



GİRESUN
ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEŞİTLİ HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN EV YAPIMI SİRKELERİN
FİZİKOKİMYASAL VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ İLE BAZI GIDA KAYNAKLI PATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN CANLI KALMA
DURUMLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN TESPİTİ**

**BİYOSÜREÇ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**Mehtap SATICI
192117003**

2021

GİRESUN

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEŞİTLİ HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN EV YAPIMI SİRKELERİN FİZİKOKİMYASAL VE
BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ İLE BAZI GIDA KAYNAKLI PATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN CANLI KALMA DURUMLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Mehtap SATICI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.08.2021

Enstitü Anabilim Dalı : Biyosüreç Mühendisliği

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selin KALKAN

**Temmuz 2021
GİRESUN**

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEŞİTLİ HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN EV YAPIMI SİRKELERİN FİZİKOKİMYASAL VE
BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ İLE BAZI GIDA KAYNAKLI PATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN CANLI KALMA DURUMLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehtap SATICI

Enstitü Anabilim Dalı

: Biyosüreç Mühendisliği

Bu tez 30/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr.
Tuba ACET
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Selin KALKAN
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Mustafa Remzi OTAĞ
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mehtap SATICI

30/07/2021

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, eğitimim süresince desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Selin KALKAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan, hiçbir yardımı esirgemeyen hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Remzi OTAĞ'a teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: FEN-BAP-C-250221-10) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY	X
 BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	 11
 BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	 15
2.1. Sirke İle İlgili Genel Bilgiler.....	15
2.2. Sirke Üretim Yöntemleri.....	17
2.2.1. Yüzey Kültür Yöntemi (Yavaş Yöntem).....	18
2.2.2. Hızlı Yöntem.....	19
2.2.3. Derin Kültür Yöntemi (Submers Yöntemi).....	20
2.3. Sirke Çeşitleri	21
2.3.1. Alıç Sirkesi.....	21
2.3.2. Çam Kozalağı Sirkesi.....	22
2.3.3. Trabzon Hurması Sirkesi.....	23
2.4. Sirkede Bulunan Mikroorganizmalar.....	24
2.5. Sirkenin Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri.....	26
2.6. Sirkenin Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	30

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1. Materyal.....	33
3.1.1. Sirke Örnekleri.....	33
3.2. Yöntem	35
3.2.1. Fizikokimyasal Analizler.....	35
3.2.2.1. Titrasyon Analizi.....	35
3.2.2.2. pH Analizi.....	36
3.2.2.3. Yoğunluk, Alkol ve Suda Çözünür Kurumadde Analizleri.....	36
3.2.2.4. Toplam Kuru Madde Analizi.....	36
3.2.2.5. Toplam Kül Analizi.....	36
3.2.2.6. Renk Analizi.....	37
3.3. Toplam Fenolik Madde Analizi.....	37
3.4. Toplam Antioksidan Aktivite Analizleri.....	37
3.4.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi-TEAC (2,2'-azinobis (3-ethybenzthiazoline)-6-sulfonic acid) Yöntemi.....	37
3.4.2. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Yöntemi.....	38
3.5. Mikrobiyolojik Analizler.....	38
3.6. Antimikrobiyel Aktivitenin Belirlenmesi.....	39
3.7. Patojen Mikroorganizmaların Sirke Örneklerinde Canlı Kalma Durumlarının Tespiti.....	39
3.8. İstatiksel Analizler.....	40
 BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	 41
4.1. Sirke Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri.....	41
4.1.1. Titrasyon Asitliği Değerleri.....	41
4.1.2. pH Değerleri.....	41
4.1.3. Yoğunluk, Alkol ve Suda Çözünür Kurumadde Değerleri.....	42
4.1.4. Toplam Kurumadde Değerleri.....	43
4.1.5. Toplam Kül Değerleri.....	44

4.1.6. Renk Değerleri.....	44
4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarları.....	45
4.3. Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri.....	48
4.3.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi-TEAC (2,2'-azinobis (3-ethybenzthiazoline)-6-sulfonic acid) Yöntemi Sonuçlar.....	48
4.3.2. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Yöntemi Sonuçları.....	50
4.4. Sirke Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri.....	52
4.5. Sirke Örneklerinin Antimikrobiyel Özellikleri.....	54
4.6. Patojen Mikroorganizmaların Sirke Örneklerinde Canlı Kalma Durumlarının Tespiti.....	61
 BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ	72
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ.....	104

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AL	: Alıç Sirkesi
ÇK	: Çam Kozalağı Sirkesi
* ΔE	: Renk Değişimi
* a	: Kırmızı-Yeşil Renk Değeri
* b	: Sarı-Mavi Renk değeri
* L	: Açıklık Renk Değeri
GYC	: Glucose Yeast Extract Calcium Carbonate Agar
KOB	: Koloni Oluşturma Birimi
MRD	: Maximum Recovery Diluent Broth
MHA	: Muller Hinton Agar
$p \leq 0,05$	: İstatistik Değer (önemli)
$p \geq 0,05$	: İstatistik Değer (önemsiz)
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Patato Dekstroz Agar
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TMK	: Toplam Maya-Küf
TH	: Trabzon Hurması Sirkesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Geleneksel yöntem ile sirke üretimi.....	19
Şekil 2.2. Sarı ve kırmızı alıç meyveleri.....	21
Şekil 2.3. Yeşil çam kozalakları.....	22
Şekil 2.4. Trabzon hurması (<i>Diospyros kaki</i>) meyveleri.....	24
Şekil 3.1. 1. grup sirke örnekleri.....	34
Şekil 3.2. 2. grup sirke örnekleri.....	34
Şekil 3.3. 3. grup sirke örnekleri.....	35
Şekil 4.1. Trabzon hurması sirkeleri örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/100 mL).....	46
Şekil 4.2. Çam kozalağı sirkeleri örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/100 mL).....	47
Şekil 4.3. Alıç sirkeleri örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/100 mL).....	47
Şekil 4.4. Trabzon hurması sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi (μ M TE/mL TA).....	48
Şekil 4.5. Çam kozalağı sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi (μ M TE/mL TA).....	49
Şekil 4.6. Alıç sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi (μ M TE/mL TA).....	50
Şekil 4.7. Trabzon hurması sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%).....	51
Şekil 4.8. Çam kozalağı sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%).....	51
Şekil 4.9. Alıç sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%).....	52

Şekil 4.10. Trabzon hurması sirkesi örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyel etki.....	59
Şekil 4.11. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyel etki.....	60
Şekil 4.12. Alıç sirkesi örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyel etki.....	61
Şekil 4.13. <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	62
Şekil 4.14. <i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	63
Şekil 4.15. <i>Listeria monocytogenes</i> 'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	64
Şekil 4.16. <i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	65
Şekil 4.17. <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	66
Şekil 4.18. <i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	66
Şekil 4.19. <i>Listeria monocytogenes</i> 'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	67
Şekil 4.20. <i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	68
Şekil 4.21. <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	69
Şekil 4.22. <i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	69
Şekil 4.23. <i>Listeria monocytogenes</i> 'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları.....	70
Şekil 4.24. <i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları	71

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Tez kapsamında analize alınan sirke örnekleri.....	33
Tablo 4.1. Sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri (% asetik asit).....	41
Tablo 4.2. Sirke örneklerinin pH değerleri.....	42
Tablo 4.3. Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri (g/cm ³).....	42
Tablo 4.4. Sirke örneklerinin briks değerleri (%).....	43
Tablo 4.5. Sirke örneklerinin toplam kuru madde değerleri (%).....	44
Tablo 4.6. Sirke örneklerinin toplam kül değerleri (%).....	44
Tablo 4.7. Sirke örneklerinin renk değerleri.....	45
Tablo 4.8. Sirke örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri (log KOB/mL).....	53
Tablo 4.9. Trabzon hurması sirkesi örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm).....	56
Tablo 4.10. Çam kozalağı sirke örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm).....	57
Tablo 4.11. Alıç sirkesi örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm).....	58

**ÇEŞİTLİ HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN EV YAPIMI SİRKELERİN FİZİKOKİMYASAL VE
BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ İLE BAZI GIDA KAYNAKLI PATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN CANLI KALMA DURUMLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN TESPİTİ**

ÖZET

Sirke, karbonhidrat içeren çeşitli hammaddelerden mayalar ve asetik asit bakterileri aracılığıyla üretilen özel bir üründür. Bu tez çalışması kapsamında, farklı illerden temin edilen geleneksel yöntemlerle üretilmiş Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkelerinin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyel ve antioksidan gibi biyoaktif özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. Ayrıca, sirke örneklerinin seçilmiş olan önemli gıda patojenlerinin (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028, *Listeria monocytogenes*) 0, 15, 30 ve 60 dakikalık maruz kalma sürelerinde canlı kalma durumları üzerine etkileri de tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri % asetik asit cinsinden $0,98 \pm 0,02$ - $3,15 \pm 0,00$; pH değerleri $3,61 \pm 0,00$ - $3,91 \pm 0,01$; yoğunluk değerleri $1,0017 \pm 0,00$ - $1,0093 \pm 0,00$ g/cm³; briks değerleri $0,90 \pm 0,01$ - $2,85 \pm 0,03$; kuru madde değerleri $0,17 \pm 0,21$ - $3,07 \pm 0,24$; kül değerleri $0,02 \pm 0,01$ - $0,29 \pm 0,04$; renk değerleri olan *L* değerleri $37,59 \pm 0,57$ - $53,13 \pm 0,19$; *a* değerleri $0,77 \pm 0,03$ - $5,52 \pm 0,77$; *b* değerleri $-3,64 \pm 0,16$ - $20,80 \pm 0,33$; *ΔE* değerleri $43,20 \pm 0,60$ - $53,20 \pm 0,18$ olarak belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları 5,53 – 157,44 mg GAE/ 100 mL arasında değişim göstermiştir. Örneklerin TEAC yöntemine göre yapılan antioksidan kapasite sonuçları $8,93$ – $11,76$ $\mu\text{M TE} \cdot \text{mL}^{-1}$ TA olarak tespit edilmiştir. Örneklerin DPPH yöntemine göre yapılan antioksidan süpürme kapasite sonuçları %18,28 – 85,33 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sirke örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri değerlendirildiğinde asetik asit bakteri sayılarının $1,86 \pm 0,01$ - $10,96 \pm 1,20$ log KOB/mL; laktik asit bakteri sayılarının $0,00$ - $6,62 \pm 0,72$ log KOB/mL; maya-küf sayılarının ise $0,00$ - $7,49 \pm 0,07$ log KOB/mL arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sirke örneklerinden alıç sirkesi ile en yüksek antimikrobiyel etki $23,75 \pm 5,30$ mm'lik zon çapı ile *Escherichia coli* ATCC 25922'ye karşı elde edilmişken, en düşük antimikrobiyel etki yine alıç sirkesi örneklerinde $6,50 \pm 0,71$ mm'lik zon çapı ile *Staphylococcus aureus* 6538 IP'ye karşı elde edildiği belirlenmiştir. Patojen mikroorganizmaların sirke örneklerinden oda sıcaklığı koşullarında 0, 15, 30 ve 60 dakikalık maruz bırakılma durumlarında canlı kalma durumları sonuçlarına göre, gerçekleştirilen patojen inhibisyon düzeyi 1 ile 5 logaritmik birim arasında değişim göstermektedir. Sonuç olarak, geleneksel yöntemlerle üretilmiş sirke örneklerinin gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiği ve aktivitelerinin asit ve toplam fenolik içeriklerine, hedef mikroorganizmalara ve kullanılan maruziyet sürelerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyel, Antioksidan, Fenolik bileşen, Geleneksel, Sirke

**DETERMINATION OF THE PHYSICOCHEMICAL AND BIOACTIVE PROPERTIES OF HOME-
MADE VINEGAR PRODUCED FROM VARIOUS RAW MATERIALS AND THE EFFECTS ON
SURVIVAL OF FOODBORNE PATHOGEN MICROORGANISMS**

SUMMARY

Vinegar is a special product produced by yeasts and acetic acid bacteria from various raw materials containing carbohydrates. Within the scope of this thesis, it is aimed to examine the microbiological, physical and chemical properties as well as the bioactive properties such as antimicrobial and antioxidant of persimmon, pine cone and hawthorn (*crataegus*) vinegars produced by traditional methods obtained from different cities. In addition, the effects of vinegar samples on survival status of selected important food pathogens (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028, *Listeria monocytogenes*) at exposure times of 0, 15, 30 and 60 minutes were also determined. According to the results of the study, the titration acidity values of the vinegar samples were 0.98 ± 0.02 - $3.15 \pm 0.00\%$ in terms of acetic acid; pH values 3.61 ± 0.00 - 3.91 ± 0.01 ; density values 1.0017 ± 0.00 - 1.0093 ± 0.00 g/cm³; brix values 0.90 ± 0.01 - $2.85 \pm 0.03\%$; dry matter values 0.17 ± 0.21 - $3.07 \pm 0.24\%$; ash values 0.02 ± 0.01 - $0.29 \pm 0.04\%$; *L* values with color values are 37.59 ± 0.57 - 53.13 ± 0.19 ; *a* values 0.77 ± 0.03 - 5.52 ± 0.77 ; *b* values - 3.64 ± 0.16 - 20.80 ± 0.33 ; ΔE values were determined as 43.20 ± 0.60 - 53.20 ± 0.18 . Total phenolic content of the samples varied between were 5,53 – 157,44 mg GAE/ 100 mL. Antioxidant capacity results of vinegar samples according to TEAC method 8,93 – 11,76 $\mu\text{M TE.mL}^{-1}\text{TA}$. It was determined that the antioxidant scavenging capacity results of vinegar samples according to DPPH method were 18,28 – 85,33%. When the microbiological properties of vinegar samples were evaluated, acetic acid bacteria count were 1.86 ± 0.01 - 10.96 ± 1.20 log CFU/mL; lactic acid bacteria count were 0.00 - 6.62 ± 0.72 log CFU/mL; yeast-mold counts were found to vary between 0.00 - 7.49 ± 0.07 log CFU/mL. Among the vinegar samples, the highest antimicrobial effect with hawthorn vinegar was obtained against *Escherichia coli* ATCC 25922 with a zone diameter of 23.75 ± 5.30 mm, while the lowest antimicrobial effect with the hawthorn vinegar samples was obtained against *Staphylococcus aureus* 6538 IP with a zone diameter of 6.50 ± 0.71 mm. According to the results of the viability of pathogenic microorganisms from vinegar samples at room temperature conditions at 0, 15, 30 and 60 minutes of exposure, when the effects of vinegar samples on the survival status of pathogen inhibition performed with vinegar samples varies between 1 and 5 logarithmic units. As a result, it was determined that homemade persimmon, pine cone and hawthorn vinegars produced by traditional methods have the potential to be used as natural antimicrobials on foodborne pathogens and their activities vary depending on their acid and total phenolic contents, target microorganisms and exposure times.

Key words: Antimicrobial, Antioxidant, Phenolic ingredient, Traditional, Vinegar

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sirke, Divan-ü Lugat-it Türk'te de yer alan, kullanımı oldukça eskilere dayanan geleneksel bir üründür. Sirke kelimesi dilimize Farsça' dan geçmiştir ve aynı anlamıyla günümüze kadar kullanımı devam etmiştir. İngilizce karşılığı olan “vinegar” kelimesi ise Fransızca “vin aigre-ekşi şarap” anlamına gelmektedir. Sirke, içerisinde şeker bulunan sıvıların önce alkol, daha sonra da asetik asit fermentasyonuna tabi tutulmaları ile elde edilen bir gıda ürünüdür. TS 1880 Sirke Standardına göre “sirke, tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki ayrı fermantasyonla (alkol ve asetik asit fermantasyonu) biyolojik yoldan üretilen, kendine özgü ürün” olarak tanımlanmıştır. Aynı standartta, sirke üretiminde kullanılan hammaddelere göre sirke çeşitleri; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, alkol sirkesi, baharatlı sirke (aromalı sirke), tahıl sirkesi, malt sirkesi, bal sirkesi, peynir altı suyu sirkesi ve bira sirkesi olarak verilmiştir. FAO/WHO gıda standartlarına göre sirke şöyle tanımlanmaktadır: Sirke, iki fermantasyon prosesi yani etil alkol ve asetik asit fermantasyonu ile, nişasta ve/veya şeker içeren tarımsal kökenli hammaddelerden üretilen, insan tüketimi için uygun olan bir sıvıdır (Ünal, 2007). Hemen hemen her ülkede, farklı türden hammaddelerden üretilbildiği için sirke, dünyadaki en yaygın ürünlerden birisidir (Akman ve Yazıcıoğlu 1955; Achaerandio ve ark., 2002 ; Öztürk ve ark., 2009; Sürücüoğlu ve Özçelik 2012; Ordonez ve ark., 2013).

Sirke, üretiminin yaygınlaştırılmadığı çok eski dönemlerde ülkelerde pahalı ve lüks bir içecek olarak kabul edilirken, günümüzde ise ulaşımı oldukça kolay bir üründür. Sirkenin sofralarda salatalarda, çeşitli sosların mayonezlerin, ketçapların ve hardalların hazırlanmasında kullanımı oldukça yaygındır. Sirke aynı zamanda, et yumuşatma ve gevşeme sürecini hızlandırma, balık kemiklerini yumuşatma, meyve ve sebze endüstrisinde uygulanan turşu yapımının yanı sıra, balık ve çeşitli deniz ürünlerinin hazırlanmasında da kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, hazır bir ürünün duyuşsal özelliklerini geliştirir ve ortamı asitlendirerek gıdanın raf ömrünün

uzatılmasını da destekler (Türker 1974; Tan 2005; Stasiak ve Blazejak 2009; Shishehbor ve ark., 2017).

Sirke değişik hammaddelerden farklı yöntemlerle elde edilen bir fermantasyon ürünüdür. Sirke, asetik asit fermantasyonunda etil alkolün, asetik asit bakterileri tarafından asetik asite (sirke asidi) dönüştürüldüğü bir biyokimyasal olayın ürünüdür (Alak, 2015). Sirkede bulunan organik asitler, fenolik bileşikler, amino asitler, vitaminler ve melanoidinler sirkenin organoleptik özelliklerinde önemli rol oynamaktadır. Sirkede bulunan bu maddelerin antimikrobiyel, antioksidan, antidiyabetik, antitümör, antikarsinojenik, antienfeksiyon etkilerinin olduğu ve çeşitli sağlık uygulamalarında kullanıldığı bildirilmektedir. Bu nedenle sirke çok eski yıllardan bu yana çeşitli gıdalarda aroma verici ve koruyucu olarak kullanıldığı gibi, bazı hastalıkların tedavisinde de geleneksel olarak kullanılmaktadır (Şengün ve Kılıç, 2018).

