

SALİSİLİK ASİT UYGULAMA YÖNTEMLERİNİN KIRMIZI LAHANANIN MUHAFAZA SÜRESİ VE ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ

Mehmet Emin İŞBİLİR*, Necdettin SAĞLAM, Onur SARAÇOĞLU

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri, Tokat, Türkiye

Geliş / Received 20.01.2025; Kabul / Accepted: 01.08.2025; Online baskı / Published online: 25.08.2025

İşbilir, M. E., Sağlam, N., Saraçoğlu, O. (2025). Salisilik asit uygulama yöntemlerinin kırmızı lahananın muhafaza süresi ve ürün kalitesine etkileri. GIDA (2025) 50 (5) 723-737 doi: 10.15237/ gida.GD25023

İşbilir, M. E., Sağlam, N., Saraçoğlu, O. (2025). The effects of salicylic acid application methods on the storage duration and product quality of red cabbage. GIDA (2025) 50 (5) 723-737 doi: 10.15237/ gida.GD25023

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, salisilik asit (SA) uygulama yöntemlerinin kırmızı lahanada depolama süresi ve kalite parametrelerine etkisini değerlendirmektir. Kırmızı lahanaya uygun koşullarda saklanmadığı takdirde hasattan sonra çabuk bozulan sebzeler arasındadır. SA, güvenilir bir büyüme düzenleyicisi olup birçok fizyolojik ve metabolik süreci etkiler. Hasat sonrası SA uygulamaları 2 mM dozda iki farklı yöntemle (püskürtme ve daldırma) yapılmıştır. Kırmızı lahanalar $4 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve $85 \pm 5\%$ bağıl nemde 28 gün depolanmıştır. Ağırlık kaybı, ŞÇKM, C vitamini, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, toplam antioksidan aktivite ve renk gibi kalite parametreleri depolamanın başlangıcında ve 28 günlük depolama boyunca incelenmiştir. Raf ömrü, toplam fenolik ve monomerik antosiyanin içeriği, toplam antioksidan aktivite, L^* renk değeri ve renk tonu değeri kontrol ve daldırma yöntemine göre püskürtme uygulama yöntemi tarafından önemli düzeyde etkilenmiştir. Sonuç olarak, püskürtme salisilik asit uygulama yöntemi, kırmızı lahananın depolama ömrünü uzatmak, ağırlık ve kalite kayıplarını azaltmak için alternatif bir yöntem olarak önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, antosiyanin, muhafaza, daldırma, sprej

THE EFFECTS OF SALICYLIC ACID APPLICATION METHODS ON THE STORAGE DURATION AND PRODUCT QUALITY OF RED CABBAGE

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the effects of salicylic acid application methods on storage life and postharvest losses in red cabbage. As a perishable vegetable, red cabbage rapidly deteriorates if not stored properly. Salicylic acid, a plant growth regulator, influences various physiological and metabolic processes. In this study, 2 mM salicylic acid was applied using two methods: spraying and dipping. The cabbages were stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ and $85 \pm 5\%$ relative humidity for 28 days. Quality parameters including weight loss, soluble solids, vitamin C, total phenolics, total monomeric anthocyanin, antioxidant activity, and color were evaluated at 0, 7, 14, 21, and 28 days. Results showed that spraying significantly improved shelf life, total phenolic and anthocyanin content, antioxidant activity, and color compared to both dipping and control. Therefore, salicylic

* Sorumlu yazar / Corresponding author

✉: bymehmetemintr@gmail.com

☎: (+90) 535 564 7058

Mehmet Emin İşbilir; ORCID no: 0000-0002-9022-3624

Necdettin Sağlam; ORCID no: 0000-0002-1414-1141

Onur Saraçoğlu; ORCID no: 0000-0001-8434-1782

acid spraying is recommended as an effective method to reduce postharvest weight and quality losses in red cabbage.

Keywords: Antioxidant, anthocyanin, storage, dipping, spraying

GİRİŞ

Crucifera familyasına ait olan kırmızı lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) Avrupa kökenli serin iklim koşullarında yetiştirilen bir sebze türüdür. Kısa vejetasyon süresi ve yüksek adaptasyon kapasitesi nedeniyle ülkemizde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Kırmızı lahana hem sofralık (salata, yemek, çorba, çim sürgünleri ile salata) hem de sanayilik (turşu, kırmızı lahana suyu, gıda sanayinde doğal renklendirici) olarak değerlendirilmektedir. İçerdiği 30'dan fazla antosiyanin bileşiği ve zengin besin profili ile insan sağlığına olumlu etkiler sunmaktadır (Önal ve Subasar, 2012). Yüksek lif oranı, amino asit ve organik asit içeriği, düşük kalorili yapısı sayesinde diyet programlarında da tercih edilmektedir (Sağlam ve Demirboğa, 2016; Tan vd., 2023).

Taze meyve ve sebzeler, lif, mineral maddeler ve antioksidan bileşikler bakımından oldukça zengin besin kaynaklarıdır. Ancak bu ürünlerde hasattan tüketiciye ulaşana kadarki aşamalarda (nakliye, depolama ve işleme vb.) yaşanan aksaklıklar kalite kaybı ve ekonomik zararlara neden olmaktadır (Qange vd., 2024). Hasat sonrası dönemde kalite kayıplarını en aza indirmek için çeşitli yöntemler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Özellikle toksik olmayan çözümler üzerine yoğunlaşan bilim insanları, doğal bir fenolik bileşik olan salisilik asitin (SA) derim sonrası uygulamalarının farklı meyve ve sebze türleri üzerine etkilerini incelemişlerdir (Shafiee vd., 2010, Shen ve Yang, 2017). Meyve ve sebzelerde SA uygulamaları; olgunlaşma sürecinin geciktirilmesi, hücre duvarını parçalayan enzimlerin aktivitesinin azaltılması, hücre zarının korunması, aroma kaybının önlenmesi, besin değerlerinin korunması ve antioksidan kapasitenin artırılması gibi olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir (Wang vd., 2022).

SA, bitki hücrelerinde doğal olarak sentezlenen ve düşük konsantrasyonlar da dahi düzenleyici bir sinyal molekülü olarak işlev gören önemli bir bileşiktir. SA, bitkilerde kimyasal haberci görevi görerek ağır metaller, tuzluluk, kuraklık ve soğuk zararı gibi abiyotik stres koşulları karşısında bitki

tepiklerini düzenler. Ayrıca, viral ve viral olmayan patojenlere karşı bitki savunmasında da kritik bir rol üstlenmektedir (Hassoon ve Abduljabbar, 2019; Murphy vd., 2020; Wang vd., 2022). Bu bulgular, SA'nın bitkilerin yaşam döngüsü boyunca fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (Wang vd., 2022).

