



Geliş(Received) :21/03/2018
Kabul(Accepted) :05/04/2018

Araştırma Makalesi
DOI:10.30708/mantar.408356

Farklı Dozlarda Uygulanan Sitokininin Beyaz Şapkalı Mantarın (*Agaricus bisporus*) Muhafazası Üzerine Etkisi

Gül GÖKÇENAY¹, Şeyda ÇAVUŞOĞLU^{1*}

*Sorumlu yazar: scavusoglu@yyu.edu.tr

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van

Öz: Bu çalışmada, modifiye atmosfer koşullarının ve sitokin hormon uygulamalarının, mantarın hasat sonrası fizyolojisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Aynı olgunlukta hasat edilen mantar şapkaları (*Agaricus bisporus*) 0, 5, 10, 15 ppm'lik sitokin (Nitrozyne) solüsyonuna daldırılarak, 0°C sıcaklıkta ve %90-95 neme sahip soğuk hava depolarında açıkta, streç ve polietilen (PE) ambalaj malzemeleri ile 9 gün muhafaza edilmiştir. Bu örneklerde hasat döneminde ve soğuk hava deposuna alındıktan sonra 3 gün aralıklarla ağırlık kaybı, renk (L*, C* ve H*), C vitamini, toplam fenolik (TF) ve polifenol oksidaz enzimi (PPO) miktarları belirlenmiştir. Araştırmada, modifiye atmosferli depolama koşulları ile sitokin uygulamalarının depolama süresince ağırlık kaybı, şapka rengi, C vitamini kaybı, toplam fenolik bileşik kaybı ve PPO enzim aktivitesinin azalması açıkta depolama koşulları ve kontrollere göre daha etkili bulunmuştur. Muhafaza sonunda hemen hemen bütün ambalaj ve uygulamalarda ağırlık kaybı ve PPO aktivitesinde artış olduğu görülürken, toplam fenolik bileşik miktarında, C vitamini miktarında ve L* değerlerinde bir azalış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, *A. bisporus* mantar türünün PE ve streçle kaplanması ile 9 gün süresince başarılı bir şekilde muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Agaricus bisporus*, MAP, Sitokin, Hormon

The Effect of Various Cytokinin Doses on Storage of White Button Mushrooms (*Agaricus bisporus*)

Abstract: In this study, the effects of modified atmosphere conditions and cytokinin applications were studied on postharvest physiology of mushroom (*Agaricus bisporus*). Mushroom caps (*Agaricus bisporus*) harvested at the same maturity levels were maintained at cold storage having 0°C temperature and 90-95 % moisture conditions in the open, stretch and polyethylene (PE) packaging materials after immersing the caps with Nitrozyne (0, 5, 10, 15 ppm as nitrozyne) for 9 days. The weight loss, color (L*, C* and H*), vitamin C, total phenolics (TP) and polyphenol oxidase (PPO) levels of the samples were determined at the harvest period and at 3 day intervals in cold storage conditions. In the study, for weight loss, cap color, vitamin C loss, total phenolic compounds loss and PPO enzyme activity decrease, modified atmosphere storage conditions and cytokinin applications were found to be more effective compared to the control and open stored conditions. At the end of the storage, it was observed that there were decrease in total phenolic compounds, vitamin C and L values while there were increase in weight loss and PPO activity. As a result of this study, it was concluded that *Agaricus bisporus* can be successfully stored for 9 days with PE and stretch coating.

Key words: *Agaricus bisporus*, Cytokinin, MAP, Hormone



Giriş

Agaricus bisporus (J.E. Lange)Imbach (beyaz şapkalı mantar), dünyada olduğu gibi ülkemizde de ticari olarak kültürü yapılan en önemli mantar türüdür. Ülkemizde kültür mantarcılığı ile ilgili ilk çalışmalara 1960'lı yıllarda başlanılmakla birlikte üretimin yaygınlaşması 1970'li yıllara rastlamaktadır (Eren ve ark., 2016). 2000 yılında 7000 ton olan mantar üretim miktarı, 2013 yılına kadar düzenli bir artış göstererek 34494 tona yükselmiştir. 2010 yıllarında 21559 ton civarında üretilse de, üretim 2016 yılında 40272 tona yükselmiş olması (FAO, 2018) mantar yetiştiriciliğinin teşvikler kapsamına alınması sebebiyle üretim miktarlarında gözle görülür bir artış meydana geldiği ve yıllar itibariyle de bu artışın devam edeceği düşünülmektedir.

Mantarlar fenolik bileşik, antioksidan ve kendine özgü amino asitler açısından zengindir. Protein içeriğiyle de hayvansal gıdalardan sağlanamayan protein açığının giderilebileceği son derece lezzetli bir gıda ürünüdür.

Bahçe ürünlerinin hasat sonrası ömrünü uzatmak için birçok uygulamalar yapılmaktadır. Kalite, tazelik ve lezzet, modifiye atmosfer ambalajlarda (MAP) çok daha uzun süreli muhafaza edilebilmektedir. Özel karışıma ve konsantrasyona sahip farklı modifiye atmosfer ambalajların (MAP) kullanılması mikroorganizmaların çoğalmasını önlemekte, oksidasyon proseslerini azaltmakta, kuru ürünleri nemlenmekten, hassas ürünleri deforme olmaktan, kesilmiş ürünlerin birbirine yapışmaktan korumaktadır. Mantarlarda raf ömrünü uzatmada ekonomik ve çok etkili bir yöntem olduğu kabul edilen modifiye atmosfer paketleme, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Tano ve ark., 2007).

Mantarlarda hasat sonrası kalite kaybı, önemli ölçüde su kaybı, enzimatik kararmadan meydana gelen renk değişimi ve şapkalarda açılmalardan kaynaklanmaktadır. Mantarın dış koruyucu bir tabakası olmaması nedeniyle hasat sırasında diğer ürünlere gösterilmesi gerekenden daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir. Yeterli özen gösterilmemesi sonucunda meydana gelen zararlanmalar, hastalık etmenlerini etkin hale getirmekte ve böylece kalite kayıplarını hızlandırmaktadır. Muhafaza sırasında uygun sıcaklık ve nem düzeyinin sağlanamaması nedeni ile mantarlarda su kaybıyla birlikte yaşlanma belirtilerinde ve depo hastalıklarına duyarlılıkta bir artış söz konusu olmakta ve mantarların muhafaza süresi kısalmaktadır.

