

Ticari Olarak Satın Alınan Farklı Sirke Türlerinin Anti-biyofilm Aktivitesi

Nurcan ERBİL^{1*}, Fatma AKSOY²

^{1,2}Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, 75000, Ardahan

¹<https://orcid.org/0000-0001-9553-2306>

²<https://orcid.org/0009-0005-5962-6336>

*Sorumlu yazar: nurcanerbil@ardahan.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 09.09.2025

Kabul tarihi: 21.12.2025

Online Yayınlanma: 15.06.2026

Anahtar Kelimeler:

Sirke

Anti-biyofilm

pH

Asetik asit

Toplam asitlik

ÖZ

Fermente ürünlerin insan sağlığı açısından olumlu ve destekleyici etkileri, özellikle son yıllarda daha da gün yüzüne çıkmış durumdadır. Bu fermente ürünlerin en önemlilerinden birisi sirkedir. Sirke, geleneksel Türk mutfağının da önemli bileşenlerinden biridir. Salatalarda ve yemeklerde çeşni olarak kullanımının yanı sıra geleneksel turşu üretiminde de fermentasyonu hızlandırmak amacı ile kullanılmaktadır. Bu kullanımlarına ek olarak sirkenin çeşitli yüzeylerde dezenfektan olarak kullanımı da söz konusudur. Bu çalışmada ticari olarak satın alınan doğal fermente kayısı, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve ceviz sirkesi olmak üzere beş farklı sirke çeşidi kullanılmış olup, bu sirkelerin bakterilerin biyofilm oluşturma özelliklerini inhibe edici etkisi kristal viyole yöntemi ile test edilmiştir. Ayrıca, sirke örneklerinin asetik asit cinsinden toplam asitlik değerleri ve pH değerleri de belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde sirke örneklerinin toplam asitlik değerleri %21,97-34,01 arasında tespit edilirken, pH değerleri ise 2,65-2,96 arasında belirlenmiştir. Ayrıca, tüm sirke çeşitlerinin madde miktarına göre değişiklik göstermekle birlikte test bakterileri üzerinde değişen oranlarda anti-biyofilm aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anti-biofilm Activity of Different Types of Commercially Purchased Vinegar

Research Article

Article History:

Received: 09.09.2025

Accepted: 21.12.2025

Published online: 15.06.2026

Keywords:

Vinegar

Anti-biofilm

pH

Acetic acid

Total acidity

ABSTRACT

The positive and supportive effects of fermented products on human health have become increasingly evident in recent years. One of the most important of these fermented products is vinegar. Vinegar is a key ingredient in traditional Turkish cuisine. In addition to its use as a condiment in salads and dishes, it is also used to accelerate fermentation in traditional pickle production. In addition to these uses, vinegar is also used as a disinfectant on various surfaces. In this study, five different types of vinegar were used: commercially purchased natural fermented apricot, artichoke, rosehip, blackberry, and walnut vinegars. The inhibitory effect of these vinegars on the biofilm formation of bacteria was tested using the crystal violet method. Furthermore, the total acidity values (as acetic acid) and pH values of the vinegar samples were determined. The results showed that the total acidity values of the vinegar samples ranged from 21.97% to 34.01%, while the pH values ranged from 2.65 to 2.96. In addition, it has been determined that all vinegar types have varying levels of anti-biofilm activity on test bacteria, depending on the amount of substance.

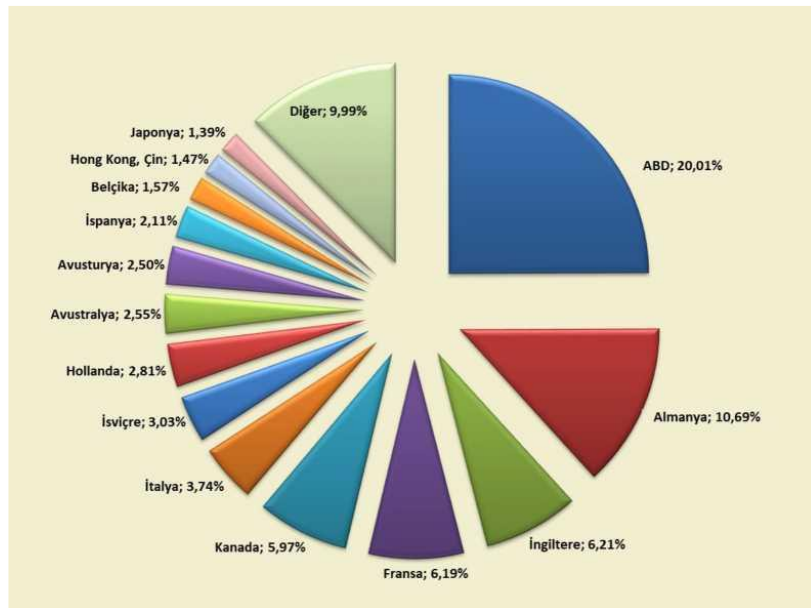
To Cite: Erbil N., Aksoy F. Ticari Olarak Satın Alınan Farklı Sirke Türlerinin Anti-biyofilm Aktivitesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2026; 9(3): 1750-1761.

