



## Effect of Ultrasound Washing Process on the Quality Parameters of Fresh Strawberry during Cold Storage

Ahmet Görgüç<sup>1,a</sup>, Esra Gençdağ<sup>1,b</sup>, Seçil Tecimen<sup>1,c</sup>, Sena Anakız<sup>1,d</sup>, Senem Öztürk Köse<sup>2,e</sup>, Hacı Halil Bıyık<sup>2,f</sup>, Fatih Mehmet Yılmaz<sup>1,g\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Aydın Adnan Menderes University, 09010 Efeler/Aydın, Turkey

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Aydın Adnan Menderes University, 09010 Efeler/Aydın, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 14/06/2019 Accepted : 05/09/2019</p> <p><b>Keywords:</b> Strawberry Ultrasound Peroxyacetic acid Washing Microbial decontamination</p>	<p>Strawberry is one of the most preferred fruits all over the world due to its characteristic properties. Due to the morphological structure of fresh strawberries after harvesting, quality losses are observed during cold storage. Therefore, industrial washing of fresh strawberries is especially important for reducing microbial load and increasing shelf life. Demand for the new methods as an alternative to the chemicals used in industrial washing of fruits and vegetables is increasing due to consumer-related health concerns. Ultrasonic washing is a preferred innovative method in terms of reducing the microbial load and maintaining quality properties compared to chemical washing processes. In this study, fresh strawberries were washed with ultrasound (550 W/35 kHz) and peroxyacetic acid (40 ppm) after harvesting. The pH, total acidity, water soluble dry matter (brix), vitamin C, total phenolic content, antioxidant capacity, total viable, mold and yeast count analyses were performed in every two days during 14 days of cold storage of washed strawberries. Ultrasonic washing was found to be more effective in reducing microbial load and preserving bioactive properties of strawberries compared to other method due to its cavitation effect.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(9): 1457-1464, 2019

## Ultrases Yıkama İşleminin Taze Çileklerin Soğukta Depolama Esnasında Kalite Özelliklerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 14/06/2019 Kabul : 05/09/2019</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Çilek Ultrases Peroksiasetik asit Yıkama Mikrobiyal dekontaminasyon</p>	<p>Çilek karakteristik özellikleri ile tüm dünyada en çok tercih edilen meyveler arasında yer almaktadır. Taze çileğin morfolojik yapısı gereği hasat işleminden sonra soğukta depolama esnasında üründe kalite kayıpları gözlenmektedir. Bu nedenle, taze çileklerde yıkama işlemi özellikle mikrobiyal yükün azaltılması ve raf ömrünün artırılması adına önem arz etmektedir. Tüketici kaynaklı sağlık endişelerinden dolayı meyve ve sebzelerin endüstriyel yıkama işleminde kimyasal kullanımına alternatif olarak geliştirilen yöntemlere talep giderek artmaktadır. Ultrases yıkama, kimyasal yıkama işlemlerine kıyasla mikrobiyal yükün azaltılmasının yanında kalite özelliklerinin korunması açısından tercih edilmeye başlanan yenilikçi bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında hasat sonrasında taze çileklere ultrases (550 W/35 kHz) ve peroksiasetik asit (40 ppm) ile yıkama işlemleri uygulanmıştır. Yıkama işlemleri gerçekleştirilen çileklere soğukta depolama esnasında 14 gün boyunca pH, toplam asitlik, suda çözünür kuru madde (briks), C vitamini, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, toplam canlı mikroorganizma, küf ve maya sayısı analizleri uygulanmıştır. Ultrases yıkamanın, kavitasyon etkisi sayesinde çileklerde mikrobiyal yükün azaltılması ve biyoaktif özelliklerin korunumunda diğer yöntemle kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [ahmet.gorguc@adu.edu.tr](mailto:ahmet.gorguc@adu.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3018-4595>

<sup>b</sup> [egenccdag@gmail.com](mailto:egenccdag@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4510-0940>

<sup>c</sup> [secciltecimen@hotmail.com](mailto:secciltecimen@hotmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5745-3196>

<sup>d</sup> [sena\\_ankiz@hotmail.com](mailto:sena_ankiz@hotmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8383-8738>

<sup>e</sup> [senemozturk48@gmail.com](mailto:senemozturk48@gmail.com)

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5656-6711>

<sup>f</sup> [hbbiyik@adu.edu.tr](mailto:hbbiyik@adu.edu.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0258-054X>

<sup>g</sup> [fatih.yilmaz@adu.edu.tr](mailto:fatih.yilmaz@adu.edu.tr)

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1370-1231>



## Giriş

Çilek (*Fragaria* × *ananassa*), *Rosaceae* familyasına ait üzüksü meyveler grubunda yer alan ve yirmiden fazla türü olan bir meyvedir. Günümüzde en fazla bahçe çileği olarak da bilinen, *Fragaria* ve *Ananassa* melezi olan türün yetiştiriciliği yapılmaktadır (Vieira ve ark., 2017). Çilek, karakteristik aroması ve parlak kırmızı renkli görünümü ile en çok tercih edilen meyveler arasında yer almaktadır (Aday ve Caner, 2014). Çileğin aynı zamanda antosiyanin, flavonol ve flavonoidler gibi fenolik bileşikler ve yüksek C vitamini içeriği sayesinde antioksidan özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir (Alexandre ve ark., 2012; Sinha ve ark., 2012).

Dünya çapında üretilen çilek miktarı her geçen yıl artış göstermektedir. Dünyada toplam çilek üretim miktarı 2012 yılında 7.382.136 ton, 2013 yılında 7.877.787 ton, 2014 yılında 8.149.667 ton, 2015 yılında 8.743.917 ton ve 2016 yılında ise 9.118.336 ton olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı verilerine göre en çok üretim yapan ülkeler sırasıyla Çin, Amerika, Meksika, Mısır ve Türkiye'dir (FAOSTAT, 2019). Türkiye'deki çilek üretiminin büyük bir kısmı Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2019) verilerine göre Türkiye'de 2012 yılında 352 bin ton, 2013 yılında 372 bin ton, 2014 ve 2015 yıllarında 376 biner ton, 2016 yılında 415 bin ton ve 2017 yılında ise 400 bin ton çilek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen çilek çeşitleri arasında *Florida Fortuna*, *Sabrina*, *Rubygem*, *Chandler*, *Sweet Charlie*, *Selva*, *Rapella*, *Oso Grande*, *Honeoye*, *Camarosa*, *Yalova* ve *Tioga* yer almaktadır. Ülkemizde örtü altı olarak tabir edilen seralarda gerçekleştirilen çilek yetiştiriciliğinde ve çilek ihracatında en önemli paya sahip şehirlerin Mersin ve Aydın olduğu bilinmektedir (Şahin ve Kendirli, 2012).

