



Geliş(Received) :10/09/2018
Kabul(Accepted) :29/09/2018

Araştırma Makalesi
Doi:10.30708/mantar.458800

Modifiye Atmosfer Ve Metil Jasmonat Uygulamalarının *Agaricus bisporus*'un Hasat Sonrası Kalite Ve Muhafaza Ömrüne Etkileri

Şeyda ÇAVUŞOĞLU^{1*}

sorumlu yazar: scavusoglu@yyu.edu.tr

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van

Öz:Bu çalışmada, *Agaricus bisporus* yemeklik mantar türünde muhafaza öncesi yapılan farklı modifiye atmosfer paketlenme (MAP) ve metil jasmonat (MeJA) uygulamalarının hasat sonrası kalite ve muhafaza ömrüne etkileri çalışılmıştır. Araştırmada kullanılacak olan mantarlar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mantar Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan mantarhaneden temin edilmiştir. 1 gün ön soğutma uygulaması yapılan aynı olgunluğa sahip mantarlar 3 ayrı gruba ayrılmış, birinci grup örnekler kontrol grubu olarak sadece saf suya daldırılmıştır. İkinci grup örnekler 0.5 mM, üçüncü grup örnekler ise 1 mM dozundaki MeJA çözeltisine 2 dakika süreyle daldırılmıştır. Daha sonra mantarlar köpük tabak içerisinde alınıp MAP ve streç film ile kaplanarak 4°C sıcaklık ve %90-95 oransal nem içeren soğuk hava deposunda 20 gün süre ile muhafaza edilmiştir. Üç tekerrürlü olarak hazırlanan mantar örneklerinin başlangıç ile birlikte her 5 günde bir, 20 gün boyunca analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda *A. bisporus* mantarının 4°C'de 20 gün boyunca başarılı bir şekilde depolanabildiği tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen kalite kriterlerinden ağırlık kaybı ve ambalaj içi gaz bileşenlerinden oksijen ve karbondioksit miktarı bakımından MAP uygulaması öne çıkarken; TEA, L*, kroma, hue, solumun ve etilen açısından ise streç film uygulaması daha başarılı bulunmuştur. MeJA uygulamalarının *A. bisporus* mantar türü üzerinde belirgin bir etkisi saptanamamıştır.

Anahtar kelimeler: Mantar, hasat sonrası uygulamaları, kalite ve fizikokimyasal özellikler

Effects Of Modified Atmosphere And Methyl Jasmonate Treatments On The Postharvest Quality And Storage Life Of *Agaricus bisporus*

Abstract: In this study, the effects of different modified atmosphere packing (MAP) and methyl Jasmonate (MeJA) applications on the postharvest quality and shelf life of *Agaricus bisporus*. Mushrooms produced in the mushroom house of Van Yuzuncu Yil University, Mushroom Research Application and Research Center was used as the research material. The mushroom of the same size, which had been pre-cooled for 1 day, were separated into 3 separate groups and the first group samples were only immersed in pure water for 2 minutes as a control group. The second group of mushroom samples was immersed in 0.5 µM of MeJA solution for 2 minutes and the third group was immersed in 1 µM of MeJA solution for 2 minutes. The mushrooms were then placed in a foam dish and covered with LifePack MAP (MAP) and stretch film and then stored in a cold air storage at 4 C° and 90-95% relative humidity. Mushroom samples prepared in tree replicates were analyzed for 20 days at 5 day intervals with the beginning. At the end of the research, it was determined that *A. bisporus* could be successfully stored at 4 ° C for 20 days. For the parameters studied in the experiment, MAP comes forward for the weight loss from and the amount of oxygen and carbon dioxide from the in-pack gas components, while stretch film comes forward for TA, L*, croma, hue, respiration and ethylene. No significant effect of MeJA on mushroom was detected.

Key words: Mushroom, Postharvest applications, quality and physicochemical properties



Giriş

Dünyada on binlerce çeşidi bulunan mantarlar, besin değeri yüksek tarımsal ürünlerdir. Özellikle protein ve demir açısından çok zengin olmalarının yanı sıra A, B, D, P ve K vitaminleri ile kalsiyum, potasyum, fosfor ve bakır minerallerine de sahiptirler. Mantarlar bilinen en iyi bitkisel protein kaynakları olup hayvansal ürünlere iyi bir alternatifler (Pamir, 1985). Ancak mantarlar hasat sonrası ömrü oldukça kısa olan canlılardır. Çünkü hızlı solunum oranına ve yüksek su içeriğine sahip olmalarının yanı sıra onları fiziksel ve mikrobiyolojik saldırılardan ve su kaybından koruyacak bir kutikula tabakasına da sahip değildirler (Brennan ve ark., 2000). Bu nedenle mantarların muhafaza sürelerini birkaç gün bile arttırabilecek çalışmalar çok büyük öneme sahiptir.

Son yıllarda tarımsal ürünlerde hasat sonrası ömrün uzatılması ve ürün kalitesinin korunmasında doğal bileşiklerin kullanımına olan ilgi artmaktadır. Birçok gıda ürününde kalitenin korunmasında etkili olduğu belirlenen jasmonik asitler (JA) bitki bünyesindeki linoleik asitten elde edilen kloroplastlarda bulunan lipoksijenaz (LOX3) enziminin etkisiyle aktif hale geçen bileşiklerdir (Vick ve Zimmerman, 1984). Jasmonik asitler, bitki bünyesinde biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı aktif hale geçmekte, proteinaz enzimi sentezini teşvik ederek bitki bünyesindeki flavanoidler, alkaloidler, polipeptidler ve terpenoidler ile fitoaleksinin oluşumunu uyarmaktadırlar (Gundlach ve ark., 1992; Mueller ve ark., 1993). Metil jasmonat (MeJA) ise JA'nın metil esteri olup, bitki bünyesinde aromatik bileşenleri ve antosiyaninleri arttırmada, klorofil parçalanmasını sağlamada, kararma ve üşüme zararını azaltmada, fungal gelişimi engellemede ve patojene karşı bitki direncini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Meir ve ark. 1996; Pérez ve ark., 1997; Zhu ve Tian, 2012). MeJA'nın, avokado, altıntop ve dolmalık biberde depolama sırasındaki üşüme zararına karşı etkinliği belirlenmiştir (Meir ve ark., 1996). Turplarda köklenme ve filizlenmeyi engellemenin yanında ağırlık kaybını da azalttığı saptanmıştır (Wang, 1998). Mango ve papaya meyvelerinde MeJA uygulamalarının, solunum hızı, ağırlık kaybı, renk kaybı, SÇKM miktarı ve üşüme zararını azalttığı, toplam organik asit ve şeker miktarını etkilemediği bildirilmiştir (González-Aguilar ve ark., 2001; 2003). MeJA uygulanmış (220 µL/L) domates meyvelerinin 10°C sıcaklıkta muhafaza edilmeleri sonucunda L* (parlaklık), renk değerleri (a* ve b*) ve sertliklerinin daha iyi korunduğu saptanmıştır (Baltazar ve ark., 2007).

Modifiye atmosfer paketleme (MAP), tüketicilerin güvenli, katkısız ve besin değeri yüksek ürünler için artan talebini karşılayan bir ürün muhafaza ve ambalajlama yöntemidir. MAP'de uygun atmosfer bileşimi, ambalaj malzemesi ve depolama koşullarının seçimi ile ürünlerin kalitesi daha uzun süre korunabilmekte ve raf ömrü uzatılabilmektedir (Labuza ve Breene, 1989; Farber ve ark., 2003). MAP ile ürünü çevreleyen hava bileşimi değiştirilerek özellikle, ortam oksijeni azaltılmakta ve buna

bağlı solunum, enzimatik ve oksidatif bozulma tepkimeleri yavaşlatılmakta, mikrobiyolojik bozulmalar geciktirilerek ürün güvenliği ve kalitesi sağlanmaktadır. Böylece, ürünlerin raf ömrü artırılmış olmaktadır (Farber ve ark., 2003; Murcia ve ark., 2009; Niemira ve Fan, 2014). Mantarlar MAP kullanılarak paketlenildiğinde kalitelerini muhafaza ettirmişlerdir (Henze, 1989; Burton ve Maher, 1991; Briones ve ark., 1992; Saray ve ark., 1994; Roy ve ark., 1995; Tano ve ark., 1999).

