

The Effect of Post-Harvest Calcium Chloride Applications on the Shelf Life Quality of Strawberry[#]

Osman Nuri Öcalan^{1a,*}, Fatmanur Çezik^{1,b}, Ala Asi Mohammed Al-Salihi^{1,c},
Muhammet Rahmetullah Çiğdem^{1,d}, Kenan Yıldız^{1,e}

¹Horticulture, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 27.10.2022 Accepted : 21.11.2022</p> <p>Keywords: Color Phyt ChemicalAnth Cyanin Antioxidant CaCl₂</p>	<p>In the study; fruit skin color parameters, fruit flesh firmness and total soluble solid (TSS) ratios, as well as total acidity, total phenolic substance, total monomeric anth^oCyanin amounts and total antioxidant capacity were determined. After the fruits were harvested, they were immersed in three different doses (0-2-4%) of calcium chloride (CaCl₂) solution for 5 minutes. The fruits removed from the solution were kept to dry. The fruits were stored for 14 days in a cold store with a temperature of 1-2°C and a relative humidity of 90±5%. Before the storage and on the 7th and 14th days of storage, the fruits samples were taken and kept on the shelves in the rooms with a temperature of 21±1°C and a relative humidity of 60±5% for 3 days. Measurements and analyses of fruit quality parameters were made in the samples taken from the fruits that were kept on the shelf for three days. As a result of the study, it was determined that 4%CaCl₂ application was effective in maintaining fruit flesh firmness. In fruits kept on the shelf for 3 days after 14 days of storage, SSC of 4%CaCl₂ treatment was found to be higher than the control treatment. Compared to the control, 4%CaCl₂ caused a significant increase in the total phenol content. The highest total monomeric anth^oCyanin content and total antioxidant capacity was determined in the control treatment. While there were no significant changes in L* values between treatments, a* and b* values were found to be higher in 2%CaCl₂ treatment. In the light of the data obtained, it was concluded that 4%CaCl₂ application had a positive effect on the shelf life of strawberry fruits.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2701-2707, 2022

Hasat Sonrası Kalsiyum Klorür Uygulamalarının Çileğin Raf Ömrü Kalitesine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 27.10.2022 Kabul : 21.11.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Renk Fitokimyasal Antosiyanin Antioksidan CaCl₂</p>	<p>Çalışmada; meyve kabuğu renk parametreleri, meyve eti sertliği ve suda çözünür kuru madde (SÇKM) oranları yanında toplam asitlik, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin miktarları ve toplam antioksidan kapasite belirlenmiştir. Meyveler hasat edildikten sonra, üç farklı dozda (%0-2-4) kalsiyum klorür (CaCl₂) çözeltisi içerisinde 5 dakika boyunca daldırılmıştır. Daldırma işleminden sonra meyveler kurumaya bırakılmıştır. Meyveler, sıcaklık 1-2°C, bağıl nemi %90±5 olan soğuk hava deposunda 14 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Depolama öncesinde ve depolamanın 7 ve 14. günlerinde alınan meyve örnekleri, sıcaklığı 21±1°C ve bağıl nemi %60±5 olan odalardaki raflarda 3 gün bekletilmiştir (7+3, 14+3). Üç gün rafta bekletilen meyvelerden alınan örneklerde meyve kalite parametrelerine ait ölçüm ve analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, %4 CaCl₂ uygulamasının meyve eti sertliğinin korunmasında etkili sonuç verdiği belirlenmiştir. 14 gün depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde (14+3), %4 CaCl₂ uygulamasının SÇKM içeriği kontrol uygulamasından daha yüksek bulunmuştur. Kontrole kıyasla %4 CaCl₂ toplam fenol içeriğinde belirgin bir artışa neden olmuştur. En yüksek toplam monomerik antosiyanin içeriği ve toplam antioksidan kapasite kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. L* değerlerinde önemli değişiklikler olmazken, a* ve b* değerleri %2 CaCl₂ uygulamasında daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen veriler ışığında, %4 CaCl₂ uygulaması ile çilek meyvesinin raf ömrünün uzatılabileceği görülmüştür.</p>

