

## Salisilik asit uygulamalarının mantarlarda (*Agaricus bisporus*) soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerine etkisi


The effect of salicylic acid treatments on quality features of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during cold storage

Sevil ÜNAL<sup>1</sup>, Hakan BAĞCI<sup>2</sup>, Havvanur ORAL<sup>3</sup>, Ferhan K. SABIR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye.

<sup>2</sup>Konya Büyükşehir Belediyesi, Konya, Türkiye.

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p><b>Article history:</b> Received / Geliş: 05.08.2022 Accepted / Kabul: 28.09.2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Mantar Salisilik asit Muhafaza Kalite</p> <p><b>Keywords:</b> Mushroom Salicylic acid Storage Quality</p> <p>✉ Corresponding author/Sorumlu yazar: Ferhan K. SABIR fkbasmaci@selcuk.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz.</p> <p>© Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at <a href="https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd">https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</a></p> <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> 	<p>Bu çalışmada son yıllarda ürünlerin hasat sonrası ömrünün uzatılmasında sıklıkla kullanılmaya başlanan salisilik asidin kültür mantarlarında soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerine etkileri incelenmiştir. Hasat edilen mantarlar farklı dozlardaki (0, 1, 2 ve 4 mM) salisilik asit çözeltilere 3 dakika süreyle batırılmıştır. 4 °C ve %90-95 oransal nem içeren depoda 15 gün süreyle muhafaza edilen örneklerde 5 gün aralıkla fiziksel ve biyokimyasal kalite analizleri yapılmıştır. 15 günlük muhafaza süresince mantarlarda salisilik asit uygulamalarının kalite özelliklerini koruduğu saptanmıştır. Salisilik asit uygulamaları kontrol ile karşılaştırıldığında mantarlarda ağırlık kaybını azaltmıştır. Ayrıca bütün dozlar sertlik, toplam antioksidan aktivite ve titre edilebilir asitlik değerlerinin korunmasında etkili olmuştur. Ancak 2 ve 4 mM salisilik asit uygulanan mantarlarda ilerleyen muhafaza süresi ile birlikte kararma meydana geldiğinden bu dozlar kalite kayıplarına neden olmuştur. Yüksek doz uygulanmış şapkalarda meydana gelen kararmalar nedeniyle 1 mM dozlu salisilik asit uygulamasının kalite özelliklerini korumada daha uygun olduğu belirlenmiştir.</p> <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>In this study, the effects of salicylic acid, which has been used frequently in extending the postharvest life of products in recent years, on the quality of mushrooms during cold storage were investigated. The harvested mushrooms were immersed into the different concentrations of salicylic acid solutions (0, 1, 2 and 4 mM) for three minutes. Physical and biochemical analyses were performed with 5 d intervals during 15 d storage at 4 °C and 90-95% relative humidity room. Salicylic acid treatments were effective on protecting the quality features of mushrooms during the 15 d storage. Salicylic acid treatments reduced weight loss in mushrooms compared to control. In addition, all doses were effective in maintaining firmness, total antioxidant activity and titratable acidity values. However, 2 and 4 mM doses of salicylic acid caused loses in quality as they resulted in browning along with the prolonged storage duration. 1 mM dose of salicylic acid was more suitable on extending the quality of mushrooms as higher doses led to browning on caps.</p>
<p><b>Cite/Atf</b></p>	<p>Ünal, S., Bağcı, H., Oral, H., &amp; Sabır, F.K. (2023). Salisilik asit uygulamalarının mantarda (<i>Agaricus bisporus</i>) muhafaza süresince kalite özelliklerine etkisi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 28 (1), 59-70. <a href="https://doi.org/10.37908/mkutbd.1158396">https://doi.org/10.37908/mkutbd.1158396</a></p>

## GİRİŞ

*Agaricus bisporus* yenilebilir mantarlar içerisinde ekonomik öneme sahip olup, içerdiği besinsel ögeler ile Dünya’da üretim ve tüketimi artan bir türdür. Protein ve demir bakımından zengin olması ile birlikte bioaktif polisakkaritler, antioksidanlar, lif, B1, B2 ve C vitamini içermesi mantara olan talebin artmasına neden olmuştur (Ares ve ark., 2007; Çavuşoğlu, 2018). Ülkemizde ticari olarak mantar yetiştiriciliği 1980’li yıllarda başlamasına karşılık ticari olarak artışın 1990’lı yıllardan sonra hızlandığı, buna bağlı olarak da tüketimin son yıllarda %177 oranında arttığı ifade edilmektedir (Şaran, 2020). 2021 yılı verilerine göre Türkiye’de toplam kültür mantar üretimi 61 460 ton olarak gerçekleşmiştir. Antalya 28 490 ton üretim miktarı ile toplam üretimin yaklaşık %46.4’lük kısmını karşılayarak lider konumdadır. Bu ilimizi sırasıyla Konya (5 938 ton), Isparta (4 550 ton), Afyonkarahisar (3 510 ton) ve Burdur (3 105 ton) illeri izlemektedir (TÜİK, 2022).

Kültür mantarları pazarlama ve dağıtım koşullarında diğer sebze türleri ile karşılaştırıldığında daha hassas bir türdür. Hasat edilen mantarlar raf ömrü koşullarında 1-3 gün, soğukta depolamada (4 °C) ise 4-7 günlük bir ömre sahiptir (Liu ve ark., 2010). Yüksek metabolik aktivite ve solunum hızı ile ürünleri su kaybı, fiziksel ve mikrobiyolojik zararlanmalara karşı koruyan kütikula tabakasının bulunmaması bu ürünlerde raf ömrünü önemli ölçüde kısıtlanmaktadır. Mantarlarda su kaybı, şapka kararması, tekstürel ve mikrobiyal kayıplar ile yaşlanma hasattan sonra kalite kayıplarına neden olan değişimlerdir (Ares ve ark., 2007; Liu ve ark., 2013).

