



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Ağın, R. & Çavuşoğlu, Ş. (2024). Derim Sonrası Melatonin ve Jelatin Uygulamalarının *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*)'in Modifiye Atmosfer Koşullarında Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 128-137.


Geliş(Received) :16.11.2024
Kabul(Accepted) :20.12.2024


Araştırma Makalesi
Doi: 10.30708/mantar.1586664

Derim Sonrası Melatonin ve Jelatin Uygulamalarının *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*)'in Modifiye Atmosfer Koşullarında Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Ramazan AĞIN¹, Şeyda ÇAVUŞOĞLU²

*Sorumlu yazar: scavusoglu@yyu.edu.tr

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, Türkiye/
ramazanagin6@gmail.com 

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye/
scavusoglu@yyu.edu.tr 

Öz: Bu çalışma, *Agaricus campestris* L. (İçi Kızıl) türüne melatonin ve jelatin uygulamalarının derim sonrası fizyolojik değişiklikler üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mantar Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yetiştirilen *A. campestris* mantarları kullanılarak yürütülmüştür. Derimi gerçekleştirilen mantarlar dört gruba ayrılmış ve sırasıyla kontrol, 0.5 mM melatonin, %1 jelatin ve 0.5 mM melatonin + %1 jelatin kombinasyonu şeklinde farklı uygulamalara tabi tutulmuştur. Uygulamalar sonrasında mantarlar, belirli aralıklarla (0, 4, 8, 12 ve 16. günlerde) soğuk hava depolarında analiz edilmiştir. Analizlerde, mantarların organik asit içerikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Organik asit analizlerinde oksalik asit, sitrik asit, malik asit, süksenik asit, fumarik asit ve tartarik asit içerikleri ölçülmüştür. Sonuç olarak; melatonin ve jelatin uygulamalarının *A. campestris* mantar türünün derim sonrası fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler sağladığı görülmüştür. Bu uygulamaların, mantarların raf ömrünü uzatmak ve kalite kayıplarını azaltmak amacıyla potansiyel olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Agaricus campestris*, Derim sonrası, Jelatin, Melatonin, Organik asitler

Changes in Organic Acid Content of *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*) Under Modified Atmosphere Conditions by Postharvest Melatonin and Gelatin Applications

Abstract: This study aims to investigate the effects of melatonin and gelatin applications on postharvest physiological changes in *Agaricus campestris* L. (İçi kızıl). The research was conducted using *Agaricus campestris* L. grown at the Mushroom Research and Application Center of Van Yüzüncü Yıl University. The harvested mushrooms were divided into four groups and subjected to different treatments: control, 0.5 mM melatonin, 1% gelatin, and a combination of 0.5 mM melatonin + 1% gelatin. After the treatments, the mushrooms were analyzed in cold storage at specific intervals (0, 4, 8, 12, and 16 days). During the analyses, the organic acid contents of the mushrooms were thoroughly examined. The contents of oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid, and tartaric acid were measured in the organic acid analyses. As a result, it was observed that melatonin and gelatin applications had positive effects



on the postharvest physiology of *A. campestris*. These applications are potentially suggested for extending shelf life and reducing quality losses of mushrooms. As a result, it was observed that melatonin and gelatin applications had positive effects on the postharvest physiology of *A. campestris*. These applications are potentially suggested for extending shelf life and reducing quality losses of mushrooms.

Keywords: *Agaricus campestris*, Postharvest, Gelatin, Melatonin, Organic acids

Giriş

Günümüzde tarım ve gıda ürünleri üretiminde gün geçtikçe artış yaşandığı görülmektedir. Bu artış, ürünlerin muhafaza edilmesi ve raf ömürlerinin uzatılması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Gıdaların raf ömrünü uzatmak için depolama şartlarının uygun olması esastır. Bu amaçla kullanılan yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, gıdaları korumak ve raf ömürlerini uzatmak için geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, gıdanın yüzeyinde oluşturulan ince bir tabaka veya gıda ile birlikte tüketilebilen, sentetik olmayan ve doğal kaynaklardan elde edilen materyallerdir. Bu materyaller, nem, gaz ve katı maddelerin hareketini kontrol ederek gıdanın tazelik ve kalitesini korumaya yardımcı olmaktadır (Keleş, 2002; Çavuşoğlu ve ark., 2019).

Mantar yetiştiriciliği, yıl boyunca kontrollü ortamlarda üretim yapabilme, çevresel koşullardan bağımsız olma ve aynı alandan hemen hemen bütün yıl boyunca hasat yapabilme potansiyeli nedeniyle kârlı bir tarımsal faaliyettir. Mantarlar, besin değeri yüksek olup, kolay sindirilebilir proteinler, su, karbonhidratlar, amino asitler, vitaminler (A, B, C, D ve K) ve mineraller açısından zengindir (López-Palestina et al., 2018).