Tüketim alışkanlıklarının değişimine bağlı olarak günümüzde meyvelerin taze ve doğrudan tüketime hazır şekilde sunulması talep edilmektedir. Bu doğrultuda, meyvelere minimum düzeyde işlem uygulanarak besinsel kalitenin korunması ile raf ömrünün mümkün olduğu ölçüde uzatılması da önem arz etmektedir (Cordenunsi ve ark., 2003). Taze meyve ve sebzelerde bulunabilen *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* ve *Botrytis cinerea* gibi gıda patojenleri sağlık açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Korkmaz ve Gündüz, 2018; Rosario ve ark., 2017). Ayrıca, çilek, fizyolojik yapısı nedeniyle hem mekanik hasarlara hem de mikrobiyal bozulmalara karşı hassas, depolama koşullarına bağlı değişimle birlikte genellikle bir haftadan kısa raf ömrüne sahip bir meyvedir (Cao ve ark., 2010).

Taze meyve ve sebzeler hasat, ambalajlama, depolama ve nakliyat aşamalarının herhangi birisinde kontaminasyona uğrayabilmektedir. Mikrobiyal kontaminasyona uğrayan taze ürünlerin yüzeyindeki patojenlerin uzaklaştırılması veya gelişimlerinin durdurulması, gıda endüstrisi adına önemli noktalardan birisidir (Cao ve ark., 2010). Çeşitli ajanlar ya da teknikler kullanılarak taze meyve ve sebzelerin başlangıç mikrobiyal yükünün azaltılabildiği; ayrıca raf ömrü süresince kalite özelliklerinin daha iyi korunduğu rapor edilmektedir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013). İşletmelerde taze çileklerin yıkanmasında yaygın olarak klorlu su kullanılmaktadır (Jose ve Vanetti, 2015). Fazla miktarda klorun trihalometan, kloramin, haloketon,

kloropikrin ve haloasetik asitler gibi karsinojen özellikteki bileşiklerin oluşumuna neden olabildiği de bildirilmektedir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013). Bu nedenle, taze meyve ve sebzelerin yıkanmasında klor kullanımı Almanya, Hollanda ve İsveç gibi bazı Avrupa Birliği ülkelerinde yasaklanmıştır (Rosario ve ark., 2017). Genel olarak yıkamada kullanılan kimyasalın üründe kalıntı bırakmaması, sağlık üzerine herhangi olumsuz bir etkiye sahip olmaması, çevre dostu ve düşük maliyetli olması arzu edilmektedir (Cao ve ark., 2010). Bu doğrultuda yıkama işlemlerinde klora alternatif olarak hidrojen peroksit ve peroksiasetik asit gibi farklı kimyasal ajanların kullanımı üzerine yaklaşımlar mevcuttur (Alexandre ve ark., 2012). Peroksiasetik asit, patojen ve gıda bozulmalarına neden olan mikroorganizmaların inaktivasyonunda klordan daha etkili olması, pH, sıcaklık ve organik madde varlığı gibi faktörlerden etkilenmemesi ve parçalanma ürünleri olan asetik asit ve hidrojen peroksit nedeniyle çevresel sorunlara neden olmaması gibi avantajları ile ön plana çıkmaktadır (Jose ve Vanetti, 2015; Rosario ve ark., 2017).

Son dönemlerde taze meyve ve sebzelerin yıkanmasında kimyasal kullanımının azaltılmasına yönelik ultrases, yüksek basınç ve vurgulu elektrik alan gibi çevre dostu yeşil teknolojilerin uygulandığı çalışmalar üzerinde yoğunlaşmaktadır (Jose ve ark., 2014). Ultrases uygulaması, taze meyve ve sebzelerin yıkanmasında termal olmayan, ürünün besin değeri ve aroma özelliklerini etkilemeksizin dayanıklılık sağlayan bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir (Dikilitaş ve ark., 2016). Ultrases yıkama işlemi yüksek dekontaminasyon etkisi, düşük işlem süresi ve uygulanabilirlik açısından ekonomik olması gibi avantajlara da sahiptir (Birmpa ve ark., 2013). Meyve ve sebzelerin yıkanmasında 20–100 kHz frekans aralığındaki düşük enerjili ultrases dalgaları kullanılmaktadır. Bu ses dalgaları, yıkanan ürün üzerinde önemli ölçüde fiziksel veya kimyasal değişime neden olmamaktadır (Jose ve ark., 2014). Ultrases teknolojisinin dekontaminasyon etkisi, kaviteasyon olayı ile açıklanmaktadır (Xie ve ark., 2019). Ultrases dalgaları yıkama ortamında akustik kaviteasyonlar oluşturmada, meydana gelen baloncukların lokalize bölgelerde patlamaları sonucunda ise anlık yüksek sıcaklık ve basınç değerlerine ulaşılmaktadır. Böylelikle, mikroorganizmaların hücre duvarı ve hücre membranları mekanik hasara uğratılmaktadır. Ayrıca, ultrases dalgaları nedeniyle oluşan serbest radikaller de mikroorganizmalar üzerinde DNA hasarına neden olarak kimyasal dekontaminasyon etkisi göstermektedir (Birmpa ve ark., 2013; Rosario ve ark., 2017).

Tüm bu bilgiler doğrultusunda bu çalışmanın amacı, ultrases ve peroksiasetik asit ile yıkama işlemlerinin ülkemizde önemli miktarda yetiştiriciliği yapılan *Rubygem* çeşidi çileğin soğuk havada depolanması esnasında mikrobiyal dekontaminasyon ve bazı kalite kriterleri üzerindeki etkilerini incelemektir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal ve Kimyasallar

Çalışma kapsamında, *Rubygem* çeşidi çilekler Aydın iline bağlı Sultanhisar ilçesindeki yetiştiricilerden temin edilmiştir. İşlemlerde ve analizlerde kullanılan peroksiasetik asit LaMotte (ABD)'den; gamma steril kilitli

numune poşetleri DiaTek (İstanbul)'ten; sodyum hidroksit, 2,6 dikloroindofenol sodyum tuzu, sodyum karbonat ve Folin-Ciocalteu ayracı Merck (Almanya)'ten; okzalik asit, gallik asit, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), etanol ve mikrobiyolojik analizler için kullanılan plate count agar (PCA) ve potato dextrose agar (PDA) Sigma-Aldrich (ABD)'ten temin edilmiştir.

#### *Yıkama İşlemleri*

Laboratuvara getirilen çileklerin sap kısımları alınmış ve sonrasında çilekler üç gruba ayrılarak yıkama işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Yıkama işlemleri sıcaklık kontrolünün sağlandığı ultrases cihazında (Ermaksan, ULT 50-S)  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 10 L su kullanılarak gerçekleştirilmiş ve her yıkamada 2,5 kg çilek kullanılmıştır. Ultrases yıkama işlemi 35 kHz frekansta; 550 W güçte 5 dk. olarak uygulanmıştır. Peroksiasetik asit ile yıkama işleminde 40 ppm peroksiasetik asit kullanılmış ve bu aşamada da 5 dk. yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu, yıkama işlemi uygulanmamış çileklerden oluşturulmuştur. Yıkama işlemleri uygulanan ve uygulanmayan çilekler, steril ambalajlara gruplandırılarak alınmış ve 14 gün boyunca  $+4^\circ\text{C}$ 'de depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama sürecinde, ilk gün (0.)'den başlayarak her iki günde bir olacak şekilde numunelere suda çözünür kuru madde (briks), toplam asitlik, pH, C vitamini, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH), toplam canlı sayısı, toplam küf ve toplam maya analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlemler ve analizlerin özeti Şekil 1'de sunulmuştur.