Soğukta depolama hem besinsel özelliklerinin korunması hem de kalitede meydana gelen değişimlerin azaltılmasında yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Ancak uzun süreli soğukta depolama ürünlerde zararlı etkilere neden olabilmektedir. Soğuk depolamaya ek olarak mantarlara sitrik asit, etilendiamin tetra asetik asit (EDTA), hidrojen peroksit ve sodyum hipoklorit gibi maddelerin uygulanması ile ilgili yapılan çalışmalar olduğu belirtilmektedir. Ancak uygulamalardan sitrik asit uygulananlarda şapkalarda sararmaya neden olarak ürünün genel görünümünü olumsuz etkilediği, hidrojen peroksit’in kullanımının birçok ülke tarafından kısıtlanması bu maddelerin kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Lagnika ve ark., 2013).

Bahçe ürünlerinde hasat sonrası ömrün uzatılması ve meyve kalite özelliklerinin korunmasında çevre dostu ve insan sağlığına zararlı olmayan uygulamaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu uygulamalardan biri olan salisilik asit (SA) özellikle biotik ve abiotik stres koşulları altındaki bitkilerde önemli bir rol oynayan, fizyolojik değişimler ve hastalıklara dayanım mekanizmasını düzenleyen içsel üretilen bir bitkisel hormondur (Davarynejad ve ark., 2015; Giménez ve ark., 2017). Depolama öncesi SA ve türevleri ürünlerin etilen sentezini ve hareketini engelleyerek meyve olgunlaşmasını geciktirdiği ve hasat sonrasında kaliteyi korumada etkili olduğu belirtilmektedir. Ayrıca hasat sonrası SA uygulamasının alternatif oksidaz enzim aktivitesini etkileyerek muz, elma gibi birçok üründe solunum oranını önemli ölçüde azalttığı ve hücre duvarının parçalayıcı enzimlerinin sentezini engellediği belirtilmiştir. Ürünlerde hasattan sonra solunum oranındaki azalma meyve olgunlaşmasının ve sonucunda yaşlanmanın gecikmesini sağlamaktadır (Asghari & Aghdam, 2010; Sinha ve ark., 2022).

Sofralık olarak tüketilen taze mantarlarda en önemli kalite özelliklerinden birisi de sertliktir. Bahçe ürünlerinde hasattan sonra yaşlanma bariyer ve turgoritede meydana gelen kayıplar sonucunda hücre zarının yapısındaki değişikliklerle ilişkilidir. Mantarda da hasat sonrası sertlik kaybı veya yumuşama hücre zarında meydana gelen değişimlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Ares ve ark., 2007). Hasat sonrası SA uygulamasının Camarosa çilek çeşidinde soğukta muhafazası süresince sertliği korumada etkili olduğu, bu etkinin hücrelerdeki basıncı etkilemesi ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (Shafiee ve ark., 2010).

Bu çalışmada son yıllarda ürünlerin hasat sonrası ömrünün uzatılmasında sıklıkla kullanılmaya başlanan SA’nın kültür mantarlarındaki etkisi incelenmiştir. Soğukta depolama süresince mantarda meydana gelebilecek fiziksel ve kimyasal değişimlere farklı dozlarda SA uygulamalarının etkileri araştırılmış, elde edilen sonuçlara göre muhafaza süresince belirtilen kalite özelliklerinin korunmasında etkili olabilecek dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada Konya-Sarayönü'nde yetiştiriciliği yapılan beyaz şapkallı kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) kullanılmıştır. Ticari olgunlukta hasat edilen mantarlar uygun koşullarda Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait laboratuvara getirilmiştir. Burada hasarlanmış ürünler ayıklanarak aynı olgunluğa sahip mantarlar seçilerek 24 saat süreyle ön soğutma yapıldıktan sonra hasat sonrası uygulamalar yapılmak üzere 4 gruba ayrılmıştır.

İlk grup mantarlar saf suya 3 dakika süreyle batırılarak bir süre oda koşullarında kurumak üzere bekletildikten sonra kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Kalan üç grup mantara farklı dozlarda hazırlanan salisilik asit çözeltisi uygulanmıştır. Salisilik asidin moleküler ağırlığına bağlı olarak hazırlanan 1, 2 ve 4 mM'lık çözeltiye homojen dağılımı sağlaması amacıyla %0.01 oranında Tween 20 (yayıcı-yapıştırıcı) eklenmiştir. 3 dakika süreyle salisilik aside batırılan mantarların üzerindeki fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla kurutma işlemi yapılmıştır. Bir süre oda koşullarında kurutulan mantarlar köpük tabaklara her tekerrürde 10 adet mantar olacak şekilde yerleştirilip üzerleri streç film ile kapatılarak 4°C'de %90-95 oransal nem içeren soğuk hava deposunda 15 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Mantarlarda depolama başlangıcı ve 5 gün aralıklarla (5, 10 ve 15. günde) depodan çıkartılarak fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak kalite değişimleri incelenmiştir.

Mantarların yerleştirildiği tabaklar muhafazanın başlangıcında numaralandırılıp hassas terazide tartılmıştır. Muhafaza süresince analiz günlerinde bu tabaklar çıkarılarak tekrar tartılması ile meydana gelen farklılıklar hesaplanmış ve yüzde ağırlık kaybı (%) olarak belirtilmiştir.

