

Pink Lady™ 'Rosy Glow' Elma Çeşidinde Metil Jasmonat ve Aminoetoksivinilglisin Uygulamalarının Meyve Kalitesine Etkileri

Nur KILINÇ¹, Bekir ŞAN^{*1}

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 2,
Sayfa 122-129, 2021

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 2,
Page 122-129, 2021

Özet: Bu çalışmada Pink Lady 'Rosy Glow' elma çeşidinde Metil jasmonat (MeJA) ve Aminoetoksivinilglisin (AVG) uygulamalarının meyve kalite özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada MeJA'nın 5, 10, 15 ve 20 mM dozları tek başına ve 300ppm AVG ile birlikte ağaçlara püskürtülmüştür. MeJA uygulamaları tahmini hasat tarihinden 4 hafta önce, AVG uygulaması ise tahmini hasat tarihinden 3 hafta önce yapılmıştır. Araştırma sonucunda hasat edilen meyvelerde, meyve boyutları, meyve ağırlığı, meyve eti sertliği, meyve kabuk renk değerleri, suda çözünebilir toplam kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA) ve toplam fenolik madde içerikleri incelenmiştir. Ayrıca fenolik bileşenlerden kateşin, epikateşin, klorojenik asit ve sinamik asit içerikleri de belirlenmiştir. Araştırmada, uygulamaların meyve boyutları, meyve ağırlığı, meyve eti sertliği, SÇKM ve TEA içerikleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Uygulamaların meyve kabuk renginde L* değeri ile b* değerini de etkilemediği tespit edilmiştir. Ancak kırmızı renk oluşumunu ifade eden a* değeri incelendiğinde meyve kabuk üst rengi bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık olmamakla birlikte, kabuk zemin rengi bakımından özellikle 10, 15 ve 20 mM MeJA uygulamalarının tek başına ve 300 ppm AVG ile birlikte kullanımının a* değerini artırdığı tespit edilmiştir. Tek başına 300 ppm AVG uygulaması kontrole göre kabuk zemin rengi a* değerini azaltmıştır. Araştırmada 10 ya da 15 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarının toplam fenolik madde içeriğini, kontrole göre önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Fenolik bileşenlerden kateşin, epikateşin ve klorojenik asit içeriklerinin genel olarak MeJA uygulamaları ile arttığı, sinamik asit içeriklerinin ise uygulamalardan etkilenmediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aminoetoksivinilglisin, elma, *Malus communis*, metil jasmonat, meyve kalitesi

Effects of Methyl Jasmonate and Aminoethoxyvinylglycine Applications on Fruit Quality in Apple Cultivar Pink Lady™ 'Rosy Glow'

Abstract: In this study, the effects of Methyl jasmonate (MeJA) and Aminoethoxyvinylglycine (AVG) applications on fruit quality of Pink Lady "Rosy Glow" apple cultivar were investigated. In the study, 5, 10, 15 and 20 mM doses of MeJA were sprayed on trees alone and together with 300ppm AVG. MeJA applications were performed 4 weeks and AVG applications were 3 weeks before the estimated harvest date. As a result of the research, fruit sizes, fruit weight, flesh firmness, fruit skin color values, soluble solids, titratable acidity and total phenolic content of fruits were examined. Additionally, the contents of catechin, epicatechin, chlorogenic acid and cinnamic acid were determined. In the study, it was determined that the applications did not have a significant effect on fruit sizes, fruit weight, flesh firmness, soluble solids and titratable acidity. It has been determined that the applications do not affect the L* and b* colour values. However, the applications of 10, 15 and 20 mM MeJA alone and with 300 ppm AVG were increased the a* value compared to the control. Application of 300 ppm AVG alone reduced the a* value compared to the control. In the study, it was determined that 10 or 15 mM MeJA + 300ppm AVG applications significantly increased the total phenolic content compared to the control. It was determined that catechin, epicatechin and chlorogenic acid contents generally increased with MeJA applications, while cinnamic acid contents were not affected by the applications.

Keywords: Aminoethoxyvinylglycine, apple, *Malus communis*, Methyl jasmonate, fruit quality

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
bekirsan@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 19/04/2021
Kabul (Accepted): 10/07/2021

