

# *Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* Özütlərini İçeren Yenebilir Film Üretimi

Mukaddes Gökyermez<sup>1</sup>

Özge Süfer<sup>2</sup>

Fuat Bozok<sup>3</sup>

## Özet

Bu çalışmanın amacı, Osmaniye ili Zorkun bölgesi Karıncalı yaylası toplanan *Amanita caesarea* (AC) ve *Boletus reticulatus* (BR) makrofunguslarından elde edilen ekstraktların yenebilir filmlere ilavesinin yol açtığı etkilerin araştırılmasıdır. Bu ekstraktlardan farklı oranlarda (25, 50 ve 100 mg) filmler hazırlanarak, filmlerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın bulguları, AC mantarının BR mantarına kıyasla daha yüksek toplam fenolik bileşen içeriğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. AC ekstraktı içeren filmler kontrol grubuna göre daha ince bulunurken, sadece BR100 filmi daha kalın şekilde ölçülmüştür. Her iki mantar özütü kullanılarak üretilen filmlerin nem içeriği, kontrol filminden daha düşük seyretmiştir. Filmlerin suda çözünürlüğü mantar ekstraktının düşük konsantrasyonlarında azalmış, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda artmıştır. Filmlerin şeffaflığını gösteren L\* değerinin kontrol filminde en yüksek, AC100 film örneğinde ise en düşük olması kontrol filminin daha şeffaf olduğunu gözler önüne sermiştir. Ayrıca, mantar ekstraktlarından gelen biyoaktif bileşenler, yenebilir filmlerin opaklığının ve UV bariyer özelliklerinin artmasına neden olmuştur.

- 1 Yüksek Lisans Öğrencisi, Biyoloji Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 80000, Osmaniye, Türkiye, drgkyrmz@hotmail.com
- 2 Doç. Dr., Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 80000, Osmaniye, Türkiye, ozgesufer@osmaniye.edu.tr, Orcid: 0000-0001-8337-6318
- 3 Doç. Dr., Biyoloji Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 80000, Osmaniye, Türkiye, fbozok@osmaniye.edu.tr, Orcid: 0000-0002-9370-7712

## 1. Giriş

Ülkemiz, kendine özgü topografyası ve iklim özelliklerinin bir sonucu olarak, çok çeşitli makro ve mikro mantarı barındırmaktadır (Dündar vd., 2016). Bugüne kadar Türkiye’de yaklaşık 2500 mantar türü tespit edilmiş olup, bu türlerin yaklaşık %85’i bazidli mantarlar sınıfına girmektedir. Her gün bu alemin yeni ve ilgi çekici üyeleri keşfedilerek listeye eklenmektedir (Sesli ve Denchev, 2014; Bozok vd., 2018 ve 2020; Doğan vd., 2018; Altuntaş vd., 2021).

Dünya genelinde, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan makromantarların 70.000’den fazla türünün olduğu ve bunlardan 2000 kadarının yenebilir olduğu belirtilmektedir (Naeem vd., 2020). Bu yenebilir mantarlar, özellikle Çin gibi bazı Uzak Doğu ülkelerinde sağlıklı ve dengeli beslenme için önemli bir diyet bileşeni olarak kullanılmaktadır. Çünkü hayvansal gıdalarda bulunan bazı aminoasitler ve vitaminler bitkisel ürünlerde bulunmamaktadır. Ayrıca, düşük karbonhidrat, düşük yağ ve dolayısıyla düşük kalori fakat yüksek lif içeriği nedeniyle diyet yapan kişilerin de kilo vermelerine yardımcı olabilirler (Badalyan ve Zambonelli, 2019).

Fenolik bileşikler, besinlerin duyuşal özelliklerine katkıda bulunan sekonder metabolitler olarak bilinir ve birçok meyvede bol miktarda bulunur (Rice-Evans vd., 1997). Bu bileşikler, besin değeri taşımasa da hipertansiyonun olumsuz etkilerini azaltma, düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu engelleme, tümör gelişimini önleme ve glikoz emilimini düzenlemede rol oynamaktadır (Stacewicz-Sapuntzakis vd., 2001; Del Caro vd., 2004).

Bitkilerden elde edilen doğal polimerler, petrolden yapılan sentetik ambalaj malzemelerinin çevre dostu ve toksik olmayan bir ikamesi olarak kullanılmaktadır. Kitinin deasetilasyonu yoluyla elde edilen doğal bir polimer olan kitosan, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve çevre dostu özellikleri nedeniyle yenebilir filmlerin formülasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Priyadarshi ve ark., 2018). Önceki araştırmalar, toksik olmayan ve biyoyumlu bir madde olan kitosanın başarılı antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini göstermiştir (Bégin ve Van Calsteren, 1999; Xie vd., 2001; Rabea vd., 2003; Yen vd., 2008; Goy vd., 2009; Raafat ve Sahl, 2009; Kong vd., 2010; Siripatrawan ve Harte, 2010; Leceta vd., 2013; Ke vd., 2021). Sonuç olarak kitosan, yenebilir filmlerin üretimi için umut verici bir malzeme olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, mantar özütleleri içeren kitosan bazlı yenebilir filmler hakkında şu anda sınırlı literatür bilgisi bulunmaktadır. Bu eksiklikten yola çıkılarak bu çalışmanın amacı, Osmaniyeli ilinden temin

edilen *Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* ekstraktlarını içeren kitosan bazlı yenebilir filmleri üretmek ve elde edilen filmlerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmak olarak belirlenmiştir (Gökyermez, 2022).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Mantar Materyali

*Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* makrofungusları Osmaniye ili Zorkun bölgesi Karıncalı yaylasından toplanmıştır. Toplamadan önce, arazide makrofungusların fotoğrafları çekilmiş, GPS koordinatları, yükseklik ve çevredeki bitki örtüsü gibi ayrıntıları kaydedilmiştir. Toplanan makrofungus örnekleri daha sonra Kangye (Çin) marka sebze kurutucusu kullanılarak, 50°C sıcaklıkta 24 saat süreyle kurutulmuştur. Daha sonra, kurutulmuş mantarları öğütme için Waring (Almanya) firmasına ait bir öğütücü kullanılmıştır. Kurutulan örnekler kilitli torbalarda özenle buzdolabında +4°C'de analiz edilinceye kadar muhafaza edilmiştir. Toplanan makromantarların konumları ve genel özellikleri aşağıda verilmektedir (Gökyermez, 2022);

08.10.2021 tarihinde Osmaniye, Zorkun, Karıncalı yaylasında 36°57'35.9" K, 36°20'05.9"D koordinatlarında ve 1324 m rakımda *Amanita caesarea* toplanmıştır (Şekil 1). Mantarın şapkasının çapı 50-140 (190) mm'dir ve parlak turuncu-kırmızı ile soluk turuncu bir renk sergilemektedir, renk olgunlaştıkça solmaktadır. Başlangıçta, şapka dışbükey ve sonunda düz hale gelmeden önce yarım küre şeklindedir. Yüzey biraz yapışkandır ve kenar boşlukları kısa çizgilidir. Koruyucu bir doku olan volva, fark edilir derecede büyük ve kalındır. Mantarın eti beyaz, şapkanın alt tarafı sarıdır. Gövde 60-130 × 15-25 mm boyutlarında ve silindirik olup, aşağı doğru genişlemektedir. Sarı renklidir, halkasının alt tarafı düzdür. Halkanın kendisi geniş, kalın ve zarımsıdır, yukarısında hafif çizgiler sergilemektedir. Bu mantar türü Akdeniz bölgesinde yaygın olarak tüketilmektedir (Neville ve Poumarat 2004).

*Boletus reticulatus* mantar türü, 8 Ekim 2021 tarihinde Osmaniye'de Zorkun Karıncalı yaylasında 36°57'43.0" K ve 36°19'56.5" D koordinatlarında 1240 m rakımda toplanmıştır (Şekil 2). Mantarın şapkası 20 cm'ye kadar bir çapa ulaşabilir ve yarım küre şeklinde başlamakta, daha sonra dışbükey veya düz hale gelmektedir. Tipik olarak kurudur ancak özellikle yağışlı havalarda biraz yapışkan hale gelebilir. Şapka genellikle ince veya kaba çatlaklar gösterir ve rengi soluk kahverengi, kahverengi, koyu sarımsı, grimsi-koyu kahverengiden neredeyse tamamen beyazımsıya

kadar değişebilir. Bu tür, zarar gördüğünde mavi bir renklenme göstermez. Gövde, çubuk şeklinde ve silindriktir, bazen şapkanın rengiyle uyumludur. Mantarın eti beyazdır, bazen sapın tabanından kaynaklanan kahverengi bir leke vardır ve havaya maruz kaldığında renk değiştirmez. Başlangıçta, tüpler beyaz görünür ancak daha sonra krem veya soluk sarı bir renk tonuna geçer. Bazı yazarlar bu türe *B. aestivalis* olarak da atıfta bulunmakta ve yaygın olarak Avrupa kıtasının güney bölgelerinde *B. reticulatus*'a rastlanılmaktadır (kaynak: <https://boletales.com>).



