilmektedir (Abdel-Mawgoud vd., 2010).

Malabar ıspanağında kitosan uygulamalarının morfolojik özellikler ve verim üzerine etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada; 0 ppm (kontrol), 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm ve 100 ppm olmak üzere beş farklı doz yapraktan spreysel şekilde ekimden 15 ve 25 gün sonra olmak üzere 2 kez uygulanmıştır. Araştırma sonucunda bütün kitosan uygulamalarının kontrol uygulamasına göre olumlu etkilere neden olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte tavsiye edilebilir kitosan uygulama dozunun 75 ppm olduğu bildirilmiştir (Mondal vd., 2011).

Mondal vd. (2012), bamyada yaptıkları bir çalışmada 5 farklı dozda (kontrol, 50, 75, 100 ve 125 ppm) ve farklı zamanlarda (ekimden 25., 40. ve 55. günlerinde) kitosan uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda bamyanın morfolojik özelliklerinin (bitki boyu, yaprak sayısı), büyüme özelliklerinin (toplam kuru kütle, mutlak büyüme hızı, bağıl büyüme hızı), biyokimyasal parametrelerinin (nitrat redüktaz ve fotosentez) ve verim özelliklerinin (meyve sayısı ve meyve büyüklüğü) artan kitosan dozları ile paralel şekilde arttıklarını tespit etmişlerdir. En yüksek meyve veriminin 125 ppm kitosan dozundan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kitosan uygulamalarının kahve fidelerinin biyofiziksel özellikleri, gelişme ve kuraklığa dayanıklılıkları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sera ve açık tarla koşullarında yapılan çalışmada 0 (kontrol), 20, 40, 60 ve 80 ppm olmak üzere 5 farklı dozda kitosan bitkilere yapraktan uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının kontrol uygulamasına göre kahve yapraklarında klorofil, karotenoid miktarlarını ve besin elementi içeriklerini artırdıkları saptanmıştır. 60 ppm dozundaki kitosan uygulamasının, kahve fidelerinin boylarında %33.51, sap çapında %30.77 ve yaprak alanında %60.33 oranlarında artış sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca kitosan uygulamalarının yapraklarda %9.5-25.1 oranlarında terlemeyi azalttığı ve bu nedenle kuraklığa karşı direnci artırmanın iyi bir yol olabileceği de bildirilmiştir (Dzung vd., 2011).

Farouk vd. (2011), kitosan ve hümik asit uygulamalarının kadmiyum stresine maruz kalmış turp bitkileri (*Raphanus sativus* L.) üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı uygulama (kontrol, 100 ve 200 mg/kg hümik asit ve 100 ve 200 mg/kg kitosan) gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda hümik asit ve kitosan uygulamalarının klorofil, toplam şeker, azot, fosfor, potasyum ve çözünebilir protein miktarlarını artırdıklarını belirlemişlerdir. Ayrıca kitosan uygulamalarının toplam amino asit miktarlarını artırdığını ve bitki dokularındaki kadmiyum yoğunluğunu azalttığını gözlemlemişlerdir. 200 mg/kg dozundaki kitosan uygulamasının kadmiyumun olumsuz etkilerini engellemede hümik asit uygulamalarından daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Börülce yetiştiriciliğinde farklı gübre kaynaklarının [inorganik gübre (NPK) ve iki organik gübre kaynağı (sığır gübresi ve kompost)] kullanıldığı çalışmada verim ve kalite özellikleri üzerine kitosanın etkisini ortaya koymak amacıyla iki farklı sezonda (2010-2011) 1.0, 3.0, 5.0 cm³/l dozlarında üç kez (tohum ekiminden 30, 45 ve 60 gün sonra) kitosan uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak her iki sezonda en yüksek karbonhidrat ve toplam protein miktarları NPK gübrelemesi ile 5.0 cm³/l dozunda uygulanan kitosan uygulamasından elde edilmiştir (El-Tanahy vd., 2012).

Kitosanın kuraklık stresi altındaki patates fidelerinin fizyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak için gerçekleştirilen bir çalışmada patates yapraklarına 50, 100 ve 200 mg l⁻¹ dozlarında kitosan uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının patates yapraklarının membran bağıl geçirgenliğinde ve malondialdehit (MDA) yoğunluğunda azalmaya, prolin yoğunluğu ve çözünebilir proteinlerde ise artışa neden olduğu saptanmıştır (Jiao vd., 2012).

2011 ve 2012 yıllarında fasulyede yapılan bir çalışmada su stresine karşı kitosan uygulamalarının (100, 200 ve 300 mg/l) etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda kuraklık stresinin bitki boyu, yaprak sayısı, bitki başına yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık üzerindeki olumsuz etkisine karşılık 200 mg/l dozundaki kitosan uygulamasının bu büyüme parametrelerini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Abu-Muriefah, 2013).

El-Miniawy vd. (2013), çilekte kitosanın etkilerini belirlemek amacı ile 2 farklı sezonda çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmayı 2 farklı kitosan dozu (2.5 ve 5.0 ml) ile 3 farklı uygulama sayısı (1, 2 ve 3 kez olmak üzere) olacak şekilde planlamışlardır. Sonuç olarak 2 sezonda da tüm uygulamaların bitki uzunluğunu, yaprak sayısını, yaprak alanını, meyve ağırlığını ve toplam verimi artırdığını tespit etmişlerdir. Özellikle 3 kez uygulanan 5.0 ml dozundaki kitosanın meyve kalitesi ve verimi üzerinde en etkili uygulama olduğunu bildirmişlerdir.

Mondal vd. (2013), kitosan uygulamalarının (0, 50, 75, 100 ve 125 ppm) mısır bitkilerinde morfolojik, büyüme, verim özellikleri ve tohum verimi üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla uygulamaları ekimden 35, 50 ve 65 gün sonra gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak erken büyüme evrelerinde yapraktan uygulanan kitosanın morfolojik (bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve alanı), fizyolojik (toplam kuru kütle, mutlak büyüme oranı ve hasat indeksi) parametrelerini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. En etkili kitosan dozunun ise 100 ppm dozunun olduğunu bildirmişlerdir.

Kahve fidelerinin kullanıldığı çalışmada kitosan uygulamalarının büyüme ve biyofiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacı ile kitosanın 5 farklı dozu (0, 10, 20, 30 ve 50 ppm) iki hafta ara ile üç kez uygulanmıştır. Sonuçlar, 10 ppm dozundaki kitosan uygulamasının kahve fidelerinin büyüme ve biyofiziksel özellikleri üzerinde olumlu yönde etkili olduğunu göstermiştir. Elde edilen verilere göre yaprakların klorofil içeriğinde %30-50, fotosentez yoğunluğunda %30-60, azot, fosfor ve potasyum içeriklerinde sırasıyla; %9.8-27.4, %17.3-30.4 %30-45 oranlarında artışlar meydana geldiği bildirilmiştir (Van vd., 2013).

Frezya çiçeği soğanlarında kitosan uygulamalarının çiçeklenme, bitki gelişimi ve verim üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla %0.5 dozundaki düşük (2 kDa), orta (50 kDa) ve yüksek (970 kDa) olmak üzere üç farklı molekül ağırlığındaki kitosan solüsyonlarında soğanlar 20 dakika boyunca bekletilmiştir. Çalışma sonunda kitosan uygulamalarının kontrol uygulamasına göre daha erken çiçeklenmeye, çiçek, filiz, yaprak ve soğan sayılarında artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Orta (50 kDa) ve yüksek (970 kDa) moleküler ağırlıktaki kitosan uygulamalarının klorofil miktarı üzerinde daha etkili olduğu, yüksek

molekül ağırlıktaki kitosan uygulamasının ise verimi artırdığı saptanmıştır. Sonuç olarak kitosanın frezya için bir büyüme aktivatörü olabileceği bildirilmiştir (Salachna ve Zawadzinska, 2014).

Buğdayda (*Triticum aestivum*) oligokitosanın çimlenme üzerine etkilerini belirlemek amacı ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada (%1.0, 0.5, 0.25, 0.0125, 0.0625, 0.03125 ve 0) 6 farklı dozda kitosan solüsyonu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının tohum çimlenmesinin ve kök aktivitesinin artışına sebep olduğu, kök ve fide uzunluğunu etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca fotosentez oranında (Pn) ve stomatal iletkenlikte (Gs) bir artışa yol açarak klorofil içeriğini artırdığı saptanmıştır (Lian-Ju vd., 2014).

Ibrahim ve Ramadan (2015), kuru fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) gelişimi, verimi ve besin içeriği üzerine kitosan ve hümik asit içeren çinko uygulamalarının olumlu etkisi olduğunu bildirmektedirler.

İbraheim ve Mohsen (2015), sakız kabağında gerçekleştirdikleri çalışmada azot (45, 14 ve 18 kg/da) ve kitosan (0.0, 0.05 ve 0.1 g/l) uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda en yüksek verim değerlerininin 75 kg/feddan azot uygulaması ile 0.1 g/l kitosan uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır.

Rahman (2015), domateste yaptığı çalışmada 5 farklı dozda (0 g, 50 g, 100 g, 150 g ve 200 g) kitosan uygulaması gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda artan kitosan dozlarına paralel olacak şekilde kontrol uygulamasına göre bitki boyu, bitki taze ve kuru ağırlığı, çiçek sayısı, meyve sayısı, meyve büyüklüğü ve verim değerlerinin arttığını belirtmiştir.

Mondal vd. (2016), kitosan uygulamasının domateste morfolojik, büyüme ve verim parameterleri üzerindeki etkisini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla yapraklara kitosanın 5 farklı dozunu (0, 25, 50, 75 ve 100 mg/L) 10 gün aralıklarla 2 kez uygulamışlardır. Çalışma sonunda kitosan uygulamalarının nitrat redüktaz aktivitesi, bitki boyu, çiçek sayısı, dal sayısı, yaprak alanı, kuru madde ve meyve sayısı

değerlerini artırdığını, en yüksek verim değerlerinin ise 75 mg/L kitosan dozunda elde edildiğini bildirmişlerdir.

Gerçekleştirilen bir çalışmada üç farklı sulama rejimi (kontrol, %40 ve %70 alan kapasitesinde) ile üç farklı kitosan dozu (0.0, 0.2, 0.4 g/l) uygulamalarının fesleğende morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine olan etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, yapraktan uygulanan kitosanın 0.4 g/l dozunun diğer uygulamalara kıyasla stresli ve stressiz koşullarda bitkinin büyümesini artırdığı tespit edilmiştir (Malekpoor vd., 2016).

Kitosanın zerdeçalda büyüme parametreleri ve verim özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmada %0.1 oranında kitosan uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak kitosan uygulamasının büyüme parametrelerinde (gövde yüksekliği, yaprak sayısı/bitki, bitki taze ağırlığı) artışlar meydana getirdiği gözlemlenmiş ve çevre dostu bir bileşik olduğundan dolayı önerildiği belirtilmiştir (Anusuya ve Sathiyabama, 2016).