Hasat sonrası yaşlanmanın önlenmesinde içsel hormonların, bunlar arasında da sitokininlerin önemli etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Sitokininler, hücrede t-RNA üzerine olan etkilerinden dolayı proteinlerin bozulmasını engelleyebilmektedir (Kays 1991, Clarke ve ark., 1994). Aynı zamanda bu uygulamanın yapıldığı bitkilerde zeatin ribosid (ZR) proteinin daha az parçalandığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar dışsal sitokinin uygulamalarının sıcaklık stresine bağlı oluşan olumsuz etkileri azalttığını ve buna bağlı olarak yaprak yaşlanmasını geciktirdiğini veya baskı altına aldığını göstermektedir. Sitokininlerin, proteaz aktivitesini yavaşlatarak ve heat- shock (sıcaklık şoku) proteinlerini artırarak sıcaklık stresine bağlı zararlanmayı azaltmakta olduğu düşünülmektedir (Veerasingam ve ark., 2007). Hasat sonrasında sitokinin uygulamalarının brokolide (Clarke ve ark. 1994), Bruksel lahanasında (Fuller ve ark., 1977) ve karnabaharlarda (Çavuşoğlu ve Halloran, 2010) olumlu sonuçlar verdiği farklı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Hasat sonrasında çok hızlı bozulan tarım ürünleri arasında yer almakta olan mantarlar, uygun sıcaklık ve nemde muhafaza edilmediği takdirde şapkalarda açılma ve ardından renkte kararmalar meydana geldiği görülmektedir. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için hasat sonrasında bir takım uygulamalar yapılmaktadır. Örneğin CaCl₂, nitrik asit ve sitokinin uygulamaları bunlardan bir kaçıdır. Depolamanın sonunda mantarların dayanma direncine bağlı olarak enfeksiyonların varlığıyla kararmalar çok yüksek düzeyde meydana gelmekte bu durum da daha geniş alanda kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıpları önlemek amacıyla modifiye atmosfer ve kontrollü atmosfer ile depolama teknikleri uygulanmaktadır. Bu depolama teknikleri yanında kalıntı riski oluşturmayacak düzeyde sitokinin uygulamalarının yaşlanma üzerine daha etkili olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, farklı ambalaj tipleri ile sitokinin uygulamalarının mantarlarda yaşlanmaya etkisi, ağırlık kaybı, renk değişimi (L*, C ve H), toplam fenolik, C vitamini ve polifenoloksidaz enzim aktivitesi ölçüm ve analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Van'da ticari olarak mantar üretimi yapan bir firmadan temin edilen *A. bisporus* mantarları kullanılmıştır. Hasat edilen mantarlar aynı olgunluğa



sahip 1. Flaştan hasat edildikten sonra ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Araştırma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait Soğuk Hava Deposunda yürütülmüştür.

Hasat edilen mantarlar 0, 5, 10, 15 ppm'lik sitokinin solüsyonuna daldırılarak, 0°C sıcaklığa sahip depolarda açıkta, streç ve polietilen ambalaj malzemeleri ile muhafaza edilmiştir. Bu örneklerde hasatta ve 3 gün aralıklarla soğuk hava deposundan alınan örneklerde aşağıda belirtilen ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Ağırlık Kaybı

Muhafaza süresince ağırlık kayıplarını belirlemek için ise ayrılan örneklerde ağırlık ölçümleri hasat dönemi ile hasadı izleyen haftalık analiz dönemlerinde yapılmış hassas terazi ile ve ağırlık kayıpları başlangıca göre % olarak hesaplanmıştır.

Renk

Araştırma süresince mantarlarda renk değişimleri Minolta CR-400 marka renk ölçer ile L*, a*, b* renk düzleminde belirlenmiştir. Her tekerrüre ait bitkilerde 3 farklı bölgede ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar L*, a*, b* C ve H olarak ifade edilmiştir.

Toplam Fenolik Bileşik İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik bileşik içeriğinin belirlenmesinde Obanda ve Owuor (1997) tarafından belirtilen Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemin modifiye edilmesiyle geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Folin-Ciocalteu çözeltisi 1:3 oranında seyreltilmiştir. Doymun sodyum karbonat (%35) çözeltisi kullanılmıştır. Gallik asit konsantrasyonu 0-55 µg/ml arasında değişen 9 ayrı çözelti olarak hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çalışma çözeltilerinin (9 adet) her birinden 1 ml alınarak 1 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışıma 5 dakika sonra 2 ml sodyum karbonat ilave edilerek iyice çalkalanıp ve 2 ml su ile seyreltilmiştir. Elde edilen karışım 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra oluşan mavi rengin spektrometrede 700 nm dalga boyunda absorbans değeri okunmuştur. Gallik asidin bu farklı konsantrasyonlarına karşı okunan absorbans değerleri kalibrasyon eğrisi üzerinden hesaplanmıştır.

C Vitamini İçeriğinin Belirlenmesi

Bu amaçla 3 g düzeyinde tartılan örnekler çözündürülmeksizin ışık geçirmeyi engellemek için alüminyum folye ile sarılmış 50 ml'lik santrifüj tüpleri içine alınmış ve 10 ml %6'lık (W/V) metafosforik asit (Sigma, M6285, %33.5) çözeltisi içinde 15 saniye süre ile dakikada 24000 devirde homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işleminden hemen sonra 1°C sıcaklıkta dakikada 14000 devirde 10 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Sulu kısımdan alınan örnekler 0.45 µm delik çapına sahip olan örnek süzme filtrelerinden geçirilerek 1.5 ml'lik amber renkli vialler içinde toplanmıştır. Ekstraksiyonu yapılan örnekler hiç bekletilmeksizin HPLC'de analiz edilmiştir. (Cemeroğlu, 2007).

HPLC analizlerinde C vitamini C₁₈ kolonda (Phenomenex Luna C₁₈, 250 x 4.60 mm, 5 µ) gerçekleştirilmiştir. Kolon fırını sıcaklığı 25°C olarak ayarlanmıştır. Sistemde mobil faz olarak 1 ml/dakika akış hızında pH düzeyi H₂SO₄ ile 2.2'e ayarlanmış saf su kullanılmıştır. Okumalar DAD dedektörde 254 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. C vitamini pikinin tanımlanması ve miktarının belirlenmesinde farklı konsantrasyonlarda (50, 100, 500, 1000, 2000 ppm) hazırlanan L-askorbik asit (Sigma A5960) kullanılmıştır.

Polifenoloksidaz (PPO) Enzim Aktivitesi

Polifenoloksidaz (PPO) aktivitesi, Yemenicioğlu ve ark. (1997), tarafından belirtilen yöntemle belirlenmiştir. Polifenol Oksidaz enzim aktivitesini belirlemek için öncelikle 50 gr mantar tartılmıştır. Üzerine pH'sı 6.8'e ayarlanmış soğuk olarak 500 ml 0.1 M'lık sodyum fosfat tampon çözeltisi eklenerek homojenizatörde 20 sn kadar homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnek buz içerisinde adi filtre kağıdı ile süzümüştür. Sıcak su banyolu spektrofotometre kullanılmıştır. Bu spektrofotometre 30°C'ye ayarlanmış ve kuvarz spektro küveti içerisine önce 2 ml 0.01M sodyum fosfat tampon çözeltisi konulup ve daha sonra 200 µl 0.5 M kateşol eklenerek spektro fotometre bu karışım ile sıfırlanmıştır. Polifenol oksidaz enzim aktivitesini ölçümü için karışım üzerine 100 µl süzüntü eklenmiştir. Aktiviteyi belirlemek amacıyla 420 nm dalga boyunda 4 dakika süreyle 5sn aralıklarla spektrofotometrede absorbans değeri belirlenmiştir. Elde edilen kalibrasyon eğrisiyle PPO enzim aktivitesi hesaplanmıştır.



İstatistik Analiz

Üzerinde durulan özellikler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama ve Standart hata olarak ifade edilmiştir. Bu özellikler bakımından; Depolama süresi ve Uygulamalar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla; Faktöriyel (Üç Faktörlü) Varyans Analizi yapılmıştır. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik önemlilik düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Ağırlık Kaybı (%)

Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültür mantarında depolama boyunca ağırlık kaybında (%) meydana gelen değişimler Tablo 1 verilmiştir. Söz konusu Tablo incelendiğinde muhafaza süreleri uzadıkça mantarların ortalama ağırlık kayıplarının arttığı görülmektedir.

