

Hasat Sonrası Uygulanan Bazı Uçucu Yağların Elmalarda *Botrytis cinerea* ve Meyve Besin İçeriğine Etkisi

Sinem KARAKUŞ^{1,2*} 

¹Hakkâri Üniversitesi, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Hakkâri, Türkiye

²Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

*Sorumlu Yazar: sinemkarakus@hakkari.edu.tr

Geliş Tarihi: 31.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 15.06.2023 Kabul Tarihi: 16.06.2023

ÖZ

Bu çalışma "Golden Delicious" elma çeşidinde Kurşuni küfe (*Botrytis cinerea* Pers.) karşı koruyucu ve iyileştirici etkide uçucu yağların (UY) bireysel ve kombinasyonlarının besin elementlerinin içeriği üzerine ilişkilerini değerlendirmek amacı ile yürütülmüştür. Bu amaca yönelik çalışmada enfeksiyon öncesi (koruyucu etki) ve sonrası (iyileştirici etki) elma meyveleri kullanılarak timol, ögenol, 1,8-sineol UY'ların koruyucu ve iyileştirici özelliğinin besin elementleri içeriğine etkileri araştırılmıştır. Hasat edilen elmalar UY (tekli kombinasyonlarda 1.25 µL, ikili kombinasyonlarda 2.5 µL, üçlü kombinasyonlarda 3.75 µL) içeren çözeltilere batırılarak 30 dakika boyunca inkube edilip $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolanmıştır. Daha sonra Kjeldahl yöntemi ve bir Vapodest Hızlı Kjeldahl Distilasyon Ünitesi kullanılarak makro ve mikro besin elementleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre, *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının besin elementi içeriği üzerine olumlu etki yaparak meyve kalitesini koruduğu tespit edilmiştir. Uygulama yöntemlerinden iyileştirici etkinin koruyucu etkiye göre besin elementleri içeriğinin kontrol grubuna göre arttırmada daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca UY'ların bireysel ve kombinasyonlarının besin elementleri içeriğine etkileri incelendiğinde en fazla timol ve ögenol kombinasyonlarının oluşturduğu gruplarda içeriği en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Tüm besin elementleri içeriği değerlendirildiğinde ise, Na içeriğinin en yüksek olduğu buna karşın kükürttün diğer elementlerden daha düşük içeriğe sahip olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak hasat sonrası meyvelerde *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamasının makro ve mikro besin elementleri yönünden iyi sonuçlar elde edilmiştir. Elmalarda hasat sonrası kurşuni küfe karşı uçucu yağların sentetik fungusitlerin yerine alternatif olacağını ve gelecek açısından ümit verici olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Besin elementleri, kurşuni küf, ögenol, 1,8-sineol, timol

The Effect Of Some Essential Oils Applied After Harvest on *Botrytis cinerea* and Fruit Nutritional Content in Apples

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the relationships between individual and combinations of essential oils (EO) on the content of nutrients in the protective and curative effect against gray mold (*Botrytis cinerea* Pers.) in "Golden Delicious" apple cultivar. The effects of the protective and curative properties of thymol, eugenol, 1,8-cineol EOs on the nutritional elements content were investigated by using apple fruits before (protective effect) and after infection (curative effect). Harvested apples were dipped in solutions containing EO (1.25, 2.5, 3.75 µL) and incubated for 30 minutes at $\pm 4^{\circ}\text{C}$ for 7 days. Macro and micro nutrients were determined using the Kjeldahl method and a Vapodest Rapid Kjeldahl Distillation Unit. It was determined that EO applications against *B. cinerea* protected the fruit quality by making a positive effect on the nutrient content. The curative effect of the application methods is more effective in increasing the nutrient content than the control group compared to the protective effect. Since the effects of individual and combinations of EOs on the nutrient content were examined, it was determined that the content of thymol and eugenol combinations increased the most in the groups. When the content of all nutrients was evaluated, it was

determined that the Na content was the highest, while the sulfur content was lower than the other elements. As a result, good results were obtained in terms of macro and micro nutrients of EO application against *B. cinerea* in post-harvest fruits. We think that essential oils will be an alternative to synthetic fungicides against postharvest gray mold in apples and are promising for the future.