Çalışmada oligokitosanın domates ve biberde verim ve verim özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla beş farklı oligokitosan dozu (0, 25, 50, 75 ve 100 ppm) üç farklı dönemde (vejetatif safha, çiçeklenme safhası ve meyve safhası) uygulanmıştır. En yüksek verim değerleri domatest 50 ppm dozunda, biberde ise 75 ppm dozundan elde edilmiştir. Elde edilen veriler, oligokitosan uygulamalarının her iki türde de olumlu etkilere neden olduğunu göstermiştir. Ancak tür, uygulama zamanı ve dozlara göre sonuçların değişiklik gösterebileceği bildirilmiştir (Monirul vd., 2018).

Red Globe üzüm çeşidinde hasat sonrası kitosan ve salisilik asit uygulamalarının depolama süresince raf ömrü ve kalite özelliklerini belirlemek için yapılan çalışmada kontrol, kitosan (%1), kitosan+1 mM salisilik asit ve kitosan+2 mM salisilik asit olmak üzere 4 farklı uygulama yapılmıştır. 60 günlük muhafaza süresinde her 15 günde bir olmak üzere meyve bozulma oranı, pH, meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, toplam fenolik, flavonoid, antosiyanin ve antioksidan miktarları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının depolama süresince fitokimyasal bileşikler ve

antioksidan üzerinde hasat sonrası uygulanmasının iyileştirici etkisi olduğunu bildirmektedir (Qaderi, 2018).

Domateste hasat sonrası kitosan uygulamalarının (kontrol, %0.5, %1.0 ve %2.0) depolama ve raf ömrü kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada örnekler 5°C'de %85-90 nemde 20 gün ve 21+1°C'de %65 oransal nemde 10 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Sonuç olarak %1 dozundaki kitosan uygulamasının tüm kalite özelliklerini (görsel kalite, meyve eti sertliği, kabuk rengi, ağırlık kaybı, toplam fenolik içeriği, antioksidan içeriği, likopen içeriği, titre edilebilir asit içeriği ve askorbik asit içeriği) koruduğu bildirilmiştir (Kibar, 2019).

Ortanique tangor mandarin çeşidinde sıcak su ve kitosan uygulamalarının soğukta muhafaza ve raf ömrüne etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada; hasat edilen meyvelere kontrol, sıcak su (53°C suya 2dk daldırma), su (20°C musluk suyunda 2 dk daldırma), kitosan (%1'lik kitosan çözeltisine 2 dk daldırma), kitosan + sıcak su uygulamaları ile muamele gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ağırlık kayıplarını önlemede kitosan uygulamasının sıcak su uygulamasından daha etkili olduğu görülmüştür. Muhafaza süresi uzadıkça sıcak su ve kitosan + sıcak su uygulamalarında meyvelerde fizyolojik nedenlerden olan bozulmalarda artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca %1'lik kitosan uygulamasının yerine daha yüksek dozda kitosan ile çalışılması gerektiği bildirilmiştir (Borazan, 2019).

Kirazda gerçekleştirilen bir çalışmada hasat sonrası aleovera ve kitosan uygulamalarının soğuk depo ve raf ömrü süresince kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için 0900 Ziraat kiraz çeşidinde %5 ve %10 oranlarında aleovera ve %0.5 ve %1.0 oranlarında kitosan uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Örnekler 5'er dakika süre ile çözeltilere batırılarak 60 dakika kurumaya bırakıldıktan sonra poşetlenmiş ve 35 gün boyunca %90 oransal nemde 1°C'de muhafaza edilmiştir. Raf ömrü için soğuk depodan çıkarılan meyveler 2 gün oda koşullarında %60 oransal nem ve 20°C'de bekletilmiştir. Örneklerde biyokimyasal (meyve eti setliği, SÇKM, ağırlık kaybı, meyve kabuk rengi, titre edilebilir asit, toplam antioksidan, toplam fenol ve toplam klorofil) ve fiziksel özellikler analiz edilmiştir. Sonuç olarak en etkili uygulamaların %10 oranındaki aleovera ile %1 oranındaki kitosan uygulamaları olduğu bildirilmiştir (Çınar, 2019).

Kantaron bitkisinde yapılan bir çalışmada yapraktan uygulanan farklı dozlardaki kitosan, demiroksit ve kitosan-demiroksit nanopartiküllerinin fenolik bileşikler üzerine etkileri incelenmiştir. Uygulamalar ieklenme öncesi ve tam çiçeklenme döneminde olmak üzere 2 farklı dönemde gerçekleşmiştir. Çalışma sonucunda çiçeklenme öncesi dönemde 150 ppm dozundaki kitosan uygulaması, tam çiçeklenme döneminde ise 100 ve 150 ppm dozundaki kitosan uygulamalarının fenolik bileşiklerde etkili oldukları bildirilmektedir (Bal, 2019).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak yaprakları loblu ve dişli kenarlı olan Bengi roka çeşidi (Küçük Çiftlik Tohumculuk) kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırma Isparta ili Merkez ilçesine bağlı şehir merkezine 8 km uzaklıkta bulunan Sav beldesi ekolojik koşullarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı 37° 46' kuzey enlemi, 30° 38' doğu boylamı arasında yer almakta ve rakımı 1004 m'dir (Anonim, 2021a). Belde akdeniz iklimi ile karasal iklim arasındaki geçiş bölgesinde yer almakta ve her iki iklim özellikleri de görülmektedir. Sav beldesinde yarı kurak, az nemli, kışları serin, yazları sıcak bir iklim yaşanır ve hakim rüzgar yönü güney doğu yönündedir (Anonim, 2021b).

Denemenin gerçekleştirildiği yıla ait bazı veriler Isparta Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilerek aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. 2019 yılına ait bazı meteorolojik veriler

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			
Yıl/Ay	Ekim	Kasım	Aralık
2019	15.7	9.8	4.6
Aylık Toplam Yağış (mm)			
Yıl/Ay	Ekim	Kasım	Aralık
2019	9.9	28.6	45.3
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)			
Yıl/Ay	Ekim	Kasım	Aralık
2019	59.1	71.6	77.5
Aylık Ortalama 10 cm Toprak Sıcaklığı (°C)			
Yıl/Ay	Ekim	Kasım	Aralık
2019	16.3	9.8	4.9
Aylık Ortalama 20 cm Toprak Sıcaklığı (°C)			
Yıl/Ay	Ekim	Kasım	Aralık
2019	18.4	12.1	7.2

3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Denemenin gerçekleştirildiği alanın toprak özellikleri ISLAB Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarı tarafından analiz edilmiş, sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü toprak tekstürünün killi yapıda, hafif alkali, kireç oranı düşük, tuzsuz, organik madde içeriği bakımından orta seviyede olduğu görülmüştür. Toprakta azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) değerleri sırasıyla 1309, 16.5, 373.32, 4914, 1328, 5.06, 2.04, 10.5, 0.84 ppm olarak saptanmıştır.

Çizelge 3.2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

Toprak Özellikler	Analiz Sonucu	Değerlendirme
EC (ds/m)	0.14	Tuzsuz
pH	8.05	Hafif alkali
Kireç (%)	1.74	Düşük
Organik Madde (%)	3.36	Orta
Azot (ppm)	1309	Orta
Fosfor (ppm)	16.50	Orta
Potasyum (ppm)	373.32	Yüksek
Kalsiyum (ppm)	4914	Yüksek
Magnezyum (ppm)	1328	Yüksek
Demir (ppm)	5.06	Yüksek
Bakır (ppm)	2.04	Orta
Mangan (ppm)	10.5	Orta
Çinko (ppm)	0.84	Orta

3.2. Yöntem

Çalışmada roka bitkisine 4 farklı dozda (0, 75, 150, 300 ppm) kitosan uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla açık tarlada 1 m² büyüklüğünde 12 adet parsel oluşturulmuştur. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde planlanarak kurulmuştur. Parsellere tava usulü ekim yöntemi ile 10 Ekim 2019 tarihinde her tavaya 2 g/m² roka tohumu gelecek şekilde ekim gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada uygulamalar için düşük molekül ağırlığına sahip kitosan (Sigma-Aldrich) kullanılmış olup, çözeltilerin %0.15’lik asetik asit (Van vd., 2013) içerisinde

3.3.2. Bitki boyu

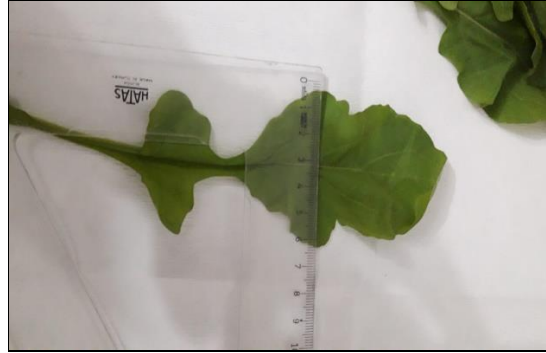
Her tekerrürden tesadüf olarak seçilen 10 adet roka yaprağından toprak üstü başlangıç noktasından yaprak ucuna kadar boy değerleri cm olarak cetvel yardımı ile ölçülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bitki boyu ölçümü

3.3.3. Yaprak eni

Her tekerrürden tesadüf olarak seçilen 10 adet roka yaprağının en geniş kısmından cm olarak cetvel yardımı ile ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yaprak eni ölçümü

3.3.4. Kuru madde

Hasattan sonra alınan örnekler yaş ağırlıkları belirlendikten sonra etüvde 65 °C’de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulup hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen yaş ve kuru ağırlıklardan faydalanılarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla % kuru madde oranı tespit edilmiştir (Kul, 2014).

$$\text{Kuru Madde Oranı (\%)} = [\text{Kuru ağırlık (g)}/\text{Yaş ağırlık (g)}] \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.5. Suda çözünebilir kuru madde miktarı

Roka yapraklarının suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı ölçümleri dijital refraktometre kullanılarak % (briks°) olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Briks ölçümü

3.3.6. Klorofil içeriği

Yaprakların klorofil içeriği her tekerrürden tesadüfi olarak seçilen 10 adet roka yaprağının üç farklı yerinden Minolta SPAD-502 Klorofilmetre kullanılarak ölçülmüş ve ölçülen değerler SPAD değerleri olarak ifade edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Klorofil ölçümü

3.3.7. Yaprak rengi

Yaprak örneklerinde renk okumaları her tekerrürden tesadüfi olarak seçilen 10 adet roka yaprağının üç farklı yerinden Minolta CR-400 model renk cihazı kullanılarak ölçülmüş, sonuçlar CIE L*, a*, b* cinsinden belirlenmiştir. Ayrıca Chroma (C*) değeri

ve hue açısı (h°) hesaplamaları $C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$ $h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$ formülleri kullanılarak yapılmıştır. Renk ölçümlerinin değerlendirmesinde L^* değeri parlaklığı göstermekte olup siyahtan beyaza rengin açıklık ve koyuluğunu (0=Beyaz; 100=Siyah), $+a^*$ değeri kırmızılığı, $-a^*$ değeri yeşilliği, $+b^*$ değeri sarılığı ve $-b^*$ değeri de maviliği göstermektedir. C^* değeri rengin canlılığını-donukluğunu ifade etmektedir. Kroma değeri büyüdükçe rengin canlılığı artmaktadır. Hue $^\circ$ açısı değeri ise rengin niteliğini ifade eder ve bu değer 180 $^\circ$ 'ye yaklaşması yeşil rengin gelişiminin arttığının göstergesidir (McGuire, 1992) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yaprak renk ölçümü

3.3.8. Toplam fenolik madde içeriği

Ekstraksiyon işlemi için 5 g örneğe 20 ml %95'lik etil alkol ilave edilmiş, 2 dakika boyunca homojenizatörde ezilmiştir. Örnekler 10 dakika kaynatıldıktan sonra 8000 rpm'de santrifüj edilmiş, filtre kağıdından süzölmüştür. Daha sonra 20 ml %80'lik etil alkol eklenip 10 dakika boyunca kaynatılmıştır. Kaynatma işleminden sonra örnekler %80'lik etil alkol ile 100 ml'ye tamamlanmışlardır. Bu işlemlerden sonra toplam fenolik madde analizi Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak Coseteng ve Lee (1987)'ye göre gerçekleştirilmiştir.