Mantarların sertliği dijital penetrometre (Fruit Pressure Tester FT 327) ile şapka üzerinden farklı iki noktadan konik uç kullanılarak ölçüm yapılmış ve sonuçlar Newton (N) cinsinden verilmiştir.

Depolama süresince mantarlarda meydana gelen renk değişimlerini belirlemek için depodan çıkartılan örneklerin şapka kısmında CR 400 model Minolta marka renk cihazı kullanılarak CIE L\* a\* ve b\* değerleri okunarak gerçekleştirilmiştir. Renk değişimlerini belirlemede L\*, Chroma (C\*) ve hue açısı (h°) değerleri hesaplanmıştır (McGuire 1992).

Kararma indeksi, muhafaza süresince mantar yüzeyinde meydana gelen renk kararmalarını

$$KI = [100 \times (X - 0.31) / 0.17], X = [(a^* - 1.75 \times L^*) / (5.645 \times L^* + a^* - 3.012 \times b^*)]$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Analiz dönemlerinde her tekerrüre ait mantarlardan yaklaşık 20 gram örnek öğütücü yardımı ile parçalanmış ve 10 dakika 10000 x g'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen örneklerin üstteki berrak kısmı alınarak SÇKM, pH ve titre edilebilir asit miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır (Eissa, 2007; Çavuşoğlu, 2018).

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM), her uygulamadaki mantarlardan elde edilen berrak çözeltide el refraktometresi ile ölçülerek sonuçlar % olarak verilmiştir. Titre edilebilir asitlik (TEA) mantarlardan elde edilen suyun 0.1 N NaOH ile pH'sı 8.1 oluncaya kadar titrasyon yöntemi ile belirlenmiş ve sonuçlar sitrik asit cinsinden % olarak ifade edilmiştir (Eissa, 2007). pH değeri dijital pH metre kullanılarak suda yapılan ölçümlerden elde edilmiştir. Blender ile püre haline getirilen mantarlar 25 ml metanol ile homojenize edilerek 16 saat 4 °C'de bekletilerek santrifüj edilmiştir. Elde edilen bu çözelti toplam fenolik madde ve toplam antioksidan analizinde kullanılmıştır (Thaipong ve ark., 2006).

Toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. Ekstrakte edilmiş örnek üzerine Folin-Ciocalteu ayracı eklenerek çalkalanmış ve 3 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda doymuş sodyum karbonat ilave edilerek 25 °C'de 2 saat inkübe edilen çözeltide 760 nm dalga boyunda okuma gerçekleştirilmiş ve sonuçlar mg 100g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Singleton ve ark., 1999).

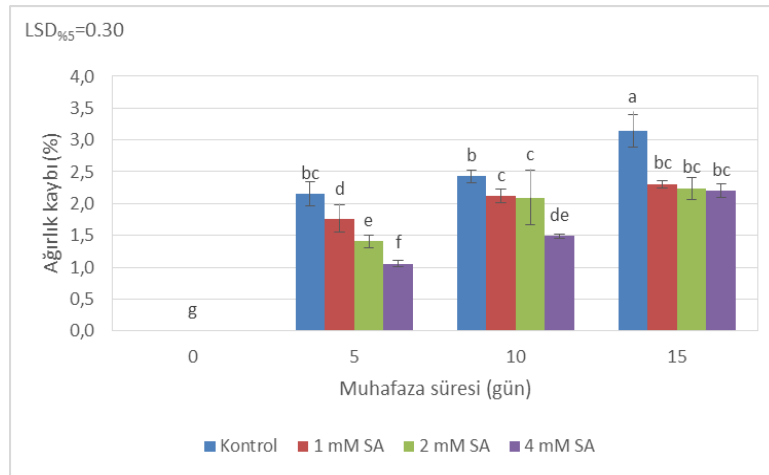
Toplam antioksidan aktivite Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) metodu kullanılarak belirlenmiştir. 150 µL ekstrakt üzerine 2850 µL FRAP çalışma solüsyonu ilave edilerek 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Sonuçlar µmol g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Benzie & Strain, 1996).

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemeden elde edilen veriler JMP 5.0.1 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulup, ortalamaları arasındaki farklılıklar Student's t-test çoklu karşılaştırma testine ( $p < 0.05$ ) göre gruplandırılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Muhafaza süresince mantarlarda meydana gelen ağırlık kaybına uygulama x muhafaza süresi interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte ağırlık kaybında artış meydana gelirken, artışı yavaşlatmada salisilik asit uygulamalarının etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). 15 günlük muhafaza süresi sonunda ağırlık kaybındaki artışı yavaşlatmada 4 mM SA en etkili uygulama (%2.20) olarak belirlenirken, bu uygulamayı sırasıyla 2 mM SA (%2.24) ve 1 mM SA (%2.31) uygulamaları takip etmiştir. En fazla ağırlık kaybı kontrol grubu mantarlarda (%3.14) meydana gelmiştir.

