Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi
Afyon Kocatepe University – Journal of Science and Engineering
https://dergipark.org.tr/tr/pub/akufemubid

Araştırma Makalesi / Research Article
e-ISSN: 2149-3367
DOI: https://doi.org/10.35414/akufemubid.1600311
AKÜ FEMÜBİD **25 (2025) 051003 (1001-1007)**
AKU J. Sci. Eng. **25 (2025) 051003 (1001-1007)**

Çilek Sirkesinin Bazı Biyolojik Özellikleri

Some Biological Properties of Strawberry Vinegar

Makale Bilgisi / Article Info
Alındı/Received: 12.12.2024
Kabul/Accepted: 02.05.2025
Yayımlandı/Published: 01.10.2025

Zehra Tuğba MURATHAN[1*], Mehmet Can FİLİZ[1], Nurcan ERBİL[2], Mehmet ARSLAN[3]

[1] *Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Battalgazi/Malatya*
[2]*Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Ardahan*
[3]*Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Ardahan*

© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada ülkemiz için henüz yeni bir ürün olan çilek sirkesi yerli bir çeşit olan Kale çileğinden geleneksel olarak üretilmiş ve bazı biyokimyasal ve biyolojik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla Mayıs ayı sonunda hasat edilerek sirkesi yapılan üründe toplam fenolik bileşen ve toplam flavonoid bileşen içerikleri ile antioksidan kapasite belirlenmiştir. Bununla birlikte çilek sirkesinde antibiyofilm aktivite ve mutajenik aktivite belirlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği 189.6 mg GA/mL, toplam flavonoid madde içeriği 13.3 mg KE/mL, ABTS radikali süpürücü aktivitesi % 52.8, DPPH radikali süpürücü aktivitesi % 41.5 ve FRAP değeri 220.2 µmol Fe II/g olarak belirlenmiştir. Çilek sirkesinde en yüksek antibiyofilm aktivitenin *Escherichia coli* ATCC 8739'ye karşı oluştuğu gözlenmiştir. Çilek sirkesi ekstraktlarının denenen dozları TA98 ve TA100 suşlarında mutajen özellik göstermemiştir.

Anahtar Kelimeler: *Antioksidan; Antibiyofilm; Çilek sirkesi; Fenolik; Fragaria x ananassa; Mutajen*

Abstract

In this study, strawberry vinegar, which is a new product for our country, was traditionally produced from a local variety of Kale strawberry and some of its biochemical and biological properties were investigated. For this purpose, total phenolic and total flavonoid content and antioxidant capacity were determined in the product harvested at the end of May and vinegar was made. In addition, antibiofilm activity and mutagenic activity were determined in strawberry vinegar. Total phenolic content was determined as 189.6 mg GA/mL, total flavonoid content as 13.3 mg KE/mL, ABTS radical scavenging activity as 52.8%, DPPH radical scavenging activity as 41.5% and FRAP value as 220.2 µmol Fe II/g. It was observed that the highest antibiofilm activity in strawberry vinegar was formed against *Escherichia coli* ATCC 8739. The tested doses of strawberry vinegar extracts did not show mutagenic properties in TA98 and TA100 strains.

Keywords: *Antioxidant; Antibiofilm; Strawberry vinegar; Phenolic; Fragaria x ananassa; Mutagen*

1. Giriş

Çilek Rosaceae familyasının Fragaria cinsine ait bir türdür. Dünya genelinde ekonomik olarak en fazla yetiştirilen çilekler Fragaria x ananassa melezinin çeşitleridir (Megep 2008).

Dünyada çileğin en önemli üreticisi olan ülkeler Amerika, Çin, Türkiye, İspanya ve Meksika'dır. Ülkemizde *F. vesca* ve *F. viridis* doğal olarak yetişmektedir. 2022 yılı için Dünya çilek üretim miktarı 9.569.865 ton, Türkiye çilek üretimi 728.112 tondur (FAO 2024).

Malatya ili ülkemizin önemli meyvecilik merkezlerindendir. İlde daha çok kayısı üretimi ön planda olmakla birlikte pekçok meyve türünün yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu türlerden bir tanesi de çilektir. 2022 yılında Malatya ilinde çilek üretim miktarı 941 tondur (TUİK 2024). İlde çilek üretimi en fazla Akçadağ, Yeşilyurt ve Kale ilçelerinde yapılmaktadır. Kale ilçesi Elazığ ve Malatya illeri arasında D-300 Karayolu üzerinde, Karakaya Baraj Gölü kenarında bulunmaktadır. Kale ilçesinde 2022 yılında 135 ton çilek üretimi yapılmıştır (TUİK 2024). İlçede en fazla üretilen çilek çeşitleri Albion, Kabarla, Camarosa ve yerli çeşit olan Kale çileğidir. Kale çileği diğer çeşitlere oranla daha küçük, daha aromatik ve daha tatlıdır. Ancak hasat sonrası dayanımı düşüktür.