Bu çalışmada, MeJA'nın farklı dozlarının tek başına, MAP ve streç film ile birlikte kullanımının hasat sonrası kalite ve muhafaza ömrüne etkileri araştırılmıştır. Ayrıca ürüne ait fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler incelenerek kalitenin korunması açısından en iyi uygulama belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada araştırma materyali olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mantar Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan mantarhanede üretilen *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach türüne ait örnekler kullanılmıştır.

Mantar örnekleri öncelikle 1 gün ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Daha sonra aynı olgunluğa sahip mantarlar 3 ayrı gruba ayrılmıştır. Birinci grup örnekler kontrol olarak saf suya daldırılmıştır. İkinci grup meyveler 0.5 mM oranında ayarlanan metil jasmonat çözeltisine 2 dakika süreyle daldırılmıştır. Üçüncü grup meyvelere ise 1 mM oranında ayarlanan metil jasmonat çözeltisine 2 dakika süreyle (Yao ve Tian, 2005) daldırılmıştır. Daha sonra mantarlar köpük tabak içerisinde alınıp LifePack MAP ve streç film ile kaplanarak 4°C sıcaklık ve %90-95 oransal nem içeren soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Başlangıçta ve 5'şer günlük aralıklarla 20 gün boyunca analizleri yapılmıştır.

Yöntem

Ağırlık kaybı

Muhafaza süresince ağırlık kayıplarını belirlemek için ayrılan örneklerde ağırlık ölçümleri, hasadı ve hasadı izleyen 5'şer günlük analiz dönemlerinde hassas terazi yardımıyla ölçülmüş ve ağırlık kayıpları başlangıca göre % olarak hesaplanmıştır.

pH, Titre Edilebilir Asitlik, Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) ve Renk

Mantar örneklerinde pH ve SÇKM, Eissa (2007) ile Jafri ve ark., (2013) ait yöntemler modifiye edilerek belirlenmiştir. 10 dakikada 10000 devirde santrifüje tabi tutulan mantarlardan elde edilen suyunun direk pH metrede okunması ile pH, dijital refraktometre (ATAGO Pocket PAL-1 Japonya) ile okunması ile SÇKM (Brix) miktarı belirlenmiştir. Mantarlarda meydana gelen renk değişimleri 10 adet mantarda Minolta CR-400 marka renk ölçer kullanılarak CIE L*,kroma ve Hue (h°) açığı değerleri şeklinde belirlenmiştir.



Ambalaj içi O₂ ve CO₂ Bileşimi

Ambalaj içerisindeki CO₂ ve O₂ gaz oranları her dönemde depodan çıkarılan paketlerde oda koşullarında Headspace Gas Analyser GS3/L cihazı ile belirlenmiştir (Cliffe-Byrnes ve ark., 2003).

Solunum Hızı ve Dışsal Etilen

Kavanozlar içindeki mantarların ortama verdikleri CO₂ miktarı 1 saatlik bir bekleme süresinin sonunda Headspace Gas Analyser GS3/L ile okunmuştur. Mantarların solunum hızı değerleri ağırlık ve hacim değerlerinin kullanımı ile hesaplanmıştır. Mantar örnekleri 1 litrelik solunum kavanozlarına yerleştirildikten ve ağızları kapatıldıktan 30 dakika sonra gaz örnekleri gastight şırınga ile gaz kromatografisi cihazına (Shimadzu GC- MS QP 2010 Plus) enjekte edilmiş (Kader, 1992) ve kromatogramlar elde edilmiştir. Dışsal etilen miktarı ölçümlerinde 50 m uzunluğunda ve 10 mikron partikül çapına aktive edilmiş alüminyum oksitli kapillar kolon kullanılmış ve FID (flame ionization detector) dedektörü kullanılmıştır. Enjeksiyon sırasında dedektör sıcaklığı 120°C, kolon ve enjeksiyon sıcaklığı 100°C'ye ayarlanmıştır (Gussmann ve ark., 1993; Bauchot ve ark., 1995; Tian ve ark., 1997). Daha sonra dışsal etilen standart yardımı ile ml (C₂H₄)/kg h olarak hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Üzerinde durulan özellikler için tanımlayıcı istatistikler; ortalama ve standart hata olarak ifade edilmiştir. Bu özellikler bakımından; depolama süresi, uygulamalar ve çeşitler arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla; Faktöriyel (3 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 ve Tartışma

Ağırlık Kaybı

MeJA ve MAP uygulamalarının ağırlık kaybına etkisi Tablo 1'de verilmiştir. Yapılan çalışmada ağırlık kaybında meydana gelen değişimler incelendiğinde; MAP ve streç film kullanımı sırasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Streç film ambalajda depolamanın başlangıcından depolama sonuna kadar düzenli bir artışın olduğu tespit edilirken, MAP ambalajında ise depolamanın 10. gününe kadar ağırlık kaybında değişimin olmadığı bu tarihten itibaren depolama sonuna kadar az miktarda artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle en yüksek ağırlık kaybının 20. günde %4.2133 ile 1mM MeJA uygulaması yapılan streç film uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Bu değer bile muhafaza açısından eşik değer olan %5'in altında seyretmiştir (Tablo 1; Şekil 1). Yapılan çalışmada ağırlık kaybında uygulamalar arası farka bakıldığında; streç film içerisinde depolanan mantarlarda

0, 3, 5 ve 15. gün depolamalarında fark önemsiz çıkarken, 10. ve 15. gün depolamasında 0.5 mM ile 1 mM MeJA uygulanan örnekler arası fark önemli bulunmuştur. MAP ambalajı içerisinde depolanan örneklerde ise uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol ve 1 uygulamasının 3, 5, 10, 15. ve 20. gün depolamaları, 0.5 mM MeJA uygulamasının 10, 15 ve 20. gün depolamaları ile 1 mM MeJA uygulamasının ise 5, 10, 15 ve 20. gün depolamalarının; aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film uygulamasından farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. Muhafaza başlangıcından muhafaza sonuna kadar bütün uygulama gruplarında ağırlık kaybında artışlar gözlenmiştir. Gökçenay ve Çavuşoğlu (2018), benzer konuda yaptıkları çalışmada en az ağırlık kaybının streç filmle kaplı ve 5 ppm sitokinin uygulanan mantarlarda olduğunu tespit etmişlerdir. Mantar muhafazasında ağırlık kaybı açısından streç filmle kaplanan mantarlarda daha az ağırlık kaybı olduğunun gözlenmesi bu uygulamanın mantar muhafazasında başarılı bir sonuç vereceğini göstermektedir. Fakat MAP ambalajında bu uygulamadan da daha az ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Bu durumun ambalaj içi karbondioksit ve oksijen bileşen oranlarından oksijeninin azalması, karbondioksidin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. MeJA uygulaması MAP ambalajı uygulamasıyla beraber ağırlık kaybını önleme açısından önemli sonuçlar vermiştir. Mantarları muhafaza açısından diğer meyve ve sebzelerden ayırt eden özellik dış koruyucu bir tabakasının olmayışıdır (Ares ve ark., 2007). Bu özelliği yanında çok hızlı bir solunum gerçekleştirmesi de ağırlık kaybında artışlara sebep olmaktadır. MAP, streç film ambalaj ile karşılaştırıldığında, yüksek nispi nem koruması, oksijenin azaltılmasının yanı sıra karbondioksidin artırılması (Geeson, 1988) ve kullanılan metil jasmonatın da etkisiyle daha az ağırlık kaybına neden olmuştur.

pH, Titre Edilebilir Asitlik (TEA) ve Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM)

MeJA ve MAP uygulamalarının pH, TEA, SÇKM'de meydana getirdiği değişim Tablo 1'de verilmiştir. pH değerinde meydana gelen değişimlerde; streç film içerisinde depolanan örneklerde dalgalanmaların olduğu, MAP ambalajında ise düzenli bir azalış ve artışlarla beraber depolama sonuna artışın olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca en yüksek pH değeri 7.72 ile 20. günde MAP ambalajı içerisinde muhafaza edilen kontrol örneklerinde tespit edilirken, en düşük pH değerinin 20. günde 7.08 ile streç film ambalajı içerisinde depolanan kontrol uygulamasından elde edilmiştir. pH değeri için uygulamalar arası farka bakıldığında; Streç film içerisinde depolanan örneklerde fark önemli çıkmazken, MAP ambalajlarında depolanan örneklerde depolamanın 10. gününde kontrol ve 1 mM MeJA uygulanan örnekler arasında fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Kontrol uygulamasında 15. gün depolaması, 1 mM MeJA uygulamasında 5 ve 10. gün depolamalarının aynı



depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film içerisinde depolamadan olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. Bu bulgu, Villaescusa ve Gil (2003)'ün sonucuyla uyumludur. Taze mantarların pH değeri önceki çalışmalarda 6.44 olarak tespit edilirken (Jaworska ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2012), bizim çalışmamızda bu değer biraz yüksek bulunmuştur. Bunun sebebinin yetiştirilen kompostun, olgunlaştırma aşamasında eklenen katkı maddeleriyle birlikte pH oranının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. pH depolama süresine göre artmıştır. ($P < 0.05$) (Tablo 2). Bu çalışmadaki pH artışı, ağırlıklı olarak mantar örneklerinde bulunan amin dehidrogenaz içeren *Pseudomonas* gibi bakteri türleri tarafından amino asitlerin deaminasyonuna (Eady ve Large, 1971) ve otolitik reaksiyonlara bağlı olarak bakteriyel bozulmaya eşlik eden uzun süreli depolama sırasında aldehid ve amonyak üretimine bağlı olabilir.

