

FARKLI OLUM DÖNEMLERİNDE HASAT EDİLEN DOMATES MEYVELERİNDE METİL JASMONAT UYGULAMALARININ RAF ÖMRÜNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Adnan UĞUR¹, Andaç Kutay SAKA^{2*}, Harun ÖZER³, Burhan ÖZTÜRK⁴

¹Doç. Dr., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0001-6015-3146

²Arş. Gör., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0001-5550-1978

³Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun; ORCID: 0000-0001-9106-383X

⁴Doç. Dr., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0002-0867-3942

ÖZ

Çalışmada, yeşil olum ve pembe olum olmak üzere 2 farklı olum döneminde hasat edilen domates meyvelerine farklı dozlarda metil jasmonat uygulanarak raf ömrü süresince meyve kalite özelliklerinde meydana gelen değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hasat sonrası domates meyveleri oda koşullarında üç farklı dozda (kontrol (su), 0.5 ve 1.0 mmol L⁻¹) metil jasmonat konsantrasyonu ile muamele edilmiştir. Uygulama yapılan meyvelerde 10. ve 20. günlerde meyve ağırlık kayıpları, solunum hızı, meyve kalite özellikleri, meyve sertliği, renk değerleri ile fenolik madde miktarları belirlenmiştir. 20. gün sonunda yeşil olum döneminde hasat edilen domates meyvelerinde ağırlık kayıpları %2.99-6.97 arasında değişirken bu değerler pembe olumda hasat edilen meyvelerde %2.49-6.58 arasında belirlenmiştir. Ağırlık kayıpları yeşil olum döneminde 0.5 mmol L⁻¹ MeJA dozunda en fazla olurken pembe olum döneminde hasat edilen meyvelerde en yüksek kayıplar 1.0 mmol L⁻¹ MeJA dozunda gözlemlenmiştir. C vitamini değerlerinde 20. gün sonunda yeşil olum döneminde hasat edilen meyvelerde 89.50-153.0 mg 100 g⁻¹ arasında değişirken pembe olum döneminde bu değerler 165.50-210.00 mg 100 g⁻¹ arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda MeJA uygulamalarının oda şartlarında muhafaza edilen domates meyvelerinin bazı raf ömrü özelliklerine önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağırlık kaybı, C vitamini, metil jasmonat, renk, solunum hızı

IMPACTS OF METHYL JASMONATE TREATMENTS ON QUALITY CHARACTERISTICS OF TOMATO FRUIT HARVESTED AT DIFFERENT MATURITY LEVEL DURING SHELF LIFE

ABSTRACT

In the study, it was aimed to determine the change in fruit quality characteristics during the shelf life by applying different doses of methyl jasmonate to tomato fruit harvested in 2 different maturity periods which green and pink maturity level. Post-harvest tomato fruit were treated with three different doses of methyl jasmonate concentration (control (water), 0.5 and 1.0 mmol L⁻¹) at room conditions. Fruit weight losses, respiration rate, fruit quality characteristics, fruit firmness, color values and phenolic substance contents were determined on the 10th and 20th days of the treated fruit. At the end of the 20th day, while the weight loss of tomato fruit harvested in the green stage period varied between 2.99-6.97%, these values were determined between 2.49-6.58% in fruit harvested at pink maturity. While the weight losses were highest at 0.5 mmol L⁻¹ MeJA dose in the green stage, the highest losses were observed at the 1.0 mmol L⁻¹ MeJA dose in the fruit harvested during the pink stage. At the end of the 20th day, the vitamin C values varied between 89.50-153.0 mg 100 g⁻¹ in the fruit harvested at the end of the 20th day, while these values changed between 165.50-210.00 mg 100 g⁻¹ in the pink ripening period. As a result of the study, it was determined that MeJA treatments had significant effects on some shelf life properties of tomato fruits kept at room conditions.

Keywords: Color, methyl jasmonate, respiration rate, weight loss, vitamin C

GİRİŞ

Domates, insan beslenmesi için oldukça büyük öneme sahip karbonhidratlar, organik asitler, aminoasitler, vitaminler (A ve C vitamini), pigmentler (likopen) ve çeşitli mineral maddelerin yanı sıra zengin fenolik içeriği ve yüksek antioksidan aktivitesine sahip olması nedeni ile bağışıklık sisteminin güçlenmesine büyük katkılar sağlamaktadır [25, 12, 26, 15 14].

Sağlık açısından önemli bir yere sahip domates, dünyada toplam yaklaşık 187 milyon ton üretim miktarı ile en fazla yetiştiriciliği yapılan sebze türüdür [1].

Yılın her mevsiminde üretimi ve tüketimi yapılan domatesin üretim sonrası taşınmasında kayıpların azaltılması, optimum koşullarda muhafazası ve raf ömrünün uzatılması son yıllarda önemli bir konu haline gelmiştir. Domates sebzесinin hasat edildikten sonra uzun süre muhafaza edilmesi güç bir durumdur.

*Sorumlu yazar / Corresponding author: andacsaka@gmail.com

Üşüme zararından dolayı depolama sıcaklıkları belirli bir sıcaklık derecesinin altında tutulamamaktadır. Muhafaza, depolama ve taşınma sırasındaki meyve kayıplarını önlemek amacı ile hasat sonrasında birtakım uygulamalar yapılabilir. Domates sebzesinin hasat sonrası kayıplarının azaltılması amacıyla farklı hasat sonrası teknik ve teknolojileri tercih edilmektedir. Ürünlerin soğukta, modifiye atmosferde veya kontrollü şartlarda muhafazaları bu yöntemlerin başında gelmektedir.