#### *Suda Çözünür Kuru Madde, Toplam Asitlik ve pH*

Suda çözünür kuru madde analizi ezilmiş haldeki örneklerde refraktometre kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar °Bx olarak verilmiştir. Çileklerin pH değeri, pH metre (Inolab 7110, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Asitlik tayini için ise ezilmiş çileklerden 10 g beher içerisine alınmış ve saf su ile 100 mL'ye tamamlanmış, manyetik karıştırıcı ile homojen bir çözelti elde edilerek bu homojen çözeltinin pH değeri  $8,1^\circ$  ulaşana kadar 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan 0,1 N NaOH miktarı esas alınarak toplam asitlik değeri sitrik asit cinsinden "g/100 g" olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 1992).

#### *C Vitamini, Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analizleri İçin Ekstraksiyon İşlemleri*

İlk aşamada ezilmiş olan çilekler behere aktarılmış ve Ultraturrax (IKA, T18) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş numunelerden 20 g alınıp 100 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve okzalik asit ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Sonrasında numuneler filtre edilmiş (Whatman No 1) ve falcon tüplerine aktarılarak analizlere kadar  $0^\circ\text{C}$ 'de bekletilmiştir.

#### *C Vitamini Analizi*

C vitamini analizi Ravi ve ark. (2017) tarafından belirtilen metotta yapılan bazı modifikasyonlar ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla 200 µL ekstrakt deney tüpüne aktarılmış üzerine 2000 µL okzalik asit ilave edilerek referans çözelti elde edilmiştir. Ayrıca, farklı deney tüplerine 200 µL ekstrakt ve 2000 µL 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi eklenmiştir. Okzalik asit çözeltisi içeren örneklere karşı 2,6-diklorofenolindofenol

çözeltisi içeren örneklerin absorbansları 518 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Shimadzu IU1800, Japonya). Örneklerin C vitamini miktarları mg/100 g olarak ifade edilmiştir.

#### *Toplam Fenolik Madde Analizi*

Toplam fenolik madde analizi, spektrofotometrik Folin-Ciocalteu metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraktardan 30 µL alınıp 2,37 mL deiyonize su ve 150 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ile karıştırılmış ve karanlıkta 8 dk. bekletilmiştir. Sonrasında test tüpüne 450 µL doymuş (6,5 M) sodyum karbonat çözeltisi eklenerek vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Elde edilen karışım  $40^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 30 dk. bekletilmiş ve 750 nm dalga boyundaki absorbans değeri ölçülmüştür. Sonuçlar, elde edilen kalibrasyon eğrisi ve örneklerin absorbans değerleri kullanılarak "mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g" olarak ifade edilmiştir (Görgüç ve ark., 2019).

#### *Antioksidan Kapasite Analizi*

DPPH yöntemi ile antioksidan kapasite tayini ise Skupien ve Oszmianski (2004)'ye göre, bazı modifikasyonlar ile yapılmıştır. İlk olarak 0,1 mL çilek ekstraktlarının üzerine 2,9 mL 0,1 mM etanolde hazırlanmış DPPH çözeltisi eklenmiş ve vortekslenildikten sonra oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dk. bekletilmiştir. Ardından absorbans değeri, 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrisi, örnek yerine farklı konsantrasyonlarda troluks kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçlar 'µmol Troluks eşdeğeri (TE)/100 g örnek' cinsinden ifade edilmiştir.

#### *Toplam Canlı / Küf ve Maya Analizi*

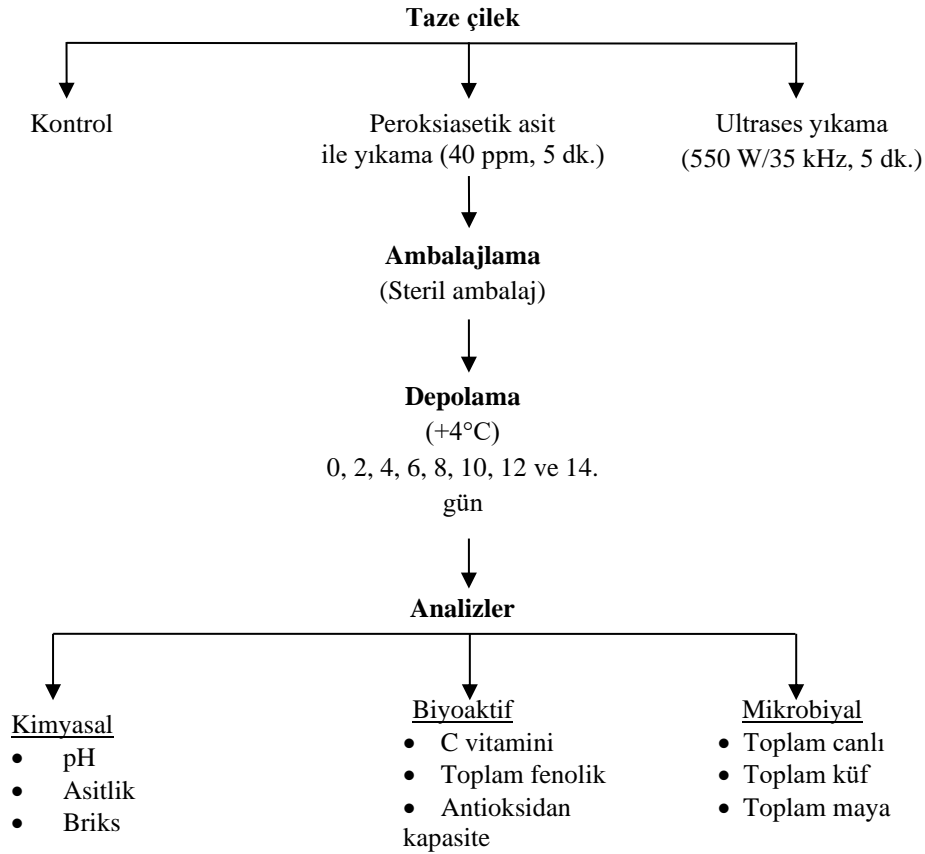
Mikrobiyolojik analizlerde kullanılmak üzere 9 g tuz 1000 mL saf suda çözündürülerek fizyolojik tuzlu su solüsyonu hazırlanmıştır. İlk aşamada elde edilen ezilmiş çileklerden 10 g alınmış ve 100 mL'ye fizyolojik tuzlu su solüsyonu ile tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler toplam canlı, küf ve maya analizleri için kullanılmıştır.