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Elma (*Malus x domestica* Borkh.), ılıman iklim meyve türleri içerisinde yer alan ülkemizde ve dünyada üretimi en çok yapılan meyve türlerinden biridir. 2019 yılı FAO verilerine göre dünyada elma üretimi 87.236.221 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye dünya elma üretiminde yaklaşık %4.15'lik paya sahiptir (Anonim, 2021a). Ülkemizde elma üretim miktarı incelendiğinde genel olarak artış olduğu gözlemlenmektedir (Anonim, 2021b; Şan ve ark., 2019). Bu artışta bodur anaç kullanımı, yeni elma çeşitlerinin tercih edilmesi ve kültürel işlemlerdeki gelişmelerin (budama, bitki besleme vb.) etkili olduğu ifade edilmiştir (Öztürk, 2012). Meyve yetiştiriciliğinde üretim miktarının artırılmasına paralel olarak meyve kalitesinin de artırılması üreticilerin en önemli amaçları arasında yer almaktadır. Elmada meyve kalitesi; polenlerin canlılık durumu, dölleme ve çevresel faktörler (ışık, sıcaklık vb.) yanında, anaç, sulama, gübreleme, seyreltme, budama ve terbiye şekli gibi birçok kültürel uygulama tarafından da etkilenmektedir (Atasay ve ark., 2013; Westwood, 1995). Meyvelerde renklenme üzerine fizyolojik, biyokimyasal ve çevresel birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Elmaların renklenmesini etkileyen faktörler arasında; ışık, sıcaklık, gübreleme, budama, sulama, meyve seyreltmesi ve malç uygulamaları yer almaktadır (Ritenour ve Khemira, 2007). Elma yetiştiriciliğinde renklenmenin teşvik edilebilmesi için ışıklanma en önemli faktörlerden birisidir. Bu bakımdan budama şekli bitkinin ışıktan optimum düzeyde faydalanabilmesi bakımından oldukça önemlidir (Shafiq ve ark., 2011; Rudell ve ark., 2005). Ayrıca gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkının fazla olması meyve renk oluşumuna etki etmektedir. Gübreleme uygulamalarında ise yüksek miktar azot uygulamaları meyve rengini olumsuz etkilemekte, potasyum gübrelemesinin ise antosiyenin birikimini ve elmaların kırmızı renklenmesini arttırdığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte, fazla sulama suyunun meyve renklenmesini olumsuz etkilediği de ifade edilmiştir (Ritenour ve Khemira, 2007). Kültürel uygulamalar yeterli düzeyde uygulansa bile genetik ve çevresel faktörlerin etkisiyle bazen meyvelerde renklenme sorunları ile karşılaşmaktadır. Bu durumda bazı kimyasal madde uygulamaları ile de meyvelerde renk oluşumu teşvik edilebilmektedir. Bunların en başında MeJA uygulamaları gelmektedir. MeJA uygulamalarının elmalarda renklenmeyi olumlu yönde etkilediği bazı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Shafiq ve ark., 2011; Rudell ve ark., 2005; Fan ve ark., 1997). MeJA'nın meyve üzerindeki etkisi uygulama konsantrasyonu, meyve türü, çeşidi ve gelişme aşamasına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Rudell ve ark., 2005; Kondo ve ark., 2004). Bu nedenle MeJA'nın uygulama zamanı ve dozuna yönelik araştırmaların her meyve tür ve çeşidi için optimize edilmesi gerekmektedir. MeJA uygulamaları elmada olgunlaşmayı teşvik etmesi nedeniyle hasat önu meyve dökümlerini de artırmaktadır. Hasat önu meyve

dökümleri genetik, fizyolojik ve yetiştirme teknikleri ile alakalı olabileceği gibi (Ward, 2004) hasat öncesi yüksek sıcaklıklar, ağacın verim durumu, ağacın yaşı, kök budaması gibi faktörler de döküm miktarını etkilemektedir (Ward, 2004; Autio ve Greene, 1999). Ayrıca meyve dökümlerinde bitkisel hormonların da rol aldığı bilinmektedir. Etilenin, meyvede olgunlaşma ve döküm olayında önemli bir role sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir. Etilenin bu etkisinin ortadan kaldırılarak hasat önu meyve dökümlerinin önüne geçmek mümkün olmaktadır. Bu amaçla meyvede etilen sentezini engelleyici etkisinden dolayı AVG uygulamaları son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır (Singh ve Khan, 2010; Jobling ve ark., 2003). Meyvelerde renklenme üzerine etkili olan MeJA uygulamasının hasat önu meyve dökümünü artırması önemli bir dezavantajdır. Bu dezavantajın ortadan kaldırılması amacıyla, MeJA uygulamasının AVG uygulaması ile birlikte yapılmasının, bu sorunun çözümüne katkı sağlayabileceği bildirilmiştir (Wang ve Dilley, 2001).

Bu çalışmada, hasat öncesi MeJA ve AVG'nin ayrı ve birlikte uygulanmasının Pink Lady™ 'Rosy Glow' elma çeşidinde meyve kabuk rengi başta olmak üzere, meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu araştırma 2019 yılında Isparta ili Eğirdir ilçesinde mevcut bir üretici parselinde gerçekleştirilmiştir. M9 anaç üzerine aşılı Pink Lady™ 'Rosy Glow' elma çeşidinden oluşan bahçe, çift sıralı dikim sistemine göre sıra arası 3.5 m, çift sıra arası 1.5 m ve sıra üzeri 1 m mesafelerde 2013 yılında tesis edilmiştir. Bahçe damla sulama yöntemi ile sulanmakta olup deneme süresince gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi kültürel işlemler düzenli olarak gerçekleştirilmiştir.