Sebzelerde hasat sonrası birçok faktöre bağlı olarak kalite kayıpları meydana gelmektedir. Son yıllarda, bu kayıpları azaltmak için gerek depolama gerekse raf ömrü süresince büyüme düzenleyici maddelerin kullanımına yönelik olarak araştırmalar yürütülmekte ve bu sayede kayıpların minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır.

Bitki büyüme düzenleyicileri, meyve verim ve kalitesini, olgunlaşma sürecini ve hasat sonrası depolama ve raf ömrü kalite kayıplarını en aza indirebilen, bitki metabolizmasındaki çoklu fizyolojik olayları kontrol edebilen doğal veya sentetik bileşiklerdir. Metil jasmonat bu bileşiklerden biridir [23].

Metil jasmonat, meyvelerde renk gelişiminin teşvik etmesi, sertlikteki kayıpları geciktirmesi [9, 13, 19, 24, 21, 30] ve meyve olgunlaşmasını teşvik etmede önemli bir rolü olan etilen biyosentezinde görev alması [17] ile ilgili araştırma bulguları mevcuttur. Bu çalışma kapsamında, yeşil olum ve pembe olum olmak üzere 2 farklı olum döneminde hasat edilen domates meyvelerine farklı dozlarda metil jasmonat uygulanarak raf ömrü performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Samsun-Ondokuzmayıs ekolojik koşullarında ısıtmasız serada sonbahar döneminde yetiştiricilik yapılmış, 7 Ocak 2020 tarihinde hasat edilen domates meyveleri aynı gün içerisinde kalite analizleri yapılmak üzere Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Hasat Sonu Fizyolojisi Laboratuvarı'na 3 saat içerisinde getirilmiştir. Çalışmada Coronato F₁ domates (*Solanum lycopersicum*) çeşidi kullanılmıştır. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Hasat sonrası hasarsız domates meyvelerinden homojen irilik ve renkte olanlar seçilmiş ve kusurlu meyveler ıskartaya ayrılmıştır. Oda şartlarında domates meyveleri birinci doz olarak kontrol (0) uygulaması için 22-23°C saf suda, ikinci doz 0.5 mmol L⁻¹ (MeJA 0.5) ve üçüncü doz için 1.0

mmol L⁻¹ (MeJA 1.0) metil jasmonat (Sigma-Aldrich, Almanya) solüsyonunda 1 dakika bekletildikten sonra kurutma kağıtlarında laboratuvar koşullarında (24±1°C ve %80±5 RH) 1 saat süreyle kurutulmuştur.

Ortalama 17.8°C sıcaklık ve %46.4 oransal nem koşullarına sahip raf ömrü odasında bulunan kasalara konulan domates meyvelerinde 10. ve 20. günlerde meyve ağırlık kayıpları, solunum hızı, meyve kalite özellikleri, meyve sertliği, renk değerleri ile fenolik madde miktarları belirlenmiştir.

Metot

•Ağırlık Kaybı: Başlangıç meyve ağırlığı tartılarak 10. ve 20. günlerde meyvelerde meydana gelen ağırlık kayıpları ile oranlanarak, Ağırlık kaybı = $\frac{\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}}{\text{İlk ağırlık}} \times 100$ formülü ile hesaplanmıştır.

•Solunum Hızı 3'er meyve gaz sensörüne (Vernier, Oregon, ABD) yerleştirilmiş ve 20 dakika boyunca meyvenin ağırlığı ve hacmine göre ürettiği CO₂ miktarı solunum hızı olarak kabul edilmiştir. Solunum hızı mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ olarak ifade edilmiştir [31].

•Meyve Sertliği: Sertlik ölçümleri için her tekrardan on meyve kullanılmıştır. Ölçümler, düz silindirik delici uca (4.1 mm) sahip taşınabilir bir dijital penetrometre (Agrosta® 100 Field, Fransa) aracılığıyla 5 meyvenin ekvatorial karşılıklı iki tarafında yapılmıştır. Dijital penetrometrenin ucu dış kabuğa hafifçe bastırılarak ekranda elde edilen sertlik değeri yüzde (%) olarak kaydedilmiştir. Değerin 100'e yakın olması meyvenin çok sert, 0'a yakın olması ise meyvenin aşırı yumuşak olduğunu gösterir [21].

•Renk Özellikleri: Renk özellikleri olarak CIE sisteminde L* (parlaklık) ölçüm yapılan yüzeyin, ışığı ne kadar yansıttığını, yani siyahtan beyaza rengin açıklık ve koyuluğunu (0=Beyaz; 100=Siyah), a* değeri kırmızıdan (pozitif) yeşile (negatif); b* değeri ise sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir. Renk özellikleri olarak CIE 3 boyutlu renk koordinatları olarak L*, a* ve b* değeri hesaplanmıştır [18]. Renk özellikleri dijital renk ölçer (Konica-Minolta, CR-400, Japonya) ile 10'ar meyvenin farklı bölgelerinden olacak şekilde belirlenmiştir.

•Suda Çözünabilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı: Meyveler homojen olarak el blenderi ile parçalandıktan sonra meyve püresinden elde edilen meyve suyunda dijital refraktometre (Atago PAL-1, ABD) ile ölçülmüş ve sonuçlar %olarak ifade edilmiştir.