^a osmannuri.Calan@gop.edu.tr

^b <http://orcid.org/0000-0001-6242-4667>

^c fatmanurczk00@gmail.com

^d <http://orcid.org/0000-0001-8588-6485>

^e ala.al-salihi7021@gop.edu.tr

^f <http://orcid.org/0000-0002-6071-0085>

^g muhammed.cigdem1617@gop.edu.tr

^h <http://orcid.org/0000-0001-7019-6406>

ⁱ kenan.yildiz@gop.edu.tr

^j <http://orcid.org/0000-0003-3455-5146>



Giriş

Çilek (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) Rosales takımı, Rosaceae familyası, *Fragaria* cinsi içerisinde yer alan (Hanc°Ck 1999), çeşitli bölgelere ve kültürel sistemlere uyarlanabilen üzümü meyvedir (Chandler ve ark., 2012). Türkiye’de yetiştiriciliği 1970’li yıllarda yapılmaya başlanmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı [TOB], 2020). Çilek, değişik iklim ve toprak şartlarında yetiştirilebilen, adaptasyon kabiliyeti yüksek bir bitkidir ve bu sayede her mevsim üretimi yapılabilmektedir (Erenoğlu ve ark., 2000). 2020 yılında dünyada çilek üretimi 8.861.381 ton, Türkiye’de ise 546.525 ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2020). Dünya çilek üretiminde %36,2 ile Çin birinci, %11,5 ile ABD ikinci, %9,7 ile Meksika üçüncü, %5,5 ile Türkiye dördüncü ve %5,2 ile Mısır beşinci sırada yer almaktadır (TOB, 2020). 2021 yılına gelindiğinde Türkiye’de çilek üretimi biraz daha artarak 669 195 tona çıkmıştır (TÜİK, 2021). Türkiye’de en çok çilek üretimi yapılan yerler; Mersin (%37,4), Aydın (%12,9), Konya (%9,3), Antalya (%9,3), Bursa (%9,3), Çanakkale (%5,5), Manisa (%5), Hatay (%2,1), Elazığ (%1,8) ve Sakarya (%1,3) illeridir (TOB, 2020). Çilek yetiştiriciliğinin bir diğer önemli tarafı, diğer tarımsal ürünlerle karşılaştırıldığında birim alandan elde edilen gelirin yüksekliği ve yapılan yatırımın kısa sürede dönüş yapması ile küçük aile işletmeciliğine uygun olmasıdır (Ağaoğlu, 1986; Aybak, 2000). Tüm bunlara ek olarak taze tüketiminin yanında işlenerek de (reçel, marmelat, dondurma ve pasta) tüketimi yapılmaktadır (Özdemir,1999; Erenoğlu ve ark., 2000; Kılıçel, 2005). Çilek üretiminin avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Çilek, bir üzümü meyvedir ve hassas dokuları sebebi ile hasat sonrası çok çabuk bozulabilmekte ve bunun sonucunda üreticiden tüketiciye ulaşmaya kadar meyvelerde büyük kayıplar yaşanabilmektedir. Yaşanan kayıpların önüne geçebilmek için yapılması gerekenlerin başında fizyolojik bozuklukların kontrolü gelmektedir. Kalsiyum (Ca), temel bir makro besin maddesi olarak, bitkilerin temel fizyolojik süreçlerinin düzenlenmesine katkıda bulunur. Kalsiyum uygulamasının, meyvenin kalitesini ve depolanabilirliğini korumada önemli bir rol oynadığı ve hücre zarlarının bütünlüğünü koruduğu ve zar geçirgenliğini azalttığı ifade edilmektedir (Kou ve ark., 2015; Bhat ve ark., 2012). Yine; kalsiyum laktat ve kalsiyum klorür gibi farklı kalsiyum tuzları ile hasat öncesi ve sonrası yapılan uygulamalar meyve ve sebzelerin fizyolojik bozukluklarının azaltılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir (Tulin ve Eryol, 2019; Naser ve ark., 2018). Bu çalışmada, farklı dozlarda CaCl₂ uygulamaları ile depolamanın ardından rafta bekletilen çilek meyvelerinin kalite kayıplarını azaltmak amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan meyveler 2021 yılının Mayıs ayında sabah erken saatlerde hasat edilerek Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Meyvecilik Laboratuvarına getirilerek bir gün boyunca 1-2°C ve %90±5 bağıl nemde ön soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Sonrasında meyveler %0 (kontrol), %2 ve %4 kalsiyum klorür (CaCl₂) çözeltisi içerisine 5 dakika boyunca daldırılmıştır. Uygulama

sonrası meyveler kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra meyveler 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 500 gr meyve olacak şekilde şalelere yerleştirilmiştir. Meyveler 1-2°C’de ve %90±5 bağıl nemde 14 gün süreyle soğuk hava deposunda tutulmuştur. Hasat döneminin yanı sıra meyveler 7 ve 14. günlerde soğuk hava deposundan çıkarılmış ve 3 gün boyunca 21±1°C ve %60±5 bağıl nemde bekletilmiştir. 0+3, 7+3 ve 14+3 günlerde meyvelerde fiziksel ve kimyasal ölçümler yapılmıştır.