Modifiye atmosfer depolama çalışmasında açıkta muhafaza edilen 0, 5, 10 ve 15 ppm organik sitokinin uygulanan mantar örneklerinin 3. gününde ağırlık kayıpları sırasıyla %6.925, 9.155, 7.370 ve 5,800 olarak belirlenirken aynı uygulama örneklerinde depolama sonu olan 9. günde ise %26.700, 15.500, 14.780 ve 19.350 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların ağırlık kaybında (%) meydana gelen değişimler.

Doz	Dönem (Gün)	Açık	Polietilen	Streç
0	0	0.000 b, A, $a \pm 0.000$	0.000 a, A, $a \pm 0.000$	0.000 c, A, $a \pm 0.000$
	3	6.925 b, A, $a \pm 0.085$	1.720 a, B, $a \pm 1.400$	0.575 bc, B, $a \pm 0.125$
	6	5.590 b, A, $a \pm 4.030$	2.990 a, A, $a \pm 1.390$	1.270 ab, A, $a \pm 0.270$
	9	26.700 a, A, $a \pm 0.800$	13.950 a, A, $a \pm 12.650$	1.895 a, A, $a \pm 0.375$
5	0	0.000 c, A, $a \pm 0.000$	0.000 a, A, $a \pm 0.000$	0.000 b, A, $a \pm 0.000$
	3	9.155 ab, A, $a \pm 2.545$	0.580 a, B, $a \pm 0.300$	0.265 a, B, $a \pm 0.025$
	6	7.885 b, A, $a \pm 1.485$	0.570 a, B, $a \pm 0.070$	0.325 a, B, $b \pm 0.095$
	9	15.500 a, A, $a \pm 2.000$	0.875 a, B, $a \pm 0.815$	0.115 ab, B, $b \pm 0.065$
10	0	0.000 b, A, $a \pm 0.000$	0.000 b, A, $a \pm 0.000$	0.000 b, A, $a \pm 0.000$
	3	7.370 ab, A, $a \pm 0.260$	0.130 ab, B, $a \pm 0.080$	0.325 b, B, $a \pm 0.185$
	6	9.855 a, A, $a \pm 0.015$	1.195 a, B, $a \pm 0.535$	1.080 a, B, $a \pm 0.040$
	9	14.780 a, A, $a \pm 4.820$	0.495 ab, B, $a \pm 0.005$	0.130 b, B, $b \pm 0.060$
15	0	0.000 c, A, $a \pm 0.000$	0.000 a, A, $a \pm 0.000$	0.000 b, A, $a \pm 0.000$
	3	5.800 b, A, $a \pm p.420$	1.285 a, B, $a \pm 0.295$	0.685 a, B, $a \pm 0.225$
	6	7.985 b, A, $a \pm 0.515$	1.095 a, B, $a \pm 0.365$	0.345 ab, B, $b \pm 0.085$
	9	19.350 a, A, $a \pm 2.850$	1.640 a, B, $a \pm 0.970$	0.175 ab, B, $b \pm 0.115$

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$).

Polietilen ambalajında depolanan mantar şapkalarında benzer şekilde düzenli olarak ağırlık kaybında artışlar görülmüştür. Depolamanın 3. günde

%1,720; 0,580; 0,130 ve 1,285 olan ağırlık kayıpları aynı sıralama ile depolama sonunda %13,950; 0,875; 0,495 ve 1,640 olarak değişim göstermiştir. Streç filme kaplanan



mantarda 3. günde gözlenen ağırlık kaybı %0,575; 0,265; 0,325 ve 0,685 iken, depolamanın sonunda ise %1,895; 0,115; 0,130 ve 0,175 değerine ulaşmıştır. Tablo 1'deki verilerden de anlaşılacağı gibi muhafaza başlangıcından muhafaza sonuna kadar bütün uygulama gruplarında ağırlık kaybında artışlar gözlenmiştir. Yapılan bu deneme sonucunda en az ağırlık kaybının streç filmle kaplı ve 5 ppm sitokinin uygulanan mantarlarda olduğu dikkati çekmiştir. Mantar muhafazasında ağırlık kaybı açısından streç filmle kaplanan mantarlarda daha az ağırlık kaybı olduğunun gözlenmesi bu uygulamanın mantar muhafazasında başarılı bir sonuç vereceği kanısını uyandırmıştır. Bunun yanısıra PE ile oluşturulan modifiye atmosfer muhafaza ise hiç de azımsanmayacak düzeyde iyi sonuçlar vermiştir. Mantarları muhafaza açısından diğer meyve ve sebzelerden ayırt eden özelliği dış koruyucu bir tabakanın olmayışıdır. Bu özelliği yanında çok hızlı bir solunum gerçekleştirilmesi sebebiyle ağırlık kaybında artışlara sebep olmaktadır (Ares ve ark, 2007).

Renk Analizi (L^* , C , h)

L^* rengin açıklık koyuluk koordinatlarını belirler. Mükemmel siyah rengin L^* değeri "0" iken, mükemmel beyaz rengin L^* değeri "100" dür. Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültür mantarında depolama boyunca L^* değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 2'de verilmiştir.

Depolama sonucunda L^* değerleri her iki MAP'da (5 ppm Nitrozyne uygulanan streçle kaplanan mantar örnekleri hariç) düzenli bir azalış göstermiştir. Depolama başlangıcında 0 doz sitokinin uygulamasında (kontrol) açıkta, polietilen ve streç ile kaplanan mantar şapkalarında L^* değeri 86,635 olarak saptanırken depolama sonunda bu değer sırasıyla 82,055; 81,855; 85,805 olarak belirlenmiştir. Her üç ambalaj şeklinde de düşüşler gözlenmiş olup en iyi sonuç streç filmle kaplanan mantarlarda gözlemlenmiştir. Mantarlara 5 ppm sitokinin uygulamalarında ise depolama başlangıcında 85,960 olarak tespit edilmiştir. Muhafaza sonunda ise yine aynı sıralama ile 85,530; 85,585 ve 86,620 olarak belirlenmiştir. 5 ppm uygulaması sonunda kontrol grubunda olduğu gibi en iyi sonuç streç ile kaplı mantar örneklerinde gözlenmiştir. 0 ve 5 ppm uygulamalarında streç film en iyi sonucu verirken 10 ppm sitokinin

uygulanmasında ise en iyi sonucu polietilen ambalaj şekli vermiştir.

Mantarlarda kararım kalite kriterleri açısından en önemli kriterlerin başında gelmektedir. Herhangi bir uygulama olmaksızın açıkta yapılan muhafaza ile streç ve PE ile elde edilen MAP (modifiye atmosfer paketleme) L^* değeri açısından karşılaştırıldığında en iyi rengi koruyan uygulamanın 15 ppm uygulanan streç filmle kaplanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen L^* değerlerinin pazarlanabilme açısından Briones ve ark. (1992) yapmış olduğu çalışmada L^* değeri için bildirilmiş olan 80,000 değerinin üzerinde bir seyir göstermiştir. Böylece depolama sonunda denemeye alınan mantar örneklerinin L^* değeri açısından pazarlanabilir özelliğini kaybetmediği söylenebilir.