Son zamanlarda, fermente edilebilir şeker içeren çeşitli substratlardan evlerde hazırlanan pastörize edilmemiş geleneksel sirke çeşitlerinin popüleritesi, sağlık yararları nedeniyle artmıştır. Ev yapımı sirkenin substratları ve nihai ürünleri bazı farklılıklar gösterse de süreç her zaman sirke üretiminin ana adımları olan alkollü ve asetonlu fermantasyonu içerir (Rosma ve ark., 2016). Geleneksel ev yapımı sirkeler, ticari sirkelerden farklı olarak kontrolsüz koşullarda üretilir ve pastörize edilmeden tüketilirler. Bu durum, istenmeyen mikroorganizmaların büyümesi için uygun bir ortam sağlayabilir. Bu sebeple, kaliteli sirke elde etmek için ortamda yeterli miktarda asit bulunmasının şart olduğu belirtilmektedir (Giudici ve ark., 2017).

Yapılan birçok çalışmada sirkenin *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium ve *Staphylococcus aureus* gibi gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar üzerine inhibe edici etkisinin olduğu ortaya konulmuştur. Sirkenin gıda hazırlamada kullanılan çeşitli ekipman ve yüzeylerin dezenfeksiyonunda kullanılabileceği, ayrıca sebzelerde bulunabilen bazı patojen bakterilerin sirkeli suda bekletilerek etkili bir şekilde yok

edilebileceği farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Şengün ve Kılıç, 2019).

Çeşitli sirkelerin antimikrobiyel etkilerinin yanı sıra önemli seviyede antioksidan aktiviteye de sahip olduğu, bu aktivitenin sirke içerisinde bulunan biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığı ve bu bileşenlerin kullanılan sirke çeşidine bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Karabıyıklı ve Şengün, 2017). Örneğin Japonya’da geleneksel olarak üretilen sirkelerden biri olan Kurosu’nun (siyah pirinç sirkesi) fenolik maddeler açısından şarap ve elma sirkesinden daha zengin olduğu ve paralelinde antioksidan aktivitesinin de diğer sirkelere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Nishidai ve ark., 2000). Benzer şekilde, yulaf sirkesinin tokotrienol, fenolik bileşenler, flavonoidler, fitik asit, sterol ve avenantiramitler gibi fitokimyasallar içerdiği ve pirinç sirkesinden daha güçlü serbest radikal giderme aktivitesine ve lipid peroksidasyon inhibisyon etkisine sahip olduğu belirlenmiştir. Genellikle tahıl ve meyve sirkelerinin, pişirme ve yıllardırma aşamalarında oluşan ve sirkedeki makromolekül bileşen olan melanoidinleri içermesi nedeni ile daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları da bildirilmektedir (Şengün ve Kılıç, 2019).

Sirke, eski yıllardan bu yana tüm Dünya’da çeşitli hammaddelerden farklı yöntemler kullanarak üretilen özel bir üründür. Sirke mikroflorasında önemli bir yere sahip olan asetik asit bakterileri ortamda baskın olarak asetik asit üretmekte ve böylece elde edilen ürünün gıdalarda sadece lezzet verici olarak değil, aynı zamanda koruyucu olarak da kullanımına olanak sağlamaktadırlar. Önceleri düşük kalitedeki meyveleri değerlendirmek üzere ekonomik bir ürün olarak üretilen sirke, yıllar içerisinde değer kazanmış ve sağlık üzerine olumlu etkileri bilimsel olarak kanıtlandıktan sonra da çok daha önemli bir ürün haline gelmiştir. Ülkemizde de farklı hammaddelerden hem geleneksel hem de endüstriyel olarak üretilen çeşitli sirkeler bulunmasına karşın bu konuda yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Şengün ve Kılıç, 2019). Özellikle ev yapımı Trabzon hurması sirkesi ile çam kozalağı sirkesi hakkında literatürde çok az sayıda çalışma yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, ev yapımı alıç, çam kozalağı ve Trabzon hurması sirkelerinin bazı mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyel ve antioksidan gibi biyoaktif özelliklerini

incelemek amaçlanmıştır. Ayrıca, sirke örneklerinin seçilmiş olan önemli gıda patojenlerinin (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028, *Listeria monocytogenes*) 0, 15, 30 ve 60 dakikalık maruz kalma sürelerinde canlı kalma durumları üzerine etkileri de tespit edilmiştir.



BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Sirke İle İlgili Genel Bilgiler

Sirke, başta üzüm olmak üzere bünyesinde şeker bulunan diğer yaşı ya da kurutulmuş meyvelerin veya meyve şıralarının çeşitli işlemler uygulanmak suretiyle önce etil alkol sonra asetik asit fermentasyonuna uğraması sonucu veya şarapların asetik asit fermentasyonu ile elde edilen bir fermentasyon ürünüdür (Tosun, 2015). TS 1880 Sirke Standardında, sirke üretiminde kullanılan hammaddelere göre sirke çeşitleri; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, alkol sirkesi, baharatlı sirke (aromalı sirke), tahıl sirkesi, malt sirkesi, bal sirkesi, peynir altı suyu sirkesi ve bira sirkesi olarak adlandırılmıştır (TSE, 2003; Ünal, 2007). Sümerlerin, Asurluların, Etililerin, İranlıların, eski Mısırlıların ve eski Yunanlıların eserleri incelendiğinde sirkenin eski çağlardan beri üretildiği görülmektedir (Aktan ve Kalkan, 1998; Akbaş, 2008). Antik çağlardan beri sirke, serinletici bir içecek ve ilaç olarak tüketilmiştir. Günümüzde ise sirke, yemeklerde, salatalarda, turşu yapımında kullanılmasının yanı sıra mayonez, salça, salamura, hardal ve diğer benzeri gıda maddelerinin hazırlanmasında ile konserve üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Elgün, 2011). Sirke asidi olan asetik asit (etanoik asit), formülü CH_3COOH olan organik bir bileşiktir. En basit karboksilik asitlerden birisidir. Karboksilik asitler zayıf asitler olmalarına rağmen, türedikleri alkollerden daha güçlüdürler. Genellikle sirkedeki asetik asit hacimce % 4-8 arasında değişmektedir. Ayrıca daha yüksek asetik asit konsantrasyonlu sirkeler (Ör; % 18) turşu yapımında kullanılmaktadır. Buna ilave olarak doğal sirkeler az miktarda tartarik asit, sitrik asit ve diğer asitleri içermektedirler. Asetik asit, sirkenin karakteristik özelliği olan ekşi tadı ve keskin kokuyu verir. Sirkenin pH'sı asetik asit konsantrasyonuna bağlı olarak 2-3.5 aralığında değişir. Sirke yaklaşık olarak 0.96 g/mL yoğunluğa sahiptir (Anonim, 2015).

Sirke üretimi iki aşamalı fermantasyon prosesinden oluşmaktadır. Bunlar alkol fermentasyonu ve asetik asit fermantasyonudur. İlk aşama alkol fermantasyonudur. Alkol fermantasyonu, *Saccharomyces* türlerine ait olan mayalar tarafından fermente

edilebilir şekerlerin anaerobik şartlar altında etil alkol ve karbondioksit dönüştürülmesidir. Alkol fermantasyonu sırasında karbondioksit ve etil alkol dışında bazı aroma maddelerini de oluşturduğu kaynaklarda geçmektedir. Bunlar; esterler, karbonil bileşikler, organik asitler, yüksek alkoller gibi maddelerdir (Erten, 2003). İkinci aşama ise, ilk aşamada oluşan etil alkolün *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pastorianus* ve *Acetobacter hansenii* gibi asetik asit bakterileri tarafından aerobik koşullar altında asetik asit ve suya dönüştürüldüğü asetik asit fermantasyonudur (Plessi, 2003). Ancak asetik asit fermantasyonu basit olarak sadece oksidaz enziminin etanole oksijen vermesi ile tamamlanmadığı araştırmalarda ortaya çıkmıştır. 1929'da Wieland tarafından fermentasyonun detaylı mekanizması ortaya çıkarılmış, fermantasyonun iki kademeli olarak gerçekleştiği ve ara ürün olarak da asetaldehit oluştuğu belirtilmiştir (Aktan ve Yıldırım, 2011). Endüstriyel olarak sirke üretiminde yüksek oranda asit oluşturma yeteneğine sahip olan asetik asit bakterileri kullanılmaktadır. Ticari sirke üretiminde kullanılan başlıca bakteriler; *Acetobacter acetogenum*, *Acetobacter schutzenbachi*, *Acetobacter curum*'dur. İlerleyen bölümlerde sirke üretim yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Sirkenin kalitesi direkt olarak hammaddeye bağlıdır ve kullanılan hammaddeye göre değişim gösterir. Hammaddenin bileşimi ise yetiştirme teknikleri, iklim, toprak, çeşit vs. gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Morales ve ark., 2004). Sirkenin asetik asit içeriği en önemli kalite kriterlerinden biridir. TS 1880 EN 13188 (2003) mevzuatına göre; "Sirkenin toplam asit içeriği (suda serbest asetik asit cinsinden) 1000 mL'de 50 g'den az olmamalıdır." Şarap sirkesi için ise "Şarap sirkесinin toplam asit içeriği (suda serbest asetik asit cinsinden) 1000 mL'de 60 g'dan az olmamalıdır" ibaresi bulunmaktadır. Aynı mevzuatta, sirkenin alkol içeriğinin ise; şarap sirkesi dışındaki sirkelerin hacimce % 0,5, şarap sirkelerin ise % 1,5'ten fazla kalıntı alkol olmaması gerektiği bildirilmiştir. Sirkenin diğer önemli kalite kriterleri ise içerdikleri aroma maddelerinin bileşimi ve oranıdır. Sirkenin içerdіği aroma maddeleri, sirkenin üretim yöntemi, kullanılan hammadde ve depolama koşullarına göre değişiklik gösterdiği için kalite ve kusurları arasındaki ayırmada kullanılmaktadır (Kadaş, 2011).

2.2. Sirke Üretim Yöntemleri

Sirke üretiminde, yüzey kültür yöntemi (yavaş yöntem), hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi (submers) olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden arasında, en hızlı ve ekonomik olan yöntem ise derin kültür yöntemidir. Buna karşın, sirke kalitesinin yüksek olması açısından yavaş yöntemin daha iyi sonuç verdiği bilinmektedir. Hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi, hem ekonomik açıdan ve hem de üretim süresi açısından, yavaş yöntemle göre daha avantajlı oldukları için ticari olarak sirke üretiminde en çok kullanılan yöntemlerdir (Morales ve ark., 2001; Tan, 2005).

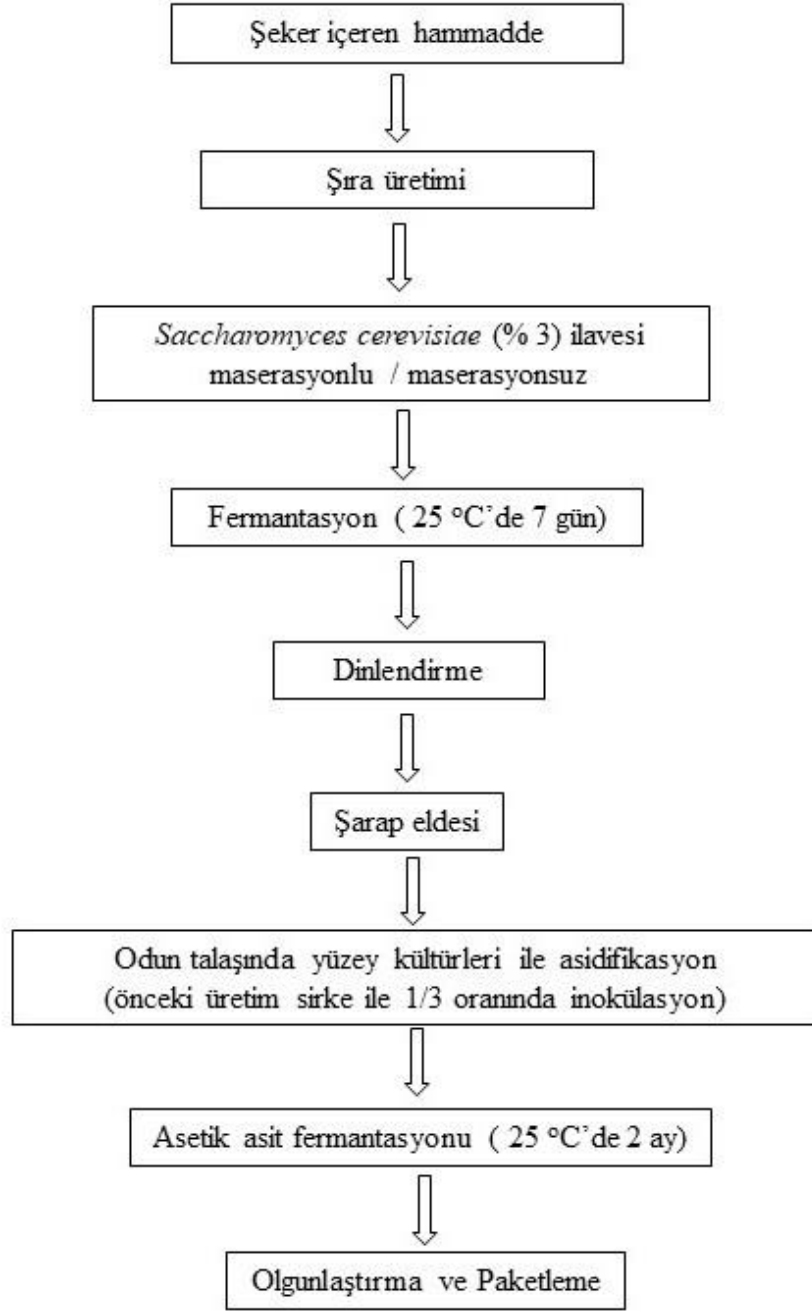
Sirkenin kimyasal bileşimleri sirkenin kalitesini belirlemektedir. Sirkede kalite hem hammaddeye hem de üretim yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Dolayısıyla, hammaddenin bileşimi sirkenin bileşimi üzerinde direkt etkilidir. Hammaddenin bileşimi ise çeşit, iklim, toprak koşulları ve yetiştirme teknikleri gibi etkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Çeşitli hammaddelerden veya değişik üretim yöntemleri kullanılarak üretilmiş olan sirkeler kalite bakımından birbirlerinden farklılık göstermektedir. Kaliteli hammaddelerden uygun üretim yöntemi ile üretilmiş olan sirkelerin, kalitesi özellikleri de istenilen şekilde olmaktadır (Prescott ve Dunn, 1959; Gerbi ve ark., 1998; Achaerandio ve ark., 2002; Morales ve ark., 2004). Sirke üretim yöntemleri, fermantasyon süresine bağlı olarak sirkelerin kalitesini etkilemektedir. Yavaş yöntemle elde edilmiş sirkelerde, özellikler aroma madde miktarı hızlı yöntemle üretilmiş sirkelere kıyasla daha çoktur. Bu yöntemde, üretim süresi uzadıkça aroma maddelerin oluşumu da artış göstermektedir. Bu sebeple, kalite açısından yavaş yöntemle elde edilmiş sirkeler daha iyidir (Prescott ve Dunn, 1959).

Sirke üretim yöntemleri olan yüzey kültür yöntemi (yavaş yöntem), hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi (submers yöntemi) aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

2.2.1. Yüzey Kültür Yöntemi (Yavaş Yöntem)

Sirke üretiminde kullanılan en eski yöntem yüzey kültür yöntemidir ve günümüzde geleneksel sirke üretiminde bu yöntem kullanılmaktadır. Yüzey kültür yönteminde asetik asit bakterileri, fermantasyon sıvısının üstünde yoğunlaşarak “sirke anası” denilen zar benzeri yapı oluşturmaktadır. Böylece alkollü sıvının zamanla sirkeye dönüşümü sağlanmaktadır. Gerçekleşen fermantasyonun hızı, sıvı yüzeyinde biriken bakterinin yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu yöntemde asetik asit bakterileri oksijen konsantrasyonunun yüksek olduğu yüzey ortamında daha yoğun bir biçimde gelişme gösterir. Bu sebeple metot “yüzey kültür yöntemi” olarak isimlendirilmektedir (Aktan ve Yıldırım, 2011; Guici ve ark., 2017).

Yüzey kültür yöntemi ile sirke üretiminde fıçı veya tahta kaplar yaygın olarak kullanılmaktadır. Sirke yapılacak alkollü şıra içerisine belli bir miktar (toplam kap ağırlığının 1/3-1/4’ü kadar bir miktar) pastörize edilmemiş sirke eklenmektedir. Fermantasyon, asetik asit bakterilerinin optimum gelişme sıcaklıkları olan 28-30 °C’de gerçekleştirilmektedir. Sirkeleşme sürecinde bir süre sonra sıvı yüzeyinde zar (sirke anası) meydana gelmektedir. Sirkeleşme sonunda bu zar ise kendiliğinden dibe çökmektedir. Fermantasyonu sonlandırmak ve elde edilen sirkenin özelliklerini belirlemek amacıyla toplam asitlik ve alkol tayini yapılmaktadır. Sirkeleşme sonunda, üst oksidasyonun engellenmesi için ve çeşitli aroma maddelerinin oluşabilmesi için sirkede % 0.5-1.0 oranında alkol kalması gerekmektedir (Türker, 1974; Nanda ve ark., 2001; Aktan ve Yıldırım 2011). Bu yöntemle sirke üretimi 6-8 hafta sürmektedir. Böylece iyi kalitede, yüksek seviyede aroma maddeleri içeren sirkeler üretilmektedir (Akbaş, 2008; Aktan ve Yıldırım, 2011). Randıman ise % 70-85 arasında değişmektedir (Akman, 1949; Akman ve Yazıcıoğlu 1955; Waites ve ark., 2001; Aktan ve Yıldırım 2011). Şekil 2.1’de geleneksel yöntem ile sirke üretimin genel üretim akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Geleneksel yöntem ile sirke üretimi

2.2.2. Hızlı Yöntem

Hızlı yöntem usulü sirke üretimi ilk olarak Almanya’da uygulanmıştır. Bu nedenle, hızlı yöntemle sirke üretimi “Alman usulü” yöntem olarak da adlandırılmaktadır. Hızlı

yöntemle sirke üretim sistemi, 19. yüzyılın başlarında Alman kimyager Schutzenbach tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde, sirke üretiminde en önemli rolü oynayan asetik asit bakterilerine geniş yüzeyler oluşturmak amacıyla, fermantasyon kapları içerisine rende ile hazırlanan yongalar, mısır koçanı veya çalı demetleri (yaklaşık olarak 3-4 cm uzunluğunda, 1 mm kalınlığında, 3 cm genişliğinde) yerleştirilmektedir. Üretim sırasındaki gerekli oksijen miktarı kabın kenarlarındaki deliklerden sağlanmaktadır. Fermantasyon sıvısı yukarıdan aşağıya doğru akarken, dolgu maddeleri ile oluşturulan geniş yüzeylerden geçerek süzülmemektedir. Şıra, bu alanlara yerleşmiş bulunan asetik asit bakterileri tarafından 8-10 gün içerisinde sirkeye dönüştürülmektedir (Akbaş, 2008; Aktan ve Yıldırım, 2011).