Su kaybı ve sonucunda meydana gelen ağırlık kaybı hasat sonrası depolama koşullarında mantar kalitesinin bozulmasında rol oynayan en önemli faktörlerden birisidir. Mantar yüzeyi muhafaza süresince meydana gelen su kaybını önlemede yetersiz kalan ince bir epidermal tabaka ile kaplıdır (Jiang ve ark., 2013). Hasat sonrası salisilik asit uygulamasının meyve ve sebzelerde solunum oranını azaltarak su kaybını yavaşlattığı ve buna bağlı olarak da ağırlık kaybındaki yükselişi geciktirdiği ifade edilmektedir (Ünal ve ark., 2021). Nitekim farklı meyve ve sebze türlerinde yapılan çalışmalarda da salisilik asit uygulamalarının muhafaza süresince meydana gelen ağırlık kaybını geciktirmede etkili olduğu belirtilmiştir (Tareen ve ark., 2012; Sabir ve ark., 2013; Erbaş ve ark., 2015; Ünal ve ark., 2021)

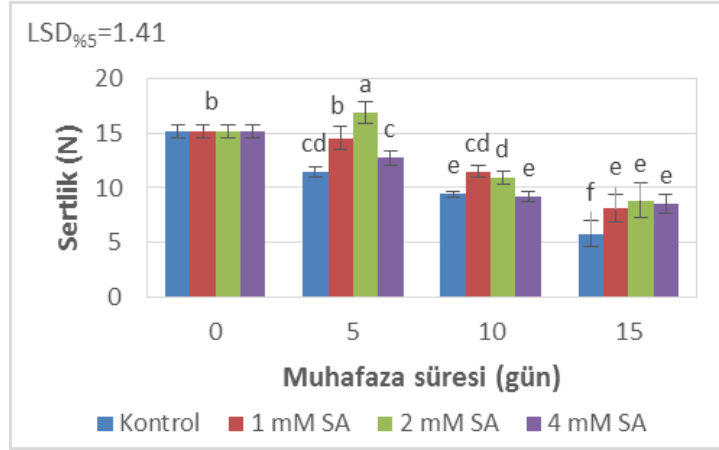


Şekil 1. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince ağırlık kaybı üzerine etkileri

Figure 1. Effects of salicylic acid treatments on the weight loss during cold storage

15 günlük muhafaza süresince mantarlarda sertlik değerinde azalma görülürken, SA uygulamalarının sertliğin korunmasında etkili olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Muhafaza başlangıcında 15.21 N olarak ölçülen değer, muhafazanın 5. gününde 2 mM SA uygulanmış mantarlarda (16.88 N) en yüksek değere çıkarken, sürenin ilerlemesi ile birlikte azalmaya devam etmiştir. Muhafaza süresi sonunda en yüksek sertlik değeri 2 mM SA uygulamasında (8.84 N) ölçülürken, bu uygulamayı aynı istatistik grupta yer alan 4 mM SA (8.56 N) ve 1 mM SA (8.14 N) uygulamaları takip etmiştir. En düşük değer kontrol grubu mantarlarda (5.8 N) belirlenmiştir. Mantarlarda en önemli kalite kriterlerinden birisi olan tekstürde meydana gelen değişimler hasattan sonra bozulmaların en önemli nedenlerinden birisidir. Mantarlarda hasattan sonra meydana gelen sertlik kaybı büyük oranda hücre büyümesi, yüzeyde kütikula tabakasının bulunmaması ile yüksek su içeriği ve su kaybına bağlıdır (Öz ve ark., 2015). Hasattan sonra sertlikte meydana gelen azalmanın yavaşlatılmasında modifiye atmosfer

paketlenme (Öz ve ark., 2015), Na<sub>2</sub> EDTA, CaCl<sub>2</sub> ve sitrik asit (Khan ve ark., 2014) ve kitosan (Jiang ve ark., 2012) uygulamalarının etkili olduğu bildirilmektedir. Farklı meyve ve sebze türlerinde yapılan çalışmalarda SA uygulamalarının hasattan sonra sertlik kaybını yavaşlattığı belirtilmektedir. SA'nın sertlik üzerine etkisinin hücrelerdeki basıncı etkilemesi ile ilişkili olabileceği ayrıca yumuşamaya neden olan enzimlerin aktivitesini de yavaşlattığı vurgulanmaktadır (Özgan & Sabır, 2018).



Şekil 2. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince sertlik üzerine etkileri  
Figure 2. Effects of salicylic acid treatments on the firmness during cold storage

15 günlük muhafaza süresince farklı dozlarda SA uygulamalarının mantarlarda SÇKM değerinde meydana gelen değişimlere etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Muhafaza başlangıcında %5.20 olan değer muhafaza süresince başlangıç değerine göre artış göstermiştir. 15 günlük süre sonunda en yüksek değer kontrol grubu mantarlarda (%6.53) ölçülürken, bunu sırasıyla 4 mM SA (%6.13) ve 2 mM SA (%6.07) uygulamaları takip etmiştir. En düşük değer 1 mM asit SA uygulanmış mantarlarda (%5.93) saptanmıştır.

Çizelge 1. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince SÇKM, TEA ve pH değişimlerine etkisi

Table 1. Effects of salicylic acid treatments on SSC, TEA and pH variations during cold storage

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)				
	0	5	10	15	
SÇKM	Kontrol	5.20*	6.00	5.73	6.53
LSD <sub>5</sub> = Ö.D.	1 mM SA		6.00	5.87	5.93
	2 mM SA		6.13	5.93	6.07
	4 mM SA		6.00	5.67	6.13
TEA	Kontrol	0.34 cd	0.34 cd	0.39 ab	0.40 ab
LSD <sub>5</sub> =0.043	1 mM SA		0.29 e	0.37 bc	0.38 bc
	2 mM SA		0.34 cd	0.33 de	0.41 ab
	4 mM SA		0.31 de	0.33 de	0.43 a
pH	Kontrol	6.76	7.18	6.85	6.94
LSD <sub>5</sub> = Ö.D.	1 mM SA		7.12	6.78	6.95
	2 mM SA		7.08	6.94	6.83
	4 mM SA		7.01	6.86	6.87