Keywords: Nutrient elements, gray mold, eugenol, 1,8-cineol, thymol

GİRİŞ

Bol miktarda vitamin, mineral ve antioksidan bileşiklerle yüksek besin değerine sahip *Malus domestica* Borkh (elma), tüm dünyada insanlar arasında en popüler ve en çok tüketilen meyvelerden biridir (Zhao ve Wang, 2015). Elma, yıl boyunca muhafaza edilebilmesi sayesinde dünya çapında ticarete konu olmaktadır. Kaliteli saklama koşulları ile elma en yüksek fiyata ulaştığı bir zamanda bile piyasada satılabilmektedir. Elmaya talep çok olduğundan, tarlada başarılı bir üretimden sonra, yetiştiricilerin depolamalarına özel dikkat göstermeleri gerekmektedir (Grahovac ve ark., 2020). Ancak elmada hasat sonrası depolamada biyotik ve abiyotik faktörler ürün kayıplarına neden olması önemli bir problemdir. Özellikle biyotik faktörler arasında mantar hastalıkları, elmanın hasat sonrası depolama kayıplarını etkileyen başlıca sorun oluşturmaktadır (Sun ve ark., 2013). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu biyotik faktörler arasında yer alan en önemli mantari hastalıklardan biri olan “Kurşuni Küf (*Botrytis cinerea* Pers.) Hastalığı” verimde azalmanın yanı sıra pazar değerinde olumsuz etkiler yaparak ürün kaybına neden olmaktadır (Banani ve ark., 2018). Günümüzde sentetik fungusitler hasat sonrası çürümeyi kontrol etmede kullanılan başlıca yoldur. Tarım ürünlerinin raf ömrünü fungusitler ve geliştirilmiş depolama teknolojileri büyük ölçüde uzatmış olsa da, sanayileşmiş ülkelerde hasat sonrası kayıplar hala %20'nin üzerindedir (Janisiewicz ve Korsten, 2002). Fungisitlerin yoğun kullanımı, dirençli ırkların ortaya çıkması, çevreye ve insan sağlığı gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle, fungusitlerin kullanımını azaltabilecek alternatif yöntemlerin geliştirmesi son dönemlerde hükümetlerin en önemli gündemi haline gelmiştir (Singh ve Chhatpar, 2011; Grahovac ve ark., 2020). Bu nedenle pestisit üreticilerinin çoğu biyo-pestisit endüstrisine odaklanmaktadır (Valero ve Giner, 2006). Son yıllarda biyolojik bozulmayı kontrol altına almak ve depolama ömrünü uzatmak için bitkilerin uçucu yağlarından (UY) üretilen doğal pestisitlerin kullanımı giderek daha fazla tercih edilmektedir (Karakuş ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021) Uçucu yağların, antifungal aktivitesi, fitotoksisiteleri ve biyolojik olarak parçalanabilirlikleri göz önüne alındığında, onları kimyasal fungusitlerin yerini alan umut verici bir alternatif olarak kullanılabilmesi önerilmiştir (Pedrotti ve ark., 2019).

Pek çok uçucu yağın, yumuşak çekirdekli ve sert çekirdekli meyveler, çilek ve sofralık üzümde antifungal özelliği kanıtlanmıştır (Banani ve ark., 2018; Santoro ve ark., 2018). Elmalar üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar, UY'ların mavi küf (*Penicillium expansum*) (El Ouadi ve ark., 2017; Xylia ve ark., 2021), kurşuni küf (*B. cinerea*) (Mbili ve ark., 2017; Banani ve ark., 2018; Šernait'e ve ark., 2020) ve acı çürüklüğe (*Colletotrichum türleri*) (Lee ve ark., 2007; Oli ve ark., 2019) karşı etkinlikleri bildirilmiştir. Farklı araştırmacılar, güçlü antifungal aktivite gösteren ve meyvelerde kurşuni küf kontrolü için kullanılabilen timol, ögenol, p-simen ve karvakrol gibi UY'larda bulunan uçucu organik bileşikler tanımlamıştır (Soković ve ark., 2009). Bu uçucu yağ bileşenlerinin (timol, ögenol, 1,8-cineol) koruyucu ve iyileştirici etkisinin *B. cinerea*'ya karşı elmanın kalite parametrelerini artırdığı daha önceki çalışmalarımızda rapor edilmiştir (Karakuş, 2023a; Karakuş, 2023b). Bu açıdan bu bileşenlerin UY'lar gibi alternatif kontrol stratejisi olarak kullanımı yavaş yavaş pratikte uygulanmaya başlamıştır. Öte yandan önceki çalışmalarda timol, ögenol ve 1,8-cineol uçucu yağlarının tek tek ve kombinasyonlarının hasat sonrası elmaların *B.cinerea*'ya karşı korunmasında besin elementlerinin içerikleri üzerindeki etkilerine dair bir bilgi bulunmamaktadır. Nitekim bitkilerin yaprak, meyve, yaprak sapı gibi birçok organının besin elementi içeriği o bitkinin beslenmesi, sonuç olarak üretilen ürünün miktar ve kalitesi için iyi bir indikatördür (Çimrin ve ark., 2000). Bitkilerde besin elementlerinin içeriğini etkileyen birçok faktör (iklim,

toprak, sulama, budama, bitki koruma ve bitki besleme) olduğu bilinmektedir. Besin element içeriği dönemsel olarak değişmektedir (Uçgun ve ark., 2014). Bu nedenle, bu çalışma ile timol, ögenol ve 1,8-sineol UY'larının tek tek ve kombinasyonlarının *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici etkilerini hasat sonrası elmalar üzerindeki besin elementlerinin içeriklerine etkileri değerlendirilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Patojen izolatu, uçucu yağlar ve meyve materyalleri