Fermente bir ürün olan sirkenin yararları günümüzde daha iyi anlaşılmıştır. Üzüm sirkesi yüzyıllardır üzümün asetik asit fermentasyonuna tabi tutulmasıyla elde edilmekte olan ve birçok alanda kullanılan bir ürün iken son yıllarda üzümün yanı sıra elma, alıç, kuşburnu gibi meyvelerin sirkeleri de revaçtadır. Günümüzde çok farklı meyve türlerinden sirke üretimi yapılmaktadır. Çilek sirkesi de bu ürünlerden bir tanesidir. Çilek içerdiği A, B, C vitaminleri, Fe, P, Ca mineralleri, fitokimyasallar ve antioksidan kapasitesi nedeniyle sağlık açısından oldukça faydalı olan bir meyve türüdür (Özgen vd. 2005, 2006). Böylesine yararlı bir meyveyi fermente ederek yararlılığını daha da artırmak mümkündür. Sirke %80 sudan, %20 organik asitler, vitaminler, mineraller, alkoller, aminoasitler, aroma maddeleri ve uçucu bileşiklerden

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zehra Tuğba MURATHAN e-posta/e-mail: zehra.murathan@ozal.edu.tr

oluşmaktadır. Elde edilen ürünün kalitesi üretimde kullanılan hammaddeye ve suya bağlı olarak değişmektedir (Casale vd. 2006). Ülkemiz için yeni bir ürün olan çilek sirkesi İspanya'da uzun yıllardır üretilen bir üründür.

Uluslararası literatür incelendiğinde çilek sirkesiyle ilgili çalışmaların daha çok üretim proseslerine yönelik olduğu görülmektedir (Chen ve Huang 2011, Jiang ve Haibin 2011). Bununla birlikte ürünün biyokimyasal özellikleri ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır (Gokirmakli vd. 2019, Ubeda vd. 2012, Ubeda vd. 2013, Ubeda vd. 2016). Benzer şekilde antibiyofilm ve mutajenik aktiviteye yönelik olarak ta herhangi bir çalışma mevcut değildir.

Sirkelerin farklı kullanım alanları mevcuttur, ancak en fazla gıda ürünü olarak kullanılmaktadırlar. Turşu üretiminde sıklıkla kullanımının yanı sıra özellikle alıç, elma sirkesi gibi ürünler farklı tıbbi amaçlarla ağızdan direk içilerek te kullanılmaktadır. Bu nedenle biyolojik özelliklerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Sirkenin içerdiği toplam biyoaktif bileşen miktarları ve antioksidan aktivite düzeylerinin düşük veya yüksek oluşunun bilinmesi, aynı zamanda antibiyofilm ve mutajenik aktivitesinin ortaya çıkarılması önem arz etmektedir. Çalışmada ülkemiz için henüz çok yeni bir ürün olan çilek sirkesi, yerli bir çilek çeşidi olan Kale çileğinden geleneksel olarak üretilmiştir. Bu çalışmanın amacı Kale çileğinden geleneksel metotlarla elde edilen çilek sirkesinde toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri, antioksidan kapasite düzeyleri, antibiyofilm ve mutajenik aktivite değerlerinin belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çilek Hasadı ve Sirke Yapımı

Çalışmada Malatya ili Kale ilçesinde yerli olarak yetiştirilmekte olan Kale çileği hammadde olarak kullanılmıştır. Bu amaçla 2022 yılı mayıs ayı Kale ilçesi merkezinde bulunan çilek tarlasından hammadde temini yapılmıştır. Örnekler soğutuculu çanta ile Malatya Battalgazi ilçesinde bulunan Malatya Turgut Özal Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitkiler laboratuvarına getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen çilekler; yeşil yaprakları alınmadan çöp, yabancı cisim vs.'den arıtıldıktan ve yıkandıktan sonra elle ezilerek temiz bir cam kavanoz (1 L) içerisine, kavanozun ¼'ünü dolduracak şekilde konulmuştur. Üzerine fermentasyonu kolaylaştırmak amacıyla yarım çay bardağı evde yapılmış üzüm sirkesi eklenmiş, kavanozun kalanı hazır su ile doldurulmuştur. Kavanozun üzeri hava alması amacıyla kağıt peçete ile örtülerek lastiklenmiştir. Her gün tahta bir kaşık yardımıyla 1-2 dakika karıştırılarak 20 gün fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon süresi tamamlandıktan sonra süzülmüş, 4000 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatan kısmı analizlerde kullanılmıştır.