TEA miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde; her iki ambalaj ve üç uygulamada da depolama boyunca artış ve azalışlarla beraber genel olarak artışın olduğu belirlenmiştir. Streç film ambalaj içerisinde, depolamanın 15. gününe kadar önemli bir fark tespit edilemezken depolamanın 20. gününde artışların olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber MAP ambalajında ise depolamanın 5. gününe kadar artışın meydana geldiği, bu tarihten itibaren depolama 15. gününe kadar azalışların

olduğu ve depolama sonunda ise tekrardan artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde *Agaricus* mantarında en yüksek TEA miktarını 20. günde streç film ambalajları içerisinde depolanan kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir. TEA miktarında uygulamalar arası fark; streç film içerisinde depolanan şapkalarda 0, 3, 10, 15 ve 20. gün depolamaları arası fark önemli bulunmazken, 5. günde kontrol uygulaması önemli bulunmuştur. MAP ambalajı içerisinde muhafaza edilen şapkalarda ise uygulamalar arası fark önemsiz çıkmıştır. Kontrol uygulamasında 5 ve 20. gün depolamalarında, 0.5 mM MeJA uygulanan örneklerde ise 20. gün depolamasında; aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç filmde olan farkın istatistik olarak önemli olduğu bulunmuştur. Farklı araştırmacılar depolama sırasındaki TEA artışını farklı nedenlere dayandırmıştır. Petersen ve Poll (1999), bu artışı şeker ve alkollerden asit üreten mikroorganizmalardan (asetik/laktik asit bakterileri ve küfler) kaynaklanabileceğini bildirirken, Remón ve ark. (2003), CO absorpsiyonunun bir sonucu olarak açıklanabileceğini ve artan CO konsantrasyonunun olgunlaşma sırasında asitlik miktarının düşüşünü yavaşlatarak asitlik üzerinde ikinci bir etkiye neden olduğunu bildirmiştir.

Tablo 1. *A. bisporus* mantarının depolanması sırasında ağırlık kaybında meydana gelen değişimler

Depolama Süresi	Ambalaj	Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA
0	MAP	0 ± 0 c	0.00 ± 0 c	0 ± 0 b
	streç	0 ± 0	0 ± 0 c	0 ± 0 c
3	MAP	0 ± 0 c #	0,2976 ± 0,2976 b	0 ± 0 b
	streç	0,7558 ± 0,0395	0,4779 ± 0,239 b	0,5026 ± 0,2524 c
5	MAP	0 ± 0 #	0,2976 ± 0,2976 b	0 ± 0 b #
	streç	1,0336 ± 0,3166 b	0,7604 ± 0,0436 b	1,2977 ± 0,2152 b
10	MAP	0,3333 ± 0,3333 #	0,2976 ± 0,2976 b #	0 ± 0 b #
	streç	2,0242 ± 0,3035 ab AB	1,5208 ± 0,0871 ab B	2,6232 ± 0,1375 ab A
15	MAP	0,3333 ± 0,3333 #	1,2372 ± 0,2751 a #	0,5628 ± 0,2816 a #
	streç	3,0233 ± 0,1578 a	2,7591 ± 0,1085 a	3,1259 ± 0,2724 a
20	MAP	0,3333 ± 0,3333 #	1,2372 ± 0,2751 a #	0,8995 ± 0,0562 a #
	streç	3,7791 ± 0,1973 a AB	3,519 ± 0,0652 a B	4,2133 ± 0,1259 a A

A,B,C: → Aynı ambalaj ve depolama sıcaklığında farklı büyük harfi alan "Uygulamalar arası" fark önemlidir ($p < 0,05$).

a,b,c: ↓ Aynı ambalaj ve uygulamada farklı küçük harfi alan "depolama süreleri arası" fark önemlidir ($p < 0,05$).

#: Aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç filmten olan farkı önemlidir ($p < 0,05$).

Tablo 2. *A. bisporus* mantarının depolanması sırasında pH, TEA ve SÇKM değerinde meydana gelen değişimler

Depolama Süresi	Ambalaj	pH			TEA			SÇKM		
		Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA
0	MAP	7,26 ± 0,01	7,26 ± 0,01b	7,26 ± 0,01b	0,053±0,0021c	0,053 ±0,0021 b	0,053 ± 0,0021 b	5,867 ± 0,1667 b	5,867 ± 0,1667 a	5,867 ± 0,1667 a
	streç	7,26 ± 0,01	7,26 ± 0,01	7,26 ± 0,01	0,053±0,0021 b	0,053±0,0021 b	0,053 ± 0,0021	5,867 ± 0,1667 b	5,867 ± 0,1667 a	5,867 ± 0,1667
3	MAP	7,26 ± 0,0296	7,30 ± 0,0644b	7,35±0,06ab	0,072±0,0056 b	0,068 ± 0,0077 b	0,0612±0,0093 b	6,500 ± 0,3055 a A#	4,633 ± 0,1333abB	4,633 ± 0,5207abB
	streç	7,20 ± 0,0775	7,38 ± 0,0825	7,30 ± 0,083	0,064±0,000 b	0,062 ± 0,0043 ab	0,068 ± 0,0021	5,333 ± 0,2028 b	4,900 ± 0,3215 ab	4,967 ± 0,7126
5	MAP	7,14 ± 0,0593	7,22 ± 0,0649 b	7,20±0,01b #	0,100 ± 0,0021 a #	0,104 ± 0,0093 a	0,092 ± 0,0043 a	5,133 ± 0,2906 b B#	6,467 ± 0,3333 a A	5,000 ± 0,2517 b B
	streç	7,31 ± 0,1457	7,14 ± 0,0371	7,11 ± 0,003	0,126 ± 0,0021 a A	0,098 ± 0,0056 a B	0,096 ± 0,0064 B	7,100 ± 0,2517a A	5,300 ± 0,2646 a B	5,767 ± 0,2603 B
10	MAP	7,45 ± 0,0318B	7,53±0,102aAB	7,71±0,01aA#	0,096 ± 0,0098 a	0,081 ± 0,0093 ab	0,072 ± 0,0056ab	6,333 ± 0,5364 a	4,367 ± 0,318 b	4,133 ± 0,4333 b
	streç	7,35 ± 0,0737	7,44 ± 0,2373	7,12 ± 0,1048	0,070 ± 0,0111 b	0,077 ± 0,0074 a	0,100± 0,0171	6,167 ± 0,318 ab	4,900 ± 0,2309 ab	5,300 ± 0,7572
15	MAP	7,62 ± 0,0895#	7,53 ± 0,0689 a	7,76 ± 0,050a	0,062 ± 0,0167 bc	0,060 ± 0,0056 b	0,047 ± 0,0119 b	5,833 ± 0,3667 b A	4,433 ± 0,3844 b B	4,533 ± 0,1856abB
	streç	7,27 ± 0,0698	7,43 ± 0,024	7,43 ± 0,1102	0,085 ± 0,013 ab	0,066±0,0056 ab	0,066 ± 0,0093	5,600 ± 0,1732 b	4,800 ± 0,2646 ab	4,900 ± 0,3786
20	MAP	7,72 ± 0,3139	7,46 ± 0,089ab	7,33 ± 0,06ab	0,092 ± 0,013 a #	0,070± 0,0064ab#	0,062 ± 0,014 b	4,000 ± 0,1528 c #	3,300 ± 0,1732 b #	3,300 ± 0,3512 b
	streç	7,09 ± 0,1141	7,31 ± 0,1266	7,39±0,1419	0,196 ± 0,0021 a	0,122 ± 0,0074	0,126 ± 0,0409	5,167 ± 0,3844 b	4,300 ± 0,2082 b	4,300 ± 1,4000

A,B,C: → Aynı ambalaj ve depolama sıcaklığında farklı büyük harfi alan "Uygulamalar arası" fark önemlidir ($p<0,05$).

a,b,c: ↓ Aynı ambalaj ve uygulamada farklı küçük harfi alan "depolama süreleri arası" fark önemlidir ($p<0,05$).