Kroma rengin doygunluk derecesini ifade etmektedir. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarın C değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 4'te verilmiştir.

Depolama başlangıcında 0 ppm sitokinin uygulanan mantarların tüm ambalaj türlerinde C değeri 16,665 olarak tespit edilmiştir. Açıkta (kontrol grubunda) 0 ppm sitokinin uygulanan mantarda 3. günde bu değer 19,770'e yükselmiş, 6. günde 21,110 ve 9. günde 21,990 olarak artış göstermiştir. Açıkta muhafaza edilen 5 ve 10 ppm dozda uygulama yapılan şapkalarında 0 ppm uygulama yapılan örneklerdeki değişimlerin de benzeri değişimler gösterdiği gözlenmiştir. 15 ppm yapılan uygulamada ise 6. güne kadar C değerinde artışların olduğu depolama sonu olan 9. günde ise düşüşlerin olduğu gözlenmiştir. Açıkta muhafazada, dönemler değerlendirildiğinde; 0 ve 3. günler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunurken, 6. ve 9. günler arasındaki kroma renk bakımından olan fark önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde, uygulamalar için de 0 ve 10 ppm uygulamaları arasındaki fark, istatistik olarak önemli bulunurken, 5 ve 15 ppm uygulamaları arası fark önemli bulunmamıştır. Diğer yandan, 10 ppm sitokinin uygulanan açıkta ve polietilen ambalajlarda saklanan örneklerde ise kroma değerleri bakımından istatistik olarak herhangi bir fark bulunmamıştır.

Çalışmada diğer bir renk kriteri olan Hue (h) değeri temel renklerin bütün oranını ifade etmek için kullanılmaktadır. Hue değeri bakımından depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde meydana gelen



değişimler Tablo 4'te verilmiştir. Hue değerleri açısından 0. dozda uygulamalar arasında fark önemli bulunmazken 5, 10, ve 15 ppm uygulamalarında uygulamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Uygulamalar ve

dozlar arasındaki fark sadece 6. günde gözlemlenmeye başlanmıştır.

Tablo 2. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların L* değerlerinde meydana gelen değişimler.

Doz (ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	86.635 a, A, $a \pm 0.635$	86.635 ab, A, $a \pm 0.635$	86.635 a, A, $a \pm 0.635$
	3	84.940 a, A, $a \pm 0.030$	87.825 a, A, $a \pm 1.165$	87.615 a, A, $a \pm 1.155$
	6	82.955 a, A, $a \pm 2.665$	84.660 bc, A, $b \pm 0.070$	87.500 a, A, $a \pm 1.400$
	9	82.055 a, B, $c \pm 0.695$	81.855 c, B, $b \pm 0.705$	85.805 a, A, $a \pm 0.515$
5	0	85.960 a, A, $a \pm 2.450$	85.960 a, A, $a \pm 2.450$	85.960 a, A, $a \pm 2.450$
	3	83.220 a, A, $a \pm 0.760$	88.045 a, A, $a \pm 0.585$	86.695 a, A, $a \pm 1.965$
	6	84.855 a, B, $a \pm 0.455$	88.600 a, A, $a \pm 0.300$	87.845 a, A, $a \pm 0.275$
	9	85.530 a, A, $ab \pm 0.780$	85.585 a, A, $ab \pm 0.025$	86.620 a, A, $a \pm 0.410$
10	0	88.340 a, A, $a \pm 0.340$	88.340 a, A, $a \pm 0.340$	88.340 a, A, $a \pm 0.340$
	3	83.700 a, A, $a \pm 2.780$	87.245 a, A, $a \pm 0.955$	86.890 a, A, $a \pm 1.850$
	6	82.130 a, B, $a \pm 2.310$	87.205 a, AB, $a \pm 0.105$	89.395 a, A, $a \pm 0.255$
	9	82.445 a, A, $bc \pm 1.325$	86.380 a, A, $a \pm 1.750$	85.805 a, A, $a \pm 0.855$
15	0	88.110 a, A, $a \pm 0.230$	88.110 a, A, $a \pm 0.230$	88.110 a, A, $a \pm 0.230$
	3	84.800 b, B, $a \pm 0.360$	87.205 ab, A, $a \pm 0.345$	87.265 a, A, $a \pm 0.065$
	6	85.085 ab, A, $a \pm 0.175$	87.350 ab, A, $a \pm 0.990$	88.555 a, A, $a \pm 0.965$
	9	85.930 ab, A, $a \pm 0.000$	85.540 b, A, $ab \pm 0.280$	87.220 a, A, $a \pm 2.260$

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

Toplam Fenolik

Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültür mantarında depolama boyunca toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimler ise Tablo 5'te verilmiştir.

Depolama başlangıcındaki kontrol grubunda toplam fenolik değeri 0.360 mg/g muhafaza sonunda bu değer açıkta, polietilen ve streç MAP ambalajlara göre sırasıyla 0.435 mg/g; 0.060 mg/g ve 0.410 mg/g olarak tespit edilmiştir. Deneme sonucunda Polietilen ambalaj içerisinde bütün örneklerde depolama sonunda toplam fenolik miktarında azalmalar olduğu tespit edilmiştir ve 5 ppm uygulanan örneklerde 0.575 mg/g olan bu değer muhafaza sonunda sırasıyla 0.640 mg/g; 0.500 mg/g; 0.395mg/g olarak tespit edilmiştir. 10 ppm yapılan uygulamada depolama başlangıcında 0.360 mg/g olan bu değer depolama sonunda 0.210 mg/g; 0.055 mg/g ve 0.505 mg/g olduğu belirlenmiştir. 15 ppm uygulanan mantarlarda ise başlangıçta 0.285 mg/g olan toplam fenolik miktarı 0.175 mg/g; 0.620 mg/g ve 0.320 mg/g olduğu saptanmıştır. Açıkta tutulan mantarlarda depolama sonunda 0 ve 5 ppm sitokin uygulananlarda artış gösterirken 10 ve 15 ppm sitokin uygulananlarda azalış göstermiştir. Streç filmle kaplanan örneklerde 5 ppm uygulanan mantarlarda azalış gözlemlenmiştir.



Tablo 3. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların Kroma değerinde meydana gelen değişimler.