2.2. Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde Tayini

Çilek sirkesi belli oranda saf su ile seyreltildikten sonra toplam fenolik madde içeriği Folin–Ciocalteu metoduyla tespit edilmiştir (Singleton ve Rossi 1965). 0.1 mL örnek, 0.90 mL distile su ve 5 mL 0.2 N Folin–Ciocalteau çözeltisi 4 mL sodyum karbonat (% 7.5) çözeltisi ile karıştırılmış ve karışım 2 saat, oda sıcaklığında, karanlık ortamda inkübe edilmiştir. Süre sonunda karışımın absorbansı 765 nm'de spektrofotometrede belirlenmiş ve gallik asit standardından yararlanarak mg gallik asit eşdeğeri (GA)/mL cinsinden hesaplanmıştır.

Toplam flavonoid madde içeriği Zhishen vd. (1999)'un alüminyum klorid kolorimetrik analiz metodunda bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Belirli oranda saf su ile seyreltilen 0.1 mL örnek, 4 mL distile su ve 0.3 mL sodyum nitrat (%5 $NaNO_2$) ile karıştırılmış ve 5 dakika dakika beklenmiştir. Süre sonunda 0.3 mL alüminyum klorid (%10 $AlCl_3.6H_2O$) eklenip 5 dakika beklenmiş ve karışımın üzerine 2 mL 1 M sodyum hidroksit (NaOH) eklenip toplam hacim distile su ile 10 mL'ye ayarlanmıştır. Karışım oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dakika inkübe edildikten sonra 510 nm'de spektrofotometrede absorbans ölçümü yapılmış, toplam flavanoid madde içeriği kateşin standardından yararlanılarak mg kateşin eşdeğeri (KE)/mL cinsinden hesaplanmıştır.

2.3. Antioksidan Aktivite Testleri

DPPH Metodu

Örneklerin DPPH radikal süpürücü aktiviteleri Singh vd. (2002) metodunda bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0.1 mL seyreltik örnek, 3.9 mL DPPH çözeltisi ile karıştırılarak oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiş ve absorbans ölçümleri 517 nm'de spektrofotometrede tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite Eşitlik 1'deki formüle göre belirlenmiştir.

$$\%DPPH = \frac{Akontrol - Aörnek}{Akontrol} x100 \qquad (1)$$

ABTS Metodu

Örneklerin ABTS radikali süpürücü aktivitesini belirlemek amacıyla Tovar-Jiménez vd. (2012) metodu kullanılmıştır. ABTS (7 mM) ve potasyum per sülfat (2.45 mM) eşit oranda alınarak stok çözelti elde edilmiş ve oda şartlarında 16 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda stok çözeltinin absorbansı 754 nm'de 0.7 oluncaya kadar

etanolle seyreltilmiştir. Seyreltilmiş örneğin 150 µL'si 2.85 mL ABTS çözeltisiyle birleştirilerek 7 dakika beklendikten sonra spektrofotometrede 745 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Antioksidan aktivite Eşitlik 2'deki formüle göre belirlenmiştir.

$$\%ABTS = \frac{Akontrol - Aörnek}{Akontrol} x100 \quad (2)$$

FRAP Metodu

FRAP ajanı sodium asetat tamponu (300 mM, pH3.6), TPTZ çözeltisi (40 mM HCl içerisinde 10 mM) ve 20 mM $FeCl_3 6H_2O$ karışımıyla 10:1:1 oranında hazırlanmış ve 37 °C'de su banyosunda ılıtılmıştır. 14 µL seyreltik örnek 504 µL TPTZ çözeltisi karıştırılmış ve 30 dakika saat kısaltılmıyor dakika da kısaltılmamalıdır 25 °C'de inkübe edilmiştir. Karışımın absorbansı spektrofotometrede 593 nm'de belirlenmiş ve $FeSO_4$ ile hazırlanan standart grafik yardımıyla µmol Fe (II)/L olarak hesaplanmıştır (Luo vd. 2012).

2.4. Antibiyofilm Aktivite Testleri

Çilek sirkesinin antibiyofilm etkisini belirlemek amacıyla modifiye edilmiş kristal viyole yöntemi kullanılmıştır. *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Salmonella enterica* subsp. enterica serovar Typhimurium ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu, Manassas, VA, ABD) test bakterisi olarak kullanılmıştır. Analizler esnasında LB broth (Merck, Almanya) kullanılmış ve test bakterileri Mc Farland 0.5 standardına göre ayarlanmıştır. 96 kuyucuklu mikroplakalar 37 °C'de 48 saat inkübe edilmiş ve inkübasyon sonrasında kuyucuklar boşaltılarak 2-3 kez distile su ile yıkanmıştır. Daha sonra kuyucuklara 130 µL %95 metanol (Merck, Almanya) eklenerek fiksasyon için 15 dakika beklenmiştir. Bu sürenin sonunda kuyucuklardaki metanol boşaltılmış ve kuyucuklara 125 µL %0.1'lik kristal viyole solüsyonu eklenerek 10 dakika beklenmiştir. Mikroplakalar 2-3 kez distile su ile yıkandıktan sonra kuyucuklara Gram (+) bakteriler için 200 µL %33'lük glasiyal asetik asit (Merck, Almanya), Gram (-) bakteriler için ise %95 etanol (Merck, Almanya) eklenmiştir. Mikroplakalar ELISA Reader ile 600 nm'de spektrofotometrik olarak okunmuştur (Chaieb vd. 2011).