•Titre Edilebilir Asitlik: Ölçümler için 10 mL meyve suyu alınarak üzerine 10 mL distile saf su eklenmiştir. Daha sonra çözelti pH'sı 8.2'ye ulaşana kadar 0.1 N NaOH ilave edilerek titrasyonda tüketilen NaOH miktarına göre titre edilebilir asitlik g sitrik asit l⁻¹ olarak ifade edilmiştir [20].

•Meyve Suyu pH'sı: Her bir uygulamadan alınan taze domates meyvelerinin suyunda pH metre (WTW 3110 Set 2 pH meter, Almanya) yardımıyla pH ölçümleri yapılmıştır.

•C Vitamini: C vitamini ölçümü için öncelikle hazırlanan meyve suyu, oksalik asitle 10 kat seyreltildikten sonra (0.5 g meyve suyu örneği, 50 ml %5'lik oksalik asit) askorbik asit test şeridi (Katalog no: 116981, Merck, Almanya) kullanılarak reflektometrede (Merck RQflex plus 10, Türkiye) okuma yapılmıştır. Test şeridi, 2 saniye süreyle çözeltiye daldırılmış ve ardından çözeltiden çıkarılarak 8 saniye bekletilmiştir ve 5 saniye boyunca cihazda tutularak 15. saniyenin sonunda okuma yapılmıştır. Sonuçlar mg 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir [22].

•Toplam Fenolik Madde: Hasat sonrası (0. gün), 10. ve 20. günlerin sonunda her uygulamadan alınan meyve örnekleri saf su ile yıkanarak metal blenderle parçalanmış ve alınan örnekler 50 mL'lik falkon tüplerde analizlere kadar -20°C'de saklanmıştır. Analizler için dondurucudan çıkarılan örnekler oda koşullarında çözdürülerek 12.000 × g'de 4°C'de 30 dakika boyunca santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Biyoaktif bileşikler için spektrofotometrik ölçümler UV-Vis spektrofotometresinde (Shimadzu, Kyoto, Japonya) 760 nm dalga boyunda Öztürk ve Özer [22]'e göre belirlenerek mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

•Toplam Flavonoidler: Toplam flavonoid içeriği kuersetin'e eşdeğer (QE), mg kuersetin 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak, Chang ve ark. [8]'nin çalışmalarında belirledikleri yöntem Öztürk ve Özer [22] tarafından yürütülen bir çalışmada yeniden dizayn edilerek belirlenmiştir.

•Antioksidan Kapasitesi (DPPH): Domates meyvelerinde antioksidan kapasitesi Blois [7]'e göre belirlenmiş ve mmol trolox eşdeğeri (TE) 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

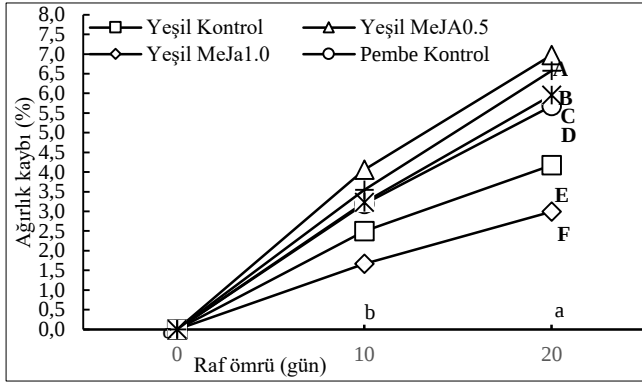
•İstatistiksel Analiz: Verilerin varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını (P<0.05) kontrol etmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. İstatistiksel analizler JMP yazılımı (JMP 13.2, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı ve Solunum Hızı

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre ağırlık kayıpları %1.66-6.97 arasında değişmiştir. Raf ömrü süreleri kıyaslandığında, en yüksek ağırlık kaybı 20. günde yapılan ölçümlerde belirlenmiştir (Şekil 1). Ölçüm dönemlerinde, tüm uygulamaların ağırlık kayıplarının önemli derecede birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Raf ömrünün hem 10. hem de 20. günlerinde en yüksek ağırlık kaybının yeşil olgunluk seviyesinde MeJA 0.5'te, en düşük ise aynı olgunluk seviyesinin MeJA 1.0 uygulamasında olduğu belirlenmiştir. 21 gün süresince soğukta muhafaza edilen domates meyvelerinde ağırlık kayıplarının %4.46 ile 7.41 arasında değiştiği bildirilmiştir [29]. Raf ömrü süresince ağırlık kayıplarının meydana gelmesi beklenen bir durumdur. Ancak olgunluk seviyelerine bağlı olarak MeJA'nın ağırlık kayıpları üzerine etkisi farklı olmuştur. Nitekim MeJA'nın hasat sonrası meyve fizyolojisi üzerine olan etkisi bir kez daha ortaya konulmuştur. Burada MeJA'nın uygulama dozuna bağlı olarak etkisi farklı olmuştur. Özellikle yüksek dozun ağırlık kaybını geciktirici etkisi saptanmıştır. Buna yüksek dozun solunum hızını baskılaması neden olarak gösterilebilir. Nitekim 10. gün raf ömrü analizlerinde yeşil MeJA 1.0 uygulamasından, MeJA 0.5'e göre daha düşük solunum hızı ölçülmüştür.