\* Her bir kalite özelliğindeki harfler muhafaza süresi x uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemsizdir. Ö.D.= Önemli değil

Muhafaza süresi sonunda tüm gruplarda TEA miktarında başlangıca göre artış meydana gelmiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza başlangıcında %0.34 olan TEA değerinde muhafazanın 5.gününde 2 mM SA uygulaması dışındaki bütün uygulamalarda azalma meydana gelirken, 10 ve 15. günlerde bu uygulamalarda da artış kaydedilmiştir. Muhafaza süresi sonunda en yüksek TEA değeri 4 mM SA uygulamasında (%0.43) ölçülürken, en düşük değer 1 mM SA uygulanan (%0.38) grupta tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Soğukta muhafaza edilen mantarlarda 15 günlük sürede pH değerinde meydana gelen değişimler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Muhafaza başlangıcında 6.76 olan pH değeri, 5. günde uygulamalara göre değişmekle birlikte artarak 7.18 (kontrol) ile 7.01 (4 mM SA) arasında değişim göstermiştir. 10. günden itibaren bütün uygulamalarda azalan değer muhafaza süresi sonunda en yüksek 1 mM SA uygulamasında ölçülürken (6.95), bunu sırasıyla kontrol (6.94) ve 4 mM SA uygulamaları (6.87) takip etmiştir. En düşük pH değeri 2 mM SA uygulanan mantarlarda (6.83) belirlenmiştir. Muhafaza süresince meydana gelen bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Mantarlarda muhafaza süresince meydana gelen biyokimyasal değişimleri yavaşlatmada salisilik asit uygulamasının özellikle yüksek dozlarının etkili olduğu saptanmıştır. Eissa (2007) farklı dozlarda kitosan uygulanmış mantarlarda muhafaza süresince SÇKM ve TEA miktarında meydana gelen değişimi yavaşlatmada yüksek dozlu kitosan uygulamasının daha etkili olduğunu belirtmiştir. Nasiri ve ark. (2019) soğukta depolama süresince mantarlarda SÇKM değerinde meydana gelen artışı geciktirmede uçucu yağ ve yüzey kaplama uygulamalarının kullanımının etkili olduğu belirtmişlerdir. Muhafaza süresince SÇKM’de meydana gelen artışın önemli nedeninin yüksek solunumun olduğu ayrıca yaşanan mantarlarda hücre duvarı polisakaritleri ve hemiselüloz çözünürlüğünün de bu artışın diğer önemli bir nedeni olduğu belirtilmektedir. Uygulanan salisilik asidin bu değişimleri yavaşlatarak biyokimyasal yapının korunmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Çizelge 2. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince L\*, hue açısı ve kararma indeksi değerindeki değişimlerine etkisi

Table 2. Effects of salicylic acid treatments on L\*, hue angle and browning index values during cold storage

	Uygulama	Muhafaza süresi (gün)			
		0	5	10	15
Hue açısı	Kontrol	87.04 a	86.03 ab	86.06 ab	85.56 ab
LSD <sub>5%</sub> = 1.77	1 mM SA		83.14 c	85.27 b	85.23 b
	2 mM SA		79.63 d	79.65 d	75.12 e
	4 mM SA		80.81 d	75.99 e	76.35 e
L*	Kontrol	85.82 a	84.74 ab	84.67 ab	83.04 ab
LSD <sub>5%</sub> = 3.16	1 mM SA		82.13 bc	84.56 abc	81.51 c
	2 mM SA		76.83 d	72.30 e	66.78 g
	4 mM SA		76.98 d	70.71 ef	68.25 fg
Kararma indeksi	Kontrol	*23.49 g	25.33 fg	30.21 ef	30.28 e
LSD <sub>5%</sub> = 4.93	1 mM SA		33.98 de	32.28 de	36.91 d
	2 mM SA		44.05 c	49.81 b	60.14 a
	4 mM SA		43.10 c	52.18 b	62.81 a

\* Her bir kalite özelliğindeki harfler muhafaza süresi x uygulama interaksyonu arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemsizdir.

Muhafaza süresince mantarlarda meydana gelen renk değişimlerinin belirlenmesi amacıyla hesaplanan hue açısı değerine ait değişimler Çizelge 2’de verilmiştir. Muhafaza süresince şapka renginde meydana gelen kararmaya bağlı olarak azalan hue açısı değerindeki değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza başlangıcında 87.04° olarak ölçülen hue açısı değeri muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte özellikle 2 ve 4 mM SA uygulanan mantarlarda

önemli oranda azalırken, kontrol ve 1 mM SA uygulanan mantarlarda azalış daha yavaş gerçekleşmiştir. Muhafaza süresi sonunda en yüksek hue açısı değeri kontrol grubunda ( $85.56^\circ$ ) ölçülürken, 1 mM SA uygulananlarda ( $85.23^\circ$ ) bu gruba yakın değer tespit edilmiştir. En düşük hue açısı değeri 2 mM SA uygulanan mantarlarda ( $75.12^\circ$ ) saptanmıştır.