Şekil 1. *Amanita caesarea* makromantarının arazide çekilmiş bir fotoğrafı (Gökyermez, 2022)



Şekil 2. *Boletus reticulatus* makromantarının arazide çekilmiş bir fotoğrafı  
(Gökayrmez, 2022)

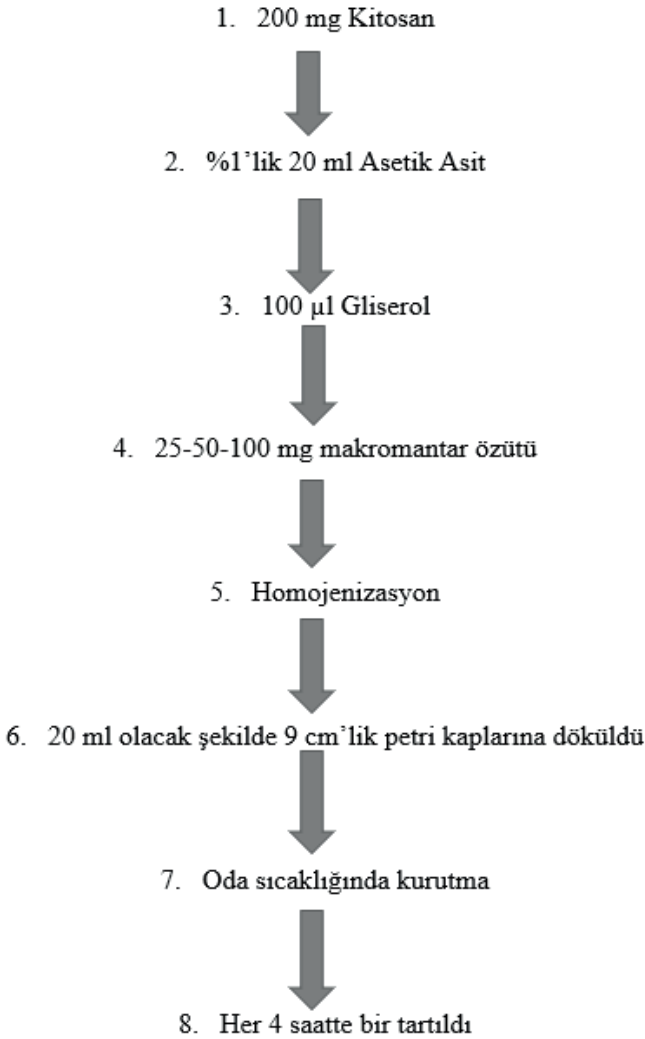
## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Ekstrakt Elde Edilmesi

5 gram kurutulmuş ve toz haline getirilmiş makrofungus 100 ml distile suya ilave edilmiş ve 2 saat süreyle 100 °C'de kaynamaya bırakılmıştır. Daha sonra elde edilen Whatman No.1 filtre kâğıdı kullanılarak süzülen sıvı, buharlaştırılmış ve makromantar ekstraktı üretilmiştir. Elde edilen özütler, kitosan bazlı yenebilir filmlerin yapısında kullanılana kadar buzdolabında +4 °C'de saklanmıştır (Gökayrmez, 2022).

### 2.2.2. Filmlerin Üretilmesi

Her iki mantar özütünün farklı konsantrasyonları (25, 50 ve 100 mg) kullanılarak yenebilir film hazırlanmıştır. Her bir yenebilir film üretmek için aşağıdaki basamaklar takip edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yenebilir film üretim aşamaları (Gökyermez, 2022)

### 2.2.3. Fourier Dönüştümlü Kızılötesi Spektroskopu (FTIR) ile Analiz

Numunelerin FTIR spektrumları, zayıflatılmış toplam yansıtma aksesuarı ile donatılmış bir FTIR spektrofotometresi (Perkin Elmer 65, Waltham, MA, ABD) kullanılarak elde edilmiştir. Veri toplama için  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu aralığı kullanılmıştır. Her bir spektrumu elde etmek için toplamda 16 tarama gerçekleştirilmiştir.

#### 2.2.4. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Analiz

Filmin yüzeyini ve enine kesitini incelemek için, taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Kullanılan mikroskop Almanya, Jena üretimli Zeiss Evo 50 modelidir. Filmi daha iletken hale getirmek için ABD çıkışlı Electron Microscopy Sciences markalı sprey kaplayıcı numuneleri altın/paladyum ile kaplamıştır. 15 kV hızlanan voltajda film örneklerinin görüntüleri alınmıştır.

#### 2.2.5. Kalınlık Ölçümü

Filmlerin beş farklı noktasından bir dijital kumpas yardımıyla kalınlıkları ölçülmüş ve bu beş değerın ortalaması alınmıştır.

#### 2.2.6. Nem İçeriği ve Suda Çözünürlük

Film örnekleri makas kullanılarak  $2 \times 2$  cm'lik parçalar halinde kesilmiş ve hassas terazide tartılmıştır. Kesilen filmler daha sonra alüminyum kaplara konularak  $105^{\circ}\text{C}$  hava sirkülasyonlu bir fırında (Binder, ED 115, ABD) 24 saat bekletilmiştir. Filmler fırından çıkarıldıktan sonra, tekrar ağırlıkları ölçülmüştür. Doğruluğu sağlamak için bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Filmlerin nem içeriği aşağıda belirtilen formül kullanılarak, yüzde olarak hesaplanmıştır;

$$\% \text{Nem} = (M1 - M2) / M1 \times 100 \quad (1)$$

M1 : Örneğin ilk ağırlığı (g)

M2 : Örneğin son ağırlığı (g)

Filmlerin suda ne kadar iyi çözüldüğünü anlayabilmek için, kurutulan filmler 50 ml distile su içerisine konularak  $25^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat ağırlık kaybı durana kadar çalkalanmıştır. Filmin çözünmeyen kısımları daha sonra  $105^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat etüvde (Binder, ED 115, ABD) bırakılmıştır. Filmlerin sudaki çözünürlüğü, eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir.

$$\% \text{Suda çözünürlük} = (W1 - W2) / W1 \times 100 \quad (2)$$

W1 : Örneğin ilk ağırlığı (g)

W2 : Örneğin son ağırlığı (g)

### 2.2.7 Renk ve Opaklık

Filmlerin rengi portatif bir kolorimetre (Konica-Minolta CR-400, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür.  $L^*$  (açıklık),  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik) ve  $b^*$  (sarılık-mavilik) değerleri, her filmdeki dört farklı noktadan okumaların ortalaması alınarak elde edilmiştir. Filmlerin toplam renk değişimleri ( $\Delta E$ ) aşağıdaki formül kullanılarak tespit edilmiştir;

$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L^*_{ref})^2 + (a^* - a^*_{ref})^2] + (b^* - b^*_{ref})^2} \quad (3)$$

“Ref” ile belirtilmiş olan parametreler, mantar özütü içermeyen örneğe; diğerleri ise mantar özütü içeren numuneye aittir.

Beyazlık (BI) ve sarılık (SI) indeksleri ise sırasıyla eşitlik 4 ve 5 kullanılarak tayin edilmiştir;

$$BI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4)$$

$$SI = \frac{142.86 \times b^*}{L^*} \quad (5)$$

Filmler,  $4.5 \times 1.2$  cm boyutlarında kesilmiş, bir kuvarts küvet içine yerleştirilmiş ve absorbansları spektrofotometre kullanılarak (Shimadzu, UV 1800, Japonya) 600 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Opaklık, elde edilen absorbans değerlerinin filmin kalınlığına bölünmesi ile tespit edilmiştir (Noshirvani vd., 2017).