Veriler incelendiğinde, hasatta olgunluk seviyeleri arasında solunum hızı bakımından bir farklılık belirlenmemiştir. Raf ömrünün 10. gününde, uygulamaların solunum hızlarının birbirinden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Buna birlikte bu dönemde pembe olgunluk seviyesinde MeJA 0.5 uygulamasından en düşük, aksine MeJA 1.0 uygulamasından ise en yüksek solunum hızı ölçülmüştür. 20. gün raf ömrü ölçüm verileri karşılaştırıldığında, yeşil olum seviyesinde MeJA ile muamele olmuş domatesler ile pembe olum seviyesinde MeJA 1.0 uygulamasındaki domateslerin benzer solunum hızına sahip olduğu, fakat pembe kontrol ve pembe MeJA 0.5 uygulamalarına nazaran önemli derecede daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Olgunlaşma hızına bağlı olarak solunum hızı farklılık göstermektedir. Yeşil olum dönemdeki meyvelerde solunum hızının yüksek olması, bu meyvelerdeki olgunlaşma hızının daha yüksek olması ile açıklanabilir. Çalışmamızda yüksek MeJA dozu hem yeşil hem de pembe olum düzeyindeki meyvelerin olgunlaşmasını hızlandırmış olabilir. Aksine pembe olumda, düşük doz, yüksek doz kadar olgunlaşmayı teşvik etmemiş olabilir. Düşük solunum hızı olgunlaşma seviyesine bağlı olarak raf ömrünü uzatabilmektedir [6, 5, 4].



Şekil 1. Farklı olgunluk seviyelerinde hasat edilmiş domatesin ağırlık kaybı üzerine metil jasmonat uygulamalarının etkisi

Figure 1. Effect of methyl jasmonate treatments on weight loss of tomato harvested at different maturity levels

Sertlik

Önemli bir raf ömrü performans kriteri olan sertlik değerleri raf ömrü süreleri incelendiğinde, en sert meyveler yeşil olum döneminde hasat edilen domates meyvelerinde elde edilmiştir. Hasat döneminde yapılan ölçümlerde, yeşil olgunluk seviyesindeki meyvelerin, pembe olum seviyelerindekilere kıyasla daha yüksek sertliğe sahip olduğu görülmüştür. 10. gün ölçümlerinde yeşil olum seviyesinin MeJA 1.0 uygulamasından, pembe olum seviyesindeki tüm meyveler ve yeşil olumun kontrol uygulamasına nazaran önemli derecede daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. 20. gün raf ömrü ölçümlerinde ise yeşil olumun MeJA 0.5 uygulamasından, yeşil olumun kontrol ve pembe olumun kontrol ve MeJA 0.5 uygulamasına kıyasla önemli derecede daha yüksek sertlik ölçülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı olgunluk seviyelerinde hasat edilmiş domatesin solunum hızı, sertlik ve renk özellikleri üzerine metil jasmonat uygulamalarının etkisi^z

Table 1. Effect of methyl jasmonate treatments on respiration rate, firmness and color characteristics of tomato harvested at different maturity levels^z

Uygulamalar / Treatments	Solunum hızı (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Sertlik (%)	Renk özellikleri / Color characteristics		
Hasat / Harvest	Respiration rate	Fruit firmness	L	a	b
Yeşil-Kontrol / Green-Control	20.52	70.67 a	51.88	-12.93	25.14
Yeşil-MeJA 0.5 / Green-MeJA 0.5	20.52	70.67 a	51.88	-12.93	25.14
Yeşil-MeJA 1.0 / Green-MeJA 1.0	20.52	70.67 a	51.88	-12.93	25.14
Pembe-Kontrol / Pink-Control	19.31	49.88 b	51.58	-6.24	26.53
Pembe-MeJA 0.5 / Pink-MeJA 0.5	19.31	49.88 b	51.58	-6.24	26.53
Pembe-MeJA 1.0 / Pink-MeJA 1.0	19.31	49.88 b	51.58	-6.24	26.53
10.gün / Day 10					
Yeşil-Kontrol / Green-Control	7.88 d	14.93 bc	35.36 b	-5.54	15.56
Yeşil-MeJA 0.5 / Green-MeJA 0.5	9.68 b	19.67 ab	47.24 a	-8.70	14.77
Yeşil-MeJA 1.0 / Green-MeJA 1.0	8.30 c	22.67 a	43.89 a	-3.96	15.38
Pembe-Kontrol / Pink-Control	4.80 e	10.07 c	36.42 b	-17.35	16.84
Pembe-MeJA 0.5 / Pink-MeJA 0.5	3.95 f	9.53 c	35.21 b	-20.21	19.39
Pembe-MeJA 1.0 / Pink-MeJA 1.0	10.05 a	10.80 c	35.39 b	-18.83	15.97
20.gün / Day 20					
Yeşil-Kontrol / Green-Control	6.34 b	15.33 b	34.29 b	-22.38	15.40
Yeşil-MeJA 0.5 / Green-MeJA 0.5	7.82 ab	28.20 a	45.94 a	-24.18	17.78
Yeşil-MeJA 1.0 / Green-MeJA 1.0	7.74 ab	17.73 ab	37.30 ab	-20.70	17.06
Pembe-Kontrol / Pink-Control	4.23 c	13.93 b	35.67 b	-21.38	16.50
Pembe-MeJA 0.5 / Pink-MeJA 0.5	3.70 c	14.00 b	35.27 b	-20.93	16.24
Pembe-MeJA 1.0 / Pink-MeJA 1.0	9.24 a	17.80 ab	34.06 b	-20.50	15.44
ANOVA özeti (F değeri) / ANOVA summary (F value)					
Kaynak / Source	df				
Uygulamalar (T) / Treatments	5	1.12 Ö.D. N.S.	0.04*	9.86***	5.43***
Raf ömrü süresi (SLT) / Shelf life time	2	53.69***	890.08***	185.89***	Ö.D. N.S.
Uygulama × Raf ömrü / (T) × (SLT)	10	0.28 Ö.D. N.S.	0.15 Ö.D. N.S.	3.29*	5.41***
Hata / Error	12				

^zAynı sütunda her raf ömrü süresi kendi içinde değerlendirilmiş, ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %5 düzeyinde farklı harflerle ifade edilmiştir.