1. Giriş

Sirke hem ülkemizde hem de dünyada geniş bir kullanım alanına sahip olan fermente bir üründür. Sirke üretimi, iki basamaklı bir fermantasyon işlemi ile gerçekleşmektedir. Bu fermantasyon aşamalarından birincisi, *Saccharomyces cerevisiae* gibi mayalar tarafından fermente edilebilir şekerlerin etanole dönüştürüldüğü alkol fermentasyonu, ikinci aşama ise *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* cinsleri gibi bakterilerin etanolü okside etmesiyle asetik asitin meydana geldiği asetik asit fermantasyonudur (Adams, 1998). Sirke bileşiminin yaklaşık %80'ini su oluştururken, geriye kalan kısmını ise organik asitler, vitaminler, mineraller, alkoller, aminoasitler, aroma maddeleri ve uçucu bileşikler gibi çok çeşitli diğer bileşikler oluşturmaktadır (Casale ve ark., 2006). Sirkenin bileşimini asetik asitin yanı sıra kullanılan hammaddenin bileşimi, sirkeye ilave edilen su ve sirke bakterilerinin faaliyeti için eklenen besin maddeleri gibi faktörler de etkilemektedir (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011).

Sirkenin antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu farklı çalışmalarda bildirilmiştir. Aydın (2013) tarafından yapılan bir çalışmada dut sirkesinin çalışmada kullanılan test mikroorganizmalarına karşı değişen oranlarda antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur. Duru (2016) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise üzüm, elma ve nar sirkelerinin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kuluçkahanelerinde enfeksiyonlara neden olan *Flavobacterium psychrophilum*'a karşı antimikrobiyal etki sergilediği tespit edilmiştir.

Sirke sadece Türkiye'de değil tüm dünyada çeşitli amaçlarla kullanım alanına sahip olan fermente bir üründür ve geniş kullanım yelpazesinden dolayı dünya genelinde ciddi bir pazara sahiptir. 2020 yılı dünya sirke ithalatı oranları incelendiğinde ABD %20,01'lik ithalat oranı ile dünya sıralamasında ilk sırada gelirken; onu sırasıyla Almanya, İngiltere ve Fransa takip etmektedir (Şekil 1). Ek olarak 2020 yılı itibarıyla patlak veren Covid-19 pandemisi sürecinde dezenfektan özelliğinden dolayı sirkeye artan eğilim hem ülkemizde hem de dünya genelinde talebi daha da arttırmıştır.



Şekil 1. Dünya Sirke İthalatı (ORAN Ön Fizibilite Raporu, 2021)

2019 yılı dünya sirke ihracatı oranları ve sıralaması incelendiğinde ise ilk sırada yer alan İtalya'nın dünya sirke ihracatında %42,7'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir. Türkiye ise %0,7'lik ihracat oranı ile bu pazarda yerini almaktadır (Tablo 1). Bu bağlamda düşünüldüğünde sirke dünya genelinde ve ülkemiz özelinde önemli pazar payı olan bir üründür.

Tablo 1. Dünya Sirke İhracatı (ORAN Ön Fizibilite Raporu, 2021)

Ülke	2015-2019 Arası Yıllık Büyüme (%)	2018-2019 Arası Yıllık Büyüme (%)	Dünya İhracatında Payı (%)
Dünya	6	-5	100
İtalya	2	-8	42,7
Amerika Birleşik Devletleri	13	-11	9,3
Kore Cumhuriyeti	44	116	5,1
İspanya	3	-24	5
Almanya	3	-11	5
Fransa	0	-7	4,3
Japonya	6	-1	3,2
Çin	8	5	3
Yunanistan	16	-26	2,7
Hollanda	7	-3	2,1
Birleşik Krallık	-1	12	2
Avusturya	13	10	1,8
Çek Cumhuriyeti	16	-11	1,6
Kanada	7	30	1
Taipei, Çin	0	1	1
Portekiz	11	5	0,9
Belçika	1	-12	0,9
Hong Kong, Çin	3	11	0,9
Polonya	17	13	0,8
Türkiye	11	14	0,7
Slovakya	13	-30	0,7
Güney Afrika	13	-17	0,5

Bir yüzeye tutunan mikroorganizmaların kendi oluşturdukları polimerik özellikte jelsi bir yapı içinde oluşturduğu topluluğa biyofilm adı verilmektedir (Leone ve ark., 2006). Bir başka ifadeyle biyofilm, bir yüzeye veya birbirine tutunmuş haldeki bakterinin organik bir polimer matriks içerisinde bulunmasıdır (Fujishige ve ark., 2006). Bir biyofilm yapısı içinde bulunan bakteriler önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Kapsül veya glikokaliks yapısı, enzim aracılıklı direnç, biyofilm yapısı içindeki bakterilerin metabolizmaları ve üreme miktarlarındaki heterojenlik, bakterilerin sergilediği direnç fenomeni, biyofilm yapısı içindeki bakterilerin metabolik halleri, genetik adaptasyon, çoğunluğu algılama sinyal iletim sistemleri (quorum-sensing), stres yanıtları, dış membran yapıları ve “efflux” pompası gibi biyofilm içinde oluşan mekanizmalar çoklu antibiyotik direncine neden olabilmektedir (Singh ve ark., 2017). Bundan dolayı biyofilm oluşumunun inhibe edilmesi, istenmeyen mikroorganizmalarla ve oluşturacakları çoklu antibiyotik direnciyle mücadele etmek açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ticari olarak satın alınan beş farklı sirke çeşidinin (kayısı, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve ceviz sirkesi) test bakterileri üzerindeki anti-biyofilm aktivitesi araştırılmıştır. Bunun dışında pH ve titre edilebilir asitlik değeri gibi bazı kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Literatürde sirke ile alakalı farklı çalışmalar mevcut iken, sirkenin anti-biyofilm aktivitesi ile alakalı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bundan dolayıdır ki bu çalışmadan elde edilen veriler literatüre katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Sirke Örneklerinin Temin Edilmesi

Çalışmada doğal fermente kayısı, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve ceviz sirkesi olmak üzere beş farklı sirke çeşidi ticari olarak satın alınmış ve çalışma kapsamında kullanılmıştır.