Derimden sonra taze ürünlerin depolanması sırasında jelatin kaplamaların uygulanması, meyve ve sebzelerin kalitesini artırmada ve raf ömrünü uzatmada önemli bir rol oynamaktadır. Kolajenden türetilen bir biyopolimer olan jelatin, nem kaybını azaltmaya, gaz değişimini kontrol etmeye ve mikrobiyal bozulmaya karşı korumaya yardımcı olan yarı geçirgen bir bariyer sağlayan etkili bir yenilebilir kaplama görevi görmektedir. Jelatin kaplamaların temel faydalarından biri, meyve ve sebzelerdeki su kaybını en aza indirme yetenekleridir. Çalışmalar, jelatin kaplamaların nem buharlaşmasını sınırlayan bir bariyer oluşturarak depolama sırasında ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Gol and Rao, 2014; Radi et al., 2017). Bu özellikle önemlidir çünkü aşırı su kaybı solmaya ve doku bozulmasına yol açabilir ve sonuçta ürünün duyusal kalitesini etkileyebilir.

Taze kesilmiş portakalları içeren bir çalışmada, Aloe vera ile birleştirilmiş jelatin kaplamalar ağırlık kaybında ve mikrobiyal büyümede belirgin bir azalma göstererek raf ömrünü uzatmıştır (Radi et al., 2017).

Benzer şekilde, soğuk depolama sırasında kabakların sertliğini ve dokusal bütünlüğünü korumadaki etkinliği vurgulanmıştır (Bari and Giannouli, 2022). Jelatin kaplamalar nem kaybını azaltmanın yanı sıra mikrobiyal kontaminasyona karşı koruyucu bir tabaka sağlayarak depolanan ürünün genel kalitesini artırmaktadır.

Örneğin, jelatinin *Mentha pulegium* uçucu yağı ile kombinasyonu sadece çiçeklerin fizikokimyasal özelliklerini korumakla kalmamış, aynı zamanda soğutma sırasında duyusal özelliklerini de iyileştirmiştir (Aitboulahsen et al., 2018). Ayrıca, jelatin kaplamalar depolama sırasında meyve ve sebzelerin antioksidan özelliklerini olumlu yönde etkilediği gibi, ürünün besin kalitesi için hayati önem taşıyan fenolikler ve askorbik asit gibi biyoaktif bileşikleri korumaya yardımcı olabileceğini göstermektedir (López-Palestina et al., 2018). Antioksidanların bu şekilde korunması, meyve ve sebze tüketimiyle ilişkili sağlık yararlarına katkıda bulunduğu için hayati önem taşır.

Özetle, derimden sonra depolama sırasında jelatin kaplamaların uygulanması, taze ürünlerin kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için önemlidir. Nem kaybını azaltarak, mikrobiyal bozulmaya karşı bir bariyer sağlayarak ve biyoaktif bileşikleri koruyarak, jelatin kaplamalar derim sonrası yönetim uygulamalarını iyileştirmek için umut verici bir strateji sunmaktadır. Tüketicilerin taze ve asgari düzeyde işlenmiş gıdalara olan talebi artmaya devam ettikçe, jelatin kaplamaların derim sonrası işleme protokollerine entegre edilmesi gıda israfını önemli ölçüde azaltacağı gibi gıda güvenliğini de artırabilir.

Organik asitler mantarların tadını ve görünümünü değiştirmede önemli bir rol oynar ve antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal özellikler de dahil olmak üzere biyolojik aktivitelerine katkıda bulunurlar. Malik ve süksinik asitler gibi organik asitlerin varlığı, çeşitli mantar türlerinin lezzet profili üzerindeki etkileri nedeniyle özellikle belirtilmiştir. Organik asitlerin mantarların tadını ve aromasını belirlemede çok önemli olduğu, malik ve süksinik asitlerin bu duyusal özelliklere önemli katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Jabłońska-Ryś et al., 2022). Organik asitlerin biyolojik rolleri lezzet artırmanın ötesine uzanır; ayrıca oksidatif strese ve inflamasyona

karşı koruyucu özellikleriyle de tanınırlar. Bunun yanısıra çeşitli hastalıklara, özellikle oksidatif stresle ilişkili olanlara karşı koruyucu ajanlar olarak hizmet edebileceği ve böylece potansiyel sağlık yararlarını vurgulayabileceğini öne sürülmektedir (Carocho et al., 2013; Panthong et al., 2016; Stojković et al., 2014). Kültür mantarlarında bulunan organik asitlerin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerine dair ayrıntılı bilgi verilmekte ve bu bileşiklerin gıda ürünlerinde doğal koruyucu olarak işlev görebileceği bildirilmiştir (Panthong et al., 2016; Stojković et al., 2014). Sitrik ve malik asitler gibi bazı organik asitlerin metalleri şelatlama ve serbest radikalleri nötralize etme yeteneğine sahip olduğu ve bu özellikleriyle koruyucu rollerinin daha da ön plana çıktığı belirtilmiştir (Leal et al., 2013). Mantarlardaki organik asitler ve diğer biyoaktif bileşikler arasındaki etkileşim de dikkate değerdir. Dahası, organik asitlerin işleme ve depolama sırasında nispeten kararlı olduğunu ve bunları mantarların kalitesini korumak için güvenilir bileşenler haline getirdiğini göstermektedir (Valentão et al., 2005). Lezzet ve sağlık yararlarına ek olarak, organik asitler yenilebilir mantarların tadının öncelikle organik asitler de dahil olmak üzere çeşitli suda çözünür maddelerden kaynaklandığını ve bunların genel besin değerlerine katkıda bulunduğunu vurgulamaktadır (Xun et al., 2021; Yang et al., 2019) Mantarlarda bulunan organik asitlerin çeşitliliği dikkat çekmeye değer bir başka husustur. Süksinik, malik ve sitrik asit de dahil olmak üzere çeşitli organik asitlerin farklı mantar türlerinde bulunduğunu ve her birinin lezzetine ve sağlık yararlarına benzersiz şekilde katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır (Fujita et al., 1990). Bu çeşitlilik, farklı organik asitler farklı avantajlar sunabileceğinden, çeşitli mantar türlerinin mutfak ve tıbbi uygulamalarda kullanılma potansiyelini vurgulamaktadır. Ek olarak, mantarların ürettiği organik asitlerin antimikrobiyal aktivitesinin tarımsal amaçlar için, özellikle fitopatojenik bakterilerle mücadelede kullanılabilirliğini öne sürülmektedir (Kwak et al., 2016). Sonuç olarak, organik asitler mantarların duyuşal ve biyolojik özelliklerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Sadece lezzet ve aromayı artırmakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktiviteleri sayesinde önemli sağlık yararları da sağlar. Mantarlardaki organik asitlerin rollerine yönelik devam eden araştırmalar hem mutfak hem de sağlık alanlarına çok yönlü katkılarını ortaya koymaya devam etmekte olup, bu bileşiklerin mantarların bir gıda kaynağı olarak değerini artırmadaki önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada, tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amacıyla içikızıl mantarına (Sesli ve ark., 2020) melatonin ve jelatin uygulamalarının hasat