Doz (ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	16.665 b, A, $a \pm 0.385$	16.665 b, A, $a \pm 0.385$	16.665 a, A, $a \pm 0.385$
	3	19.770 ab, A, $a \pm 0.020$	15.770 b, AB, $a \pm 0.650$	15.320 a, B, $a \pm 1.560$
	6	21.110 a, A, $a \pm 1.680$	18.295 b, A, $a \pm 1.185$	16.445 a, A, $a \pm 0.785$
	9	21.990 a, A, $a \pm 1.030$	21.660 a, A, $a \pm 0.590$	17.125 a, B, $a \pm 0.385$
5	0	16.995 a, A, $a \pm 1.895$	16.995 a, A, $a \pm 1.895$	16.995 a, A, $a \pm 1.895$
	3	19.470 a, A, $a \pm 1.190$	16.235 a, A, $a \pm 0.055$	16.920 a, A, $a \pm 1.600$
	6	19.230 a, A, $a \pm 0.350$	15.910 a, A, $a \pm 0.290$	16.390 a, A, $a \pm 0.110$
	9	19.805 a, A, $a \pm 0.365$	19.125 a, A, $ab \pm 0.845$	17.640 a, A, $a \pm 0.130$
10	0	15.330 b, A, $a \pm 0.530$	15.330 b, A, $a \pm 0.530$	15.330 a, A, $a \pm 0.530$
	3	18.750 ab, A, $a \pm 2.010$	15.820 b, B, $a \pm 0.190$	16.210 a, B, $a \pm 1.560$
	6	22.050 a, A, $a \pm 1.390$	17.040 ab, B, $a \pm 0.140$	14.420 a, B, $a \pm 0.110$
	9	22.025 a, A, $a \pm 1.035$	18.215 a, B, $b \pm 0.805$	17.515 a, B, $a \pm 0.305$
15	0	14.890 a, A, $a \pm 0.370$	14.890 a, A, $a \pm 0.370$	14.890 a, A, $a \pm 0.370$
	3	18.945 a, A, $a \pm 0.025$	15.520 a, B, $a \pm 0.760$	16.410 a, B, $a \pm 0.610$
	6	19.625 a, A, $a \pm 0.405$	16.105 a, B, $a \pm 0.685$	14.810 a, B, $a \pm 0.660$
	9	10.325 a, A, $a \pm 7.985$	17.700 a, A, $b \pm 1.060$	15.840 a, A, $a \pm 2.700$

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir

Tablo 4 Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların Hue değerlerinde meydana gelen değişimler.

Doz(ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	83.725 a, A, $a \pm 0.395$	83.725 ab, A, $a \pm 0.395$	83.725 a, A, $a \pm 0.395$
	3	81.830 a, A, $a \pm 0.150$	84.865 a, A, $a \pm 1.035$	84.060 a, A, $a \pm 0.690$
	6	81.435 a, A, $a \pm 1.985$	81.955 a, A, $c \pm 0.235$	84.270 a, A, $b \pm 0.790$
	9	81.635 a, A, $a \pm 0.265$	82.125 ab, A, $a \pm 0.875$	84.030 a, A, $a \pm 0.590$
5	0	81.755 a, A, $a \pm 1.905$	81.755 a, A, $a \pm 1.905$	81.755 a, A, $a \pm 1.905$
	3	82.100 a, A, $a \pm 0.110$	84.545 a, A, $a \pm 0.875$	83.560 a, A, $a \pm 1.590$
	6	82.645 a, B, $a \pm 0.425$	85.110 a, A, $a \pm 0.650$	84.120 a, AB, $b \pm 0.110$
	9	83.110 a, A, $a \pm 0.610$	83.985 a, A, $a \pm 0.575$	83.260 a, A, $a \pm 0.290$
10	0	83.885 a, A, $a \pm 0.385$	83.885 a, A, $a \pm 0.385$	83.885 a, A, $a \pm 0.385$
	3	82.655 a, A, $a \pm 1.805$	84.115 a, A, $a \pm 1.305$	83.575 a, A, $a \pm 2.135$
	6	82.290 a, B, $a \pm 1.410$	84.045 a, AB, $ab \pm 0.025$	86.070 a, A, $a \pm 0.070$
	9	82.280 a, A, $a \pm 0.940$	84.930 a, A, $a \pm 1.220$	83.165 a, A, $a \pm 0.155$
15	0	83.525 a, A, $a \pm 0.035$	83.525 a, A, $a \pm 0.035$	83.525 a, A, $a \pm 0.035$
	3	82.480 a, A, $a \pm 0.220$	82.675 a, A, $a \pm 0.375$	82.930 a, A, $a \pm 0.380$
	6	83.270 a, B, $a \pm 0.110$	83.455 a, B, $bc \pm 0.445$	85.060 a, A, $ab \pm 0.250$
	9	80.480 a, A, $a \pm 0.330$	83.105 a, A, $a \pm 0.635$	83.400 a, A, $a \pm 2.030$

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)



Tablo 5. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların Toplam Fenolik (mg/g) içeriğinde meydana gelen değişimler.

Doz (ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	0.360 a, A, $a \pm 0.100$	0.360 a, A, $a \pm 0.100$	0.360 a, A, $a \pm 0.100$
	3	0.150 a, A, $a \pm 0.080$	0.150 a, A, $a \pm 0.000$	0.215 a, A, $a \pm 0.115$
	6	0.145 a, A, $a \pm 0.025$	0.240 a, A, $a \pm 0.110$	0.385 a, A, $a \pm 0.135$
	9	0.435 a, A, $a \pm 0.185$	0.060 a, A, $b \pm 0.050$	0.410 a, A, $a \pm 0.040$
5	0	0.575 a, A, $a \pm 0.025$	0.575 a, A, $a \pm 0.025$	0.575 a, A, $a \pm 0.025$
	3	0.705 a, A, $a \pm 0.515$	0.260 a, A, $a \pm 0.210$	0.075 b, A, $a \pm 0.005$
	6	0.200 a, A, $a \pm 0.060$	0.330 a, A, $a \pm 0.220$	0.390 ab, A, $a \pm 0.110$
	9	0.640 a, A, $a \pm 0.210$	0.500 a, A, $ab \pm 0.110$	0.395 ab, A, $a \pm 0.185$
10	0	0.360 a, A, $a \pm 0.120$	0.360 a, A, $a \pm 0.120$	0.360 a, A, $a \pm 0.120$
	3	0.135 a, A, $a \pm 0.035$	0.650 a, A, $a \pm 0.500$	0.350 a, A, $a \pm 0.300$
	6	0.425 a, A, $a \pm 0.265$	0.335 a, A, $a \pm 0.025$	0.340 a, A, $a \pm 0.050$
	9	0.210 a, A, $a \pm 0.020$	0.055 a, A, $b \pm 0.025$	0.505 a, A, $a \pm 0.345$
15	0	0.285 ab, A, $a \pm 0.105$	0.285 a, A, $a \pm 0.105$	0.285 a, A, $a \pm 0.105$
	3	0.560 a, A, $a \pm 0.030$	0.495 a, A, $a \pm 0.035$	0.155 a, B, $a \pm 0.005$
	6	0.345 ab, A, $a \pm 0.095$	0.470 a, A, $a \pm 0.020$	0.270 a, A, $a \pm 0.020$
	9	0.175 b, A, $a \pm 0.115$	0.620 a, A, $a \pm 0.190$	0.320 a, A, $a \pm 0.070$

* → A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

** ↓ a, b, c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

*** Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

C Vitamini

Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültür mantarında depolama boyunca C vitamini içeriğinde meydana gelen değişimler ise Tablo 6, 'da verilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde genel olarak, her üç faktörün seviyelerine göre de vitamin C miktarında istatistik olarak önemli farklılıklar olduğu söylenebilir. Ambalaj tipi bakımından oluşan farklılıkların, genelde 3. veya 6. günden sonra ortaya çıktığı ve "5. Gün 3. Doz" kombinasyonu dışında diğer kombinasyonlarda açık ambalaj tipinden elde edilen vitamin C miktarı ortalamalarının diğer iki ambalaj tipinden daha yüksek olduğu söylenebilir.