### 2.2.8. UV-VIS Analizi

Kitosan bazlı ve mantar özütü içeren yenebilir filmlerin optik geçirgenliği, 250 ile 850 nm arasında değişen dalga boylarında analiz edilmiştir. Optik ölçümler, spektrofotometre kullanılarak yapılmış ve filmlerin geçirgenliği yüzde transmittans olarak belirlenmiştir (Sady et. al., 2021).

### 2.2.9. Toplam Fenolik Bileşen (TFB) Tayini

Bu çalışmada toplam fenolik bileşen (TFB) tayini için Folin-Ciocalteu yönteminden yararlanılmıştır (Li vd., 2015). Ekstrakte edilen maddeden 0.5 ml alınarak 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi ile birleştirilmiş, ardından 3 ml %10'luk  $\text{NaCO}_3$  çözeltisi eklenmiştir. Karışım daha sonra 30 dakika boyunca



karanlık bir ortamda bırakılmış, ardından spektrofotometre yardımıyla 760 nm dalga boyunda karışımın absorbansı ölçülmüştür. %80 metanol solüsyonu kör çözelti olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, özütün gram kuru maddesi ya da filmin gramı başına miligram galik asit eşdeğeri olarak rapor edilmiştir. Analiz üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

### 2.2.10. Antioksidan Aktivite Tayini (DPPH, FRAP ve ABTS Yöntemi)

0.1 ml özüt, 0.025 g/l konsantrasyonda %100 metanol içindeki 2 ml 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) solüsyonuna ilave edilmiştir. Elde edilen karışım 30 dakika süreyle karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Daha sonra absorbanslar, 517 nm'lik dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür. Kontrol olarak hizmet etmesi için %80'lik metanol solüsyonu kullanılmıştır. Sonuçlar, Aghraz vd., (2018) tarafından açıklanan yöntem izlenerek troloks eşdeğeri cinsinden rapor edilmiştir. Analiz üç kez tekrarlanmıştır.

FRAP testini gerçekleştirmek için şu bileşenler kullanılmıştır; 10 mM konsantrasyonda 40 Mm HCl içinde hazırlanan 2,5 ml 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazin (TPTZ), 2.5 ml 20 mM FeCl<sub>3</sub> solüsyonu ve 25 ml 0.1 M pH değeri 3.6 olan asetat tamponu. Hazırlanmış 2 ml FRAP reaktifine, her bir mantar ekstraktından ayrı ayrı 0.3 ml ilave edilmiş ve nihai karışım, 10 ml'lik hacme tamamlanmıştır. Karanlıkta 10 dakikalık inkübasyon süresinin ardından numunelerin absorbansları spektrofotometre (Shimadzu, UV 1800, Japonya) kullanılarak 593 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Şahit olarak 2 ml FRAP reaktifi ve 8 ml damıtılmış sudan oluşan bir numune hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Szydłowska-Czerniak vd. (2008)'e göre  $\mu\text{mol TE/g KM}$  cinsinden hesaplanmıştır.

1:1 oranında 7.4 mmol/L ABTS ve 2.6 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> içeren başlangıç stok solüsyonu ABTS analizi öncesinden hazırlanmıştır. Bu çözelti daha sonra etanol ile absorbansı 734 nm'de  $1100 \pm 0.005$  nm olana kadar seyreltilmiştir. Her 0.15 ml mantar ya da film ekstraktı için 2.85 ml ABTS solüsyonu ortama ilave edilmiş ve karışım karanlık ortamda 2 saat bekletilmiştir. Son numunelerin absorbansları, spektrofotometre kullanılarak ölçülmüş ve bulgular, Thaipong vd. (2006) tarafından açıklanan metodolojiye göre  $\mu\text{mol TE/g KM}$  olarak ifade edilmiştir. Referans örnek bu analizde %80 etanoldür.

### 2.2.11. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) programı (IBM Statistics, ABD) (Sürüm 18.0) kullanılarak tek yönlü varyans analizi yoluyla değerlendirilmiştir. Bu amaçla %95 güven aralığında Duncan testi

yapılmıştır. Ek olarak, değişkenlerin çıktılar üzerindeki etkisi, iki yönlü varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Mantar Özütlerinin Biyoaktif Potansiyeli

*Amanita caesarea* (AC) ve *Boletus reticulatus* (BR) mantarlarının TFB içerikleri (mg GAE/g KM) ile DPPH, FRAP ve ABTS yöntemleriyle ( $\mu\text{mol TE/g KM}$ ) belirlenen antioksidan aktiviteleri Çizelge 1'de verilmiştir (Gökaymermez, 2022).

*Çizelge 1. Mantar özütlerinin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan bileşen potansiyelleri (Gökaymermez, 2022)*

Örnek	TFB	DPPH	FRAP	ABTS
<i>Amanita caesarea</i>	32.65±4.96	288.90±22.28	141.62±19.52	75.91±06.06
<i>Boletus reticulatus</i>	20.92±1.45	117.50±08.16	66.63±01.84	53.10±11.01

AC mantarının TFB değeri 32.65 mg GAE/g KM iken, BR mantarı için bu değer 20.92 mg GAE/g KM'dir. AC mantar özütünün, DPPH, FRAP ve ABTS yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktiviteleri sırasıyla 288.90, 141.62 ve 75.91  $\mu\text{mol TE/g KM}$  iken, BR mantar özütü, 117.50, 66.63 ve 53.10  $\mu\text{mol TE/g KM}$ 'lik antioksidan davranış sergilemiştir (Gökaymermez, 2022). Sharma ve Gautam tarafından 2015 yılında yapılan araştırmada, AC'nin TFB miktarı 63.32 mg/100 g GAE, DPPH radikali süpürme aktivitesi 2.02 mg/ml, ABTS radikali indirgeme potansiyeli 1.45 mg/ml, FRAP yöntemiyle demir iyonunu indirgeme yeteneği 1.86 mol  $\text{Fe}^{+2}/\text{g KM}$  olarak bulunmuştur. Heleno vd. (2011) ise, Avrupa ülkelerinde bulunan çeşitli *Boletus* türlerinin antioksidan özelliklerini inceleyen bir çalışma yürütmüştür. Araştırma aynı zamanda bu türlerin TFB analizini de içermektedir. Makalede BR'nin TFB konsantrasyonu (ekstrenin gramı başına miligram galik asit eşdeğeri olarak) ve ayrıca DPPH süpürme ve indirgeme gücü kapasiteleri (mililitre başına miligram olarak) sırasıyla 12.08, 0.38 ve 0.96 olarak tespit edilmiştir. Macáková vd. (2009), BR'nin TFB'sini 23.0 mg GAE/g olarak belgelemiştir. Bu araştırma ile önceki araştırmalar arasında coğrafi konum, süre, kurutma prosedürleri ve ekstraksiyon tekniklerindeki farklılıklara atfedilebilecek farklılıklar bulunduğunu söylemek gereklidir.

### 3.2. Filmlerin Bazı Fiziksel Karakteristikleri

Çizelge 2, değişen konsantrasyonlarda (25, 50 ve 100 mg) AC ve BR makrofunguslarından elde edilen özütlerin ilave edildiği yenebilir filmlerin bazı fiziksel özelliklerine ilişkin verileri sunmaktadır. AC ekstraktı içeren tüm filmlerinin kalınlığının, kontrol filminden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ek olarak, 25 ve 50 mg oranında BR ekstraktı içeren filmlerin kalınlığı da kontrole göre daha düşüktür, 100 mg ekstrakt içeren filmin kalınlığı daha yüksektir. AC ekstraktını barındıran filmlerin kalınlığı 0.060-0.062 mm arasında değişirken, BR özütli filmler 0.067-0.102 mm arasında değişen kalınlık değerleri sergilemiştir (Gökyermez, 2022).

Kontrol filminin nem içeriği %34.75 olarak belirlenmiştir. Hem AC hem de BR ekstraktlarını içeren filmlerin, kontrol filmine göre daha düşük nem içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, mantar özütlerinin film içerisinde konsantrasyonları arttıkça, nem miktarının bir dereceye kadar azaldığı gözlenmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, BR100 filminin en yüksek suda çözünürlük değerine sahip olduğu, BR50 filminin ise en düşük değeri gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca AC ekstraktı içeren filmlerin suda çözünürlüğünün, mantar ekstraktı içeriği arttıkça belirli oranlarda azaldığı da gözlenmiştir (Gökyermez, 2022).