2.5. Mutajenik Aktivite Testleri

Mutajenik aktivite Maron ve Ames (1983) tarafından geliştirilen Plak inkorporasyon metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bakteriyel test suşu ve test bileşiği top agara karıştırılmış, glukoz agar içeren plaklara dökülmüştür. 48-72 saat inkübasyon (37 °C'de) sonunda his+ revertant bakteri kolonileri belirlenmiştir. Test bileşiğinin ortaya çıkardığı revertant koloniler ile kontrol revertant koloniler karşılaştırılmış, test bileşiğinin mutajenik etkileri olup olmadığı belirlenmiştir.

2.6. İstatistiksel Analizler

Çalışmada analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Verilerin ortalama değerleri ve standart sapmaları SPSS 25.0 paket programı ile belirlenmiştir. Mutajenite testinin istatistiksel analizi için öncelikle veri setlerinin normalitesi Shapiro-Wilk testi ile belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren verilerin homojeniteleri Levene's değişkenleri homojenitesi testine tabi tutulmuştur. OneWay ANOVA testine göre homojen dağılan veriler Duncan, homojen olmayan veriler Dunnett's C post-hoc testleri ile değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çilek sirkesinin içerdiği toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre sirke örneğinin toplam fenolik madde içeriği 189.6 mg GA/mL, toplam flavonoid madde içeriği 13.3 mg KE/mL olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Çilek sirkesinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri ve antioksidan aktivite değerleri

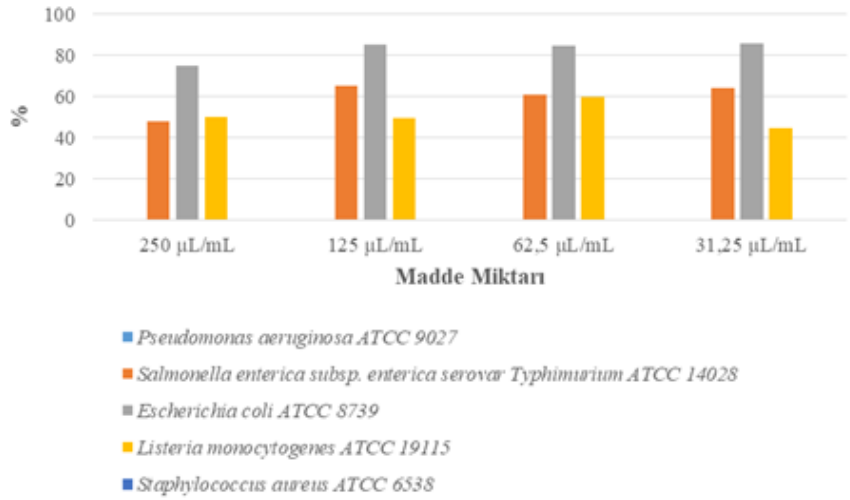
	Çilek sirkesi
Toplam Fenolik Madde (mg GA/mL)	189.6±2.1
Toplam Flavonoid Madde (mg KE/mL)	13.3±0.2
ABTS (%)	52.8±9.2
DPPH (%)	41.5±2.2
FRAP (µmol FeII/L)	220.2±3.9

Ubeda vd. (2013), ürettikleri çilek sirkesinde toplam fenolik madde içeriğini 161 mg/100 mL olarak belirlemişlerdir. Gokirmakli vd. (2019), Isparta ilinden temin ettikleri çileklerden elde ettikleri sirkede en fazla bulunan fenolik bileşenlerin gallik asit, klorojenik asit, kateşin ve epikateşin olduğunu bildirmişlerdir. Jeong vd. (2009) 8 meyve sirkesinde toplam fenolik madde içeriğini 54.18-491.02 µg/mL olarak belirlemişlerdir. Hurma sirkesinin en yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bakır vd. (2017) farklı bitkisel kökenli sirkelerinin toplam fenolik madde içeriğinin 17-255 mg/100mL, toplam flavonoid madde içerininin 2.4-96 mg/100mL aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Liu vd. (2019) 23 meyve sirkesinde toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriğini 29.64-3216.6 mg/L ve 2.22-753.2 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Araştırıcılar meyve sirkelerinde en yaygın olarak tespit edilen fenolik bileşiklerin gallik asit, protokatekuik asit, klorojenik asit ve kafeik asit olduğunu belirlemişlerdir. Literatür verileriyle karşılaştırıldığında çalışmamızdaki çilek sirkesi örneğinin yüksek miktarda fenolik ve flavonoid madde içerdiği görülmektedir. Meyvelerin içerdiği fenolik madde miktarı

bitkinin genetik yapısıyla ilişkili olabileceği gibi bitkinin yetiştiği ekolojik şartlarla da değişebilmektedir. Ayrıca sirke yapım metodu ve kullanılan analiz metotları da sonuçları etkilemektedir.