2.2. Anti-biyofilm Aktivite Tayini

Ticari olarak satın alınan beş farklı sirke çeşidinin (kayısı, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve ceviz sirkesi) anti-biyofilm aktivitesi modifiye kristal viyole yöntemi ile belirlenmiş olup; *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu, Manassas, VA, ABD) test bakterisi olarak kullanılmıştır. Besiyeri olarak LB broth (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Analizler esnasında 96 kuyucuklu steril mikrolakalar kullanılmıştır. İçerisinde farklı konsantrasyonlarda sirke örneği ve LB besiyeri bulunduran kuyucuklara McFarland 0,5 standardına göre ayarlanmış 16 saatlik bakteri kültüründen 10 µl eklenmiştir. Mikrolakalar 37 °C’de 48 saat inkübe edildikten sonra mikrolakalar aspire edilmiş ve 2-3 kez distile su ile yıkanmıştır. Mikrolakalar oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve kuruduktan sonra kuyucuklara 130 µl %95’lik metanol (Merck, Almanya) eklenerek 15 dk inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda kuyucuklardaki metanol boşaltılmış ve mikrolakalar kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuyucuklara 125 µl %0,1’lik kristal viyole solüsyonu eklenerek 10 dakika daha inkübe edilmiştir. Daha sonra mikrolakalar 2-3 kez distile su ile yıkanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kuyucuklara 200 µl Gram (+) bakteriler için %33’lük glasiyal asetik asit (Merck, Almanya) ve Gram (-) bakteriler için %95’lik etanol (Merck, Almanya) eklenerek 15 dakika beklenmiştir. Çözünmüş boyayı içeren mikrolakalar 600 nm’de ELISA Reader ile spektrofotometrik olarak okunmuştur. Analizler üç tekrarlı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrole (sadece bakteri ve besiyeri) karşı değerlendirilmiştir (Xu ve ark., 2014). Sirke örneklerinin anti-biyofilm aktivitesi aşağıdaki formüle göre “%” olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{[OD600(\text{kontrol}) - OD600(\text{örnek})]}{OD600(\text{kontrol})} * 100$$

2.3. pH Tayini

Çalışmada kullanılan ticari sirke örneklerinin pH tayini bir pH metre (Mettler Toledo, Seven Excellence, Multiparameter) ile yapılmıştır.

2.4. Titre Edilebilir Asitlik Tayini

Çalışmada kullanılan kayısı, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve ceviz sirkelerinin titre edilebilir asitliği, asetik asit cinsinden “% (g/100 ml)” olarak belirlenmiştir. Sirke örneklerinin her biri 1/10 oranında seyreltilmiş ve üzerine 3 damla fenolftalein indikatörü ilave edildikten sonra 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile kalıcı açık pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir (Uylaşer ve Başoğlu, 2014). Titre edilebilir asitlik derecesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Asitlik} = \frac{A \times N \times \text{meq} \times F}{\ddot{O}} \times 100$$

A: Titrasyonda harcanan 0,1 N NaOH miktarı (ml)

Ö: Örnek miktarı (ml)

N: Titrasyonda kullanılan NaOH normalitesi (0,1 N)

F: Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü (0,9980)

meq: Organik asidin meq ağırlığı (0,6)

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan ceviz, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve kayısı sirkeleri örneklerinin pH değerleri incelendiğinde, sirkelerin 2,65-2,96 aralığında pH değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Asetik asit cinsinden toplam asitlik değerleri ise %21,97-34,01 aralığında tespit edilmiş olup, en yüksek toplam asitlik değeri olan %34,01 kuşburnu sirkesinde belirlenmiştir. Kullanılan tüm sirke örnekleri içerisinde böğürtlen, enginar ve ceviz sirkelerinde %30'un altında toplam asitlik değerleri belirlenirken, kayısı ve kuşburnu sirkelerinde ise toplam asitlik değerleri %30'un üzerinde tespit edilmiştir (Tablo 2).