2.2.3. Derin Kültür Yöntemi (Submers Yöntemi)

Derin kültür yöntemi ile sirke üretimi, diğer yöntemlerin aksine yüzeyde değil sıvı içerisinde çoğalan ve dolgu materyali olmadan gelişen asetik asit bakterileri ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde temel unsur, fermantasyon sıvısının ince hava kabarcıkları ile sürekli olarak havalandırılması ve sonuçta yüksek oranda asetik asit içeren (minimum % 8-14) sirke elde edilmesidir (Aktan ve Yıldırım, 2011; Giudici ve ark., 2017). Bu yöntemle sirke üretimi “asetatör” olarak adlandırılan, sıcaklık, süre, oksijen miktarı, asit ve alkol içeriği gibi parametrelerin kontrol edilebildiği metal biyoreaktörlerle gerçekleştirilmektedir (Aktan ve Yıldırım, 2011). Birinci aşamada fermente edilecek hammaddeden etanol içeriği yaklaşık olarak % 2-3 olan sirke elde edilmektedir. Daha sonra bu sıvı ikinci bir reaktöre aktarılarak kalan etanolün asetik asite dönüşümü sağlanmaktadır. Bu yöntemle sirke, tek bir biyoreaktör kullanılarak da üretilmektedir. Bu durumda fermantasyon sıvısının etanol içeriği % 0,3-0,5 olduğunda biyoreaktör boşaltılmaktadır. Derin kültür yöntemiyle sirke üretimi 18-30 saat gibi kısa bir zamanda gerçekleşmektedir (Garcia-Garcia ve ark., 2009). Bu yöntemle sirke üretimi Alman usulüne (hızlı yöntem) kıyasla çok daha hızlı ve ucuz olması nedeniyle, endüstride daha fazla kullanılmaktadır (De Ory ve ark., 2004).

2.3. Sirke Çeşitleri

Çok eski yıllardan bu yana çeşitli gıdalarda aroma verici ve koruyucu madde olarak kullanılan özel bir ürün olan sirkenin, Dünyada ve ülkemizde farklı hammadde ve üretim yöntemleri kullanılarak üretilmiş bir çok çeşidi vardır. Bu sirke çeşitleri meyve sirkeleri (balsamik sirke, çilek sirkesi, dut sirkesi, elma sirkesi, hindistan cevizi sirkesi, hurma sirkesi, incir sirkesi, vişne sirkesi, üzüm sirkesi) hububat sirkeleri (bira sirkesi, siyah pirinç sirkesi, siyah sirke, pirinç sirkesi), sebze sirkeleri (domates sirkesi, soğan sirkesi), şarap sirkeleri (şarap sirkesi, palmye suyu sirkesi) ve diğer sirkeler (bal sirkesi, beyaz distile sirke, kombucha sirkesi, malt sirkesi, peynir altı suyu sirkesi) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır (Şengün ve Kılıç, 2019). İlerleyen bölümlerde tez çalışması kapsamında incelenen alıç, çam kozalağı ve Trabzon hurması sirkeleri hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

2.3.1. Alıç Sirkesi

Alıç, gülgiller (Rosaceae) familyasından Crataegus cinsine ait, genellikle yabani olarak yetişen, 10 metreye kadar yükselebilen, dikenli, beyaz veya pembe çiçekli, meyveleri sarı-kırmızı veya kırmızı renkli bir ağaçtır. Sert iklimlere dayanıklı, güneşi seven, her iklimde yetişebilen ve hafif ekşimsi bir tadı olan alıç, değişik yörelerde değişik isimler almıştır. Bu isimlere, alıç, aluç, yemişen, ekşi muşmula, kuş yemişi örnek olarak verilebilir. Ülkemizde 20'ye yakın alıç türü bulunmaktadır (Karadeniz 2004; Özdeveci, 2006). Şekil 2.2.'de alıç meyveleri gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Sarı ve kırmızı alıç meyveleri (www.cnn.com; www.sabah.com)

Geçmişten günümüze kullanılan alıç, taze veya kuru halde tüketilebilmektedir. Ayrıca alıç, marmelat veya sirke malzemesi olarak da kullanılabilir. Alıçın, genel olarak bilinen sarı ve kırmızı olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Alıç sirkesi hem sarı alıç hem de kırmızı alıç ile yapılabilir. Geleneksel alıç sirkesi yapımında öncelikli olarak alıçlar bol suda yıkanmaktadır. Tek tek kontrol edilerek yaralı ve ezik olan meyveler ayrılır. Temizlenen meyveler üzerinde yeterli miktarda su ilave edilerek, günde 3 kez karıştırmak suretiyle 1 hafta boyunca dinlendirmeye bırakılır. Dinlendirme sonrası sıkma işlemi yapılarak alıç suyu elde edilir. Sıkma işleminin ardından elde edilen şıraya alkol fermantasyonunu kolaylaştırmak amacıyla şeker ilavesi yapılır. 30 günlük kapalı ortamda gerçekleştirilen alkol fermantasyonu sonrasında, elde edilen alkollü şıraya 1/3 oranında yıllandırılmış sirke (yaklaşık 2 yıllık) ilave edilerek oda sıcaklığında asetik asit fermantasyonuna bırakılır. 60 günlük fermantasyon sonunda sirke üretimi tamamlanmış olur (Özdemir, 2019).

2.3.2. Çam Kozalağı Sirkesi

Çamgiller (Pinaceae), iğne yapraklılar takımından bazen çalı formunda kozalaklı ağaç türlerini içeren bitki familyasıdır. Kozalak (*Strobilus*), bazı ağaçlarda, üreme yapılarını barındıran bitki bölümüdür. Kozalak deyince akla gelen ilk şey, genelde döl üreten dişi kozalaktır. Polen üreten erkek kozalaklar, erişkin dönemlerinde bile çok iri olmazlar ve dikkat çekmezler (www.tr.wikipedia.org). Şekil 2.3’de yeşil çam kozalakları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yeşil çam kozalakları (www.sosyaltarif.com)

Ülkemizde üretimi yapılan çam kozalağı sirkesi ile ilgili olarak literatürde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bu tez çalışması bu açıdan bir ilk olacaktır. Geleneksel çam kozalağı sirkesi yapılışında; yeşil kozalakların kullanılması tercih edilmektedir. Kullanılacak kozalakların bol su ile temizlenmesi gereklidir. Bu sirke kozalakların yanısıra kırmızı elma, bir miktar çam filizi ve andız kozalağı da kullanılmaktadır. Tüm bu malzemeler küçük parçalar halinde temiz kavanoz içerisine yerleştirildikten sonra, 1/3 oranında yıllandırılmış sirke (yaklaşık 2 yıllık) ve su ilave edilerek, sirke oluşumu sağlanana kadar yaklaşık 60 gün fermantasyona devam edilmektedir. Tüm hammaddeler dibe çöktükten sonra karıştırma işlemi sonlandırılmaktadır ve yaklaşık 1 ay daha dinlendirilerek, sirke olgunlaştırılmaktadır. Daha sonra sirke süzülme ve şişelenmektedir.

2.3.3. Trabzon Hurması Sirkesi

Trabzon hurması (*Diospyros kaki*) turuncu renkte, kendine has tadı ve yapısı olan, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin bir meyvedir (Daood ve ark., 1992). Anavatanı Çin olan Trabzon hurması, Çin'den Japonya'ya ordadan da diğer ülkelere yayılmıştır. Meyvenin Türkiye'ye girişi ve yetiştiriliği çok eskilere dayanmakta olup o dönemde giriş yaptığı Trabzon ili üzerinden diğer illere dağıldığından "Trabzon hurması" ismini olarak isimlendirilmiştir. Bu meyve Türkiye'de yerel olarak, Hurma, Amme, Aşılı Uvaz, Rus Hurması, Japon Hurması, Batum Hurması, Laz Hurması, Cennet meyvesi gibi isimlerle de tanınmaktadır (Wright ve Kader, 1997; Gu ve ark., 2008; Chen ve ark., 2008). Şekil 2.4'te olgunlaşmış Trabzon hurması meyvesi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Trabzon hurması (*Diospyros kaki*) meyveleri (www.tekzen.com.tr)

Geleneksel yöntemle Trabzon hurması sirkesi yapımında, öncelikli olarak Trabzon hurması meyveleri yıkanıp, temizlenip, küçültülmektedir. Daha sonra dezenfekte edilmiş kavanoz içersine Trabzon hurmaları ezilerek, pulp halinde konulmaktadır. Pulp içerisine kaya tuzu, bal, 1/3 oranında yıllandırılmış sirke (yaklaşık 2 yıllık) ve su ilave edilerek, sirke oluşumu sağlanana kadar yaklaşık 60 gün fermantasyona devam edilmektedir. Bu süre zarfında her gün sirke karıştırılmaktadır. Trabzon hurmaları dibe çökene kadar karıştırma işlemi tekrarlanmaktadır. Tüm hurmalar dibe çöktükten sonra karıştırma işlemi sonlandırılmaktadır ve yaklaşık 1 ay daha dinlendirilerek, sirke olgunlaştırılmaktadır. Daha sonra sirke süzülmekte ve şişelenmektedir (Bayram ve ark., 2020).

2.4. Sirkede Bulunan Mikroorganizmalar

Asetik asit bakterileri (AAB) ve mayalar sirke üretiminde önemli mikroorganizma gruplarını oluşturmaktadır. Sirke çeşidine bağlı olarak bazı laktik asit bakterisi (LAB) türleri ve bazı küfler de sirke üretiminde görev almaktadır. AAB, zorunlu aerobik mikroorganizmalardır. ABB türleri, alkolden asetik asit oluşturan, Gram negatif, katalaz pozitif, oksidaz negatif özellikte, spor oluşturmayan, elipsoidal ve çubuk şeklinde (0.4-1.0 µm genişliğinde ve 0.8-4.5 µm uzunluğunda), hücreleri tekli, çift veya zincir şeklinde bulunan, hareketli veya hareketsiz mikroorganizmalardır.

Gelişme sıcaklıkları 5-45 °C arasındadır. Optimum gelişme sıcaklıkları 25-30 °C arasında değişmekte ve bazı türleri termotolerant özellik de gösterebilmektedir. AAB 5.0-6.5 pH değerlerinde optimum gelişme göstermelerine rağmen 3-4 pH gibi düşük pH değerlerinde de gelişebilmektedirler. Sirke üretiminde asetik asit fermentasyonunda görev alan AAB türlerinin başında *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter* ve *Komagataeibacter* cinsine ait türler gelmektedir. *Acetobacter*, sirkeden izole edilip tanımlanan ilk bakteri cinsi olması nedeniyle “sirke bakterisi” olarak da bilinmektedir. *Acetobacter* cinsi etanolü güçlü, glukozu zayıf şekilde okside edebilmesine karşın asetat ve laktatı tamamen okside edebilmektedir. *Gluconobacter* cinsi ise genellikle etanolü zayıf, glukozu güçlü şekilde okside edebilmekte ve asetat ile laktat oksidasyonunu gerçekleştirememektedir. Bunların dışında sirkede sıkça bulunan diğer AAB cinsi *Gluconacetobacter*’dir. Bu cins, *Gluconacetobacter liquefaciens* ve *Gluconacetobacter xylinus* olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır. Bu gruplar genetik olarak birbirinden (morfolojik, fizyolojik, ekolojik ve filogenetik temellere dayanmak üzere) ayırt edilebilmiştir. Son yıllarda ise *Gluconacetobacter xylinus* türü *Komagataeibacter* cinsi olarak adlandırılmıştır. *Komagataeibacter* cinsi yüksek asetik asit ve etanol konsantrasyonuna toleranslıdır ve yüksek asitli sirke üretebilen asetik asit bakterisi cinsi olarak da bilinmektedir (Şengün ve Kılıç, 2019).

Sirke üretiminde görev alan mikroorganizmaların tanımlanması kaliteli ürün eldesi, standart kalitede sirkenin endüstriyel üretiminin gerçekleştirilmesi ve ürün kalitesi ile kalitenin sürekliliğinin sağlanması için gerekli olan altyapıyı oluşturmak adına oldukça önemlidir. *Saccharomyces cerevisiae*, sirke üretiminde hammaddede bulunan şekeri etil alkole dönüştürerek alkol fermentasyonunun gerçekleşmesini sağlar. *S. cerevisiae*, yüksek şeker ve düşük azot içeren ortamlarda gelişme yeteneğine sahip bir maya türüdür. Küfler ise, sirke üretiminde salgıladıkları enzimler nedeniyle önem taşımaktadırlar. *Rhizopus*, *Mucor* gibi bazı küf türleri tahıl sirkesi üretiminde kullanılmaktadır. Bu küfler, amilaz ve glukaoamilaz gibi enzimleri sentezleyerek, hammaddenin basit bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadırlar. Bu cinslere ilave olarak, *Aspergillus* cinsinin bazı türleri de sirke üretiminde kullanılabilir. *Aspergillus* türleri nişasta ve selüloz dahil olmak üzere çok sayıda doğal bileşiği kullanarak sitrik asit üretebilmektedirler. Çoğu doğu ülkesinde alkollü içki ve sirke üretiminde pirinç

ununun fermentasyonunda *Aspergillus oryzae* görev almaktadır. Rhizopus cinsi ise, fumarik ve laktik asit gibi organik asitler üretebildiği, *R. oryzae*'nin sirke benzeri içeceklerin eldesinde önemli görev aldığı bildirilmektedir (Şengün ve Kılıç, 2019).

Laktik asit bakterileri (LAB), sirke üretiminde yer alan diğer bakteri türleridir. LAB, genellikle fermente et ve süt ürünlerinin üretiminde önemli rol oynamakta, sirke üretiminde ise ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak, mayalar ile Kluyveromyces cinsi (bazı türleri hariç) laktozu fermente edememekte ve bu sebeple sirke üretiminde ortamda laktozun bulunduğu durumlarda laktik asit bakterilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Şengün ve Kılıç, 2019).

2.5. Sirkenin Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri

Dünya'da farklı hammaddeler kullanılarak birçok sirke çeşidi üretimi yapılmaktadır. Bu sirke çeşitleri farklı fiziksel, kimyasal ve biyoaktif özellikler göstermektedir. Kontrollü koşullarda, kaliteli hammadde kullanılarak üretilen sirkelerde, kalite daha yüksek olmaktadır. Elde edilen üründe istenilen asitlik değeri ve aroma özellikleri de sağlanabilmektedir.

Görünüş olarak sirke, berrak, sulu, renksiz veya hammaddenin rengine sahip bir sıvıdır. Sirkenin bileşimi; kullanılan hammaddeye, sirkeye katılan su veya bakterilerin gelişimi için eklenen besin maddelerine, sirke üretim metoduna ve olgunlaşma süresine göre değişiklik göstermektedir. Sirkedeki asetik asit konsantrasyonu yoğunluk, kaynama noktası, donma noktası, yüzey gerilimi ve viskoziteyi etkilemektedir. Sirkenin pH değeri, asit oranına bağlı olarak 2.0-3.5 arasında değişiklik göstermektedir (Garcia-Parrilla ve ark., 1997; Aktan ve Yıldırım, 2011). Literatürde elma, üzüm ve bal sirkeleri ile yapılan çalışmalara göre, sirke örneklerinin kül değerleri 0,11 – 4,80 g/L, titrasyon asitliği değerleri 0,19 – 46,20 g/L (asetik asit cinsinden), toplam şeker değerleri 0 – 144,24 g/L, kuru madde değerleri % 1,23 – 22,58, yoğunluk değerleri ise 0,9955 – 1,157346 g/cm³ arasında değişmektedir (Kılıç, 1976; Şahin ve ark., 1977; Şahin ve Kılıç, 1981; Plessi, 2003; Ünal, 2007; Budak, 2010; Alak, 2015).

Türkiye’de farklı illerde geleneksel ve endüstriyel olarak üretilen 25 adet sirke örneğinin incelendiği bir çalışmada, en düşük pH değerinin (2.70) Niğde iline ait geleneksel üzüm sirkesinde, en yüksek asitlik değerinin (% 7.20 asetik asit) Tokat iline ait geleneksel elma sirkesinde olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada en yüksek briks değerinin (20.80) ise Tokat iline ait geleneksel üzüm sirkesinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sirke örneklerinde 61 uçucu bileşenin bulunduğu ve en sık rastlanan uçucu bileşenlerin ise α -terpinol, etil asetat ve feniletıl alkol olduğu belirlenmiştir. (Şengün ve Kılıç, 2019).

Yapılan diğerk bir çalışmada pirinç şarabından (*Oryza sativa L.*) elde edilen pirinç sirkesinde toplam asitliğin % 6.85, alkol içeriğinin % 0.17, mineral ve kuru madde miktarının ise sırasıyla % 1.26 ve % 1.78 olduğu tespit edilmiştir. Sirke örneklerinde, cisakonitik asit (6 mg/L), maleic asit (3 mg/L), transakonitik asit (3 mg/L), şikimik ve süksinik asit (4 mg/L), laktik asit (300 mg/L), formik asit (180 mg/L), okzalik asit (3 mg/L), fumarik asit (3 mg/L) ve itakonik asit (1 mg/L) bulunduğu da belirlenmiştir (Şengün ve Kılıç, 2019).