İncelenen Parametreler

Meyve Dış Rengi

Çilek meyvelerinin renk tayini Minolta renk ölçer cihazı (CR-400 model) ile yapılmıştır. Ölçüm yapılmadan önce renk ölçer, beyaz standart bir plakada kalibre edildikten sonra Hunter renk ölçüm parametreleri olan L, a ve b değerleri ile meyvelerin dış rengi ölçülerek belirlenmiştir. L, parlaklığı ifade eder ve 0 ile 100 arasında değerler alır. L değeri, parlaklık artarsa 100’e yaklaşır, parlaklık azalırsa 0’a yaklaşır. a, kırmızı ve yeşil renkleri temsil eder: a’nın pozitif değeri kırmızı ve tonlarını, negatif değeri yeşil ve tonlarını. b ise sarı ve mavi renkleri temsil eder: b’nin pozitif değeri sarı ve tonlarını, negatif değeri mavi ve tonlarını. Ölçümler her bir tekerrürden tesadüfen seçilen 10 meyve ile yapılarak, her meyvenin meyve dış rengi dikine iki yanından birer değer olacak şekilde yapılmıştır.

Meyve Eti Sertliği

Meyve eti sertliğini belirlemek için her tekerrüründen tesadüfen seçilen 10 meyvenin iki yanından olacak şekilde dijital sertlik test cihazı ile (Agrosta® 100, Fransa) ölçüm gerçekleştirilmiştir. Cihaz ölçüm aralığı sertlik değerleri 0-100 arasında değişmektedir.

Toplam asitlik (TA, %)

Meyvelerin toplam asitliğini belirlemek için püre haline getirilmiş meyvelerden 5 g tartılıp üzerine 95 ml saf su ilave edilmiştir. Çözelti pH’ı sabitlendikten sonra 0,1 N NaOH (sodyum hidroksit) solüsyonu pH 8.1 oluncaya kadar eklenmiştir. Tüketilen NaOH miktarına göre titrasyon asitliği, sitrik asit cinsinden formül ile hesaplanarak %olarak ifade edilmiştir.

Suda Çözünabilir Kuru Madde (SÇKM, %)

Meyveler homojenizatörde püre haline getirildikten sonra santifüj yapılarak meyve suları çıkartılmıştır. Sonrasında saf suya göre kalibre edilmiş dijital refraktometrede (Atago PAL-1, USA) okumalar yapılmış ve değerler %olarak ifade edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde

Toplam fenol tayini Singleton ve Rossi (1965)’nin tarif ettiği şekilde Folin-Ci°Calteu’s kimyasalı kullanılarak yapılmıştır. Homojenizatörde püre haline getirilmiş meyve örneklerinden 2 g tartılıp üzerine aseton, su ve asetik asit (70:29,5:0,5) çözeltisi eklenerek 24 saat süresince ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Sonraki gün dolaptan çıkarılan örneklerden 0,5 mL alınıp üzerine 0,5 mL Folin-Ci°Calteu’s kimyasalı ve 9 mL saf su eklenmiştir. 8 dk sonra ise 2,5 mL %7’lik sodyum karbonat ilave edilmiştir. İki saat inkübasyondan sonra mavimsi bir renk alan çözelti spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda okuması yapılmıştır. Elde edilen değerler gallik asit cinsinden µg gallik asit eşdeğer/g taze ağırlık (ta) olarak hesaplanmıştır.

Toplam Antioksidan Kapasite

Meyvelerin toplam antioksidan kapasitesi Özgen ve ark. (2006) göre TEAC (Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi) metodu kullanılarak yapılmıştır. TEAC için 7 nm ABTS (2,2'-Azino-bis 3- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 2,45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak +4°C'de karanlıkta 12-16 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu solüsyon 20 mM sodium asetat (pH 4,5) bafırı ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0,700±0,01 absorbans olacak şekilde sadeleştirilmiştir. Sonunda 30 µL örneğin üzerine 2,97 mL hazırlanan TEAC çözeltisi eklenerek 10 dakika inkubasyon süresi sonunda spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda okumalar yapılmıştır. Ölçüm sonrası absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak µmol Trolox eşdeğeri/g yaş ağırlık olarak sunulmuştur.

Toplam Monomerik Antosiyanin

Meyvelerdeki toplam monomerik antosiyanin tayini pH diferansiyel farkı yöntemiyle belirlenmiştir (Giusti ve ark., 1999). 0,3 mL örneklerin üzerine ayrı ayrı toplam hacim 3 mL olacak şekilde pH 1,0 ve pH 4,5 bafırları eklenerek, 15 dk sonra spektrofotometrede 520 ve 700 nm dalga boylarında okumaları yapılmıştır. Toplam antosiyanin miktarı, absorbanslar [pH 1,0 (A520–A700) - pH 4,5 (A520–A700)] µg pelargonidin-3-glucoside/g taze meyve olarak hesaplanmıştır (pelargonidin-3- glucoside: molekül ağırlığı 433,2, molar sönümleme katsayısı 22 400).