Önceki çalışmamızda (yayınlanmamış veriler), moleküler olarak teşhis edilen *B. cinerea* izolatu kullanılmış ve patates dekstroz agarda (PDA) rutin olarak kültürlenmiştir. Timol (Aldrich C121452), ögenol (Fluka 45980) ve 1,8-sineol (Aldrich 183164) Sigma-Aldrich'ten (Şanghay, Çin) satın alındı ve karanlıkta 4°C'de saklanmıştır. Elmalar (Golden Delicious) Eylül ayında (sıcaklık 25°C ve %30.0 nem) Erzincan'daki meyve bahçelerinden hasat edilmiştir. Deneyler için ticari olgunlukta, tek tip boyutta ve fiziksel hasar ve Hastalık açısından görsel olarak temiz meyveler kullanılmıştır. Bu çalışmada her bir uçucu yağ için %10'luk stok solüsyon hazırlanmıştır. Stok solüsyondan 5 mL alındı ve bu solüsyon 400 mL suya eklendi. Elmalar ilk olarak 10 mL L⁻¹ sodyum hipoklorit solüsyonunda yıkandı, ardından musluk suyuyla durulandı ve oda sıcaklığında kurutuldu. Dezenfekte edilmiş elma meyvelerinin ekseninde (3 mm genişliğinde ve 3 mm derinliğinde) steril bir iğne kullanılarak iki yara oluştu. Deneme (I)'de koruyucu etki için aşağıdaki uygulamalar oluşturulmuştur; kontrol (K) (saf su), fungus (F) (patojenin spor süspansiyonu ; 1x10⁵ konidi mL⁻¹); 1,25 µL, timol (T); 1,25 µL, ögenol (Ö); 1,25 µL, 1,8-sineol (S); 1,25 µL, Timol+Fungus (T+F); 1,25 µL, Sineol+Fungus (S+F); 1,25 µL, Ögenol+Fungus (Ö+F); 1,25 µL, Sineol+Ögenol+Fungus (S+Ö+F); 2,5 µL, Timol+Ögenol+Fungus (T+Ö+F); 2,5 µL, Timol+Sineol+Fungus (T+S+F); 2,5 µL Timol+Sineol+Ögenol+Fungus (T+S+Ö+F); 3,75 µL, (II) iyileştirici etki için ise; kontrol (saf su), fungus (patojenin spor süspansiyonu; 1x10⁵ konidi mL⁻¹); 1,25 µL, timol; 1,25 µL, ögenol; 1,25 µL, 1,8-sineol; 1,25 µL, Fungus+Timol (F+T); 1,25 µL, Fungus+Sineol (F+S); 1,25 µL, Fungus+Ögenol (F+Ö); 1,25 µL, Fungus+Sineol+Ögenol (F+S+Ö); 2,5 µL, Fungus+Timol+Ögenol (F+T+Ö); 2,5 µL, Fungus+Timol+Sineol (F+T+S); 2,5 µL, Fungus+Timol+Sineol+Ögenol (F+T+S+Ö); 3,75 µL. Denemedeki kombinasyonlar için en uygun doz, bireysel olarak uygulanan konsantrasyonların kombinasyon halinde uygulandığında meyve kabuğunda deformasyona neden olması nedeniyle önceki ön çalışma sonuçlarımız dikkate alınarak belirlenmiştir (yayınlanmamış veriler). Denemede hem koruyucu hem de iyileştirici 11 uygulama (toplamda 22 uygulama) kullanıldı ve her tedavi, tamamen rastgele bir tasarımda tekerrür başına üç elma ile üç kez tekrarlanmıştır.

Koruyucu ve iyileştirici etki

Koruyucu etki olarak meyveler uçucu yağ solüsyonlarına daldırıldı ve 30 dakika inkübe edildi. Daha sonra 24 saat oda sıcaklığında kurutuldu. Daha sonra meyvelerin yara bölgeleri *B. cinerea*'nın 1x10⁵ spor/mL'de 125 µL'lik süspansiyonu ile inokule edildi. *B. cinerea*'nın konidial süspansiyonu kullanılarak aşılantıdır. Öte yandan, iyileştirici etki için meyveler yara bölgeleridir, 125 µL konidial *B. cinerea* süspansiyonu kullanılarak 1x10⁵ spor/mL'de aşılantıdır. Daha sonra oda sıcaklığında 24 saat inkübe edilen meyveler uçucu yağ solüsyonlarında 30 dakika inkübe edildi. Meyveler, +4°C'de yüksek nemde (%90±5) inkübe edilmiş şeffaf plastik kutular içinde bir depoya yerleştirildi. Meyveler, karanlıkta 4°C'de ve %90±5 nemde bir hafta süreyle inkübe edildi. Enfekte olan meyveler inkübasyondan 7 gün sonra kontrol edildi (Droby ve ark. 2003).