Çizelge 2. Filmlerin kalınlık, nem ve suda çözünürlük değerleri (Gökyermez, 2022)

Film Çeşidi	Kalınlık (mm)	Nem (%)	Suda Çözünürlük (%)
Kontrol	0.093 <sup>ab</sup> ±0.015	34.75 <sup>a</sup> ±0.01	62.19 <sup>a</sup> ±0.93
AC25	0.060 <sup>cd</sup> ±0.010	28.57 <sup>b</sup> ±0.05	63.63 <sup>a</sup> ±1.64
AC50	0.054 <sup>d</sup> ±0.006	19.04 <sup>bc</sup> ±0.06	61.80 <sup>a</sup> ±3.83
AC100	0.062 <sup>cd</sup> ±0.001	18.18 <sup>bc</sup> ±0.75	60.16 <sup>a</sup> ±1.68
BR25	0.067 <sup>cd</sup> ±0.016	18.18 <sup>bc</sup> ±0.01	60.83 <sup>a</sup> ±3.53
BR50	0.077 <sup>bc</sup> ±0.008	15.55 <sup>c</sup> ±0.02	59.98 <sup>a</sup> ±1.25
BR100	0.102 <sup>a</sup> ±0.018	15.76 <sup>c</sup> ±0.01	64.28 <sup>a</sup> ±0.00

Aynı sütundaki farklı barfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

Geniş çapta bir literatür taraması yapıldığında, bugüne kadar mantar özütü içeren kitosan bazlı yenebilir filmler üzerine belgelenmiş tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada, Koc vd., (2020), *Tricholoma terreum* sulu özütü içeren ve içermeyen kitosan bazlı filmlerin kalınlığını sırasıyla 0.19 ve 0.06 mm olarak ölçmüşlerdir. Suda çözünürlük özellikleri açısından

*T. terreum* ekstraktı içermeyen kitosan bazlı filmin 25°C sıcaklıkta 48 saat sonra suda tamamen çözündüğü, *T. terreum* ekstraktı içeren filmin ise %34.9 oranında çözünürlüğe sahip olduğu belirtilmiştir.

### 3.3. Filmlerin Renk Özellikleri

AC ve BR özütlerini içeren kitosan polimeri bazlı yenebilir filmlerin bazı optik karakteristikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

L\* değeri parlaklık seviyesini belirtir ve 0 (siyahlığı temsil eder) ile 100 (beyazlığı gösterir) arasında değişir. Film örnekleri arasında gözlemlenen en düşük L\* değeri AC100'e (54.42) ait olurken, en yüksek değer ise kontrol numunesinde (79.85) kaydedilmiştir. Filmlerin L\* değerleri, her iki mantar ekstraktının konsantrasyonu arttıkça belirli oranlarda düşüş göstermiştir. Bu bulgulara dayanarak, kontrol filminin daha yüksek derecede parlaklığa sahip olduğu sonucuna varılabilir (Gökaymermez, 2022).

a\* için negatif bir değer yeşil tonların varlığını, pozitif bir değer ise kırmızı tonların varlığını gösterir. AC ekstraktı eklendiğinde, filmler pozitif değerler sergilemiş ve kontrole kıyasla daha kırmızı bir renk tonu göstermişlerdir. BR25 ve BR50 filmleri ise referans filme benzer negatif değerlere sahiptir, ancak BR100 numunesi için pozitif bir a\* kaydedilmiştir (Gökaymermez, 2022).

b\* değeri, sarılık ve mavilik derecesinin bir ölçüsü olarak işlev görmektedir. Test edilen film örneklerinde gözlemlenen değer aralığı 6.60 ila 38.51 arasında değişmiştir. Mantar ekstraktı içermeyen kontrol filminde, b\* değeri 6.60 olup, numuneler arasında en yüksek mavilik seviyesine haiz film olma özelliğine sahiptir. Mantar ekstraktlarının miktarı arttıkça, sarılık değeri giderek yükselmiştir. AC100 filmi en yüksek b\* değerini sergilemiştir (Gökaymermez, 2022).

*Çizelge 3. Filmlerin açıklık, kırmızılık-yeşillik, sarılık-mavilik değerleri ile toplam renk değişimleri (Gökaymermez, 2022)*

Film Çeşidi	L*	a*	b*	$\Delta E$
Kontrol	82.04 <sup>a</sup> ±3.56	-1.72 <sup>d</sup> ±0.20	6.60 <sup>f</sup> ±0.50	0 <sup>c</sup>
AC25	73.44 <sup>b</sup> ±1.65	0.19 <sup>c</sup> ±0.87	25.10 <sup>c</sup> ±5.45	13.98 <sup>a</sup> ±5.20
AC50	65.39 <sup>c</sup> ±2.51	3.41 <sup>b</sup> ±0.80	33.98 <sup>ab</sup> ±2.14	13.22 <sup>a</sup> ±2.31
AC100	54.42 <sup>d</sup> ±2.11	11.29 <sup>a</sup> ±1.83	38.51 <sup>a</sup> ±2.24	15.72 <sup>a</sup> ±1.89
BR25	74.05 <sup>b</sup> ±6.22	-1.60 <sup>d</sup> ±0.36	12.58 <sup>c</sup> ±1.76	06.57 <sup>b</sup> ±5.22
BR50	72.24 <sup>bc</sup> ±4.32	-1.47 <sup>d</sup> ±0.18	19.69 <sup>d</sup> ±1.96	06.73 <sup>b</sup> ±2.66
BR100	70.49 <sup>bc</sup> ±2.61	0.29 <sup>c</sup> ±0.09	31.74 <sup>b</sup> ±2.49	08.09 <sup>b</sup> ±4.06

*Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).*

Toplam renk farklılığı, referans kabul edilen yani özüt içermeyen filme göre hesaplandığından dolayı, kontrol filminin  $\Delta E$  değeri sıfır olarak belirlenmiştir. Herhangi bir ürün/materyal için  $\Delta E$  değeri sıfırdan ne kadar uzaklaşırsa, o ürün/materyal orjinalinden renk açısından o denli uzaklaşmaktadır. O halde  $\Delta E$  miktarı en büyük olan AC100 filmi, kontrol filminden renk açısından en farklı olan numunedir. Ayrıca, AC özütünü içeren filmlerin  $\Delta E$  değerleri, her konsantrasyonda BR ekstraktını içeren yenebilir filmlerden daha yüksektir. En düşük toplam renk farklılığına (6.57) sahip olan örnek 25 mg BR özütü içeren filmidir. Özüt konsantrasyonu arttıkça BR film grubunda  $\Delta E$  kademeli olarak artarken, AC grubunda aynı etki gözlenmemiştir (Gökyermez, 2022).

### 3.4. Filmlerin Beyazlık ve Sarılık İndeksleri ile Opaklık Değerleri

AC ve BR makromantar ekstraktlarını içeren yenebilir filmlerin beyazlık ve sarılık indeksleri (BI ve SI) ile opaklıklarına ait veriler Çizelge 4'te gösterilmiştir.

*Çizelge 4. Filmlerin renk indeksleri ve opaklıkları (Gökyermez, 2022)*

Film Çeşidi	BI	SI	Opaklık
Kontrol	80.77 <sup>a</sup> ±0.90	012.34 <sup>c</sup> ±00.66	1.28 <sup>de</sup> ±0.05
AC25	63.25 <sup>c</sup> ±4.15	048.91 <sup>c</sup> ±10.87	1.35 <sup>cd</sup> ±0.28
AC50	51.32 <sup>d</sup> ±2.39	074.34 <sup>b</sup> ±05.49	1.76 <sup>b</sup> ±0.19
AC100	39.19 <sup>c</sup> ±1.84	101.14 <sup>a</sup> ±05.46	2.17 <sup>a</sup> ±0.40
BR25	71.33 <sup>b</sup> ±5.89	023.66 <sup>d</sup> ±02.12	0.91 <sup>c</sup> ±0.10
BR50	65.74 <sup>bc</sup> ±3.36	038.62 <sup>c</sup> ±03.26	1.14 <sup>de</sup> ±0.11
BR100	56.44 <sup>d</sup> ±4.22	065.03 <sup>b</sup> ±09.32	1.72 <sup>bc</sup> ±0.19

*Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ( $p < 0.05$ ).*

Çizelge 4'te sunulan verilerle kanıtlandığı gibi, mantar özlerinin film bileşimine dâhil edilmesi, BI değerlerinde dikkate değer bir azalma ile sonuçlanmıştır. Kontrol filmi en yüksek BI değerini (80.77) gösterirken, AC100 film numunesi ise en düşük değeri (39.19) sergilemiştir. Bununla birlikte mantar ekstraktlarının, filmlerin BI değerlerini konsantrasyon artışına bağlı olarak farklı oranlarda düşürdüğü tespit edilmiştir (Gökyermez, 2022).