İstatistiksel Analizler

Deneme her bir uygulamadaki her bir analiz dönemi için 3 tekrürlü ve her tekrürde 1 şale olacak şekilde kurulmuştur. Deneme neticesinde elde edilen veriler SAS paket programı kullanılarak varyans analizine tabii tutulduktan sonra uygulama ortalamaları arasındaki farkın önemli olup olmadığı Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Meyve Dış Rengi

Meyve dış rengine ait L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. L^* değerlerinde sadece 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde depolama süresi ve CaCl_2 uygulamalarından kaynaklanan önemli bir değişim gözlemlenmiştir. %4 CaCl_2

uygulamasında, yedi günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerin L^* değeri diğer ölçüm dönemlerinde belirlenen L^* değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Hem kontrol hem de CaCl_2 uygulamalarında, ilk 3 günlük raf ömrü sonunda ölçülen a değerinin depolama süresine bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde, %2 CaCl_2 uygulanan meyvelerin kabuk rengi a değeri diğer uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Uygulamaların b değeri üzerine etkisi depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde her iki CaCl_2 uygulaması da b^* değerinde azalmaya neden olmuştur. 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde ise %2 CaCl_2 uygulamasının b^* değeri kontrol ve %4 CaCl_2 uygulamasının b^* değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

Benzer konuda daha önce yapılan çalışmalardan birinde (Demir 2014), CaCl_2 ve lysophosphatidylethanolamine uygulamalarının çileğin dış rengi (L , a , b , C , H°) parametrelerinde önemli bir değişime neden olmadığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde L değerinde CaCl_2 uygulamalarından kaynaklanan önemli bir değişim gözlenmemiş ancak a ve b değerlerinde bazı önemli farklılıkların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu tür farklı sonuçlar, kullanılan çeşitlerin farklılığından kaynaklanmış olabilir. Depolama ve raf ömrü süresinde renk gelişimi üzerinde yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Akın, (2014) 12 gün modifiye atmosferde depoladıktan sonra 2 gün rafta beklettiği çilek meyvelerindeki renk parametrelerini ölçmüş ve muhafaza başlangıcına göre renk değerlerinde azalmaların olduğunu bildirmiştir. Diğer taraftan Öz ve Kafkas (2015) çilekte yapmış oldukları bir çalışmada, 12 günlük muhafaza süresi boyunca ölçülen L^* , a^* ve b^* renk parametrelerinin başlangıç değerlerine yakın bulunduğunu ve istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığını belirtmiştir. Bu çalışmada depolama süresi, depolamanın ardından rafta bekletilen meyvelerin L değerinde önemli bir değişime neden olmazken, a ve b değerlerinde bir miktar düşüşe neden olmuştur. Bu tür farklı sonuçlar depolama koşulları ve çalışmalarda kullanılan çeşitlerin farklılığı yanında hasat öncesi gelişme döneminde uygulanan kültürel işlemlerin farklılığından da kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 1. Çilek meyvelerinde farklı CaCl_2 dozlarının raf ömrü boyunca meyve dış rengi (L^* a^* b^*) üzerine etkileri

Tablo 1. Effects of different CaCl_2 doses on fruit outer color (L^* a^* b^*) during shelf life in strawberry fruits

Uygulama (% CaCl_2)	L^*		
	0+3	7+3	14+3
Kontrol	34,17 Aa	33,01 Aa	32,94 Aa
2	34,17 Aa	32,93 Aa	32,85 Aa
4	34,17 Aa	31,70 Ba	33,53 Aa
a^*			
Kontrol	29,44 Aa	28,00 ABa	26,66 Bb
2	29,44 Aa	27,44 Ba	28,24 ABa
4	29,44 Aa	27,07 Ba	25,77 Bb
b^*			
Kontrol	13,02 Aa	11,86 Aa	8,87 Bb
2	13,02 Aa	10,25 Ba	12,69 Aa
4	13,02 Aa	10,25 Ba	9,45 Bb

*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen raf ömrü ortalamaları arasında ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulama ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir ($P<0,05$).