Denemede kullanılan AVG ticari olarak Valent BioScience firması tarafından 'ReTain' ticari ismi ile pazarlanmaktadır. 'ReTain', %15 AVG içeren organik bir üründür. AVG etilen engelleyicisi olarak pazarlanmaktadır. MeJA ise Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Araştırma 3 tekerrürlü her tekerrürde 1 ağaç olacak şekilde toplamda 30 ağaçta yürütülmüştür. Ağaçlara farklı dozlarda MeJA (0, 5, 10, 15 ve 20 mM), AVG (300 ppm) ve bunların kombinasyonları uygulanmıştır. AVG ve MeJA'nın etkinliğinin artırılması amacıyla yayıcı yapıştırıcı olarak %0.5 oranında Tween 20 kullanılmıştır. Çalışmada, MeJA uygulamaları tahmini hasattan 4 hafta önce, AVG uygulamaları ise tahmini hasattan 3 hafta önce olacak

Tablo 1. Fenolik madde analizi için HPLC cihazında kullanılan gradient program.

Zaman (dak)	0.1	20	28	35	50	60	62	70	73	75	80	81
Çözücü A: %3 asetik asit (%)	93	72	75	70	70	67	58	50	30	20	0	93
Çözücü B: Metanol (%)	7	28	25	30	30	33	42	50	70	80	100	7

şekilde planlanmıştır. Uygulamalar saat 16.00'dan sonra rüzgârsız bir zaman diliminde yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ağaçlar homojen taç hacmine sahip olacak şekilde seçilmiş ve ağaç başına yaklaşık 1L çözelti püskürtülmüştür.

Meyveler, nişasta testi yapılarak belirlenen ticari hasat tarihinde hasat edilmiştir. Uygulamalara ait her tekerrürden tesadüf olarak 10'ar adet meyvede meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve kabuk rengine ait özellikler (L^* , a^* ve b^*), meyve eti sertliği, SÇKM, meyve suyu pH'sı ve TEA ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca toplam fenolik madde içerikleri ile fenolik bileşenlerden kateşin, klorojenik asit, epikateşin ve sinamik asit miktarları belirlenmiştir.

Toplam fenolik madde analizleri, Karaca (2011) tarafından tarif edilen yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. 5 kat etil alkol ile seyreltilmiş olan meyve suyundan 100 µl alınarak üzerine 3000 µl saf su ilave edilmiştir. Daha sonra üzerine 200 µl FolinCiocalteu (0.2 N) reaktifi ve 100 µl %20'lik doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler karanlık ortamda 2 saat bekletildikten sonra spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Meyve sularının toplam fenolik madde içeriği standart kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg GAE/100 ml olarak verilmiştir.

Fenolik bileşiklerin analizlerinde Karaca (2011) tarafından tarif edilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Her uygulamaya ait meyve sularından 5 ml alındıktan sonra üzerine 10 ml %80'lik metanol ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Ardından örnekler ultrasonik banyoda 10 dakika bekletilmiş ve 4000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüjlendikten sonra üst faz alınmıştır. Daha sonra alınan üst faz 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiş ve 20 µl'si HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Uygulamalara ait örneklerde 6 adet fenolik madde (kateşin, klorojenik asit, epikateşin, rutin, sinamik asit ve quersetin) taranmış, ancak örneklerde rutin ve quersetin tespit edilememiştir. HPLC cihazında uygulanan gradient program Tablo 1'de verilmiştir.

Araştırma, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 1 ağaç olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Elde edilen veriler Minitab (MINITAB 17 inc) paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucunda önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiş ve farklı harfler ile gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Pink lady™ 'Rosy Glow' elma çeşidinde MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu ve meyve eti sertliği üzerine etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Araştırmada meyve ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalara göre meyve ağırlığı değerleri 138.3 g ile 178.4 g arasında değişmiştir. Uygulamaların meyve eni ve meyve boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmada 5, 10, 15 ve 20 mM MeJA ile 10 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarının meyve enini (sırasıyla, 71.10, 73.07, 73.86, 71.45 ve 71.11 mm) kontrol uygulamasına göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Araştırmada, meyve boyu değerleri bakımından da benzer sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek meyve boyu değerleri 5, 10, 15 ve 20 mM MeJA ile 10 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarından elde edilirken en düşük meyve boyu değerleri kontrol uygulamasından (54.31 mm) elde edilmiştir. MeJA ve AVG uygulamalarının meyve ağırlığı ve meyve boyutları üzerine etkilerinin çeşitlere, uygulama zamanına ve uygulama dozuna göre farklılık gösterebildiği bilinmektedir (Amarante ve ark., 2002; Fan ve ark., 1997). Bu bakımdan önceki yapılan çalışmalara göre, uygulamaların meyve boyutunu artırdığını ya da değiştirmedini ifade eden araştırmacılar vardır. Kucuker ve Ozturk (2015) tarafından yapılan araştırmada, Gisela 6 anacı üzerine aşılı 'Kuzey Wonder' kiraz çeşidinde MeJA uygulamalarının meyve ağırlığını ve geometrik ortalama meyve çapını önemli ölçüde artırdığı, AVG uygulamasının ise meyve ağırlığını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte elmada Ünsal (2017), AVG uygulamalarının, Sincan ve ark. (2020) ise MeJA ve AVG uygulamalarının meyve boyut ve ağırlığını kontrole göre arttırdığını saptamışlardır. Başka bir araştırmada AVG uygulamasının etilen biyosentezini engelleyerek olgunlaşmayı geciktirdiği ve bunun sonucu olarak meyvelerin ağaç üzerinde daha uzun süre kalarak meyve boyutlarına olumlu etki ettiği bildirilmiştir (Phan-Thien ve ark., 2004). Ayrıca 'Black splendor' ve 'Royal Rosa' erik çeşitlerinde hasat öncesi 0.5, 1.0 ve 2.0 mM MeJA uygulamalarının meyve ağırlık ve boyutlarını arttırdığı tespit edilmiştir (Martinez-Espla ve ark., 2014).