Su sirkenin % 80’lik kısmını, asetik asit yanında çok veya az miktardaki yan ürünler ise sirkenin %20’lik kısmını oluşturmaktadır. Sirkenin ana ürünü asetik asittir. Bu sirkeye has keskin ve ekşi tadın oluşumunda etkin rol oynamaktadır. Organik asitler, mineral maddeler, proteinler ve karbonhidratlardan oluşan ekstrakt ile esterler, aldehytler, metilglioksal, dihidroksiaseton, 2,3 bütılenglikol, asetıl metıl karbinol, diasetil ve aroma maddeleri gibi uçucu unsurlar sirkedeki yan ürünlerdir (Casale ve ark., 2006; Aktan ve Yıldırım 2011; Garcia-Parrilla ve ark., 2017).

Aromatik bileşikler, sirke kalitesinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Karışık kültür kullanımı bu bileşiklerin oluşumunda, olgunlaşma süreci boyunca sirkenin ahşap ile teması ve süresi aromatik çeşitlilikte önemli bir artış meydana getirmektedir. Ürünün aroması üzerinde bütün uçucu bileşikler aynı oranda etkili olmayabilmektedirler (Mas ve ark., 2014).

Sirkede analitik olarak önemli olan bir madde de L (+) asetil metil karbinoldür. Asetil metil karbinol üzüm sirkesi, meyve sirkesi, malt sirkesi ve bal sirkesinde bulunurken, yapay sirke ve biyolojik yolla üretilen alkol sirkesinin damıtılması sonucu elde edilen asetik asitte bulunmamaktadır. Asetil metil karbinol miktarı genellikle sirkelerde 100-250 mg/L arasında değişmektedir. Yapay sirke veya sentetik asetik asitten elde edilen sirke ile doğal sirkeyi birbirinden ayırt etmek için 2,3 bütülglikol, ekstrakt, kül ve gliserin tayinleri de yapılmaktadır (Aktan ve Yıldırım 2011).

Gıdalarda bulunan biyoaktif bileşikler, dejeneratif hastalıkların oluşumunu en aza indirmeye fayda sağlayan antioksidan etkiler gösterirler (Pandey ve Rizvi, 2009). Amino asitler, organik asitler, fenolikler, vitaminler ve mineral maddelerce zengin sayısız meyveden üretilen sirkeler, biyoaktif potansiyele sahiptir ve kullanılan hammadde ve üretim yöntemlerine bağlı olarak çeşitli seviyelerde antioksidan ve antimikrobiyel özellikler gösterir (Bakır ve ark., 2017; Karabıyıklı ve Şengün, 2017).

Farklı sirke türlerindeki polifenoller ve vitaminler gibi biyoaktif maddeler, önemli antioksidan aktivitelerinden dolayı oksidatif strese karşı koruma sağlar (Davalos ve ark., 2005; Nishino ve ark., 2005). Budak ve Güzel-Seydim (2010), geleneksel üzüm şarabı sirkesi ile endüstriyel üzüm sirkesinin biyoaktif özelliklerini inceledikleri çalışmada, endüstriyel sirkedeki kateşin miktarını geleneksel sirkeden daha yüksek olarak tespit etmişlerdir. Sirke örneklerinin Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAC) ve Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi (TEAC) değerleri geleneksel sirke için sırasıyla 10.50 $\mu\text{mol/mL}$ TE (troloks eşdeğeri) ve 13.50 mmol/L iken, endüstriyel sirke örnekleri için 8.84 $\mu\text{mol/mL}$ TE ve 10.37 mmol/L olarak belirlenmiştir (Budak ve Güzel-Seydim 2010). Geleneksel sirkenin ORAC ve TEAC değerleri endüstriyel sirkeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Elma sirkesi örneklerinin ORAC ve TEAC değerleri sırasıyla 2 - 6 $\mu\text{mol/mL}$ TE ve 4 - 14 mmol/L olarak belirlenmiştir (Budak ve ark., 2011). Nishidai ve ark. (2000) geleneksel Japon pirinç sirkesi Kurosu'nun, güçlü bir antioksidan aktivite kaynağı olduğunu gösteren yüksek bir fenolik bileşik bileşimine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Ubeda ve ark. (2011) tarafından yapılan farklı bir çalışmada, Trabzon hurması sirkesinin antioksidan aktivite değeri beyaz ve kırmızı şarap sirkelerinden daha yüksek olarak

tespit edilmiştir. Tespit edilen daha yüksek antioksidan aktivite değeri, hurma sirkesi üretiminde kullanılan yabani maya türüne atfedilmiştir.

Sirkenin, asetik asit içeriği nedeniyle antimikrobiyel etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Budak ve ark., 2014). Asetik asit, genel olarak güvenilir (GRAS) statüsünde bulunur ve mayalar ve bakteriler için inhibe edici etkiye sahiptir. Asetik asitin, özellikle *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* ve *Pseudomonas* türleri üzerinde inhibisyon etkisine sahip olduğu bilinmektedir. Asetik asitin antimikrobiyel etkisinin incelecendiği bir araştırmaya göre, asetik asit hücre duvarı yapısını bozması ve hücre içinde ATP kaybına sebep olması nedeniyle antimikrobiyel etki göstermektedir. Görülen antimikrobiyel etki, asit iyonlaşma sabiti (K_a) derecesine, ortamın pH ve sıcaklık seviyesine, kullanılan diğer antimikrobiyel ajanlara ve hedef patojenin türüne göre değişkenlik gösterebilmektedir (Ayhan ve Bilici, 2015). Sirkenin antimikrobiyel etkisinde, yapısında bulunan polifenol bileşiklerin özellikle de ferulik asit ve sinapik asitin etkin olduğu bildirilmiştir. Polifenoller, bakterinin peptidoglikan ve dış zarında bulunan fosfolipid çift tabaka ile birleşerek, hücre zarının bütünlüğünü bozucu bir etki göstermektedir. Ayrıca, polifenoller bir tür poliol olmaları sebebiyle, bakteri üremesini engellemek için proteinlerin amino ve karboksil gruplarının yanı sıra şelatlama geçiş metal iyonu (koenzim) ile reaksiyona girerek bakteriyel hücre içi enzimlerin aktivitelerini de etkilemektedirler (Chen ve ark., 2016). Bayram ve ark. (2020) tarafından, Trabzon hurmasının antimikrobiyel aktivitesi seçilmiş küf ve bakterilere incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, sirke konsantrasyonunun %10 ile %100'ü arasında *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium ve *Escherichia coli*'ye karşı göstermiş olduğu inhibisyondaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak ekstrakt konsantrasyonunun arttırılmasıyla inhibisyon zonu da artış göstermiş ve en yüksek inhibisyon zonu *Salmonella* Typhimurium ve *Escherichia coli*'ye karşı uygulanan direkt (%100) ekstrakt konsantrasyonunda gözlenmiştir. Bakteri türlerine karşı in vitro antimikrobiyel etkinin belirlendiği zon çapı değerlerinin $5,83\pm0,29 - 10,67\pm0,58$ mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Antifungal özellikler açısından, inhibisyon zonu *Aspergillus niger*'e karşı en yüksek seviye belirlenmiş ve

ekstrakt konsantrasyonunun %10'dan %100'e artmasıyla birlikte inhibisyon artışının olduğu tespit edilmiştir. *Aspergillus flavus*, *Penicillium carneum*'a karşı %10 ekstrakt konsantrasyonunda hiçbir inhibisyon gözlenmezken, uygulanan daha yüksek konsantrasyonlarla inhibisyon artışı gözlemlenmiştir. Antifungal etkinin belirlendiği zon çaplarının $5,67 \pm 0,80$ – $7,83 \pm 0,29$ mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Özdemir (2019) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da, alıç sirkesi örneklerinin *S. aureus*, *E. coli*, *E. faecalis*, *C. jejuni* ve *L. monocytogenes* mikroorganizmaları üzerinde antimikrobiyel etkisi olduğu tespit edilmiştir.

2.6. Sirkenin Sağlık Üzerindeki Etkileri

Sirkenin sağlığa faydalı etkileri, içeriğinde bulunan organik asitler, amino asitler, fenolik bileşikler ve melanoidinler gibi biyoaktif maddelerden kaynaklanmaktadır. Sirkede bulunan biyoaktif maddelerin antidiyabetik, antimikrobiyel, antioksidan, antitümör, antikarsinogenik, antienfeksiyon, kardiyovasküler etkilerinin olduğu ve çeşitli sağlık uygulamalarında kullanıldığı bildirilmektedir (Karabıyıklı ve Şengün, 2017). Fermantasyon sırasında hammaddede bulunan fenolik bileşikler yeni antioksidan etkili fenolik bileşiklere dönüştürülmektedir. Bu değişiklikler sirkenin sağlığa faydalı etkilerinin artmasına neden olmaktadır (Shahidi ve ark., 2008; Martins ve ark., 2011).

Sirkenin kan şekeri seviyesini olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir. Son yıllarda diyabetik hastalıkların tedavisinde sirke kullanımı önerilmektedir. Yapılan çalışmalarla, sirke tüketiminin insülin dirençli insidanslarda postprandiyal glisemiye plasebo değerlerine kıyasla % 64 oranında düşürdüğü belirlenmiştir (Johnston ve ark., 2004). Bununla birlikte % 0.3 ve % 2 asetik asit çözeltisinin tüketiminin kandaki glukoz seviyesini önemli seviyede düşürdüğü de belirlenmiştir (Xibib ve ark., 2003; Sakakibara ve ark., 2006). Mor tatlı patates sirkesinden izole edilen yeni bir doğal α -glukosidaz inhibitörü olan Caffeoylsophorose'un, farelerde hipoglisemik etkisinin olduğu belirlenmiştir (Matsui ve ark., 2014). Ayrıca sirkelerin antiglisemik etkisinin standart antidiyabetik ilaçlarla karşılaştırılabilir olduğu da bildirilmektedir (Yusoff ve ark., 2015).

Sirkenin kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkisinin bulunduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Elma sirkesinin farelerde kolesterol seviyesini düşürdüğü, düşük yoğunluklu lipoprotein (low density lipoprotein (LDL)) oksidasyonunu inhibe ettiği ve kardiyovasküler hastalıkları önlediği kanıtlanmıştır (Laranjinha ve ark., 1994; Budak ve ark., 2011). Sorgum sirkesinde bulunan alditol ve monosakkaritlerin, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde faydalı olabilecek antiplatelet agregasyon aktivitesini başlattığı bildirilmektedir (Li ve ark., 2014). Komesu (Japonya pirinç sirkesi) ve Kurosu (siyah pirinç sirkesi)'nun antihipertansif ve antienflamatuar etkilerinin olduğu, aynı zamanda bu sirkelerde bulunan organik asitlerin kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Jing ve ark., 2015).

Kurosu, kanser riskini azaltmak için en önemli fenolik bileşik kaynaklarından biri olduğu bildirilen geleneksel bir Japon pirinç sirkesidir (Shimoji ve ark., 2004). Kurosu sirkesinin etil asetat ekstraktının antioksidan aktivitesi, şarap ve elma sirkesinin antioksidan aktivitelerinden daha fazladır (Nishidai ve ark., 2000; Nishino ve ark., 2005). Nanda ve ark. (2001) tarafından Kurosu sirkesinin çeşitli insan kanser hücre dizilerinin (kanser hücre hatları, kolon adenokarsinomu, akciğer karsinomu, meme adenokarsinomu, mesane karsinomu ve prostat karsinomu hücreleri) çoğalması üzerindeki etkisini çalışılmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, Kurosu'nun test edilen tüm hücre dizilerinin proliferasyonunu doza bağlı bir şekilde engellediği bildirilmiştir. Kibizu ise, Japonya'da üretilen şeker kamışı sirkesidir. Kibizu, güçlü radikal süpürücü aktivitesi ile tipik insan lösemi hücrelerinin büyümesini engellediği tespit edilmiştir. (Mimura ve ark., 2004). Xibib ve ark. (2003) tarafından ise, Kibizu sirkesi tüketiminin özofagus kanseri riskini azaltan koruyucu bir etki gösterdiği bildirilmiştir.

Sirke tüketimi, tokluk yoluyla bir öğünün glisemik etkisini azaltarak tüketilen toplam besin miktarını azaltabilmektedir (Mermel 2004). Johnston ve Gaas (2006) tarafından bildirilen bir çalışmada, günde 2 yemek kaşığı kırmızı ahududu sirkesi tüketen ve 4 hafta boyunca yiyecek ve suya serbestçe erişebilen insan denekler kilo verirken, 4 hafta boyunca her gün benzer miktarda kıvılcık suyu tüketen kontrol grubunda ise hafif bir kilo artışı olmuştur. Başka bir çalışmada, sağlıklı gönüllüler bir porsiyon beyaz

buğday ekmeği ile 3 seviye sirke (18, 23 ve 28 mmol asetik asit) tüketmişlerdir. Kontrol yemeği olarak ekmeğ tüketimi (sirkesiz) kullanılmıştır. Gönüllülerin açlık ve tokluk duyguları değerlendirildiğinde, artan asetik asit düzeyi ile doyunluğuun arttığı kaydedilmiştir (Ostman ve ark., 2005).



BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Sirke Örnekleri

Tez çalışması kapsamında analizlere alınan Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkesi örnekleri, farklı illerden geleneksel yöntemlerle üretilmiş sirke örnekleridir. 1. grup sirke örnekleri Çivril, Denizli'den temin edilmiştir. 2. grup sirke örneklerinden alıç ve çam kozalağı sirkeleri Merkez, Niğde'den, Trabzon hurması sirkeleri ise Bor, Niğde'den temin edilmiştir. 3. grup sirke örnekleri olan Trabzon hurması sirkeleri Mut, Mersin'den, çam kozalağı sirkeleri Bor, Niğde'den, alıç sirkesi örnekleri ise Selçuklu, Konya'dan temin edilmiştir. Sirke örneklerinin kodlamaları ve temin edildikleri iller Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tez kapsamında analize alınan sirke örnekleri

Örnek	İl	Hammadde
TH1	Denizli	Trabzon hurması
TH2	Niğde	Trabzon hurması
TH3	Mersin	Trabzon hurması
ÇK1	Denizli	Çam kozalağı
ÇK2	Niğde	Çam kozalağı
ÇK3	Niğde	Çam kozalağı
AL1	Denizli	Alıç
AL2	Niğde	Alıç
AL3	Konya	Alıç

Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de tez çalışmasında kullanılan sirke örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. 1. grup sirke örnekleri



Şekil 3.2. 2. grup sirke örnekleri



Şekil 3.3. 3. grup sirke örnekleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Fizikokimyasal Analizler

3.2.2.1. Titrasyon Analizi

Sirke örnekleri 10 mL olarak alınarak, pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyon analizi sonuçları, aşağıdaki eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanmış ve asetik asit (%) cinsinden verilmiştir (AOAC,1992).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{V \cdot f \cdot E}{M} \times 100 \quad (3.1)$$

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı (mL)

f : NaOH çözeltisinin faktörü

E : 1 mL 0.1 N NaOH çözeltisinin eşdeğeri asit miktarı

M : Titre edilen örneğin gerçek miktarı (mL)

3.2.2.2. pH Analizi

Analize alınan sirke örneklerinden 10 mL alınarak, pH ölçümleri Mettler-Toledo (Mettler-Toledo International Inc., Switzerland) marka pH metre ile yapılmıştır.

3.2.2.3. Yoğunluk, Alkol Ve Suda Çözünür Kurumadde Analizleri

Sirke örneklerinin yoğunluk, alkol ve suda çözünür kurumadde miktarları (briks) 20 °C’de Anton Paar (DMA 4500 M, Avusturya) cihazı kullanılarak tespit edilmiş ve sonuçlar yoğunluk ve alkol miktarları için g/cm³, briks için % olarak verilmiştir.

3.2.2.4. Toplam Kuru Madde Analizi

Sabit ağırlığa getirilen ve darası alınan kuru madde kaplarına sirke örneklerinden 10 mL tartılmış ve etüvde 105 °C’de son iki tartım arasındaki fark 0,002-0,003 oluncaya kadar kurutulmuştur. Tartımlar hassas terazi (Mettler Toledo, AB204, İsviçre) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar % olarak aşağıdaki formül (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Madde (\%)} = \frac{M_1 - M}{M_2 - M} \times 100 \quad (3.2)$$

M : Kurutma kabı ağırlığı (g)

M₁ :Kurutma kabı ve kalıntının ağırlığı (g)

M₂ : Numune ve kurutma kabı ağırlığı (g)

3.2.2.5. Toplam Kül Analizi

Analizde kullanılacak krozeler 400 °C’de kül fırınında kurutulmuş, desikatörde soğutulup tartılmıştır. Tartım kabı içerisine 10 mL kadar sirke örneklerinden ilave edilerek 525 °C’de kül fırınında beyaz kül oluncaya kadar yakılmıştır. Desikatöre alınan tartım kapları soğuduktan sonra tartılmış ve sonuçlar aşağıdaki formül (3.3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kül Miktarı (\%)} = \frac{M_1 - M}{M_2 - M} \times 100 \quad (3.3)$$

M : Kroze ağırlığı (g)

M₁ : Kroze ve yanma sonucu kalan kül ağırlığı (g)

M₂ : Kroze ve tartılan örnek ağırlığı (g)

3.2.2.6. Renk Analizi

Sirke örneklerinin renk parametreleri, beyaz standart yüzey üzerinde, HunterLab MiniScan EZ (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) cihazı ile L^* (açıklık), a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) ölçülmüştür. Örneklerin renk değişimleri (ΔE) ise, aşağıda verilen eşitlikten (3.4) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E^* = [(L_o^* - L^*)^2 + (a_o^* - a^*)^2 + (b_o^* - b^*)^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

Eşitlikte yer alan L_o , a_o ve b_o standart yüzeyin renk parametreleri iken; L , a ve b değerleri, örneklerin renk parametreleridir.

3.3. Toplam Fenolik Madde Analizi

Sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri spektrofotometrik bir yöntem olan Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. Standart olarak galik asit kullanılmış ve toplam fenolik bileşenlerin miktarı mg GAE/100 mL cinsinden hesaplanmıştır (Singleton ve ark., 1999).

3.4. Toplam Antioksidan Aktivite Analizler

3.4.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi-TEAC (2,2'-azinobis (3-ethybenzthiazoline)-6-sulfonic acid) Yöntemi

Örneklerin toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesi amacıyla 7mM 2,2'-azinobis diamonyum tuzu (ABTS) stok solüsyonu ve 2.45 mM potasyum persülfat çözeltisi

karanlıkta 12-16 saat reaksiyona sokulmuş ve ABTS + radikal katyonu elde edilmiştir. Antioksidanların radikalle reaksiyonu, radikalın 734 nm'deki absorbansının düşürülmesi ile ölçülmüştür. Sonuçlar troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) mM olarak ifade edilmiştir (Re ve ark., 1999).