Meyve ve sebzelere SA uygulaması farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu yöntemler arasında hasat öncesi püskürtme, hasat sonrası daldırma, kaplama ve fümigasyon yer almaktadır (Chen vd., 2023). Kuşkonmaz bitkisinin SA çözeltisine daldırılarak muhafaza edildiği çalışmada, SA uygulamasının kuşkonmazın antioksidan kapasitesinin ve toplam fenolik bileşenlerinin koruduğu saptanmıştır. Ayrıca, kuşkonmazın klorofil ve askorbik asit içeriği de depolama boyunca korunmuştur (Wei vd., 2011). Benzer şekilde, turp bitkisine uygulanan SA'nın etkilerini inceleyen başka bir çalışmada ise, turpun metabolik aktivitesinin yavaşladığı ve antioksidan kapasitesinin arttığı rapor edilmiştir (Devi vd., 2018). SA ile muamele edilen mandarin (Haider vd., 2020), portakal (Amiri vd., 2021) ve çilek (Ocalan vd., 2022) meyvelerindeki hasat sonrası kalite parametrelerinin korunduğu, uygulama yapılmayan meyvelere kıyasla mantari hastalıkların daha az görüldüğü ve toplam fenolik, toplam antioksidan ve askorbik asit içeriğinin muhafaza edildiği gözlemlenmiştir.

Yapılan literatür taramasında, ulaşılabildiği kadarıyla kırmızı lahana üzerine yapılan muhafaza çalışmalarının sayısının yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Hasat sonrası SA'nın etkilerini inceleyen çalışmalar, genellikle daldırma, kaplama ve fümigasyon yöntemleri üzerine odaklanmıştır. Ancak, hasat sonrası ürünlerde sprey şeklinde uygulanan çalışmaların sayısının yetersiz olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, mevcut literatür boşluklarının giderilmesini ve kırmızı lahananın SA uygulamasıyla ticari muhafazasının iyileştirilmesini amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyali

Aynı büyüklük ve olgunluktaki Remala F1 (Syngenta) çeşidine ait kırmızı lahanalar, Tokat ilinde yetiştiricilik yapılan bir üretici arazisinden hasat edilmiştir. Hasat edilen ve çalışmada kullanılan tüm kırmızı lahanalar, aynı büyüklük, olgunluk ve irilikte olup yeknesak bir örneklem oluşturulmuş ve homojen bir dağılım sağlanmıştır. SA ile yapılan muhafaza çalışmalarında, genellikle 2 mM SA dozunun tercih edildiği bildirilmiştir (Ünal vd., 2023; Bilgin, 2021). Bu nedenle, bu çalışmada 2 mM SA dozu tercih edilmiştir. Laboratuvar ortamında, mekanik yaralanma, leke ve hastalık belirtisi göstermeyen kırmızı lahanalar seçilerek salisilik asit (2 mM) uygulamaları yapılmıştır. Daldırma uygulaması için seçilen lahanalar, hazırlanan SA solüsyonlarına 5 dakika süreyle daldırılmıştır. İşlem sonrasında, numuneler üzerlerindeki nem tamamen kuruyana kadar kurutma kağıtları üzerinde bekletilmiş ve örnekler kurudukları zaman kasalara yerleştirilmiştir. Sprey uygulaması için seçilen numunelere, yüzeyleri tamamen kaplanacak şekilde SA püskürtülmüştür. Numunelerin üzerindeki nem tamamen kuruduktan sonra kasalara yerleştirilmiştir. Kontrol gruplarına hiçbir işlem yapılmadan kasalara yerleştirilmiştir. Her bir tekerrürde 2 kırmızı lahanaya olacak şekilde 3 tekerrürlü, toplamda 6 lahanaya kasalara birbirine temas etmeyecek biçimde yerleştirilmiştir. Lahanalar, 4 ± 1 °C sıcaklık ve 85 ± 5 bağıl nem koşullarında depolanmış ve 7, 14, 21 ve 28. günlerde analiz edilmiştir. Literatürde kırmızı lahananın muhafazasına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunması nedeniyle, bu çalışmada sebzelerin genel olarak muhafazasında yaygın olarak kullanılan depolama koşulları temel alınarak bir ortam hazırlanmıştır. (Özdemir vd., 2021).

Ağırlık kaybı

Kırmızı lahanaların ağırlık kaybı, başlangıçtaki ağırlığına göre depolamanın 7, 14, 21 ve 28 günlük sürecinin ardından tartılarak hesaplanmış ve % olarak ifade edilmiştir. Uygulama yapılan kırmızı lahanalar, depoya kaldırılmadan önce üzerlerindeki nem tamamen gidene kadar kurutma kağıtları üzerinde bekletilmiş ve

kuruduktan sonra başlangıç ağırlıkları ölçülmüştür.

Suda çözünür kuru madde (SÇKM)

Kırmızı lahananın baş kısmı dikey şekilde ikiye bölünmüş ve her katmandan homojen şekilde yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler bir karıştırıcıda homojenize edilerek yaprakların suyu ekstrakte edilmiştir. Elde edilen suyun SÇKM değeri, bir dijital refraktometre (Atago PAL-1, Japan) ile ölçülmüş ve sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir.

C vitamini

C vitamini içeriği için, yeterli miktarda örnekten sebze suyu alınmış ve askorbik asit test şeridi, elde edilen sebze suyuna daldırılmıştır. Ardından, refraktometre seti (Merck RQflex plus 10, Germany) başlatılmıştır. Test şeridi, 2 saniye süreyle bekletildikten sonra, üzerindeki fazla sıvıyı uzaklaştırmak amacıyla sallanarak 8 saniye daha bekletilmiş ve 15. saniye sonuna kadar okuma yapılmıştır. Elde edilen değer, mg/L olarak ifade edilmiştir (Aglar vd., 2017).

Toplam fenolik madde içeriği (TP)

Toplam fenolik madde içeriği, Singleton ve Rossi (1965) tarafından tarif edilen yöntemle Folin-Ciocalteu's kimyasalı kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, homojenize edilen örneklerden 2 g püre tartılmış ve içerisine; aseton, su ve asetik asit (70/29,5/0,5) çözeltisi eklenerek 24 saat boyunca tüpler içinde ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Ardından, 0,5 mL Folin-Ciocalteu's kimyasalı ve 9 mL saf su karıştırılmış ve sekiz dakika bekletildikten sonra 2,5 mL %7'lik sodyum karbonat ilave edilmiştir. İki saatlik inkübasyonun ardından, çözeltinin absorbansı spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Saraçoğlu ve Özgen, 2015). Sonuçlar, gram taze ağırlık (ta) başına mikrogram (μ g) gallik asit eşdeğer (GAE) olarak ifade edilmiştir.