Uygulamaların meyve eti sertliği üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmada uygulamalara göre meyve eti sertliği değerleri 9.06 lb (kontrol) ile 11.52 lb (15 mM MeJA + 300 ppm AVG) arasında değişmiştir. Önceki yapılan araştırmalarda MeJA ve AVG uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine etkisinin değişkenlik gösterdiği bildirilmektedir. AVG

Tablo 2. Uygulamaların meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu ve meyve eti sertliği üzerine etkisi.

Uygulamalar	Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Meyve eti sertliği (lb)
Kontrol	138.30	61.23 b	54.31 b	9.06
5 mM MeJA	172.41	71.10 a	70.58 a	9.68
10 mM MeJA	167.60	73.07 a	68.07 a	11.25
15 mM MeJA	178.40	73.86 a	68.19 a	10.77
20 mM MeJA	177.00	71.45 a	68.87 a	9.12
5 mM MeJA + 300 ppm AVG	156.00	70.66 ab	65.60 ab	10.86
10 mM MeJA + 300 ppm AVG	167.80	71.11 a	67.55 a	10.16
15 mM MeJA + 300 ppm AVG	161.81	70.64 ab	65.11 ab	11.52
20 mM MeJA + 300 ppm AVG	170.71	70.81 ab	66.60 ab	10.59
300 ppm AVG	169.31	69.72 ab	66.90 ab	10.97

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir.

uygulamalarının olgunlaşmayı geciktirici etkisinin sonucu olarak meyve eti sertliğini artırdığı, MeJA uygulamalarının ise meyve olgunluğunu teşvik etmesi nedeniyle meyve eti sertliğini azalttığı bazı çalışmalarda bildirilmektedir (Butar, 2013; Khan ve Singh, 2007). Bununla birlikte bu araştırmaların aksini bildiren çalışmalar da mevcuttur. Altuntas ve ark. (2012) ve Rudell ve ark. (2005) MeJA uygulamalarının elmada meyve eti sertliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Karaman ve ark. (2013) tarafından yapılan araştırmada ise MeJA uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Shafiq ve ark. (2013) tarafından da MeJA uygulamalarının 'Cripps Pink' elma çeşidinde meyve eti sertliğini etkilemediği ifade edilmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar bizim sonuçlarımızı desteklemektedir. Önceki çalışmalar incelendiğinde MeJA ve AVG uygulamalarının meyve eti sertliğine etkisinin uygulama zamanı, uygulama dozu, meyve tür ve çeşidine bağlı olarak değişebileceği anlaşılmaktadır.

Araştırmada uygulamalara göre meyve suyu pH'sı, SÇKM ve TEA değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Meyve suyunda pH, TEA ve SÇKM değerleri incelendiğinde uygulamalara ait değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmada meyve suyu pH'sı değerlerinin uygulamalara göre 3.21 (20 mM MeJA + 300 ppm AVG) ile 3.41 (kontrol) arasında değiştiği belirlenmiştir. Uygulamaların TEA değeri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek değer %1.20 ile 5 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamasında, en düşük TEA ise %0.80 ile kontrol uygulamasında belirlenmiş ve bu uygulamalar arasındaki

fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmada SÇKM değerlerinin uygulamalara göre %12.43 ile %14.23 arasında değiştiği saptanmış olup, uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek SÇKM değeri %14.23 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Ancak kontrol uygulaması ile 5 mM MeJA, 10 mM MeJA, 15 mM MeJA, 5 mM MeJA + 300 ppm AVG, 10 mM MeJA + 300 ppm AVG ve 15 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarının istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Önceki araştırmalarda da, MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının SÇKM üzerine etkilerinin değişken olduğu ifade edilmektedir. Öztürk (2012) elma da, Saracoglu ve ark. (2017) ise '0900 Ziraat', 'Regina' ve 'Sweetheart' kiraz çeşitlerinde MeJA uygulamalarının SÇKM miktarını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Kucuker ve Ozturk (2014) tarafından yapılan çalışmada ise erik çeşitlerinde hasat öncesi MeJA uygulamalarının SÇKM miktarını arttırdığı belirtilmektedir. Yapılan başka araştırmalarda ise erik çeşitlerinde MeJA uygulamalarının SÇKM değerine olumlu yada olumsuz bir etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Martínez-Esplá ve ark., 2014; Karaman ve ark., 2013). Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar bizim araştırma sonuçlarımızı desteklemektedir. Benzer sonuçlar TEA oranları bakımından da bildirilmektedir. Shafiq ve ark. (2013) tarafından yapılan araştırmada, 'Cripps Pink' elma çeşidinde dışarıdan MeJA uygulamasının TEA oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, Öztürk ve ark. (2013) ise '0900 Ziraat' kiraz çeşidinde TEA değerinin MeJA uygulamaları ile kontrole göre arttığını bildirmişlerdir.