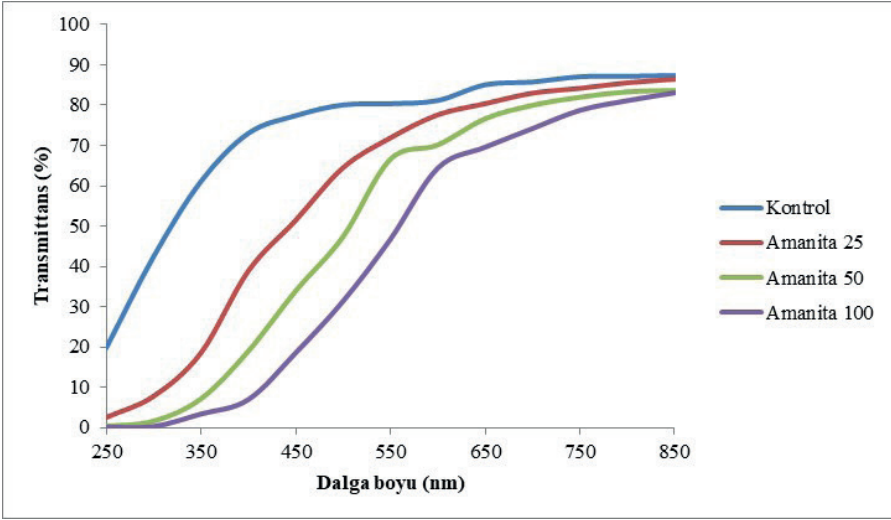
Çizelge 4, değişen oranlarda formülasyona ilave edilen makromantar ekstraktlarının, konsantrasyona bağlı olarak, filmlerin SI değerlerini arttırdığını ortaya koymaktadır. SI değerleri analiz edildiğinde, kontrol filminin en düşük değeri (12.34) gösterdiği, AC100 film örneğinin ise

en yüksek değeri (101.14) gösterdiği ortaya çıkmıştır. AC ekstraktı içeren filmlerin SI değerleri 48.91 ile 101.14 arasında değişirken, BR ekstraktı içeren filmlerin SI değerleri ise 23.66 ile 65.03 arasında değişmiştir (Gökyermez, 2022).

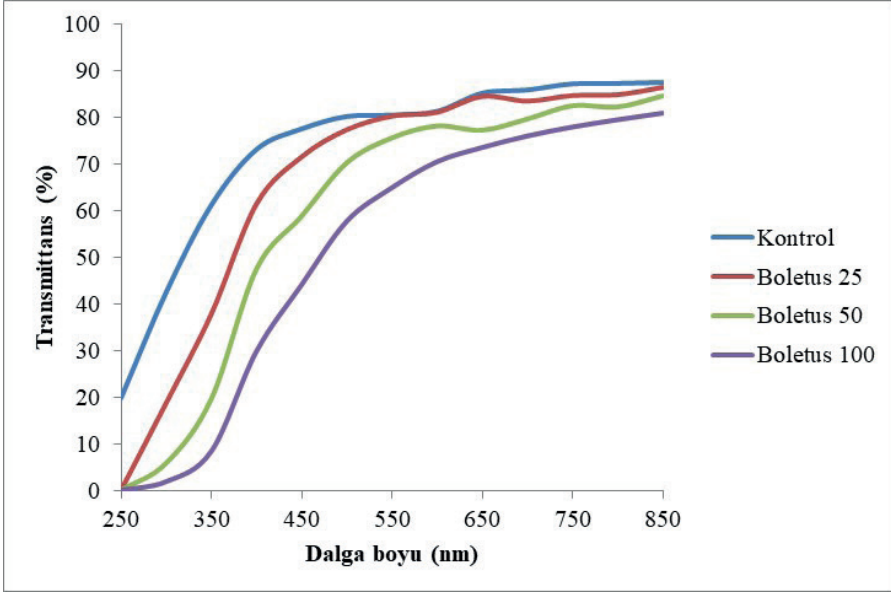
Opaklık, gıdaların paketlenmesinde kullanılan yenebilir filmlerin önemli bir özelliğidir. Bu filmlere ışığa duyarlı bileşenlerin dâhil edilmesinin, ışık iletimini potansiyel olarak azaltabileceği varsayılmaktadır (Zhang vd., 2020). Çizelge 4'te de gösterildiği üzere, mantar özü konsantrasyonlarının artmasıyla filmlerin opaklığı artmıştır. Bununla birlikte, BR25 olarak belirtilen film en düşük opaklık değerini (0.91) sergilerken, AC100 film örneği ise en yüksek opaklık değerine (2.17) sahip olmuştur (Gökyermez, 2022).

### 3.5. Filmlerin UV Işığını Engelleme Yeteneği

AC ve BR makromantar ekstraktlarını içeren yenebilir filmlerin optik transmittansları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Farklı oranlarda *Amanita caesarea* özütü içeren filmlerin UV-görünür bölgedeki % transmittans değerleri (Gökyermez, 2022)



Şekil 5. Farklı miktarlarda *Boletus reticulatus* özütü içeren filmlerin UV-görünür bölgedeki % transmittans değerleri (Gökyermez, 2022)

Lipitler gibi ışığa duyarlı gıda bileşenleri için kullanılan ambalaj malzemelerinin UV-engelleme özellikleri, Sady vd. (2021) tarafından vurgulandığı gibi büyük önem taşımaktadır. Analiz, kontrol filminin en yüksek UV-Vis ışık geçirgenliğini sergilediğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca hem AC hem de BR ekstraktlarının artan konsantrasyonları ile geçirgenlik değerlerinin belirli oranlarda kademeli olarak düştüğü de gözlenmiştir. Özellikle BR100 film numunesi, UV ışığı en etkili engelleme kapasitesine sahiptir (Gökyermez, 2022).

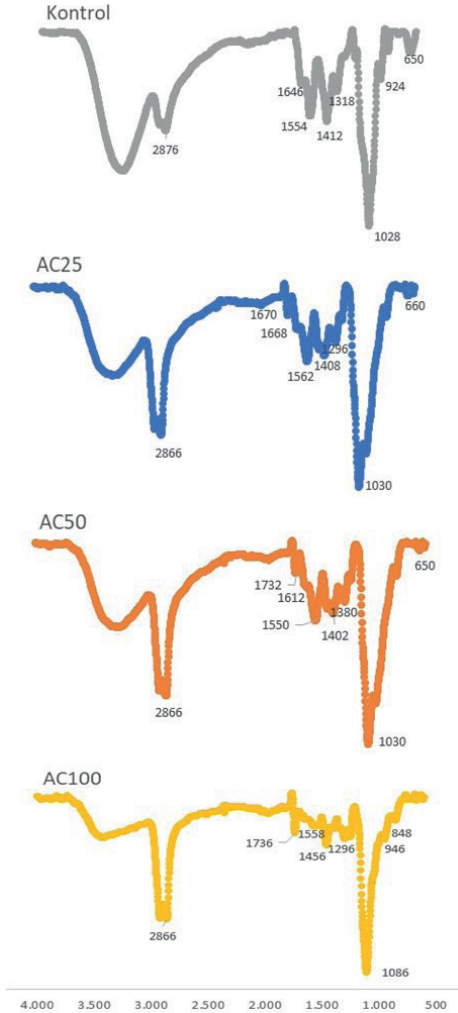
### 3.6. FTIR ile Filmlerdeki Fonksiyonel Grupların Tespiti

AC ve BR makromantar ekstraktlarını içeren yenilebilir filmlerin 4000-600  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığındaki FTIR spektrumları Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

Her iki şekilde de hem AC hem de BR özütü içeren film örneklerini benzer pik davranışı sergilediği görülmektedir. Her iki mantar özütünü içeren filmlerin FTIR spektrumunda 850-924  $\text{cm}^{-1}$  seviyelerinde piklerin olması, mantarların yapısında da bulunan polisakkaritlerden  $\beta$ -glukanın varlığına işaret etmektedir. 1028-1086  $\text{cm}^{-1}$  band aralığı CO ve C-O-C gruplarına, 1400  $\text{cm}^{-1}$  ve civarının birincil alkolik grupların O-H bağlarına, 1554  $\text{cm}^{-1}$  bandının ve civarının amid I O-H bağlarına, 1600  $\text{cm}^{-1}$  ve civarının amid II