Toplam canlı mikroorganizma analizinde dökme plak yöntemi kullanılmıştır. Hazırlanmış olan örneklerden seyreltme işlemi yapılmadan önce 0,5 mL numune alınmış ve ek olarak seyreltme işlemleri için 1 mL örnek alınarak içerisinde 9 mL solüsyon bulunan test tüplerine aktarılmıştır. Böylece,  $10^{-1}$  ve  $10^{-2}$  oranlarında seyreltilmiş örnekler elde edilmiştir. Bu örnekler petri kabına aktararak üzerine önceden hazırlanmış 15 mL PCA agar dökülmüştür. Sonrasında petriyerler  $37^\circ\text{C}$ 'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında sayımlar yapılmış ve sonuçlar KOB/g olarak ifade edilmiştir.

Toplam küf ve toplam maya analizlerinde ise yayma plaka yöntemi kullanılmıştır. Patates dekstroza agar (PDA)'ın pH değeri laktik asit ile 4-4,5 aralığına düşürülmüş, ardından besiyeri petri kaplarına döküldükten sonra elde edilen dilüsyonlarla ekim yapılmıştır. Örnekler  $25^\circ\text{C}$ 'de 5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında sayım yapılmış ve sonuçlar KOB/g olarak ifade edilmiştir (Sao Jose ve ark., 2015).

#### *Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistikî Analizler*

Verilerin istatistikî değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS 7.0, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiştir ( $P < 0,05$ ).



Şekil 1 Çalışmada izlenen işlem basamakları  
Figure 1 Processing steps followed in the study

## Bulgular ve Tartışma

### *Yıkama İşlemlerinin Çileklerin Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi*

Çalışmanın ilk aşamasında taze çilek örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla pH, toplam asitlik ve briks ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) analizleri yapılmış ve sonuçlar sırasıyla 4,03; 0,50 g/100 g ve 5,73  $^{\circ}\text{Bx}$  olarak tespit edilmiştir. Literatürde diğer çalışmalarda taze çileklerin pH, asitlik ve briks değerleri sırasıyla 3,28; 0,53 g/100 g ve 5,8  $^{\circ}\text{Bx}$  (Lara ve ark., 2004); 3,36; 0,69 g/100g ve 6,17  $^{\circ}\text{Bx}$  (Gani ve ark., 2016) olarak rapor edilmiştir. Aday ve ark. (2013) pH ve  $^{\circ}\text{Bx}$  değerini ise sırasıyla 3,49 ve 5,91 olarak belirlemiş ve yapılan analiz sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çileklere uygulanan peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemlerinin etkileri kontrol grubuyla kıyaslanarak depolama süresinde pH, asitlik ve briks değerlerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 1'de sunulmuştur. Ultrases uygulamasında pH değeri genel olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ultrases yıkama işlemiyle meydana gelen pH değerindeki bu artış, organik asitlerin yıkama uğraması ve ayrıca solunum sürecinin etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Gani ve ark., 2016; Jose ve ark., 2014; Aday ve Caner, 2014). İlk gün yapılan analizlerde farklı uygulamaların pH değeri üzerindeki değişimleri istatistiki açıdan önemsiz bulunurken ( $P>0,05$ ), asitlik değerindeki değişimler istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Çilek örneklerinde depolamada 6. günün sonuna kadar pH değerlerinde artış

görüldükçe, 8. gün sonrasında azalmalar meydana gelmiştir. Toplam asitlik değerlerinde ise uygulanan işlemlere bağlı olarak depolamanın 12. gününden itibaren belirgin bir düşüş gözlenmiştir.

Yıkama işlemlerinin hemen ardından (0. Gün) yapılan analizlerde kontrol grubunun en düşük  $^{\circ}\text{Bx}$  değerine (5,73) sahip olduğu belirlenmiş ve peroksiasetik asit uygulaması (%14,3) ultrases (%7) kıyasla  $^{\circ}\text{Bx}$  değerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Depolama sürecinde her bir uygulama için  $^{\circ}\text{Bx}$  değerinde azalma görülmüş ve 8. güne kadar  $^{\circ}\text{Bx}$  değerinde meydana gelen değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Yapılan bir çalışmada, çileklere uygulanan ultrases ve kimyasallar ile yıkama işleminin  $^{\circ}\text{Bx}$  değeri üzerinde meydana getirdiği değişim ilk iki haftada istatistiki olarak anlamlı bulunurken, artan depolama süresi ile beraber uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2007). Diğer uygulamalara kıyasla en düşük  $^{\circ}\text{Bx}$  değeri işlem görmemiş çileklerde belirlenmiştir. Çalışmamızla paralellik gösteren bu sonuç, depolamanın başlangıcındaki yüksek biyolojik aktivite ve solunum sonucunda makromoleküllerin hızlı hidrolizinden kaynaklanmaktadır (Aday ve Caner, 2014). Depolama süresinin sonunda her bir grup için briks en düşük değerlere ulaşmış ve depolama süresinin  $^{\circ}\text{Bx}$  değeri üzerindeki etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).

Tablo 1 Yıkama işlemlerinin soğukta depolama esnasında çileklerin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi  
 Table 1 The effect of washing processes on physicochemical properties of strawberries during cold storage