Mineral Element Analizi

Elmalarda (Golden Delicious) mineral element tayini için örnekler 68 °C'de 48 saat etüvde kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Elma örneklerindeki toplam nitrojeni belirlemek için Kjeldahl yöntemi ve bir Vapodest Hızlı Kjeldahl Distilasyon Ünitesi (Gerhardt, Königswinter, Almanya) kullanıldı. Makro elementler (K, Mg, P, Na ve Ca) ve mikro elementler (Fe, Zn, S, Cl, Cu, Mn ve B), AOAC ve ark (2005), tarafından rapor edildiği gibi endüktif olarak eşleştirilmiş bir plazma spektrofotometresi (Optima 2100 DV, Perkin-Elmer, Shelton) kullanılarak tespit edilmiştir.

Verilerin analizi

Sonuçların karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile hesaplanmıştır. Analizler $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde LSD Student't testi kullanılarak yorumlanmış olup tüm analizler için SPSS (20.0) paket programından yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, hasat sonrası Golden Delicious elma çeşidinde *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici olarak besin elementlerinin içeriği üzerine uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının etkileri incelenmiştir. Elma örneklerinde on iki mineral element, nitrojen (N), manganez (Mn), çinko (Zn), kükürt (S), kalsiyum (Ca), potasyum (K), demir (Fe), bor (B), sodyum (Na), fosfor (P), magnezyum (Mg) ve bakır (Cu) belirlenmiştir (Çizelge 1). Araştırmada UY uygulamalarının hasat sonrası elma meyvelerinde besin elementleri içeriği üzerine olumlu etkileri gözlenmiştir. Uygulama yöntemlerinden iyileştirici etkinin koruyucu etkiye göre besin elementleri içeriğinde daha etkili olduğu belirlenmiştir. İyileştirici etkide Mg, Mn, Fe, Zn, B, Cu ve Na elementlerinin içeriği koruyucu etkiye göre daha yüksek değerler göstermiştir. Uçucu yağların makro besin elementleri (N, P, K, Ca, S) içeriği üzerine etkileri incelendiğinde ise Mg hariç diğerleri koruyucu etkide de en yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde N içeriği koruyucu etkide T+S+F grubunda en yüksek %4.96, iyileştirici etkide ise F+T grubunda %8.24 olarak belirlenmiştir. Her iki uygulama yönteminde de en düşük N içeriği kontrol grubunda gözlemlenmiştir. P içeriği %0.17 ile %0.46 değerleri arasında değişmektedir. P içeriğine baktığımızda en iyi sonuç T+S+Ö+F grubunda tespit edilmiştir. K içeriğine baktığımızda en iyi sonuçlar T+Ö+F grubunda (%1.83) elde edilmiştir. En düşük içeriği ise kontrol (%1.01), F ve F+T+Ö (%1.14) uygulamalarında belirlenmiştir. En yüksek Ca içeriği ise T+Ö+F grubunda (%1.69) elde edilmiştir. İyileştirici etki grubundaki tüm uygulamaların Ca içeriği kontrol grubunun gerisinde kalmıştır. Sonuçlar, minerallerin *B. cinerea* ve *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarında önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Ancak koruyucu etkide yapılan uygulamaları Mg içeriğinde önemli bir fark görülmemiştir. Ayrıca S element içeriği de 0.07-0.34 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bununla birlikte tüm uygulama grupları mikro besin elementi alınımında önemli sonuçlar ortaya koymuşlardır. Mn içeriği kontrol grubunda 5.74 ppm iken F+S+Ö grubunda 21.94 ppm'e yükselmiştir. Benzer şekilde Fe içeriği de kontrol grubunda 18.39 ppm'den F+T grubunda 46.72 ppm'e çıkmıştır. Zn içeriği kontrole (0.28 ppm) göre F+T+Ö grubunda (12.28 ppm) daha fazla bulunmuştur. Ayrıca B, Cu, ve Na içeriği iyileştirici uygulama gruplarında sırasıyla 7.29 ppm (F+T+Ö), 0.41 ppm (F+T+S+Ö) ve 353.24 ppm (F+T+S+Ö) ile en yüksek içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük B ve Cu içeriği kontrol (1.06 ve 0.15 ppm) grubunda belirlenirken, Na içeriğinde en düşük Ö+F (172.98 ppm) grubunda belirlenmiştir. Tüm besin elementleri içeriğine bakıldığında, Na içeriğinin en yüksek olduğu buna karşın S'nin diğer elementlerden daha düşük içeriğe sahip olduğu görülmüştür.