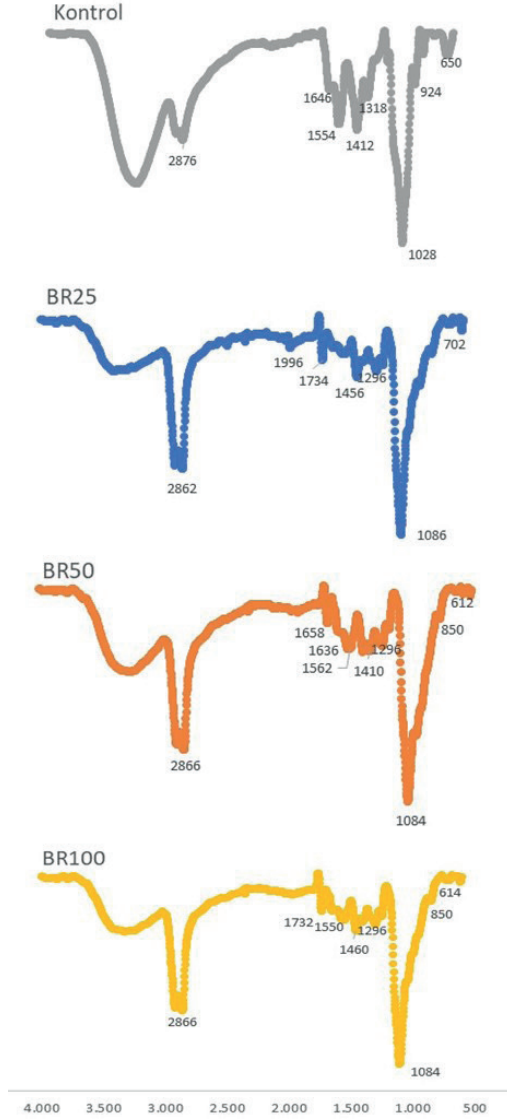
O-H bağlarına,  $3290\text{ cm}^{-1}$  ve civarı amit A gruplarına,  $2870\text{ cm}^{-1}$  ve civarı ise CH gerilmesine işaret etmektedir (Martins vd., 2012; Bonilla ve Sobral, 2016; Mahcene vd., 2020; Silva-Rodrigues vd., 2020).

Kontrol filmi, değişen konsantrasyonlarda AC ve BR ekstraktları içeren filmlerle karşılaştırıldığında, belirli piklerin hafif kaymalar gösterdiği gözlemlenmiştir. Spesifik olarak, kontrol filminde  $2876\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik, mantar özlerinin eklenmesi üzerine  $2862\text{-}2866\text{ cm}^{-1}$  aralığına kaymıştır. Benzer şekilde, kontrol filminde  $1028\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik, mantar ekstraktları eklendiğinde  $1030\text{-}1086\text{ cm}^{-1}$  aralığında bulunmuştur (Gökyermez, 2022).



Şekil 6. Farklı oranlarda *Amanita caesarea* ekstraktı içeren filmlerin FTIR spektrumları (Gökyermez, 2022)





Şekil 7. Farklı oranlarda *Boletus reticulatus* ekstraktı içeren filmlerin FTIR spektrumları (Gökyermez, 2022)

### 3.7. Filmlerin Antioksidan Aktiviteleri

AC ve BR makromantar ekstraktlarını içeren yenilebilir filmlerin DPPH ve ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan aktiviteleri filmlerin gramı başına olmak üzere, Çizelge 5'de gösterilmiştir. Mantar özütü içeren filmlerin TFB miktarları ile demir iyonunu indirgeme yeteneğinin bir göstergesi olan FRAP

yöntemiyle antioksidan aktivite tayin verileri, filmlerdeki ilgili bileşiklerin konsantrasyonları standart eğrilerin konsantrasyon değerlerinin altlarında kaldığı için hesaplanamamıştır (Gökyermez, 2022).

*Çizelge 5. Mantar özütü içeren film örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan madde içerikleri (Gökyermez, 2022)*

Film Çeşidi	DPPH yöntemiyle AA ( $\mu\text{mol TE/g film}$ )	ABTS yöntemiyle AA ( $\mu\text{mol TE/g film}$ )
Kontrol	11.94 <sup>c</sup> ±0.94	Belirlenemedi
AC25	12.57 <sup>c</sup> ±1.56	Belirlenemedi
AC50	15.17 <sup>b</sup> ±1.93	05.09 <sup>c</sup> ±0.00
AC100	27.45 <sup>a</sup> ±2.37	37.05 <sup>a</sup> ±2.06
BR25	14.49 <sup>c</sup> ±3.41	00.84 <sup>dc</sup> ±0.62
BR50	19.27 <sup>c</sup> ±1.46	04.22 <sup>cd</sup> ±0.47
BR100	25.38 <sup>a</sup> ±0.64	29.92 <sup>b</sup> ±5.04

*TE: Troloks eşdeğeri*

*Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).*

Çizelge 5 incelendiğinde, mantar ekstraktlarının konsantrasyonu arttıkça filmlerin DPPH ve ABTS radikalini süpürme aktivitelerinin kademeli olarak arttığı görülmektedir. AC100 filmi en yüksek DPPH indirgeme aktivitesi sergilerken, kontrol filmi en düşük potansiyele sahip olmuştur. Buna karşılık, BR100 film numunesi en fazla ABTS indirgeme davranışı sergilerken, kontrol ve AC25 filmlerinin aynı radikalle tepkimeye girme potansiyelleri tanımlanamamıştır (Gökyermez, 2022).

### 3.8. Filmlerin Morfolojisi

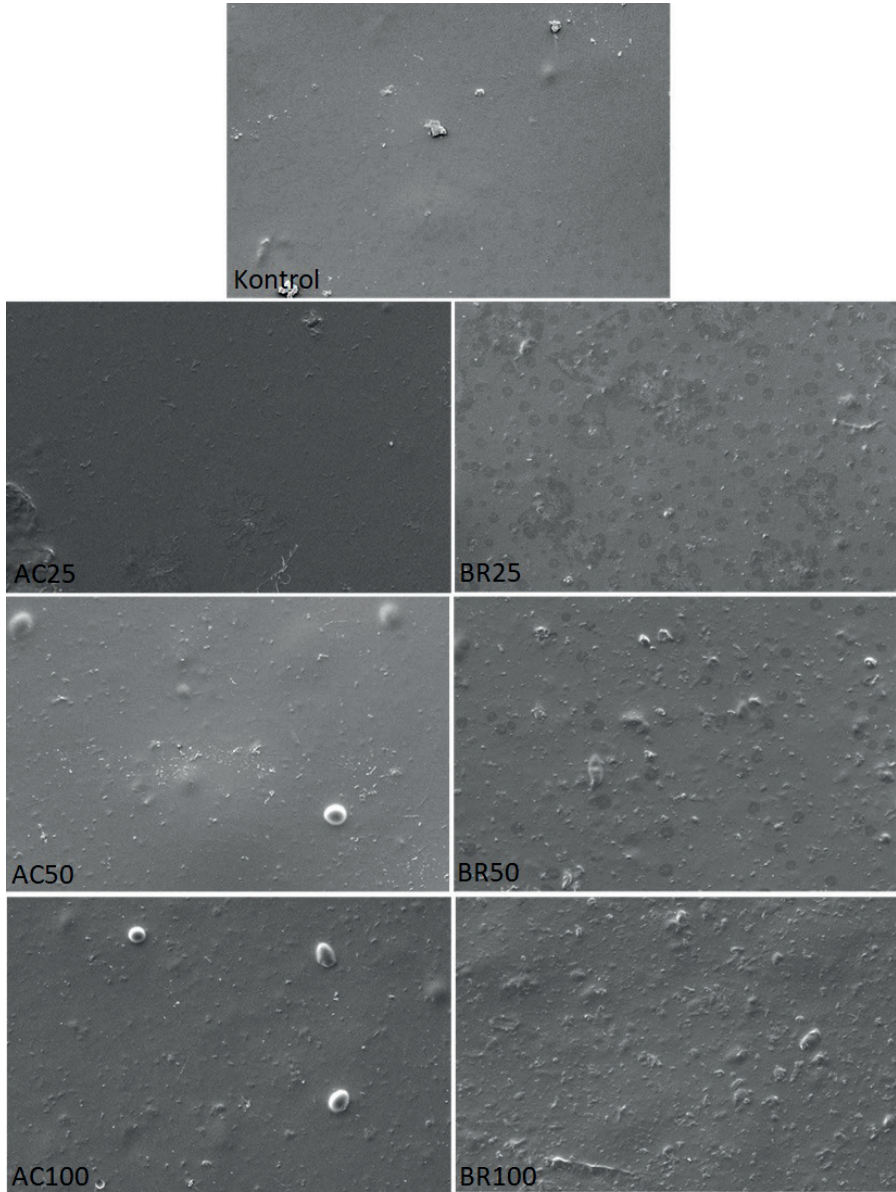
Şekil 8'deki SEM görüntüleri, değişen seviyelerde mantar ekstraktı içeren yenebilir filmlerin mikroyapılarını göstermektedir. Yapılan incelemede mantar özü içermeyen kontrol filminin yapısının, diğerlerine göre daha muntazam ve pürüzsüz olduğu görülmektedir. Her iki mantar özütünün de düşük konsantrasyonlarda film matriksine dahil edildiği durumlarda, 50 ve 100 kodlu filmlere oranla, kontrol filmine daha yakın bir yapıya sahip filmlerin elde edildiği belirlenmiştir. Ancak mantar özü konsantrasyonu arttıkça filmler daha düzensiz bir yapı sergilemiştir (Gökyermez, 2022). Koç vd. (2020)'nin, *T. terreum* ekstresi içeren kitosan bazlı filmlerin mikro