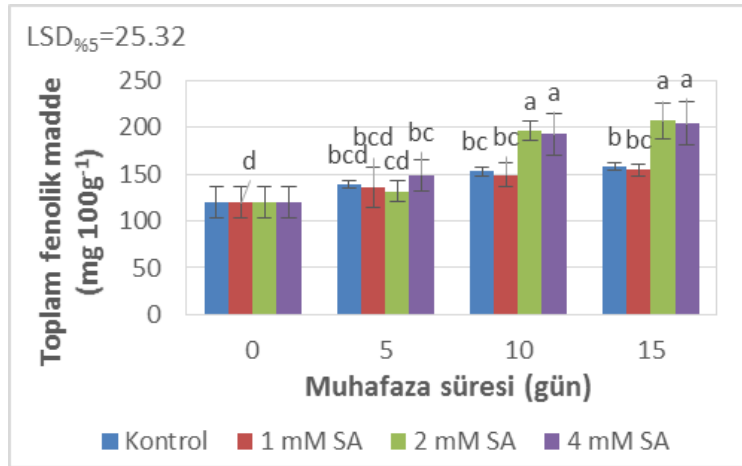
Mantarlarda muhafaza süresince farklı dozlarda SA uygulamalarının parlaklığa olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte hue açısı değerinde meydana gelen azalmaya paralel olarak  $L^*$  değerinde de azalma kaydedilmiştir. Muhafaza başlangıcında 85.82 olan değer, muhafaza süresi sonunda en yüksek kontrol grubunda (83.05) ölçülürken, bunu sırasıyla 1 mM SA (81.51) ve 4 mM SA (68.25) uygulamaları takip etmiştir. En düşük  $L^*$  değeri 2 mM SA uygulanan mantarlarda (66.78) belirlenmiştir.

Mantarlarda kararma tüketici tercihlerini etkileyen en önemli kriterlerden birisidir. Mantarda  $L^*$  değerinin satış ve tüketici tercihlerindeki seviyelerinin sırasıyla 80 ve 69'da fazla olması gerektiği belirtilmektedir (Hu ve ark., 2015). Elde ettiğimiz sonuçlara göre 2 ve 4 mM SA uygulamalarının hem satış hem de tüketici tercihleri için sınır değerlerin altında kalırken, 1 mM SA uygulamasının daha yüksek  $L^*$  değerine sahip olduğu ve belirtilen değerlerin üzerinde değere sahip olduğu belirlenmiştir.

15 günlük muhafaza süresince  $L^*$  ve hue açısı değerinde meydana gelen azalma ile birlikte mantarlarda kahverengileşme sonucu kararma indeksi değerinin arttığı ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). SA uygulamalarında doz arttıkça kahverengileşmenin ve buna bağlı olarak kararma indeksi değerinin arttığı saptanmıştır. Muhafaza başlangıcında kararma indeksi değeri 23.49 olarak belirlenirken, muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte özellikle 2 ve 4 mM SA uygulanan mantarlarda değerin hızla arttığı saptanmıştır. 15 günlük muhafaza süresi sonunda en yüksek kararma indeksi değeri 4 mM SA uygulamasında (62.81) gerçekleşirken, bunu sırasıyla 2 mM SA (60.14) ve 1 mM SA (36.91) uygulamaları takip etmiştir. En düşük kararma indeksi değeri kontrol grubunda (30.28) belirlenmiştir.

Mantarlarda kararma indeksinin ölçülmesi ile izlenen ve tüketicinin satın alma tercihlerini etkileyen şapka rengi en önemli kalite özelliğidir. Beyaz şapkalı mantarlarda enzimatik değişimler ile mikrobiyal bulaşmalar kararmanın en önemli nedenleri olarak gösterilmektedir (Çavuşoğlu, 2018). 2 ve 4 mM SA uygulanan mantarlarda kararma indeksi değeri oldukça yüksekken, 1 mM SA uygulanmışlarda bu değerin tüketici tercihlerini etkilemeyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Dokhanieh ve Aghdam (2016) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde yüksek dozlu (500 ve 1000  $\mu\text{M}$ ) SA uygulamalarının mantarlarda önemli oranda kararmaya neden olduğu, en uygun dozun 250  $\mu\text{M}$  SA olduğu belirtilmiştir.

Soğukta muhafaza edilen mantarlarda muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte fenolik madde miktarı başlangıç değerine göre artarken, meydana gelen bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Muhafazanın başlangıcında  $119.42 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  olarak belirlenen değerde 5. günde artış başlarken, 10. günden itibaren 2 ve 4 mM SA uygulanmış örneklerde yükseliş çok daha hızlı gerçekleşmiştir (Şekil 3). 15 günlük süre sonunda 2 ve 4 mM SA uygulanan mantarlarda en yüksek fenolik madde miktarı saptanmış ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır (sırasıyla  $206.92$  ve  $204.42 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ). 1 mM SA ve kontrol grubu mantarlarda daha düşük fenolik madde miktarı tespit edilmiştir (sırasıyla  $154.42$  ve  $158.58 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ).



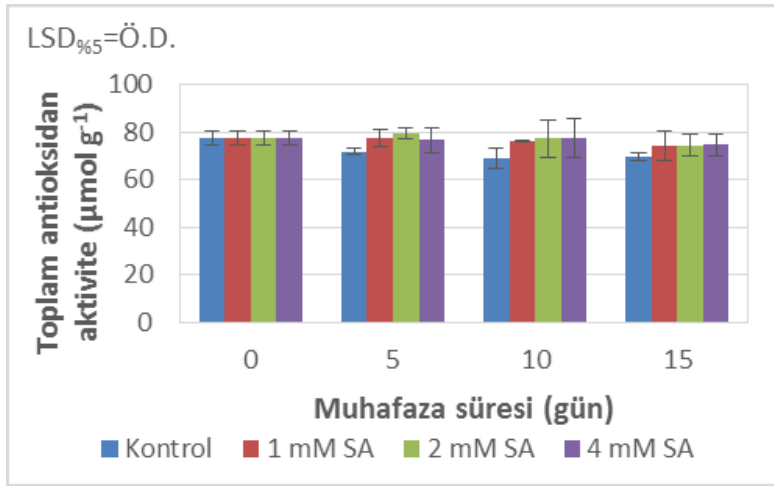
Şekil 3. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri

Figure 3. Effects of salicylic acid treatments on the amount of total phenolic compounds during cold storage

Mantarlar besin değeri yüksek bir tür olup, protein, lif, vitamin, mineral, fenolik bileşikler ile antioksidan kaynağıdır. Ayrıca mantarlar düşük yağ içeriği ile ve enerji yoğunluğuna sahiptir. Mantarların kimyasal yapısı çeşitlere göre değişim göstermektedir. Agaricus cinsine ait mantarlarda fenolik bileşikler, terpenoidler, tokoferol ve karotenoidlerin radikal süpürme aktivitesine en önemli katkı yapan bileşenler olduğu belirtilmektedir (Marçal ve ark., 2021). Fenolik bileşiklerin meyvelerde tat ve renk gelişiminden sorumlu ikincil metabolitler olduğu belirtilmektedir (Mahdi, 2020). Bu bileşiklerin sentezi çevresel faktörler ile strese koşullarına göre düzenlenmekte olup genotip, çeşit, yetiştirme koşulları ve kültürel işlemler ile ürünün olgunluğu ve depolama koşullarına göre değişim gösterebilmektedir. Ayrıca hasat sonrası yapılan uygulamaların da yaş meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşiklerin içeriğini düzenlemede etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Ünal, 2021). Mantar ile yapılan çalışmalarda elde ettiğimiz bulguların aksine genel olarak fenolik madde miktarında muhafaza süresince azalma meydana geldiği belirtilmektedir (Alikhani-Koupaei ve ark., 2014; Şaran, 2020). 2 ve 4 mM SA uygulamalarında muhafaza süresince meydana gelen kararmaya bağlı olarak fenolik bileşiklerde artışın daha fazla gerçekleştiği düşünülmektedir.

Soğukta muhafazanın ilk gününde  $77.29 \mu\text{mol g}^{-1}$  olarak belirlenen toplam antioksidan aktivite muhafazanın 5. gününde 2 mM SA uygulamasında artarken ( $79.51 \mu\text{mol g}^{-1}$ ), diğer uygulamalarda azalma gerçekleşmiştir. 10. günden itibaren bütün uygulamalarda azalma kaydedilirken, salisilik asit uygulanan mantarlarda azalış daha yavaş meydana gelmiştir. Muhafaza süresi sonunda istatistiksel olarak önemli bulunmamasına karşılık SA uygulanan mantarlarda kontrol ile karşılaştırıldığında daha yüksek antioksidan aktivite tespit edilmiştir. 15. günde uygulamalarda toplam antioksidan aktivite  $74.54 \mu\text{mol g}^{-1}$ ,  $74.37 \mu\text{mol g}^{-1}$ ,  $74.23 \mu\text{mol g}^{-1}$  ve  $69.61 \mu\text{mol g}^{-1}$  (sırasıyla 4 mM SA, 2 mM SA, 1 mM SA ve kontrol) olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Moradi ve ark. (2022) narda SA ve sıcak su uygulamalarının toplam antioksidan aktivite üzerine etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir.





Şekil 4. Farklı dozlarda salisilik asit uygulamalarının soğukta muhafaza süresince toplam antioksidan aktivite üzerine etkileri

Figure 4. Effects of salicylic acid treatments on the total antioxidant activity during cold storage