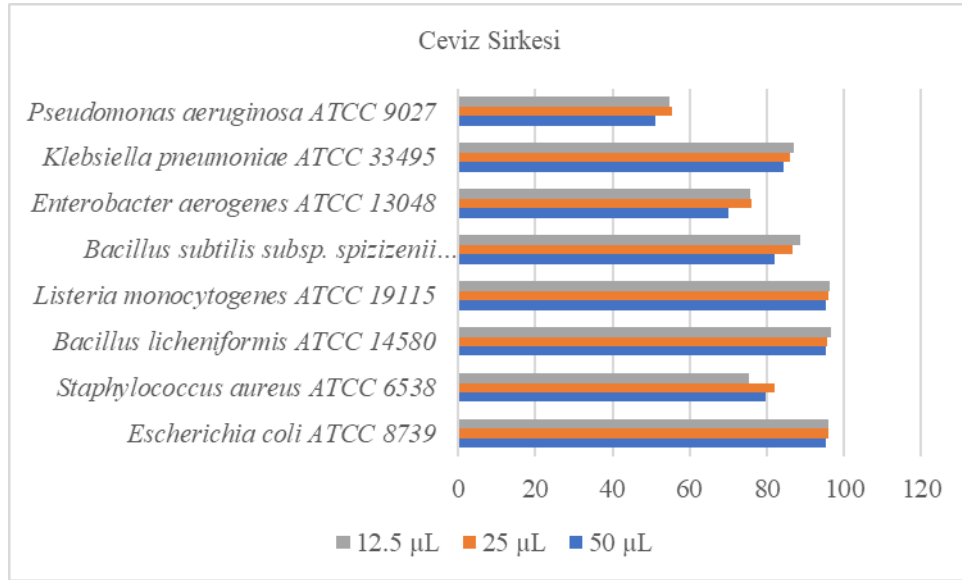
Tablo 2. Sirke örneklerinin kimyasal özellikleri

Sirke Örneği	Toplam Asitlik Değeri (%)	pH
Ceviz Sirkesi	25,62	2,96
Enginar Sirkesi	25,38	2,65
Kuşburnu Sirkesi	34,01	2,83
Böğürtlen Sirkesi	21,97	2,93
Kayısı Sirkesi	30,65	2,92

Daha önce yapılan bir çalışmada fermantasyon sonunda pirinç sirkesinin pH değerinin 3,25, toplam asitliğinin ise 59,82 g/l olduğu bildirilmiştir (Bayram ve ark., 2018). İtalyan, Fransız, İspanyol ve İsviçre pazarlarından alınan 65 sirke örneğinin analiz edildiği bir diğer çalışmada ise bu sirke örnekleri

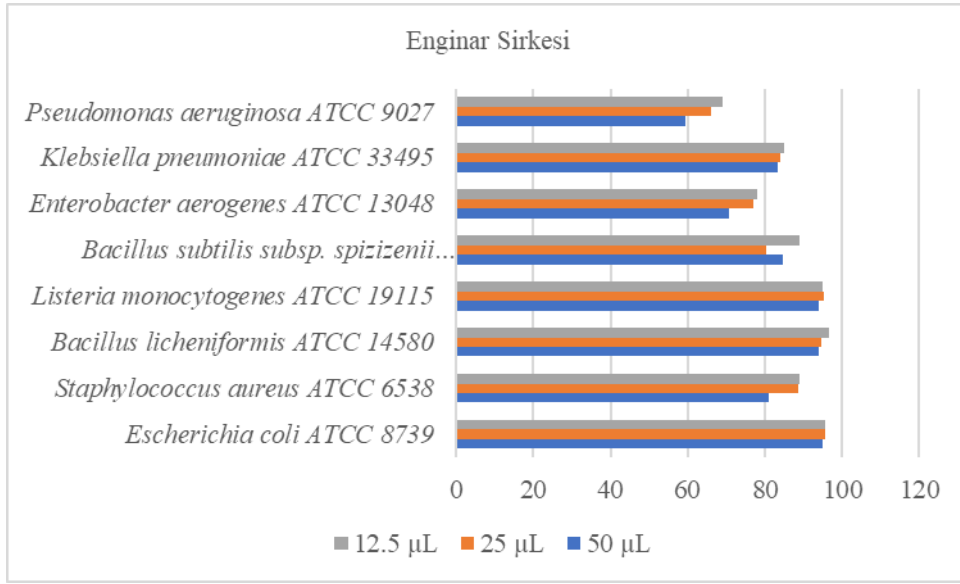
şarap sirkesi, alkol sirkesi ve meyve sirkesi olmak üzere üç şekilde kategorize edilmiştir. Bunlardan şarap sirkelerinin ortalama pH'sı 2,78 ve toplam asitliği 6,60 g/100 ml, alkol sirkelerinin ortalama pH'sı 2,36 ve toplam asitliği 7,35 g/100 ml, meyve sirkelerinin ise ortalama pH'sı 3 ve toplam asitliği 5,40 g/100 ml olarak bildirilmiştir (Gerbi ve ark., 1998). Farklı elma çeşitlerine ait elma kabuğu atıkları ve çekirdek evlerinin kullanılmasıyla elde edilen elma sirkelerinin analiz edildiği farklı bir çalışmada da sirkelerin pH değerlerinin 3,25-3,41 arasında, toplam asitlik değerlerinin ise 15,3-23,07 g/l arasında değiştiği rapor edilmiştir (Tangüler ve ark., 2021). Literatürdeki veriler ile bu çalışmadan elde edilen veriler karşılaştırıldığında değerlerin yakın olduğu gözlenmekle birlikte, bazı farklılıklar da söz konusudur. Bu durum sirkede kullanılan ham madde, fermantasyon yöntemi ve/veya süresi, fermantasyonda kullanılan mikroorganizma tür veya suşuna göre farklılık gösterebilmektedir.