Toplam flavonoid madde içeriği (TF)

Kırmızı lahanaya örneklerindeki toplam flavonoid miktarı, Zhishen vd. (1999) tarafından yapılan çalışmaya göre belirlenmiştir. 1 mL örneğe 5 mL saf su ve 0.3 mL %5'lik NaNO₂ eklenmiştir. 5

dakika sonra, 0.3 mL %10'luk $AlCl_3$ ve 5 dakika sonra 2 mL 1 M NaOH ilave edilip, örnekler bir dakika süreyle bekletilmiştir. Son olarak, toplam hacim saf su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Ardından, örneklerin absorpsiyon değerleri 510 nm'de ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği, kg kateşin eşdeğeri (KE)/L taze ağırlık (ta) olarak hesaplanmıştır.

Toplam monomerik antosiyanin içeriği (TMA)

Kırmızı lahana örneklerindeki toplam antosiyanin miktarı, pH diferansiyel farkı metodu kullanılarak tayin edilmiştir (Giusti ve Wrolstad, 2001). 0.3 µL örnek üzerine 2.7 mL pH 1.0 ve 4.5 bafur solüsyonları eklenmiş ve toplam hacim 3 mL'ye tamamlanmıştır. Bu karışım, 520 ve 700 nm dalga boylarında ölçülmüştür. Toplam antosiyanin miktarı, siyanidin-3.5-diglikozit (molekül ağırlığı, MW=433.2; molar absorpsiyon katsayısı = 22.400) temel alınarak hesaplanmış ve absorpsiyonlar denklem 1'deki formül kullanılarak bulunmuştur. Elde edilen değerler, µg siyanidin-3.5-diglikozit/g yaş ağırlık olarak verilmiştir.

$$A = \frac{(A_{\lambda 520} - A_{\lambda 700})pH 1.0 - (A_{\lambda 520} - A_{\lambda 700})pH 4.5}{(1)} \quad (1)$$

Toplam antioksidan aktivite (TAA)

Kırmızı lahana örneklerinin antioksidan kapasiteleri, Ozgen vd. (2006) tarafından önerilen ve bitkisel materyaller için yaygın olarak kullanılan TEAC (Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi) metodu ile belirlenmiştir. TEAC analizi için 7 mM ABTS (2.2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) çözeltisi, 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak +4°C'de karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu solüsyon, 20 mM sodyum asetat (pH 4.5) tampon çözeltisi ile seyreltilmiş ve spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ± 0.01 absorpsiyon değeri elde edilecek şekilde ayarlanmıştır. Sonrasında, 30 µL örnek üzerine 2.97 mL hazırlanan tampon eklenmiş ve absorpsiyon değeri, 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Sonuçlar, gram taze ağırlık (ta) başına mikromol (µmol) Trolox eşdeğeri (TE) olarak ifade edilmiştir.

Kırmızı lahanaların rengi

Kırmızı lahanaların dış renk parametreleri, L^* , a^* ve b^* değerleri kullanılarak bir kolorimetre (Minolta, model CR-400, Tokyo, Japonya) ile ölçülmüştür. Renk, kırmızı lahanaların her iki yüzeyinden ölçülmüştür. Ölçüm öncesinde, puslu yüzeylerdeki pus silinmiş ve ölçüm bu şekilde yapılmıştır. Ölçüm, her iki yüzeyden birer noktadan alınmış ve renk değerlendirmesi, her iki yüzeyin de homojen şekilde ölçülmesiyle gerçekleştirilmiştir. L^* değeri, siyah (0) ile beyaz (100) arasındaki tonları; a^* değeri, yeşilden (-) kırmızıya (+); b^* değeri ise maviden (-) sarıya (+) doğru olan renk tonlarını temsil etmektedir. L , a ve b değerleri doğrudan alıcılar ve satıcılar tarafından algılanan renkleri ifade etmediği için, bu değerlerden hue (h°) açısı ve kroma (C^*) değeri hesaplanmaktadır. Hue açısı, bir renk dairesi olarak tanımlanır; kırmızı-mor renkler 0° ve 360° açılarındadır, sarı renk 90° açısında, mavimsi yeşil renk 180° ve mavi renk 270° açı değerlerinde yer alır. Kroma değeri, rengin doygunluğunu gösterir; donuk renklerde kroma değeri düşerken, canlı renklerde bu değer yükselir. Hue açısı, denklem 2; kroma değeri ise denklem 3 eşitliği ile hesaplanmıştır (McGuire, 1992).

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

İstatistiksel analiz

Bu çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre tasarlanmıştır. Veriler arasındaki farklılıklar, SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 26.0) istatistiksel paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Varyans analizi (ANOVA) ile yapılan değerlendirmede, önemli bulunan ($P < 0.05$) farklar için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık kaybı

SA uygulamalarının, muhafaza sürelerinin ağırlık kaybı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0.01$) bulunurken uygulama yöntemi ve muhafaza süresi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 1). Muhafaza süresince ağırlık kayıplarında sürekli olarak bir artış

gözlemlenmiştir. Uygulama ortalamaları uygulamalarının, kontrole göre ağırlık kaybını incelendiğinde ise daldırma ve sprej artırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

Table 1. Effects of different SA application methods on the weight loss (%) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	3.24 ^D	5.82 ^C	8.54 ^B	11.22 ^A	5.76 ^b
Daldırma Dipping	3.96 ^D	6.70 ^C	10.26 ^B	13.75 ^A	6.93 ^a
Sprej Spraying	3.55 ^D	6.44 ^C	9.58 ^B	12.93 ^A	6.50 ^a
Ort.** Mean**	3.58 ^d	6.32 ^c	9.46 ^b	12.63 ^a	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli etkileşimi: $\text{ö}d$

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Interaction between storage time and salicylic acid application method: significant ($p < 0.05$)

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Ağırlık kaybı, ürünün depolama ömrü hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olur (Bilgin, 2021). Depolama boyunca ürünlerdeki ağırlık kaybının başlıca nedenleri, metabolik aktivite, solunum ve terleme olarak sıralanmaktadır (Shafiee vd., 2010). Yapılan çalışmalarda, SA uygulamalarının etilen sentezini yavaşlatarak bitkinin solunum hızını düşürdüğü ve buna bağlı olarak ağırlık kaybını azalttığı belirtilmektedir (Sabir vd., 2013; Manthe vd., 1992). Ancak, çalışmamızda en fazla ağırlık kaybı SA uygulamalarında, en az kayıp ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Bu sonuçların, kırmızı lahananın yapısal özellikleri ve uygulama yönteminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kırmızı lahananın yapraklı ve katmanlı yapısı, uygulama sırasında solüsyonun yapraklar arasına çekilmesine ve bu nedenle başlangıç ağırlığının daha yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca, yapraklar arasındaki solüsyonun hızlı buharlaşması, ağırlık kaybının daha belirgin hale gelmesine yol açmış olabilir.

Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM)

Muhafaza süresi ortalamaları, uygulama ortalamaları ve bu ana faktörler arasındaki etkileşimin SÇKM miktarı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ($P \leq 0.01$) bulunmuştur.