Çalışma sonucunda ağırlık kaybındaki artışın yavaşlatılması ve sertlikte meydana gelen azalmanın geciktirilmesinde salisilik asit uygulamalarının etkili olduğu belirlenirken, bu kalite parametrelerinde özellikle daha yüksek dozların etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak hem parlaklık ve hue açısı değeri hem de bu değerlere bağlı olarak değişen kararma indeksi değerinde özellikle 2 ve 4 mM salisilik asit uygulamalarının mantarlarda önemli derecede kararmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Muhafaza süresince bu uygulamalarda artan kararmanın tüketici tercihlerini ve sonucunda ürünlerin pazarlanabilirliğini olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir. Çalışma sonucunda bütün kalite parametreleri birlikte değerlendirildiğinde 1 mM salisilik asit uygulamasının mantarlarda 15 günlük soğukta depolama süresince kalite özelliklerinde meydana gelen değişimleri yavaşlatmada daha etkili olduğu ve hasattan sonra kalitenin korunmasını sağlayarak muhafaza süresini uzatmaya katkı sağlayabilecek bir uygulama olabileceği belirlenmiştir. Yüksek dozlu salisilik asit uygulamalarının kararmayı engelleyici maddeler ile birlikte kullanımının araştırılması önerilmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından BİDEB 2209-A programı kapsamında desteklenmiştir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Alikhani-Koupaei, M., Mazlumzadeh, M., Sharifani, M., & Adibian, M. (2014). Enhancing stability of essential oils by microencapsulation for preservation of button mushroom during postharvest. *Food Science & Nutrition*, 2 (5), 526-533. <https://doi.org/10.1002/fsn3.129>
- Ares, G., Lareo, C., & Lema, P. (2007). Modified atmospheric packaging for the postharvest storage of mushrooms: a review. *Fresh Produce*, 1, 32-40.
- Asghariç, M., & Aghdam, M.S. (2010). Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.009>
- Benzie, I.F., & Strain, J.J. (1996). The Ferric reducing ability of plasma (FRAP) As a measure of "antioxidant power": the Frap. Assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Çavuşoğlu, Ş. (2018). Modifiye atmosfer ve metil jasmonat uygulamalarının *Agaricus bisporus*'un hasat sonrası kalite ve muhafaza ömrüne etkileri. *Mantar Dergisi*, 9 (2), 206-218. <https://doi.org/10.30708/mantar.458800>
- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of Plum cv.'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (4), 2053-2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1232-3>
- Dokhanieh, A.Y., & Aghdam, M.S. (2016). Postharvest browning alleviation of *Agaricus bisporus* using salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae*, 207, 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.025>
- Eissa, H.A. (2007). Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom. *Journal of Food Quality*, 30 (5), 623-645. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00147.x>
- Erbaş, D., Onursal, C.E., & Koyuncu, M.A. (2015). Derim sonrası salisilik asit uygulamasının Aprikoz kayısı çeşidinin soğukta depolanması üzerine etkileri. *Meyve Bilimi*, 2 (2), 50-57.
- Giménez, M.J., Serrano, M., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., & Guillén, F. (2017). Preharvest salicylic acid and acetylsalicylic acid treatments preserve quality and enhance antioxidant systems during postharvest storage of sweet cherry cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (4), 1220-1228. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7853>
- Hu, Y.H., Chen, C.M., Xu, L., Cui, Y., Yu, X.Y., Gao, H.J., Wang, Q., Liu, K., Shi, Y., & Chen, Q.X. (2015). Postharvest application of 4-methoxy cinnamic acid for extending the shelf life of mushroom (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 104, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.007>
- Jiang, T., Feng, L., & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131, 780-786. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.087>
- Jiang, T., Feng, L., Zheng, X., & Li, J. (2013). Physicochemical responses and microbial characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) to gum Arabic coating enriched with natamycin during storage. *Food Chemistry*, 138, 1992-1997. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.043>
- Khan, Z.U., Aisikaer, G., Khan, R.U., Bu, J., Jiang, Z., Ni, Z., & Ying, T. (2014). Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.001>
- Lagnika, C., Zhang, M., & Mothibe, K.J. (2013). Effects of ultrasound and high pressure on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.006>
- Liu, J., Wu, Y.C., Kan, J., Wang, Y., & Ji, C.H. (2013). Changes in reactive oxygen species production and antioxidant enzyme activity of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 2201-2206. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6027>

- Liu, Z., Wang, X., Zhu, J., & Wang, J. (2010). Effect of high oxygen modified atmosphere on post-harvest physiology and sensorial qualities of mushroom. *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 1097-1103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02199.x>
- Mahdi, İ.M.M. (2020). Danelenmiş Hicaznar (*Punica granatum*) çeşidinde farklı hasat sonrası uygulamaların kalite özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 74 s.
- Marçal, S., Sousa, A.S., Taofiq, O., Antunes, F., Morais, A.M., Freitas, A.C., Barros, L., Ferreira, C.F.R., & Pintado, M. (2021). Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 418-431. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.007>
- McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27 (12), 1254-1255.
- Moradi, S., Zamani, Z., Moghadam, M.R.F., & Saba, M.K. (2022). Combination effects of preharvest tree net-shading and postharvest fruit treatments with salicylic acid or hot water on attributes of pomegranate fruit. *Scientia Horticulturae*, 304, 111257. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111257>
- Nasiri, M., Barzegar, M., Sahari, M.A., & Niakousari, M. (2019). Efficiency of Tragacanth gum coating enriched with two different essential oils for deceleration of enzymatic browning and senescence of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Science & Nutrition*, 7 (4), 1520-1528. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1000>
- Öz, A.T., Ulukanli, Z., Bozok, F., & Baktemur, G. (2015). The postharvest quality, sensory and shelf life of a *Agaricus bisporus* in active map. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (1), 100-106. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12301>
- Özgan, F., & Sabır, F.K. (2018). Albion ve Kabarla çilek çeşitlerinde derim sonrası salisilik ve oksalik asit uygulamalarının soğukta depolama süresince kalite özelliklerine etkileri. *Alatarım*, 17 (2), 89-97.
- Sabır, F.K., Yiğit, F., & Taşkın, S. (2013). Fuji elma çeşidinde salisilik asit uygulamalarının soğukta depolama süresince kaliteye olan etkileri. *Alatarım*, 12 (1), 19-25.
- Shafiee, M., Taghavi, T., & Babalar, M. (2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124 (1): 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.004>
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R.M. (1999). *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent*. In: *Methods in Enzymology*, Academic Press, 299, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sinha, A., Gill, P.P.S., Jawandha, S.K., & Grewal, S.K. (2022). Composite coating of chitosan with salicylic acid retards pear fruit softening under cold and supermarket storage. *Food Research International*, 160, 111724. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111724>
- Şaran, E.Y. (2020). Yenilebilir kaplama malzemelerinin beyaz şapkallı kültür mantarında (*Agaricus bisporus*) depolama süresi ve kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 64 s.
- Tareen, M.J., Abbasi, N.A., & Hafiz, I.A. (2012). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. 'Flordaking'. *Pakistan Journal of Botany*, 44 (1), 119-124.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu bitkisel üretim istatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 04.08.2022).
- Ünal, S. (2021). Hasat sonrası UV-C uygulamalarının bazı sert çekirdekli meyve türlerinde muhafaza süresince meyve kalitesine etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 215 s.

Ünal, S., Küçükbasmacı, Ö.A., & Sabır, F.K. (2021). Salicylic acid treatments for extending postharvest quality of tomatoes maintained at different storage temperatures. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35 (2), 141-146. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2021.241>