3.4.2. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Yöntemi

Sirke örneklerinin serbest radikalleri giderme etkinliği olarak ifade edilen antioksidan aktiviteleri, DPPH radikali kullanılarak da belirlenmiştir. Ekstraktlar, sırayla 20 µL, 40 µL, 60 µL, 80 µL ve 100 µL olarak tüplere aktarılmıştır ve 3.9 mL metanol içerisinde hazırlanmış DPPH radikali (0.025 g/L) 600 µL olarak eklenmiştir. Tüpler vortex cihazında karıştırılmıştır ve yaklaşık 30 dakika karanlık bir ortamda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası, spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda tüplerin içerisindekilerin absorbans değeri okunmuştur. Kör için elde edilen absorbans değeri dikkate alınarak yapılan hesaplama ile yüzde inhibisyon değerleri belirlenmiştir (Brand-Williams ve ark., 1995). % olarak belirlenen DPPH inhibisyonu aşağıdaki formüle (3.5) göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH İnhibisyonu} = ((A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}) \times 100 \quad (3.5)$$

3.5. Mikrobiyolojik Analizler

Sirke örneklerinde asetik asit bakterisi sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan Glucose Yeast Extract Calcium Carbonate Agar (GYC, %10 glukoz, %1 yeast ekstrakt, %2 kalsiyum karbonat, %1,5 agar, pH 6.8 ±0.2) besiyerine yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır ve petriler 30° C' de 5-10 gün inkübe edilmiştir (De Vero ve ark., 2006). Sayım sonuçları log KOB/mL olarak ifade edilmiştir.

Laktik asit bakterisi sayımı için uygun dilüsyonlardan Man Rogosa and Sharp Agar (MRS, pH 6.2 ± 0.2, Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır ve petriler 37° C'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır (FDA-BAM, 2001). Sayım sonuçları log KOB/mL olarak ifade edilmiştir.

Maya-Küf sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan %10'luk tartarik asit (Merck) ile asitlendirilmiş Potato Dextrose Agar (PDA, pH 5.6 ± 0.2 Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır ve petriler 25 °C de 3-5 gün inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 2001). Sayım sonuçları log KOB/mL olarak ifade edilmiştir.

3.6. Antimikrobiyel Aktivitenin Belirlenmesi

Sirke örneklerinin antimikrobiyel etkisinin belirlenmesinde, disk difüzyon yöntemi kullanılarak Clinical Laboratory Standards Institute standartlarına göre yapılmıştır. Çalışmada test kültürü olarak *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028, *Listeria monocytogenes* olmak üzere iki Gram negatif ve Gram pozitif gıda kaynaklı patojenler test mikroorganizmaları olarak seçilmiştir. Bakteri kültürleri Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarından temin edilmiştir. Stok kültürlerin aktivasyonu amacıyla kültürler Mueller-Hilton Broth (MHB, pH 7.3 ± 0.2 , Merck) besiyerine transfer edilerek 37 °C de 24 saat inkübe edilmiştir. Kültürlerin yoğunluğu DEN-1 Mc Farland Densitometer (Grant-bio) cihazında, Mc Farland standart bulanıklık derecesine göre 0.5 olacak şekilde ayarlandıktan sonra analizde kullanılmıştır. Aktive edilen bakteri kültürleri Muller Hilton Agar (MHA, Merck) besiyerine yayma plak yöntemine göre ekilmeleri sonrası inokulumun besiyeri tarafından absorbe edilmesi için 20 dakika bekletilmiştir. Sirke örnekleri, 0.2 µm'lik filtreden (Minisart Syringe Filter, Cellulose Acetate, Sartorius Stedim Biotech) geçirildikten sonra 6 mm çapındaki steril boş disklerle (Oxoid) 30, 40 ve 50 µL olacak şekilde emdirilmiştir. Kontrol olarak boş steril diskler kullanılmıştır. Ekim yapılan petriler 37 °C de 24 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda oluşan inhibisyon zonlarının çapları ölçülerek, sonuçlar mm olarak belirlenmiştir.

3.7. Patojen Mikroorganizmaların Sirke Örneklerinde Canlı Kalma Durumlarının Tespiti

Sirke içerisinde patojen bakteri kültürlerinin hayatta kalma durumunu belirlemek için, 9 mL sterilize edilmiş sirke örneklerine ayrı ayrı 1 mL kültür (yaklaşık 5,0-6,0 log

KOB/mL) ile inokülasyon yapılmıştır. Daha sonra patojen inoküle tüpler oda sıcaklığında (20 °C) ve 0, 15, 30 ve 60 dakika bekletilerek, analize alınmıştır. İnoküle edilmemiş sirke örnekleri de negatif kontrol olarak kullanılmıştır. Sayım için, her tüpten örnekler önceden belirlenmiş periyotlarda çıkarılmış, Maximum Recovery Diluent (MRD, Merck) besiyeri ile seyreltilerek ve Muller Hilton Agar (MHA, Merck) besiyerlerine ekim yapılmıştır. Ekimler sonrası petri kutuları 37 °C de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve sayım sonuçları log KOB/mL olarak verilmiştir.

3.8. İstatiksel Analizler

Örneklerin analiz sonuçları tesadüf blokları deneme planına göre Windows SPSS 20.0 software istatistik paket programı (SPSS Inc., Chiago, IL, USA) kullanılarak yorumlanmıştır. Araştırma sonuçları tek yönlü varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiş ve önem farklılıkları Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sirke Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri

4.1.1. Titrasyon Asitliği Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tablo 4.1’de de görüldüğü üzere, Trabzon hurmalarından üretilmiş sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri, asetik asit cinsinden, % $0,98 \pm 0,02$ - $3,15 \pm 0,00$ arasında değişmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin % $1,32 \pm 0,01$ - $2,72 \pm 0,06$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin ise % $1,54 \pm 0,01$ - $2,95 \pm 0,04$ olduğu belirlenmiştir. Farklı sirke örneklerinden tespit edilen titrasyon asitliği değerlerinde hem sirke çeşidi hem örnek açısından farklılık göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Tablo 4.1. Sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri (% asetik asit)

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	$0,98 \pm 0,02^{aA}$	$1,32 \pm 0,01^{aA}$	$1,64 \pm 0,02^{aAB}$
Ö2	$2,84 \pm 0,07^{bA}$	$2,72 \pm 0,06^{bA}$	$2,95 \pm 0,04^{bA}$
Ö3	$3,15 \pm 0,00^{bB}$	$2,64 \pm 0,13^{bB}$	$1,54 \pm 0,01^{aA}$

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-B: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.1.2. pH Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin pH değerleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Tablo 4.2’de de gösterildiği üzere Trabzon hurması sirkesi örneklerinin

pH değerleri $3,61 \pm 0,01$ - $3,61 \pm 0,01$ arasında, çam kozalağı sirkesi örneklerinin pH değerleri $3,79 \pm 0,01$ - $3,84 \pm 0,01$ arasında, alıç sirkesi örneklerinin pH değerleri ise $3,61 \pm 0,00$ - $3,73 \pm 0,01$ arasında değişmektedir. pH değerleri, sirke çeşidi ve aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p \leq 0,05$).

Tablo 4.2. Sirke örneklerinin pH değerleri

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	$3,61 \pm 0,01^{aA}$	$3,84 \pm 0,01^{aA}$	$3,73 \pm 0,01^{aA}$
Ö2	$3,91 \pm 0,01^{aA}$	$3,80 \pm 0,00^{aA}$	$3,71 \pm 0,01^{aA}$
Ö3	$3,70 \pm 0,01^{aA}$	$3,79 \pm 0,01^{aA}$	$3,61 \pm 0,00^{aA}$

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-B: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.1.3. Yoğunluk, Alkol ve Suda Çözünür Kurumadde Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması ($n=3$), alıç ($n=3$) ve çam kozalağı ($n=3$) sirke örneklerinin yoğunluk değerleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Tablo 4.3'de de görüldüğü üzere, Trabzon hurması sirkelerinin yoğunluk değerleri $1,0036 \pm 0,00$ - $1,0093 \pm 0,00$ g/cm³ arasında tespit edilmiştir. Çam kozalağı sirke örneklerinin yoğunluk değerleri $1,0057 \pm 0,00$ - $1,0090 \pm 0,00$ g/cm³ arasında belirlenmiş iken, alıç sirkesi örneklerinde ise $1,0090 \pm 0,00$ - $1,0058 \pm 0,00$ g/cm³ arasında değişmektedir. Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde hem sirke türüne hem de örnek çeşidine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği görülmektedir ($p \leq 0,05$).

Tablo 4.3. Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri (g/cm³)

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	$1,0036 \pm 0,00^{aA}$	$1,0090 \pm 0,00^{aB}$	$1,0043 \pm 0,00^{bA}$
Ö2	$1,0072 \pm 0,00^{bA}$	$1,0060 \pm 0,00^{aA}$	$1,0058 \pm 0,00^{bA}$
Ö3	$1,0093 \pm 0,00^{bC}$	$1,0057 \pm 0,00^{aB}$	$1,0017 \pm 0,00^{aA}$

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-B: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

Analize alınan sirke örneklerinin hiç birinde alkol tespit edilmemiştir. Sirke örneklerinin suda çözünür kuru madde (briks, %) değerleri ise Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Tablo 4.4'te de görüldüğü üzere Trabzon sirkesi örneklerinin briks değerlerinin % $1.44 \pm 0,01$ - $2,85 \pm 0,03$ arasında, çam kozalağı sirkesi örneklerinde % $0,70 \pm 0,02$ - $2,01 \pm 0,05$ arasında, alıç sirkesi örneklerinde ise $0,90 \pm 0,01$ - $1,93 \pm 0,02$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından % briks değerleri arasında önemli bir farklılık bulunurken, sirke çeşitleri arasında yalnızca örnek 1 ve örnek 3 grupları arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$).

Tablo 4.4. Sirke örneklerinin briks değerleri (%)

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	$1.44 \pm 0,01^{aB}$	$0,70 \pm 0,02^{aA}$	$1,57 \pm 0,03^{bB}$
Ö2	$2,30 \pm 0,02^{bA}$	$2,01 \pm 0,05^{bA}$	$1,93 \pm 0,02^{bA}$
Ö3	$2,85 \pm 0,03^{bB}$	$1,91 \pm 0,00^{bB}$	$0,90 \pm 0,01^{aA}$

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-B: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.1.4. Toplam Kurumadde Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması ($n=3$), alıç ($n=3$) ve çam kozalağı ($n=3$) sirke örneklerinin toplam kuru madde değerleri Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Tablo 4.5'te de görüldüğü üzere, Trabzon hurması örneklerine ait kurumadde değerleri % $1,40 \pm 0,03$ - $2,06 \pm 0,16$ arasında değişmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin kurumadde değerleri % $1,21 \pm 0,00$ - $3,07 \pm 0,24$ arasında tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin kurumadde değerleri ise % $0,17 \pm 0,21$ - $1,01 \pm 0,00$ arasında değişmektedir. Sirke örneklerinin kurumadde değerleri incelendiğinde hem sirke türüne hem de örnek çeşidine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği görülmektedir ($p \leq 0,05$).

Tablo 4.5. Sirke örneklerinin toplam kuru madde değerleri (%)

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	1,60±0,07 ^{aB}	3,07±0,24 ^{bC}	0,17±0,21 ^{aA}
Ö2	1,40±0,03 ^{aA}	1,15±0,02 ^{aA}	1,01±0,00 ^{bA}
Ö3	2,06±0,16 ^{bC}	1,21±0,00 ^{aB}	0,43±0,02 ^{aA}

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p<0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-C: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p<0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.1.5. Toplam Kül Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin toplam kül değerleri % olarak Tablo 4.6’da gösterilmiştir. Tablo 4.6’da da görüldüğü üzere, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin toplam kül değerleri % 0,17±0,03 - 0,18±0,00, çam kozalağı sirke örneklerinin toplam kül değerleri % 0,09±0,00 - 0,15±0,04, alıç sirkesi örneklerinin toplam kül değerleri % 0,02±0,01 - 0,29±0,04 arasında değişiklik göstermektedir. Aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından % kül değerleri arasında önemli bir farklılık bulunurken, alıç sirkesi örnekleri arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır ($p\leq 0,05$).

Tablo 4.6. Sirke örneklerinin toplam kül değerleri (%)

Örnekler	Sirke çeşidi		
	Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	0,18±0,00 ^{aA}	0,15±0,04 ^{abA}	0,29±0,04 ^{bAB}
Ö2	0,17±0,03 ^{aB}	0,09±0,00 ^{aA}	0,06±0,00 ^{aA}
Ö3	0,18±0,00 ^{aAB}	0,10±0,00 ^{aB}	0,02±0,01 ^{aA}

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki farklı üst simgeler $p<0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-B: Aynı satırdaki farklı üst simgeler $p<0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.1.6. Renk Değerleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin renk değerleri Tablo 4.7’de gösterilmiştir. Tablo 4.7’de de görüldüğü üzere Trabzon hurması sirkesi örneklerinin

L değerleri $37,59 \pm 0,57$ - $51,91 \pm 0,39$ arasında, a değerleri $0,77 \pm 0,03$ - $4,47 \pm 0,09$ arasında, b değerleri $-3,64 \pm 0,16$ - $20,80 \pm 0,33$ arasında, ΔE değerleri ise $43,20 \pm 0,60$ - $49,79 \pm 3,87$ arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin belirlenen L değerleri $41,62 \pm 0,23$ - $53,13 \pm 0,19$ arasında, a değerleri $1,20 \pm 0,04$ - $5,52 \pm 0,77$ arasında, b değerleri $-2,51 \pm 0,34$ - $19,30 \pm 1,91$ değerleri arasında, ΔE değerleri ise $46,23 \pm 0,75$ - $53,20 \pm 0,18$ arasında değişmektedir. Alıç sirkesi örneklerinin L değerlerinin $47,16 \pm 1,04$ - $49,03 \pm 0,61$ arasında, a değerlerinin $0,52 \pm 0,28$ - $2,20 \pm 0,06$ arasında, b değerlerinin $-1,09 \pm 0,66$ - $16,11 \pm 1,44$ arasında, ΔE değerlerinin ise $47,18 \pm 1,02$ - $51,64 \pm 0,67$ değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Renk değerleri açısından belirlenen değişimlerin hem sirke çeşidi hem de örnek çeşidi açısından istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

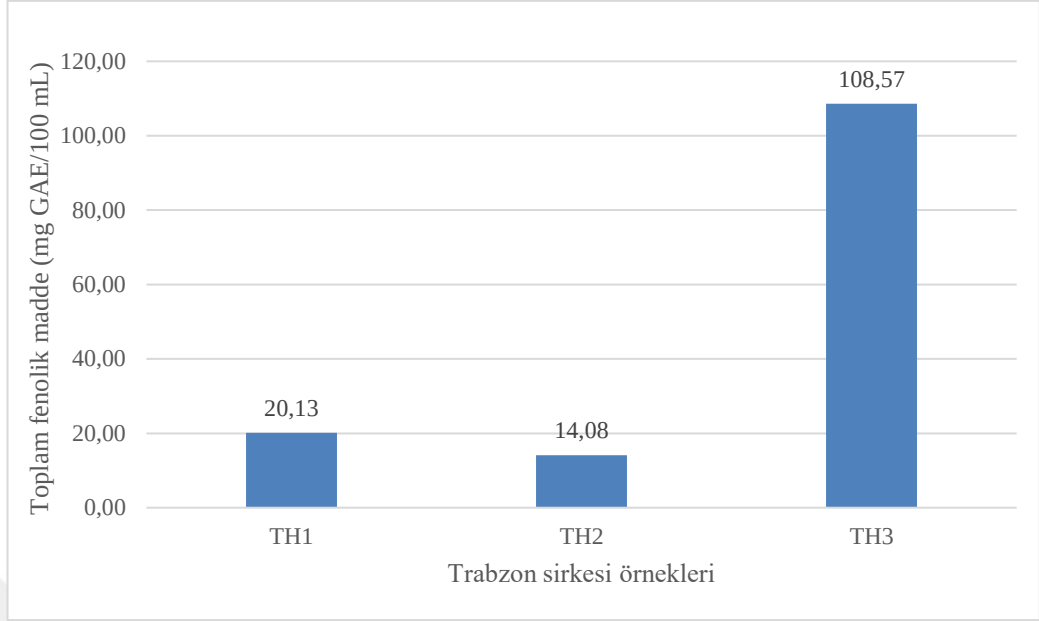
Tablo 4.7. Sirke örneklerinin renk değerleri

Örnekler	Renk Değerleri	Sirke çeşidi		
		Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	L	$51,91 \pm 0,39^{abA}$	$53,13 \pm 0,19^{bA}$	$49,03 \pm 0,61^{aA}$
	a	$0,77 \pm 0,03^{aA}$	$1,20 \pm 0,04^{aAB}$	$1,32 \pm 0,09^{bAB}$
	b	$-3,64 \pm 0,16^{aA}$	$-2,51 \pm 0,34^{aA}$	$16,11 \pm 1,44^{cB}$
	ΔE	$49,79 \pm 3,87^{aA}$	$53,20 \pm 0,18^{abA}$	$51,64 \pm 0,67^{aA}$
Ö2	L	$37,59 \pm 0,57^{aA}$	$41,62 \pm 0,23^{aAB}$	$47,95 \pm 0,46^{aB}$
	a	$4,47 \pm 0,09^{cB}$	$5,52 \pm 0,77^{bB}$	$2,20 \pm 0,06^{bA}$
	b	$20,80 \pm 0,33^{cB}$	$19,30 \pm 1,91^{bB}$	$8,00 \pm 0,30^{bA}$
	ΔE	$43,20 \pm 0,60^{aA}$	$46,23 \pm 0,75^{aAB}$	$48,67 \pm 0,40^{aAB}$
Ö3	L	$48,08 \pm 1,59^{abAB}$	$43,52 \pm 0,72^{aA}$	$47,16 \pm 1,04^{aAB}$
	a	$1,11 \pm 0,19^{bB}$	$4,22 \pm 0,38^{bC}$	$0,52 \pm 0,28^{aA}$
	b	$10,60 \pm 0,74^{bB}$	$16,79 \pm 0,97^{bB}$	$-1,09 \pm 0,66^{aA}$
	ΔE	$49,25 \pm 1,42^{aA}$	$46,85 \pm 0,54^{aA}$	$47,18 \pm 1,02^{aA}$

*Ortalama ve std. hata; a-c: Aynı sütundaki her bir renk değeri için farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-C: Aynı satırdaki her bir renk değeri için farklı üst simgeler $p < 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir.