3.3.9. C vitamini içeriği

200-300 gr örnek alınarak aynı miktarda %2'lik oksalik asit ile blender yardımı ile iyice homojenize edilmiştir. Bu karışımdan belirli miktar tartılarak oksalik asit ile 100 ml'ye tamamlanıp filtre edilmiştir. Filtrattan 10 ml alınarak 2,6 diklorofenolindofenol

çözeltisi ile titrasyon gerçekleştirilmiş, harcanan hacim kaydedilerek sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2013).

$$\text{Askorbik Asit (mg/100 g)} = (V \times F \times 100) / W \quad (3.2)$$

V: Titrasyonda harcanmış olan 2.6 diklorofenolindofenol çözeltisi miktarı (ml)

F: 2.6 diklorofenolindofenol çözeltisinin faktörü (mg)

W: Titrasyonda kullanılan filtratın içerdiği örnek miktarı (g)

3.3.10. Nitrat birikimi

Nitrat birikimi Cataldo vd. (1975)'e göre taze örneklerde salisilik asit yöntemi ile belirlenmiştir. Bunun için örnekten 1 g alınıp üzerine 10 ml saf su eklenerek homojen hale getirilmiştir. Daha sonra örnekler 1 saat boyunca inkübatörde 45°C'de bekletilmiş, 5000 devirde 15 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası 0.2 ml örneğin üzerine sülfürik asit içerisinde çözdürülmüş %5'lik salisilik asitten 0.8 ml ilave edilmiş, karıştırdıktan sonra oda sıcaklığında 20 dakika boyunca bekletilmiştir. Daha sonra 2 N NaOH çözeltisinden 19 ml ilave edilerek örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Örneklerin ve standartların absorbens değerleri ise spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur.

3.3.11. Antiradikal aktivite

Antiradikal aktivite, Dorman vd. (2003) tarafından açıklanan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) yöntemine göre belirlenmiştir. Örnekler püre haline getirildikten sonra filtreden geçirilmiş ve santrifüj edilmiştir. Daha sonra 50 µl miktarında alınan örneklerle 450 µL Tris-HCl tamponu (50 mM, pH 7.4) ilave edilmiştir. Son olarak karışıma 1.00 mL DPPH (0.10 mM, metanol içerisinde) çözeltisi ilave edilerek 30 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Elde edilen karışımların absorbens değerlerinin okumaları ise 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % İnhibisyon (DPPH) = $[(\text{AbsKontrol} - \text{AbsÖrnek}) / \text{AbsKontrol}] \times 100$ formülü kullanılarak elde edilmiştir.

3.3.12. Bitki besin elementi analizi

Besin elementi analizleri için alınan örnekler yüzeysel bulaşmanın giderilmesi için saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra 65°'lik etüvde kurutulmuş ve öğütülmüştür. Hazır hale getirilen örneklerde standart kjeldahl yaş yakma yöntemi ile azot (N), vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile fosfor (P), atomik absorpsiyon spektrofotometre ile kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri saptanmıştır (Kacar, 2014) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Makro ve mikro element analizi

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin değerlendirilmesinde Minitab (17) Inc. Paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi kullanılarak belirlenmiş ve farklı harflerle gösterilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Verim

Farklı dozlarda (0, 75, 150 ve 300 ppm) uygulanan kitosanın rokada verim üzerine olan etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Roka verimi üzerine uygulamaların etkinliği $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Kitosan uygulamalarının rokada verim üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Verim (g/m ²)
Kontrol	1690.6 b*
75 ppm	1913.9 a
150 ppm	1734.0 ab
300 ppm	1559.3 b

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Çalışma sonucunda uygulamalara göre rokanın verim değerlerinin 1559.3-1913.9 g/m² arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamalar içerisinde en düşük değer 300 ppm kitosan uygulamasında (1559.3 g/m²) saptanırken, en yüksek verim değeri 75 ppm kitosan uygulamasından (1913.9 g/m²) elde edilmiştir.

Roka ile ilgili yapılmış çalışmalarda farklı uygulamaların gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen verim değerleri incelendiğinde, bu değerlerin 1050-2567 g/m², (Delibacak vd., 2006), 1436.8-4233.2 g/m² (Tuncay vd., 2011), 891.7-4183.9 g/m² (Şahin, 2019), 732.9-2443.89 g/m² (Yağmur vd., 2020) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bildirişler bulgularımızla paralellik arz etmektedir.

Kitosanın bitkilerde bir stres faktörü gibi bitki savunma tepkilerinin uyarıcısı olarak hareket ettiği bildirilmiştir (Bautista-Baños vd., 2003). Kitosan bitkilerde hücre zarına bağlanarak hücreye ikincil bir haberci sinyali başlatır ve kloroplastta ortadekanoid ve nitrik oksit (NO) yolu ile hidrojen peroksit (H₂O₂) üretimini artırır (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015). H₂O₂ artışı ile bitki dokularındaki sitokinin seviyelerinde de geçici artışlar görülür (Ha vd., 2012). Mondal vd. (2012) kitosanın azot metabolizmasında temel enzim aktivitelerini artırdığı ve yapraklarda azot taşınımını

iyileştirerek bitki büyüme ve gelişimini olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Vasconsuelo vd. (2004) kitosan uygulamalarının bitkilerde hücre duvarlarının lignifikasyonunu ve lignin biyosentezini artırdığı ve bu sayede bitkilerde sürgün oluşumunu tetiklediğini bildirmişlerdir. Tüm bu bildirişler çalışmamızdaki kontrol grubu ile kıyaslandığında verimde meydana gelen %2.6 (150 ppm uygulaması) - 13.2 (75 ppm uygulaması) düzeyindeki verim artışının nedenini açıklamaktadır. Nitekim farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda kitosan uygulamalarının çeltikte (Boonlertnirun vd., 2008), çilekte (Abdel-Mawgoud vd., 2010) ve biberde (Chookhongkha vd., 2012) verim değerlerini önemli düzeyde artırdıkları belirtilmektedir. Ayrıca, kitosan uygulamalarının domateste yaklaşık %20 oranında (Walker vd., 2004), bamyada (Mondal vd., 2012) %27.9-48.7 oranında ve domateste (Rahman, 2015) %157.14 oranlarında verim artışına sebep olduğu bildirilmektedir. Bu sonuçlar çalışmamızı destekler niteliktedir.

4.2. Bitki Boyu

Kitosan uygulamalarının rokada bitki boyu üzerine olan etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde uygulamaların rokanın bitki boyu üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Kitosan uygulamalarının rokada bitki boyu üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Bitki Boyu (cm)
Kontrol	24.33 b*
75 ppm	27.92 a
150 ppm	26.95 a
300 ppm	27.03 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Uygulamalara göre bitki boyu değerleri 24.33-27.92 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek bitki boyu değeri kitosan uygulamasının 75 ppm dozundan elde edilirken bunu sırasıyla; 300 ppm (27.03 cm) ve 150 ppm (26.95 cm) dozları izlemiştir.

Kim ve Ishii (2007), Nurzyńska-Wierdak (2006), Emrebaş (2010) ve Şahin (2019) gibi farklı araştırmacıların roka bitkisinin boyu ile ilgili çalışmaları değerlendirildiğinde, bu

değerlerin sırasıyla 23.8-28.7 cm, 17.6-30.6 cm, 21.80-23.74 cm ve 14.05-26.08 cm arasında değiştiği saptanmıştır. Bu sonuçların bulgularımızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çalışmada kitosan uygulamaları kontrol uygulaması ile kıyaslandığında bitki boyu parametresi üzerine %10.8 (150 ppm), %11.1 (300 ppm) ve %14.8 (75 ppm) oranlarında olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Bu sonuçları destekler şekilde Lian-Ju vd. (2014) buğdayda, Rahman (2015) domateste, Anusuya ve Sathiyabama (2016) zerdeçalda, Rahman vd. (2018) çilekte kitosan uygulamalarının bitki boyu değerlerini artırdığını saptamışlardır. Ayrıca Dzung vd. (2011) kitosan uygulamalarının kahve fidelerinin boylarında kontrole kıyasla %33.51 oranlarında artış sağladığını bildirmişlerdir. Tüm bu bildirişler bizim bulgularımızla paralellik arz etmektedir.

4.3. Yaprak Eni

Çalışmada roka bitkilerine farklı dozlarda kitosan uygulamalarının yaprak eni üzerine olan etkileri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde gerçekleştirilen uygulamaların $P < 0.05$ ihtimal seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Kitosan uygulamalarının rokada yaprak eni üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Yaprak Eni (cm)
Kontrol	4.56 b*
75 ppm	5.71 a
150 ppm	5.30 a
300 ppm	5.65 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Uygulamalara göre yaprak eni değerleri 4.56-5.71 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaprak eni değeri 75 ppm dozundaki kitosan uygulamasında saptanırken bunu sırasıyla; 300 ppm kitosan uygulaması ve 150 ppm kitosan uygulaması takip etmiştir. Kontrol uygulamasından ise en düşük yaprak eni değeri elde edilmiştir. Emrebaş (2010) ve Karaal (2011) rokada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarda

yaprak eni değerlerinin sırasıyla; 3.84-4.49 cm ve 4.73-5.04 cm arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Bu bildirişler çalışmamız ile örtüşür niteliktedir.

Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada kitosan uygulamaları kontrol uygulaması ile kıyaslandığında yaprak eni üzerine olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Ohta vd. (1999) lisianthus çiçeğinde, Mondal vd. (2013) mısırdan ve Rahman vd. (2018) çilekte gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında kitosan uygulamalarının yaprak enini artırdığını bildirmektedirler.