Çizelge 2. Çilek meyvelerinde farklı CaCl₂ dozlarının raf ömrü boyunca meyve eti sertliği, toplam asitlik (%), şçkm (%) üzerine etkileri

Table 2. The effects of different CaCl₂ doses on fruit firmness, total acidity (%), and sludge (%) during shelf life in strawberry fruits

Uygulama (%CaCl ₂)	Meyve Eti Sertliği		
	0+3	7+3	14+3
Kontrol	52,06 Aa	51,21 Ab	48,75 Bab
2	52,06 Aa	52,40 Ab	48,03 Bb
4	52,06 Ba	56,60 Aa	50,42 Ba
	Titre Edilebilir Asit (%)		
Kontrol	1,57 Aa	1,58 Aa	1,48 Bab
2	1,57 Aa	1,59 Aa	1,47 Bb
4	1,57 Aa	1,54 ABb	1,52 Ba
	SÇKM (%)		
Kontrol	9,70 Aa	8,36 Ca	8,66 Bb
2	9,70 Aa	9,10 Ba	8,93 Bb
4	9,70 Aa	9,03 Ba	9,36 Aa

*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen raf ömrü ortalamaları arasında ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulama ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir (P<0,05).

Meyve Eti Sertliği, Titre Edilebilir Asitlik, SÇKM

Çizelge 2’de meyve eti sertliği, titre edilebilir asitlik ve SÇKM değerleri verilmiştir.

Meyve eti sertliği değerlerinde, depolama süresi ve CaCl₂ uygulamalarından kaynaklanan önemli farklılıklar görülmüştür. 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerin meyve eti sertliği değerleri %4 CaCl₂ uygulamasında, diğer ölçüm dönemlerinde belirlenen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Son ölçüm tarihine gelindiğinde (14+3) tüm uygulamalarda meyve eti sertliği azalmış, en yüksek değer yine %4 CaCl₂ uygulamasından elde edilmiştir.

Titre edilebilir asit (TA, %) değerleri depolama süresi ve CaCl₂ uygulamaları sonucunda önemli değişikliklere uğramıştır. 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde uygulamalara bağlı olarak değişiklik meydana gelmiştir: Kontrol ve %2 CaCl₂ uygulamalarına kıyasla %4 CaCl₂ uygulaması TA değerinde azalmaya neden olmuştur. 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde ise TA değerlerinde düşüş yaşanmıştır. Burada en yüksek TA değerine %4 CaCl₂ uygulamasından ulaşılmıştır.

SÇKM değerlerinde depolama süresi ve CaCl₂ uygulamaları sonucunda önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Uygulamaların SÇKM değeri üzerine etkisi depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde SÇKM değerleri düşmüş, her iki CaCl₂ uygulamasına kıyasla kontrol uygulamasında SÇKM değeri daha düşük çıkmıştır. 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerde ise %4 CaCl₂ uygulamasının SÇKM değeri diğer uygulamalarından daha yüksek çıkmıştır.

Meyve eti sertliği açısından literatür incelenirse, Öz ve Kafkas, (2015) yaptıkları çalışmada, 12 gün boyunca 5°C’de ve %85-90 bağıl nemde polivenilpropilen kutularda tutulan ‘Festival’ çilek çeşidi meyvelerin muhafaza süresinin sonunda meyve eti sertliklerinin düştüğünü belirtmiştir. Benzer sonuçlar Rahimi ve ark. (2018) tarafından da ifade edilmiştir: CaCl₂ ve kitosan uygulamaları sonucunda çileklerin meyve eti sertlikleri muhafaza süresi boyunca azalmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar bu iki çalışma ile uyum içerisinde olmuştur. Nguyen ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir

çalışmada, hasat sonrası çileklere nano-kitosan kaplama ve CaCl₂ uygulaması yapılarak meyveler 4°C’de 15 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresince meyvelerin sertliği ilk başlarda azalırken 3. günden sonra meyve sertliklerinin arttığı belirtilmiş ve bu artışta özellikle %3 ve %4’lük CaCl₂ uygulamalarının daha etkili olduğu rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda da %4 CaCl₂ uygulaması meyve eti sertliğini daha iyi muhafaza etmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, çileklerin toplam asit içeriklerinin muhafaza süresi sonunda azaldığı rapor edilmiştir (Rahimi ve ark., 2018; Akın, 2014). Bu konuda Sayyari ve ark. (2022) glikozitin alt birimlere parçalanması nedeniyle çözünmeyen polisakaritlerin basit şekerlere hidrolizi ve solunum sürecinde organik asitlerin bozunması sonucunda çoğu depolanan meyvenin TA’sında azalma ve SÇKM’sinde artış olabileceğini ifade etmiştir. Yapılan bu çalışmada da çileklerin toplam asit içeriği raf ömrü süreleri boyunca azalmış ve yapılan uygulamalar sonucunda değişiklik göstermiştir. %2 CaCl₂ ve kontrol uygulamalarına kıyasla %4 CaCl₂ uygulamasında toplam asit içeriği daha iyi muhafaza edilmiştir.