Tablo 6, günler arası farklılıklar bakımından incelendiğinde, genel olarak her doz ve ambalaj tipi kombinasyonunda; 0. güne göre 3. günden itibaren vitamin C miktarı ortalamasında istatistik olarak önemli düşüşlerin olduğu söylenebilir. Diğer yandan aynı ambalaj tipi ve gün kombinasyonlarında dozlar arası farklılıklar incelendiğinde; "0. gün ve açık ambalaj tipi" kombinasyonu dışında diğer kombinasyonlarda dozlar arası farklılıkların istatistik olarak önemli olduğu görülür. Ancak vitamin C miktarındaki değişimlerin, doz artışı ile birlikte yükselme ya da azalma yönünde bir seyir izlemediği söylenebilir.



Tablo 6. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların C vitamini (mg/kg) içeriğinde meydana gelen değişimler.

Doz (ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	69.790 a, A, $a \pm 5.075$	69.790 a, A, $a \pm 5.075$	69.790 a, A, $a \pm 5.075$
	3	28.517 b, A, $a \pm 4.734$	48.145 b, A, $a \pm 3.358$	26.297 b, A, $a \pm 10.629$
	6	60.108 a, A, $a \pm 0.508$	18.741 c, B, $a \pm 1.825$	54.907 a, A, $a \pm 3.040$
	9	23.682 b, A, $b \pm 0.483$	11.591 c, A, $b \pm 5.001$	11.135 b, A, $bc \pm 0.960$
5	0	63.662 a, A, $a \pm 2.544$	63.662 a, A, $a \pm 2.544$	63.662 a, A, $a \pm 2.544$
	3	16.673 a, B, $a \pm 1.901$	19.402 b, B, $b \pm 3.949$	41.724 ab, A, $a \pm 6.743$
	6	52.808 a, A, $a \pm 23.526$	21.482 b, A, $a \pm 1.340$	24.772 b, A, $a \pm 17.614$
	9	21.875 a, A, $b \pm 6.575$	12.128 b, A, $ab \pm 2.097$	14.524 b, A, $b \pm 2.631$
10	0	57.957 a, A, $a \pm 12.792$	57.957 a, A, $a \pm 12.792$	57.957 a, A, $a \pm 12.792$
	3	19.023 b, A, $a \pm 7.462$	25.910 a, A, $b \pm 7.111$	18.899 b, A, $a \pm 0.173$
	6	26.511 b, A, $a \pm 2.125$	29.185 a, A, $a \pm 8.527$	18.576 b, A, $a \pm 5.902$
	9	25.741 b, A, $b \pm 3.074$	29.725 a, A, $a \pm 6.225$	6.135 b, B, $c \pm 0.699$
15	0	53.393 a, A, $a \pm 14.173$	53.393 a, A, $a \pm 14.173$	53.393 a, A, $a \pm 14.173$
	3	19.688 b, A, $a \pm 7.622$	20.194 b, A, $b \pm 6.275$	16.514 b, A, $a \pm 1.712$
	6	39.333 ab, A, $a \pm 0.221$	15.573 b, B, $a \pm 2.663$	19.576 b, B, $a \pm 1.549$
	9	46.701 ab, A, $a \pm 3.097$	21.435 b, B, $ab \pm 3.332$	22.507 b, B, $a \pm 1.630$

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir ($p < 0.05$)

Polifenol Oksidaz Enzimi (PPO)

Polifenol Oksidaz Enzimi (PPO) ilk olarak 1856 yılında Schoenbein tarafından yemeklik mantarlarda bulunmuştur (Whitaker 1972). Polifenol oksidaz bitkilerde kararmaya sebep olan oksidoredüktaz sınıfından bir enzimdir (Vamos-Vigyazo ve Haard 1981). Birçok meyve ve sebze de bulunmasının yanı sıra ıstakoz, karides, yengeç gibi kabuklu deniz hayvanlarında (Simpson *et al.* 1988) ve bazı mikroorganizmalarda da bulunmaktadır (Pomerantz 1963).

Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültürü mantarında depolama boyunca PPO aktivitesinde meydana gelen değişimler ise Tablo 7.'de verilmiştir.

Polifenol oksidaz enzimi aktivitesi bakımından doz, dönem ve ambalaj tipleri arasındaki farklılıklar incelendiğinde; genel olarak farklılıkların istatistik olarak önemli bulunmadığı, ancak 0. doz ve 3. dönemde ambalajlar arası farkın istatistik olarak önemli olduğu görülür. Buna göre; açık ambalaj tipinde diğer iki ambalaj tipine göre ortalama olarak daha yüksek PPO enzimi gözlenmiştir. Benzer şekilde, doz 10 ve dönem 6'da da ambalajlar arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup, en yüksek PPO değeri ortalama streç filmle kaplanan grupta gözlenirken, en düşük değer açık ambalaj tipinde gözlenmiştir.

Aynı doz ve aynı ambalaj için, dönemler arası fark incelendiğinde; yalnızca 0. doz ve 2. ambalaj tipinde dönemler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Buna göre; en yüksek PPO ortalaması 33.331 değeri ile 0. dönemde elde edilirken, en düşük ortalama değer 15.082 ile 6. dönemde elde edilmiştir. Adı geçen farklılıklar dışında diğer farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmadığından, herhangi bir harflendirme yapılmamıştır.

Tartışma

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de ticari olarak kültürü yapılan en önemli mantar türü yaygın olarak beyaz şapkalı mantar adıyla bilinen *Agaricus bisporus*'dur. Tüm bahçe bitkileri ürünlerinde olduğu gibi mantarlarda da hasat sonrası kalite kaybı önemli bir sorundur. Hasat sonrası mantarlarda büyük ölçüde su kaybı meydana gelmekte, buna ilaveten enzimatik kararmadan meydana gelen renk değişimi de görülmekte ve şapkalarda açılmalar meydana gelmektedir. Mantarlar diğer sebzeler ile karşılaştırıldıkları zaman 3-4 günlük bir raf ömrüne sahip bulunmaktadır. Günümüzde mantarların raf ömrünün uzatılması amacıyla soğukta muhafaza, modifiye atmosferde muhafaza, kontrollü atmosferde muhafaza, kurutarak muhafaza ve konserveye işleme yöntemlerinden yararlanılmaktadır.



Tablo 7. Depolama süresince farklı ambalaj tiplerinde muhafaza edilen mantarların Polifenol Oksidaz Enzimi (Unite) içeriğinde meydana gelen değişimler.

Doz (ppm)	Dönem (Gün)	Açıkta	Polietilen	Streç
0	0	33.331±6.099	33.331**a±6.099	33.331±6.099
	3	39.823 A*±1.972	23.841 ab B±4.127	16.560 B±2.366
	6	29.177±8.674	15.082 b±0.099	24.052±0.395
	9	23.132±8.412	27.521 ab±2.287	24.281±9.844
5	0	46.237±16.061	46.237±16.061	46.237±16.061
	3	39.823±1.972	32.554±7.926	27.155±0.057
	6	21.686±0.395	27.232±4.048	34.960±6.440
	9	27.995±10.646	21.686±0.395	26.746±0.066
10	0	45.737±13.406	45.737±13.406	45.737±13.406
	3	35.486±14.983	36.694±10.014	18.479±5.073
	6	18.216 B±1.656	20.240 AB±1.840	28.449 A±0.123
	9	18.926±3.155	23.657±9.463	31.937±2.760
15	0	20.898±9.069	20.898±9.069	20.898±9.069
	3	16.955±0.395	17.288±3.094	17.375±7.071
	6	15.234±1.828	25.300±8.740	21.357±1.643
	9	15.640±0.920	26.977±3.199	23.263±3.549

*→ A, B: Aynı satırda farklı büyük harfi alan ambalaj grupları arası fark önemlidir (p<0.05)

**↓ a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan günler (dönemler) arası fark önemlidir (p<0.05)

***Aynı günde (dönemde) ve ambalaj grubunda farklı italik harfi alan doz grupları arası fark önemlidir (p<0.05)

Yapılan araştırmalar, mantarın raf ömrünün uzatılmasında bazı kimyasal maddeler uygulandıktan sonra değişik ambalaj materyalleri ile düşük sıcaklıkta depolamanın uygun bir teknik olacağını göstermektedir.