4.4. Kuru Madde

Farklı dozlarda uygulanan kitosanın rokada kuru madde içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Rokanın kuru madde içeriği üzerine uygulamaların etkinliği $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Kitosan uygulamalarının rokada kuru madde üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Kuru Madde (%)
Kontrol	7.71 b*
75 ppm	8.68 a
150 ppm	8.45 a
300 ppm	8.34 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Çalışma sonucunda uygulamalara göre Çizelge 4.4 incelendiğinde rokanın kuru madde değerlerinin %7.71-8.68 arasında değişim gösterdiğini saptanmıştır. Uygulamalar içinde en düşük değer kontrol uygulamasında (%7.71) saptanırken, en yüksek kuru madde değeri 75 ppm kitosan uygulamasından elde edilmiştir.

Farklı araştırmacılar tarafından rokada gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde kuru madde değerlerinin %7.34-7.83 (Ceylan vd., 2002), %8.2-11.0 (Nurzyńska-Wierdak, 2009) ve %7.90-10.17 (Tuncay vd., 2011) arasında değişim gösterdiğini görülmektedir. Bizim çalışmadan elde etmiş olduğumuz sonuçlar bu bildirişlerde belirtilen değerlerle uyum içindedir.

Çalışmamız sonucunda kontrol uygulamasına göre tüm kitosan uygulamalarının kuru madde içeriğini %8.2-12.6 arasında artırdığı tespit edilmiştir. Kitosan ile ilgili çalışma yapan bazı araştırmacılar kitosanın çeltikte (Boonlertnirun vd., 2008; Ahmed vd., 2012) ve bamyada (Mondal vd., 2012) kuru madde içeriğini artırdığını bildirmektedirler. Ayrıca Bistgani vd. (2017) kitosanın kuraklık stresi altında yetiştirilen kekikte stresin olumsuz etkisini azaltarak kuru madde içeriğini kontrol uygulamasına göre %15-20 oranlarında artırdığını bildirmektedirler. Tüm bu bildirişler bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

4.5. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı

Kitosan uygulamalarının rokada SÇKM üzerine olan etkileri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde uygulamaların rokada SÇKM üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmektedir ($P < 0.05$).

Çizelge 4.5. Kitosan uygulamalarının rokada SÇKM üzerine etkileri

UYGULAMALAR	SÇKM (%)
Kontrol	4.43 ^{O.D.}
75 ppm	4.88
150 ppm	4.33
300 ppm	4.17

Ö.D.: Önemli Değil

Uygulamalara göre SÇKM değerleri %4.17-4.88 arasında değişim göstermiştir. Fabri vd. (2004), Miceli vd. (2019), Moreira vd. (2019) ve Vasconcelos vd. (2011) gibi farklı araştırmacıların roka ile yaptıkları çalışmalar incelendiğinde SÇKM değerlerinin sırasıyla %3.28-3.78, %4.92-6.20, %5.2-5.8 ve %4.09-5.19 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu sonuçların çalışmamızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Kitosan uygulamalarının rokada SÇKM üzerine olan etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Elde ettiğimiz bulguları destekler şekilde El-Tantawy (2009) domateste, Abdel-Mawgoud vd. (2010) çilekte ve Ibraheim ve Mohsen (2015) kabakta gerçekleştirdikleri çalışmalarda kitosan uygulamalarının SÇKM miktarını artırdığını fakat bu artışın önemli ölçüde etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Sultana vd. (2017)

domates ve patlıcanda yaptıkları çalışmada ise kitosan uygulamalarının patlıcanda SÇKM içeriğini artırırken domateste SÇKM içeriğini azalttığını tespit etmişlerdir.

4.6. Klorofil İçeriği

Çalışmada roka bitkilerine farklı dozlarda kitosan uygulamalarının klorofil içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde gerçekleştirilen uygulamaların $P<0.05$ ihtimal seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. Kitosan uygulamalarının rokada klorofil üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Klorofil İçeriği (SPAD)
Kontrol	34.15 c *
75 ppm	36.68 a
150 ppm	36.24 a
300 ppm	34.95 b

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Uygulamalara göre klorofil SPAD değerleri 34.15-36.68 arasında değişim göstermiştir. En yüksek klorofil SPAD değeri 75 ppm dozundaki kitosan uygulamasında saptanırken bunu sırasıyla; 150 ppm kitosan uygulaması ve 300 ppm kitosan uygulaması takip etmiştir. Kontrol uygulamasında ise en düşük klorofil SPAD değeri elde edilmiştir.

Emrebaş (2010), Temel (2016), Yıldırım vd. (2019) ve Mola (2019) roka bitkisinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarda klorofil SPAD değerlerinin sırasıyla, 32.51-36.03, 30.09-34.03, 44.87-53.07 ve 22.9-37.5 arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Bu bildirişler çalışmamız ile örtüşür niteliktedir.

Yaptığımız çalışmada kitosan uygulamalarının kontrol uygulaması ile kıyaslandığında rokada klorofil miktarını olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Benzer şekilde Xu ve Mau (2018) marulda, Dzung vd. (2011) kahvede, Mondal vd. (2012) bamyada ve Malekpoor vd. (2016) fesleğende kitosan uygulamalarının klorofil içeriğini artırdığını bildirmektedirler.

4.7. Yaprak Rengi

Farklı dozlarda (0, 75, 150 ve 300 ppm) uygulanan kitosanın rokada yaprak renk değerleri üzerine olan etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kitosan uygulamalarının rokada renk değerleri üzerine etkileri

UYGULAMALAR	L	a*	b*	C*	h°
Kontrol	43.84 ^{Ö.D.}	-17.87 a*	26.40 ^{Ö.D.}	31.89 ^{Ö.D.}	124.09 b*
75 ppm	43.38	-18.71 b	25.97	32.01	125.78 a
150 ppm	43.71	-18.25 a	26.25	31.97	124.80 b
300 ppm	43.97	-17.99 a	26.34	31.90	124.33 b

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Ö.D.: Önemli Değil

Çalışmada kitosan uygulamalarının rokada L değerleri üzerine olan etkileri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde uygulamaların L değerleri üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz ($P < 0.05$) olduğu görülmektedir.

Çalışmada uygulamalara göre L değerlerinin 43.38-43.97 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Roka bitkisinde yapılan diğer çalışmalarda L değerlerinin; 37.5-49.5 (Tuncay vd., 2011), 42.68-43.98 (Öztekin vd., 2019), 37.50-44.96 (Şahin, 2019), 43.1-44.7 (Miceli vd., 2019) ve 41.1-43.4 (Caruso vd., 2020) arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Bu bildirişler bulgularımızla paralellik arz etmektedir.

Çalışmada farklı dozlardaki (0, 75, 150, 300 ppm) kitosan uygulamalarının rokada a* değerleri üzerine olan etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kitosan uygulamalarının a* değerleri üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemli bulunduğu görülmektedir.

Çalışmada a* değerleri -17.87 ile -18.71 arasında değişim göstermiştir. Roka ile ilgili diğer çalışmalar incelendiğinde a* değerlerinin; -17.55 - -18.16 (Hosseinzadeh, 2017), -12.52 - -20.61 (Şahin, 2019) ve -18.6 - -19.4 (Miceli vd., 2019) arasında değiştiği görülmektedir.

Uygulamalar içerisinde en düşük değer kontrol uygulamasında (-17.87) tespit edilirken en koyu yeşil renk 75 ppm kitosan uygulamasından (-18.71) elde edilmiştir. Bizim bulgularımızı destekler şekilde Chibu ve Shibayama (2001) kitosan uygulamaları sonucunda domates ve marul yapraklarının daha koyu yeşil renge döndüğünü saptamışlardır. Ayrıca, Qiu vd. (2013) kitosan ile kaplanan kuşkonmazın depolamada renk değişikliklerinin azaltılmasında etkili olduğunu, Fasciglione vd. (2020) ise marulda depolama sürecinde kitosan kaplamanın a^* ve C^* değerleri üzerinde olumlu etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

b^* ve C^* değerleri üzerine kitosan uygulamalarının etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Uygulamaların b^* ve C^* değerleri üzerine olan etkilerinin istatistiki anlamda önemsiz ($P<0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde uygulamalara göre b^* değerlerinin 25.97- 26.40 arasında, C^* değerlerinin ise 31.89-32.01 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Benzer bulgular Öztekin vd. (2019) (b^* : 24.91-26.77, C^* : 30.01-32.13), Şahin (2019) (b^* : 20.15-33.32, C^* : 24.40-39.05) ve Miceli vd. (2019) (b^* : 24.3-26.2, C^* : 30.6-32.6) tarafından roka bitkisinde yapılan diğer çalışmalarda tespit edilmiştir.

Çalışmada kitosan uygulamalarının rokada h° değeri üzerine olan etkileri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde uygulamaların h° değeri üzerine olan etkilerinin $P<0.05$ ihtimal seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çalışmada 124.09-125.78 arasında değişen h° değerlerinin Şahin (2019) (h° : 121.28-125.06), Karaal (2011) (h° : 71.88-150.34) ve Tuncay vd. (2011) (h° : 123.6-146.5) tarafından rokada gerçekleştirilen çalışmalar ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

Rokada yapmış olduğumuz bu çalışmada kontrol uygulamasında h° değeri 124.09 seviyesinde tespit edilirken; 75 ppm kitosan uygulamasına baktığımızda h° değerinin artarak 125.78 seviyesine yükseldiği saptanmıştır. Kitosan uygulamasının h° değeri üzerindeki bu olumlu etkisi Chookhongkha vd. (2012) tarafından da biber yapraklarında tespit edilmiştir.

4.8. Toplam Fenolik Madde İçeriği

Farklı dozlarda uygulanan kitosanın rokada toplam fenolik madde içeriği üzerine olan etkileri izelge 4.8’de verilmiştir. Rokanın toplam fenolik madde içeriği üzerine uygulamaların etkinliği $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Kitosan uygulamalarının rokada toplam fenolik içeriği üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Toplam fenolik (mg/100 g)
Kontrol	104.67 c *
75 ppm	112.47 b
150 ppm	114.09 b
300 ppm	180.84 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Çizelge 4.8 incelendiğinde uygulamalara göre toplam fenolik madde değerlerinin 104.67-180.84 mg/100 g arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamalar içerisinde en düşük değer kontrol uygulamasında (104.67 mg/100 g) saptanırken, en yüksek toplam fenolik madde içeriği 300 ppm kitosan uygulamasından (180.84 mg/100 g) elde edilmiştir.

Roka ile yapılmış farklı çalışmalarda toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde, bu değerlerin 64.76-276.92 mg/100 g (Hamilton, 2009) ve 133-265 mg/100 g (Hanafy Ahmed vd., 2000) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular bizim değerlerimizle örtüşmektedir.