yapısını incelenmesi sonucunda, ekstrakt içermeyen kitosan filmin yüzeyinin daha pürüzsüz bir doku sergilediği, oysa *T. terreum* ekstraktı içeren filmin kontrol filmine kıyasla daha fazla sertliğe ve biraz daha pürüzlü bir dokuya sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Osmaniye ilinin Zorkun, Karıncalı Yaylası mevkiinden temin edilen *Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* özütleri farklı oranlarda (25, 50 ve 100 mg) kitosan bazlı yenilebilir filmlerin formülasyonlarına eklenmiştir. Filmlerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi sonucunda elde edilen bulgular şu şekilde özetlenmiştir (Gökçermez, 2022);

- ✓ *Amanita caesarea* (AC), *Boletus reticulatus* (BR)'a nazaran daha fazla toplam fenolik maddeye sahiptir.
- ✓ AC özütü içeren bütün filmler kontrole göre daha düşük kalınlıktadır.
- ✓ Nem içerikleri kıyaslandığında, her iki mantar özütünün ayrı ayrı ilave edilmesiyle elde edilen bütün filmlerin nem miktarları, referansın nem içeriğine göre daha düşük seviyelerdedir.
- ✓ Suda çözünürlük, 25 ve 50 mg'lık mantar özütü konsantrasyonlarında azalırken, 100 mg'lık konsantrasyonda ise artmıştır.
- ✓ Renk parlaklığı, en yüksek değerini kontrol filminde, en düşük değerini ise AC100 film örneğinde almıştır.



Şekil 8. Farklı oranlarda (25, 50 ve 100 mg) AC ve BR özütü içeren yenebilir filmlerin SEM görüntüleri (Gökaymermez, 2022)

- ✓ Biyoaktif bileşenler içeren mantar ekstraktı ilavesi, yenebilir filmlerin opaklık değerlerini arttırmıştır.
- ✓ Mantar özütü ilave edilmiş örneklerin UV bariyer özellikleri daha iyidir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, her iki mantar özütünün de kontrol filmine dahil edilmesinin antioksidan aktivitenin artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte gelecekteki araştırmalarda, film yapımında daha farklı mantar özütlerinin kullanılması ve özütlerin filmlerin çeşitli kalite niteliklerinde değişikliklere neden olup olmadığı araştırılması tavsiye edilmektedir (Gökyermez, 2022). Özellikle daha açık bir renge sahip olan filmlerin üretilmesi, tüketicilerin ilgisini daha çok çekebilir. Bunun için de farklı mantar türlerinin konu edilmesi ve/veya başarılı optimizasyon çalışmalarının yürütülmesi elzemdir. Ayrıca, üretilen yenebilir filmlerin gıda maddelerinin ambalajlanmasında kullanılması ve depolama sırasında elde edilen veriler, filmlerin kullanım potansiyellerinin açığa çıkartılabilmesi bakımından önem taşıyacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmayı destekleyen OKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (Proje No: OKÜBAP-2021-PT3-004) teşekkürlerimizi sunarız.

### **Yayın Etiği Beyanı**

Bu çalışma Doç. Dr. Fuat Bozok ve Doç. Dr. Özge Süfer danışmanlığında, Eylül 2022 tarihinde Mukaddes Gökyermez tarafından tamamlanan, “Osmaniye’de Yayılış Gösteren *Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* Makromantarlarının Özütleri Kullanılarak Kitosan Temelli Yenebilir Film Üretilmesi ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır (Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, 2022).

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar hem birbirleriyle hem de herhangi bir kurum/kuruluş ile çıkar çatışmaları olmadığını beyan ederler.

## 5. Kaynaklar

- Aghraz, A., Gonçalves, S., Rodríguez-Solana, R., Dra, L. A., Di Stefano, V., Dugo, G., Romano, A., Antioxidant activity and enzymes inhibitory properties of several extracts from two Moroccan Asteraceae species. *South African Journal of Botany*, 118, 58-64, 2018.
- Altuntaş, D., Bozok, F., Taşkın, H., Kabaktepe, Ş., Alli, H., Akata, I. New additions to Turkish mycota from Ankara, Balıkesir, and Kütahya provinces. *Turkish Journal of Botany*, 45(1), 83-94, 2021.
- Badalyan, S.M., Zambonelli, A., Biotechnological Exploitation of Macrofungi for the Production of Food, Pharmaceuticals and Cosmeceuticals (Chapter 9) in book of *Advances in Macrofungi: Diversity, Ecology and Biotechnology*, Edited by Ramaiah Sridhar and Sunil Kumar, CRC Press, 366, 2019.
- Barros, L., Calhelha, R. C., Vaz, J. A., Ferreira, I. C., Baptista, P., Estevinho, L. M. Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology*, 225(2), 151-156, 2007.
- Bégin, A., Van Calsteren, M. R. Antimicrobial films produced from chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 26(1), 63-67, 1999.
- Bilbao-Sainz, C., Chiou, B. S., Williams, T., Wood, D., Du, W. X., Sedej, I., McHugh, T. Vitamin D-fortified chitosan films from mushroom waste. *Carbohydrate Polymers*, 167, 97-104, (2017).
- Bonilla, J., Sobral, P. J., Investigation of the physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. *Food Bioscience*, 16, 17-25, 2016.
- Bozok, F., Taşkın, H., Büyükalaca, S., Doğan, H. H., Assyoğ, B. *Cryptomarasmius corbariensis* (Physalacriaceae, Agaricales) in Turkey with first molecular data on the species from Eurasia. *Nova Hedwigia*, 107(1-2), 110-116, 2018.
- Bozok, F., Assyoğ, B., Taşkın, H., Doğan, H. H., Buyukalaca, S. Molecular phylogenetic studies of Turkish boletes with emphasis on some recently described species. *Nova Hedwigia*, 110(1-2), 99-129, 2020.
- Cheung, L. M., Cheung, P. C., Ooi, V. E. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*, 81(2), 249-255, 2003.
- Crognale, S., Russo, C., Petruccioli, M., D'annibale, A. Chitosan production by fungi: current state of knowledge, future opportunities and constraints. *Fermentation*, 8(2), 76. 2022.
- Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P.M., Agabbio, M., Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4780-4784, 2004.