Ceviz sirkесinin test bakterileri üzerindeki biyofilm inhibe edici etkisi incelendiğinde, tüm test bakterilerine karşı değişen oranlarda anti-biyofilm aktivite sergilediği görülmektedir. Test bakterileri içerisinde ceviz sirkесine karşı en duyarlı bakterilerin *L. monocytogenes* ATCC 19115, *B. licheniformis* ATCC 14580 ve *E. coli* ATCC 8739 olduğu görülmektedir (Şekil 2).



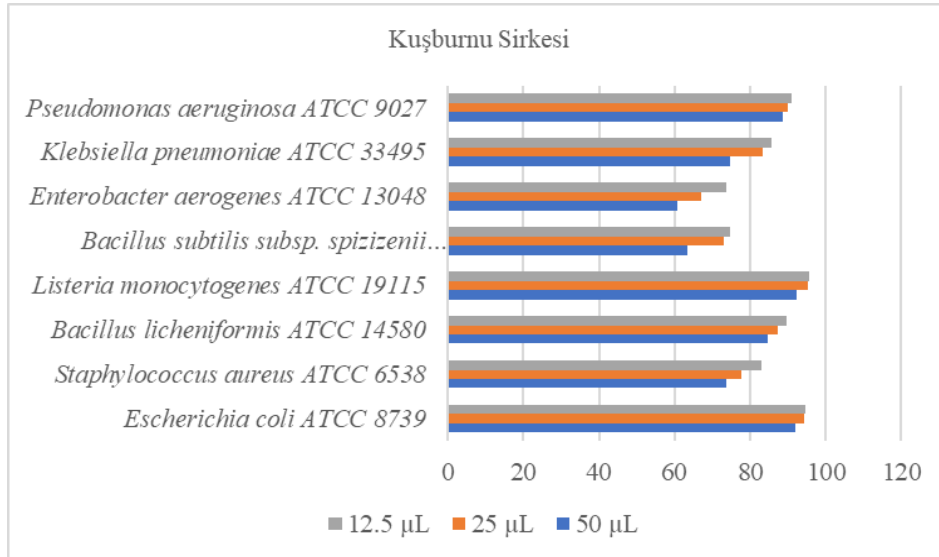
Şekil 2. Ceviz sirkесinin anti-biyofilm aktivitesi

Enginar sirkесinin de tüm test bakterilerine karşı değişen oranlarda anti-biyofilm aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük anti-biyofilm aktivite *P. aeruginosa* ATCC 9027'ya karşı sergilenirken, en yüksek aktivite ise yine *L. monocytogenes* ATCC 19115, *B. licheniformis* ATCC 14580 ve *E. coli* ATCC 8739'ye karşı tespit edilmiştir. Buna ilaveten enginar sirkесinin *S. aureus* ATCC 6538'e karşı da %80'in üzerinde anti-biyofilm aktivite sergilediği görülmektedir (Şekil 3). *S. aureus* bazı durumlarda gıda zehirlenmesine yol açabilmekte olup, bu duruma ise salgıladığı enterotoksinler neden olmaktadır. Benzer bir durum *E. coli* için de geçerlidir. *E. coli* de önemli bir enteropatojendir. Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu'na göre, gıda kaynaklı hastaneye yatışlarda stafilokok toksini ilk 10 mikrobiyal toksin arasında yer almaktadır (Alnakip ve ark., 2023).



Şekil 3. Enginar sirkesinin anti-biyofilm aktivitesi

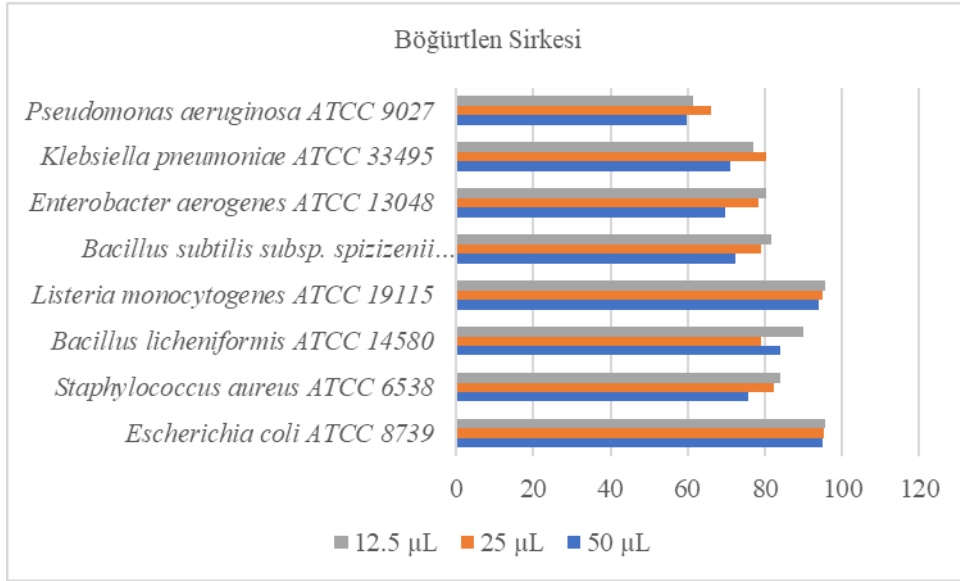
Şekil 4'te görüldüğü üzere bu çalışmada kullanılan kuşburnu sirkesi test bakterileri arasında en düşük anti-biyofilm aktiviteyi *E. aerogenes* ATCC 13048 ve *B. subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'e karşı oluştururken, en yüksek anti-biyofilm aktivite ise *L. monocytogenes* ATCC 19115 ve *E. coli* ATCC 8739'ye karşı belirlenmiştir. *L. monocytogenes* ATCC 19115 ve *E. coli* ATCC 8739'ye karşı sergilenen anti-biyofilm aktivitenin %90'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada da kuşburnu sirkesinin *S. aureus*'a karşı biyofilm inhibisyon etkisinin %23,96 olduğu, *E. coli* O157:H7'ye karşı ise farklı dilüsyonlarda %30,25-62,99 arasında biyofilm inhibisyonuna neden olduğu bildirilmiştir (Gas ve ark., 2024).