Tüm uygulama gruplarında *B. cinerea* kontrol grubuna göre besin elementleri içeriğini arttırmıştır. Uçucu yağları bireysel ve kombinasyonlarının besin elementleri içeriğine etkileri incelendiğinden en fazla timol ve ögenol kombinasyonlarının oluşturduğu gruplarda içeriği en fazla arttırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Önceki araştırmalar makro ve mikro besin elementlerinin bitkilerde önemli fizyolojik olaylara etki ettiğini göstermişlerdir. Örneğin S'ün biyolojik zararın yapıtaşları olması ve Mn gibi fotosentezde doğrudan etkili olmaları bitkilerde abiyotik ve biyotik stres şartlarına dayanıklılığı artırdığı belirtilmiştir (Ekbiç ve ark., 2017). Ayrıca kalsiyum, pektinat senteziyle enzimatik parçalanmaya karşı pektinleri daha dayanıklı hale getirerek patojenlerin hücre içerisine girişini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Ca, hem hastalıklara karşı dayanıklılığı artırıcı hem de patojenlerin zararını azaltıcı etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Uçgun ve ark., 2015). Bunun yanında K bakteriyel, viral, fungal ve nematod hastalıklarına karşı olumlu ve olumsuz etkilerde bulunduğu belirtilmiştir (Datnoff ve ark., 2007). Çalışmada koruyucu ve iyileştirici etkide *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamaları yapılan meyvelerin kontrol grubuna göre besin elementi içeriklerindeki farklılıklar ortaya konmaya çalışılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla literatürde bu konuda yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır, bu yüzden çalışmamızın bulgularını diğer çalışmalarla karşılaştırmamız mümkün olmamıştır. Çalışmamızda *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının hasat sonrası meyvelerde kontrol grubuna göre besin elementlerinin içeriğini olumlu yönden arttırmıştır. Bitki gelişimi ve verimini iyileştirmek için kullanılan faydalı bakteriler arasında Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)'ler yer almaktadır (Deniel ve ark., 2006; Seymen ve ark., 2010). Bu nedenle *B. cinerea*'nın besin elementleri içeriğine etkisini rizobakterilerin besin elementleri içeriğine etkisi ile karşılaştırabiliriz.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria, (PGPR)'ler bitki gelişimi ve verimini iyileştirmek için kullanılan faydalı bakterilerlerdir (Deniel ve ark., 2006; Seymen ve ark., 2010). PGPR'ler inorganik ve organik fosfor çözünürlüğü artırarak bitki gelişimini teşvik etmekte ve besin elementi alınımını artırmaktadır (Puate ve ark., 2004; Çakmakçı ve ark., 2005). Yapılan diğer çalışmalarda PGPR'ler makro besin elementlerinin yanı sıra mikro besin elementlerinin de alınımını artırdığı bildirilmektedir (Dobbelaere ve ark., 2003; Khan, 2005). Bizim sonuçlarımızda hasat sonrası muhafaza edilen elmalar da *B. cinerea*'nın besin elementlerinin artışına neden olduğu göstermiştir (Çizelge 1). *B. cinerea*'nın makro ve mikro besin elementi içeriğini arttırdığını varsayabiliriz. Üstelik *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının meyvelerde kontrol grubuna göre tüm besin elementlerinin içeriğini arttırdığı da tespit edilmiştir. Literatürde UY uygulamalarının bitkilerde ve meyveler de genel olarak hastalıkları koruyucu ve iyileştirici etkilerinin yanı sıra bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği gösteren birçok çalışma (Valero ve Giner, 2006; Hossain ve ark., 2016; Banani ve ark., 2018; Šernait ve ark., 2020) olmasına rağmen, yapmış olduğumuz bu araştırma hasat sonrası meyveler de UY'ların besin elementlerinin içeriğini olumlu yönde etkilediğini gösteren ilk çalışma niteliğindedir.

Çizelge 1: *B. cinerea*'ya karşı uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının önleyici ve iyileştirici uygulamalarının hasat edilen elmaların besin elementleri içeriği (mg/kg-1) üzerindeki etkisi

*Veriler, verilerin ortalaması olarak ifade edilir. Uygulama yöntemi (UY), tedaviler (T) ve önem seviyesi (p-değeri). Belirli bir faktör ve anlamlılık için (p < 0.01), bir sütun içindeki farklı harfler