#: Aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç filmten olan farkı önemlidir ($p<0,05$).

SÇKM miktarında meydana gelen değişimlerde; her iki ambalaj ve üç uygulamada da genel olarak depolama boyunca azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir. Streç film içerisinde depolanan mantarlarda SÇKM miktarında depolama boyunca düzenli azalmaların olduğu tespit edilmiştir. MAP içerisinde depolananlarda ise depolamanın başlangıcından depolama sonuna kadar dalgalanmalarla beraber genel olarak azalışların olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda en yüksek SÇKM değeri 7.1 Brix ile 5. günde streç film içerisinde depolanan kontrol örneklerinde olduğu belirlenirken, en düşük SÇKM değerinin ise 3.3 Brix ile 20. günde MAP ambalajı içerisinde depolanan 0.5 mM ve 1 mM MeJA uygulanan mantar örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Streç film ambalajda 0, 3, 10, 15 ve 20. gün depolamalarında uygulamalar arası fark önemsiz çıkarken, 5. gün depolamasında kontrol uygulaması istatistik olarak önemli bulunmuştur. MAP ile kaplı mantarlarda ise 3. günde kontrol uygulaması, 5. günde 0.5 mM MeJA uygulaması, 15. günde ise kontrol uygulamasında uygulamalar arası fark bakımından istatistik olarak önemli bulunmuştur. Kontrol uygulamasında 3, 5, ve 20. gün depolamaları ile 0.5 mm MeJA uygulamasında 20. gün depolaması aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film ambalajdan olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. Liuqing ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları çalışmada da bulgularımızla benzer şekilde SÇKM başlangıçta artma ve daha sonra da azalmalar tespit edilmiştir. Bunun yanısıra mantarlarda SÇKM'nin tamamına yakını şekerler

oluşturmaktadır. Solunum boyunca şekerlerin parçalanarak depolama boyunca azaldığı bilinmektedir. Bu durum solunum aktivitesi yüksek olam meyve ve sebzelerde (mantarlar gibi) raf ömrünün kısa olmasının temel nedenlerinin başında gelmektedir. Bunun yanında çok hızlı metabolik aktivite ile şekerler oksitlenerek depolama süresi uzadıkça daha fazla kayba uğramaktadır (Ares ve ark., 2007). Bulgularımız bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Renk

L^* değerinde, her iki ambalaj ve üç uygulamada da depolama boyunca düzenli azalışların olduğu tespit edilmiştir. Streç film içerisinde depolaması gerçekleştirilen mantarlarda uygulamalar arası farklılıkların olduğu ve bununla beraber düzenli azalışların olduğu görülürken, MAP ambalajı içerisinde muhafazası gerçekleştirilen örneklerde ise uygulamaların birbirlerine daha paralel değerlerde gittiği ve yine düzenli azalışların olduğu belirlenmiştir. L^* değerinde uygulamalar arası farklar incelendiğinde; Streç film ile kaplı mantarlarda depolamanın 0, 3, 5. günleri istatistik olarak önemli bulunmazken; 10. günde kontrol ve 0.5 mM MeJA uygulaması ile arasındaki fark, 15. günde kontrol uygulaması ve 20. günde ise kontrol ve 1 mM MeJA uygulaması arası farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur. MAP ambalajı ile kaplı mantarlarda ise uygulamalar arası fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol uygulamasının 10, 15 ve 20. gün



depolamaları ile 1 mM MeJA uygulanan mantarlarda ise 10 ve 20. gün depolamalarının aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film uygulamasından olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. Kararmayı gösteren parametrelerin başında gelen L^* değeri, depolama sonunda en yüksek olan streç film ile kaplanan kontrol uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. L^* (parlaklık), meyve yüzeyinin yansımaya bağlıdır ve örnek yüzeyinin parlaklığının bir göstergesidir (Du ve ark., 2009). Mantarlarda L değeri MAP ve streç film içerisinde muhafaza süresince düzenli bir şekilde azalmıştır. Depolama sonunda MAP uygulamasıyla L^* değerini en iyi koruyan uygulama 1 mM MeJA olurken, streç film uygulamasıyla birlikte ise kontrol uygulaması olmuştur (Tablo 3; Şekil 1). *Agaricus* cinsi beyaz mantarlarda ticari olarak bütün kalite parametrelerinden tüketici tercihlerini etkileyen en önemli kalite indeksi görünüşüdür. Beyaz şapkallı mantarların yüzeyinde enzimatik ve mikrobiyal kontaminasyon sebebiyle kararma eğilimi göstermektedir (Ahvenainen, 1996). L^* değerinde meydana gelen bu aşamalı azalma Brennan ve Gormley (1998)'in yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uyumludur. Bu renklerdeki kararmaya, depolama ve fizyolojik bozukluklar çok yüksek polifenol oksidaz (PPO) içeriği ve fenolik bileşikler etkilidir (Mohapatra ve ark., 2008). Bunun yanı sıra hidrojen peroksitin varlığında fenol peroksidaz, oksijenin varlığında ise polifenol oksidaz aktivitesi (PPO), mantarların yüzeyinde oluşan esmerleşmeden sorumlu iki faktördür (Podagatlapalli ve ark. 2012; Donnadiu ve ark., 2016). Mantarlar doğal olarak düşük düzeyde bir hidrojen peroksit içeriğine sahip olduğundan PPO, *Agaricus bisporus*'ta hasat sonrası esmerleşmeyi etkileyen ana neden olarak kabul edilmektedir (Lei ve ark., 2018; Gökçenay ve Çavuşoğlu, 2018).

Kroma (C) değerinde depolama boyunca her iki ambalaj ve üç uygulamada da düzenli artışın olduğu belirlenmiştir. Streç film içerisinde depolanan şapkalarda düzenli artışın olduğu belirlenirken, MAP ambalajı içerisinde 5. günde azalışın olduğu ve devamında ise tekrardan artışın olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek kroma değerini ise 15. günde MAP ambalajı içerisinde 24.62'lik bir değer ile 1 mM MeJA uygulaması yapılan mantarda olduğu belirlenmiştir. Mantarlarda C değerinde hem streç film içerisindeki hem de MAP ambalajı içerisindeki mantarlarda uygulamalar arası fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol uygulamasında 10. gün depolamasının, aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film içerisinde ambalajlamadan olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. C renk yoğunluğunu (düşük değerler koyu rengi gösterir), ifade ederek depolama boyunca her üç uygulamada artış göstermiştir. Her ne kadar istatistik olarak uygulamalar arasında fark olmadığı sonucuna varılmış olsa da her iki ambalaj içerisindeki depolamada en iyi sonucun 0.5 mM MeJA uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Ali ve ark., (2011), renk gelişiminin

yavaşlamasının, yavaş bir solunum ve düşük etilen üretimine bağlanabileceğini, hatta MeJA ile muamele edilmiş meyvelerde nispeten daha az bir değişim göstererek yaşlanma sürecini geciktirdiğini bildirmiştir.