¹In the same column, each shelf life period was evaluated within itself, and the significant differences between the averages were expressed with different letters at the level of 5% according to the Tukey multiple comparison test.

***p ≤ 0.001 düzeyinde önemlidir ***significant at p ≤ 0.001, Ö.D.: Önemli değil N.S.: Nonsignificant

Yeşil olum seviyesindeki meyvelerden daha yüksek sertlik değerlerinin ölçülmesi olgunluk seviyesinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Olgunlaşma ilerledikçe meyve etinde yumuşama meydana gelmektedir. MeJA'nın etkisine bakıldığında yüksek MeJA dozunun etilen

biyosentezini özellikle 10. güne kadar teşvik ederek meyve sertliğinin hızlı düşmesine sebep olduğu [Yu vd., 2009] daha sonraki dönemde ağırlık kaybına bağlı sertliğin bir miktar arttığı söylenebilir. Benzer sonuçları ifade eden Baltazar ve ark. [3] MeJA gibi uygulamaların, farklı sebzelerin metabolizmasını

değiştirerek; bazı durumlarda belirgin farklılıklar ortaya koyduğu bildirilmiştir. Özellikle domateslerde sıcaklığın, sertlik değerlerinin düşüşünü hızlandırdığı bildirilmiştir.

Renk Özellikleri

L* değeri bakımından uygulamalar arasında önemli farklılıklar belirlenirken, a* ve b* değeri bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır. 10. ve 20. gün raf ömrü ölçümlerinde, yeşil olum seviyesinde MeJA ile muamele olmuş meyvelerin L* değerinin, yeşil kontrol ve pembe olumdaki tüm meyvelerden önemli derecede daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Baltazar ve ark. [3] domateste MeJA'nın renk parametreleri üzerinde minimal bir etkisinin olduğunu ancak bu etkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ifade etmiştir. Çalışmamızda L* değeri hariç, elde edilen bulgular araştırmacıların bulguları ile paralellik göstermektedir.

SÇKM, Titre Edilebilir Asitlik, C Vitamini ve Meyve Suyu pH'sı

Çalışmada, farklı olum seviyelerinde (yeşil ve pembe) hasat edilen domateslere uygulanan farklı doz (0.5 ve 1.0) MeJA uygulamalarının raf ömrü süresince domates meyvelerinin SÇKM, titre edilebilir asitlik ve C vitamini değerleri üzerine önemli etkileri belirlenmiştir ($p \leq 0.001$). Sonuçlar incelendiğinde 10. günde SÇKM içerikleri %5.35-5.85 arasında değişim gösterirken uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. 20. gün raf ömrü ölçümlerinde, yeşil olum seviyesinde kontrol ve MeJA 1.0 uygulamalarında benzer seviyede, fakat diğer uygulamalara kıyasla önemli derecede daha yüksek SÇKM değeri elde edilmiştir (Çizelge 2). Domates meyvelerinde SÇKM içeriğinin MeJA uygulaması ile arttığını bildiren bir çalışmada, olgun meyvelerdeki SÇKM içeriğinin olgun olmayanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir [16]. Bizim çalışmamızda ise bunun aksine yeşil olum seviyesinde hasat edilen domateslerin SÇKM içeriği olgunlara nazaran daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Titre edilebilir asitlik değerleri incelendiğinde MeJA uygulamaları, raf ömrü süresi ve bu iki faktörün birlikte olan etkisinin titre edilebilir asitlik değerlerine istatistiksel olarak önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.001$). 10. günde yeşil olum seviyesindeki meyvelerin asitlik içeriği, pembe olum seviyesindeki meyvelere nazaran önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Halbuki 20. gün raf ömrü ölçümlerinde, en yüksek asitlik yeşil MeJA 0.5 uygulamasında, en düşük ise pembe MeJA 0.5

uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 2). Çalışmamızda daha olgun meyvelerin daha düşük asitliğe sahip olduğu görülmüştür. Halbuki domatesler de MeJA uygulaması ile titre edilebilir asit içeriğinin arttığı, tat ve aromanın korunduğu belirlenmiştir [16]. Yine bulgularımızın aksine [2] olgunluk aşaması ilerledikçe domates meyvesinin asitliğinde artış gösteren bulgularda mevcuttur.