Muhafaza ortalamalarına bakıldığında, SÇKM değerlerinde muhafaza süresince başlangıca göre genel bir azalış gözlemlenmiştir. Uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde ise, kontrol grubuna kıyasla, SA uygulamalarının SÇKM değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Başlangıç SÇKM değerleri ile muhafaza sonunda ölçülen SÇKM değerleri kıyaslandığında sprej uygulamasında değerlerin daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Hasat sonrası ürünler, metabolik faaliyetlerinin devam etmesi nedeniyle solunum sürecine devam eder. Bu süreçte ürünler, bünyelerinde bulunan şeker solunum için kullanmakta, bu da içerdikleri şeker miktarının azalmasına yol açmaktadır (Karaçalı, 2023; Yunusoğlu vd., 2021; Türk vd., 2017). Yapmış olduğumuz çalışmada bu belirgin şekilde görülmektedir. Salisilik asit uygulamalarında, kontrol grubuna kıyasla kırmızı lahanada SÇKM miktarını daha etkin bir şekilde korumuştur. Benzer şekilde Davras vd. (2019) ve Ünal vd. (2021) domates ve mantarda yapmış oldukları çalışmalarında SA uygulamalarının başlangıç değerlerine göre, SÇKM miktarındaki değişimi, kontrol grubuna kıyasla daha iyi koruduğu bildirilmektedir (Ünal vd., 2021; Davras

vd., 2019). Bu durum salisilik asit uygulamalarının olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır.

Çizelge 2. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların SÇKM (%) üzerine etkileri

Table 2. Effects of different SA application methods on the soluble solids content (%) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	8.30 ^{Aa}	7.90 ^{Aa}	6.30 ^{Ca}	6.90 ^{Bb}	6.70 ^{BCb}	7.22 ^c
Daldırma Dipping	8.30 ^{Aa}	8.10 ^{Aa}	7.80 ^{Aa}	7.90 ^{Aa}	6.10 ^{Bb}	7.64 ^b
Sprey Spraying	8.30 ^{Aa}	8.10 ^{Aa}	7.40 ^{Aa}	8.40 ^{Aa}	8.60 ^{Aa}	8.16 ^a
Ort.** Mean	8.30 ^a	8.03 ^{ab}	7.17 ^c	7.73 ^b	7.13 ^c	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli etkisi: ** (P<0.01)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Interaction between storage time and salicylic acid application method: highly significant (P<0.01)

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

C Vitamini (Askorbik asit) içeriği

Muhafaza süresi ortalamaları, uygulama ortalamaları ve bu ana faktörler arasındaki etkileşimin C vitamini miktarı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli (P≤0.01) bulunmuştur.

Uygulama ortalamaları incelendiğinde, kontrol grubuna kıyasla, SA uygulamalarının C vitamini miktarını artırdığı belirlenmiştir. Özellikle spreysel uygulama, C vitamini içeriğini belirgin şekilde korumuştur.

Çizelge 3. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların C vitamini (mg/L) üzerine etkileri

Table 3. Effects of different SA application methods on the vitamin C content (mg/L) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	449.00 ^{Aa}	395.00 ^{Bc}	438.00 ^{Aa}	450.00 ^{Ab}	355.00 ^{Cc}	417.40 ^C
Daldırma Dipping	449.00 ^{Ba}	452.00 ^{Bb}	467.00 ^{Ba}	540.00 ^{Aa}	413.00 ^{Cb}	464.20 ^B
Sprey Spraying	449.00 ^{Ca}	491.00 ^{BCa}	469.00 ^{BCa}	563.00 ^{ABa}	623.00 ^{Aa}	519.00 ^A
Ort.** Mean	449.00 ^b	446.00 ^b	458.00 ^b	517.67 ^a	463.67 ^b	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli etkisi: ** (P<0.01)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time × salicylic acid application method interaction: highly significant (P<0.01)

In the grouping presented in the table, lowercase letters represent the effect of the application method, while uppercase letters represent the effect of storage time.

Askorbik asit, meyve ve sebzelerde önemli bir kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir. Depolama sırasında bu bileşik, sıcaklık, oksijen,

ışık gibi çevresel faktörler ve peroksidaz ile askorbat oksidaz gibi enzimlerin aktivitesine bağlı olarak oksitlenip indirgenen uçucu bir yapıya

sahiptir (Amiri vd., 2021). Elde edilen verilere göre, kontrol grubunda C vitamini içeriği dalgalı bir seyir göstermiş ve depolama sürecinin sonunda başlangıç değerlerine kıyasla azalmıştır. Buna karşın, SA uygulamaları, C vitamini içeriğinin korunmasında daha olumlu bir etki sergilemiş ve hatta artışa neden olmuştur. Burada sonuçlar incelendiğinde sprej uygulamasının daldırma uygulamasından daha olumlu etki gösterdiği de görülmüştür. Literatürde erik ve şeftali meyveleri üzerinde yapılan SA çalışmaları da bu bulguları desteklemektedir (Dursun ve Bal, 2020; Tareen vd., 2012). Çalışmamızda, salisilik asit uygulamasının, kontrol grubuna kıyasla C vitamini içeriğini daha etkin bir şekilde koruduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, SA uygulamalarının kırmızı lahanalarda C vitamini içeriğinin

korunmasında önemli bir role sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Toplam fenolik (TP) madde miktarı

Muhafaza süresi ortalamaları, uygulama ortalamaları ve bu ana faktörler arasındaki interaksyonun TP miktarı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ($P \leq 0.01$) bulunmuştur. Muhafaza süresi ortalamalarına bakıldığında, TP değerlerinde genel bir dalgalanma gözlenmiştir ve sonuçta başlangıç değerine göre azalış mevcuttur. Uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde, en yüksek TP değerini Sprej uygulamasında, en düşük TP değeri ise aralarında istatistiksel farklılık bulunmayan daldırma ve kontrol gruplarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların TP ($\mu\text{g GAE/g}$) üzerine etkileri

Table 4. Effects of different SA application methods on the total phenolic content ($\mu\text{g GAE/g}$) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	2920.84 ^{Aa}	2070.84 ^{Dc}	2668.34 ^{Ba}	2618.34 ^{Bb}	2313.34 ^{Cc}	2518.34 ^B
Daldırma Dipping	2920.84 ^{Aa}	2250.84 ^{Cb}	2385.84 ^{BCb}	2488.34 ^{Ba}	2545.84 ^{Bb}	2518.34 ^B
Sprej Spraying	2920.84 ^{ABa}	2635.84 ^{Ca}	2550.84 ^{Ca}	2825.84 ^{Bc}	3068.34 ^{Aa}	2800.34 ^A
Ort.** Mean	2920.84 ^a	2319.17 ^d	2535.01 ^c	2644.17 ^b	2642.51 ^b	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli interaksyonu: ** ($P < 0.01$)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time $\times$ salicylic acid application method interaction: highly significant ($P < 0.01$).