Malerba ve Cerena (2016), elisitrlerin bitkilerde savunma veya stres kaynaklı tepkileri uyararak ikincil metabolit üretimini artırdıklarını bildirmişlerdir. Kitosanın bitki hücre ve doku kültürlerinde sekonder metabolitlerin üretiminde abiyotik elisitör (uyarıcı) olarak kullanıldığını, bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere karşı savunma yanıtlarını artırarak sinyal yollarındaki bazı genleri aktive ederek fenolik bileşikler ve protein miktarlarını artırdığını bildirilmiştir (Kurtuluş ve Vardar, 2020). Bu bildirişler çalışmamızdaki kontrol grubuna göre fenolik madde içeriğinde meydana gelen %7.5 (75 ppm uygulaması), %9.0 (150 ppm uygulaması) ve %72.8 (300 ppm uygulaması) düzeyindeki toplam fenolik madde artışını açıklamaktadır. Nitekim farklı araştırıcılar

tarafından yapılan çalışmalarda kitosan uygulamalarının tatlı fesleğen (Kim vd., 2005), ayçiçeği (Cho vd., 2008), patlıcan (Mandal, 2010) ve sarı kantaronda (Brasili vd., 2014) fenolik madde içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca kitosan uygulamalarının çayda (Srisornkompon vd., 2014) kontrol grubuna göre fenolik madde içeriğini %9'a kadar artırdığı bildirilmiştir.

4.9. Vitamin C İçeriği

Kitosan uygulamalarının rokada vitamin C içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde uygulamaların rokanın vitamin C içeriği üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Kitosan uygulamalarının rokada vitamin C içeriği üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Vitamin C (mg/100 g)
Kontrol	143.51 a*
75 ppm	139.79 a
150 ppm	127.96 b
300 ppm	126.63 b

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Uygulamalara göre vitamin C değerleri 126.63- 143.51 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek vitamin C içeriği kontrol uygulamasında (143.51 mg/100 g) tespit edilirken, en düşük vitamin C içeriği ise 300 ppm uygulamasından (126.63 mg/100 g) elde edilmiştir.

Araştırmada elde edilen vitamin C değerleri roka ile yapılan önceki çalışmalarda tespit edilen 94.3-192.4 mg/100 g (Nurzyńska-Wierdak, 2006), 81-254 mg/100 g (Tuncay vd., 2011) ve 8-180 mg/100 g (Duyar ve Kılıç, 2016) değer aralıkları ile uyum içerisindedir.

Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada roka bitkilerine kitosan uygulamalarının kontrol bitkilerle kıyaslandıklarında vitamin C değerlerini azalttıkları saptanmıştır. Benzer durum Sultana vd. (2017) tarafından bildirilmiştir. Domates ve patlıcanda gerçekleştirmiş oldukları çalışmada kitosan dozlarının artması ile vitamin C içeriğinde

düşüşlerin meydana geldiğini bildirmektedirler. Ayrıca Zoldners vd. (2005) kitosan varlığının askorbik asit oksidasyonunu önemli ölçüde hızlandığını ve bu etkinin kitosan/askorbik asit oranına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.10. Nitrat Birikimi

Çalışmada roka bitkilerine farklı dozlarda kitosan uygulamalarının nitrat içeriği üzerine olan etkileri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde gerçekleştirilen uygulamaların $P<0.05$ ihtimal seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10. Kitosan uygulamalarının rokada nitrat birikimi üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) (mg/kg)
Kontrol	2463.6 a*
75 ppm	2238.0 c
150 ppm	2355.9 b
300 ppm	2337.9 b

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Uygulamalara göre nitrat değerleri 2238.0-2463.6 mg/kg arasında değişim gösterirken en yüksek nitrat içeriği kontrol uygulamasında saptanmıştır. Bunu sırasıyla; 150 ppm kitosan uygulaması (2355.9 mg/kg) ve 300 ppm kitosan uygulaması (2337.9 mg/kg) takip etmiştir. 75 ppm kitosan uygulamasında ise en düşük nitrat değeri elde edilmiştir.

Gıdalarda yüksek dozlarda nitrat ve nitrit bulunması insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Özdestan ve Üren, 2010). Gıdalardaki nitratlar nitrite indirgenebilir. Nitritin methemoglobinemiye neden olduğu ve ikincil ve üçüncül aminlerle birlikte kanserojen nitrosoaminler ürettiği bilinmektedir (Öztekin vd., 2002). Nitratın toksit etkili limitleri kaynak ve ülkelere göre değişmektedir. Santamaria (2006) bu limitlerin roka için 2500-4000 mg/kg arasında değişim gösterdiğini bildirmektedir.

Uludağ (2017), Mola vd. (2019), Miceli vd. (2019), Öztekin vd. (2019) ve Candido vd. (2020) gibi farklı araştırmacıların rokada nitrat içeriği ile ilgili çalışmaları incelendiğinde, bu değerlerin sırasıyla 2782.4-4106.3 mg/kg, 1049.3-4417.4 mg/kg,

2069.9-2714.9 mg/kg, 2825.3-3947.8 mg/kg ve 2764.8-4942.0 mg/kg arasında değişim gösterdikleri görülmektedir. Bu bildirilerin bulgularımız ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Yaptığımız çalışmada kitosan uygulamalarının kontrol uygulaması ile kıyaslandıklarında nitrat içeriğini sırasıyla %4.4 (150 ppm kitosan uygulaması), %5.1 (300 ppm kitosan uygulaması) ve %9.2 (75 ppm kitosan uygulaması) oranlarında azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara benzer şekilde Chung vd. (2001) marulda kitosan uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla nitrat redüktaz aktivitesini artırarak nitrat içeriğini %14-18 oranlarında azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Mondal vd. (2011; 2012; 2016) ıspanakta, bamyada ve domateste kitosan uygulamalarının benzer şekilde nitrat redüktaz aktivitesini artırdığını bildirmektedirler.

4.11. Antiradikal Aktivite

Farklı dozlarda uygulanan kitosanın rokada antiradikal aktivite üzerine olan etkileri  izelge 4.11’de verilmiştir. Rokada antiradikal aktivite üzerine uygulamaların etkinliği $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Kitosan uygulamalarının rokada antiradikal aktivite üzerine etkileri

UYGULAMALAR	% inhibisyon (DPPH)
Kontrol	63.77 b*
75 ppm	68.79 a
150 ppm	70.21 a
300 ppm	71.87 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Çizelge 4.11 incelendiğinde rokanın antiradikal aktivite değerlerinin %63.77-71.87 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamalar içinde en düşük değer kontrol uygulamasında (%63.77) saptanırken, en yüksek değer 300 ppm kitosan uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmada kontrol uygulaması ile kıyaslandığında kitosan uygulamalarının antiradikal aktiviteyi %12.7 (300 ppm uygulaması) oranında artırdığını tespit edilmiştir. Bu

sonuçları destekler şekilde Viacava ve Roura (2015) marul filizlerinde, Singh (2016) ıspanakta, Vosoughi vd. (2018) adaçayında, Rahman vd. (2018) çilekte ve Hernández-Hernández vd. (2018) domatestte kitosan uygulamalarının antioksidan aktiviteyi önemli ölçülerde artırdığını bildirmektedirler.

4.12. Besin Elementi

4.12.1. Makro besin elementleri

Kitosan uygulamalarının rokada makro besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg) üzerine olan etkileri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Çizelge 4.12 incelendiğinde kitosan uygulamalarının N ve K miktarları üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemsiz ($P<0.05$) olduğu; P, Ca ve Mg miktarları üzerine olan etkilerinin ise $P<0.05$ seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. Kitosan uygulamalarının makro besin elementleri üzerine etkileri

UYGULAMALAR	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Kontrol	4.73 ^{Ö.D.}	0.44 b*	5.39 ^{Ö.D.}	3.37 c*	0.25 b*
75 ppm	4.86	0.52 a	5.64	4.57 b	0.27 a
150 ppm	4.27	0.49 a	5.63	5.55 a	0.28 a
300 ppm	4.44	0.50 a	5.54	4.56 a	0.29 a

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Ö.D.: Önemli Değil

Çalışma sonucunda uygulamalara göre N, P, K, Ca ve Mg değerlerinin sırasıyla; %4.27-4.86, %0.44-0.52, %5.39-5.64, %3.37-5.55 ve %0.25-0.29 arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Uygulamalara göre en yüksek P değeri 75 ppm kitosan uygulamasında, en yüksek Ca değeri 150 ppm kitosan uygulamasında ve en yüksek Mg değeri ise 300 ppm kitosan uygulamasında elde edilirken; en düşük P, Ca ve Mg değerleri ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir.

Roka ile ilgili yapılan farklı çalışmalar sonucunda yapraklardaki N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin farklı araştırmacılar tarafından sırasıyla; %3.68-5.66 (Uludağ, 2017), %0.20-0.72 (Öztekin vd., 2019), %2.89-7.16, %2.86-6.46 (Villatoro-Pulido vd., 2012) ve %0.19-0.54 (Yağmur vd., 2020) değerleri arasında değişim gösterdiği bildirilmektedir.

Çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının genel olarak makro besin elementleri üzerinde artırıcı bir etkisi olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçları destekler şekilde kitosan uygulamalarının bürölcede (El-Tanahy vd., 2012), fasulyede (Abu-Muriefah, 2013), çilekte (El-Miniawy vd., 2013) ve kuru fasulyede (İbrahim ve Ramadan, 2015) N, P, K içeriklerini artırdığı tespit edilmiştir. Dzung vd. (2011) kahvede gerçekleştirmiş oldukları çalışmada kitosan uygulamalarının N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinde artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca El Amerany vd. (2020) kitosan uygulamalarının domateste K ve P içeriklerinin artışlarında önemli bir farklılık olmadığını, buna karşılık N, Ca ve Mg içeriklerinde sırasıyla %29, %157 ve %138 oranlarında artışların meydana geldiğini bildirmişlerdir.

4.12.2. Mikro besin elementleri

Farklı dozlarda (0, 75, 150, 300 ppm) uygulanan kitosanın rokada mikro besin elementleri üzerine etkileri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Uygulamaların Cu ve Fe değerleri üzerine etkileri $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Kitosan uygulamalarının mikro besin elementleri üzerine etkileri

UYGULAMALAR	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Kontrol	17.0 a*	34.8 Ö.D.	262 b*	39.7 Ö.D.
75 ppm	9.0 b	35.0	327 a	37.0
150 ppm	8.0 b	35.9	296 ab	39.0
300 ppm	11.0 b	39.8	336 a	41.0

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Ö.D.: Önemli Değil

Çizelge 4.13 incelendiğinde uygulamalara göre Cu değerlerinin 8.0-17.0 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir. Uygulamalar içerisinde, en yüksek Cu değeri kontrol uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla; 300 ppm kitosan uygulaması, 75 ppm kitosan uygulaması ve 150 ppm kitosan uygulaması takip etmiştir. Bu bulgulara benzer şekilde rokada yapılmış diğer çalışmalarda Cu değerlerinin 4.4-7.1 mg/kg (Yörük vd., 2018) ve 17.0-22.0 mg/kg (Caruso vd., 2020) arasında değişim gösterdiği bildirilmektedir.

Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada kitosan uygulamalarının kontrol uygulaması ile kıyaslandıklarında Cu değerlerini azalttıkları saptanmıştır. Benzer durum İbraheim ve

Mohsen (2015) tarafından kabak meyvelerinde belirlenmiştir. Ayrıca El Amerany vd. (2020) domateste kitosan uygulamalarının yapraklardaki Cu içeriği üzerine etkisinin önemli olmadığını bildirmektedirler.

Çalışmada uygulamalara göre Mn değerlerinin 34.8 mg/kg ile 39.8 mg/kg arasında değiştikleri belirlenmiştir. Roka ile ilgili Yörük vd. (2018) tarafından yürütülen çalışma incelendiğinde Mn değerlerinin 26.8-42.9 mg/kg arasında değiştiği ve bizim değerlerimizle örtüştüğü görülmektedir.

Çalışmada kitosan uygulamalarının Mn değeri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmasına karşılık, kitosan dozlarının artması ile birlikte Mn değerlerinin de arttığı görülmektedir. Benzer durum Chung vd. (2001) tarafından marulda tespit edilmiştir.

Çalışmada Fe değerleri 262-336 mg/kg arasında değişim gösterirken; en yüksek değer 300 ppm kitosan uygulamasından, en düşük değer ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde rokada Fe değerlerinin 183.30-776.90 mg/kg (Barlas vd., 2011) ve 147.5-319.9 (Yağmur vd., 2020) arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuçlar bulgularımızla paralellik arz etmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda kitosan uygulamalarının kontrol uygulaması ile kıyaslandıklarında Fe değerlerini artırdıkları görülmüştür. Bizim bulgularımızı destekler şekilde El Amerany vd. (2020) domateste kitosan uygulamalarının yapraklardaki Fe değerlerini artırdığını bildirmektedirler.

Çizelge 4.13 incelendiğinde Zn değerlerinin 37.0 mg/kg ile 41.0 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir. Bozokalfa vd. (2011) ve Caruso vd. (2020)'nin roka ile yaptıkları farklı çalışmalar incelendiğinde sırasıyla Zn değerlerinin 40.5-48.2 mg/kg ile 38-45 mg/kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Tüm bu bildirişler bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan dünya nüfusunun sağlıklı bir şekilde beslenmesini sağlamanın en önde gelen yollarından birisi birim alandan elde edilen verim miktarının artırılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan birim alandan elde edilen verim miktarı artırılırken üretilen ürünlerin kalitesinin de yükseltilmesi önem kazanmaktadır. Özellikle bilinçli tüketicilerin artması ve tüketilen gıdaların içeriklerinin insan sağlığı üzerine olan etkilerinin ortaya konulması gıdaların kalite yönünden de değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla günümüzde yürütülen birçok bilimsel çalışmada verim ve kalite kriterlerinin artırılması en önemli hedeflerin başında gelmektedir. Yürütülen bu çalışmada da rokada verim ve kalite özellikleri üzerine farklı dozlarda kitosan uygulamasının (0, 75, 150 ve 300 ppm) etkilerini ortaya koymak hedeflenmiştir.

Çalışma sonucunda rokada verim değerlerinin 1559.3-1913.9 g/m² arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre 75 ppm ve 150 ppm kitosan uygulamaları sırasıyla verim değerlerini %13.2 ve %2.6 oranında artırmışlardır.

Çalışma sonucunda kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında tüm kitosan uygulama dozlarının bitki boyu, yaprak eni, klorofil içeriği, h[°] ve kuru madde miktarını artırdığı; en yüksek değerlere ise 75 ppm kitosan uygulamasından ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında 75 ppm kitosan uygulamasının bitki boyu, yaprak eni, klorofil içeriği, h[°] ve kuru madde değerlerinin sırasıyla; %14.8, %25.2, %7.4, %1.4 ve %12.6 oranlarında artırdığı saptanmıştır.

Çalışmada kontrol uygulaması ile kıyaslandığında tüm kitosan uygulama dozlarının toplam fenolik miktarını artırdığı tespit edilirken; en yüksek artışın %72.8 oranı ile 300 ppm kitosan uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Uygulamalara göre antiradikal aktivite değerleri incelendiğinde ise kontrol uygulamasına göre 300 ppm uygulamasının antiradikal aktivite miktarında %12.7 oranında artış sağladığı saptanmıştır. Çalışmada roka yapraklarında nitrat birikimini kontrol uygulamasına göre tüm kitosan dozlarının düşürdüğü ve en düşük değerin 75 ppm kitosan dozundan (2238.0 mg/kg) elde edildiği görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda uygulamaların SÇKM üzerinde istatistiki anlamda önemli bir etkiye sahip olmadığı ve vitamin C içeriğinin en yüksek değerlerine kontrol uygulamasından ulaşıldığı saptanmıştır.

Çalışmada farklı dozlarda kitosan uygulamalarının yapraklardaki N, K, Mn ve Zn üzerine etkilerinin önemli olmadığı saptanmıştır. Çalışmada ayrıca kontrol uygulaması ile kıyaslandığında tüm kitosan uygulama dozlarının yapraklardaki P, Ca, Mg ve Fe miktarını artırıcı bir rol oynadıkları tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen sonuçlar birlikte değerlendirildiklerinde roka yetiştiriciliğinde kitosan uygulamalarının verim ve kalite kriterleri üzerine etkilerinin genel anlamda olumlu olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada verim, bitki boyu, yaprak eni, kuru madde, klorofil, h^o, nitrat birikimi ve P parametreleri bakımından ön plana çıkan 75 ppm kitosan dozunun roka yetiştiriciliğinde tavsiye edilebilir doz olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abak, K., Düzyaman, E., Şeniz, D., Gülen, H., Pekşen, A. & Kaymak, H.Ç. (2010). *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1-2, Ankara.
- Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantawy, A.S., El-Nemr, M.A. & Sassine, Y.N. (2010). Growth and Yield Responses of Strawberry Plants to Chitosan Application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1), 170-177.
- Abu-Muriefah, S.S. (2013). Effect of Chitosan on Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Grown Under Water Stress Conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(6), 192-199.
- Acemi, A. (2018). *Kitosan ile Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerin Serapias Vomeracea'nın In Vitro Fizyolojisi Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması*. (Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ahmed, R., Hossain, M.E., Ullah, M.A., Gazi, A.R. & Rahman, M.Z. (2012). *Effect of Chitosan on Growth and Yield of Rice cv. BRRI dhan29*. (Doctoral dissertation, Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture)
- Anonim, (2021a). Araştırmanın Gerçekleştirildiği Sav Beldesinin Konumu. <https://www.haritatr.com/harita/Sav/82523> (Son erişim tarihi: 03.03.2021)
- Anonim, (2021b). Isparta İlinin Coğrafi Özellikleri. <https://isparta.ktb.gov.tr/TR-71025/iklim.html> (Son erişim tarihi: 03.03.2021)
- Anusuya, S. & Sathiyabama, M. (2016). Effect of Chitosan on Growth, Yield and Curcumin Content in Turmeric Under Field Condition. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 102-106.
- Bal, A. (2019). *Yapraktan Uygulanan Kitosan, Demiroksit ve Kitosan-Demiroksit Kompleksi Naopartiküllerinin Hypericum triquetrifolium Turra'nın Sekonder Metabolitleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E. & Wilson, C.L. (2003). Effects of Chitosan and Plant Extracts on Growth of Colletotrichum Gloeosporioides, Anthracnose Levels and Quality of Papaya Fruit. *Crop Protection*, 22(9), 1087-1092.
- Bayram, S.E. & Elmacı, Ö.L. (2013). Gübrelemenin Meyve ve Sebzelerin Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 25-31.
- Barlas, N.T., Irget, M.E., & Tepecik, M. (2011). Mineral Content of the Rocket Plant (*Eruca sativa*). *African Journal of Biotechnology*, 10(64), 14080-14082.
- Bistgani, Z.E., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A.G. & Hashemi, M. (2017). Interactive Effects of Drought Stress and Chitosan Application on

Physiological Characteristics and Essential Oil Yield of *Thymus daenensis* Celak. *The Crop Journal*, 5(5), 407-415.

Boonlertnirun, S., Boonraung, C. & Suvanasara, R. (2008). Application of Chitosan in Rice Production. *Journal of Metals. Materials and Minerals*, 18(2), 47-52.

Borazan, S. (2019). *Sıcak Su ve Kitosan Uygulamalarının 'Ortanique Tangor' Çeşidinin Soğukta Muhafazası Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Bostan. K., Aldemir, T. & Aydın, A. (2007). Kitosan ve Antimikrobiyal Aktivitesi. *Türk Mikrobiyol Cemiyeti Dergisi*, 37(2), 118-127.

Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D., İlbi, H., Kavak, S. & Aşçıoğlu, T.K. (2011). Evaluation of Phenotypic Diversity and Geographical Variation of Cultivated (*Eruca sativa* L.) and Wild (*Diplotaxis tenuifolia* L.) Rocket Plant. *Plant Genetic Resources*, 9(3), 454-463.

Brasili, E., Pratico, G., Marini, F., Valletta, A., Capuani, G., Sciubba, F., Miccheli, A. & Pasqua, G. (2014). A Non-Targeted Metabolomics Approach to Evaluate the Effects of Biomass Growth and Chitosan Elicitation on Primary and Secondary Metabolism of Hypericum Perforatum In Vitro Roots. *Metabolomics*, 10(6), 1186-1196.

Candido, V., Boari, F., Cantore, V., Castronuovo, D., Di Venere, D., Perniola, M., Sergio, L., Viggiani, R. & Schiattone, M.I. (2020). Interactive Effect of Nitrogen and Azoxystrobin on Yield, Quality, Nitrogen and Water Use Efficiency of Wild Rocket in Southern Italy. *Agronomy*, 10(6), 849.

Caruso, G., Formisano, L., Cozzolino, E., Pannico, A., El-Nakhel, C., Roupheal, Y., Tallarita, A., Cenvinzo, V. & De Pascale, S. (2020). Shading Affects Yield, Elemental Composition and Antioxidants of Perennial Wall Rocket Crops Grown from Spring to Summer in Southern Italy. *Plants*, 9(8), 933.

Cataldo, D.A., Maroon, M., Schrader, L.E. & Youngs, V.L. (1975). Rapid Colorimetric Determination Of Nitrate In Plant Tissue By Nitration Of Salicylic Acid, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6(1), 71-80. Doi: 10.1080/00103627509366547

Cemeroğlu, B. (2013). *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Biltav Yayınları, 381s. Ankara.

Ceylan, S., Mordogan, N., Cakici, H. & Yoldas, F. (2002). Effects of Different Nitrogen Levels on the Yield and Nitrogen Accumulation in the Rocket. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(4), 482-483.

Chen, R.H. & Tsaih, R.H. (1998). Effect of Temperature on the Intrinsic Viscosity and Conformation of Chitosans in Dilute HCl Solution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23, 135-141.