Uygulama Yöntemi	Tedaviler	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Na (ppm)
Koruyucu		3,97 ^{a*}	0,38 ^{a*}	1,41 ^{a*}	1,38 ^{a*}	0,10 ^{b*}	0,16 ^{a*}	11,25 ^{b*}	28,59 ^{b*}	5,62 ^{b*}	2,66 ^{b*}	0,25 ^{b*}	189,08 ^{b*}
	İyileştirici	3,368 ^b	0,20 ^b	1,20 ^b	0,77 ^b	0,13 ^a	0,11 ^b	14,66 ^a	37,78 ^a	8,32 ^a	3,74 ^a	0,30 ^a	249,44 ^a
Koruyucu	K	2,38 ^{d*}	0,24 ^{b*}	1,01 ^{c*}	1,18 ^{b*}	0,09 ^{ns}	0,07 ^{b*}	5,74 ^{e*}	18,39 ^{e*}	0,28 ^{d*}	1,06 ^{d*}	0,15 ^{e*}	182,68 ^{bc*}
	F	3,63 ^c	0,29 ^{ab}	1,14 ^{bc}	1,24 ^{ab}	0,08	0,09 ^{cd}	10,88 ^{cd}	31,31 ^{bcd}	5,27 ^c	2,24 ^{bc}	0,24 ^{bcd}	147,32 ^c
	T+F	4,13 ^{bc}	0,36 ^{ab}	1,35 ^{bc}	1,51 ^{ab}	0,11	0,10 ^{cd}	9,53 ^d	27,46 ^c	5,21 ^c	2,12 ^c	0,35 ^a	212,26 ^{ab}
	S+F	3,57 ^c	0,41 ^{ab}	1,55 ^{ab}	1,62 ^{ab}	0,12	0,15 ^{bcd}	11,14 ^{cd}	28,15 ^c	4,83 ^c	2,44 ^{bc}	0,22 ^{cd}	186,41 ^{bc}
	Ö+F	4,07 ^{bc}	0,37 ^{ab}	1,42 ^{abc}	1,31 ^{ab}	0,09	0,20 ^{bc}	12,46 ^{abc}	34,75 ^{ab}	5,50 ^c	3,96 ^a	0,24 ^{bcd}	172,98 ^{bc}
	S+Ö+F	4,00 ^{bc}	0,39 ^{ab}	1,48 ^{ab}	1,39 ^{ab}	0,10	0,22 ^{bc}	13,12 ^{ab}	36,35 ^a	6,64 ^b	3,98 ^a	0,29 ^{ab}	192,19 ^b
	T+Ö+F	4,25 ^{abc}	0,46 ^a	1,83 ^a	1,69 ^a	0,13	0,14 ^{cd}	11,92 ^{bc}	30,06 ^{cd}	5,60 ^c	2,71 ^{bc}	0,18 ^{de}	174,32 ^{bc}
	T+S+F	4,96 ^a	0,45 ^a	1,56 ^{ab}	1,36 ^{ab}	0,09	0,26 ^{ab}	13,91 ^a	33,62 ^{abc}	8,27 ^a	3,03 ^b	0,25 ^{bc}	198,29 ^{ab}
T+S+Ö+F	4,73 ^{ab}	0,46 ^a	1,41 ^{abc}	1,20 ^b	0,13	0,34 ^a	12,63 ^{abc}	34,24 ^{abc}	8,97 ^a	2,45 ^{bc}	0,32 ^a	235,35 ^a	
İyileştirici	K	2,38 ^{e*}	0,24 ^b	1,01 ^b	1,18 ^a	0,09 ^c	0,07 ^c	5,74 ^d	18,39 ^e	0,28 ^e	1,06 ^f	0,15 ^e	182,68 ^f
	F	3,63 ^{bc}	0,29 ^a	1,14 ^{ab}	1,24 ^a	0,08 ^c	0,09 ^{ab}	10,88 ^c	31,31 ^e	5,27 ^d	2,24 ^e	0,24 ^d	147,32 ^e
	F+T	8,24 ^a	0,2 ^{0cd}	1,32 ^a	0,65 ^c	0,17 ^a	0,13 ^a	17,33 ^b	46,72 ^b	11,35 ^b	5,14 ^b	0,38 ^{ab}	248,06 ^{cd}
	F+S	2,77 ^{de}	0,17 ^d	1,18 ^{ab}	0,59 ^c	0,14 ^{ab}	0,11 ^{ab}	12,20 ^c	33,06 ^e	7,35 ^c	2,72 ^{de}	0,33 ^{bc}	226,23 ^d
	F+Ö	2,70 ^{de}	0,17 ^d	1,25 ^a	0,61 ^c	0,13 ^{ab}	0,10 ^{ab}	15,68 ^b	42,29 ^c	8,81 ^c	4,90 ^b	0,29 ^{cd}	253,56 ^c
	F+S+Ö	2,93 ^{cde}	0,19 ^d	1,33 ^a	0,66 ^c	0,12 ^{bc}	0,10 ^{ab}	21,94 ^a	41,82 ^c	13,55 ^a	3,40 ^{cd}	0,31 ^c	264,35 ^{bc}
	F+T+Ö	2,74 ^{de}	0,17 ^d	1,14 ^{ab}	0,62 ^c	0,12 ^{bc}	0,10 ^{ab}	20,55 ^a	63,18 ^a	12,28 ^{ab}	7,29 ^a	0,28 ^{cd}	283,48 ^b
	F+T+S	3,43 ^{cd}	0,18 ^d	1,16 ^{ab}	0,63 ^c	0,14 ^{ab}	0,11 ^{ab}	15,61 ^b	43,09 ^c	8,58 ^c	3,90 ^c	0,34 ^{bc}	286,09 ^b
F+T+S+Ö	4,29 ^b	0,22 ^{bc}	1,31 ^a	0,80 ^b	0,17 ^a	0,13 ^a	12,03 ^c	37,22 ^d	7,44 ^c	3,05 ^{cde}	0,41 ^a	353,24 ^a	
Önem seviyesi	UY	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	UY x T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