C vitamini değerleri incelendiğinde, hasatta olgunluk dönemleri arasında önemli bir fark saptanmamıştır. 10. gün raf ömrü ölçümleri incelendiğinde, tüm uygulamaların birbirinden önemli derecede farklı seviyede C vitamini içerdiği saptanmış olup, en yüksek C vitamini pembe MeJA 0.5, en düşük ise yeşil MeJA 0.5 uygulamasından elde edilmiştir. 20. günde ise özellikle su kaybının artmasına bağlı olarak pembe olum seviyesinde kontrol ve MeJA 0.5 uygulamalarının diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek C vitamini içerdiği saptanmıştır (Çizelge 2). Burada hasat sonrası C vitamin değeri MeJA etilen sentezi ilişkileri ile birlikte düşünmek daha doğru olacaktır [32]. Sonuçlarımız ile benzer sonuçların elde edildiği çalışmada, MeJA'nın etkisinin askorbik asit birikimi üzerindeki etkilerinin çeri domates meyveleri için önemli ve kalıcı olduğu bildirilmiştir [16].

Toplam Fenolikler, Flavonoidler ve DPPH

Toplam fenolik bileşikler bakımından tüm ölçüm dönemlerinde uygulamalar arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır. Benzer şekilde hasat döneminde toplam flavonoidler ve antioksidan aktivitesi bakımından uygulamaların birbirinden farklı olmadığı görülmüştür (Çizelge 3). Önemli farklılık olmasa da, hasatta genel olarak pembe olum seviyesindeki domates meyvelerinin fitokimyasal içeriklerinde rakamsal olarak yeşil oluma kıyasla daha yüksek değerler ölçülmüştür. Bulgularımızın aksine patlıcanda MeJA uygulaması ile toplam fenolik içeriğinin kontrole göre anlamlı bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Ancak, toplam fenolik içeriğinin depolama süresince özellikle olgun patlıcanlarda azaldığı belirlenmiştir [10]. Flavonoidler, toplam fenoliklerin ana bileşenidir ve sağlık yararlarına önemli ölçüde katkıda bulunan güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir ve insan sağlığı için çok önemlidir ve yapılan çalışmalarla meyvelerin flavonoid içeriğinin artırılması önem arz etmektedir [11]. 10. gün raf ömrü ölçümlerinde, pembe olum dönemindeki meyvelerin, yeşil olum dönemindekilere nazaran daha yüksek flavonoid içeriğine sahip olduğu görülürken, 20. gün ölçümlerinde tam tersi durum gözlemlenmiştir. 10. günde en yüksek içerik pembe kontrolde, en düşük ise yeşil MeJA 1.0 uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı olgunluk seviyelerinde hasat edilmiş domatesin SÇKM, titre edilebilir asitlik, C vitamini ve meyve suyu pH'sı üzerine metil jasmonat uygulamalarının etkisi^z

Table 2. Effect of methyl jasmonate treatments on soluble solid content, acidity, vitamin C and juice pH of tomato harvested at different maturity levels^z

Uygulamalar Treatments	SÇKM (%) SSC	Titre edilebilir asitlik Acidity (g citric acid kg ⁻¹)	C vitamini (mg 100 g ⁻¹) Vitamin C	Meyve suyu pH'sı Juice pH
Hasat Harvest				
Yeşil-Kontrol Green-Control	4.30	7.23	17.4	4.51
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	4.30	7.23	17.4	4.51
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	4.30	7.23	17.4	4.51
Pembe-Kontrol Pink-Control	3.97	6.71	15.1	4.47
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	3.97	6.71	15.1	4.47
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	3.97	6.71	15.1	4.47
10.gün / Day 10				
Yeşil-Kontrol Green-Control	5.80 a	7.45 a	14.7 c	4.46 e
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	5.85 a	7.71 a	11.4 f	4.66 a
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	5.60 a	7.87 a	12.3 e	4.48 d
Pembe-Kontrol Pink-Control	5.35 a	5.55 b	13.2 d	4.48 d
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	5.45 a	4.95 b	15.7 a	4.59 b
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	5.35 a	4.91 b	15.2 b	4.54 c
20.gün / Day 20				
Yeşil-Kontrol Green-Control	6.55 a	6.33 c	15.0 b	4.71
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	5.70 b	8.04 a	8.9 c	4.50
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	6.35 a	7.18 b	14.4 b	4.60
Pembe-Kontrol Pink-Control	5.70 b	4.51 de	20.0 a	4.71
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	5.65 b	4.37 e	21.0 a	4.69
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	5.05 c	4.94 d	16.5 b	4.70
ANOVA özeti (F değeri) / ANOVA summary (F value)				
Kaynak / Source	df			
Uygulamalar (T) Treatments	5	0.0023***	7.14***	11.43***
Raf ömrü süresi (SLT) Shelf life time	2	732.0***	169.56***	77.60***
Uygulama × Raf ömrü / (T) × (SLT)	10	6.90***	14.01***	8.01***
Hata / Error	12			

^zAynı sütunda, her raf ömrü süresi kendi içinde değerlendirilmiş, ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %5 düzeyinde farklı harflerle ifade edilmiştir.

^zIn the same column, each shelf life period was evaluated within itself, and the significant differences between the averages were expressed with different letters at the level of 5% according to the Tukey multiple comparison test.