Tablo 3. Uygulamaların meyve suyu pH'sı, TEA ve SÇKM değeri üzerine etkisi.

Uygulamalar	pH	TEA (%)	SÇKM (%)
Kontrol	3.41 a	0.80 c	14.23 a
5 mM MeJA	3.38 a	0.90 bc	13.60 ab
10 mM MeJA	3.31 ab	1.04 a-c	13.10 ab
15 mM MeJA	3.30 ab	0.92 bc	13.10 ab
20 mM MeJA	3.28 ab	1.00 a-c	12.73 b
5 mM MeJA + 300 ppm AVG	3.30 ab	1.20 a	13.37 ab
10 mM MeJA + 300 ppm AVG	3.30 ab	1.07 ab	13.30 ab
15 mM MeJA + 300 ppm AVG	3.23 b	1.07 ab	12.87 ab
20 mM MeJA + 300 ppm AVG	3.21 b	0.91 a-c	12.53 b
300 ppm AVG	3.33 ab	0.84 bc	12.43 b

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir.

MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının meyvelerde kabuk zemin rengi üzerine etkisi Tablo 4'de verilmiştir. Renklenme ve renk farklılıklarının belirlenmesi amacı ile CIE komisyonu tarafından geliştirilmiş olan yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemde L* ışık geçirgenliği değerini (parlaklık), a* (+a,-a) kırmızılık veya yeşillik, b* ise (+b,-b) sarılık veya mavilik değerlerini göstermektedir (Ünsal, 2017). MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarında L* (zemin) değeri 52.14 ile 60.65 arasında değişmiş olup, uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmada 10, 15 ve 20 mM MeJA uygulamalarının tek başına ve 300 ppm AVG ile birlikte uygulanmasının kontrol uygulamasına göre meyve zemin rengi a* değerini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. En yüksek a* değerleri 10 mM MeJA ve 15 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarından (sırasıyla 14.11 ve 13.50) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar MeJA uygulamalarının meyvelerde kırmızı renk oluşumunu nispeten artırdığını göstermektedir. MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının meyve kabuk zemin rengi b* değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmada meyve kabuk zemin rengi b* değerleri 18.58 (10 mM MeJA) ile 23.74 (300 ppm AVG) arasında değişmiştir. MeJA ve AVG uygulamalarının meyve rengi üzerine etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Uygulamaların meyve rengi üzerine etkisinin türlere, uygulanan doza ve uygulama zamanına göre değişiklik gösterdiği belirtilmektedir. Khan ve Singh (2007), hasat sonrası MeJA uygulamasının 'Black Amber' erik çeşidinde renklenme üzerine bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Saracoglu ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada MeJA uygulamasının kiraz çeşitlerinde renklenme üzerine olumlu etkide bulunduğu belirtilmiştir. Öztürk ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise yine kirazda MeJA uygulamalarının renklenme üzerine bir etkisinin olmadığı, AVG uygulaması ile ise kırmızı renk oluşumunun geciktiği ifade edilmektedir. AVG uygulamalarının 'Redchief' elma çeşidinde de renklenme üzerine olumlu yada olumsuz bir etkide bulunmadığı belirtilmektedir (Silverman ve ark., 2004). Elma (Shafiq ve ark., 2013) ve eriklerde (Altuntaş ve ark., 2020) MeJA uygulamalarının L* ve b* değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı, kırmızı renk oluşumunu ifade eden a* değerinin

ise MeJA uygulamaları ile önemli oranda arttığı belirtilmektedir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızdan elde edilen meyve zemin rengi a* değerleri ile uyusmaktadır. Metil jasmonat uygulamalarının içsel etilen sentezini artırdığı, artan etilen konsantrasyonunun ise klorofilin parçalanmasında ve antosiyanin gibi diğer renk pigmentleri seviyesinin artmasında etkili olduğu bildirilmektedir (Kondo ve ark., 2001; Shafiq ve ark., 2013). Ayrıca araştırmacılar elmalarda hasat öncesi MeJA uygulamalarının kırmızı yanak oluşumunu teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Karanlık koşullarda yapılan MeJA uygulamalarının meyvelerde renk pigmentlerinin oluşumunu artırdığı, ışıklı koşullarda yapılan MeJA uygulamalarının ise renk oluşumunu çok daha fazla artırdığı bildirilmektedir (Rudell ve Mattheis, 2008). MeJA uygulamalarının meyvelerde renk oluşumu üzerine olan etkilerinin ışıklandırma ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle ağaçların optimum oranda ışıklandırmasını sağlayacak terbiye şekillerinin tercih edilmesi, MeJA uygulamalarının etkinliğinin artırılması bakımından oldukça önemlidir.

Araştırmada, meyve kabuk üst rengi ölçümleri, meyvelerin en yoğun renkli (kırmızı) kısımlarından yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının meyve kabuk üst rengi üzerine etkisi Tablo 4'de verilmiştir. Uygulamaların meyvelerde kabuk üst rengi L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı saptanırken, L* değerlerinin 33.02 ile 42.00, a* değerlerinin 27.80 ile 30.55, b* değerlerinin ise 10.08 ile 13.90 arasında değiştiği belirlenmiştir.

MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının meyvelerde toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi Tablo 5'de verilmiştir. Araştırmada toplam fenolik madde miktarının uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli miktarda değiştiği belirlenmiştir. En yüksek fenolik madde miktarları; 10 mM MeJA + 300 ppm AVG, 15 mM MeJA + 300 ppm AVG, 15 mM MeJA, 10 mM MeJA, 20 mM MeJA + 300 ppm AVG ve 300 ppm AVG uygulamalarından (sırasıyla; 62.61, 60.25, 58.90, 58.71, 53.82 ve 52.60 mg GAE/100 ml) elde edilmiştir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde MeJA uygulamalarının toplam fenolik madde

Tablo 4. Uygulamaların meyve kabuk rengi üzerine etkisi

Uygulamalar	Meyve kabuk zemin rengi			Meyve kabuk üst rengi		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	59.85	4.31 c	21.56	42.00	28.21	13.61
5 mM MeJA	60.07	3.30 c	22.78	40.71	27.94	12.71
10 mM MeJA	52.14	14.11 a	18.58	34.30	28.40	10.50
15 mM MeJA	55.45	12.62 ab	20.79	34.00	29.81	10.97
20 mM MeJA	54.08	11.67 ab	21.07	37.53	30.55	14.69
5 mM MeJA + 300 ppm AVG	59.58	7.30 bc	21.79	39.54	29.10	12.30
10 mM MeJA + 300 ppm AVG	54.86	10.94 ab	20.05	35.84	28.17	10.75
15 mM MeJA + 300 ppm AVG	52.46	13.50 a	19.19	33.02	28.47	10.08
20 mM MeJA + 300 ppm AVG	52.46	11.14 ab	20.58	34.38	30.47	10.42
300 ppm AVG	60.65	-3.52 d	23.74	41.73	27.80	13.90

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 5. Uygulamaların toplam fenolik madde ve fenolik bileşenler üzerine etkisi

Uygulamalar	Toplam Fenolik madde (mg/100 ml)	Kateşin (mg/kg)	Klorojenik asit (mg/kg)	Epikateşin (mg/kg)	Sinnamik asit (mg/kg)
Kontrol	48.14 cd	4.17 de	85.30 b	23.90 b-d	0.43
5 mM MeJA	42.16 d	3.17 e	60.83 c	16.00 d	0.33
10 mM MeJA	58.71 a-c	6.17 a-d	110.63 a	30.53 ab	0.37
15 mM MeJA	58.90 a-c	6.37 ab	104.20 a	27.17 a-c	0.30
20 mM MeJA	48.66 b-d	4.77 b-e	93.30 ab	27.53 a-c	0.30
5 mM MeJA + 300 ppm AVG	43.75 d	6.20 a-c	84.87 b	23.43 b-d	0.27
10 mM MeJA + 300 ppm AVG	62.61 a	7.03 a	96.10 ab	26.68 a-c	0.33
15 mM MeJA + 300 ppm AVG	60.25 ab	7.30 a	109.50 a	28.47 a-c	0.30
20 mM MeJA + 300 ppm AVG	53.82 a-d	7.50 a	108.27 a	33.57 a	0.27
300 ppm AVG	52.60 a-d	4.20 c-e	61.03 c	21.00 cd	0.30

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir.

miktarını artırdığı Öztürk ve ark. (2015) tarafından da bildirilmektedir. Benzer şekilde hasat öncesi MeJA uygulaması yapılmış 'Fortune' erik çeşidinin depolanması sırasında toplam fenolik madde içeriğinin tüm uygulamalarda artış gösterdiği belirlenmiştir (Karaman ve ark., 2013). Genel olarak MeJA uygulamalarının toplam fenolik madde içeriğini artırdığı başka araştırmacılar tarafından da bildirilmektedir (Ritenour ve Khemira, 2007; Rudell ve ark., 2005; Kondo ve ark., 2001). Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte hasat öncesi MeJA uygulamalarının meyvelerde toplam fenolik madde içeriğini azalttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Öztürk ve ark., 2013).

MeJA, MeJA + AVG ve AVG uygulamalarının kateşin, klorojenik asit, epikateşin ve sinnamik asit değerleri üzerine etkileri Tablo 5'de verilmiştir. Araştırmada uygulamalara göre kateşin, klorojenik asit ve epikateşin içeriklerinin istatistiksel olarak önemli oranda değiştiği tespit edilmiştir. Meyvelerin kateşin içerikleri uygulamalara göre 3.17 mg/kg (5 mM MeJA) ile 7.50 mg/kg (20 mM MeJA + 300 ppm AVG) arasında değişmiştir. Özellikle MeJA + AVG uygulamaları ile 15 mM MeJA uygulamasının kateşin içeriğini kontrole göre önemli oranda artırdığı görülmüştür. Diğer uygulamalar ile kontrol uygulaması arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmada uygulamalara göre klorojenik asit içerikleri ise 60.83 mg/kg (5 mM MeJA) ile 110.63 mg/kg (10 mM MeJA) arasında değişmiştir. Özellikle 10 mM MeJA, 15 mM MeJA, 15 mM MeJA + 300ppm AVG ve 20 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamalarının klorojenik asit içeriğini kontrol uygulamasına göre önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Çalışmada sadece 20 mM MeJA + 300 ppm AVG uygulamasının (33.57) epikateşin içeriğini kontrole göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar ile kontrol uygulaması meyvelerinin epikateşin içerikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Araştırmada, uygulamaların meyvelerde sinnamik asit içeriklerine etkisi önemsiz olup, uygulamalara göre 0.27 ile 0.43 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Elmada bulunan başlıca antioksidan fenolik maddeler olarak kateşin, epikateşin,