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Fenolik bileşikler ve antosiyaninler, meyve ve sebzelerin en önemli biyolojik özelliklerinden biridir ve güçlü antioksidan aktiviteye sahiptirler. Bu bileşikler, hücre bileşenlerini oksidatif hasara karşı koruyarak ürün kalitesinin sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynar. Depolama boyunca, bu bileşiklerin konsantrasyonlarının korunması büyük önem taşımaktadır (Sayyari vd., 2022; Ocalan vd., 2022). Literatürde, SA uygulamalarının depolama sırasında fenolik bileşikler ve antosiyaninlerin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Sakaldaş vd., 2024). Bu çalışma, literatürdeki bulguları

destekler nitelikte olup, SA uygulamalarının fenolik bileşiklerin korunmasında etkili olduğunu göstermiştir. Özellikle sprej yöntemiyle yapılan uygulamanın, fenolik bileşiklerin korunmasında en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.

Toplam flavonoid madde miktarı

Muhafaza süresi, uygulamalar ve bunların etkileşimlerinin toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5). Muhafaza süresi boyunca flavonoid miktarının dalgalı bir seyir izlediği belirlenmiştir. Uygulama ortalamaları

incelendiğinde, SA uygulamalarının toplam flavonoid içeriğini korumada etkili olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, en yüksek ortalama değer Sprey uygulamasında (569.61 mg KE/L), en

düşük ortalama değer ise Kontrol grubunda (476.33 mg KE/L) elde edilmiştir.

Çizelge 5. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların TF (mg KE/L) üzerine etkileri
Table 5. Effects of different SA application methods on the total flavonoid content (mg KE/L) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	561.61 ^{Aa}	408.00 ^{Bb}	539.39 ^{Aa}	476.89 ^{ABb}	395.78 ^{Bc}	476.33 ^C
Daldırma Dipping	561.61 ^{Aa}	449.11 ^{Bab}	476.89 ^{Ba}	583.28 ^{Aa}	496.05 ^{Bb}	513.39 ^B
Sprey Spraying	561.61 ^{BCa}	492.17 ^{Ca}	486.33 ^{Ca}	623.55 ^{ABa}	684.39 ^{Aa}	569.61 ^A
Ort.** Mean	561.61 ^a	449.76 ^c	500.87 ^b	561.24 ^a	525.41 ^{ab}	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli interaksyonu: ** ($P < 0.01$)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time $\times$ salicylic acid application method interaction: highly significant ($P < 0.01$).

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Flavonoidler, meyve ve sebzelerde genellikle renk oluşumu, tat özellikleri, yağ oksidasyonunun önlenmesi, vitamin ve enzimlerin korunması gibi süreçlerde önemli roller oynar (Yao vd., 2004; Dursun ve Bal, 2020). Elde edilen veriler, SA uygulamalarının muhafaza sürecinde flavonoid içeriğinin korunmasında olumlu katkı sağladığını göstermiştir. Benzer şekilde, Awad ve Al-Qurashi (2021) SA uygulamasının depolama süresince toplam flavonoid madde miktarını korumada etkili olduğu ifade etmişlerdir. Çalışmamızda, flavonoid miktarı açısından en yüksek sonuç spre y yöntemiyle yapılan SA uygulamasında elde edilmiş olup, muhafaza süresi sonunda başlangıç seviyesine kıyasla flavonoid miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Buna karşın, en düşük flavonoid miktarı kontrol grubunda saptanmıştır. Bu bulgular, farklı uygulama yöntemlerinin flavonoid içeriği üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu ve SA uygulamalarının depolama kalitesine önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği

Muhafaza sürelerinin TMA üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak,

uygulama ortalamaları arasında ve interaksyonda önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 6). Uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde, Sprey uygulamasının (575.98 $\mu\text{g/g}$) diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek bir değer sağladığı belirlenmiştir.

Antosiyaninler, meyve ve sebzelerde kırmızıdan maviye uzanan renk spektrumundan sorumlu olan fenolik bileşiklerdir. Güçlü antioksidan özelliklere sahip bu bileşiklerin, insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağladığı bilinmektedir. Antosiyaninler, serbest radikallerin etkilerini azaltarak hücre hasarı önleyebilmekte ve bazı kronik hastalıkların riskini düşürmede rol oynayabilmektedir (García-Alonso vd., 2004). Bununla birlikte, antosiyaninlerin hücre düzeyindeki tam etki mekanizmaları henüz tamamen anlaşılmamış olup, bu alanda daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Antosiyaninlerin muhafaza süresi boyunca korunması, meyve ve sebzelerin besin değerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Ancak bazı araştırmalar, SA uygulamalarının antosiyanin miktarını korumada her zaman etkili olmadığını ortaya koymuştur. HosseiniFarahi vd. (2020) tarafından çilek meyvelerine salisilik asit (SA) uygulanması üzerine

etkisini inceledikleri çalışmada, antosiyanin seviyelerinin muhafazasında anlamlı bir fark oluşturmadığı rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da kontrol uygulaması ile SA'nın daldırma yöntemi arasında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, SA'nın sprej yöntemiyle uygulanması durumunda, muhafaza süresi boyunca antosiyanin miktarında olumlu bir artış gözlenmiştir. Sprej yöntemiyle uygulanan salisilik asidin, daldırma yöntemine kıyasla antosiyanin içeriğinde daha belirgin bir artış sağlaması, muhtemelen uygulama şeklinin bitki dokularıyla etkileşim biçiminden

kaynaklanmaktadır. Sprej uygulamasında sağlanan kontrollü ve yüzeysel dağılımın, bitkisel savunma mekanizmalarının daha etkin şekilde tetiklenmesine katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Ancak, sprej ve daldırma yöntemlerinin karşılaştırıldığı doğrudan bir literatür kaynağı bulunmadığından, bu farklılığın nedenlerine ilişkin daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, SA uygulama yönteminin muhafaza sonucu kalite korunumu üzerinde belirleyici bir faktör olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 6. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların TMA ($\mu\text{g cy-3-O-gluc/g}$) üzerine etkileri
Table 6. Effects of different SA application methods on the total monomeric anthocyanin content ($\mu\text{g cy-3-O-gluc/g}$) of cabbages during storage

Uygulamalar <i>Treatments</i>	0. Gün <i>Day 0</i>	7. Gün <i>Day 7</i>	14. Gün <i>Day 14</i>	21. Gün <i>Day 21</i>	28. Gün <i>Day 28</i>	Ort.** <i>Mean**</i>
Kontrol <i>Control</i>	528.18 ^{Aa}	437.18 ^{Ab}	533.02 ^{Aa}	483.10 ^{Ab}	402.28 ^{Ac}	476.75 ^B
Daldırma <i>Dipping</i>	528.18 ^{Aa}	493.95 ^{Aa}	482.26 ^{Aa}	507.64 ^{Ab}	475.92 ^{Ab}	497.59 ^B
Sprej <i>Spraying</i>	528.18 ^{Ba}	508.15 ^{Ba}	543.88 ^{Ba}	620.87 ^{ABa}	678.81 ^{Aa}	575.98 ^A
Ort. ^{öd} <i>Mean</i>	528.18	479.76	519.72	537.20	519.00	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli etkileşimi: ** ($P < 0.01$)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time $\times$ salicylic acid application method interaction: highly significant ($P < 0.01$).