Olgunlaşma olayı sırasında meyvelerin solunum sürecinde organik asitlerin tüketildiği ve bunun TA’nın azalmasına ve SÇKM değerlerinin artışına neden olduğu bildirilmektedir (Hosseinfarahi ve ark., 2020). Yaptığımız çalışma sonucunda, TA değerlerinde azalma meydana gelmiştir fakat, SÇKM değerlerinde de azalma meydana gelmiştir. Öz ve Kafkas, (2015) ve Korkut, (2019) da yaptıkları çalışma sonucunda SÇKM değerlerinin azaldığını bildirmiştir. Bu konuda Öz ve Kafkas, (2015) SÇKM değerlerindeki düşüşlerin, çilek meyvelerinde artan solunum hızından kaynaklanabileceğini ifade etmiştir.

Toplam Fenolik Madde, Toplam Antioksidan Kapasite, Toplam Monomerik Antosiyanin

Çizelge 3 de toplam fenolik madde, toplam antioksidan ve toplam monomerik antosiyanin değerleri verilmiştir.

Toplam fenolik madde değerleri, depolama süresi ve uygulamalardan kaynaklı önemli değişikliklere uğramıştır. İlk 3 günlük raf ömrü sonunda ölçülen toplam fenol değerlerinin 7+3 dönemine kadar artma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. 7 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerin, kontrol ve %2 CaCl₂ uygulamalarına kıyasla %4 CaCl₂ uygulaması sonucunda

toplam fenol değeri daha yüksek çıkmıştır. 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerin toplam fenol içeriğinde düşüşler görülmüştür. Burada yine %4 CaCl₂ uygulamasında toplam fenol içeriği daha yüksek bulunmuştur.

Toplam antioksidan kapasite değerlerinde, kontrol uygulaması hariç, depolama sürelerinden kaynaklı önemli farklılıklar bulunmuştur. İlk 3 günlük raf ömrü sonunda ölçülen toplam fenol değerinin %4 CaCl₂ uygulaması sonucunda 7+3 dönemine kadar artma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. 7+3 döneminden sonra CaCl₂ uygulamalarında, toplam antioksidan kapasite değerleri düşüşe geçmiştir. Nitekim, 14 günlük depolamanın ardından 3 gün rafta bekletilen meyvelerin en yüksek toplam antioksidan kapasite değeri kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin değerlerinde, depolama süresi ve uygulamalardan kaynaklı önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Tüm uygulamalarda, ilk 3 günlük raf ömrü sonunda ölçülen antosiyanin değerleri, 7+3 dönemine kadar artış göstermiştir. Burada en yüksek toplam monomerik antosiyanin değerine %4 CaCl₂ uygulamasından ulaşılmıştır. 7+3 döneminden sonra kontrol hariç CaCl₂ uygulamalarında, meyvelerin antosiyanin içeriğinde düşüşler görülmüştür. 14 günlük depolamanın sonuna gelindiğinde 3 gün rafta bekletilen meyvelerde en yüksek toplam monomerik antosiyanin değeri kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Üzüm meyveler, antioksidan aktiviteye sahip çok çeşitli flavonoidler (flavan-3-oller, flavonoller, antosiyaninler, prosiyanidinler) ve fenolik asit türevleri (hidroksisinnamik, ellajik) bakımından zengindir (González-Aguilar ve ark., 2008; Heinonen ve ark., 1998). Meyvelerde bulunan bu fitokimyasallar ve sahip oldukları antioksidan aktiviteleri; çeşide, agronomik koşullara, büyüme mevsimine, hasat olgunluğuna, ışığa ve depolama koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Kalt ve ark., 2008; Howard ve ark., 2003; Connor ve ark., 2002; Wang ve Stretch, 2001; Wang ve Lin, 2000). Nitekim çalışmamız sonucunda da, raf ömrü süresi boyunca, çileklerin fitokimyasal içeriğinde değişimler meydana gelmiştir. Raf ömrünün son gününde, toplam fenolik

madde içeriği; kontrol ve %2 CaCl₂ uygulamaları sonucunda azalırken, %4 CaCl₂ uygulamasında artmıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada, çileklerin muhafaza süresi boyunca toplam fenol içeriklerinin azaldığı rapor edilmiştir (Çeler ve ark., 2019). Başka bir çalışmada ise, erik meyvelerinin muhafaza süresi boyunca toplam fenol içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, en iyi sonuçların 20.günde ultrasound+CaCl₂ uygulamasında görüldüğü bildirilmiştir (Bal, 2016). Yaptığımız çalışma, literatürde ifade edilenlerle uyum içerisinde olmuştur.