Şekil 4. Kuşburnu sirkesinin anti-biyofilm aktivitesi

Böğürtlen sirkesinin test bakterileri üzerindeki etkisi incelendiğinde, biyofilm inhibe etme etkisinin en düşük *P. aeruginosa* ATCC 9027'a karşı sergilendiği, buna karşılık en yüksek anti-biyofilm

aktivitenin ise yine *L. monocytogenes* ATCC 19115 ve *E. coli* ATCC 8739'ye karşı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



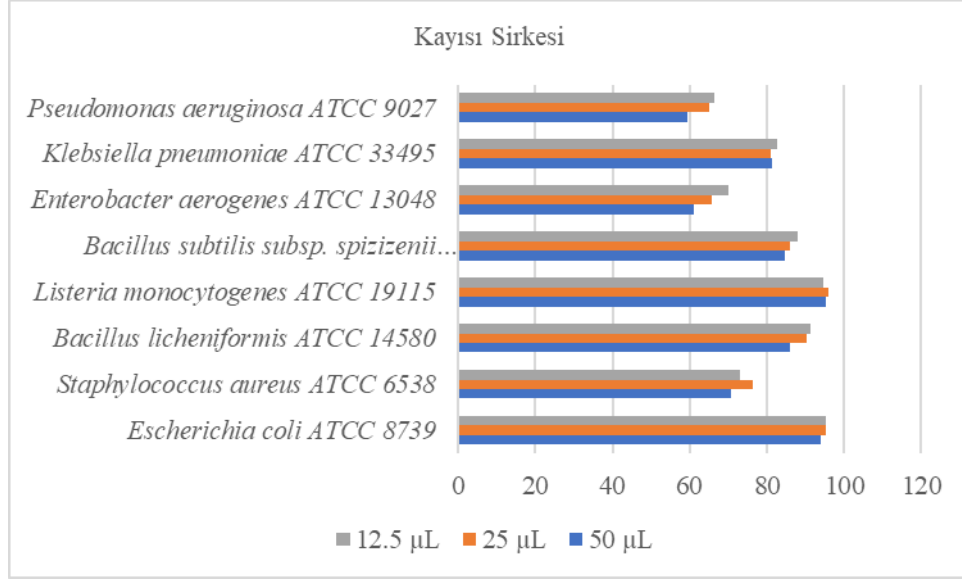
Şekil 5. Böğürtlen sirkesinin anti-biyofilm aktivitesi

Son olarak kayısı sirkesinden elde edilen analiz sonuçlarına bakıldığında, *L. monocytogenes* ATCC 19115, *B. licheniformis* ATCC 14580 ve *E. coli* ATCC 8739'nin kayısı sirkesine karşı en duyarlı test bakterileri olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine en düşük anti-biyofilm aktivite ise *P. aeruginosa* ATCC 9027'a karşı sergilenmiştir (Şekil 6).

Literatürde de farklı sirke örneklerinin anti-biyofilm aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada ise elma sirkesinin et ve et ürünlerinde gelişen *Bacillus cereus*'un biyofilm oluşumu üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde elma sirkesinin *B. cereus*'un biyofilm oluşumunu %50'nin üzerinde inhibe ettiği belirlenmiştir (Mahmoud ve ark., 2024). Benzer bir çalışmada da üzüm ve elma sirkelerinin *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'ya karşı anti-biyofilm aktivitesi araştırılmış ve %6,25-%25 oranında sirke içeren solüsyonların her iki bakteride de biyofilm oluşumunu neredeyse %100 oranında önlediği rapor edilmiştir (Kahraman ve ark., 2021). Farklı bir çalışmada da asetik asit ve sirkenin, manuka balıyla sinerjik anti-biyofilm etki potansiyeline sahip olabileceği bildirilmiştir (Harrison ve ark., 2023). Bir diğer çalışmada ise sirkenin ağız içerisindeki bakteriyel canlılığı azalttığı ve 24 saatlik biyofilmi bozabildiği bildirilmiştir (Liu ve Hannig, 2020).