***p≤0.001 düzeyinde önemlidir, ***Significant at p≤0.001, Ö.D.:Önemli değil, N.S.:Nonsignificant

Çizelge 3. Farklı olgunluk seviyelerinde hasat edilmiş domatesin toplam fenolikler, toplam flavonoidler ve antioksidan kapasitesi (DPPH) üzerine metil jasmonat uygulamalarının etkisi^z

Table 3. Effect of methyl jasmonate treatments on total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity (DPPH) of tomato harvested at different maturity levels^z

Uygulamalar Treatments	Toplam fenolikler (mg GAE 100 g ⁻¹) Total phenolics	Toplam flavonoidler (mg QE 100 g ⁻¹) Total flavonoids	DPPH (mmol TE 100 g ⁻¹)
Hasat Harvest			
Yeşil-Kontrol Green-Control	87.82	84.54	0.47
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	87.82	84.54	0.47
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	87.82	84.54	0.47
Pembe-Kontrol Pink-Control	213.56	138.90	1.14
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	213.56	138.90	1.14
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	213.56	138.90	1.14
10.gün / Day 10			
Yeşil-Kontrol Green-Control	170.33	172.30 c	1.17 a
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	169.35	154.62 d	0.32 c
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	156.58	102.55 e	0.54 b
Pembe-Kontrol Pink-Control	220.43	204.72 a	1.15 a
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	215.52	193.91 b	1.19 a
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	232.22	171.32 c	1.15 a
20.gün / Day 20			
Yeşil-Kontrol Green-Control	214.54	158.55 ab	1.13
Yeşil-MeJA 0.5 Green-MeJA 0.5	170.33	124.17 cd	0.65
Yeşil-MeJA 1.0 Green-MeJA 1.0	180.16	168.37 a	1.00
Pembe-Kontrol Pink-Control	225.34	137.92 bc	0.99
Pembe-MeJA 0.5 Pink-MeJA 0.5	128.88	136.94 c	0.87
Pembe-MeJA 1.0 Pink-MeJA 1.0	181.14	104.52 d	1.01
ANOVA özeti (F değeri) / ANOVA summary (F value)			
Kaynak / Source	df		
Uygulamalar (T) Treatments	5	Ö.D. N.S.	84.71***
Raf ömrü süresi (SLT) / Shelf life time	2	4.34*	571.4***
Uygulama × Raf ömrü / (T) × (SLT)	10	2.85*	57.71***
Hata / Error	12		

^zAynı sütunda her raf ömrü süresi kendi içinde değerlendirilmiş, ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %5 düzeyinde farklı harflerle ifade edilmiştir.

^zIn the same column, each shelf life period was evaluated within itself, and the significant differences between the averages were expressed with different letters at the level of 5% according to the Tukey multiple comparison test.

***p≤0.001 düzeyinde önemlidir, ***Significant at p≤0.001, Ö.D.:Önemli değil, N.S.:Nonsignificant

Halbuki 20. günde en yüksek içerik yeşil MeJA 1.0'de, en düşük ise pembe MeJA 1.0 ve yeşil MeJA 0.5 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmamıza benzer olarak Baek ve ark. [2], hasat öncesi MeJA ve SA uygulamalarının, kontrollere kıyasla toplam flavonoid içeriğini önemli ölçüde ($p<0.05$) arttırdığını rapor etmişlerdir.

Antioksidan aktivitesi bakımından yalnızca 10. gün raf ömrü ölçümlerinde, uygulamalar arasında önemli farklılık saptanmıştır. Bu dönemde, pembe olumdaki tüm uygulamalar ve yeşil olum kontrol uygulamasının benzer antioksidan aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Fakat ölçülen bu değerlerin hem yeşil olum MeJA 0.5 hem de yeşil MeJA 1.0 uygulamalarına kıyasla önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda yeşil MeJA 1.0 uygulamasının antioksidan aktivitesi, yeşil MeJA 0.5'e kıyasla önemli derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 3). Yapılan çalışma [2], MeJA uygulamasının antioksidan aktivitesi üzerine etki edebileceği ortaya konmuştur. Bulgularımız araştırma bulguları ile benzerlik göstermiştir.

Çalışmada, farklı olum seviyelerinde (yeşil ve pembe) hasat edilen domateslere uygulanan farklı doz (0.5 ve 1.0) MeJA uygulamalarının raf ömrü süresince domates pH özelliğine istatistiksel olarak etkisi bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre meyve suyu pH değerleri 4.46 ile 4.71 arasında değişmiştir.

SONUÇ

Bulgularımız ışığında, olgunluk seviyesinin domateste meyve kalite özellikleri üzerine önemli etkisinin olduğu ortaya konmuştur. Benzer şekilde bu kalite özellikleri üzerine MeJA'nın belirgin bir etkisinin olduğu, fakat bu etkinin uygulama dozuna bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle ekonomik kayıplara neden olan ağırlık kayıplarının geciktirilmesi üzerine yeşil olgunluk döneminde MeJA 1.0 uygulamasının; sertlik kaybının geciktirilmesi üzerine ise yine MeJA uygulamalarının daha etkin olduğu ifade edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2022. FAO (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/qcl>; Erişim: 25.08.2022).
2. Baek, M.W., Choi, H.R., Yun Jae, L., Kang, H.M., Lee, O.H., Jeong, C.S., Tilahun, S., 2021. Preharvest Treatment of Methyl Jasmonate and Salicylic Acid Increase the Yield, Antioxidant Activity and GABA Content of Tomato. *Agronomy* 11:2293 (<https://doi.org/10.3390/agronomy11112293>).
3. Baltazar, A., Espina-Lucero, J., Ramos-Torres, I., Gonzalez-Aguilar, G., 2007. Effect of methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests. *Journal of Food Engineering* 80:1086-1095. (<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.09.001>).
4. Batu, A., 1999. Domatesin solunum hızı üzerine ortam sıcaklığı ve hasat olgunluğunun etkileri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23:473-481.
5. Batu, A., Thompson. A.K., 1998. Effects of Modified Atmosphere Packaging on Post Harvest Qualities of Pink Tomatoes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 365-372.
6. Batu, A., Thompson. A.K., 1995. Effects of Controlled Atmosphere Storage on Extension of Postharvest Qualities and Storage Life of Pink Tomatoes. *Proceedings of Control Application in Postharvest and Processing Technology*, 1-2 June. Ostend, Belgium. (CAPPT 95): 263-268.
7. Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1200.
8. Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 10(3): 178-182.
9. Czapski, J., Saniewski, M., 1995. The effect of methyl jasmonate vapour on some characteristics of fruit ripening, carotenoids and tomatine changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Agrobotanica* 48(2):27-35.
10. Fan, L., Shi, J., Zuo, J., Gao, L., Lv, J., & Wang, Q., 2016. Methyl jasmonate delays postharvest ripening and senescence in the non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 120:76-83.
11. Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M.R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., Pellegrini, N., 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutritional & Food Research* 51:609-617.
12. George S., Tourniaire F., Gautier H., Goupy, P., Rock, E., 2011. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry* 124:1603-1611.
13. González-Aguilar, G.A., Buta, J.G., Wang, C.Y., 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of