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Toplam antioksidan aktivite (TAA)

Muhafaza süresi, uygulamalar ve bunların etkileşiminin TAA üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 7). Muhafaza süresi ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmüş, yalnızca 7. gün ortalaması diğer günlerden daha düşük çıkmıştır. Uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde, Sprej uygulamasının ($13.91 \mu\text{mol TE/g}$) kontrol ve daldırma uygulamalarına kıyasla daha yüksek bir değer sağladığı belirlenmiştir.

Meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitesinin flavonoidler de dahil olmak üzere polifenol bileşikler ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda, fenolik bileşiklerin artışı, meyvelerin antioksidan aktivitesini artırma

potansiyeline sahiptir (Haider vd., 2020). Hem hasat öncesi hem de hasat sonrası uygulanan salisilik asidin, meyve ve sebzelerin antioksidan savunma sistemlerini güçlendirdiği bildirilmektedir (Wang vd., 2022). Sun vd. (2012)'nin çalışmasında, SA uygulamalarının Çin lahanasının muhafaza süreci boyunca kontrol grubuna kıyasla olumlu etkiler sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise uygulama yönteminin antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Sprej yöntemiyle yapılan SA uygulamasının, toplam antioksidan kapasitesini kontrol grubuna ve daldırma yöntemine kıyasla daha iyi koruduğu ve başlangıç seviyesine göre artırdığı gözlemlenmiştir. Sprej yöntemiyle uygulanan SA'nın, özellikle 28. günde toplam antioksidan

kapasiteyi daha yüksek düzeyde koruması, uygulama şeklinin meyve yüzeyinde daha homojen ve kalıcı bir etki oluşturmaya bağlanabilir. Bu yöntemle sağlanan uzun süreli etkinin, depolama sürecinde artan oksidatif stres koşullarıyla daha etkili etkileşime girerek bitkisel

savunma mekanizmalarını geç dönemde daha güçlü şekilde tetiklemiş olması muhtemeldir. Dolayısıyla, SA'nın geç etki gösteren savunma yanıtlarını spreyleme yöntemiyle daha iyi aktive ettiği düşünülmektedir.

Çizelge 7. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların TAA ($\mu\text{mol TE/g}$) üzerine etkileri

Table 7. Effects of different SA application methods on the total antioxidant activity ($\mu\text{mol TE/g}$) of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.** Mean**
Kontrol Control	13.61 ^{Aa}	10.11 ^{Bb}	13.63 ^{Aa}	12.62 ^{ABb}	10.03 ^{Bc}	12.00 ^B
Daldırma Dipping	13.61 ^{Aa}	11.94 ^{ABa}	11.93 ^{ABa}	13.65 ^{Aa}	11.61 ^{Bb}	12.55 ^B
Sprey Spraying	13.61 ^{Ba}	12.08 ^{Ba}	13.08 ^{Ba}	14.15 ^{Ba}	16.61 ^{Aa}	13.91 ^A
Ort.** Mean	13.61 ^a	11.38 ^b	12.89 ^a	13.47 ^a	12.75 ^a	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli etkileşimi: ** ($P < 0.01$)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time $\times$ salicylic acid application method interaction: highly significant ($P < 0.01$).

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Renk (L^* , C^* , h°)

Muhafaza süresi, uygulamalar ve bu faktörlerin etkileşimlerinin L^* değeri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 8). Muhafaza sürelerinin etkisi değerlendirildiğinde, 7. günden sonra L^* değerlerinde bir gerileme başlamıştır. L^* değerindeki azalma, kırmızı lahananın yüzeyinin daha koyu hale geldiğini, renk canlılığının azaldığını ve tazelik algısının düşebileceğini gösterir. Uygulama ortalamaları incelendiğinde, Sprey uygulamasının (25,99) diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, SA'ın spreysel şekilde uygulanmasının ürünün parlaklığını ve pigment içeriğini (Çizelge 6) daha iyi muhafaza edebileceğini göstermektedir.

Muhafaza süresi ve etkileşiminin C^* değeri üzerine etkisi önemli bulunurken uygulama ortalamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 9). Muhafaza ortalamaları

incelendiğinde, 14. günden sonra C^* değerlerinde belirgin bir düşüş tespit edilmiştir. Kırmızı lahananın C^* (renk doygunluğu) değerindeki düşüş, sebzenin renginin daha az canlı ve daha mat bir hale geldiğini gösterir. C^* değerindeki azalma, genellikle muhafaza süresince yaşlanma, oksidasyon veya renk bileşenlerinin (pigmentlerin) bozulmasını yansıtır.

Muhafaza süreleri, uygulama şekilleri ve bu faktörlerin etkileşimlerinin h° üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 10). Uygulama ortalamalarına bakıldığında, Sprey uygulamasının diğer yöntemlere göre daha düşük h° değerine sahip olduğu, bu durumun renk tonunda değişikliğe işaret ederek kırmızı tonun daha da derinleştiği veya yoğunlaştığını göstermektedir. Muhafaza süresi boyunca h° değerlerinde dalgalanmalar tespit edilmiştir; muhafazanın sonuna gelindiğinde h° değeri başlangıç değeriyle aynı seviyeye gelmiştir.

Çizelge 8. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların L* değeri üzerine etkileri
Table 8. Effects of different SA application methods on the L* value of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.* Mean*
Kontrol Control	26.77 ^{Aa}	28.04 ^{Aa}	23.18 ^{Bb}	22.90 ^{Bb}	23.52 ^{Ba}	24.88 ^B
Daldırma Dipping	26.77 ^{Aa}	26.29 ^{ABb}	25.34 ^{ABab}	22.30 ^{Cb}	23.96 ^{BCa}	24.93 ^B
Sprey Spraying	26.77 ^{Aa}	26.82 ^{Aab}	26.16 ^{Aa}	26.59 ^{Aa}	23.62 ^{Ba}	25.99 ^A
Ort.** Mean	26.77 ^a	27.05 ^a	24.89 ^b	23.93 ^{bc}	23.70 ^c	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli interaksiyonu: ** (P<0.01)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Storage time × salicylic acid application method interaction: highly significant (P<0.01).