sonrasında organik asit değişimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metod

Mataryel

Çalışmada, materyal olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mantar Araştırma ve Uygulama Merkezine ait, yetiştirme koşulları kontrol edilebilen ranza sistemli odalarda yetiştirilen *Agaricus campestris* kullanılmıştır.

Metod

Optimum derim koşullarında hasadı gerçekleştirilen mantarlara öncelikle 10°C'de ön soğutma yapılmıştır. Ön soğutma işleminden sonra mantarlar aynı şekilde boylandıktan sonra mekanik hasarı olanlar elemine edilmiştir. Sterilasyonu sağlamak amacıyla 250 ppm'lik çamaşır suyunda (NaClO) 1 dakika boyunca tutulmuştur. Klorit kalıntısını gidermek için saf suda üç defa durulandıktan sonra kurutma kağıdı üzerine yerleştirilerek kurumaya bırakılmıştır.

Mantarlar, %1'lik jelatin yenilebilir kaplama malzemesi (2 defa, 5 saniye) ve 0.5 mM melatonine (3 dakika) daldırıldıktan sonra kurutma kağıdı üzerine yerleştirilerek kurumaya bırakılmıştır. Kontrol grubu ise 3 dakika saf suda bekletilmiştir. Uygulama yapıldıktan sonra mantarlar (*Agaricus campestris*) köpük tabaklar içerisinde ve her tabak içerisinde 6 adet olacak şekilde üzeri strech film ile kaplanıp ve 4°C sıcaklıkta ve %90-95 oransal nem içeren soğuk hava depolarına aktarılmıştır. Çalışma 3 tekerürlü olacak şekilde kurulup, muhafaza süresince 4 gün aralıklarla depodan alınan örneklerde analizler yapılmıştır.

Organik Asitler

Mantarlarda organik asitlerin belirlenmesinde, (Bevilacqua and Califano, 1989), tarafından geliştirilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. 2 g mantar örneği üzerine 10 ml ultra saf su eklenip homojenize edildikten sonra, örnekler 15 dakika 12000 devirde santrifüjlenmiştir. Santrifüjden elde edilen süpernatant kısım 0.45 µm membran filtreden geçirilip, HPLC' de okunmak üzere viyallere aktarılmıştır. Okumalar DAD dedektörü 210 nm dalga boyuna ayarlanıp mobil faz olarak 0.009 N H₂SO₄ kullanılmıştır.

İstatistik Analiz

Araştırmada elde edilen veriler, tesadüf parseller deneme desenine göre varyans analizi ile p<0.05 önemlilik düzeyine göre değerlendirilmiştir. Bu özellikler bakımından uygulamalar ve depolama süreleri arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla faktöriyel deneme desenine göre tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinin ardından, uygulamalar ve depolama süreleri

ortalamları arasındaki farkı belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistiksel anlamlılık düzeyi %5 olarak kabul edilmiş ve hesaplamalar "SPSS version 20.0" istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Oksalik Asit

Mantarın 4°C ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması sırasında tutulması ile oksalik asit değerinde meydana gelen değişimler Tablo 1 ve Şekil 1 verilmiştir.