Bitkilerin antioksidan kapasitesi içerdikleri fitokimyasalların miktarıyla yakından ilişkilidir. Günümüzde tükettiğimiz birçok bitkisel kökenli ürün belirli oranlarda antioksidan aktiviteye sahiptir. Tüketilen ürünlerin antioksidan aktivite değerlerinin bilinmesi önemlidir. Çilek sirkesinin antioksidan aktivite değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Sirke örneğinin ABTS radikali süpürücü aktivitesi % 52.8, DPPH radikali süpürücü aktivitesi % 41.5 ve FRAP değeri 220.2 µmol Fe II/g olarak belirlenmiştir. Gökırmaklı ve ark. (2019) çilek sirkesinde TEAC değerini 6.26 mM olarak belirlemişlerdir. Bakır vd. (2017) farklı sirkelerin ABTS radikal süpürücü aktivitesinin 32.6-373 mg/100mL, DPPH radikal süpürücü aktivitesinin 13-517 mg/100mL ve FRAP değerlerinin 25-421 mg/100mL olduğunu bildirmişlerdir. Liu vd. (2019) 23 meyve sirkesinde FRAP değerini 0.15-23.52 µmol Fe(II)/mL olarak tespit etmişlerdir.

Pellegrini vd. (2003) üzüm sirkesinde FRAP değerini 9.5 mmol/L olarak belirlemişlerdir. Jeong vd. (2009) *Prunus mume*, üzüm ve hurma sirkelerinin DPPH radikal süpürücü aktivitelerinin sırasıyla % 93.16, 90.91 ve 87.86 olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı araştırıcılar yaban mersini, üzüm, kaktüs meyvesi, hurma ve *Prunus mume* sirkelerinin ABTS radikal süpürücü aktivitelerini sırasıyla % 96.81, 98.37, 96.67, 97.93 ve 97.78 olarak belirlemişlerdir. Çilek sirkesinde daha önce ABTS, DPPH ve FRAP metotlarıyla antioksidan kapasite belirlenmemiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar farklı meyvelerle yapılan sirke örnekleriyle karşılaştırıldığında çilek sirkesinin antioksidan kapasitesinin daha az olduğu görülmektedir. Bu durum sirkenin yapıldığı meyvenin içerdiği biyoaktif bileşenlerin miktarı ve fermentasyon koşullarıyla ilşkili olabileceği gibi analiz metotlarındaki farklılıklarla da ilişkili olabilir. Çilek sirkesinin antioksidan kapasitesi diğer sirkelere göre az olmakla birlikte ürünün biyoaktivitesi açısından düşünüldüğünde iyi düzeydedir. Biyofilmler, mikroorganizmaların herhangi bir yüzeye yapışıp, kendi ürettikleri polimerik yapıda jelsi bir tabaka ile kaplanmaları sonucunda oluşan yapılardır. Biyofilmler mikroorganizmaları UV, radyasyon, pH, dezenfektanlar, ozmotik basınç, su kaybı ve antibiyotik gibi birçok faktöre karşı korumaktadır (Leone vd. 2006, Gün ve Ekinci 2009). Biyofilmlerin oluşumunu engelleyen ürünler antibiyofilm olarak adlandırılmaktadır. Bitkilerde bulunan birçok biyoaktif bileşenin antibiyofim özelliği bulunmaktadır (Signoretto vd. 2012). Çilek sirkesinin *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu, Manassas, VA, ABD) test bakterilerine karşı antibiyofilm aktivitesi Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Çilek sirkesinin antibiyofilm aktivitesi