prosiyanidin, kumarik asit, klorojenik asit, gallik asit, florodisiz, kuersetin ve türevlerini sayılabilir (Bulantekin ve Kuşçu, 2017). Hasat öncesi MeJA uygulaması yapılmış 'Fortune' erik çeşidinin depolanması sırasında kateşin, epikateşin ve klorojenik asit içeriklerinin kontrol uygulamasına göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Karaman ve ark., 2013). Bu sonuçlar bizim bulgularımız ile paralellik göstermektedir. Yine bizim sonuçlarımızı destekler şekilde başka bir çalışmada da 'Crips Pink' elma çeşidinde 10 mM/L MeJA uygulamasının klorojenik asit miktarını artırdığı ifade edilmektedir (Shafiq ve ark., 2013). Hasat öncesi MeJA uygulamalarının meyvelerde fenilalanin amonyum liyaz enzim aktivitesini artırdığı, bunun sonucu olarak da ellajik asit, klorojenik asit, mirisetin, phloridzin ve quersetin gibi fenolik maddelerin arttığı ifade edilmektedir (Reyez-Diaz ve ark., 2016). Ayrıca MeJA uygulamaları ile bitkilerde büyüme yavaşlamakta, yapraklarda tüylülük ve külüküla kalınlığı artmaktadır (Liv ve ark., 2018). Özellikle elmalarda fenolik maddelerden phloridzinin büyüme engelleyici ifade edilmektedir (Yıldırım ve ark., 2016). MeJA uygulamalarının fenolik madde miktarını artırmamasının, büyüme engelleyici etkisinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim birçok araştırmada stres uygulamaları sonucunda bitkilerde büyüme yavaşlamakta ya da durmaktadır. Buna paralel olarak da fenolik madde içeriğinin arttığı görülmektedir.

4. Sonuç

Sonuç olarak; yapılan MeJA uygulamaların meyve kabuk zemin rengine, toplam fenolik madde miktarına, epikateşin, kateşin ve klorojenik asit içeriğine genel olarak olumlu etki ettiği tespit edilmiştir. MeJA ve AVG'nin etkileri çeşide, uygulama dozuna ve uygulama zamanına göre farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca renklenme problemi olan elma çeşitlerinde daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi

tarafından 2019-YL1-0021 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altuntas E, Ozturk B, Ozkan Y, Yildiz K (2012). Physico-mechanical properties and colour characteristics of apple as affected by methyl jasmonate treatments. *International Journal of Food Engineering*, 8 (1): 1-18.
- Altuntaş E, Öztürk B, Saraçoğlu O (2020). Metil jasmonat uygulamaları ve hasat dönemlerinin erik meyvelerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6 (1): 75-83.
- Amarante CVTD, Simioni A, Megguer CA, Blum LEB (2002). Effect of aminoethoxyvinilglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24 (3): 661-664.
- Anonim (2021a). FAO, Statistical database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (son erişim tarihi 01 March 2021).
- Anonim, (2021b). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Son erişim tarihi 28 June 2021).
- Atasay A, Akgül H, Uçgun K, Şan B (2013). Nitrogen fertilization affected the pollen production and quality in apple cultivars "Jerseymac" and "Golden Delicious". *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 63 (5): 460-465.
- Autio WR, Greene DW (1999). Effects of growth retarding treatments on apple tree growth, fruit maturation and fruit abscission. *Journal of Horticulture Science*, 69: 653-664.
- Bulantekin Ö, Kuşçu A (2017). Elmada bulunan fitokimyasallar ve diğer zengin bileşenlerin insan sağlığına yararları. *Meyve Bilimi*, 1: 213-218.
- Butar S (2013). AVG (Aminoethoxyvinilglycine)'nin jersey mac elma çeşidinde hasat önu meyve dökümü, hasat zamanı ve meyve kalitesi üzerine etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Fan X, Mattheis JP, Fellman JK, Patterson ME (1997). Changes in jasmonic acid concentration during early development of apple fruit. *Physiologia Plantarum*, 101 (2): 328-332.
- Jobling J, Pradhan R, Morris SC, Mitchell L, Rath AC (2003). The effect of retain plant growth regulator [Aminoethoxyvinilglycine (AVG)] on the postharvest storage life of 'tegan blue' plums. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43: 515-518.
- Karaca E (2011). Nar suyu konsantresi üretiminde uygulanan bazı işlemlerin fenolik bileşenler üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Entisüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaman S, Ozturk B, Genc N, Celik SM (2013). Effect of preharvest application of methyl jasmonate on fruit quality of plum (*Prunus salicina* L. indell cv."Fortune") at harvest and during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (6): 1049-1059.
- Khan AS, Singh Z (2007). Methyl jasmonate promotes fruit ripening and improves fruit quality in Japanese plum. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82 (5): 695-706.
- Kondo S, Tsukada N, Niimi Y, Seto H (2001). Interactions between jasmonates and abscisic acid in apple fruit, and stimulative effect of jasmonates on anthocyanin accumulation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 70: 546-552.
- Kondo S, Yazama F, Sungcome K, Kanlayanarat S, Seto H (2004). Changes in jasmonates of mangoes during development and storage after varying harvest times. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129: 152-157.
- Kucuker E, Ozturk B (2014). Effects of pre-harvest methyl jasmonate treatment on post-harvest fruit quality of Japanese plums. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11 (6): 105-117.
- Kucuker E, Ozturk B (2015). The effects of aminoethoxyvinilglycine and methyl jasmonate on bioactive compounds and fruit quality of 'North Wonder' sweet cherry. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 12 (2): 114-119.
- Li C, Wang P, Menzies NW, Lombi E, Kopittk PM (2018). Effects of methyl jasmonate on plant growth and leaf properties. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181: 409-418.
- Martínez-Esplá A, Zapata PJ, Castillo S, Guillén F, Martínez-Romero D, Serrano M (2014). Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 98: 98-105.
- Ozturk B, Yildiz K, Ozkan Y (2015). Effects of pre-harvest methyl jasmonate treatments on bioactive compounds and peel color development of "Fuji" apples. *International Journal of Food Properties*, 18 (5): 954-962.