4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarları

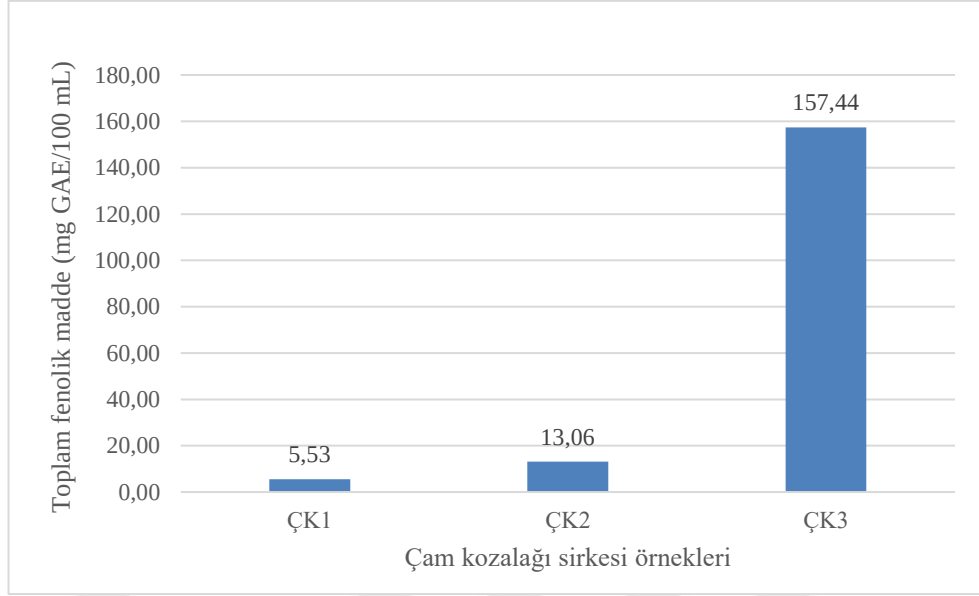
Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması ($n=3$), alıç ($n=3$) ve çam kozalağı ($n=3$) sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değişimleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Trabzon hurması sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/ 100mL)

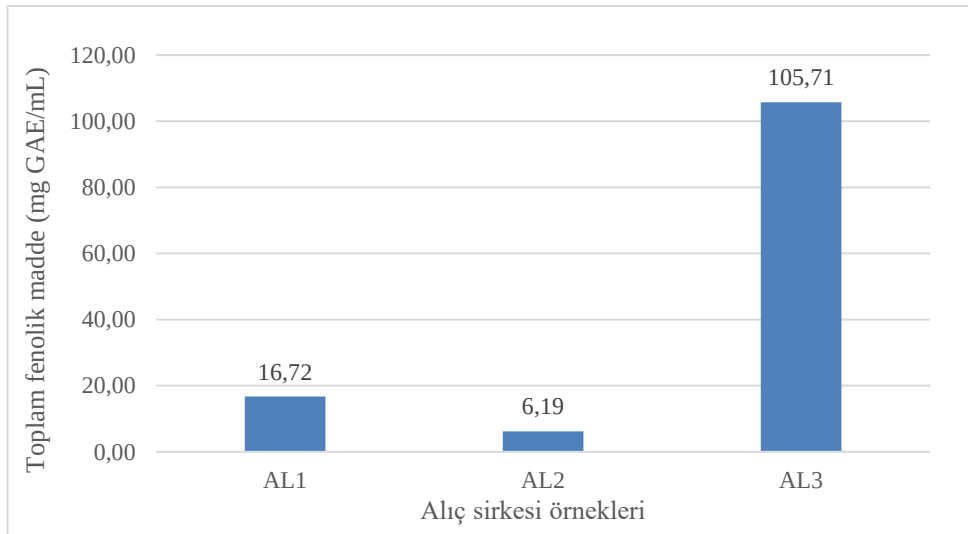
Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere Trabzon hurması sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 14,08 – 108, 57 mg GAE/100 mL arasında değişim göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam fenolik madde miktarları arasında önemli bir farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek fenolik madde miktarına 3 numaralı örneğin sahip olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$).

Şekil 4.2’de çam kozalağı sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarları gösterilmiştir. Şekil 4.2’de de görüldüğü üzere, çam kozalağı sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 5,53 – 157,44 mg GAE/100 mL arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirke örneklerinin fenolik madde miktarları arasında örnek çeşidine bağlı olarak önemli bir farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$). Trabzon hurması sirkesi örneklerine benzer bir şekilde en yüksek fenolik madde miktarı 3 numaralı çam kozalağı sirkesi örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/ 100mL)

Şekil 4.3'te alıç sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları gösterilmiştir. Şekil 4.3'te de görüldüğü üzere alıç sirkesi örneklerinin fenolik madde miktarları 6,19 – 105,71 mg GAE/100 mL arasında değişmektedir. Alıç sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmakla birlikte, Trabzon hurması ve çam kozalağı sirkesi örneklerine benzer şekilde en yüksek fenolik madde miktarına sahip alıç sirkesi örneği 3 numaralı örnektir ($p \leq 0,05$).

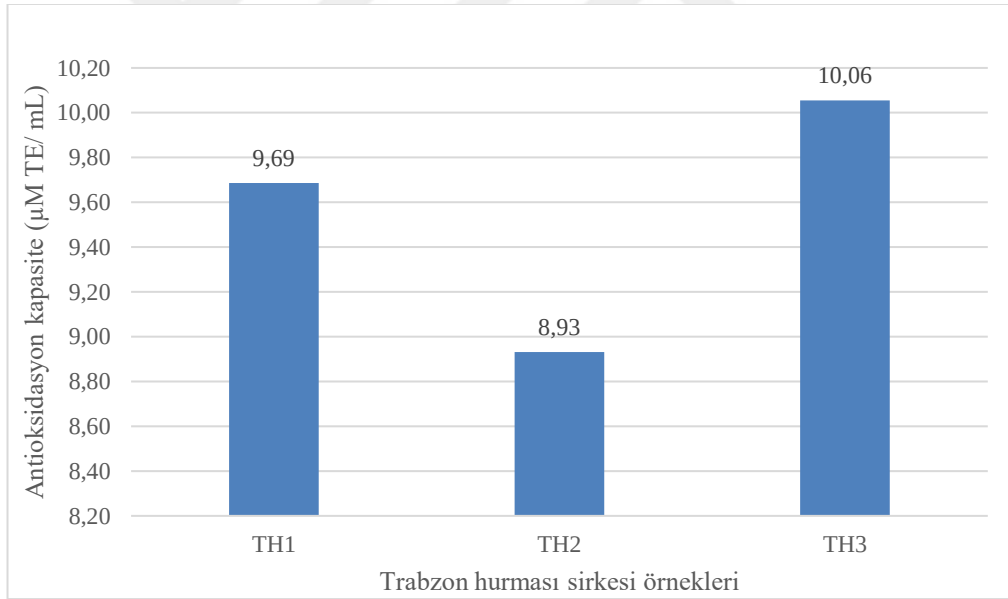


Şekil 4.3. Alıç sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/ 100mL)

4.3. Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri

4.3.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi-TEAC (2,2'-azinobis (3-ethlybenzthiazoline)-6-sulfonic acid) Yöntemi Sonuçları

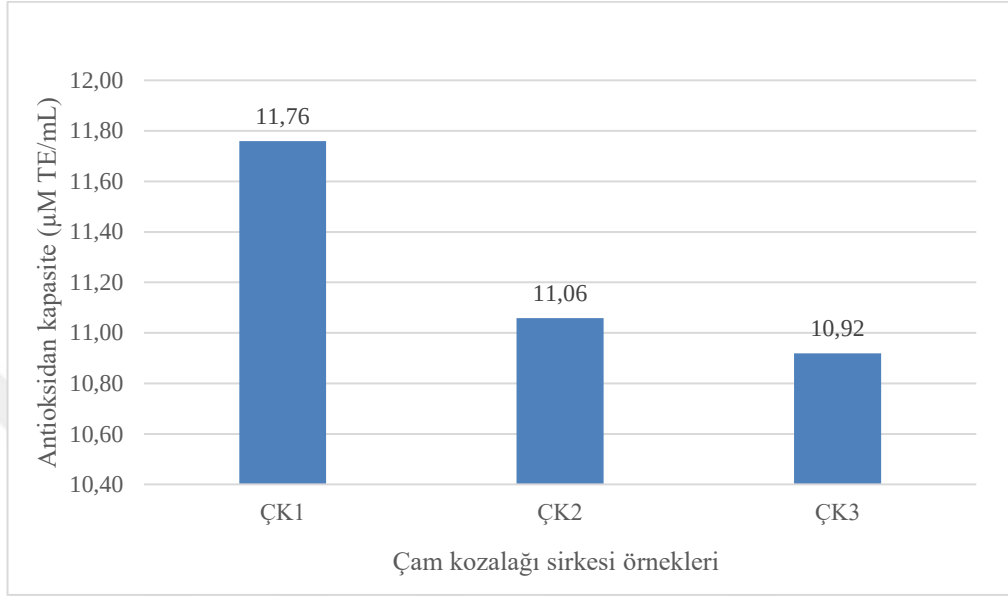
Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi değişimleri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.4'te de görüldüğü üzere, Trabzon sirkesi örneklerinin TEAC yöntemine göre yapılan antioksidan kapasite sonuçları 8,93 – 10,06 $\mu\text{M TE/mL TA}$ arasında değişmektedir ve örnekler arasında değer farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). En yüksek antioksidan kapasite değeri, 3 numaralı Trabzon hurması sirkesi ile elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Trabzon hurması sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi

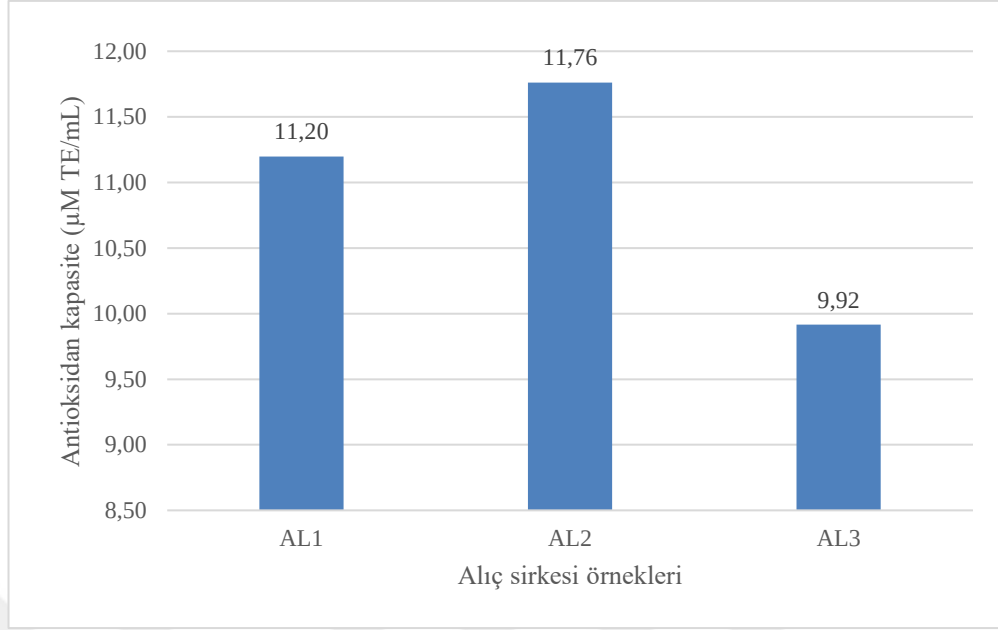
Şekil 4.5'te çam kozalağı sirkesi örneklerinin TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri gösterilmiştir. Şekil 4.5'te de görüldüğü üzere, çam kozalağı sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri 10,92 – 11,76 $\mu\text{M TE/mL TA}$ arasında değişmektedir. Örnekler arasında antioksidan kapasite değerleri açısından

istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan kapasite değerine sahip çam kozalağı sirkesi örneğinin 1 numaralı örnek olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$).



Şekil 4.5. Çam kozalağı sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi

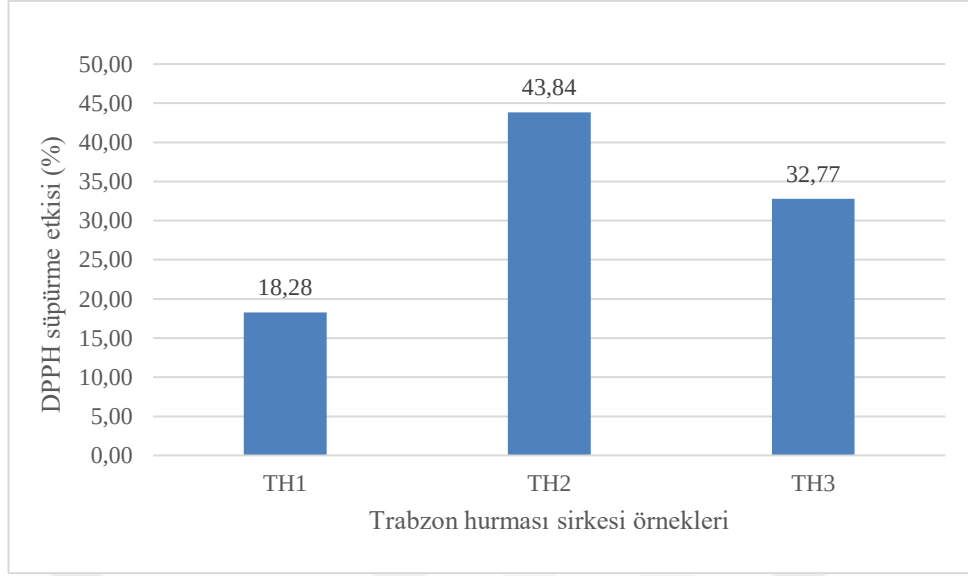
Şekil 4.6’da alıç sirkesi örneklerinin TEAC yöntemine göre elde edilen antioksidan kapasite değerleri gösterilmiştir. Şekil 4.6’da da görüldüğü üzere, alıç sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri 9,92 – 11,76 µM TE/mL TA arasında değişmektedir. Örnekler arasında antioksidan kapasite değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan kapasite değerine sahip alıç sirkesi örneğinin 2 numaralı örnek olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$).



Şekil 4.6. Alıç sirkelerinin TEAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi

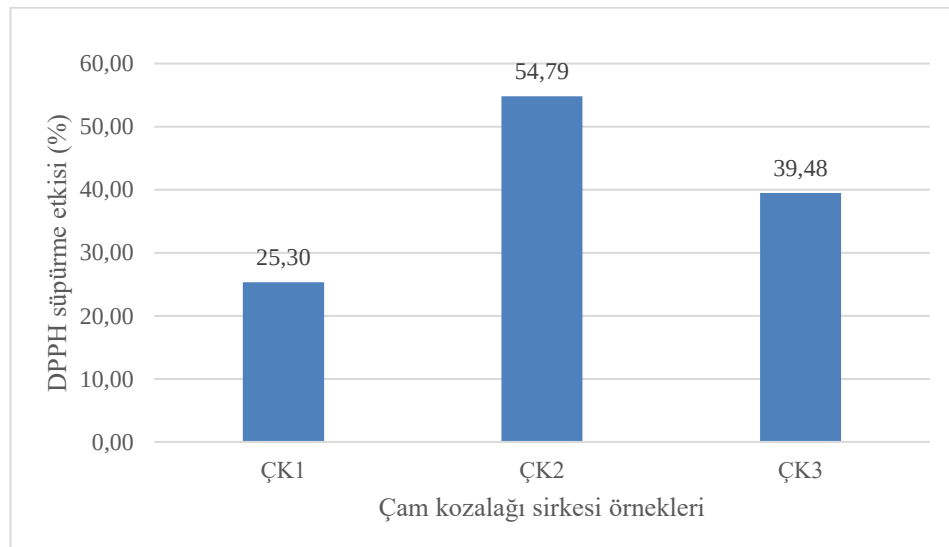
4.3.2. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Yöntemi Sonuçları

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin DPPH yöntemine göre elde edilen antioksidan kapasitesi değişimleri Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Şekil 4.7’de de görüldüğü üzere, Trabzon sirkesi örneklerinin DPPH yöntemine göre yapılan antioksidan süpürme kapasite sonuçları %18,28 – 43,84 arasında değişmektedir ve örnekler arasında değer farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). En yüksek antioksidan kapasite değeri 2 numaralı Trabzon hurması sirkesi örneği ile elde edilmiştir.



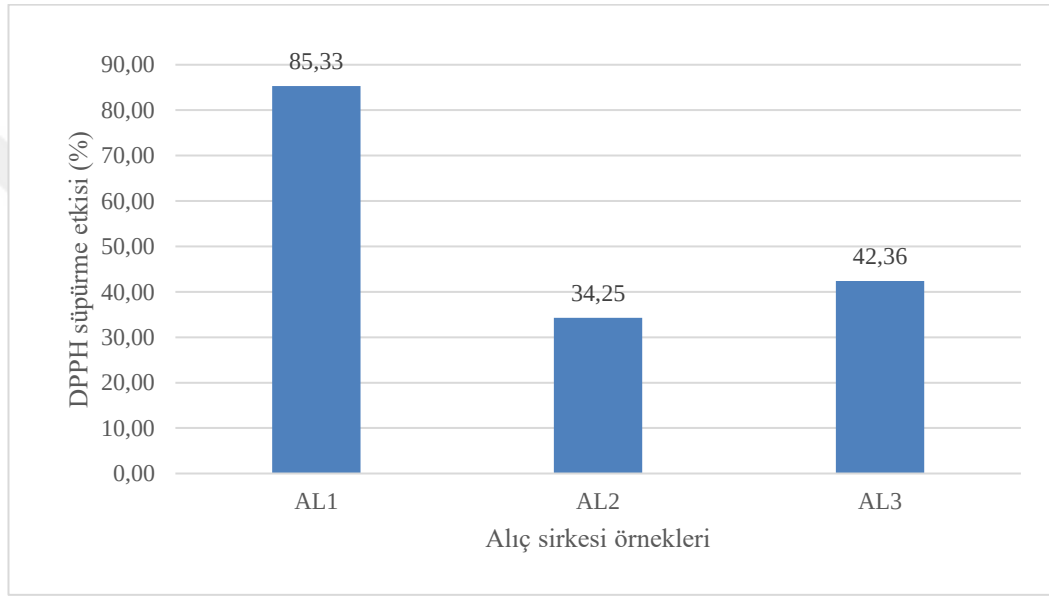
Şekil 4.7. Trabzon hurması sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%)

Şekil 4.8’de çam kozalağı sirke örneklerinin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan süpürme kapasiteleri gösterilmiştir. Şekil 4.8’de de görüldüğü üzere, çam kozalağı sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkileri %25,30 – 54,79 arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirke örnekleri arasında antioksidan süpürme kapasitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan süpürme etkisi 2 numaralı çam kozalağı örneği ile elde edilmiştir ($p \leq 0,05$).