Bu çalışmada, farklı ambalaj tipleri (açıkta, polietilen, streç film) ile sitokinin uygulamalarının (0, 5, 10, 15 ppm) mantarlarda yaşlanmaya etkisi, ağırlık kaybı (%), renk değişimi (L*, C ve H), toplam fenolik, C vitamini ve polifenoloksidaz enzim aktivitesi ölçüm ve analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Açıkta, polietilen ambalajda ve streç filmde 0°C ve %90-95 nisbi nemde depolanan *Agaricus bisporus* kültür mantarında depolama boyunca ağırlık kaybında (%) meydana gelen değişimler Tablo 1 verilmiştir. Söz konusu Tablo incelendiğinde muhafaza süreleri uzadıkça mantarların ortalama ağırlık kayıplarının arttığı görülmektedir.

Modifiye atmosfer depolama çalışmasında açıkta muhafaza edilen 0, 5, 10 ve 15 ppm organik sitokinin uygulanan mantar örneklerinin 3. gününde ağırlık kayıpları sırasıyla %6.925, 9.155, 7.370 ve 5,800 olarak belirlenirken aynı uygulama örneklerinde depolama sonu olan 9. günde ise %26.700, 15.500, 14.780 ve 19.350 olarak belirlenmiştir.

Polietilen ambalajında depolanan mantar şapkalarında benzer şekilde düzenli olarak ağırlık kaybında artışlar görülmüştür. Depolamanın 3. günde

%1.720; 0.580; 0.130 ve 1.285 olan ağırlık kayıpları aynı sıralama ile depolama sonunda %13.950; 0.875; 0.495 ve 1.640 olarak değişim göstermiştir. Streç filmle kaplanan mantarda 3. günde gözlenen ağırlık kaybı %0.575, 0.265, 0.325 ve 0.685 iken, depolamanın sonunda ise %1.895; 0.115; 0.130 ve 0.175 değerine ulaşmıştır. Tablo 1.'deki verilerden de anlaşılacağı gibi muhafaza başlangıcından muhafaza sonuna kadar bütün uygulama gruplarında ağırlık kaybında artışlar gözlenmiştir. Modifiye atmosferde depolanan mantarlarda özellikle streç filme kaplı ambalajda ağırlık kaybının daha az düzeyde olmasının nedeni oksijenin düşük ve karbondioksit daha yüksek düzeyde tutarak solunum şiddetinin azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kader, 1986; Salveit, 1997; Gorris ve Tausher, 1999). Modifiye atmosfer paketleme (MAP) mantarların raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntem olduğu ve kayıpları azaltması sebebiyle ekonomik açıdan önemli uygulama (Tano ve ark.,1999) olduğunu rapor etmesiyle bulgularımız benzerlik göstermektedir.

Mantarlarda karar kalite kriterleri açısından en önemli kriterlerin başında gelmektedir. Herhangi bir uygulama olmaksızın açıkta yapılan muhafaza ile streç ve PE ile elde edilen modifiye atmosfer depolama L* değeri açısından karşılaştırıldığında en iyi rengi koruyan uygulamanın 15 ppm uygulanan streç filmle kaplanan



örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen L* değerlerinin pazarlanabilme açısından Lopez-Briones ve ark. (1992) yapmış olduğu çalışmada L* değeri için bildirilmiş olan 80.000 değerinin üzerinde bir seyir göstermiştir. Böylece depolama sonunda denemeye alınan mantar örneklerinin L* değeri açısından pazarlanabilir özelliğini kaybetmediği söylenebilir. Depolamadan 32 gün sonra bile CPPU (ticari sentetik sitokinin) uygulamalarında yanıl kollardaki L* değerlerini korumuştur (Carvaial-Millan, 2001). Mantarlarda L* değerindeki azalma (84.3 den 76.1) büyük olasılıkla doku yaşlanmasına bağlıdır (Kim ve Hall 1976, Makhlof ve ark., 1989, Bastrash ve ark., 1993). Çalışmamızda elde edilen bulgularla benzerlik göstermiştir Meyve ve sebzelerde bol miktarda bulunan fenolik bileşikler serbest radikalleri yakalayıcı antioksidatif etki gösteren güçlü antioksidanlar olarak bilinmektedir ve lipit peroksidasyonunu katalizleme yeteneğinde olma özelliğindedirler (Kris-Etherton ve ark., 2002). Fenolik bileşikler, bitkiler tarafından normal gelişme süreci ile enfeksiyon, yaralanma, UV ve radyasyon gibi stres koşullarında sentezlenen ikincil metabolitler olarak bilinmektedir. Meyvelerin renk, burukluk ve lezzet gibi ya da tat, koku gibi duyuşal özellikleri ile oksidatif stabilitesinde etkili olmaları ile bilinmektedirler. (Naczka ve Shahidi, 2004). Toplam fenolikler açısından ambalajlar ve depolama süreleri arasında istatistiksel olarak fark çıkmamış olsada her üç ambalajın 5 ppm sitokinin uygulamasında diğer dozlara göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Hasat sonrasında dayanım, hastalık ve zararlılarla mücadele üzerinde etkili olan fenolik bileşikler düzeyinin korunmasında yaşlanmayı erteleyen sitokinin dozları etkili olduğunu belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda, modifiye atmosferli depolama koşulları ile sitokinin uygulamalarının depolama süresince ağırlık kaybı, şapka rengi, C vitamini kaybı, toplam fenolik bileşik kaybı ve PPO enzim aktivitesinin azalması açıkta depolama koşulları ve kontrollere göre

daha etkili bulunmuştur. Özellikle sitokinin uygulamalarının kontrolle kıyaslandığında ağırlık kaybı (%) açısından etkin olduğu görülmüştür. Bunun sitokininin yaşlanma üzerine etkili bir büyümeyi düzenleyici madde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pek çok sebze de enzimatik esmerleşmeye sebep olan PPO enzimi ile etkileşime giren oksijen ve fenolik bileşikler elemine edilebilir. Fakat işleme esnasında oksijenin ortadan kaldırılması zordur. Çünkü oksijen hemen hemen bütün ortamlarda mevcuttur (Walker, 1995; Mayer ve Harel, 1979; Va'mos-Vigya'zo', 1981; Vaughn ve ark., 1988; Walker ve Ferrar, 1998). Üzümlerde CPPU uygulaması ile hasattan sonra PPO aktivitesi azalmıştır. Enzimatik doku kararması, diğer dokulardaki hücre membranlarının yüksek CO₂ konsantrasyonlarındaki hasarlarına bağlıdır. Normalde hücresel kısımda yer alan fenolik bileşikler, oksijene maruz kalmış ve bozulan hücre membranının serbest bıraktığı polifenol oksidaz enzimiyle oksitlenmiş ve oluşan bu bileşikler kahverengi pigmentleri meydana getirmişlerdir (Tano ve ark., 2007).