- Chibu, H. & Shibayama, H. (2001). Effects of chitosan applications on the growth of several crops. *Chitin and Chitosan in Life Science, Yamaguchi*, 235–239.
- Cho, M.H., No, H.K. & Prinyawiwatukul, W. (2008). Chitosan Treatments Affect Growth and Selected Quality of Sunflower Sprouts. *Journal of Food Science*, 73(1), 70-S77.
- Chookhongkha, N., Miyagawa, S., Jirakiattikul, Y. & Photchanachai, S. (2012). Chili Growth and Seed Productivity as Affected by Chitosan. *International Conference on Agriculture Technology And Food Sciences*, 17-18.
- Coseteng, M.Y. & Lee, C.Y. (1987). Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, 52(4), 985-989. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb14257.x>
- Chung, J.B., Park, S.G. & Park, S. (2001). Suppression of Nitrate Accumulation in Lettuce by Application of Mg and Micronutrients. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 20(5), 340-345.
- Çarıkçı, H.D. (2015). *Deniz Kabukluları Atığından Ultrasonik Reaktörde Kitosan Üretimi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çataldaş, E. (2018). *Kitosan'ın Aşılınması ve Bazı Metal İyonlarını Tutma Özellikleri*. (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çınar, S. (2019). *Kirazda Hasat Sonrası Kitosan ve Aloe Vera Uygulamalarının Soğuk Depo ve Raf Ömrü Süresince Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dağhan, H. (2017). Nano Gübreler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 197-203.
- Delibacak, S., Eşiyok, D., Okur, B., Yağmur, B. & Gevrek, M.N. (2006). Farklı Azolla (*Azolla mexicana*) Düzeylerinin Kimi Toprak Özellikleri ve Roka (*Eruca sativa*) Verimi Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(2), 97-108.
- Demetgül, C. (2008). *Katı Desteğe Tutturulmuş Oksim Bileşiklerinin ve Metal Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Demir, H. (2007). *Yaprağı Yeneni Sebzeler*. Hasad Yayıncılık, 95-104.
- Dorman, H.J.D., Peltoketo, A., Hiltunen, R. & Tikkanen, M.J. (2003). Characterisation of The Antioxidant Properties of De-Odourised Aqueous Extracts from Selected Lamiaceae Herbs. *Food Chemistry*, 83(2), 255–62.
- Duyar, H. & Kılıç, C.C. (2016). A Research on Production of Rocket and Parsley in Floating System. *Journal of Agricultural Science*, 8(7), 54-60.

- Dzung, N.A., Khanh, V.T.P. & Dzung, T.T. (2011). Research on Impact of Chitosan Oligomers on Biophysical Characteristics, Growth, Development and Drought Resistance of Coffee. *Carbohydrate Polymers*, 84(2), 751-755.
- El Amerany, F., Rhazi, M., Wahbi, S., Taourirte, M. & Meddich, A. (2020). The Effect of Chitosan, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, and Compost Applied Individually or in Combination on Growth, Nutrient Uptake, and Stem Anatomy of Tomato. *Scientia Horticulturae*, 261, 109015.
- El-Miniawy, S.M., Ragab, M.E., Youssef, S.M. & Metwally, A.A. (2013). Response of Strawberry Plants to Foliar Spraying of Chitosan. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 9(6), 366-372.
- El-Tanahy, A.M.M., Mahmoud, A.R., Abde-Muty, M.M. & Ali, A.H. (2012). Effect of Chitosan Doses and Nitrogen Sources on the Growth, Yield and Seed Quality of Cowpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(4), 115-121.
- El-Tantawy, E.M. (2009). Behavior of Tomato Plants as Affected by Spraying With Chitosan and Aminofort as Natural Stimulator Substances Under Application of Soil Organic Amendments. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(17), 1164-1173.
- Emrebaş, N. (2010). *Topraksız Ortamda Roka ve Tere Yetiştiriciliğinde Mikrobiyal Gübre Gübre (Trichoderma Harzianum, Kuen 1585) Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Verimi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Fabri, E.G., Sala, F.C., Fabrício, F., Rondino, E., Minami, K., Costa, C. & Jacomino, A. (2004). Avaliação da Qualidade Variedades de Rúcula. *Horticultura Brasileira*, 22(2).
- Farouk, S., Mosa, A.A., Taha, A.A., Ibrahim, H.M. & El-Gahmery, A.M. (2011). Protective Effect of Humic Acid and Chitosan on Radish (*Raphanus sativus* L.) Plants Subjected to Cadmium Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(2), 99-116.
- Fasciglione, G., Goñi, M.G., Yommi, A.K., Perez-Bravo, J.J., Ortueta, R., Scampini, A., Buffa, L., Andreu, A.A. & Creus, C.M. (2020). Revaluation of Waste From Fishing Industry Through Generation of Chitosan Coatings to Improve Quality and Extend Shelf-Life of Minimally Processed Lettuce. *Postharvest Biology And Technology*, 170, 111310.
- Garg, G. & Sharma, V. (2014). *Eruca sativa* (L.): Botanical Description, Crop Improvement, and Medicinal Properties. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 20(2), 171-182. Doi: 10.1080/10496475.2013.848254.
- Gornik, K., Grzesik, M. & Romanowska-Duda, B. (2008). The Effect of Chitosan on Rooting of Grapevine Cuttings and on Subsequent Plant Growth Under

- Drought and Temperature Stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, (16), 333-343.
- Guang, W.Y. (2002). *The Effect of Chitosan and Its Derivatives on the Dyeability of Silk*. (Ph.D. Thesis, Hong Kong Polytechnic University)
- Ha, S., Vankova, R., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. & Tran, L.S.P. (2012). Cytokinins: Metabolism and Function in Plant Adaptation to Environmental Stresses. *Trends in Plant Science*, 17(3), 172-179.
- Hanafy Ahmed, A.H., Khalil, M.K. & Farrag, A.M. (2000). Nitrate Accumulation, Growth, Yield and Chemical Composition of Rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) Plant as Affected by NPK Fertilization, Kinetin and Salicylic Acid. *Annals of Agricultural Science-Cairo*, 47(1), 1-26.
- Hadwiger, L.A. (2013). Multiple Effects of Chitosan on Plant Systems: Solid Science or Hype. *Plant Science*, 208, 42-49.
- Hamilton, J.M. (2009). *Arugula Crop Production in Arid and Semi-Arid Regions: Nutritional Value, Postharvest Quality, and Sustainability in Controlled Environments*. (Doctoral Dissertation, The University of Arizona)
- Hernández-Hernández, H., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortiz, H., Cadenas-Pliego, G. & Juárez-Maldonado, A. (2018). Effects of Chitosan–PVA and Cu Nanoparticles on The Growth and Antioxidant Capacity of Tomato Under Saline Stress. *Molecules*, 23(1), 178.
- Hosseinzadeh, J. (2017). *Rokanın Mikrobiyal Yükünün Azaltılmasında Sodyum Hipoklorid, Elektrolize Yükseltgen Suyun (Eys) ve Hidrojen Peroksitin Kullanımı ve Bu Uygulamaların Ürün Kalitesine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ibraheim, S.K.A. & Mohsen, A.A.M. (2015). Effect of Chitosan and Nitrogen Rates on Growth and Productivity of Summer Squash Plants. *Middle East J*, 4(4), 673-681.
- Ibrahim, E.A. & Ramadan, W.A. (2015). Effect of Zinc Foliar Spray Alone and Combined with Humic Acid or/and Chitosan on Growth, Nutrient Elements Content and Yield of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Sown at Different Dates. *Scientia Horticulturae*, 184, 101-105.
- Jiao, Z., Li, Y., Li, J., Xu, X., Li, H., Lu, D. & Wang, J. (2012). Effects of Exogenous Chitosan on Physiological Characteristics of Potato Seedlings Under Drought Stress and Rehydration. *Potato Research*, 55(3-4), 293-301.
- Kacar, B. (2014). *Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri: 2, Kolay Uygulanabilir Bitki Analizler*. Nobel Akademik Yayıncılık, 402. Ankara.

- Karaal, G. (2011). *Organik Gübre Katkılı Fındık Zurufu Kompostunda Roka (Eruca Sativa L.) ve Tere (Lepidium sativum L.) Yetiştiriciliği*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kaur, S. & Dhillon, G.S. (2013). The Versatile Biopolymer Chitosan: Potential Sources, Evaluation of Extraction Methods and Applications. *Critical Reviews in Microbiology*, 40(2), 155-175. Doi: 10.3109/1040841X.2013.770385.
- Kayapa, F. (2018). *Kitosan Schiff Bazı Türevleri ve Kompleksleri: Sentezi, Karakterizasyonu, Antimikrobiyal Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kesimci, E. (2013). *Sera Koşullarında Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakterlerin Marulda Verim, Verim Unsurları ve Besin Elementi İçeriklerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kibar, H.F. (2019). *Domateste Hasat Sonrası Kitosan Uygulamalarının Soğuk Depo ve Raf Ömrü Süresince Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kim, H.J., Chen, F., Wang, X. & Rajapakse, N.C. (2005). Effect of Chitosan on The Biological Properties of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3696-3701.
- Kim, S.J. & Ishii, G. (2007). Effect of Storage Temperature and Duration on Glucosinolate, Total Vitamin C and Nitrate Contents in Rocket Salad (*Eruca sativa* Mill.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 966-973.
- Koçer, İ. (2015). *Farklı Yöntemlerle Kitosan Eldesi ve Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kul, R. (2014). *Balık Gübresi, Mineral Gübre ve Kombinasyonlarının Marulda (Lactuca sativa L.) Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kurtuluş, G. & Vardar, F. (2020). Kitosanın Özellikleri, Uygulama Alanları, Bitki Sistemlerine Etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 258-269.
- Kurtuluş, G. (2019). *Buğday (Triticum aestivum L.)'da Alüminyum Toksisitesine Karşı Kitosan Uygulamasının Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Lian-ju, M., Yueying, L., Lanlan, W., Xuemei, L., Ting, L. & Ning, B. (2014). Germination and Physiological Response of Wheat (*Triticum aestivum*) to Pre-Soaking with Oligochitosan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(4), 766-770.
- Malekpoor, F., Pirbalouti, A.G. & Salimi, A. (2016). Effect of Foliar Application of Chitosan on Morphological and Physiological Characteristics of Basil Under

Reduced Irrigation. *Research on Crops*, 17(2), 354-359. Doi:10.5958/2348-7542.2016.00060.7.

Malerba, M. & Cerena, R. (2016). Chitosan Effects on Plant Systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 996. Doi:10.3390/ijms17070996

Mandal, S. (2010). Induction of Phenolics, Lignin and Key Defense Enzymes in Eggplant (*Solanum melongena* L.) Roots in Response to Elicitors. *African Journal of Biotechnology*, 9(47), 8038-8047.

McGuire, R.G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.

Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L. & Vetrano, F. (2019). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. *Agronomy*, 9(7), 382.

Mola, I., Ottaiano, L., Cozzolino, E., Senatore, M., Giordano, M., El-Nakhel, C., Sacco, A., Rouphael, Y., Colla, G. & Mori, M. (2019). Plant-Based Biostimulants Influence the Agronomical, Physiological, and Qualitative Responses of Baby Rocket Leaves Under Diverse Nitrogen Conditions. *Plants*, 8(11), 522.