önemli farklılıkları temsil eder (LSD Student't testi, p < 0.01). Nitrojen:N, manganez:Mn, çinko:Zn, kükürt:S, kalsiyum:Ca, potasyum:K, demir:Fe, bor: B, sodyum:Na, fosfor:P, magnezyum:Mg, bakır:Cu, kontrol:K, fungus:F, timol:T, ögenol:Ö, 1,8-sineol:S, Timol+Fungus:T+F, Sineol+Fungus:S+F, Ögenol+Fungus:Ö+F, Sineol+Ögenol+Fungus:S+Ö+F, Timol+Ögenol+Fungus:T+Ö+F, Timol+Sineol+Fungus:T+S+F, Timol+Sineol+Ögenol+Fungus:T+S+Ö+F, Fungus+Timol:F+T, Fungus+Sineol:F+S, Fungus+Ögenol:F+Ö, Fungus+Sineol+Ögenol:F+S+Ö, Fungus+Timol+Ögenol:F+T+Ö, Fungus+Timol+Sineol:F+T+S, Fungus+Timol+Sineol+Ögenol:F+T+S+Ö.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmamızda *B. cinerea* ve *B. cinerea*'ya karşı UY uygulamalarının elmada hasat sonrası besin elementi içeriği üzerine olumlu etkilerinin olduğu gözlenmiştir. Çalışmada tüm uygulamaların kontrol grubuna göre besin elementleri içeriğine olumlu etki yaparak meyve kalitesini koruduğu gözlemlenmiştir. Öte yandan, mevcut çalışmanın sonuçları, fitotoksik olmayan UY'ların antifungal gücünün, elma meyvelerine uygulanan sentetik bileşiklerin yerine kullanılabileceğini kanıtlamaktadır. Bu nedenle, bu UY'ları, *B. cinerea*'nın neden olduğu "kurşuni küf" kontrol etmek için yeni bir alternatif olduğu görülmektedir. Yapılan bu araştırmada hasat sonrası "Golden Delicious" elma çeşidinde *B. cinerea*'ya karşı koruyucu ve iyileştirici olarak besin elementlerinin içeriği üzerine uçucu yağların bireysel ve kombinasyonlarının etkilerinin tespit edilmesi araştırmanın özgün değerini ortaya koymuştur. Ancak uçucu yağların farklı etkinliklerinin ortaya konması için gelecek araştırmalarda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalara kaynak oluşturması açısından da araştırmanın önem arz ettiği düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- AOAC. 2005. Official Method Analysis 975.03. Metals in Plants and Pets Food Atomic Absorption Spectrophotometric Method. Available online: <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2783175> (accessed on 10 January 2022).
- Banani, H., Olivieri, L., Santoro, K., Garibaldi, A., Lodovica Gullino, M. ve Spadaro, D. 2018. Thyme and Savory Essential Oil Efficacy and Induction of Resistance against *Botrytis cinerea* through Priming of Defense Responses in Apple. *Foods*, 7:11.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Canpolat, M. ve Sahin, F. 2005. Sera ve Farklı Tarla Koşullarında Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakterilerin Bitki Gelişimi ve Toprak Özelliklerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, Antalya, Cilt-1 s. 45-50.
- Çimrin, K.M., Bozkurt, M.A. ve Akıncı, İ.E. 2000. Azot ve fosforun biberin (*Capsicum annuum* L.) meyve ve yaprak besin elementi içeriğine etkisi. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (2):174-181.
- Datnoff, L.E., Elmer, W.H. ve Huber, D.M., 2007. Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. s.278. ISBN: 978-0-89054-346-7.
- Deniel, F., Renault, D., Tirilly, Y., Barbier, G. Ve Rey, P. 2006. A dynamic biofilter to remove pathogens during tomato soilless culture. *Agron. Sustain. Dev.*, 26:185-193.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. ve Okon, Y. 2003. Plant Growth-Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2):107-149.
- Droby S., Wisniewski M., El Ghaouth A. ve Wilson C. 2003. Influence of food additives on the control of postharvest rots of apple and peach and efficacy of the yeast-based biocontrol product Aspire. *Postharvest Biology and Technology*, 27 (2):127-135.
- Ekbiç E., Fidan H. ve Eker S. 2017. Hıyar mozaik virüsünün (CMV) hıyarda bitki besin elementi içeriğine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 6: 263-268.
- El Ouadi, Y., Manssouri, M., Bouyanzer, A., Majidi, L., Bendaif, H., Elmsellem, H., Shariati, M.A., Melhaoui, A. ve Hammouti, B. 2017. Essential oil composition and antifungal activity of *Melissa officinalis* originating from north-Est Morocco, against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Microb. Pathog.*, 107, 321-326.
- Grahovac J., Mitrović I., Dodić J., Grahovac M., Rončević Z., Dodić S. ve Jokić A. 2020. Biocontrol agent for apple *Fusarium* rot: optimization of production by *Streptomyces hygroscopicus*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107 (3): 263-270. DOI 10.13080/z-a.2020.107.034
- Hossain, F., Follett, P., Vu, K.D., Harich, M., Salmieri, S. ve Lacroix, M. 2016. Evidence for synergistic activity of plant-derived essential oils against fungal pathogens of food. *Food Microbiol.*, 53:24-30. Doi:10.1016/j.fm.2015.08.006
- Janisiewicz, W. J. ve Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 411e441.