G	pH			Asitlik (g/100 g)			Briks (°Bx)		
	K	P	U	K	P	U	K	P	U
0	4,03±0,07 <sup>A,b</sup>	4,02±0,16 <sup>A,b</sup>	4,20±0,08 <sup>A,c</sup>	0,50±0,00 <sup>A,ab</sup>	0,53±0,01 <sup>B,d</sup>	0,50±0,02 <sup>AB,c</sup>	5,73±0,13 <sup>A,abc</sup>	6,55±0,21 <sup>B,d</sup>	6,13±0,38 <sup>AB,c</sup>
2	4,14±0,01 <sup>A,b</sup>	4,24±0,02 <sup>B,c</sup>	4,42±0,09 <sup>C,d</sup>	0,55±0,03 <sup>A,abc</sup>	0,53±0,05 <sup>A,d</sup>	0,52±0,03 <sup>A,c</sup>	6,28±0,24 <sup>AB,c</sup>	5,88±0,17 <sup>A,c</sup>	6,43±0,49 <sup>B,c</sup>
4	4,66±0,07 <sup>A,d</sup>	4,78±0,12 <sup>AB,d</sup>	4,80±0,04 <sup>B,e</sup>	0,58±0,05 <sup>B,bc</sup>	0,54±0,02 <sup>AB,d</sup>	0,50±0,02 <sup>A,c</sup>	5,85±0,41 <sup>B,bc</sup>	5,43±0,36 <sup>AB,bc</sup>	5,10±0,26 <sup>A,ab</sup>
6	4,77±0,01 <sup>A,d</sup>	4,80±0,05 <sup>A,d</sup>	4,83±0,04 <sup>A,e</sup>	0,59±0,04 <sup>A,c</sup>	0,52±0,05 <sup>A,c</sup>	0,52±0,03 <sup>A,c</sup>	5,58±0,44 <sup>B,ab</sup>	5,03±0,38 <sup>AB,ab</sup>	4,80±0,18 <sup>A,a</sup>
8	4,34±0,09 <sup>B,c</sup>	4,19±0,08 <sup>A,c</sup>	4,26±0,05 <sup>AB,c</sup>	0,52±0,09 <sup>A,abc</sup>	0,46±0,06 <sup>A,bc</sup>	0,53±0,03 <sup>A,c</sup>	5,78±0,36 <sup>B,bc</sup>	4,63±0,38 <sup>A,a</sup>	5,10±0,29 <sup>A,ab</sup>
10	4,05±0,01 <sup>B,b</sup>	4,13±0,04 <sup>C,bc</sup>	3,97±0,05 <sup>A,b</sup>	0,55±0,06 <sup>B,abc</sup>	0,46±0,02 <sup>A,bc</sup>	0,56±0,03 <sup>B,d</sup>	5,78±0,67 <sup>A,bc</sup>	5,03±0,15 <sup>A,ab</sup>	5,80±0,95 <sup>A,bc</sup>
12	4,15±0,20 <sup>A,b</sup>	4,01±0,14 <sup>A,b</sup>	4,28±0,08 <sup>A,c</sup>	0,47±0,01 <sup>A,a</sup>	0,41±0,06 <sup>A,ab</sup>	0,44±0,06 <sup>A,b</sup>	5,83±0,25 <sup>B,bc</sup>	4,98±0,28 <sup>A,ab</sup>	5,18±0,73 <sup>AB,ab</sup>
14	3,73±0,10 <sup>B,a</sup>	3,57±0,12 <sup>AB,a</sup>	3,46±0,08 <sup>A,a</sup>	0,52±0,00 <sup>C,abc</sup>	0,37±0,01 <sup>A,a</sup>	0,39±0,02 <sup>B,a</sup>	5,10±0,00 <sup>A,a</sup>	4,53±0,29 <sup>A,a</sup>	4,70±0,57 <sup>A,a</sup>

Değerler "ortalama±standart sapma" cinsinden verilmiştir. Her bir analiz için farklı büyük üst indislere sahip aynı satırdaki; küçük üst indislere sahip aynı sütundaki ortalamalar istatistikî olarak farklıdır (P<0,05), G: Gün, K: Kontrol, P: Peroksiasetik asit, U: Ultrases

Tablo 2 Yıkama işlemlerinin soğukta depolama esnasında çileklerin biyoaktif özellikleri üzerine etkisi  
 Table 2 The effect of washing processes on bioactive properties of strawberries during cold storage

G	C vitamini (mg/100 g)			Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g)			Antioksidan kapasite (µmol TE/100 g)		
	K	P	U	K	P	U	K	P	U
0	50,9±2,7 <sup>C,d</sup>	39,1±0,8 <sup>A,e</sup>	47,6±2,1 <sup>B,e</sup>	132,0±6,7 <sup>AB,b</sup>	126,7±3,2 <sup>A,e</sup>	142,0±8,7 <sup>B,e</sup>	97,6±6,4 <sup>A,b</sup>	89,6±3,1 <sup>A,b</sup>	91,0±6,3 <sup>A,b</sup>
2	30,4±2,6 <sup>A,c</sup>	34,4±1,2 <sup>B,d</sup>	30,1±3,1 <sup>A,c</sup>	125,1±6,3 <sup>B,b</sup>	120,3±3,5 <sup>B,de</sup>	96,5±2,4 <sup>A,a</sup>	91,9±5,2 <sup>B,b</sup>	75,2±4,9 <sup>A,a</sup>	83,9±5,6 <sup>B,ab</sup>
4	25,3±1,1 <sup>B,b</sup>	20,9±0,9 <sup>A,a</sup>	24,4±1,7 <sup>B,b</sup>	109,1±4,0 <sup>A,a</sup>	112,4±4,6 <sup>A,cd</sup>	107,6±3,0 <sup>A,bc</sup>	91,1±4,3 <sup>B,b</sup>	77,0±4,1 <sup>A,a</sup>	78,9±3,1 <sup>A,a</sup>
6	21,2±1,3 <sup>A,a</sup>	23,4±1,5 <sup>B,b</sup>	19,9±0,6 <sup>A,a</sup>	115,4±5,0 <sup>B,a</sup>	102,1±8,0 <sup>A,ab</sup>	110,5±6,2 <sup>AB,c</sup>	98,8±5,0 <sup>B,b</sup>	78,0±6,5 <sup>A,a</sup>	78,1±5,5 <sup>A,a</sup>
8	27,1±0,8 <sup>A,b</sup>	30,0±2,0 <sup>B,c</sup>	33,7±1,9 <sup>C,d</sup>	108,6±4,9 <sup>A,a</sup>	100,1±5,1 <sup>A,a</sup>	99,8±5,8 <sup>A,ab</sup>	109,6±3,2 <sup>B,c</sup>	79,8±4,6 <sup>A,a</sup>	80,3±6,0 <sup>A,a</sup>
10	27,3±1,9 <sup>A,b</sup>	31,1±0,3 <sup>B,c</sup>	27,3±2,5 <sup>A,bc</sup>	116,0±4,4 <sup>B,a</sup>	110,2±3,0 <sup>A,bc</sup>	122,9±2,8 <sup>C,d</sup>	96,4±6,0 <sup>B,b</sup>	78,4±6,3 <sup>A,a</sup>	78,9±6,9 <sup>A,a</sup>
12	19,8±3,0 <sup>A,a</sup>	19,1±1,0 <sup>A,a</sup>	18,9±0,8 <sup>A,a</sup>	109,6±5,6 <sup>B,a</sup>	117,4±3,5 <sup>B,cd</sup>	98,3±9,7 <sup>A,ab</sup>	108,5±3,8 <sup>B,c</sup>	76,3±5,6 <sup>A,a</sup>	79,5±6,2 <sup>A,a</sup>
14	19,4±1,0 <sup>A,a</sup>	19,5±1,8 <sup>A,a</sup>	18,7±1,8 <sup>A,a</sup>	110,5±3,0 <sup>A,a</sup>	113,5±7,2 <sup>A,cd</sup>	113,0±7,6 <sup>A,c</sup>	80,7±5,0 <sup>B,a</sup>	73,7±1,7 <sup>A,a</sup>	81,9±3,0 <sup>B,a</sup>

Değerler "ortalama±standart sapma" cinsinden verilmiştir. Her bir analiz için farklı büyük üst indislere sahip aynı satırdaki; küçük üst indislere sahip aynı sütundaki ortalamalar istatistikî olarak farklıdır (P<0,05), G: Gün, K: Kontrol, P: Peroksiasetik asit, U: Ultrases, GAE: Gallik asit eşdeğeri, TE: Troloks eşdeğeri