Sirke geleneksel olarak farklı meyvelerden elde edilen ve halk arasında gıdalarda kullanımı söz konusu olup, terapötik etkilerinden dolayı da çeşitli amaçlarla kullanılan bir fermente üründür. Bu terapötik etkiler arasında antimikrobiyal, antioksidan, antidiyabetik, antikanser vb. etkiler sayılabilir (Chen ve ark., 2016). Bu etkilerin ortaya çıkmasında temel olarak fermantasyon sonucunda sirke oluşumunda organik asitler ve ham maddeden gelen polifenoller gibi bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Chen ve ark., 2016; Perumpuli ve Dilrukshi, 2022). Antibakteriyel ajanlar yoluyla bakteri gelişiminin

engellenmesi, biyofilm oluşumunun engellenmesinde de etkili olan bir strateji olarak görülmektedir. Bir başka strateji ise antibiyofil etkisi olan bileşiklerin bakteri sinyal yollarını kesmesi ve biyofilm oluşumu inhibe etmesi şeklindedir (Roy ve ark., 2018). Dolayısıyla sirke içerisinde bulunan organik asitler ve ham maddeden kaynaklı polifenoller anti-biyofilm aktivitenin oluşmasında önemli rol oynamaktadır.



Şekil 6. Kayısı sirkesinin anti-biyofilm aktivitesi

Bu çalışmada kullanılan sirke örneklerinden elde edilen anti-biyofilm aktivite sonuçları değerlendirildiğinde, ceviz, enginar, kuşburnu, böğürtlen ve kayısı sirkesi olmak üzere tüm sirke örneklerine karşı en duyarlı olan test bakterilerinin *L. monocytogenes* ATCC 19115 ve *E. coli* ATCC 8739 olduğu görülmektedir. Bu test bakterilerine karşı tüm sirke örneklerinde %90'ın üzerinde anti-biyofilm aktivite tespit edilmiştir. Bu değerler hem insan sağlığı hem de gıda sektörü açısından önem arz etmektedir. Özellikle *L. monocytogenes* gıda kaynaklı bir patojen bakteri olup, gıdalar aracılığıyla bulaştığı insanlarda Listeriosis adında bir enfeksiyon hastalığının oluşmasına neden olabilmektedir. *L. monocytogenes*, gıda işleme ortamlarında istenmeyen bir mikroorganizma olup; ekipman, mutfak eşyaları, zeminler ve giderlerdeki biyofilm yapılarında varlığını sürdüren ve sonunda çapraz kontaminasyon yoluyla gıda ürünlerine ulaşarak gıda kaynaklı Listeriosis enfeksiyonuna neden olan bir patojendir. Bu patojen, yüksek tuz konsantrasyonu veya buzdolabı sıcaklıklarında bile gelişebilmekte ve çeşitli gıda ürünlerinde uzun süre canlılığını sürdürebilmektedir. Listeriosis tahmini görülme sıklığı diğer bağırsak hastalıklarından daha düşük olsa da *L. monocytogenes*'in neden olduğu enfeksiyonların hastaneye yatışlara ve ölümlere yol açma olasılığı daha yüksektir (Camargo ve ark., 2017).

Benzer şekilde *E. coli* suşları da gıda zehirlenmelerine veya insanlarda gastrointestinal sistem enfeksiyonlarına neden olabilmektedir. Bu bakteriye karşı tespit edilen anti-biyofilm aktivite de gıda

güvenliği ve insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. *E. coli*, gıda güvenliği ve hijyeni açısından indikatör mikroorganizma olarak kabul görmüş olup, çoğu zaman fekal kontaminasyon göstergesi olarak değerlendirilen bir bakteridir. *E. coli*'nin birçok serotipi, özellikle sosyoekonomik düzeyi düşük olan ülkelerdeki çocuklarda görülen kronik diyareden ve ölümlerden sorumlu tutulmaktadır (Gündüz ve ark., 2024).

4. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan tüm sirke örneklerinin kullanılan tüm test bakterilerine karşı değişen oranlarda anti-biyofilm aktivite sergilediği belirlenmiştir. Ancak, bunlar arasında en öne çıkan değerler *L. monocytogenes* ATCC 19115 ve *E. coli* ATCC 873'de gözlenmiştir. Bu bakterilerin farklı suşları insan sağlığı ve gıda hijyeni açısından önem arz etmektedir. *L. monocytogenes* önemli bir gıda kaynaklı enfeksiyon hastalık etkeni olup, gıdalar aracılığıyla insanlara bulaşması önemli sağlık problemlerinin oluşmasına sebebiyet verebilir. Benzer şekilde *E. coli*'de gıdalar içerisinde istenmeyen mikroorganizmalar arasında olup, çoğunlukla fekal kirlilik açısından indikatör olarak kabul edilebilmektedir. Bundan dolayıdır ki, özellikle bu bakterilere karşı tespit edilmiş olan anti-biyofilm aktivite değerleri hem gıda güvenliği açısından hem de bu gıdaları tüketen insanların sağlığı açısından öneme sahiptir. Bu açıdan farklı sirke örnekleri, gıda endüstrisinde kullanılan alet, cihaz ve yüzeylerde veya gıda içerisinde istenmeyen mikroorganizmaların oluşturduğu biyofilm yapısına karşı doğal bir ajan olarak kullanılma potansiyeli vaat etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (2209-A, 1919B012323610) ve TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Yazar katkısı

Nurcan ERBİL: Analizlerin yapılması (%50), Literatür taraması, Makalenin yazılması, Makalenin gözden geçirilmesi ve yeniden düzenlenmesi (%50). Fatma AKSOY: Analizlerin yapılması (%50), Makalenin gözden geçirilmesi ve yeniden düzenlenmesi (%50).