Analiz sonuçlarına göre, çilek sirkesinde *P.aeruginosa* ATCC 9027 ve *S. aureus* ATCC 6538'a karşı antibiyofilm aktivite belirlenememiştir. Test bakterileri içerisinde en yüksek antibiyofilm aktivitenin *E. coli* ATCC 8739'a karşı oluştuğu gözlenirken, *S. enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028 ve *L. monocytogenes* ATCC 19115'de daha zayıf bir etki tespit edilmiştir. Kahraman vd. (2021) üzüm ve elma sirkelerinin *S. aureus* ve *P. aeruginosa* türlerinin populasyonlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Araştırıcılar %50 ila %6.25'lik konsatrasyona sahip sirke örneği içeren çözeltilerin her iki bakteride de neredeyse %100 biyofilm oluşumunu engellediğini belirlemişlerdir. Pedroso vd. (2018) elma sirkesi örneklerinin *S. aureus* tarafından oluşturulan

biyofilmi önemli derecede azalttığını tespit etmişlerdir. Bilindiği gibi sirke asetik asit içermektedir. Halstead vd. (2015) asetik asidin *P. aeruginosa* tarafından biyofilm oluşumunu engellediğini belirlemiştir. Yine Tsang vd. (2018) %5 ve %3'lik konsantrasyondaki asetik asitin sırasıyla %96.1 ve %85.9 oranında *S. aureus* tarafından biyofilm oluşumunu engellediğini tespit etmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında antioksidan kapasitede görüldüğü gibi çilek sirke örneğinin daha zayıf bir antibiyofilm aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Antibiyofilm aktivitenin, örneklerin içerdiği biyoaktif bileşenlerin ve asetik asitin miktarına bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir. Sonuçlar arasındaki farklılıklar bu değişikliklerle ilişkilidir.

Çizelge 2. Çilek Sirkesi Örneklerinin Mutajenite Sonuçları

TA 98	
Konsantrasyon	**Revertant koloniler**
	Ort±Sd***
Kontrol	14.00 ± 3.52
Pozitif kontrol (4-NPD)*	1725.33 ± 186.9
10 µl/plate	9.67 ± 3.2
20 µl/ plate	15.00 ± 2.5
40 µl/ plate	12.33 ± 0.33
80 µl/ plate	7.00 ± 0.57
100 µl/ plate	12.00 ±2.64
TA 100	
Konsantrasyon	**Revertant koloniler**
	Ort±Sd
Kontrol	116.66 ± 7.96
Pozitif kontrol (SA) **	992.00 ± 117.11
10 µl/plate	122.33 ± 8.96
20 µl/ plate	124.33 ± 15.24
40 µl/ plate	127.33 ± 35.14
80 µl/ plate	93.33 ± 13.93
100 µl/ plate	156.00 ± 10.78

*4-NPD: 4-nitro-o-phenylenediamine; **SA: Sodyum azid; ***Sd: Standard sapma a: Kontrol ile aradaki fark önemlidir; * P≤0.05

Bitkilerin çeşitli organları yüzyıllardır gıda amaçlı tüketilmektedir. Bitkilerin içerdiği bazı bileşenler belirli dozların üzerinde alındığında mutajenik etkiye neden olarak canlı DNA'sında hasar meydana getirebilmektedir. Bu nedenle bitkisel kökenli gıdaların mutajenik aktivite değerlerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Çilek sirkesi örneklerinin mutajenik aktivite test sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir. Örneklerin mutajenite denemeleri *S. typhimurium* TA98 ve TA100 suşları üzerinde araştırılmıştır. Yapılan ön deneme sonuçlarına göre çilek sirkesinin 5 farklı konsatrasyonu (10, 20, 40, 80 ve 100 µl/Plak) kullanılmıştır. Çilek sirkesi ekstraktlarının denenen dozları TA98 ve TA100 suşlarında mutajen özellik göstermemiştir. Spada ve ark. (2008) çileğin de içinde bulunduğu dört farklı dondurulmuş meyve ekstraktının (kaju, elma, kivi, çilek) yüksek konsantrasyonlarının mutajenik etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Arslan ve ark. (2022) Ardahan ilinde yetişen yabani çilek genotiplerinin 4 farklı konsantrasyonunun (10, 20, 40 ve 80 µL/plaka) antimutajenik aktivite denemelerinde Posof dağ çileğinin iki dozunun (40 µL/plaka ve 80 µL/plaka) TA 98 ve TA 100 suşlarında antimutajen özellik gösterdiğini belirlemişlerdir.

4. Sonuçlar

Fermente bir ürün olan sirkenin farklı kullanım alanları mevcuttur, ancak en fazla gıda ürünü olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi sirkenin turşu üretiminde sıklıkla kullanımının yanı sıra özellikle alıç, elma sirkesi gibi ürünler farklı tıbbi amaçlarla ağızdan direk içilerek te kullanılmaktadır. Bu nedenle biyolojik özelliklerinin bilinmesi önem taşımaktadır.

Günümüzde çok farklı meyve türlerinden sirke üretimi yapılmaktadır. Çilek sirkesi yurtdışında, özellikle İspanya'da üretilmesine rağmen, ülkemiz için yeni bir üründür. Çilek meyvesi çok sayıda vitamin, mineral ve biyoaktif bileşen barındırmaktadır. Meyvenin fermentasyonuyla birlikte yararlı bileşen miktarı daha da artmaktadır. Bu bakımdan bu yeni ürünün üretiminin ve tüketiminin artırılması önemlidir.