### Yıkama İşlemlerinin Çileklerin Biyoaktif Özelliklerine Etkisi

Çalışma kapsamında çileklere uygulanan peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemlerinin depolama süresi boyunca C vitamini, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite üzerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 2'de gösterilmiştir. Taze çileklerin ortalama C vitamini, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 50,9 mg/100 g, 132,0 mg GAE/100 g ve 97,6 µmol TE/100 g olarak belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde, çileklerin C vitamini değeri 38,66 mg/100 g (Yıldız ve ark., 2014); 41,2 mg/100 g (Velde ve ark., 2013); 71,28 mg/100 g (Rosario ve ark. 2017); 80,12 mg/100 g (Gani ve ark., 2016); 82,93 mg/100 g (Cao ve ark., 2010) olarak tespit edildiği görülmüştür. Sonuçlardaki farklılıkların çileğin türü, yetiştirme koşulları ve hasat sonrası depolama koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yıkama sonrası ilk analizler incelendiğinde, yıkama işlemlerinin C vitamini kaybına neden olduğu tespit edilmiş ve yıkamadan hemen sonra yapılan analizlerde en fazla C vitamini degradasyonunun peroksiasetik asit ile yıkamada gerçekleştiği belirlenmiştir. Peroksiasetik asitin pH değeri 5,5-8,2 aralığında değişmekte ve bu yüksek pH değerleri peroksiasetik asitin asetik asit ve oksijene ayrışmasına neden olmaktadır (Kitis, 2004). Bu durum peroksiasetik asitin oksidan etkisini arttırmakta dolayısıyla C vitamini kaybında da artış meydana getirmektedir (Rosario ve ark., 2017). Aynı zamanda kullanılan dezenfektanların pH değeri arttıkça C vitamini degradasyonunun da arttığı çalışmalarda gösterilmiştir (Tüközü ve Karabudak, 2014). Ultrases yıkama işleminin kontrol grubuna kıyasla, C

vitamini değerinde düşüşe neden olduğu; ancak peroksiasetik asit uygulaması ile karşılaştırıldığında C vitamini değerini daha iyi koruduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Bu durum, ultrases ile oluşturulan kaviteasyonun etkisiyle ortamdaki çözünmüş oksijenin ortadan kaldırılması ve böylece oksidatif reaksiyonların oluşumunun engellenmesinden kaynaklanmaktadır (Tiwari ve ark., 2009; Jose ve ark., 2014). Farklı uygulamaların C vitamini değerinde meydana getirdiği değişimler istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (P<0,05). Depolama boyunca her bir uygulama için 6. güne kadar %50'ye yakın C vitamini kaybı belirlenmiş ve depolamanın son günlerinde ise en düşük C vitamini değerleri tespit edilmiştir.

Taze, işlem görmemiş, çileklerin toplam fenolik madde miktarı 132,0 mg/100 g olarak belirlenmiş ve sonuçların literatür ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Nicolau-Lapena ve ark., 2019; Perin ve ark., 2019). Buna rağmen, yapılan bir çalışmada taze çileklerin toplam fenolik madde miktarı 257,1 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Klopotek ve ark., 2005). Bu farklılıklar taze çileklerin farklı olgunluk seviyeleri ve türlere sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Samec ve ark., 2016; Aaby ve ark., 2012). Aynı zamanda farklı ekstraksiyon yöntemleri de elde edilen toplam fenolik madde değeri üzerinde farklılık oluşturabilmektedir (Raks ve ark., 2018; Putnik ve ark., 2018). Bu çalışmada, kontrol grubuna kıyasla ultrases yıkama işlemi ile toplam fenolik madde miktarında artış gözlenirken, peroksiasetik asit uygulaması sonucu düşüş gözlenmiştir. Ultrases yıkama sonucu toplam fenolik madde miktarında gözlenen artışın nedeni ultrases ile oluşan hidroksil radikallerinin (OH<sup>-</sup>), fenolik bileşiklerin

aromatik halkasına eklenmesi ve böylece fenolik bileşiklerin aktivitesinin artmasıdır (Bhat ve ark., 2011; Ashokkumar ve ark., 2008). Yıkama işlemleri sonrası gerçekleştirilen analizlerde farklı uygulamalar arasındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Kontrol grubu için depolama süresindeki artışın, özellikle 4. günden itibaren toplam fenolik madde miktarında önemli farklılıklar oluşturmadığı belirlenmiştir ( $P>0,05$ ). Peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemleri depolama süresindeki artış ile beraber toplam fenolik madde miktarında düşüşe neden olmuş ve en düşük değerler 14. gün yapılan analizler sonunda belirlenmiştir. Bu durum, çileklerdeki nisbi su kaybı ve dolayısıyla enzimlerin polifenoller ile temasının artması ile açıklanabilir (Ktenioudaki ve ark., 2019).

Çalışma kapsamında taze çileklerin antioksidan kapasite değeri  $97,6 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$  olarak tespit edilmiştir. Yıkama işlemleri sonrası yapılan analiz sonuçları (0. gün) incelendiğinde kontrole kıyasla peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemlerinin antioksidan kapasite değerlerinde azalmaya neden olduğu; ancak kaybın ultrases yıkama işleminde daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, ultrases uygulaması ile antioksidan bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğinin artması ile açıklanabilir (Bhat ve ark., 2011).

#### Yıkama İşlemlerinin Çileklerde Mikrobiyal Dekontaminasyona Etkisi

Peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemleri uygulanmış taze çileklerin depolama süresince toplam canlı mikroorganizma, küf ve maya sayıları (KOB/g) Tablo 3'te sunulmuştur. Hem yıkama işlemlerinin hem de depolama süresinin mikrobiyal özellikler üzerinde etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Mikrobiyolojik analizler sonucunda, depolamanın ilk sekiz günü temel alındığında en belirgin artışların ikinci günün sonunda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Toplam canlı

mikroorganizma sayısı dikkate alındığında, yıkama işlemleri uygulanan örneklerin kontrol grubuna kıyasla 10. günün sonunda daha az mikrobiyal yüke sahip oldukları belirlenmiştir. Benzer şekilde, toplam küf sayısının 12. günün sonunda yıkama işlemleri uygulanmışlara kıyasla kontrol numunelerinde belirgin şekilde arttığı anlaşılmaktadır. Toplam maya sayısı incelendiğinde ise, kontrol numunelerinde 10. günün sonunda bir önceki analize kıyasla belirgin bir artış olduğu (%144) ve toplam maya sayısı açısından yıkama işlemleri uygulananlara kıyasla belirgin farklılığa sahip oldukları tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Antimikrobiyal ajanlar ile yıkama işlemleri maya hücrelerinin gelişimini azalttığından peroksiasetik ile yıkanan örneklerde en belirgin etkinin toplam maya sayısında gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Hilgren and Salverda, 2000). Peroksiasetik asit yıkama işleminin toplam maya sayısında 8. günün sonunda etkisinin belirgin olduğu ve özellikle depolama sonunda %68 daha az toplam maya sayısı ile en yüksek etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, peroksiasetik asitin mayaların gelişimi üzerine etkili olduğu gösterilmiştir (José ve Vanetti, 2015; Bang ve ark., 2017). Ultrases yıkama işleminin toplam canlı mikroorganizma ve toplam küf sayısında meydana getirdiği dekontaminasyonun peroksiasetik asite kıyasla daha belirgin olduğu görülürken, toplam maya sayısı bakımından yıkama işlemleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Ultrasesin antimikrobiyal etkinliği hücre içi akustik kativasyona dayandırılmakta ve bu olay hücrenin seçiciliğinin azalması ile açıklanmaktadır. Mikrobiyal inaktivasyon açısından bir diğer mekanizma ise serbest radikal oluşumudur. Ultrases uygulaması sırasında OH-radikalleri ve hidrojen peroksit oluşmakta ve meydana gelen bu bileşenlerin önemli mikrosidal etkilerinin bulunduğu belirtilmektedir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013).