Mondal, M.M.A., Rana, I.K., Dafader, N.C. & Haque, M.E. (2011). Effect of Foliar Application of Chitosan on Growth and Yield in Indian Spinach. *J. Agrofor. Environ*, 5(1), 99-102.

Mondal, M.M.A., Malek, M.A., Puteh, A.B., Ismail, M.R., Ashrafuzzaman, M. & Naher, L. (2012). Effect of Foliar Application of Chitosan on Growth and Yield in Okra. *Australian Journal of Crop Science*, 685, 918-921.

Mondal, M.M.A., Puteh, A.B., Dafader, N.C., Rafii, M.Y. & Malek, M.A. (2013). Foliar Application of Chitosan Improves Growth and Yield in Maize. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 520-523.

Mondal, M., Puteh, A.B. & Dafader, N.C. (2016). Foliar Application of Chitosan Improved Morphophysiological Attributes And Yield in Summer Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(2).

Monirul, I., Humayun, K., Mamun, A.N.K. & Pronabananda, D. (2018). Studies on Yield and Yield Attributes in Tomato and Chilli Using Foliar Application of Oligo-Chitosan. *GSC Biological And Pharmaceutical Sciences*, 03(03), 020-028.

Moreira, E.G.S., Basilio, S.A., Milan, M.D., Arruda, N. & Benett, K.S.S. (2019). Hydrocooling Efficiency on Postharvest Conservation and Quality of Arugula. *Journal of Neotropical Agriculture*, 6(4), 36-41.

- Muzzarelli, R.A.A. (1997). Human Enzymatic Activities Related to the Therapeutic Administration of Chitin Derivatives. *Cell Molecular and Life Science*, 53(1), 131-140.
- Nurzyńska-Wierdak, R. (2006). The Effect of Nitrogen Fertilization on Yield and Chemical Composition of Garden Rocket (*Eruca sativa* Mill.) in Autumn Cultivation. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 5(1), 53-63.
- Nurzyńska-Wierdak, R. (2009). Growth and yield of garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) affected by nitrogen and potassium fertilization. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 8(4), 23-33.
- Nurzyńska-Wierdak, R. (2015). Nutritional and Energetic Value of *Eruca sativa* Mill. Leaves. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 14(4), 191-199.
- Obsuwan, K., Sawangsri, K. & Uthairatanakij, A. (2010). *Influence of Foliar Chitosan Sprays on Growth of Mokara And Phalaenopsis Seedlings*. In I International Orchid Symposium. January, 878, 295-301.
- Ohta, K., Taniguchi, A., Konishi, N. & Hosoki, T. (1999). Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. *HortScience*, 34(2), 233-234.
- Özdemir, B. (2014a). *Kitosan Uygulamasının In Vivo ve In Vitro Olarak Yetiştirilen Mentha spicata L. ve Mentha arvensis L. Türlerinde Antioksidant Enzimler Üzerine Etkilerinin Spektrofotometrik ve Elektroforotik Olarak Saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özdemir, Z. (2014b). Kitin; Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi* 44, 104-117.
- Özdestan, Ö. & Üren, A. (2010). Gıdalarda Nitrat ve Nitrit. *Akademik Gıda*, 8(6), 35-43.
- Özel, H. (2013). *Kabuklu Deniz Ürünleri Atıklarından Endüstriyel Ölçekte Kitin-Kitosan Üretimi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öztekin, G.B., Uludağ, T., Tüzel, Y. & Tepecik, M. (2019). Effects of Different Nutrient Solutions on Yield and Quality Parameters of Rocket Grown in Floating Water Culture. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2), 258-265.
- Öztekin, N., Nutku, M.S. & Erim, F.B. (2002). Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in Meat Products and Vegetables by Capillary Electrophoresis. *Food Chemistry*, 76, 103-106.
- Paul, W. & Sharma, C.P. (2000). Chitosan, a Drug Carrier for the 21st Century: A Review. *S.T.P. PHARMA Sciences*, 10(1), 5-22.

- Pichyangkura, R. & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant Activity of Chitosan in Horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65.
- Premi, N. (2018). *Kitosan ve Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Origanum vulgare L. subsp. vulgare'nin in Vitro Çoğaltımı ve Esansiyel Yağları Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Qaderi, R. (2018). *Effectiveness of Chitosan Treatment on Maintaining Quality Parameters Red Globe Cultivar (Vitis vinifera L.) During the Storage Period*. (Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Qiu, M., Jiang, H., Ren, G., Huang, J. & Wang, X. (2013). Effect of Chitosan Coatings on Postharvest Green Asparagus Quality. *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 2027-2032.
- Rahman, M.A. (2015). *Performance of Modified Chitosan Treated Tomato (Lycopersicon esculentum) Seedlings on the Growth and Yield of Tomato*. (Doctoral dissertation, Department of Soil Science, Sher-E-Bangla Agricultural University)
- Rahman, M., Mukta, J.A., Sabir, A.A., Gupta, D.R., Mohi-Ud-Din, M., Hasanuzzaman, M., Miah, G., Rahman, M. & Islam, M.T. (2018). Chitosan Biopolymer Promotes Yield and Stimulates Accumulation of Antioxidants in Strawberry Fruit. *Plos One*, 13(9), E0203769.
- Salachna, P. & Zawadzinska, A. (2014). Effect of Chitosan on Plant Growth, Flowering and Corms Yield of Potted Freesia. *Journal of Ecological Engineeri*, 15(3), 97-102.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in Vegetables: Toxicity, Content, Intake and EC Regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 10-17.
- Sharif, R., Mujtaba, M., Rahman, M.U., Shalmani, A., Ahmad, H., Anwar, T., Tianchan, D. & Wang, A. (2018). The Multifunctional Role of Chitosan in Horticultural Crops; A Review. *Molecules*, 23(4), 872.
- Singh, S. (2016). Enhancing Phytochemical Levels, Enzymatic and Antioxidant Activity of Spinach Leaves by Chitosan Treatment and An Insight Into The Metabolic Pathway Using DART-MS Technique. *Food Chemistry*, 199, 176-184.
- Srisornkompon, P., Pichyangkura, R. & Chadchawan, S. (2014). Chitosan Increased Phenolic Compound Contents in Tea (*Camellia sinensis*) Leaves by Pre-and Post-Treatments. *Journal of Chitin and Chitosan Science*, 2(2), 93-98.
- Sugimoto, M., Morimoto, M., Sashiwab, H., Saimoto, H. & Shigemasa, Y. (1998). Preparation Carbohydrate Polymers and Characterization of Water-Soluble Chitin and Chitosan Derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 36(1), 49-59.

- Sultana, S., Islam, M., Khatun, M. A., Hassain, M.A. & Huque, R. (2017). Effect of Foliar Application of Oligo-Chitosan on Growth, Yield and Quality of Tomato and Eggplant. *Asian Journal of Agricultural Research*, 11(2), 36-42.
- Şahin, E. (2019). *Ortam Kültüründe Roka ve Semizotunun Üretim Olanakları ve Hasat Sonrası Dayanımlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M. & Polat, S. (2008). *Özel Sebzecilik*. Onur Grafik Matbaa ve Reklam Hizmetleri.
- Temel, E. (2016). *Yaprak Uygulaması ile Roka Bitkisinin İyotça Zenginleştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- TUİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. (Son erişim tarihi: 04.03.2021)
- Tuncay, Ö., Eşiyok, D., Yağmur, B. & Okur, B. (2011). The Effect of Nitrogen Sources on Yield and Quality of Salad Rocket Grown in Different Months of the Year. *Journal of Plant Nutrition*, 34(4), 477-491.
- Uludağ, T. (2017). *Yaprakları Tüketilen Bazı Sebzelerin Yüzen Su Kültüründe Üretim Olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Van, S.N., Minh, H.D. & Anh, A.N. (2013). Study on Chitosan Nanoparticles on Biophysical Characteristics and Growth of Robusta Coffee in Green House. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2(4), 289-294.
- Vasconcelos, R., Freitas, M.D.P.N. & Brunini, M.A. (2011). Características Físico-Químicas Da Rúcula Cv. Cultivada Produzida No Sistema Convencional E No Baby Leaf. *Nucleus*, 8(2), 1-8.
- Vasconsuelo, A., Giuliatti, A.M. & Boland, R. (2004). Signal Transduction Events Mediating Chitosan Stimulation of Anthraquinone Synthesis in Rubia Tinctorum. *Plant Science*, 166(2), 405-413.
- Viacava, G.E. & Roura, S.I. (2015). Principal Component and Hierarchical Cluster Analysis to Select Natural Elicitors for Enhancing Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Lettuce Sprouts. *Scientia Horticulturae*, 193, 13-21.
- Villatoro- Pulido, M., Moreno Rojas, R., Muñoz- Serrano, A., Cardeñosa, V., Amaro López, M. Á., Font, R., & Del Río- Celestino, M. (2012). Characterization and Prediction by Near- Infrared Reflectance of Mineral Composition of Rocket (*Eruca vesicaria subsp. sativa* and *Eruca vesicaria subsp. vesicaria*). *Journal of The Science of Food And Agriculture*, 92(7), 1331-1340.
- Vosoughi, N., Gomarian, M., Pirbalouti, A.G., Khaghani, S. & Malekpoor, F. (2018). Essential Oil Composition and Total Phenolic, Flavonoid Contents, and Antioxidant Activity of Sage (*Salvia officinalis* L.) Extract Under Chitosan

- Application and Irrigation Frequencies. *Industrial Crops and Products*, 117, 366-374.
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Walker, R., Morris, S., Brown, P. & Gracie, A. (2004). Evaluation of Potential for Chitosan to Enhance Plant Defense. *A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australia. RIRDC Publication, (4)*.
- Xu, C. & Mou, B. (2018). Chitosan as Soil Amendment Affects Lettuce Growth, Photochemical Efficiency, and Gas Exchange. *Horttechnology*, 28(4), 476-480.
- Yağmur, B., Okur, B., Tuncay, Ö. & Eşiyok, D. (2020). Farklı Organik ve İnorganik Azotlu Gübre Uygulamalarının Roka Bitkisinin (*Eruca sativa* Mill.) Azot Fraksiyonları ve Bitki Besin Maddesi İçeriği Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(3), 433-440.
- Yazgan, İ. (2010). *Kitosanın Kimyasal Modifikasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Agar, G., Örs, S., Dursun, A., Kul, R. & Balcı, T. (2019). Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(6), 843-850.
- Yorük, V., Durukan, H., Sarac, H., Demirbas, A. & Karakoy, T. (2018). The Effects of Different Nitrogen Doses on Yield and Nutrient Uptake of Rocket (*Eruca sativa*) Plant. *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, (62), 359-365.
- Zoldners, J., Kiseleva, T. & Kaiminsh, I. (2005). Influence of Ascorbic Acid on the Stability of Chitosan Solutions. *Carbohydrate Polymers*, 60(2), 215-218

ÖZGEÇMİŞ