Şekil 4.8. Çam kozalağı sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%)

Şekil 4.9’da ise alıç sirkelerinin sirke örneklerinin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan süpürme kapasiteleri gösterilmiştir. Şekil 4.8’de de görüldüğü üzere, alıç sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkileri % 34,24 – 85,33 arasında değişim göstermiştir. Alıç sirke örnekleri arasında antioksidan süpürme kapasitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan süpürme etkisi 1 numaralı çam kozalağı örneği ile elde edilmiştir ($p \leq 0,05$).



Şekil 4.9. Alıç sirkelerinin DPPH yöntemine göre antioksidan süpürme kapasitesi (%)

4.4. Sirke Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri

Tez çalışması kapsamında temin edilen ve analize alınan ev yapımı Trabzon hurması (n=3), alıç (n=3) ve çam kozalağı (n=3) sirke örneklerinin mikrobiyolojik parametreleri Tablo 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Sirke örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri (log KOB/mL)

Örnekler	Mikrobiyolojik parametreler	Sirke çeşidi		
		Trabzon hurması	Çam kozalağı	Alıç
Ö1	Asetik asit bakterisi	5,47±0,45 ^{bC}	1,86±0,01 ^{bA}	3,44±0,69 ^{bB}
	Laktik asit bakterisi	TE* ^{aA}	TE* ^{aA}	TE* ^{aA}
	Maya-Küf	TE* ^{aA}	TE* ^{aA}	TE* ^{aA}
Ö2	Asetik asit bakterisi	9,88±0,48 ^{cA}	10,82±0,35 ^{cA}	10,96±1,20 ^{cA}
	Laktik asit bakterisi	2,63±0,00 ^{aA}	2,51±0,18 ^{aA}	6,62±0,72 ^{bB}
	Maya-Küf	3,29±0,14 ^{bA}	7,49±0,07 ^{bB}	4,79±0,06 ^{aAB}
Ö3	Asetik asit bakterisi	9,32±0,52 ^{cB}	7,29±0,17 ^{bA}	10,26±0,33 ^{bC}
	Laktik asit bakterisi	TE* ^{aA}	1,88±0,62 ^{aB}	5,12±0,01 ^{aC}
	Maya-Küf	1,69±0,21 ^{bA}	1,35±0,06 ^{aA}	5,00±0,04 ^{aB}

*Ortalama ve std. hata; a-b: Aynı sütundaki her bir değer için farklı üst simgeler p<0,05 seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; A-C: Aynı satırdaki her bir değer için farklı üst simgeler p<0,05 seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir. TE: Tespit edilemedi.

Tablo 4.8’de de görüldüğü üzere, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin asetik asit bakterisi (AAB) sayılarının 5,47±0,45 - 9,88±0,48 log KOB/mL arasında olduğu belirlenmiştir. Trabzon sirkesi örneklerinin laktik asit bakterisi (LAB) sayıları incelendiğinde 1 ve 3 numaralı örneklerde LAB tespit edilememişken, yalnızca 2 numaralı sirke örneklerinde 2,63±0,00 log KOB/mL olarak LAB sayısı tespit edilmiştir. Trabzon hurması sirke örnekleri toplam maya-küf sayısı açısından incelendiğinde 1 numaralı örneklerde maya-küf tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde 3,29±0,14 log KOB/mL ve 1,69±0,21 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Trabzon hurması sirkeleri örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (p≤0,05). Çam kozalağı sirkeleri örnekleri mikrobiyolojik özellikleri açısından incelendiğinde, örneklerin AAB sayısının 1,86±0,01 - 10,82±0,35 log KOB/mL arasında değiştiği görülmektedir. Örnekler LAB sayısı açısından değerlendirildiğinde, 1 numaralı örnekte tespit edilemediği, 2 ve 3 numaralı örneklerde ise 2,51±0,18 ve 1,88±0,62 log KOB/mL olduğu görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin may-küf sayıları da benzer şekilde 1 numaralı örnekte tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde 7,49±0,07 ve 1,35±0,06 log KOB/mL olduğu görülmektedir. Çam kozalağı sirkeleri örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (p≤0,05). Alıç sirkesi örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri incelendiğinde, AAB sayısının 3,44±0,69 - 10,96±1,20 log KOB/mL arasında değiştiği görülmektedir. LAB sayısı açısından 1 numaralı örnekte

tespit edilemediği, 2 ve 3 numaralı örneklerde ise LAB sayılarının $6,62 \pm 0,72$ ve $5,12 \pm 0,01$ log KOB/mL olduğu belirlenmiştir. Alıç sirkesi örnekleri toplam maya-küf sayısı açısından incelendiğinde, yine 1 numaralı örnekte maya-küf tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde toplam maya-küf sayısı $4,79 \pm 0,06$ ve $5,00 \pm 0,04$ log KOB/mL olarak tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$).

4.5. Sirke Örneklerinin Antimikrobiyel Özellikleri

Sirke örneklerinin farklı gıda patojenlerine karşı gösterdiği *in vitro* antimikrobiyel etkilerin belirlenmesi amacıyla disk diffüzyon yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, sirke örnekleri $0.2 \mu\text{m}$ 'lik filtreden (Minisart Syringe Filter, Cellulose Acetate, Sartorius Stedim Biotech) geçirildikten sonra 6 mm çapındaki steril boş disklere (Oxoid) 30, 40 ve $50 \mu\text{L}$ olacak şekilde emdirilmiştir. Kontrol olarak boş steril diskler kullanılmıştır. Ekim yapılan petriler 37°C de 24 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda oluşan inhibisyon zonlarının çapları ölçülerek, sonuçlar mm olarak belirlenmiştir. Bu yöntem ile Trabzon hurması sirkesi örneklerinin göstermiş olduğu *in vitro* antimikrobiyel etki zon çapı (mm) olarak Tablo 4.9'da gösterilmiştir. Tablo 4.9'da da görüldüğü üzere Trabzon hurması sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki olarak 30 ve $40 \mu\text{L}$ ile zon çapı ölçülememişken, en yüksek antimikrobiyel etki $23,25 \pm 1,77$ mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Trabzon hurması sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki $10,50 \pm 6,36$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki $21,25 \pm 2,47$ mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük antimikrobiyel etkinin $9,75 \pm 1,06$ mm, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise $19,00 \pm 0,00$ mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki $7,50 \pm 2,12$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise $20,50 \pm 0,71$ mm olarak tespit edilmiştir.

Çam kozalağı sirkesi örneklerinin göstermiş olduğu *in vitro* antimikrobiyel etki zon çapı (mm) olarak Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Tablo 4.10'da da görüldüğü üzere çam

kozalağı sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki olarak 40 ve 50 µL ile zon çapı ölçülememişken, en yüksek antimikrobiyel etki 20,50±0,71 mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki 30 µL ile tespit edilememişken, en yüksek antimikrobiyel etki 21,75±1,06 mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük antimikrobiyel etkinin 9,50±4,95 mm, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise 20,00±0,00 mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki 12,50±0,71 mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise 19,50±0,71 mm olarak tespit edilmiştir.

Alıç sirkesi örneklerinin göstermiş olduğu *in vitro* antimikrobiyel etki zon çapı (mm) olarak Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Tablo 4.11'de de görüldüğü üzere alıç sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki 7,50±2,12 mm iken, en yüksek antimikrobiyel etkinin 23,75±5,30 mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Alıç sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki 6,50±0,71 mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki 23,00±1,77 mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük antimikrobiyel etkinin 30 ve 40 µL ile tespit edilememişken, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise 22,00±0,00 mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki 6,50±0,71 mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise 21,88±1,94 mm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Trabzon hurması sirkesi örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm)

Mikroorganizma	Sirke Çeşidi Trabzon hurması	Konsantrasyon (µL)	Zon çapı (mm)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	TH1	30	TE* ^a
		40	TE* ^a
		50	11,00±2,83 ^a
	TH2	30	13,75±0,35 ^b
		40	16,25±0,35 ^b
		50	18,75±1,06 ^c
	TH3	30	15,00±2,12 ^b
		40	19,50±0,71 ^c
		50	23,25±1,77 ^c
<i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP	TH1	30	11,00±4,24 ^a
		40	11,00±7,07 ^a
		50	10,50±6,36 ^a
	TH2	30	12,50±4,24 ^{ab}
		40	16,25±1,77 ^c
		50	21,25±2,47 ^c
	TH3	30	10,75±0,35 ^a
		40	13,00±0,71 ^b
		50	13,75±1,06 ^b
<i>Listeria monocytogenes</i>	TH1	30	10,00±5,66 ^a
		40	13,00±2,83 ^a
		50	11,00±5,66 ^a
	TH2	30	14,75±1,06 ^b
		40	15,75±1,77 ^b
		50	19,00±0,00 ^c
	TH3	30	9,75±1,06 ^a
		40	12,50±0,71 ^a
		50	14,25±1,77 ^b
<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028	TH1	30	9,50±3,54 ^a
		40	7,50±2,12 ^a
		50	8,00±2,83 ^a
	TH2	30	10,50±3,54 ^a
		40	14,25±1,77 ^b
		50	19,00±0,71 ^b
	TH3	30	10,50±2,12 ^a
		40	16,25±1,06 ^b
		50	20,50±0,71 ^b

*Ortalama ve std. hata; a-c: Aynı sütundaki her bir mikroorganizma için örnekler arasında farklı konsantrasyonlar için farklı üst simgeler $p \leq 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; TE: Tespit edilemedi.

Tablo 4.10. Çam kozalağı sirke örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm)

Mikroorganizma	Sirke Çeşidi Çam Kozalağı	Konsantrasyon (µL)	Zon çapı (mm)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	ÇK1	30	17,00±7,07 ^b
		40	TE* ^a
		50	TE* ^a
	ÇK2	30	14,00±3,54 ^a
		40	17,75±1,77 ^c
		50	20,50±0,71 ^c
	ÇK3	30	13,00±0,71 ^a
		40	14,50±0,71 ^b
		50	16,75±3,18 ^b
<i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP	ÇK1	30	TE* ^a
		40	6,50±0,71 ^a
		50	7,50±2,12 ^a
	ÇK2	30	13,00±4,24 ^c
		40	16,50±3,54 ^b
		50	21,75±1,06 ^c
	ÇK3	30	11,50±0,00 ^b
		40	15,25±1,06 ^b
		50	16,00±0,71 ^b
<i>Listeria monocytogenes</i>	ÇK1	30	10,50±2,12 ^a
		40	9,50±4,95 ^a
		50	11,50±7,78 ^a
	ÇK2	30	15,50±0,71 ^b
		40	17,00±0,71 ^c
		50	20,00±0,00 ^c
	ÇK3	30	12,50±0,71 ^a
		40	14,50±0,71 ^b
		50	15,25±0,35 ^b
<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028	ÇK1	30	16,50±0,71 ^b
		40	12,50±0,71 ^a
		50	14,50±0,71 ^a
	ÇK2	30	14,75±0,35 ^{ab}
		40	17,25±0,35 ^{bc}
		50	19,50±0,71 ^b
	ÇK3	30	12,25±1,06 ^a
		40	15,25±1,77 ^b
		50	18,00±1,41 ^b

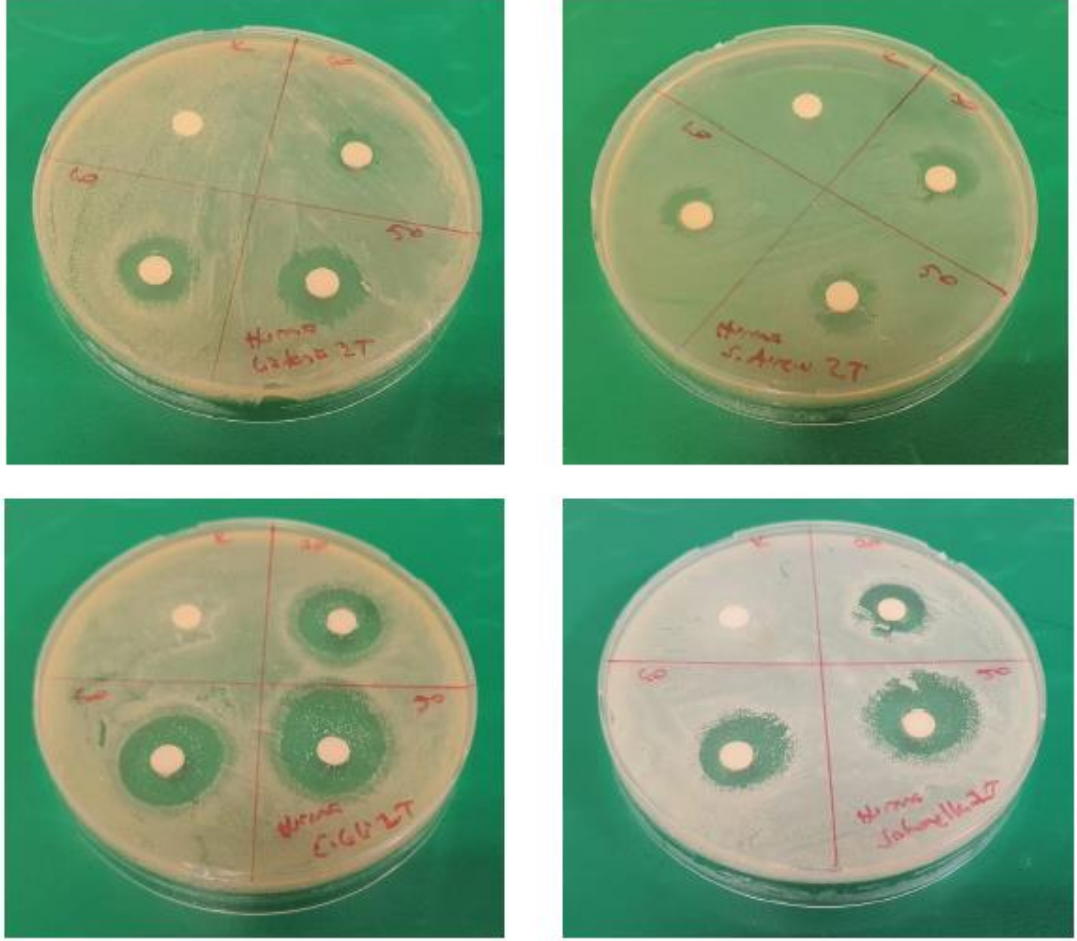
*Ortalama ve std. hata; a-c: Aynı sütundaki her bir mikroorganizma için örnekler arasında farklı konsantrasyonlar için farklı üst simgeler $p \leq 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; TE: Tespit edilemedi.

Tablo 4.11. Alıç sirkesi örneklerinin bazı gıda patojenlerine karşı gösterdiği antimikrobiyel etki (mm)

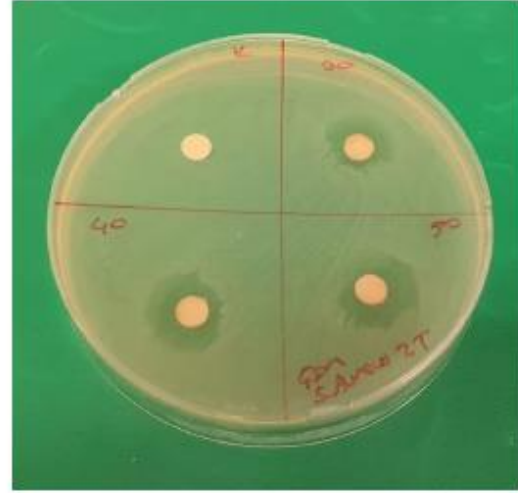
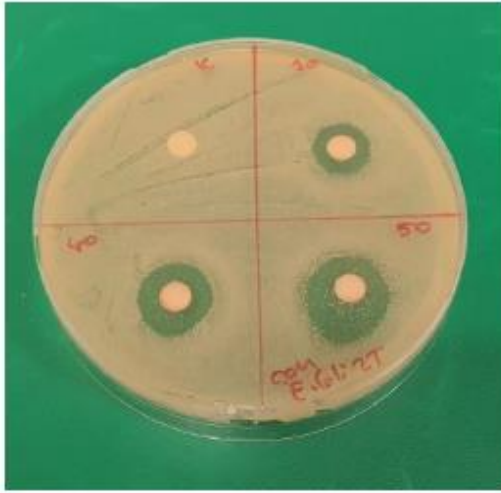
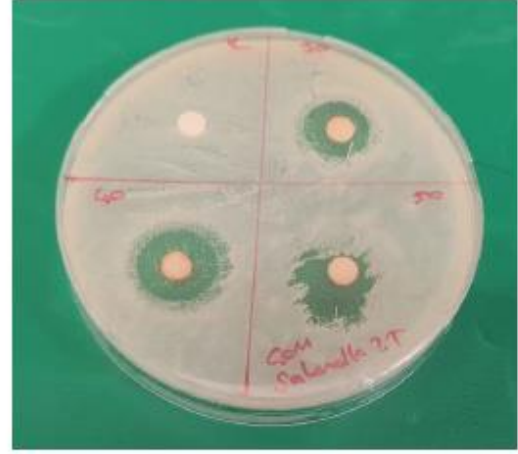
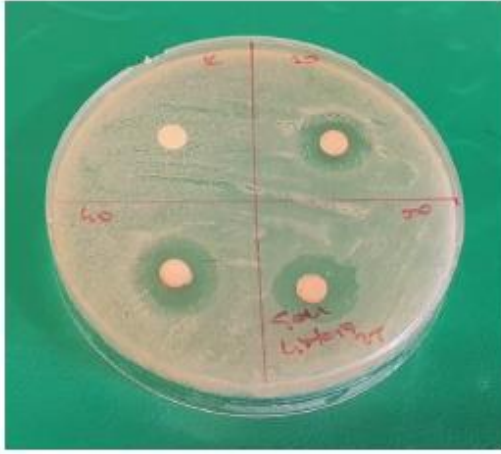
Mikroorganizma	Sirke Çeşidi Alıç	Konsantrasyon (µL)	Zon çapı (mm)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	AL1	30	7,50±2,12 ^a
		40	7,50±2,12 ^a
		50	9,50±0,71 ^a
	AL2	30	14,75±3,89 ^c
		40	20,50±6,39 ^c
		50	23,75±5,30 ^c
	AL3	30	11,50±1,41 ^b
		40	12,75±0,35 ^b
		50	13,75±1,06 ^b
<i>Staphylococcus aureus</i> 6538 IP	AL1	30	6,50±0,71 ^a
		40	6,50±0,71 ^a
		50	7,50±2,12 ^a
	AL2	30	16,50±3,89 ^c
		40	19,50±2,12 ^c
		50	23,00±1,77 ^c
	AL3	30	9,75±0,35 ^b
		40	11,25±1,06 ^b
		50	12,50±2,12 ^b
<i>Listeria monocytogenes</i>	AL1	30	TE ^{*a}
		40	TE ^{*a}
		50	10,50±6,36 ^a
	AL2	30	16,50±0,00 ^c
		40	19,00±0,35 ^c
		50	22,00±0,00 ^c
	AL3	30	10,25±0,35 ^b
		40	12,50±0,00 ^b
		50	13,75±0,35 ^b
<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028	AL1	30	13,00±1,41 ^b
		40	6,50±0,71 ^a
		50	7,00±1,41 ^a
	AL2	30	14,63±3,36 ^b
		40	18,13±2,65 ^c
		50	21,88±1,94
	AL3	30	10,50±0,71 ^a
		40	12,50±0,71 ^b
		50	13,75±1,06 ^b

*Ortalama ve std. hata; a-c: Aynı sütundaki her bir mikroorganizma için örnekler arasında farklı konsantrasyonlar için farklı üst simgeler $p \leq 0,05$ seviyesinde önemli bir fark olduğunu gösterir; TE: Tespit edilemedi.