Tablo 3 Yıkama işlemlerinin soğukta depolama esnasında çileklerin mikrobiyal kalitesi üzerine etkisi  
Table 3 The effect of washing processes on microbial quality of strawberries during cold storage

G	Toplam canlı mikroorganizma (KOB/g)			Toplam küf (KOB/g)			Toplam maya (KOB/g)		
	K	P	U	K	P	U	K	P	U
0	295±34,2 <sup>A,a</sup>	255±44,3 <sup>A,a</sup>	225±50,0 <sup>A,a</sup>	170±28,3 <sup>B,a</sup>	85±34,2 <sup>A,a</sup>	60±36,5 <sup>A,a</sup>	0±0,0 <sup>A,a</sup>	25±19,1 <sup>AB,a</sup>	40±16,3 <sup>B,a</sup>
2	415±34,2 <sup>B,b</sup>	380±43,2 <sup>AB,b</sup>	330±57,7 <sup>A,b</sup>	340±51,6 <sup>C,b</sup>	245±30,0 <sup>B,b</sup>	135±44,3 <sup>A,b</sup>	50±25,8 <sup>A,b</sup>	55±34,2 <sup>A,ab</sup>	46,7±30,6 <sup>A,a</sup>
4	425±77,2 <sup>A,bc</sup>	410±41,6 <sup>A,b</sup>	350±41,6 <sup>A,b</sup>	460±51,6 <sup>C,bc</sup>	385±44,3 <sup>B,c</sup>	200±36,5 <sup>A,bc</sup>	70±47,6 <sup>A,b</sup>	60±28,3 <sup>A,ab</sup>	50±25,8 <sup>A,a</sup>
6	460±67,3 <sup>A,bc</sup>	420±58,9 <sup>A,b</sup>	400±58,9 <sup>A,bc</sup>	540±43,2 <sup>C,cd</sup>	420±51,6 <sup>B,c</sup>	255±44,3 <sup>A,cd</sup>	75±34,2 <sup>A,b</sup>	65±44,3 <sup>A,ab</sup>	80±49,0 <sup>A,ab</sup>
8	475±68,1 <sup>A,bc</sup>	425±55,1 <sup>A,b</sup>	420±63,2 <sup>A,bcd</sup>	560±71,2 <sup>B,cd</sup>	530±52,9 <sup>B,d</sup>	305±61,9 <sup>A,de</sup>	90±25,8 <sup>A,b</sup>	80±36,5 <sup>A,abc</sup>	85±34,2 <sup>A,ab</sup>
10	505±41,2 <sup>A,c</sup>	445±44,3 <sup>A,b</sup>	510±52,9 <sup>A,de</sup>	595±55,1 <sup>B,d</sup>	610±57,7 <sup>B,e</sup>	360±58,9 <sup>A,e</sup>	220±32,7 <sup>B,c</sup>	85±44,3 <sup>A,bc</sup>	120±49,0 <sup>A,bc</sup>
12	585±44,3 <sup>B,d</sup>	465±75,5 <sup>A,b</sup>	450±42,4 <sup>A,cd</sup>	720±36,5 <sup>C,d</sup>	605±50,0 <sup>B,e</sup>	320±52,9 <sup>A,de</sup>	295±44,3 <sup>B,d</sup>	125±44,3 <sup>A,cd</sup>	135±50,0 <sup>A,bc</sup>
14	725±50,0 <sup>B,e</sup>	670±73,9 <sup>B,c</sup>	530±62,2 <sup>A,e</sup>	745±34,2 <sup>C,d</sup>	555±34,2 <sup>B,de</sup>	470±52,9 <sup>A,f</sup>	455±34,2 <sup>B,e</sup>	145±30,0 <sup>A,d</sup>	165±25,2 <sup>A,c</sup>

Değerler "ortalama±standart sapma" cinsinden verilmiştir. Her bir analiz için farklı büyük üst indislere sahip aynı satırdaki; küçük üst indislere sahip aynı sütündeki ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ( $P<0,05$ ). G: Gün, K: Kontrol, P: Peroksiasetik asit, U: Ultrases, KOB: Koloni oluşturan birim

#### Sonuç

Dünya'da en çok tüketilen ve önemli pazar payına sahip olan meyveler arasında çilek ön plana çıkmaktadır. Çilek uygun olmayan ortam ve depolama koşullarında kolaylıkla mikrobiyal kontaminasyona ve kalite kaybına uğrayabilen bir meyvedir. Bu çalışmada, hasat sonrasında soğuk havada depolama sürecinde çileklerde meydana gelebilecek fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite özellikleri üzerine uygulanan organik çözelti ve ultrases yıkama işlemlerinin etkilerinin belirlenmesi