- ‘Kent’ mangoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 81(13):1244-1249.
14. Gürbüz Çolak, N., Tek Eken, N., Ülger, M., Frary, A., Doğanlar, S., 2020. Mapping of quantitative trait loci for antioxidant molecules in tomato fruit: Carotenoids, vitamins C and E, glutathione and phenolic acids. Plant Science 292:110393.
 15. Jawad, Z.A., Türker, M., Özdemir, F.A., 2020. Effect of different plant growth regulator on in vitro propagation of endangered plant; yellow tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences 4(1):92-98.
 16. Liu, H., Meng, F., Miao, H., Chen, S., Yin, T., Hu, S., Wang, Q., 2018. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. Food Chemistry 263:194-200.
 17. Liu, L., Wei, J., Zhang, M., Zhang, L., Li, C., Wang, Q., 2012. Ethylene independent induction of lycopene biosynthesis in tomato fruits by jasmonates. Journal of Experimental Botany 63(16):5751-5761.
 18. McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. Scientia Horticulturae 27(12):1254-1255.
 19. Muengkaew, R., Chaiprasart, P., Warrington, I., 2016. Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl jasmonate. Scientia Horticulturae 198:70-77.
 20. Özer, H., Yılmaz, C., Öztürk, B., 2022. The influence of cultivation system and modified atmosphere packaging on quality attributes of tomato fruit during cold storage. Biological Agriculture & Horticulture 38:258-270. doi: 10.1080/01448765.2022.2074890.
 21. Öztürk, A., Yildiz, K., Öztürk, B., Karakaya, O., Gün, S., Uzun, S., Gundogdu, M. 2019. Maintaining postharvest quality of medlar (*Mespilus germanica*) fruit using modified atmosphere packaging and methyl jasmonate. LWT-Food Science and Technology 111:117-124. (<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.033>).
 22. Öztürk, B., Özer, H., 2019. Effects of grafting and green manure treatments on postharvest quality of tomatoes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19(4):780-792.
 23. Öztürk, B., Özkan, Y., Yildiz, K., 2014. Methyl jasmonate treatments influence bioactive compounds and red peel color development of Braeburn apple. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 38(5):688-699.
 24. Saracoglu, O., Öztürk, B., Yildiz, K., Kucuker, E., 2017. Pre-harvest methyl jasmonate treatments delayed ripening and improved quality of sweet cherry fruits. Scientia Horticulturae 226:19-23.
 25. Singh J., Upadhyay, A.K., Prasad, K., Bahadur, A., Rai M., 2007. Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in brassica vegetables. Journal of Food Composition and Analysis 20:106-112.
 26. Sönmez, K., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2014. Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. Derim 31(2):107-130.
 27. Tao, X., Wu, Q., Li, J., Huang, S., Cai, L., Mao, L., Ying, T., 2022. Exogenous methyl jasmonate regulates phenolic compounds biosynthesis during postharvest tomato ripening. Postharvest Biology and Technology 184:111760.
 28. Tao, X., Wu, Q., Li, J., Wang, D., Nassarawa, S.S., Ying, T., 2021. Ethylene biosynthesis and signal transduction are enhanced during accelerated ripening of postharvest tomato treated with exogenous methyl jasmonate. Scientia Horticulturae 281:109965.
 29. Ünlü, H., Ünlü, H. Ö., Karakurt, Y., Padem, H., 2011. Influence of organic and conventional production systems on the quality of tomatoes during storage. African Journal of Agricultural Research 6(3):538-544.
 30. Wang, S.Y., Shi, X.C., Liu, F.Q., Laborda, P., 2021. Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. Food Chemistry 353:129482.
 31. Yarılgaç, T., Kadim, H., Öztürk, B., 2022. Maturity Stages and MAP Affect the Quality Attributes and Bioactive Compounds of Cornelian Cherry Fruit (*Cornus mas* L.) During Cold Storage. Erwerbs-Obstbau 64(1):27-35.
 32. Yu, M., Shen, L., Fan, B., Zhao, D., Zheng, Y., & Sheng, J. (2009). The effect of MeJA on ethylene biosynthesis and induced disease resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. Postharvest Biology and Technology 54(3):153-158.