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Çizelge 9. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların C* değeri üzerine etkileri
Table 9. Effects of different SA application methods on the C* value of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort. öd Mean öd
Kontrol Control	23.00 ^{Aa}	23.74 ^{Aa}	20.02 ^{Aa}	20.17 ^{Aa}	18.15 ^{Aab}	21.02
Daldırma Dipping	23.00 ^{ABa}	28.83 ^{Aa}	23.90 ^{ABa}	18.12 ^{Ba}	21.18 ^{Ba}	23.00
Sprey Spraying	23.00 ^{Aa}	25.14 ^{Aa}	24.06 ^{Aa}	17.96 ^{Ba}	15.44 ^{Bb}	21.12
Ort.* Mean	23.00 ^a	25.90 ^a	22.66 ^a	18.75 ^b	18.26 ^b	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli interaksiyonu: * (P<0.05)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Interaction between storage time and salicylic acid application method: significant (p<0.05)

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

Çizelge 10. Farklı SA uygulama yöntemlerinin muhafaza süresince lahanaların h° değeri üzerine etkileri
Table 10. Effects of different SA application methods on the h° value of cabbages during storage

Uygulamalar Treatments	0. Gün Day 0	7. Gün Day 7	14. Gün Day 14	21. Gün Day 21	28. Gün Day 28	Ort.* Mean*
Kontrol Control	348.31 ^{BCa}	344.84 ^{Ca}	354.8 ^{Aa}	351.56 ^{ABa}	346.52 ^{BCa}	349.21 ^A
Daldırma Dipping	348.31 ^{Aa}	344.19 ^{Aa}	349.8 ^{Aab}	349.51 ^{Aa}	347.03 ^{Aa}	347.77 ^{AB}
Sprey Spraying	348.31 ^{Aa}	344.81 ^{Aa}	347.96 ^{Ab}	343.45 ^{Aa}	345.92 ^{Aa}	346.09 ^B
Ort.* Mean	348.31 ^{ab}	344.61 ^b	350.85 ^a	348.17 ^{ab}	346.49 ^b	

Muhafaza süresi X salisilik asit uygulama şekli interaksiyonu: * (P<0.05)

Tabloda içerisinde kullanılan harflerle yapılan gruplandırmada; küçük harfler uygulama etkisini, büyük harfler ise muhafaza sürelerinin etkisini ifade etmektedir.

Interaction between storage time and salicylic acid application method: significant (p<0.05)

In the grouping presented in the table, lowercase letters indicate the effect of the application method, while uppercase letters indicate the effect of storage time.

SONUÇ

Bu çalışmada, SA uygulamalarının kırmızı lahananın depolama sürecindeki kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı yöntemlerle uygulanan SA'nın, özellikle sprej yönteminin, kırmızı lahananın toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam monomerik antosiyanin ve toplam antioksidan kapasite içeriğinin korunmasında önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Ancak, ağırlık kaybı açısından SA uygulamalarının kontrol grubuna göre beklenenden daha fazla kayba neden olması, kırmızı lahananın yapısal özelliklerine bağlanmıştır. Bu bulgular, kırmızı lahanada SA uygulamalarının depolama sırasında kaliteyi korumada potansiyel bir yöntem olduğunu göstermektedir. Özellikle sprej uygulamasının, ticari kullanıma yönelik daha etkili sonuçlar verebileceği değerlendirilmektedir. Ancak, uygulama yöntemlerinin optimize edilmesi ve ağırlık kaybını azaltıcı ek stratejilerin araştırılması, gelecekteki çalışmalar için önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır.

Sprej uygulamasının, daldırma uygulaması ve kontrol grubuna kıyasla birçok parametrede daha etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, sprej uygulamasının meyve yüzeyinde daha homojen ve kalıcı bir etki meydana getirerek salisilik asidin, depolama süresi boyunca meyvenin fizyolojisinde daha uzun süreli etkiler sağladığını düşündürmektedir. Buna karşın, daldırma yöntemiyle uygulanan salisilik asidin etkisinin daha kısa sürede kaybolduğu ve bu sebeple birçok parametrede sprej uygulamasından daha düşük sonuçlar elde edilmesine neden olmuş olabilir. Ancak, bu bulguların literatürle desteklenemediği için, sprej ve daldırma yöntemleri arasındaki bu farkın altında yatan biyokimyasal ve moleküler mekanizmaların daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu, gelecekte yapılacak çalışmalarda önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu çalışma ile ilgili herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

YAZARLARIN KATKISI

Mehmet Emin İŞBİLİR: Laboratuvar çalışmaları ve makalenin yazımı. Necdettin SAĞLAM: Materyal temini, hasat ve yazım kontrolü. Onur SARAÇOĞLU: Laboratuvar çalışmaları ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi.

KAYNAKLAR

Aglar, E., Ozturk, B., Guler S.K., Karakaya, O., Uzun, S., Saracoglu, O. (2017). Effect of modified atmosphere packaging and 'Parka' treatments on fruit quality characteristics of sweet cherry fruits (*Prunus avium* L. '0900 Ziraat') during cold storage and shelf life. *Sci Horti*, 222, 162-168. doi: 10.1016/j.scienta.2017.05.024.

Amiri, S., Nicknam, Z., Radi, M., Sayadi, M., Bagheri, F., Karimi Khorrami, N., Abedi, E. (2021). Postharvest quality of orange fruit as influenced by salicylic acid, acetic acid, and carboxymethyl cellulose coating. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 3912-3930. doi: 10.1007/s11694-021-00966-y

Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D. (2021). Postharvest salicylic acid and melatonin dipping delay ripening and improve quality of 'Sensation' mangoes. *Philippine Agricultural Scientist*, 104(1), 34-44. doi: 10.62550/JR098020

Bilgin, J. (2021). The effects of salicylic, folic and ascorbic acid treatment on shelf life quality of broccoli florets. *Journal of Agricultural Production*, 2(1), 7-15. doi: 10.29329/agripro.2021.344.2

Chen, C., Sun, C., Wang, Y., Gong, H., Zhang, A., Yang, Y., Guo, F., Cui, K., Fan, X., Li, X. (2023). The preharvest and postharvest application of salicylic acid and its derivatives on storage of fruit and vegetables: A review. *Scientia Horticulturae*, 312, 111858. doi: 10.1016/j.scienta.2023.111858

Davras, İ., Koyuncu, M. A., Erbaş, D. (2019). Domateste salisilik asit uygulamasıyla soğukta depolama süresince kalite kayıplarının azaltılması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 176-186. doi: 10.24180/ijaws.536754