Hue (h°) açısı değerinde meydana gelen değişiklikler incelendiğinde, her iki ambalaj ve üç uygulamada da artış ve azalışların olmasından kaynaklı hafif dalgalanmalar olsa da genel olarak depolamanın başlangıcından depolamanın sonuna kadar azalışların olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek h° değerini streç film içerisinde depolanan 5. gün kontrol örneklerinde olduğu belirlenirken, en düşük hue değerinin ise 15. günde MAP ambalajı içerisinde depolanan 0.5 mM MeJA uygulanan mantar örneklerinde olduğu belirlenmiştir. h (hue) açısı değerinde uygulamalar arası fark; streç film içerisindeki mantarlarda 0, 3 ve 5. gün depolamalarında uygulamalar arası fark önemsiz çıkarken, 10. günde kontrol uygulaması, 15 ve 20. günde ise kontrol uygulaması ile 1 mM MeJA uygulaması arası fark istatistik olarak önemli çıkmıştır. MAP ambalajı içerisinde depolanan mantarlarda ise uygulamalar arası fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol uygulamasında 5, 10 ve 15. gün depolamalarında ve 1 mM MeJA uygulanan örneklerde ise 3. gün depolaması aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film ambalajdan olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. (h°) (hue) açısı değerleri 0 kırmızı-menekşe, 90 sarı, 180 mavi-yeşil, 270 mavi olduğunu göstermektedir. Yaşlanma süresince antosiyaninlerin bozulmasına bağlı olarak meyve renginde koyulaşma görülmektedir. Bu koyulaşmayı ortalama olarak hue (h°) açısı değeri göstermektedir. Hue (h°) açısı değeri de a^* ve b^* değerlerine bağlı olarak muhafaza süresince hemen hemen düzenli bir değişim göstermiştir. 1 mM uygulamasında muhafazanın 20. gününde 81.74'e kadar düşmüştür. MAP uygulamalarının ve MeJA uygulamalarının bu renk değerlerinin korunması, ambalaj içerisindeki O_2 miktarını azaltarak ve CO_2 miktarını artırarak renk maddelerinin bozulmasına sebep olan enzim faaliyetlerini en aza indirmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Ambalaj İçi Gaz Bileşimi (O_2/CO_2)

Oksijen konsantrasyonunda meydana gelen değişimlere bakıldığında; streç film içerisinde azalmaların olduğu, MAP ambalajlarında ise dalgalanmaların olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda en yüksek oksijen konsantrasyonuna sahip değer depolama başlangıcında gözlenmiş, en düşük değer 5. günde 0.16'lık bir değer ile streç film içerisindeki 0.5 mM MeJA uygulanan mantar örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Ambalaj içi gaz bileşimde O_2 konsantrasyonunda; streç film ile kaplı mantarlarda uygulamalar arası fark önemsiz çıkarken, MAP ambalajı ile kaplı mantarlarda 5. günde üç uygulamanın da aralarındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 3. *A. bisporus* mantarının depolanması sırasında L*, kroma ve hue (h°) açığı değerinde meydana gelen değişimler

Depolama Süresi	Ambalaj	L*			Croma			Hue		
		Kontrol	0,5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0,5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0,5 mM MeJA	1 mM MeJA
0	MAP	90,81 ± 0,07 a	90,81 ± 0,07 a	90,81 ± 0,07 a	13,25 ± 0,04 c	13,25 ± 0,04 c	13,25 ± 0,04 0,04b	84,85 ± 0,28 a	84,85 ± 0,28 a	84,85 ± 0,28 a
	streç	90,81 ± 0,07 a	90,81 ± 0,07 a	90,81 ± 0,07 a	13,25 ± 0,04 c	13,25 ± 0,04 c	13,25 ± 0,04 0,04b	84,85 ± 0,28 a	84,85 ± 0,28 a	84,85 ± 0,28 a
3	MAP	85,36 ± 0,42a	84,91 ± 0,28 a	83,92 ± 1,65 a	19,95 ± 0,34 b	19,65 ± 0,16 b	19,60 ± 0,45 a	83,02 ± 0,50 a	82,86 ± 0,09 a	82,09 ± 0,58 ab#
	streç	86,37 ± 0,54 a	85,49 ± 0,95 a	87,29 ± 0,92 a	18,92 ± 0,73 b	19,35 ± 0,67 b	18,47 ± 0,66 a	84,57 ± 0,27 a	83,55 ± 0,59 a	84,80 ± 0,66 a
5	MAP	83,98 ± 0,21 a	83,67 ± 1,19 ab	84,12 ± 1,91 a	20,33 ± 0,35 ab	18,58 ± 1,27 b	19,44 ± 0,47 a	82,47 ± 0,30 ab#	82,88 ± 0,31 a	83,18 ± 0,62 a
	streç	86,51 ± 1,26 a	85,46 ± 0,50 a	84,83 ± 0,30 ab	20,19 ± 0,95 ab	19,99 ± 0,44 ab	20,71 ± 0,55 a	85,12 ± 0,78 a	84,02 ± 0,37 a	83,85 ± 0,21 a
10	MAP	82,25 ± 0,60a#	80,88 ± 0,53 ab	80,97 ± 0,49 ab#	23,35 ± 0,09 a#	22,86 ± 0,30 ab	22,89 ± 0,67 a	82,93 ± 0,25 b#	82,40 ± 0,08 a	82,65 ± 0,49 a
	streç	84,73 ± 0,64aA	82,01 ± 0,66 abB	82,85 ± 0,25b AB	21,74 ± 0,21 a	22,03 ± 0,37 a	21,23 ± 0,25 a	84,39 ± 0,26 aA	82,89 ± 0,32 abB	82,81 ± 0,38ab B
15	MAP	76,56 ± 1,15 b#	77,60 ± 1,2 b	77,95 ± 0,10 b	24,21 ± 0,51 a	24,53 ± 0,68 a	24,62 ± 0,15 a	80,93 ± 0,59 b#	80,87 ± 0,30 b	82,34 ± 0,46 ab
	streç	82,65 ± 0,84b A	79,01 ± 1,14 b B	77,66 ± 1,16 b B	22,68 ± 0,79 a	23,03 ± 0,32 a	23,41 ± 0,42 a	83,81 ± 0,18ab A	82,08 ± 0,52b AB	81,13 ± 0,66 b B
20	MAP	76,15 ± 0,58 b#	78,24 ± 1,2 b	75,19 ± 0,89 b #	24,25 ± 0,39 a	23,85 ± 0,46 a	23,74 ± 0,21 a	82,91 ± 1,13 a	81,83 ± 0,23 ab	81,74 ± 0,53 b
	streç	80,54 ± 0,13b A	79,32 ± 0,56abB	78,42 ± 0,57b B	23,35 ± 0,33 a	22,66 ± 0,12 a	23,85 ± 0,38 a	82,99 ± 0,32 b A	82,16 ± 0,14 bAB	82,02 ± 0,18 b B

A,B,C: → Aynı ambalaj ve depolama sıcaklığında farklı büyük harfi alan "Uygulamalar arası" fark önemlidir ($p < 0,05$).

a,b,c: ↓ Aynı ambalaj ve uygulamada farklı küçük harfi alan "depolama süreleri arası" fark önemlidir ($p < 0,05$).

#: Aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç filmden olan farkı önemlidir ($p < 0,05$).

Karbondioksit konsantrasyonunda meydana gelen değişimler incelendiğinde (Tablo 4); MAP ve streç film ambalajı arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Streç film kullanılan örneklerde karbondioksit konsantrasyonunun depolamada önemli farklılıklara neden olmadığı tespit edilirken, MAP ambalajı içerisinde depolanan mantar örneklerinde; başlangıçta yüksek karbondioksit üretimin olduğu depolama sonunda ise azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek karbondioksit konsantrasyonunu MAP ambalajı içerisinde depolan 5. gün kontrol örneklerinde olduğu belirlenmiştir. CO₂ konsantrasyonunda ise hem MAP hem de streç film ambalajı içerisinde muhafaza edilen mantarlarda uygulamalar arası fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Bununla beraber O₂ konsantrasyonunda; kontrol uygulamasında 3 ve 5. gün depolamaları ile 0,5 mM MeJA uygulamasında ise 5. gün depolamasında aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film içerisinde ambalajlama uygulamasından olan farkı istatistik olarak önemli çıkmıştır. CO₂ konsantrasyonunda ise kontrol, 0,5 ve 1 mM MeJA uygulamalarında 3, 5, 10, 15 ve 20. gün depolamaları aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film içerisinde ambalajlama uygulamasından olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. Depolama boyunca bütün uygulamalarda bu konuda daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi oksijen konsantrasyonları depolama başlangıcında çok hızlı bir biçimde düşmüştür

(Villaescusa ve Gil, 2003). Karbondioksit konsantrasyonu ise diğer çalışmaların aksine artış göstermiştir (Nichols ve Hammond, 1973; Lopez-Briones ve ark., 1992). Bunun nedeni MAP ambalajının geçirgenliği ve mantarların solunuma devam etmesidir (Rocha ve ark., 2004). Lopez Briones ve ark. (1992) ile Roy ve ark., (1995) mantarın etrafındaki CO₂ konsantrasyonunun, MAP içerisinde birkaç saat sonra keskin bir şekilde arttığını bildirmiştir. Taze mantarın nispeten daha yüksek solunum hızı göz önüne alındığında, paket içerisindeki hava boşluğundaki CO₂ oranının farklı olması, ambalaj filmlerinin farklı gaz geçirgenliklerinden kaynaklanmaktadır (Kang ve ark. 2001). Bazı araştırmacılar, paket içindeki O₂ seviyesinin % 2'den daha düşük olmamasına aksi halde aerobik solunumun anaerobik hale gelerek sonuçta tat ve doku parçalanmasında keskin bir artışa neden olacağına dikkat çekmişlerdir (Cliffe-Byrnes ve O'Beirne 2007; Guillaume ve ark. (2010). CO₂ konsantrasyonu ile ilgili olarak oranın %5'ten yüksek olması ile genel esmerleşme ya da sarımanın artabileceği ve ürünün normal hava bileşimine döndüğünde solunum hızındaki bir artışla fitotoksik bir etki yaratacağı bildirilmektedir (Lopez Briones ve ark., 1992; Guillaume ve ark, 2010). Ambalaj içi gaz değişimi ile ilgili olarak önceki çalışmalarda olduğu gibi (Cho ve ark., 2008; Fante ve ark., 2014) O₂ ve CO₂ gaz bileşimlerinin depolama sırasında sabit duruma ulaşılması ile daha sağlıklı sonuçlar elde edileceği açıktır.