- Karakuş S., Ökçeş A., Köse C. ve Aydın İ. 2021. *Nepeta meyeri* essential oil ameliorates fungal infection and the antioxidant response in grapevines (*Vitis vinifera*) infections by grey mold (*Botrytis cinerea*). *Acta Physiologiae Plantarum*, 43:151. doi.org/10.1007/s11738-021-03320-3
- Karakuş, S. 2023a. Determination of *In Vitro* and *In Vivo* Effects of Some Essential Oils Against *Botrytis cinerea* in Post-Harvest Apple Fruits. 4. International Anatolian Congress on Multidisciplinary Scientific Research held on February 17-20, Kars, Türkiye.
- Karakuş, S. 2023b. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in Postharvest Apples by Essential Oil Combinations. Avrasya 7th International Conference on Applied Sciences March10-12, Budapest.
- Khan, A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *J Trace Elements Med Biol.*, 18: 355–364.
- Lee, S.O., Choi, G.J., Jang, K.S., Lim, H.K., Cho, K.Y. ve Kim, J.-C. 2007. Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against post-harvest and soilborne plant pathogenic fungi. *Plant Pathol. J.*, 23: 97-102.
- Mbili, N.C., Opara, U.L., Lennox, C.L. ve Vries, F.A. 2017. Citrus and lemongrass essential oils inhibit *Botrytis cinerea* on 'Golden Delicious', 'Pink Lady' and 'Granny Smith' apples. *J. Plant Dis. Prot.*, 124: 499-511.
- Oli, N., Singh, U.K. ve Jha, S.K. 2019. Antifungal Activity of Plant's Essential Oils against Post Harvest Fungal Disease of Apple Fruit. *For. J. Inst. For.* 16: 86-100.
- Pedrotti, C., da Silva Ribeiro, R.T., ve Schwambach, J. 2019. Control of postharvest fungal rots in grapes through the use of *Baccharis trimera* and *Baccharis dracunculifolia* essential oils. *Crop Prot.*, 125: 1-7. Doi:10.1016/j.cropro.2019.104912
- Puente, M.E., Bashan, Y., Li, C.Y. ve Lebsky, V.K., 2004. Microbial populations and activities in the rhizosphere of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biol.*, 6: 629-42.
- Santoro, K., Meghzenani, M., Chiabrande, V., Bosio, P., Gullino, M.L., Spadaro, D. ve Giacalone, G. 2018. Thyme and savory essential oil vapor treatments control brown rot and improve the storage quality of peaches and nectarines but could favor gray mold. *Foods*, 7: 7.
- Šernaitė, L., Rasiukevičiūtė, N. ve Valiūškaitė, A. 2020. Application of plant extracts to control postharvest gray mold and susceptibility of apple fruits to *B. cinerea* from different plant hosts. *Foods*, 9: 1430.
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., Dönmez, M.F. ve Paksoy, M. 2010. Effects of Bacterium Inoculation on Yield and Yield Component Cucumber (*Cucumis sativus*). *Bulletin UASVM Horticulture*, 67 (1): 274-277.
- Singh K. A. ve Chhatpar H. S. 2011. Combined use of *Streptomyces* sp. A6 and chemical fungicides against *Fusarium* wilt of *Cajanus cajan* may reduce the dosage of fungicides required in the field. *Crop Protection*, 30 (7): 770-775. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.015>
- Soković, M.D., Vukojević, J., Marin, P.D., Brkić, D.D., Vajs, V. ve Van Griensven, L.J. 2009. Chemical composition of essential oils of thymus and mentha species and their antifungal activities. *Molecules*, 14: 238-249.
- Uçgun K., Gezgın S., Akgül H., Atasay A., Harmankaya M., Altındal M., İlban B. ve Cansu M., Seymen T. 2015. Elma Ağaçlarında Besin Elementlerinin Dönemsel Değişimi ve Bu Değişimlerin Sebeplerinin İncelenmesi. *Fruit Science*, 1 (2): 30-37. 2148-0036
- Valero, M. ve Giner, M. J. 2006. Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of *Bacillus cereus* INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth. *International Journal of Food Microbiology*, 106 (1): 90e94.
- Xylia, P., Chrysargyris, A., Ahmed, Z.F.R. ve Tzortzakis, N. 2021. Application of Rosemary and Eucalyptus Essential Oils and Their Main Component on the Preservation of Apple and Pear Fruits. *Horticulturae*, 7: 479.
- Zhao, Y., ve Wang, C. 2015. Effect of Calcium Chloride in Combination with Salicylic Acid on Post-harvest Freshness of Apples. *Food Sci. Biotechnol.*, 24 (3):1139-1146. Doi: 10.1007/s10068-015-0145-5
- Zhao S., Guo Y., Wang Q. ve An B. 2021. Antifungal effects of lycorine on *Botrytis cinerea* and possible mechanisms. *Biotechnol Lett.*, 43: 1503-1512 <https://doi.org/10.1007/s10529-021-03128-8>