Raf ömrünün sonunda, çileklerin toplam antioksidan kapasiteleri %2 CaCl₂ uygulamasında azalırken, kontrol ve %4 CaCl₂ uygulamasında önemli bir değişikliğe uğramamıştır (Çizelge 3.). Bu konuda literatüre bakıldığında, Korkut (2019) yaptığı çalışmasında, raf ömrü süresi sonunda (15+2) çileklerin toplam antioksidan kapasitelerinin azaldığını belirtmiştir. Benzer sonuçlar Nguyen ve ark. (2020) tarafından da bildirilmiştir.

Çalışmamızda, çileklerin toplam monomerik antosiyanin içerikleri 7+3. günde tüm uygulamalarda artmış, 14+3. günde ise kontrol uygulaması hariç CaCl₂ içeren uygulamalarda azalmıştır. Çilek üzerine yapılan önceki bir çalışmada Rahimi ve ark. (2018), üç gün muhafaza edilen meyvelerde, farklı dozlarda CaCl₂ ve kitosan uygulamaları sonucunda, antosiyanin miktarının arttığını belirtmiştir. Bu sonuç, çalışmamızın 7+3 döneminde yapılan ölçümleri ile paralellik göstermektedir. Korkut (2019) ise yaptığı çalışmada, çileklerin muhafaza (15 gün) ve raf ömrü (15+2 gün) sonunda toplam monomerik antosiyanin içeriğinde düşüşler olduğunu bildirmiştir. Bu ise çalışmamızın 14+3 döneminde yapılan ölçümler ile benzerlik göstermektedir.

Sonuç

Hasat sonrası CaCl₂ uygulamalarının çileğin raf ömrüne etkisinin incelendiği bu çalışmada, kalsiyum klorürün herhangi bir olumsuz etkisine rastlanmamakla birlikte olumlu etkileri görülmüştür. Raf ömrü sonunda, L* değerlerinde önemli değişiklikler olmamıştır. En yüksek a* ve b* değerleri, kontrol ve %4 CaCl₂ uygulamalarına kıyasla %2 CaCl₂ uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 3. Çilek meyvelerinde farklı CaCl₂ dozlarının raf ömrü boyunca toplam fenolik madde, toplam antioksidan ve toplam monomerik antosiyanin üzerine etkileri

Table 3. Effects of different CaCl₂ doses on total phenolic substance, total antioxidant and total monomeric anthocyanin during shelf life in strawberry fruits.

Uygulama (%CaCl ₂)	Toplam Fenolik Madde (µg GAE/g ta)		
	0+3	7+3	14+3
Kontrol	2760,56 ABa	2818,89 Ab	2573,89 Bb
2	2760,56 Aa	2802,22 Ab	2499,72 Bb
4	2760,56 Ca	3529,72 Aa	3246,39 Ba
	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g ta)		
Kontrol	17,42 Aa	17,71 Aa	16,95 Aa
2	17,42 Aa	17,94 Aa	15,27 Bb
4	17,42 Ba	19,14 Aa	16,36 Bab
	Toplam Monomerik Antosiyanin (µg plg-3-glu/g ta)		
Kontrol	178,39 Ba	232,75 Aab	219,05 Aa
2	178,39 Ba	218,53 Ab	180,45 Bb
4	178,39 Ba	241,09 Aa	182,90 Bb

*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen raf ömrü ortalamaları arasında ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulama ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir (P<0,05).