Mantarın 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında oksalik asit

değerlerinde meydana gelen değişimler bakıldığında; depolama süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, depo ömrü sonunda; 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında artış, diğer uygulamaların ise azalış gösterdikleri belirlenmiştir. Depolama süresi sonunda en yüksek oksalik asit değerinin 3213.032 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 2735.134 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL uygulamasında olduğu tespit edilmiştir İstatistiksel olarak bakıldığında hem depolama süreleri arasındaki fark hem de uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 1. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Oksalik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 128 ^{A ab}	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 54 ^a
4	3045.842 ± 152 ^{A a}	2644.728 ± 257 ^{A b}	2753.411 ± 19 ^{A b}	3136.456 ± 7 ^{A a}	2895.109 ± 88 ^{bc}
8	2548.146 ± 170 ^{AB b}	2893.892 ± 106 ^{A ab}	2790.684 ± 93 ^{AB b}	2488.051 ± 26 ^{B b}	2680.193 ± 69 ^c
12	3211.766 ± 182 ^{A a}	2493.247 ± 33 ^{B b}	3387.152 ± 146 ^{A a}	3062.101 ± 87 ^{A a}	3038.566 ± 114 ^{ab}
16	3000.146 ± 100 ^{A ab}	2735.456 ± 185 ^{A ab}	3179.158 ± 235 ^{A ab}	3213.032 ± 39 ^{A a}	3031.948 ± 88 ^{ab}
Uyg. Ort.	3004.849 ± 86 ^{AB}	2797.134 ± 90 ^B	3065.751 ± 86 ^A	3023.597 ± 78 ^{AB}	
	p^{Uygulama} = 0.016	p^{D.S.} = 0.001		p^{Uygulama x D.S.} = 0.005	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Sitrik Asit

Mantarının 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında sitrik asit değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde; depolama süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, kontrol grubu hariç diğer uygulamalarda başlangıç değerine göre artış gösterdikleri belirlenirken, depolama

sonunda veriler incelendiğinde, en yüksek sitrik asit değerinin 14.000 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 7.109 mg kg⁻¹ kontrol grubunun olduğu saptanmıştır (Tablo 2; Şekil 1) . İstatistiksel olarak bakıldığında uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 2. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Sitrik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MELJelatin	
0	8.145 ± 0.981 ^{A a}	8.145 ± 0.981 ^{A a}	8.145 ± 0.981 ^{A bc}	8.145 ± 0.981 ^{A cd}	8.145 ± 0.418 ^a
4	6.820 ± 0.583 ^{B a}	8.664 ± 1.779 ^{AB a}	10.906 ± 0.333 ^{A a}	7.655 ± 0.238 ^{AB d}	8.511 ± 0.616 ^a
8	7.194 ± 0.257 ^{B a}	10.030 ± 0.754 ^{A a}	6.749 ± 0.325 ^{B cd}	10.320 ± 0.693 ^{A bc}	8.573 ± 0.540 ^a
12	6.664 ± 0.537 ^{B a}	12.159 ± 0.299 ^{A a}	5.209 ± 0.352 ^{B d}	12.160 ± 1.062 ^{A ab}	9.048 ± 0.989 ^a
16	7.109 ± 0.063 ^{C a}	10.491 ± 1.577 ^{B a}	8.683 ± 0.356 ^{BC b}	14.000 ± 0.152 ^{A a}	10.071 ± 0.847 ^a
Uyg. Ort.	7.187 ± 0.258 ^B	9.898 ± 0.593 ^A	7.938 ± 0.549 ^B	10.456 ± 0.697 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.001	p^{D.S.} = 0.017		p^{Uygulama x D.S.} = 0.001	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Malik Asit

Depolama boyunca malik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu, depolama süresi boyunca tüm uygulamaların azalış gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en yüksek malik asit değerinin

107.003 mg kg⁻¹ ile 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasının olduğu, en düşük değer ise 93.647 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3 ve şekil 1). İstatistiksel olarak depolama süreleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 3. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Malik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 3.348 ^a
4	112.979 ± 1.698 ^{A b}	102.929 ± 5.017 ^{B b}	103.525 ± 0.102 ^{B b}	109.830 ± 1.018 ^{AB b}	107.316 ± 1.720 ^b
8	80.466 ± 5.530 ^{C c}	111.511 ± 3.914 ^{A b}	97.641 ± 1.857 ^{AB b}	91.570 ± 6.371 ^{BC c}	95.297 ± 3.937 ^c
12	107.467 ± 3.683 ^{A b}	110.977 ± 0.169 ^{A b}	108.277 ± 5.278 ^{A b}	91.315 ± 5.021 ^{B c}	104.509 ± 2.908 ^b
16	105.263 ± 2.582 ^{A b}	99.715 ± 1.441 ^{AB b}	93.647 ± 2.260 ^{B b}	107.003 ± 2.277 ^{A bc}	101.407 ± 1.830 ^{bc}
Uyg. Ort.	109.212 ± 5.386 ^A	113.003 ± 4.167 ^A	108.595 ± 4.697 ^A	107.920 ± 5.122 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.342	p^{D.S.} = 0.001		p^{Uygulama x D.S.} = 0.003	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Süksenik Asit

Mantarın 4°C ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması sırasında sitrik asit değerinde meydana gelen değişimler Tablo 4; ve Şekil 1 verilmiştir. Depolama sonunda tüm uygulamalarda azalışların olduğu gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek

süksenik asit değerinin 24.948 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 17.180 mg kg⁻¹ ile kontrol grubu olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde depolama süreleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 4 *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Süksenik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.312 ^a
4	24.621 ± 0.063 ^{AB b}	26.033 ± 0.081 ^{AB b}	24.040 ± 0.766 ^{B b}	26.635 ± 1.175 ^{A a}	25.332 ± 0.435 ^b
8	20.177 ± 0.258 ^{AB c}	21.580 ± 0.419 ^{A c}	18.943 ± 1.261 ^{B c}	21.324 ± 0.232 ^{A b}	20.506 ± 0.430 ^{cd}
12	14.715 ± 0.040 ^{B e}	15.710 ± 0.717 ^{B d}	23.893 ± 0.445 ^{A b}	20.496 ± 2.111 ^{A b}	18.703 ± 1.219 ^d
16	17.180 ± 0.000 ^{C d}	20.700 ± 0.828 ^{B c}	24.948 ± 0.829 ^{A b}	22.617 ± 0.326 ^{B b}	21.361 ± 0.896 ^c
Uyg. Ort.	21.000 ± 1.323 ^A	22.466 ± 1.197 ^A	24.026 ± 0.864 ^A	23.876 ± 0.925 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.001	p^{D.S.} = 0.001		p^{Uygulama x D.S.} = 0.001	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Fumarik Asit