Solunum Hızı ve Dışsal Etilen Miktarı

Solunum değerinde depolama boyunca artış ve azalışlardan kaynaklanan dalgalanmaların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Her iki ambalaj tipinde de depo başlangıcından depolamanın 3. güne kadar azalışların 5. günde ise artışların paralel gittiği, streç film içerisinde dalgalanmaların devam ettiği MAP ambalajında ise depolama sonuna kadar önemli bir artış ve azalışın olmadığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda en yüksek solunum oranını 5. günde MAP ambalajı içerisinde depolanan 1 mM MeJA uygulanan mantarlarda olduğu, en düşük solunum oranının ise 3. günde streç film içerisinde 0.5 mM MeJA uygulanan mantarlarda olduğu tespit edilmiştir. Solunum hızı incelendiğinde; streç film içerisinde depolanan mantarlarda uygulamalar arası fark önemsiz çıkarken, MAP ambalajında depolanan mantarlarda ise 5. gün depolamasında üç uygulama arasındaki fark istatistik olarak önemli çıkmıştır. Kontrol uygulamasında 20. gündeki, 0.5 mM MeJA uygulamasında 3 ve 20. gündeki ve 1 mM MeJA uygulamasında ise 15. gün depolamasında aynı depolama sıcaklığında ve uygulamada streç film uygulamasından olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Etilen miktarında meydana gelen değişimlerde; depolamanın başlangıcından depolamanın sonuna kadar

artış ve azalışlardan kaynaklı dalgalanmaların olduğu belirlenmiştir. Her iki ambalaj ve üç uygulamada da depolamanın başlangıcından 3. güne kadar azalışların olduğu, 5. günde artışların ve depolamanın 10. gününde ise tekrardan azalışların olduğu ve depolama sonunda ise streç film ambalaj içerisinde dalgalanmaların devam ettiğini fakat MAP ambalajı içerisinde depolanan mantarlarda ise önemli bir artışın olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek etilen değerinin 0. gündeki mantarlarda olduğu, en düşük etilen değerinin ise 10. günde streç film içerisindeki kontrol uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Dışsal etilen miktarında ise; hem MAP hem de streç film içerisinde depolanan mantarlarda uygulamalar arası fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Bununla beraber kontrol uygulamasında 20. gün depolamasında ve 1 mM MeJA uygulanan mantarlarda ise 15. gün depolaması aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç film ambalajdan olan farkı istatistik olarak önemli bulunmuştur. MeJA'nın etilen üretimini indüklediği görülmüştür. (Saniewsky, 1997; Ali ve ark. (2011), MeJA uygulamalarının yavaş bir solunum ve düşük etilen üretimi sağladığını, bunun yanı sıra meyvenin değiştirilmiş bir iç atmosfere yol açarak yaşlanma sürecini geciktirme etkisine sahip olduğunu bildirmiştir.

Tablo 4. *A. bisporus* mantarının depolanması sırasında ambalaj içi gaz bileşiminde (O₂ ve CO₂) meydana gelen değişimler

Depolama Süresi	Ambalaj	O ₂			CO ₂		
		Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA
0	MAP	20,90 ± 0 a	20,90 ± 0 a	20,90 ± 0 a	0,30 ± 0 c	0,30 ± 0 c	0,30 ± 0 c
	streç	20,90 ± 0 a	20,90 ± 0 a	20,90 ± 0 a	0,30 ± 0 b	0,30 ± 0 b	0,30 ± 0 b
3	MAP	0,39 ± 0,14 b #	0,20 ± 0,004 c	0,18 ± 0,007 b	9,03 ± 0,29 a #	8,50 ± 0,40 a #	8,77 ± 0,23 a #
	streç	2,70 ± 0,71 b	0,42 ± 0,09 b	1,77 ± 1,24 b	4,90 ± 0,17 a	5,00 ± 0,058 a	5,13 ± 0,43 a
5	MAP	0,66 ± 0,28 b A #	0,22 ± 0,017 c C #	0,40 ± 0,13 b B	9,13 ± 0,17 a #	8,80 ± 0,11 a #	8,27 ± 0,23 a #
	streç	2,07 ± 0,40 b	1,16 ± 0,06 c	2,05 ± 0,93 b	5,00 ± 0,29 a	4,90 ± 0,058 a	4,47 ± 0,18 a
10	MAP	0,21 ± 0,02 b	0,62 ± 0,35 b	0,20 ± 0,01 b	8,37 ± 0,33 ab #	7,90 ± 0,17 a #	7,57 ± 0,34 a #
	streç	0,60 ± 0,36 b	0,19 ± 0,018 b	0,57 ± 0,34 b	5,40 ± 0,25 a	5,07 ± 0,03 a	4,90 ± 0,25 a
15	MAP	0,43 ± 0,18 b	0,90 ± 0,57 b	0,22 ± 0,029 b	8,57 ± 0,22 a #	7,40 ± 0,46 ab #	7,97 ± 0,35 a #
	streç	1,13 ± 0,75 b	0,26 ± 0,02 b	0,32 ± 0,04 b	5,13 ± 0,23 a	4,77 ± 0,14 a	4,77 ± 0,07 a
20	MAP	0,22 ± 0,01 b	0,20 ± 0,004 c	0,24 ± 0,02 b	7,57 ± 0,23 b #	6,90 ± 0,1 b #	7,10 ± 0,50 a #
	streç	1,10 ± 0,80 b	0,26 ± 0,0237 b	0,21 ± 0,0078 b	5,30 ± 0,23 a	5,10 ± 0 a	5,07 ± 0,03 a

A,B,C: → Aynı ambalaj ve depolama sıcaklığında farklı büyük harfi alan "Uygulamalar arası" fark önemlidir (p<0,05).

a,b,c: ↓ Aynı ambalaj ve uygulamada farklı küçük harfi alan "depolama süreleri arası" fark önemlidir (p<0,05).

#: Aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada streç filmten olan farkı önemlidir (p<0,05).

Tablo 5. *A. bisporus* mantar türünün depolanması sırasında solunum hızında meydana gelen değişimler

Depolama Süresi	Ambalaj	Solunum			Etilen		
		Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA	Kontrol	0.5 mM MeJA	1 mM MeJA
0	MAP	97,03±4,75a	97,03±4,75 a	97,03±4,75a	1,05 ± 0,14	1,05 ± 0,14	1,05± 0,14a
	streç	97,03±4,75a	97,03±4,75a	97,03±4,75a	1,05± 0,14 a	1,05±0,14a	1,05±0,14 a
3	MAP	101,01±17,03b B	133,48±14,23A #	99,09±14,02c C	0,57 ± 0,15	0,64 ± 0,07	0,40 ± 0,05 b
	streç	79,72 ± 10,71b	100,09±33,11d	87,70±26,26b	0,47 ± 0,06 b	0,34 ± 0,10 b	0,35 ±0,06 b
5	MAP	121,77 ± 12,60a	121,01 ± 9,34	137,24±24,90b	1,03 ± 0,16	1,00 ± 0,09	1,03 ± 0,22 a
	streç	103,21± 10,33a	106,50± 27,16b	121,35±9,64a	0,94 ± 0,23 a	0,95±0,35 a	1,04 ± 0,13 a
10	MAP	91,21± 21,80ab	109,00± 37,00	85,53±19,04b	0,51 ± 0,13	0,65± 0,19	0,63± 0,17 b
	streç	88,33± 17,31c	79,54± 9,60c	75,22±18,49ab	0,32 ± 0,03 b	0,44± 0,02b	0,43± 0,15 b
15	MAP	82,34±26,48ab	113,01±12,35	101,50±7,73b#	0,57 ± 0,24	0,77± 0,18	0,47± 0,00 b #
	streç	105,12± 33,56bc	100,77± 19,74b	101,55± 4,35a	0,34 ± 0,08 b	0,90± 0,29 a	0,80 ± 0,11 a
20	MAP	89,54± 3,80a #	84,98± 2,66#	63,00± 5,59c	0,76 ± 0,03 #	0,75 ± 0,0442	0,65 ± 0,08 ab
	streç	73,98± 5,63ab	63,31± 4,12b	57,15±2,35a	0,62±0,03 ab	0,58± 0,06ab	0,57± 0,10 ab

A,B,C: → Aynı ambalaj ve depolama sıcaklığında farklı büyük harfi alan "Uygulamalar arası" fark önemlidir ($p<0,05$).

a,b,c: ↓ Aynı ambalaj ve uygulamada farklı küçük harfi alan "depolama süreleri arası" fark önemlidir ($p<0,05$).