Meyve eti sertliği, toplam asit içeriği, SÇKM ve toplam fenolik madde içeriği %4 CaCl₂ uygulamasında daha yüksek bulunmuştur. En yüksek toplam antioksidan kapasite ve toplam monomerik antosiyanin içeriği ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, %4 CaCl₂'un Monterey çeşidi çilek meyvelerinin kalite özelliklerini muhafaza etmesi açısından en iyi doz olduğu belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Ağaoğlu YS, Gerçekçioğlu R. 1986. Üzümü meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 984, 377.
- Akın I. 2014. Bazı çilek (*Fragaria vesca* L.) çeşitlerinde modifiye atmosferde muhafaza süresince fiziksel ve kimyasal değişimler (D^oCtoral dissertation, Bursa Uludağ University, Turkey).
- Aybak HÇ. 2000. Çilek yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık.
- Bal E. 2016. Derim Sonrası Santa Rosa Erik Çeşidinde Kalsiyum Klorür ile Ultrasound Uygulamalarının Modifiye Atmosfer Paketler İçerisinde Muhafaza Süresi ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Meyve Bilimi*, 1, 12-18.
- Bhat MY, Ahsan H, Banday FA, Dar MA, Wani AI, Hassan GI. 2012. Effect of harvest dates, pre harvest calcium sprays and storage period on physico-chemical characteristics of pear cv. Bartlett. *Journal of Agricultural Research and Development*, 2(4), 101-106.
- Chandler CK, Folta K, Dale A, Whitaker VM, Herrington M. 2012. Strawberry. In *Fruit breeding* (pp. 305-325). Springer, Boston, MA.
- Connor AM, Luby JJ, Hanc^oCk JF, Berkheimer S, Hanson, EJ. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(4), 893-898. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf011212y>
- Çeler AG, Gündüz K, Serçe S. 2019. Effect of Lysophosphatidylethanolamine (LPE) for strawberry pomological and phyt^oChemical quality characteristics during storage. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3), 188-197.
- Demir D. 2014. Topraksız kültür çilek yetiştiriciliğinde kalsiyum klorür ve lysophosphatidylethanolamine uygulamalarının meyve verim ve kalitesine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mustafa Kemal Üniversitesi).
- Dursun FN. 2019. Hasat sonrası putresin, salisilik, oksalik asit ve kalsiyum klorür uygulamalarının bazı erik çeşitlerinin muhafaza süresi ve meyve kalitesi üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).
- Erenoğlu B, Ergun ME, Özdemir E, Pırlak L. 2000. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu, Meyvecilik Grubu, Çilek ve Diğer Üzümü Meyveler Raporu, Yalova. 54s.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Erişim Tarihi: 25 Eylül 2022.
- González-Aguilar G, Robles-Sánchez RM, Martínez-Téllez MA, Olivas GI, Alvarez-Parrilla E, De La Rosa LA. 2008. Bioactive compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. *Stewart Postharvest Review*, 4(3), 1-10. DOI: 10.2212/spr.2008.3.8
- Hanc^oCk JF. 1999. Strawberries crop production science in horticulture. CABI, Publishing, Oxon, Uk, 109-112.
- Heinonen IM, Meyer AS, Frankel EN. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(10), 4107-4112. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf980181c>
- Hosseinifarahi 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: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14647>
- Howard LR, Clark JR, Brownmiller C. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(12), 1238-1247. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1532>
- Kalt W, MacKinnon S, McDonald J, Vinqvist M, Craft C, Howell A. 2008. Phenolics of Vaccinium berries and other fruit crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(1), 68-76. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2991>
- Kılıçel İ. 2005. Bazı çilek çeşitlerinin van ekolojik koşullarında fide verim özelliklerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Yayınlanmamış.
- Korkut E, 2019. Modifiye atmosfer paketlenme uygulamalarının fortuna çilek çeşidi muhafazası ve raf ömrü üzerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi).
- Kou X, Wu M, Li L, Wang S, Xue Z, Liu B, Fei Y. 2015. Effects of CaCl₂ dipping and pullulan coating on the development of brown spot on 'Huangguan' pears during cold storage. *Postharvest biology and technology*, 99, 63-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.08.001>
- Naser F, Rabiei V, Razavi F, Khademi O. 2018. Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 233, 114-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.036>
- Nguyen VT, Nguyen DH, Nguyen HV. 2020. Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111103>
- Ozgen M, Reese RN, Tulio AZ, Scheerens JC, Miller AR. 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: <https://doi.org/10.1021/jf051960d>
- Öz AT, Kafkas NE. 2015. Muhafaza Süresinin Festival'Çilek Çeşidi Meyvelerinde Fiziksel Özelliklere ve Biyokimyasal Bileşimine Etkisinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 105-112.
- Özdemir E. 1999. Çilek yetiştiriciliği. TC Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Yayın Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Rahimi BA, Shankarappa TH, Krishna HC, Mushrif SK, Vasudeva KR, Sadananda GK, Masoumi A. 2018. Chitosan and CaCl₂ coatings on physico-chemical and shelf life of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(7), 3293-3300. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.383>
- Sayyari M, Esna-Ashari M, Tarighi TH. (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.
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sunil P. 2017. Novel postharvest treatments of fresh produce. *Novel postharvest treatments of fresh produce*.

- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021. Tarım Ürünleri Piyasaları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021-Haziran%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/%C3%87ilek,%20Haziran-2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu,%20TEPGE.pdf>. Erişim tarihi: 25 Eylül 2022.
- Tulin AO, Eryol B. 2019. Effects of the coating and calcium application on the quality and shelf life of radishes. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 23(3), 117-123. DOI: 10.5937/JPEA1903117T
- Türemiş N, Ağaoğlu YS. 2013. Çilek. Üzümsü Meyveler. Ankara, Tomurcuk Baę Limited Şirketi Eğitim Yayınları, 57-120.
- Türemiş N, Özgüven AI, Paydaş S. 2000. Güneydoęu Anadolu bölgesinde çilek yetiştiriciliği. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim Tarihi: 25 Eylül 2022).
- Wang SY, Lin HS. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(2), 140-146. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9908345>
- Wang SY, Stretch AW. 2001. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 969-974. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf001206m>