Ülkemiz çok sayıda yerli çilek genotipine sahiptir. Genel olarak yerli çilek çeşitlerinin raf ömrü standart ticari çeşitlere oranla daha azdır. Fakat aroma ve tat değerleri daha yüksektir. Hasattan sonra bir veya iki gün içerisinde tüketilmeleri gerekmektedir. Raf ömrü kısa olan bu yerli çeşitlerin sirke üretiminde değerlendirilmesi ekonomik kayıpların önüne de geçecektir. Yapılan çalışmada Kale çileğinden elde edilen sirkenin fenolik ve flavonoid maddeler gibi biyoaktif bileşenlerce zengin olduğu ve antioksidan kapasitesinin iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çilek sirkesinin gıda ve su kaynaklı yaygın bir patojen olan E.*coli*'ye karşı antibiyofilm aktiviteye sahip olması da oldukça önemlidir. Sirkenin denenen hiçbir dozu TA98 ve TA100 suşlarında mutajen özellik göstermemiştir. Dolayısıyla ürün güvenle tüketilebilir. Bu çalışmada yerli Kale çileğinden geleneksel metotlarla çilek sirkesi üretiminin pilot bir çalışma olarak değerlendirilebileceği ve çalışma verilerinin daha sonra yapılacak yeni projelere rehberlik edebileceği öngörülmektedir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Deney, Görselleştirme, Yazma, Metodoloji, Fikir Sahibi

Yazar 2: Araştırma, Deney tasarımı, Proje Yöneticisi, Görselleştirme, Yazma –orijinal taslak

Yazar 3: Araştırma, Kaynaklar, Araştırma, Deney, Görselleştirme
Yazar 4: Araştırma, Kaynaklar, Araştırma, Deney, Görselleştirme

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

Teşekkür

Bu araştırma, TÜBİTAK 2209-A "Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" kapsamında desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

Arslan, M., Erbil, N. ve Murathan, Z.T., 2018. Ardahan ve çevresinde yabani olarak yetişen gilaburu meyve ekstraktının antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktivitelerinin araştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, **8(1)**, 18-25. http://doi.org/10.17714/gumusfenbil.294719

Bakir, S., Devecioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F. and Capanoglu, E., 2017. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. European Food Research and Technology, **243**, 2083-2094. http://doi.org/10.1007/s00217-017-2908-0

Casale, M., Abajo, M.J.S., Saız, J.M.G., Pızarro, C. and Forina, M., 2006. Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-Infrared spectroscopy. Analytica Chimica Acta, **557**, 360-366. https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.10.063

Chaieb, K., Kouidhi, B., Jrah, H., Mahdouani, K. and Bakhrouf, A., 2011. Antibacterial activity of Thymoquinone, an active principle of *Nigella sativa* and its potency to prevent bacterial biofilm formation. BMC Complementary and Alternative Medicine, **11**, 29. http://doi.org/10.1186/1472-6882-11-29

Chen, W. And Huang, B., 2008. Study of production for strawberry vinegar. China Brewing, **13**, 0-33.

Gokirmakli, Ç., Budak, N.H., Guzel-Seydim, Z.B., Seydim, A.C., Filiz, B.E. and Karakulak, I.D., 2019). Antioxidant properties of strawberry vinegar. International Journal of Food Engineering, **5(3)**, 171-174. http://doi.org/10.18178/ijfe.5.3.171-174

Gün, İ. ve Ekinci, Y., 2009. Biyofilmler: Yüzeylerdeki Mikrobiyal Yaşam. Gıda, **34(3)**, 165-173.

Halstead, F.D., Rauf, M., Moiemen, N.S., Bamford, A., Wearn, C.M., Fraise, A. P., Lund P.A., Oppenheim B. A. and Webber, M.A., 2015. The antibacterial activity of acetic acid against biofilmproducing pathogens of relevance to burns patients. PloS one, **10(9)**, e0136190. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0136190.

Jeong, C.H., Choi, G.N., Kim, J.H., Kwak, J.H., Kang, S.T., Choi, S.G. and Heo, H. J., 2009. In vitro antioxidant properties and phenolic composition of Korean commercial vinegars. Food science and biotechnology, **18(5)**, 1258-1262.

Jiang, Y. and Haibin, Q., 2011. Optimization of strawberry vinegar fermentation by response surface method. China Brewing, **9**, 0-32.