#: Aynı depolama sıcaklığı ve uygulamada MAPlar arası olan farkı önemlidir ($p<0,05$).

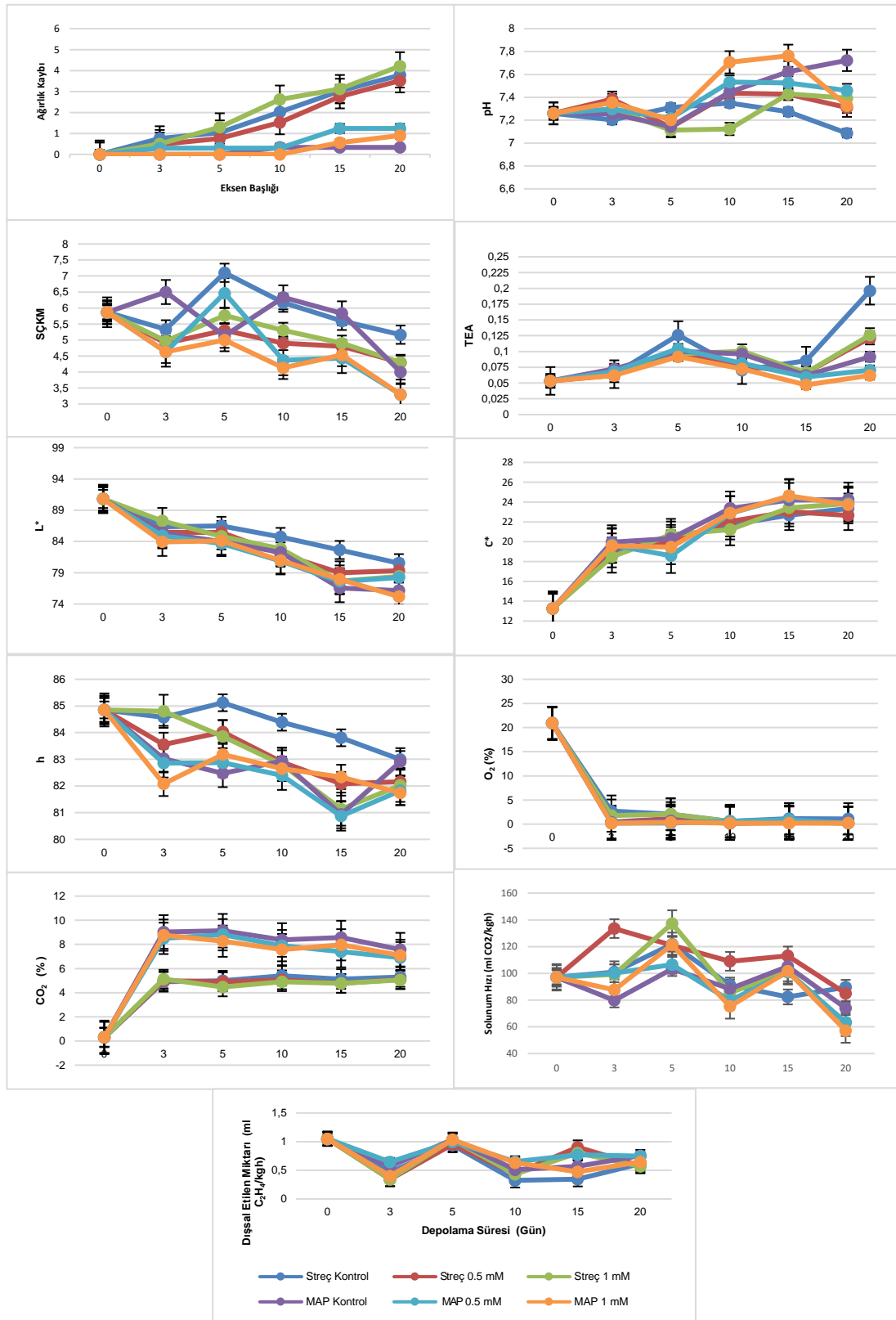
Sonuç

Bu çalışmada, MeJA'nın farklı dozlarının, MAP ve streç film ile birlikte kullanımının depo ömrüne etkileri araştırılmıştır. Ayrıca mantarın hasat sonrası fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelenerek kalitenin korumasında en etkin uygulama belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak olgunluğun yavaşlatılması ve doğal olarak raf ömrününün uzatılması için hasat sonrasında MAP ve MeJA uygulamaları kullanılarak *A. bisporus* mantar türü 4°C'de 20 gün boyunca başarılı bir şekilde depolanabilmektedir. Çalışılan parametreler açısından hasat sonrasında kaliteyi koruma anlamında önemli parametrelerden olan ağırlık kaybı ve ambalaj içi

gaz bileşenlerinden oksijen ve karbondioksit miktarı bakımından MAP; TEA, L*, croma, hue, solunum ve etilen açısından ise streç film öne çıkmıştır. *A. bisporus* mantar türünde MeJA'nın, hasat sonrasında solunum ve etileni yavaşlatmasına rağmen, diğer kalite değerleri yönünden belirgin bir etkisi saptanamamıştır. Gelecek çalışmalarda daha yüksek dozda MeJA kullanımı ile farklı depolama sürelerinin denenmesi önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesinde kullanılan ambalajların teminini sağlayan Aypack Firmasına teşekkür ederiz.



Şekil 1. *Agaricus bisporus* mantar türünün depolanması sırasında ağırlık kaybı, pH, SÇKM, TEA, renk değerleri (L*, C ve Hue), ambalaj içi gaz bileşimi, solunum hızı ve dışsal etilen miktarında meydana gelen değişimler