- Doğan, H. H., Bozok, F., Taşkın, H. A new species of *Barssia* (Ascomycota, Helvellaceae) from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 42(5), 636-643, 2018.
- Dündar, Ö., Demircioğlu, H., Özkaya, O., Dündar, B. Kültür mantarlarının muhafazası ve kalite özellikleri üzerine yapılan araştırmalar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 150-154, 2016.
- Erdem, B. G., Diblan, S., Kaya, S. Development and structural assessment of whey protein isolate/sunflower seed oil biocomposite film. *Food and Bioproducts Processing*, 118, 270-280, 2019.
- Fadhil, A., Mous, E. F. Some characteristics and functional properties of chitin produced from local mushroom *Agaricus bisporus*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 761(1), 012127, 2021.
- Gao, Y., Tang, W., Gao, H. E., Chan, E., Lan, J., Li, X., Zhou, S. Antimicrobial activity of the medicinal mushroom *Ganoderma*. *Food Reviews International*, 21(2), 211-229, 2005.
- Gezer, K., Duru, M. E., Kivrak, I., Turkoglu, A., Mercan, N., Turkoglu, H., Gulcan, S. Free-radical scavenging capacity and antimicrobial activity of wild edible mushroom from Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 5(20), 1924-1928, 2006.
- Goy, R. C., Britto, D. D., Assis, O. B. A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, 19, 241-247, 2009.
- Gökyermez, M., Osmaniye’de Yayılış Gösteren *Amanita caesarea* ve *Boletus reticulatus* Makromantarlarının Özüleri Kullanılarak Kitosan Temelli Yenilebilir Film Üretilmesi ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 45 sayfa, 2022.
- Heleno, S. A., Barros, L., Sousa, M. J., Martins, A., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C. Targeted metabolites analysis in wild *Boletus* species. *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1343-1348, 2011.
- Janesch, J., Jones, M., Bacher, M., Kontturi, E., Bismarck, A., Mautner, A. Mushroom-derived chitosan-glucan nanopaper filters for the treatment of water. *Reactive and Functional Polymers*, 146, 104428, 2020.
- Jayakumar, T., Thomas, P. A., Geraldine, P. In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(2), 228-234, 2009.
- Ke, C. L., Deng, F. S., Chuang, C. Y., Lin, C. H. Antimicrobial actions and applications of chitosan. *Polymers*, 13(6), 904, 2021.
- Koc, B., Akyuz, L., Cakmak, Y. S., Sargin, I., Salaberria, A. M., Labidi, J., Kaya, M. Production and characterization of chitosan-fungal extract films. *Food Bioscience*, 35, 10054, 2020.

- Kong, M., Chen, X. G., Xing, K., Park, H. J. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 51-63, 2010.
- Leceta, I., Guerrero, P., Ibarburu, I., Dueñas, M. T., De la Caba, K. Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films. *Journal of Food Engineering*, 116(4), 889-899, 2013.
- Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., Ahmad, I., Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis, *Food Chemistry*, 175, 575-584, 2015.
- Macáková, K., Opletal, L., Polášek, M., Samková, V., & Jahodář, L. Free-radical scavenging activity of some European Boletales. *Natural Product Communications*, 4(2), 261-264, 2009.
- Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Akman, P. K., Bozkurt, F., Birech, K., Tornuk, F., Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 124-132, 2021.
- Martins, J. T., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., Influence of  $\alpha$ -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 220-227, 2012.
- Mau, J. L., Lin, H. C., Chen, C. C. Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6072-6077, 2002.
- Mokhtari-Hosseini, Z. B., Hatamian-Zarmi, A., Mohammadnejad, J., Ebrahimi-Hosseinzadeh, B. Chitin and chitosan biopolymer production from the Iranian medicinal fungus *Ganoderma lucidum*: Optimization and characterization. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 48(7), 662-670, 2018.
- Naeem, M. Y., Ozgen, S., Sumayya, R. A. N. İ. Emerging role of edible mushrooms in food industry and its nutritional and medicinal consequences. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 4(1), 6-23, 2020.
- Neville, P., Poumarat, S., Rebaudengo, E., *Fungi Europaei*, Volume 9 - Amanita, Limacella & Torrendia, Publisher: Edizioni Candusso, 2004.
- Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Gardrat, C., Rezaei, M. R., Hashemi, M., Le Coz, C., Coma, V., Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films. *Food Hydrocolloids*, 70, 36-45, 2017.
- Pérez-Gago, M. B., Nadaud, P., Krochta, J. M., Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. *Journal of Food Science*, 64(6), 1034-1037, 1999.



- Priyadarshi, R., Kumar, B., Deeba, E., Kulshreshtha, A., Negi, Y. S. Chitosan films incorporated with apricot (*Prunus armeniaca*) kernel essential oil as active food packaging material. *Food Hydrocolloids*, 85, 158-166, 2018.
- Puttaraju, N. G., Venkateshaiah, S. U., Dharmesh, S. M., Urs, S. M. N., Somasundaram, R. Antioxidant activity of indigenous edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 9764-9772, 2006.
- Raafat, D., Sahl, H. G. Chitosan and its antimicrobial potential—A critical literature survey. *Microbial Biotechnology*, 2(2), 186-201, 2009.
- Rabea, E. I., Badawy, M. E. T., Stevens, C. V., Smagghe, G., Steurbaut, W. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4(6), 1457-1465, 2003.
- Ramírez-Anguiano, A. C., Santoyo, S., Reglero, G., Soler-Rivas, C. Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edible mushrooms commonly consumed in Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(12), 2272-2278, 2007.
- Rice-Evans, C., Miller, N., Paganpa, G., Antioxidant properties of phenolic compounds, *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159, 1997.
- Sady, S., Błaszczuk, A., Kozak, W., Boryło, P., Szindler, M., Quality assessment of innovative chitosan-based biopolymers for edible food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 100756, 2021.
- Sathiyaseelan, A., Shajahan, A., Kalaichelvan, P. T., Kaviyaran, V. Fungal chitosan based nanocomposites sponges-An alternative medicine for wound dressing. *International journal of biological macromolecules*, 104, 1905-1915, 2017.
- Savin, S., Craciunescu, O., Oancea, A., Ilie, D., Ciucan, T., Antohi, L. S., Oancea, F. Antioxidant, cytotoxic and antimicrobial activity of chitosan preparations extracted from *Ganoderma lucidum* mushroom. *Chemistry & Biodiversity*, 17(7), e2000175, 2020.
- Sesli, E., Denchev, C. M. Checklists of the myxomycetes, larger ascomycetes, and larger basidiomycetes in Turkey. *Mycotaxon*, 106(2008), 65, 2014.
- Silva-Rodrigues, H. C., Silveira, M. P., Helm, C. V., de Matos Jorge, L. M., Jorge, R. M., Gluten free edible film based on rice flour reinforced by guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) pulp. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(41), 49254, 2020.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H., Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669-675, 2006.
- Sharma, S. K., Gautam, N. Chemical, bioactive, and antioxidant potential of twenty wild culinary mushroom species. *BioMed Research International*, 2015, 1-12 2015.

- Silva-Rodrigues, H. C., Silveira, M. P., Helm, C. V., de Matos Jorge, L. M., Jorge, R. M., Gluten free edible film based on rice flour reinforced by guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) pulp. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(41), 49254, 2020.
- Siripatrawan, U., Harte, B. R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 770-775, 2010.
- Smolskaitė, L., Venskutonis, P. R., Talou, T. Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 462-471, 2015.
- Stacewicz-Sapuntzakis, M., Bowen, P., Hussain, E., Damayanti-Wood, B., Farnsworth, N., Chemical composition and potential health effects of prunes: A Functional Food?, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(4), 251-286, 2001.
- Sun, T., Zhou, D., Xie, J., Mao, F. Preparation of chitosan oligomers and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 225(3), 451-456, 2007.
- Szydłowska-Czerniaka, A., Dianoczki, C., Recseg, K., Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*, 76, 899-905, 2008.
- Xie, W., Xu, P., Liu, Q. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 11(13), 1699-1701, 2001.
- Yang, J. H., Lin, H. C., Mau, J. L. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *Food chemistry*, 77(2), 229-235, 2002.
- Yasrebi, N., Zarmi, A. H., Larypoor, M., Zeynali, M., Ebrahimi-Hosseinzadeh, B., Mokhtari-Hosseini, Z. B., Alvandi, H. In vivo and in vitro evaluation of the wound healing properties of chitosan extracted from *Trametes versicolor*. *Journal of Polymer Research*, 28(10), 1-11, 2021.
- Yen, M. T., Yang, J. H., Mau, J. L. Antioxidant properties of chitosan from crab shells. *Carbohydrate polymers*, 74(4), 840-844, 2008.
- Zhang, L., Liu, Z., Sun, Y., Wang, X., Li, L., Effect of  $\alpha$ -tocopherol antioxidant on rheological and physicochemical properties of chitosan/zein edible films. *LWT-Food Science and Technology*, 118, 108799, 2020.
- <https://boletales.com/genera/boletus/b-reticulatus/> Erişim tarihi: 27.06.2022