- Devi, J., Bhatia, S., Alam, M. S., Dhillon, T. S. (2018). Effect of calcium and salicylic acid on quality retention in relation to antioxidative enzymes in radish stored under refrigerated conditions. *Journal of food science and technology*, 55, 1116-1126. doi: 10.1007/s13197-017-3027-4
- Dursun, F. N., Bal, E. (2020). Hasat sonrası bazı uygulamaların autumn giant erik çeşidinin muhafaza performansı üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 504-510. doi: 10.24925/turjaf.v8i2.504-510.3070
- García-Alonso, M., Rimbach, G., Rivas-Gonzalo, J. C., de Pascual-Teresa, S. (2004). Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins a studies in platelets, monocytes, and human endothelial cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3378-3384. doi: 10.1021/jf035360v
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, (1), F1-2. doi: 10.1002/0471142913.faf0102s00
- Haider, S. A., Ahmad, S., Khan, A. S., Anjum, M. A., Nasir, M., Naz, S. (2020). Effects of salicylic acid on postharvest fruit quality of “Kinnow” mandarin under cold storage. *Scientia Horticulturae*, 259, 108843. doi: 10.1016/j.scienta.2019.108843
- Hassoon, A. S., Abduljabbar, I. A. (2019). Review on the role of salicylic acid in plants. In *Sustainable crop production* (pp. 61-64). IntechOpen.
- Hosseinfarahi, M., Jamshidi, E., Amiri, S., Kamyab, F., Radi, M. (2020). Quality, phenolic content, antioxidant activity, and the degradation kinetic of some quality parameters in strawberry fruit coated with salicylic acid and Aloe vera gel. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14647. doi: 10.1111/jfpp.14647
- Karaçalı, İ. (2023) *Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması, Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 494*, 58 sy (11. Baskı).
- Manthe, B., Schulz, M., Schnabl, H. (1992). Effects of salicylic acid on growth and stomatal movements of *Vicia faba* L.: Evidence for salicylic acid metabolism. *Journal of Chemical Ecology*, 18(9), 1525-1539. doi: 10.1007/BF00993226
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Murphy, A. M., Zhou, T., Carr, J. P. (2020). An update on salicylic acid biosynthesis, its induction and potential exploitation by plant viruses. *Current opinion in virology*, 42, 8-17. doi: 10.1016/j.coviro.2020.02.008
- Ocalan, O. N., Dincer, E., Cezik, F., Isbilir, M. E., Saracoglu, O. (2022). Effect of Aloe Vera and Salicylic Acid Treatments on the Post-harvest Shelf Life Quality of Strawberries. *Levantine Journal of Applied Sciences*. doi: 10.56917/ljoas.11
- Özdemir, A. E., Mansuroğlu, G. S., Sermenli, T., Baltaer, Ö., Bozkurt, S., Uygur, V. (2021). Yetiştirme döneminde uygulanan farklı azot dozlarının roka (*Eruca vesicaria subsp. sativa* Mill.)’nın soğukta muhafaza ve raf ömrüne etkisi. *Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Adına Sahibi*, 104.
- Ozgen, M., Reese, R. N., Tulio, A. Z., Scheerens, J. C., & Miller, A. R. (2006). Modified 2, 2 azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2, 2 ‘-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(4), 1151-1157. doi: 10.1021/jf051960d
- Önal, A., Subasar, F. D. (2012). Kırmızı lahana’dan (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) elde edilen doğal boya ile yün, pamuk ve keten kumaşların boyanması. *Gazi Osmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (1), 35-41. doi: 10.1007/s11694-021-00966-y
- Qange, S., Mdoda, L., Mditshwa, A. (2024). Modeling the critical causal factors of postharvest losses in the vegetable supply chain in eThekweni metropolitan municipality: The log-linear regression model. *Heliyon*, 10(20).
- Sabır, F. K., Yiğit, F., Taşkın, S. (2013). Fuji elma çeşidinde salisilik asit uygulamalarının soğukta

- depolama süresince kaliteye olan etkileri. *Alatırım*, 12(1), 19-25.
- Sağlam, N., Demirboğa G., (2016). Tokat yöresinde kırmızı lahana yetiştiriciliği için uygun ekim zamanı ve çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri - Cilt II: Sebzeçilik-Bağcılık-SüsBitkileri*.
- Sakaldaş, M., Şen, F., Gundogdu, M., Aglar, E. (2024). Alterations in quality characteristics and bioactive compounds of blackberry fruits subjected to postharvest salicylic acid treatment during cold storage. *Food Science & Nutrition*. doi: 10.1002/fsn3.4490
- Saraçoğlu, O., Özgen, M. (2015). The effect of different harvest period on fruit quality and phytochemical properties of short and day neutral strawberries. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*
- Sayyari, M., Esna Ashari, M., Tarighi, T. H. (2022). Impacts of salicylic acid, chitosan, and salicyloyl chitosan on quality preservation and microbial load reduction in strawberry fruits during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16710. doi: 10.1111/jfpp.16710
- Shafiee, M., Taghavi, T. S., Babalar, M. (2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia horticulturae*, 124(1), 40-45. doi: 10.1016/j.scienta.2009.12.004
- Shen, Y., Yang, H. (2017). Effect of preharvest chitosan-g-salicylic acid treatment on postharvest table grape quality, shelf life, and resistance to *Botrytis cinerea*-induced spoilage. *Scientia Horticulturae*, 224, 367-373.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16(3), 144-158. doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.
- Sun, B., Yan, H., Zhang, F., Wang, Q. (2012). Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale. *Food Research International*, 48(2), 359-366. doi: 10.1016/j.foodres.2012.04.021
- Tan, S., Lan, X., Chen, S., Zhong, X., Li, W. (2023). Physical character, total polyphenols, anthocyanin profile and antioxidant activity of red cabbage as affected by five processing methods. *Food Research International*, 169, 112929. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112929
- Tareen, M. J., Abbasi, N. A., Hafiz, I. A. (2012). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. 'Flordaking'. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 119-124.
- Türk, R., Tuna Güneş, N., Erkan, M., Koyuncu, M. A. (2017), *Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarla Hazırlanması*, Somtaç Yayınları Ders Kitabı No: 1, 41 sy.
- Ünal, S., Küçükbaşmacı, Ö. A., Sabır, F. K. (2021). Salicylic acid treatments for extending postharvest quality of tomatoes maintained at different storage temperatures. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35(2), 144-149. doi: 10.15316/SJAFS.2021.241
- Ünal, S., Bağcı, H., Oral, H., & Sabır, F. K. (2023). Salisilik asit uygulamalarının mantarlarda (*Agaricus bisporus*) soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tıbbi Bilimleri Dergisi*, 28(1), 59-70.
- Wang, J., Allan, A. C., Wang, W. Q., Yin, X. R. (2022). The effects of salicylic acid on quality control of horticultural commodities. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 50(2-3), 99-117. doi: 10.1080/01140671.2022.2037672
- Wei, Y., Liu, Z., Su, Y., Liu, D., Ye, X. (2011). Effect of salicylic acid treatment on postharvest quality, antioxidant activities, and free polyamines of asparagus. *Journal of food science*, 76(2), S126-S132. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01987.x
- Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi, J., Tomas Barberan, F. A., Datta, N., Singanusong, R., Chen, S. S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59: 113-122. doi: 10.1007/s11130-004-0049-7
- Yunusoğlu, S. V., Ekinci, N., Gündoğdu, M. A. (2021). Hasat sonrası salisilik asit uygulamalarının "roxana" kayısı çeşidinin muhafazası süresince

aroma bileşenlerine etkisi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 252-264.

Zhishen. J., Mengcheng. T., Jianming. W. (1999). The determination of flavonoid contents in

mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555-559. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00102-2.