Depolama sonunda en yüksek fumarik asit değerinin 36.427 mg kg⁻¹ ile 0.5 mM MEL ve 36.427 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu, en düşük

değer ise 24.344 mg kg⁻¹ ile kontrol grubu olduğu saptanmıştır (Tablo 5; Şekil 1). Fumarik asit değerine bakıldığından depolama süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 5. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Fumarik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	21.977 ± 0.125 ^{A bc}	21.977 ± 0.125 ^{A b}	21.977 ± 0.125 ^{A cd}	21.977 ± 0.125 ^{A b}	21.977 ± 0.053 ^b
4	20.756 ± 0.610 ^{A c}	21.336 ± 1.528 ^{A b}	21.336 ± 1.528 ^{A d}	22.247 ± 2.838 ^{A b}	21.488 ± 0.748 ^b
8	35.662 ± 0.687 ^{A a}	24.052 ± 0.414 ^{B b}	24.052 ± 0.414 ^{B bc}	25.938 ± 1.193 ^{B ab}	27.531 ± 1.477 ^a
12	33.261 ± 0.946 ^{A a}	20.661 ± 0.056 ^{C b}	20.661 ± 0.056 ^{B a}	29.484 ± 0.453 ^{B a}	28.560 ± 1.458 ^a
16	24.344 ± 1.166 ^{B b}	36.427 ± 3.604 ^{A a}	36.427 ± 3.604 ^{B b}	26.226 ± 1.334 ^{B ab}	27.985 ± 1.732 ^a
Uyg. Ort.	27.200 ± 1.654 ^A	24.891 ± 1.706 ^A	24.768 ± 0.942 ^A	25.174 ± 0.941 ^A	
	$p^{Uygulama} = 0.017$		$p^{D.S.} = 0.001$		$p^{Uygulama \times D.S.} = 0.001$

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Öd: Önemli değil ($p < 0.05$)

Tartarik Asit

Mantarın 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında tartarik asit değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde; depo süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, kontrol grubu ve %1 jelatin uygulamasında artış olduğu belirlenirken diğer uygulamalarda azalışların olduğu tespit edildi. Depolama sonunda en

yüksek tartarik asit değerinin 45.695 mg kg⁻¹ ile kontrol grubunda olduğu, en düşük değer ise 28.066 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 6; Şekil 1). Depolama süreleri arasındaki fark ve uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 6. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Tartarik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	34.719 ± 0.674 ^{A b}	34.719 ± 0.674 ^{A ab}	34.719 ± 0.674 ^{A b}	34.719 ± 0.674 ^{A bc}	34.719 ± 0.288 ^b
4	46.788 ± 2.074 ^{A a}	38.151 ± 3.651 ^{B a}	31.743 ± 0.018 ^{B b}	35.803 ± 1.550 ^{B b}	38.121 ± 1.914 ^{ab}
8	35.466 ± 0.559 ^{A b}	33.412 ± 0.495 ^{B ab}	35.532 ± 0.000 ^{A b}	32.830 ± 0.690 ^{B bc}	34.310 ± 0.424 ^b
12	42.874 ± 4.063 ^{A a}	30.568 ± 0.549 ^{B b}	43.951 ± 3.132 ^{A a}	49.733 ± 4.293 ^{A a}	41.782 ± 2.545 ^a
16	45.695 ± 1.253 ^{A a}	29.537 ± 0.471 ^{B b}	42.312 ± 3.471 ^{A a}	28.066 ± 0.153 ^{B c}	36.402 ± 2.457 ^{ab}
Uyg. Ort.	41.108 ± 1.583 ^A	33.277 ± 1.044 ^B	37.652 ± 1.483 ^{AB}	36.230 ± 2.093 ^B	
	$p^{Uygulama} = 0.001$		$p^{D.S.} = 0.001$		$p^{Uygulama \times D.S.} = 0.001$

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Öd: Önemli değil ($p < 0.05$)