Kaynaklar

- Ahvenainen R., *New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables*, Trends Food Sci Technol, 7(6):179-187(1996).F
- Ali A., Muhammad M.T.M., Sijam K., Siddiqui Y., *Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (Carica papaya L.) fruit during cold storage*, Food Chem., 124,620-626(2011).
- Ares G., Lareo C., Lema P., *Modified atmospheric packaging for the postharvest storage of mushrooms: a review*, Fresh Produce, 1, 32-40(2007).
- Baltazar A., Espina-Lucero J., Ramos-Torres I., González-Aguilar G., *Effect of methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests*, Journal of food engineering, 80(4),1086-1095(2007).
- Bauchot A., John P., Soria Y., Recasens I., *Carbon dioxide, oxygen and ethylene changes in relation to the development of scald in "Granny Smith apple after cold storage*, J. Agric. Food Chem., 43,3007-3011(1995).
- Brennan M., Le Port G., Gormley R., *Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms*, LWT-Food Science and Technology, 33(4),285-289(2000).
- Brennan, M.H., & Gormley, R.T., *Extending the shelf life of fresh sliced mushrooms*, Teagasc, (1998).
- 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).
- Burton K.S. & Maher M.J., *Modified atmosphere packaging of mushrooms review and recent developments*. In M. J. Maher (Eds.), Science and cultivation of edible fungi, pp. 683-688(1991).
- Cho S.D., Lee S.K., Kim G.H., *Quality maintenance of oak mushroom during modified atmosphere storage as affected by packaging materials under various temperatures*, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 26:393-399(2008).
- Cliffe-Byrnes V. & O'Beirne D., *Effects of gas atmosphere and temperature on the respiration rates of whole and sliced mushrooms (Agaricus bisporus) - implications for film permeability in modified atmosphere packages*, Journal of Food Science, 72(4),197-204(2007).
- Cliffe-Byrnes V., McLaughlin C.P., O'Beirne D., *The effects of packaging film and storage temperature on the quality of a dry coleslaw mix packaged in a modified atmosphere*, Int. J. Food Technol., 38,187-199(2003).
- Donnadieu F., Freville P., Hervier C., Coltelli M., Scollo, S., Prestifilippo M., Cacault P., *Near-source Doppler radar monitoring of tephra plumes at Etna*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 312, 26-39(2016).
- Du J., Fu Y., Wang N., *Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root*, LWT-Food Science and Technology, 42(2),654-659(2009).
- Eady R. & Large P., *Microbial oxidation of amines. Spectral and kinetic properties of the primary amine dehydrogenase of Pseudomonas AM1*, Biochemical Journal, 123, 757-771(1971).
- Eissa H.A., *Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom*, Journal of Food Quality, 30(5),623-645(2007).
- Fante C.A., Boas A.C.V., Paiva V.A., Pires C.R.F., Lima L.C.D.O., *Modified atmosphere efficiency in the quality maintenance of Eva apples*, Food Science and Technology, 34(2),309-314(2014).
- Farber J.N., Harris L.J., Parish M.E., Beuchat L.R., Suslow T.V., Gorney, J.R., Garrett E.H., Busta F.F., *Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce*, Comp. Rev. Food Sci. Food Safety, 2(51),142-160(2003).
- Geeson J.D., *Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables* In International Symposium on Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. 258pp. 143-150(1988).
- Gökçenay G. & Çavuşoğlu, Ş., *Farklı dozlarda uygulanan sitokininin beyaz şapkalı mantarın (Agaricus bisporus) muhafazası üzerine etkisi*, Mantar dergisi, 9(1)80-91(2018).
- González-Aguilar G.A., Buta J.G., Wang C.I., *Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of 'Kent' mangoes*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81,1244-1249(2001).
- Gonzalez-Aguilar G.A., Buta J.G., Wang C.Y., *Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'*, Postharvest Biology and Technology, 28(3),361-370(2003).
- Guillaume C., Schwab I., Gastaldi E., Gontard N., *Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (Agaricus bisporus L.)*, Innovative food science & emerging technologies, 11(4),690-696(2010).
- Gundlach H., Müller M.J., Kutchan T.M., Zenk M.H., *Jasmonic acid is a signal transducer in elicitor-induced plant cell cultures*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 89(6),2389-2393(1992).
- Gussmann C.D., Goffreda, J.C., Gianfagna T.J., *Ethylene production and fruit softening rates in several apple fruit ripening variant*, Hortsci., 28 135-137(1993).
- Henze J., *Storage and transport of Pleurotus mushrooms in atmospheres with high CO2 concentrations*, Acta Hort. 258,579-584(1989).
- Jafri M., Jha A., Bunkar D.S., Ram R.C., *Quality retention of oyster mushrooms (Pleurotus florida) by a combination of chemical treatments and modified atmosphere packaging*, Postharvest Biology and Technology, 76,112-118(2013).
- Jaworska G., Bernas, E., Biernacka, A., Maciejaszek, I., *Comparison of the texture of fresh and preserved Agaricus bisporus and Boletus edulis mushrooms*, International Journal of Food Science and Technology, 45, 1659-1665(2010).



- Kader A.A., Methods of gas mixing, sampling, and analysis. In: Kader, A.A. (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (Publ. 3311). University of California, Berkley, CA, pp. 93/95(1992).
- Kang J.S., Park W.P., Lee D.S., *Quality of enoki mushrooms as affected by packaging conditions*, J Sci Food Agric. 81(1):109-114(2001).
- Labuza T.P. & Breene W.M., *Applications of 'Active Packaging' for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods*, J. Food Proc. Preservat., 13,1-69. (1989).
- Lei J., Li B., Zhang N., Yan R., Guan W., Brennan C.S., Peng B., *Effects of UV-C treatment on browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different tissues of Agaricus bisporus during cold storage*, Postharvest Biology and Technology, 139,99-105(2018).
- Liuqing W., Qiuhui H., Fei P., Mugambi M.A., Wenjian Y., *Influence of different storage conditions on physical and sensory properties of freeze-dried Agaricus bisporus slices*, LWT, 97,164-171(2018).
- Lopez-Briones G., Varoquaux P., Chambroy Y., Bouquant J., Bureau G., Pascat B., *Storage of common mushroom under controlled atmospheres*, Int. J. Food Technol. 27,493-505(1992).
- Meir S., Philosoph-Hadas S., Lurie S., Droby S., Akerman M., Zauberman G., Shapiro B., Cohen E., Fuchs Y., *Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate*, Can. J. Bot. 74, 870-874(1996).
- Mohapatra D., Frias J.M., Oliveira F.A.R., Bira Z.M., Kerry J., *Development and validation of a model to predict enzymatic activity during storage of cultivated mushrooms (Agaricus bisporus spp.)*, Journal of Food Engineering, 6(1),39-48(2008).
- Mueller M.J., Brodschelm W., Spannagl E., Zenk M.H., *Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 90(16),7490-7494(1993).
- Murcia M.A., Jiménez-Monreal A.M., García-Diz L., Carmona M., Maggi L., Martínez-Tomé M., *Antioxidant activity of minimally processed (in modified atmospheres), dehydrated and ready-to-eat vegetables*, Food Chem. Toxicol. 47,2103-2110(2009).
- Nichols R. & Hammond J.B.W., *Storage of mushrooms in pre-packs: the effects of changes of carbon dioxide and oxygen on quality*, J. Sci. Food Agric., 24,1371-1381(1973).
- Niemira B.A. & Fan X., *Fruits and vegetables: advances in processing technologies to preserve and enhance the safety of fresh and fresh-cut fruits and vegetables*, In: Batt, C.A., Tortorello, M.L. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2nd ed. Academic Press, USA, pp. 983-991 (2014).
- Oliveira F., Sousa-Gallagher M.J., Mahajan P.V., Teixeira J.A., *Evaluation of MAP engineering design parameters on quality of fresh-sliced mushrooms*, Journal of Food Engineering, 108, 507-514(2012).
- Pamir M.H., *Fermantasyon Mikrobiyolojisi*. Ankara Üniversitesi., Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 936 Ankara. (1985).
- Pérez A.G., Sanz C., Olías R., Olías J.M., *Effect of methyl jasmonate on in vitro strawberry ripening*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(10),3733-3737(1997).
- Petersen M.B. & Poll L., *The influence of storage on aroma, soluble solids, acid and colour of sour cherries (Prunus cerasus L.) cv. Stevensbaer*, European Food Research and Technology, 209(3-4),251-256(1999).
- Podagatlapalli G.K., Hamad S., Sreedhar S., Tewari S.P., Venugopal Rao S., *Fabrication and 600 characterization of aluminum nanostructures and nanoparticles obtained using femtosecond ablation 601 technique*, Chemical Physics Letters, 530,93-97(2012).
- Remón S., Venturini M.E., López-Buesa P., Oria R., *Burlat cherry quality after long range transport: optimisation of packaging conditions*, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 4,425-434(2003).
- Rocha A.M.C.N., Barreira M.G., Morais A.M.M.B., *Modified atmosphere package for apple 'Bravo de Esmolfe'*, Food Control., 15(1),61-64(2004).
- Roy S., Anantheswaran R.C., Beelman R.B., *Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging*. J. Food Sci., 60,334-340(1995).
- Saniewsky M., *The role of jasmonates in ethylene biosynthesis*. In *Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene*; Kanellis, A. K., Ed.; Kluwer Academic Publishers: Dor-drecht, The Netherlands.; pp 39-45(1997).
- Saray T., *Controlled atmosphere storage of vegetables: the possibilities*. Food Technology International Europe, 69-73(1994).
- 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).
- Tian M.S., Gong Y., Bauchot A.D., *Ethylene biosynthesis and respiration in strawberry fruit treated with diazocyclopentadiene and IAA*, Plant Growth Regulation., 23,195-200(1997).
- Vick B.A. & Zimmerman D.C., *Biosynthesis of jasmonic acid by several plant species*, Plant Physiology, 75(2)458-461(1984).
- Villaescusa R. & Gil M.I., *Quality improvement of Pleurotus mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers*, Postharvest Biol Technol., 28(1):169-179(2003).
- Wang C.Y., *Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes*, Postharvest Biol. Technol., 14,179-183(1998).
- Yao H. & Tian S., *Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage*, Postharvest Biology and Technology, 35(3),253-262(2005).



Zhu Z. & Tian S., *Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to Botrytis cinerea infection*, Scientia Horticulturae, 142,38-43(2012).