- Öztürk B (2012). Jonagold elma çeşidinde Aminoethoksivinilglisin (AVG) hasat öñü dökümüne, 'Braeburn' elma çeşidinde Metil jasmonatın (MeJA) renklenme üzerine etkileri. Gazosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Öztürk B, Küçükler E, Saraçoğlu O, Yıldız K, Özkan Y (2013). '0900 Ziraat' kiraz çeşidinin meyve kalitesi ve biyokimyasal içeriği üzerine büyümeyi düzenleyici maddelerin etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10 (3): 82-89.
- Phan-Thien, KY, Wargo JM, Mitchell LW, Collett MG, Rath AC (2004). Delay in ripening of 'Gala' and 'Pink Lady' apples in commercial orchards following pre-harvest applications of aminoethoxyvinylglycine. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44 (8): 807-812.
- Ritenour M, Khemira H (2007). Red color development of apple: a literature review. Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center.
- Rudell DR, Mattheis JP (2008). Synergism exists between ethylene and methyl jasmonate in artificial light-induced pigment enhancement of 'Fuji' apple fruit peel. Postharvest Biology and Technology, 47: 136-140.
- Rudell DR, Fellmann JK, Mattheis JP (2005). Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. HortScience, 40: 1760-1762.
- Reyes-Díaz M, Lobos T, Cardemil L, Nunes-Nesi A, Retamales J, Jaakola L, Alberdi M, Ribera-Fonseca A (2016). Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. Molecules, 21 (6): 567.
- Saracoglu O, Ozturk 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.
- Shafiq M, Singh Z, Khan AS (2013). Time of methyl jasmonate application influences the development of 'Cripps Pink' apple fruit colour. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93: 611-618.
- Silverman FP, Petracek PD, Noll MR, Warrior P (2004). Aminoethoxyvinylglycine effects on late-season apple fruit maturation. Plant Growth Regulation, 43, 153-161.
- Sincan T, Yıldırım AN, Çelik C, Bayar B (2020). Starkrimson Delicious elma çeşidinde metil jasmonat (MeJA) ve aminoethoksivinilglisin (AVG) uygulamalarının hasat öñü dökümü ve meyve kalitesi üzerine etkileri. Ziraat Fakültesi Dergisi, 15 (1): 41-55.
- Singh Z, Khan, AS (2010). Physiology of plum fruit ripening. Stewart Postharvest Review, 2: 1-10.
- Şan B, Özdamar Ünlü H, Ünlü H (2019) Evaluation of Isparta province in terms of horticulture. 2st International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences, 8-11 November 2019, pp. 276-283, Antalya, Turkey.
- Ünsal YE (2017). Scarlet Spur elma çeşidinde Aminoethoksivinilglisin (AVG) uygulamalarının hasat öñü dökümü ve meyve kalitesi üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Wang Z, Dilley DR (2001). Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. HortScience, 36 (2): 328-331.
- Ward DL (2004). Factors Affecting Preharvest Fruit Drop of Apple. Virginia Polytechnic Institute and State University, Doctorate Thesis.
- Westwood MN (1995). Temperate-zone pomology, physiology and culture, Third Edition. Timber Press, Portland, Oregon.
- Yıldırım F, Yıldırım AN, Şan B, Ercişli S (2016). The relationship between growth vigour of rootstock and phenolic contents in apple (*Malus × domestica*). Erwerbs-Obstbau, 58, 25-29.