Tartışma

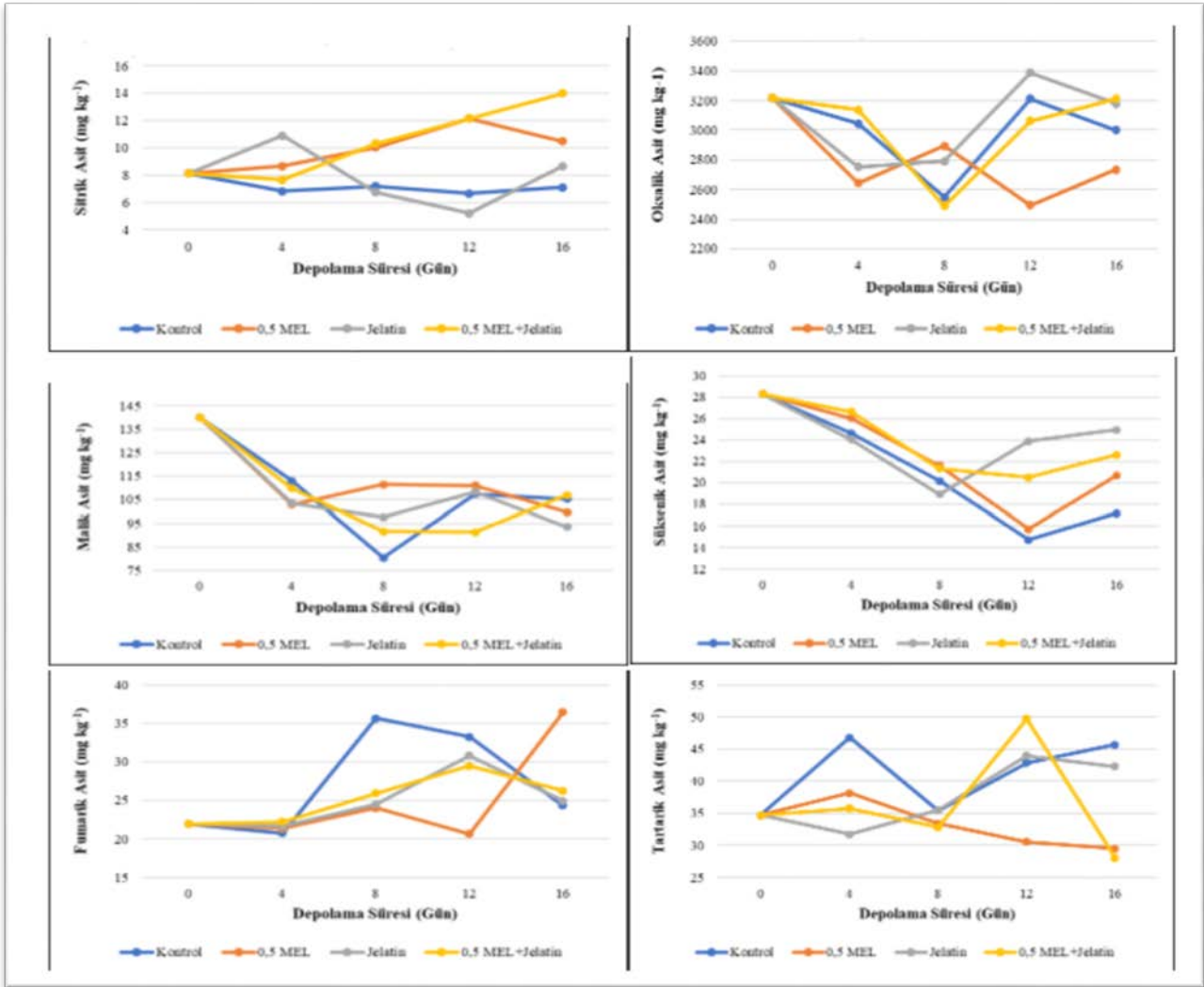
Organik asitler, meyve ve sebzelerin organoleptik özelliklerinin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır ve ayrıca antioksidan ve antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Robles et al., 2019). Olgunlaşmış meyvelerde malik ve sitrik asit gibi organik asitler genellikle hücre vakuollerinde depolanır ve bu asitler, meyvenin ekşi tadının oluşumunda önemli bir rol oynar. Organik asitlerin türden türe değişebileceği ve meyvelerde baskın olan bu asitlerde çeşitlilik göstermesi

yanısıra ilk olgunlaşma aşamasında fazla olması nedeniyle ekşi tat olmasını sağlamakta ancak olgunlaşmaya neden olan solunumda kullanıldıkları için asitlik miktarında azalma meydana gelmektedir (Kumar et al., 2019).

Olgunlaşma ve yaşlanma sürecinde meyve ve sebzelerde organik asitlerin bozulmasının iki yol izlediği bilinmektedir. İlk olarak, glukoneogenez sırasında trikaboksilik asit (TCA) döngüsünde bazı organik asitlerin şekerlere dönüşmektedir (Rodrigo et al., 2012). Bu