amaçlanmıştır. Depolama sürecinde yıkama işlemi gerçekleştirilmeyen kontrol grubu çileklere kıyasla peroksiasetik asit ve ultrases yıkama işlemlerinin biyoaktif ve mikrobiyal özellikler üzerindeki etkileri karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Sonuç olarak, çileklerin fizikokimyasal, biyoaktif ve mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirildiğinde ultrases yıkama işleminin uygulanan yıkama teknikleri arasında en yüksek biyoaktif bileşen korunumu ve mikrobiyal dekontaminasyon etkisi gösteren yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Çalışmaya maddi destek sağlayan TÜBİTAK – BİDEB (2209-A)’e yazarlar olarak teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Aaby K, Mazur S, Nes A, Skrede G. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132(1): 86-97.
- Aday MS, Caner C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1): 344-351.
- Aday MS, Temizkan R, Büyükcın MB, Caner C. 2013. An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound. *LWT-Food Science and Technology*, 52(2): 93-101.
- Alexandre EMC, Brandão TRS, Silva CLM. 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 108(3): 417-426.
- Ashokkumar M, Sunartio D, Kentish S, Mawson R, Simons L, Vilku K, Versteeg CK. 2008. Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: a preliminary study on a model system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2): 155-160.
- Bang HJ, Park SY, Kim SE, Rahaman MMF, Ha SD. 2017. Synergistic effects of combined ultrasound and peroxyacetic acid treatments against *Cronobacter sakazakii* biofilms on fresh cucumber. *LWT-Food Science and Technology*, 84: 91-98.
- Bhat R, Kamaruddin NSBC, Min-Tze L, Karim AA. 2011. Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(6): 1295-1300.
- Birmpa A, Sfika V, Vantarakis A. 2013. Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. *International Journal of Food Microbiology*, 167(1): 96-102.
- Cao S, Hu Z, Pang B, Wang H, Xie H, Wu F. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, 21(4): 529-532.
- Cemeröglü, B. 1992. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları. Biltav Yayınları, Üniversite Kitapları Serisi No: 02-2, Ankara, 381s.
- Cordenunsi BR, Nascimento JD, Lajolo FM. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83(2): 167-173.
- Dikilitaş M, Balak V, Karakaş S. 2016. Ses dalgalarının tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi üzerine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(4): 338-355.
- Ersus Bilek S, Turantaş F. 2013. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. *International Journal of Food Microbiology*, 166(1): 155-162.
- FAOSTAT. 2019. Production quantities of sesame seed by country, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim: 15.05.2019).
- Gani A, Baba WN, Ahmad M, Shah U, Khan AA, Wani IA, Gani A. 2016. Effect of ultrasound treatment on physico-chemical, nutraceutical and microbial quality of strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 66: 496-502.
- Görgüç A, Yıldırım A, Erten E, Takma D, Yılmaz F. 2019. Aydın ilinde yetiştirilen ticari çilek çeşitlerinin fiziksel, kimyasal, biyoaktif ve aroma özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(2): 131-141.
- Hilgren JD, Salverda JA. 2000. Antimicrobial efficiency of a peroxyacetic/octanoic acid mixture in fresh-cut-vegetable process waters. *JFS: Food Microbiology and Safety*, 65(8): 1376-1379.
- Jose JFB, de Andrade NJ, Ramos AM, Vanetti MCD, Stringheta PC, Chaves JBP. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, 45: 36-50.
- Jose JFB, Vanetti MCD. 2015. Application of ultrasound and chemical sanitizers to watercress, parsley and strawberry: Microbiological and physicochemical quality. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 946-952.
- Kitis M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International*, 30(1): 47-55.
- Korkmaz A, Gündüz GT. 2018. Meyve ve sebzelerde UV-C ışık uygulamaları ile küf inhibisyonu. *Akademik Gıda*, 16(4): 458-469.
- Klopotek Y, Otto K, Böhm V. 2005. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14): 5640-5646.
- Ktenioudaki A, O'Donnell CP, do Nascimento Nunes MC. 2019. Modelling the biochemical and sensory changes of strawberries during storage under diverse relative humidity conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 154: 148-158.
- Lara I, Garcia P, Vendrell M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 34(3): 331-339.
- Nicolau-Lapeña I, Abadias M, Bobo G, Aguiló-Aguayo I, Lafarga T, Viñas I. 2019. Strawberry sanitization by peracetic acid washing and its effect on fruit quality. *Food Microbiology*, 83: 159-166.
- Perin EC, da Silva Messias R, Borowski JM, Crizel RL, Schott IB, Carvalho IR, Galli V. 2019. ABA-dependent salt and drought stress improve strawberry fruit quality. *Food Chemistry*, 271: 516-526.
- Putnik P, Lorenzo J, Barba F, Roohinejad S, Režek Jambrak A, Granato D, Bursać Kovačević D. 2018. Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods*, 7(7): 106.
- Raks V, Al-Suod H, Buszewski B. 2018. Isolation, separation, and preconcentration of biologically active compounds from plant matrices by extraction techniques. *Chromatographia*, 81(2): 189-202.
- Ravi K, Pareek S, Pavan K, Shashank A. 2017. Effect of postharvest oxalic acid treatment on ethylene production, quality parameters and antioxidant potential of 'gola'ber (*Ziziphus mauritiana lamk.*) fruit during storage. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 8(6): 1351-1353.
- Rosario DKA, da Silva Mutz Y, Peixoto JMC, Oliveira SBS, de Carvalho RV, Carneiro JCS, Jose JFBS, Bernardes PC. 2017. Ultrasound improves chemical reduction of natural contaminant microbiota and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* on strawberries. *International Journal of Food Microbiology*, 241: 23-29.
- Šamec D, Maretić M, Lugarić I, Mešić A, Salopek-Sondi B, Duralija B. 2016. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. *Food Chemistry*, 194: 828-834.
- Sao José JFB, de Andrade NJ, Ramos AM, Vanetti MCD, Stringheta PC, Chaves JBP. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, 45: 36-50.

- Sao José JFB, Vanetti MCD. 2015. Application of ultrasound and chemical sanitizers to watercress, parsley and strawberry: Microbiological and physicochemical quality. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 946-952.
- Sinha N, Sidhu J, Barta J, Wu J, Cano MP (Eds.). 2012. Handbook of fruits and fruit processing. John Wiley & Sons.
- Skupień K, Oszmiański J. 2004. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa Duch.*) grown in northwest Poland. *European Food Research and Technology*, 219(1): 66-70.
- Şahin G, Kendirli B. 2012. Türkiye’de örtü altı meyve yetiştiriciliği. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 25(1): 9-15.
- Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Cullen PJ, O’donnell CP. 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(3): 598-604.
- TÜİK. 2019. Bitkisel üretim istatistikleri, <http://tuik.gov.tr/> (Erişim: 15.05.2019).
- Türköz D, Karbudak E. 2014. Marulların C vitamini içerikleri üzerine gıda dezenfektanlarının etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(1): 43-51.
- Velde FV, Tarola AM, Güemes D, Pirovani ME. 2013. Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (*Fragaria x ananassa Duch.*). *Foods*, 2: 120-131.
- Vieira SD, de Souza DC, Martins IA, Ribeiro GHMR, Resende LV, Ferraz AKL, Galvao AG, de Resende JTV. 2017. Selection of experimental strawberry (*Fragaria x ananassa*) hybrids based on selection indices. *Genetics and Molecular Research: GMR*, 16(1): 1-11.
- Xie S, Cao H, Li J, Adhikari VP, Yang M, Dong Y, Li D, Du Y. 2019. Bactericidal effects of high intensity focused ultrasound on *Bacillus Calmette-Guerin in vivo* and *in vitro*. *International Journal of Hyperthermia*, 36(1): 886-896.
- Yıldız H, Ercişli S, Hegedus A, Akbulut M, Topdas EF, Aliman J. 2014. Bioactive content and antioxidant characteristics of wild (*Fragaria vesca L.*) and cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*) fruits from Turkey. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87(1): 274-278.
- Zhang H, Wang L, Dong Y, Jiang S, Cao J, Meng R. 2007. Postharvest biological control of gray mold decay of strawberry with *Rhodotorula glutinis*. *Biological Control*, 40(2): 287-292.