Muhafaza sonunda hemen hemen bütün ambalaj ve uygulamalarda ağırlık kaybı (%) ve PPO aktivitesinde artış olduğu görülürken, toplam fenolik bileşik miktarında, C vitamini miktarında ve L* değerlerinde bir azalış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Streç film ile kaplanan mantarların gerek açıkta gerekse de polietilen ambalajlarda muhafaza edilenlere göre ağırlık kaybı (%) aynı zamanda *Agaricus bisporus* mantar türünün PE ve streçle kaplanması ile 9 gün süresince başarılı bir şekilde muhafazasının mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi 2013-HIZ-ZF002 nolu proje ile çalışmamda maddi destek sağlayan Bilimsel Arastırma Projeleri koordinatörlüğüne (BAP) tesekkür ederiz. Bu çalışma yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Ares, G., Lareo, ve ark., Ares, G., Lareo, C., Lema, P., Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms. A review. *Fresh Produce*, 1(1),32-40 (2007)
- Anonim, FAO. *Statistic Detabase*. <http://faostat.fao.org>. Erişim tarihi: 27.03.2018 (2018).
- Bastrash, S., Malhlof, J., Castaigne, F., Villemot, C., Optimal Controlled Atmosphere Conditions for Storage of Broccoli Florets. *J. Food Sci.*, (58), 338–341. (1993).



- Briones, G. L., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G., Pascat, B., Storage of Common Mushroom Under Controlled Atmospheres. *International Journal of Food Science & Technology*, 27 (5): 493-505. (1992).
- Carvaial-Millan, E., Carvallo, T., Orozco, J. A., Martinez, M. A., Tapia, I., Guerrero, V. M., Rascon-Chu, A., Llamas, J., Gardea, A. A., Polyphenol Oxidaseactivity, Color Changes, And Dehydration in Table Grape Rachis Duringdevelopment and Storage As Affected by N-(2-choloro-4-pyridyl)-N-phenylurea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (2): 946-951. (2001)
- Cavusoglu, S.; Halloran, N The Effect of Pre-Harvest Cytokinin Application Total Phenolic Content and Polyphenoloxidase on Post Harvest Physiology of Cauliflower (Brassica Oleracea L. Botrytis). XXVIII International Horticultural Congress 22-26 August 2010- IHC p114 Lisboa Portugal (2010).
- Cemeroğlu, B.,. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:34, Ankara. s.168–171. (2007)
- Clarke, S. F., P. E., Jameson, C. G., Downs., The influence of 6-benzylaminoprine on postharvest senescence of floral tissues of broccoli (B. oleraceae var. *italica*). *Plant Growth Regul.* (14): 21-27. (1994)
- Eren E., Öztekin G.B., Tüzel Y., Türkiye’de Orta ve Büyük Ölçekli Mantar İşletmelerinin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3): 230-238, 2016 (2016)
- Fuller, G., Kuhnle, J. A., Corse, J. W., Mackey, B. E.,. Use of Natural Cytokinins to Extend The Storage Life Of Broccoli (Brassica oleracea, Itaiica group). *J.Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102 (4): 480-484. (1977)
- Kader, A. A., Biochemical and Physiological Basis For Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruit and Vegetables. *Food Technol.*, 40 (5): 99–104. (1986)
- Kays, S. J. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. ISBN 0-442-23912-2. (1991)
- Kim, B. D., Hall, C. B., Firmness of Tomato Fruit Subjected to Low Concentrations of Oxygen. *HortScience*, (11), 476–483. (1976)
- Kris-Etherton, P., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E. and Etherton, T. D.,. Bioactive Compounds in Foods: Their Role In The Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *The American Journal of Medicine*, 9B (113): 71-88. (2002)
- Makhlouf, J., Castaigne, F., Arul, J., Willemot, C., Gosselin, A.,. Longtermstorage of Broccoli Under Controlled Atmosphere. *HortScience*, (24): 637–639. (1989)
- Mayer, A. M. and Harel, E.,. Polyphenol Oxidases in Plants. *Phytochem.*, 18: 193-215. (1979)
- Milborrow, B. V.,. The İdentification of (+)-abscisin II (+) dormin) in Plants and Meseasurement of Its Concentration. *Planta*, (76): 93-113. (1967)
- Nacz, M., Shahidi, F., V. Extraction and Analysis of Phenolics in Food. *J. Chromatography A*. 1054, 95-111. (1976)
- Obanda, M., Owuor, P. O.,. Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf As Quality Potential İndicators of Kenyan Black Teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74 (1997), pp. 209–215. (1997)
- Pomerantz, S. H.,. Separation, Purification, and Properties of Two Tyrosinases from Hamster Melanoma. *Journal of Biological Chemistry*, 238 (7): 2351-2357. (1963)
- Saltveit, M.E., Physical and Physiological Changes in Minimally Processed Fruits and Vegetables. In: Toma´s-Barbera´n, F.A. (Ed.), *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. Oxford University Press, pp. 205–220. (1997).
- Simpson, B. K., Marshall, M. R., Otwell, W. S., 1988. Phenoloxidases from Pink and White Shrimp: Kinetic and Other Properties. *Journal of Food Biochemistry*, 12 (3): 205-218.
- Tano, K., Arul, j., Doyon, G. & Castaigne, F., Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. *Journal of Food Science*. (64): 1073-1077. (1999)
- Tano, K., Oulé, M. K., Doyon, G., Lencki L. W., Arul, J., Comparative Evaluation of The Effect of Storage Temperature Fluctuation on Modified Atmosphere Packages of Selected Fruit and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, (46), (3): 212-221. (2007)
- Vámos-Vigyázó, L., Haard, N. F., Polyphenol Oxidases and Peroxidases in Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 15 (1): 49-127. (1981)
- Vaughn, K. C., Lax , A. R., Duke, S. O.. Polyphenol Oxidase: the Chloroplastenzyme with no Established Function. *Physiol Plant*, (72): 659–665. (1988)
- Veerasamy, M., He, Y., Huang, B.,. Leaf Senescence and Protein Metabolism in Creeping Bentgrass Exposed to Heat Stress and Treated With Cytokinins. *Journal- American Society For Horticultural Science*, vol. 132; (4), p 467-472 (2007)
- Walker, J. R. L., Ferrar, P. H.,. Diphenol Oxidase, Enzymecatalysed Browningand Plant Disease Resistance. *Biotechnol. Genet. Eng. Rev.*, (15), 457-498. (1998)
- Whitaker, J. R., Polyphenol oxidase. In O. R. Fennema (Ed.), *Principles of Enzymology for the Food Sciences* (pp. 571–582). New York: Marcel Dekker. (1972)
- Yemenicioğlu, A., Özkan M., Cemeroğlu B., Heat İnactivation Kinetics of Apple Polyphenoloxidase and Activation Its Latent Form. *J. Food Sci.*, (62): 508–10. (1997)