mekanizma ile glukoneogenezin, malat dehidrojenaz (MDH) ve fosfoenolpiruvat karboksikinaz (PEPCK) veya malik enzim ve piruvat ortofosfat dikinaz (PPDK) tarafından gerçekleştiği öne sürülmüştür. İkinci olarak, TCA döngüsünde organik asitlerin fermantasyonu sonucu etanole dönüştüğü ve organik asitlerde meydana gelen bu değişimlerin meyve ve sebzelerde asitlik miktarını azalttığı belirtilmiştir (Leegood and Walker, 2003; Vallarino and Osorio, 2019). Derim sonrası yenilebilir kaplama malzemelerinin, depolanan ürünlerde organik asitleri koruduğu ve solunum süresince kullanımlarını azalttığı bildirilmiştir (Moalemiyan and Ramaswamy, 2012; Panahirad et al., 2021). Kaplama malzemelerinin TCA metabolik yolunun yavaşlamasına yol açarak organik asitlerin solunum süresince tüketimini azaltabileceği düşünülmektedir (Şaran et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Mevcut çalışmada elde edilen veriler; oksalik asit, sitrik asit, malik asit, süksenik asit, fumarik asit ve tartarik asit değerlerindeki değişimler Çizelge 4.8-4.13'te belirtilmiştir. Çizelgelere bakıldığında, genel olarak organik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu oksalik asit, sitrik asit, malik asit ve fumarik asit değerlerini korumada en etkili yöntemin kombin uygulamaların olduğu, süksenik asit değerinde ise jelatin uygulamasının daha iyi koruyabildiği tespit edilmiştir. Organik asitlerin korunmasında kombin uygulamasının ön plana çıkmasında, kaplama ve melatonin uygulaması yapılan meyvelerde TCA'nın metabolik yolunun yavaşlatılması ve organik asitlerin solunum süresince kullanımlarının yavaşlamasından (Zhang et al., 2019) ve kombin uygulamasında ise hem melatonin hem de yenilebilir kaplama malzemelerinin olumlu etkilerinin bir araya gelmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. *A. campestris* mantar türünün depolanması sırasında organik asitlerde meydana gelen değişimler

Sonuç

Sonuç olarak, derimden sonra organik asitlerdeki değişiklikler, hasattaki olgunluk aşaması, depolama koşulları ve derim sonrası işlemler dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu değişiklikleri anlamak, meyve ve sebzelerin lezzetini, besin kalitesini ve raf ömrünü optimize etmek için önemlidir. Bu alandaki sürekli araştırmalar, tüketicilere sunulan ürünün kalitesini artıran iyileştirilmiş derim sonrası yönetim uygulamalarına yol açabilir.

Bu çalışmada, mantarların derim sonrası kalitesini korumak amacıyla Jelatin, Melatonin ve Melatonin + Jelatin kaplamalarının etkileri incelenmiştir. Derim sonrası kullanılan yenilebilir kaplama materyalleri, organik asitlerin solunum sürecinde tüketimini azaltarak meyve ve sebzelerde asitlik miktarının korunmasına katkı sağlar (Moalemiyan and Ramaswamy, 2012; Panahirad et al., 2021).

Ayrıca, kombin uygulamaların (melatonin ve yenilebilir kaplama malzemeleri birlikte kullanımı) organik asitlerin korunmasında etkili olduğu ve bu kombinasyonun trikaboksilik asit (TCA) metabolik yolunu yavaşlatarak organik asitlerin solunum sürecinde kullanımını azaltabileceği belirtilmiştir (ŞARAN et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Mevcut çalışmada elde edilen veriler; genel olarak organik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu oksalik asit, sitrik asit, malik asit ve fumarik asit değerlerini korumada en etkili yöntemin kombin uygulamaların olduğu, süksenik asit değerinde ise jelatin uygulamasının daha iyi koruyabildiği tespit edilmiştir.

Bu bulgular, mantarların derim sonrası kalitesini korumak için Melatonin + Jelatin kombinasyonunun etkili bir strateji olabileceğini göstermektedir. Jelatin kaplamalarının ve melatonin uygulamalarının, mantarların derim sonrası kalitesini artırmada ve depolama süresince

fizyolojik değişimleri kontrol etmede önemli bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak, bu bulguların pratik uygulamalara nasıl yansıtılacağını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, mantarların derim sonrası yönetiminde yeni ve etkili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Yazar Katkıları

Çalışma, Ramazan Ağın'nın yüksek lisans tezinin bir parçasıdır. Yapılan tüm yetiştirme ve laboratuvar çalışmaları Ramazan Ağın ve Şeyda Çavuşoğlu tarafından yapılmıştır. Çalışmanın son taslağı Ramazan Ağın ve Şeyda Çavuşoğlu tarafından kontrol edilmiş ve onaylanmıştır. Bu çalışma 23-25 Ekim 2024 tarihinde düzenlenen 12. Yemeklik Mantar Kongresi Özet Bildiri olarak sunulmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında ve diğer kurumlar ile herhangi bir çıkar çatışması yoktur. Bu çalışmanın yapılmasında ve yazılmasında bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm kaynaklara uygun biçimde atıfta bulunulduğu beyan olunur (Ramazan AĞIN, Şeyda ÇAVUŞOĞLU)