Kahraman, H.A., Tutun, H., Kaya, M.M., Tutun, S., Usluer, M.S., Rugji, J. And Yurdakul, O., 2021. Total phenolic content, antiradical, antimicrobial and antibiofilm properties of grape and apple vinegar. Journal of Advances in VetBio Science and Techniques, **6(2),** 150-158. https://doi.org/10.31797/vetbio.960155

Leone, S., Molinaro, A. and Alfieri, F., 2006. The biofilm matrix of Pseudomonas spp. OX1 grown on phenol is mainly constituted by alginate oligosaccharides. Carbohydrate Research, **341**, 2456-2461. http://doi.org/10.1016/j.carres.2006.06.011.

Liu, Q., Tang, G.Y., Zhao, C.N., Gan, R.Y. and Li, H.B., 2019. Antioxidant activities, phenolic profiles, and organic acid contents of fruit vinegars. Antioxidants, **8(4)**, 78. http://doi.org/10.3390/antiox8040078

Luo, J., Li, L. and Kong, L., 2012. Preparative separation of phenylpropenoid glycerides from the bulbs of Lilium lancifolium by high-speed counter-current chromatography and evaluation of their antioxidant activities. Food Chemistry, **131**, 1056-1062. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.112

Maron, D.M. and Ames, B.N., 1983. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mutation research/environmental mutagenesis and related subjects, **113(3-4)**, 173-215.

Özgen, M., Kovach, J., Harper, L.D., Wright, S. and Scheerens, J.C., 2005. The impact of tarnished plant bug damage on antioxidant characteristics of organically and conventionally grown strawberries. HortScience, **40(4)**, 1070C-1070. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.4.1070C

Özgen, M., Reese, R.N., Tulio, A.Z., Miller, A.R. and Scheerens, J.C., 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) method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, **54**, 1151-1157. https://doi.org/10.1021/jf051960d

Pedroso, J.D.F., Sangalli, J., Brighenti, F.L., Tanaka, M.H. and Koga-Ito, C.Y., 2018. Control of bacterial biofilms formed on pacifiers by antimicrobial solutions in spray. International journal of paediatric dentistry, **28(6)**, 578-586. http://doi.org/10.1111/ipd.12413

Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., Brighenti, F., 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. Journal of Nutrition, **133**, 2812-2819. https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812

Rauha, J.P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kahkonen, M., Kujala, T., Pihlaja, K. and Vuorela, P., 2000. Antimicrobial effects of finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. International Journal of Food Microbiology, **56**, 3-12. Bu kaynak metin içinde yok https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00218-X

Signoretto, C., Canepari, P., Stauder, M., Vezzulli, L. and Pruzzo, C., 2012. Functional foods and strategies contrasting bacterial adhesion. Current opinion in biotechnology, **23(2)**, 160-167. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.006

Singh, R., Chidambara Murthy, K. and Jayaprakasha, G., 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. Journal of agricultural and food chemistry, **50(1**), 81-86. https://doi.org/10.1021/jf010865b

Singleton, V. and Rossi, A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- hosphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture, **16**, 144-158. https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144

Spada, P. D., de Souza, G. G. N., Bortolini, G. V., Henriques, J. A., & Salvador, M. (2008). Antioxidant, mutagenic, and antimutagenic activity of frozen fruits. Journal of Medicinal Food, **11(1)**, 144-151. https://doi.org/10.1089/jmf.2007.598

Tovar-Jiménez, X., Arana-Cuenca, A., Téllez-Jurado, A., Abreu-Corona, A. and Muro-Urista, C., 2012. Traditional methods for whey protein isolation and concentration: Effects on nutritional properties and biological activity. Journal Mexican Chemistry Society, **56**, 369-377. https://doi.org/10.29356/jmcs.v56i4.246

Tsang, S.T.J., Gwynne, P.J., Gallagher, M.P. and Simpson, A.H.R.W., 2018. The biofilm eradication activity of acetic acid in the management of periprosthetic joint infection. Bone & joint research, **7(8)**, 517-523. http://doi.org/10.1302/2046- 3758.78.

Ubeda, C., Callejón, R.M., Hidalgo, C., Torija, M.J., Troncoso, A. M., and Morales, M.L., 2013. Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. LWT-Food Science and Technology, **52(2)**, 139-145. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.021

Ubeda, C., Callejón, R., Troncoso, A., Moreno-Rojas, J., Peña, F. and Morales, M., 2012. Characterization of odour active compounds in strawberry vinegars. Flavour and Fragrance Journal, **27 (4)**, 313-321. https://doi.org/10.1002/ffj.3103

Ubeda, C., Callejón, R., Troncoso, A., Moreno-Rojas, J., Peña, F. and Morales, M., 2016. A comparative study on aromatic profiles of strawberry vinegars obtained using different conditions in the production process. Food Chemistry, **192**, 1051-1059. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.091

Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999.The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, **64**, 555-559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

İnternet kaynakları

FAO 2024. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (17.09.2024).

TUİK 2024. http://www.tuik.gov.tr (17.09.2024).

MEGEP 2008. https://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C3%87ilek%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf (17.09.2024).