Etik beyanı

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler için etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerekmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynakça

- Adams MR. Vinegar. In: Brian, J., Wood, B. (Ed.) Microbiology of fermented foods. UK: Blackie Academic & Professional 1998; 1-44.
- Aktan N., Kalkan Yıldırım S. Sirke teknolojisi. 3. bs. İzmir: Sidas Medya; 2011.
- Alnakip ME., Youssef MZ., Abd-Elaal SF., Bayoumi MA. Screening of food-borne *Staphylococcus aureus* and *E. coli* pathogens in artisanal white soft cheese in Delta Region Egypt. Journal of Advanced Veterinary Research 2023; 13(6): 1203–1209.
- Aydın R. Uzundere ve İspir (Erzurum) ilçelerinde üretilen dut sirkesinin antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, Türkiye, 2013.
- Bayram M., Kaya C., Yücel EE., Er B., Gülmez E., Terzioğlu E. Pirinç sirkesi ve çeşitli ticari sirkelerin bazı kalite özellikleri. Akademik Gıda 2018; 16(3): 293-300.
- Camargo AC., Woodward JJ., Call DR., Nero LA. *Listeria monocytogenes* in food processing facilities, food contamination, and human listeriosis: the Brazilian scenario. Foodborne Pathogens and Disease 2017; 14(11): 623-636.
- Casale M., Sáiz Abajo MJ., González Sáiz JM., Pizarro C., Forina M. Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. Analytica Chimica Acta 2006; 557: 360-366.
- Chen H., Chen T., Giudici P., Chen F. Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 2016; 15(6): 1124–1138.
- Perumpuli PABN., Dilrukshi DMN. Vinegar: a functional ingredient for human health. International Food Research Journal 2022; 29(5): 959-974.
- Duru A. Elma, nar ve üzüm sirkesinin *Falvobacterium psychrophilum* bakteriyel balık patojenine karşı in vitro antibakteriyel aktivite ve biyofilm oluşumuna etkisinin incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, 2016.
- Fujishige NA., Kapadia NN., Hirsch AM. A feeling for the micro-organism: structure on a small scale. Biofilms on plant roots. Botanical Journal of the Linnean Society 2006; 150(1): 79-88.
- Gas E., Berber D., Yılmaz P. Investigation of synergistic effect of rosehip vinegar and propolis extract on antibacterial and antibiyofilm efficacy against foodborne pathogens and their protective effect on sardine (*Sardina pilchardus*). Journal of Aquatic Food Product Technology 2024; 33(8): 662-682.
- Gerbi V., Zeppa G., Beltramo R., Carnacini A., Antonell, A. Characterization of white vinegars of different sources with artificial neural networks. Journal of the Science of Food and Agriculture 1998; 78: 415-425.
- Gündüz M., Karabıyıklı Çiçek Ş., Bekteş A. *Escherichia coli* kaynaklı gıda enfeksiyonları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2024; 38(2): 487-508.

- Harrison F., Blower A., de Wolf C., Connelly E. Sweet and sour synergy: exploring the antibacterial and antibiofilm activity of acetic acid and vinegar combined with medical-grade honeys. *Microbiology-SGM* 2023; 169(7): 001351.
- Kahraman HA., Tutun H., Kaya MM., Soner Tutun S., Usluer MS., Rugji J., Yurdakul Ö. Total phenolic content, antiradical, antimicrobial and antibiofilm properties of grape and apple vinegar. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques* 2021; 6(2): 150-158. <https://doi.org/10.31797/vetbio.960155>
- Leone S., Molinaro A., Alfieri F., Cafaro V., Lanzetta R., Di Donato A., Parrilli M. The biofilm matrix of *Pseudomonas* sp. OX1 grown on phenol is mainly constituted by alginate oligosaccharides. *Carbohydrate Research* 2006; 341(14): 2456-2461.
- Liu Y., Hannig M. Vinegar inhibits the formation of oral biofilm in situ. *BMC Oral Health* 2020; 20: 167.
- Mahmoud RM., Gharib AA., Abd El-Aziz NK., Ali EM., Mokhtar A., Ibrahim GA., Ammar AM. Apple cider vinegar exhibits promising antibiofilm activity against multidrug-resistant *Bacillus cereus* isolated from meat and their products. *Open Veterinary Journal* 2024; 14(1): 186-199.
- ORAN Ön Fizibilite Raporu. Erişim adresi: [kayseri-ili-dogal-sirke-uretimi-on-fizibilite-raporu--2021.pdf](https://yatirimadestek.gov.tr) (yatirimadestek.gov.tr), 2021.
- Roy R., Tiwari M., Donelli G., Tiwari V. Strategies for combating bacterial biofilms: a focus on antibiofilm agents and their mechanisms of action. *Virulence* 2018; 9: 522-554.
- Singh S., Singh SK., Chowdhury I., Singh R. Understanding the mechanism of bacterial biofilms resistance to antimicrobial agents. *The Open Microbiology Journal* 2017; 11: 53.
- Tangüler H., Mert H., İlman F., Yücel B., Gençtürk S. Elma atıklarından elma sirkesi üretimi üzerine bir araştırma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2021; 10(1): 132-139.
- Uylaşer V., Başoğlu F. Temel gıda analizleri. Bursa: Dora; 2011.
- Xu C., Yagiz Y., Hsu WY., Simonne A., Lu J., Marshall MR. Antioxidant, antibacterial, and antibiofilm properties of polyphenols from Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) pomace against selected foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014; 62(28): 6640–6649.