Etik Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

Teşekkür

FYL-2023-10801 proje numaralı çalışmamda maddi destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP) teşekkür ederiz. Bu çalışma yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Aitboulahsen, M., Zantar, S., Laglaoui, A., Chairi, H., Arakrak, A., Bakkali, M., and Hassani Zerrouk, M. (2018). Gelatin-based edible coating combined with Mentha pulegium essential oil as bioactive packaging for strawberries. *Journal of food quality*, 2018(1), 8408915.
- Bari, A., and Giannouli, P. (2022). Evaluation of Biodegradable Gelatin and Gelatin–Rice Starch Coatings to Fresh Cut Zucchini Slices. *Horticulturae*, 8(11), 1031.
- Bevilacqua, A., and Califano, A. (1989). Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 54(4), 1076-1076.
- Carocho, M., Barros, L., Antonio, A. L., Barreira, J. C., Bento, A., Kaluska, I., and Ferreira, I. C. (2013). Analysis of organic acids in electron beam irradiated chestnuts (*Castanea sativa* Mill.): Effects of radiation dose and storage time. *Food and chemical toxicology*, 55, 348-352.
- Çavuşoğlu, Ş., Keskin, N., Türkoğlu, N., (2019). Yenilebilir film ve kaplamaların hasat sonrası meyvelerin soğukta muhafazasında kullanım olanakları. *II. Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi*. 8-9 Kasım 2019, İzmir. 57-61.
- Fujita, T., Komemushi, S., and Yamagata, K. (1990). Analysis of organic acids in fruit-bodies of *Tricholoma giganteum* by high performance liquid chromatography. *Letters in applied microbiology*, 11(1), 27-29.
- Gol, N. B., and Rao, T. R. (2014). Influence of zein and gelatin coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.). *Fruits*, 69(2), 101-115.
- Jabłońska-Ryś, E., Sławińska, A., Skrzypczak, K., and Goral, K. (2022). Dynamics of changes in pH and the contents of free sugars, organic acids and LAB in button mushrooms during controlled lactic fermentation. *Foods*, 11(11), 1553.
- Keleş, F., (2002). Gıda Ambalajlama İlkeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:189, Erzurum.
- Kumar, S., Kumar, R., Pal, A., Chopra, D. S., (2019). Enzymes, Chapter 16. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables** (Editör: Yahia, E. M., Carrillo-Lopez, A.). Woodhead Publishing.
- Kwak, A.-M., Lee, I.-K., Lee, S.-Y., Yun, B.-S., and Kang, H.-W. (2016). Oxalic acid from *Lentinula edodes* culture filtrate: antimicrobial activity on phytopathogenic bacteria and qualitative and quantitative analyses. *Mycobiology*, 44(4), 338-342.
- Leal, A. R., Barros, L., Barreira, J. C., Sousa, M. J., Martins, A., Santos-Buelga, C., and Ferreira, I. C. (2013). Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International*, 50(1), 1-9.
- Leegood, R. C., and Walker, R. P. (2003). Regulation and roles of phosphoenolpyruvate carboxykinase in plants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 414(2), 204-210.
- López-Palestina, C. U., Aguirre-Mancilla, C. L., Raya-Pérez, J. C., Ramírez-Pimentel, J. G., Gutiérrez-Tlahque, J., and Hernández-Fuentes, A. D. (2018). The effect of an edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant properties of garmbullo (*Myrtillocactus geometrizans*) fruits. *Agronomy*, 8(11), 248.
- Moalemiyan, M., and Ramaswamy, H. (2012). Quality retention and shelf-life extension in mediterranean cucumbers coated with a pectin-based film. *Journal of food research*, 1(3), 159-168.
- Panahirad, S., Dadpour, M., Peighambardoust, S. H., Soltanzadeh, M., Gullón, B., Alirezalu, K., and Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose-and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110, 663-673.
- Panthong, S., Boonsathorn, N., and Chuchawankul, S. (2016). Antioxidant activity, anti-proliferative activity, and amino acid profiles of ethanolic extracts of edible mushrooms. *Genetics and Molecular Research*, 15(4), 1-14.
- Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., and Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of food quality*, 2017(1), 9764650.
- Robles, A., Fabjanowicz, M., Chmiel, T., and Płotka-Wasyłka, J. (2019). Determination and identification of organic acids in wine samples. Problems and challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 120, 115630.
- Rodrigo, M. J., Alquézar, B., Alférez, F., and Zacarías, L. (2012). Biochemistry of fruits and fruit products. *Handbook of fruits and fruit processing*, 2, 13-34.
- Sesli, E., Asan, A. ve Selçuk, F. (edlr.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekül, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu.,Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.
- Stojković, D., Reis, F. S., Glamočlija, J., Ćirić, A., Barros, L., Van Griensven, L. J., Ferreira, I. C., and Soković, M. (2014). Cultivated strains of *Agaricus bisporus* and *A. brasiliensis*: chemical characterization and evaluation of antioxidant

- and antimicrobial properties for the final healthy product–natural preservatives in yoghurt. *Food and function*, 5(7), 1602-1612.
- Şaran, E. Y., Çavuşoğlu, Ş., Alpaslan, D., Eren, E., Yılmaz, N., and Uzun, Y. (2022). Effect of egg white protein and agar-agar on quality of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during cold storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 173-181.
- Valentão, P., Lopes, G., Valente, M., Barbosa, P., Andrade, P. B., Silva, B. M., Baptista, P., and Seabra, R. M. (2005). Quantitation of nine organic acids in wild mushrooms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(9), 3626-3630.
- Vallarino, J. G., and Osorio, S. (2019). Organic acids. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 207-224). Elsevier.
- Xun, W., Wang, G., Zhang, Y., Ge, C., and Liao, G. (2021). Characterisation of LC-MS-based low molecular weight compounds and fatty acids of four wild edible mushrooms. *International Food Research Journal*, 28(5), 1009-1019.
- Yang, X., Zhang, Y., Kong, Y., Zhao, J., Sun, Y., and Huang, M. (2019). Comparative analysis of taste compounds in shiitake mushrooms processed by hot-air drying and freeze drying. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1100-1111.
- Zhang, W., Zhao, H., Zhang, J., Sheng, Z., Cao, J., and Jiang, W. (2019). Different molecular weights chitosan coatings delay the senescence of postharvest nectarine fruit in relation to changes of redox state and respiratory pathway metabolism. *Food chemistry*, 289, 160-168.