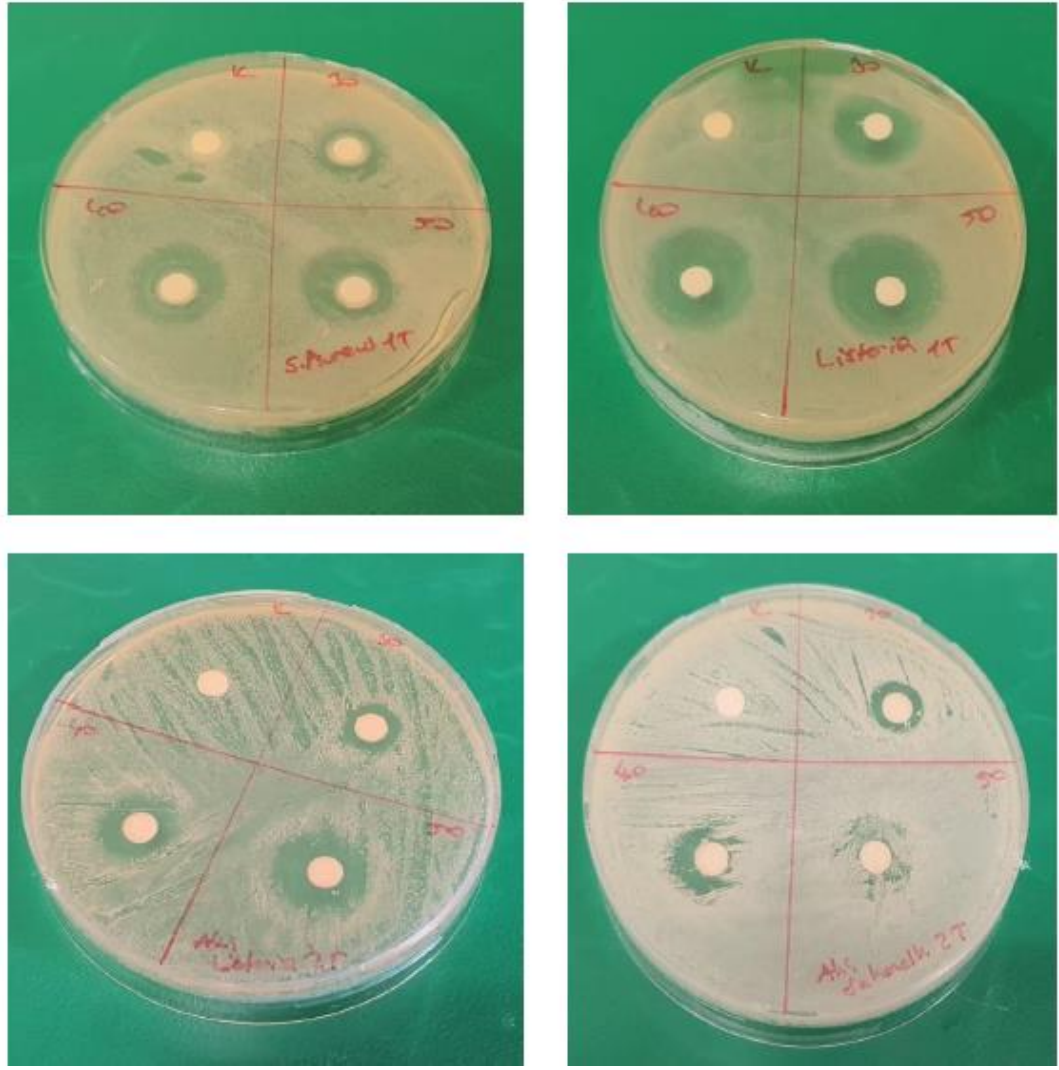
Sirke örneklerinin göstermiş olduğu *in vitro* antimikrobiyel etkiler Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Trabzon hurması sirkesi örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyel etki



Şekil 4.11. Çam kozalağı sirkeli örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyel etki

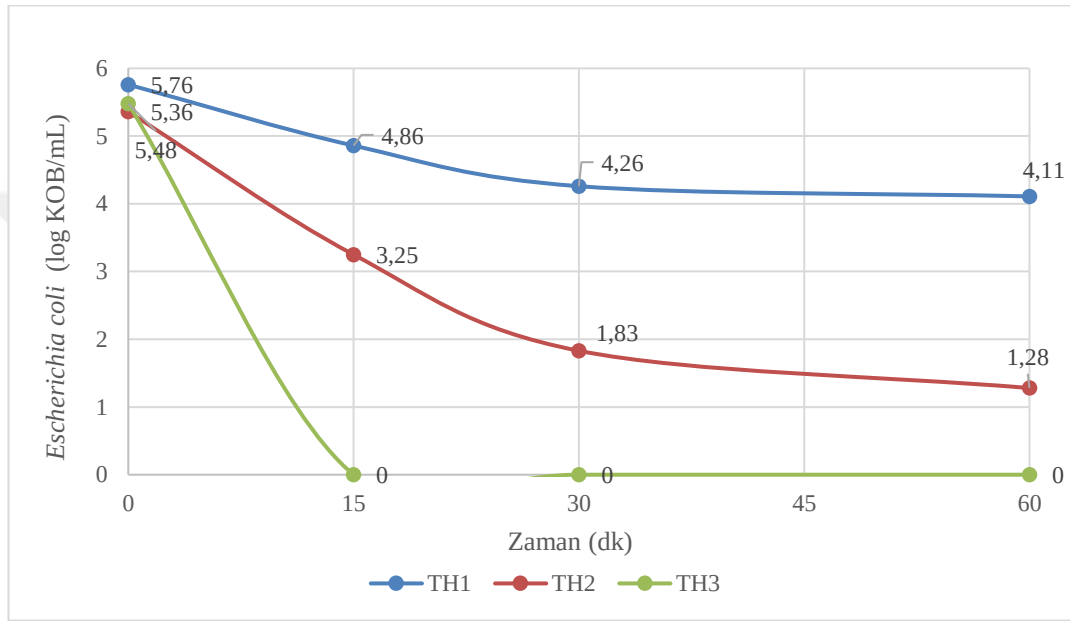


Şekil 4.12. Alıç sirkesi örneklerinin gıda patojenlerine karşı göstermiş olduğu antimikrobiyal etki

4.6. Patojen Mikroorganizmaların Sirke Örneklerinde Canlı Kalma Durumlarının Tespiti

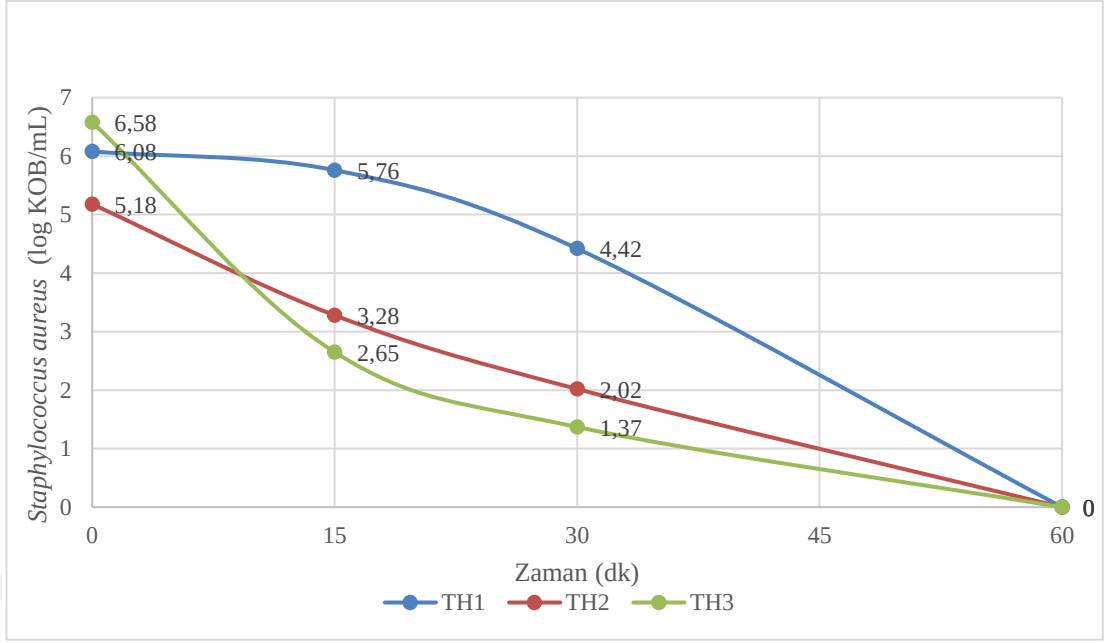
Çalışma kapsamında, Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkesi örneklerinin önemli gıda patojenlerinden olan *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'un canlı kalma durumlarına karşı etkileri tespit edilmiştir. Bu amaçla, patojen inokülasyonu sonrasında inokülasyonu tamamlanan sirke örnekleri oda sıcaklığında (20 °C) ve 0, 15, 30 ve 60 dakika bekletilmiş, sonrasında hazırlanan dilüsyonlardan ekimler yapılarak, sayım sonuçları log KOB/mL olarak alınmıştır.

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,36 – 5,76 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Şekil 4.13'te de görüldüğü üzere, *Escherichia coli* ATCC 25922 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 1,65 – 5,48 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



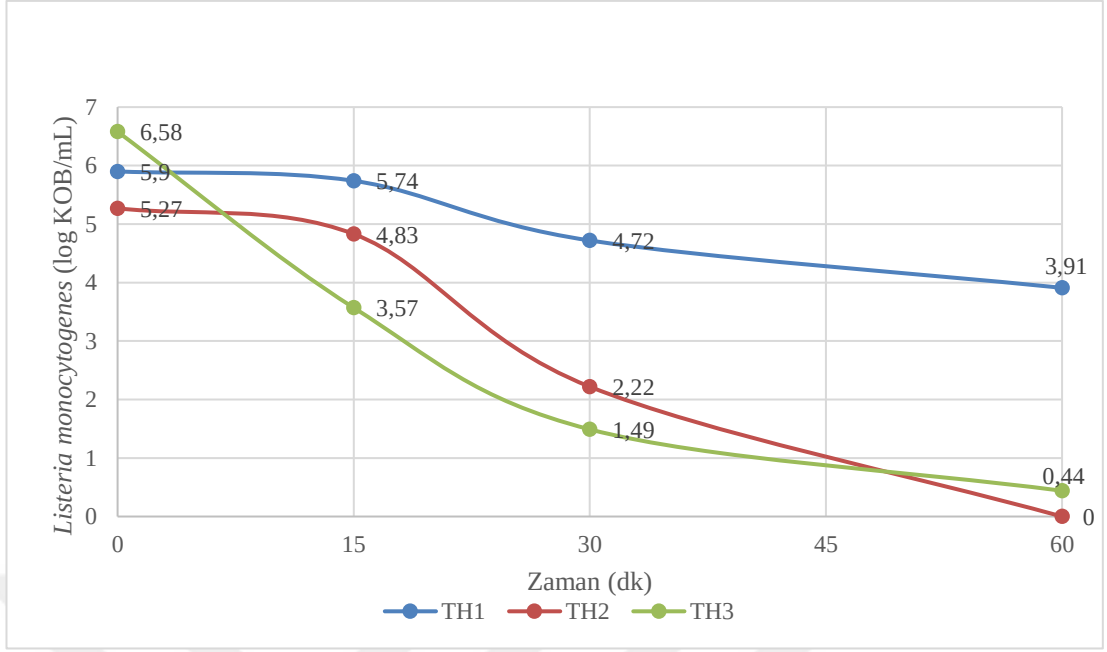
Şekil 4.13. *Escherichia coli* ATCC 25922'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,18 – 6,58 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Şekil 4.14'te de görüldüğü üzere, *Staphylococcus aureus* 6538 IP inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile gıda patojeni üzerinde 60. dakikada tamamen inhibisyon sağlandığı görülmektedir.



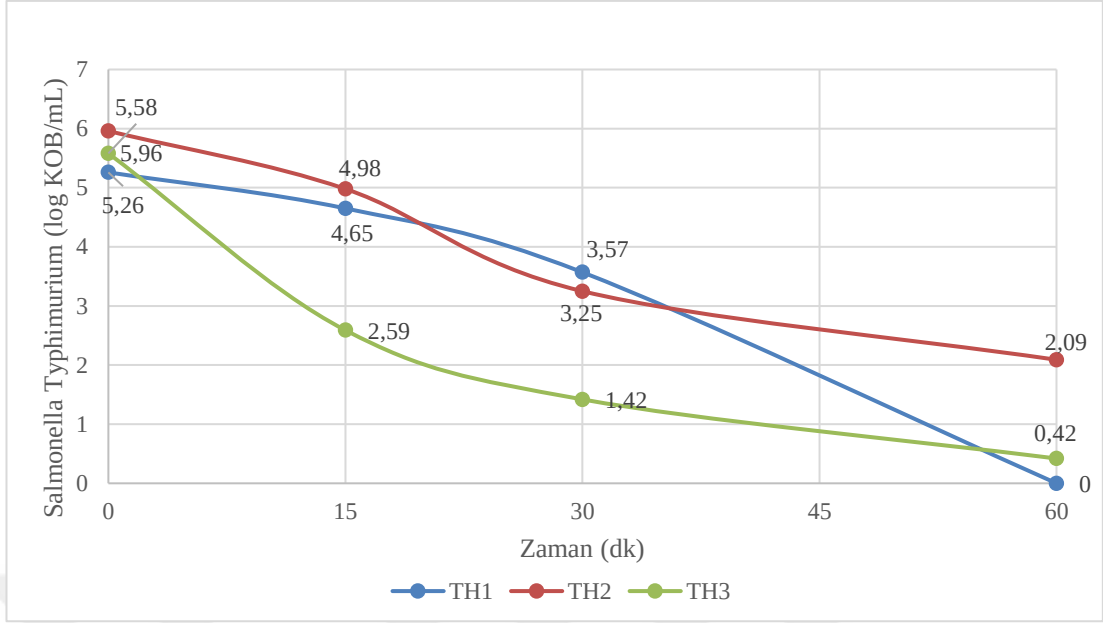
Şekil 4.14. *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,27 – 6,58 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Şekil 4.15'te de görüldüğü üzere, *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 1,99 – 5,27 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.15. *Listeria monocytogenes*'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

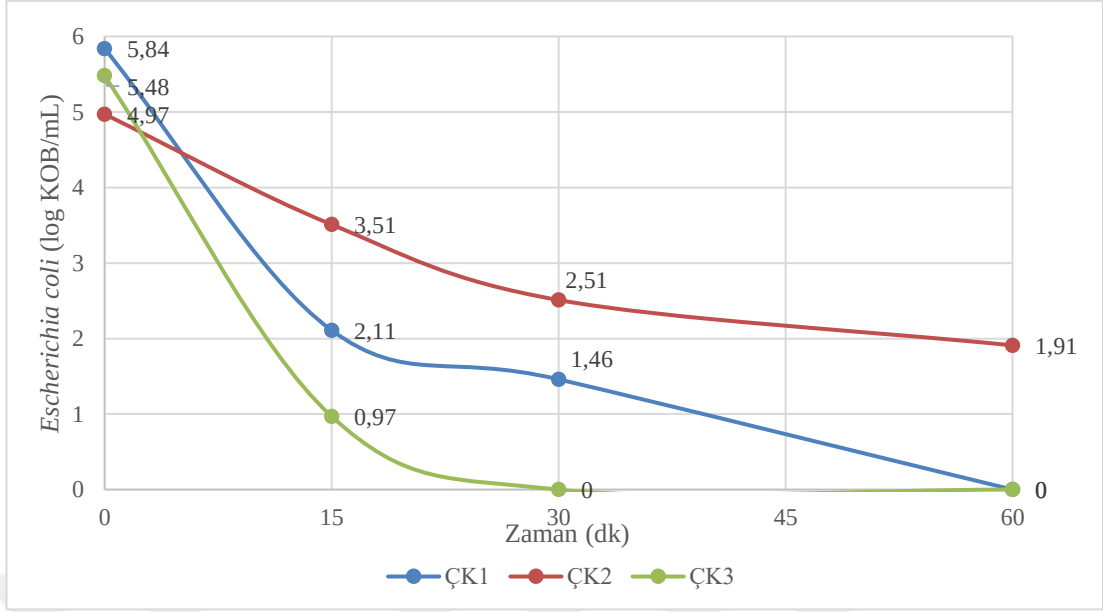
Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,26 – 5,96 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.16'da da görüldüğü üzere, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 1 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 3,87 – 5,26 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



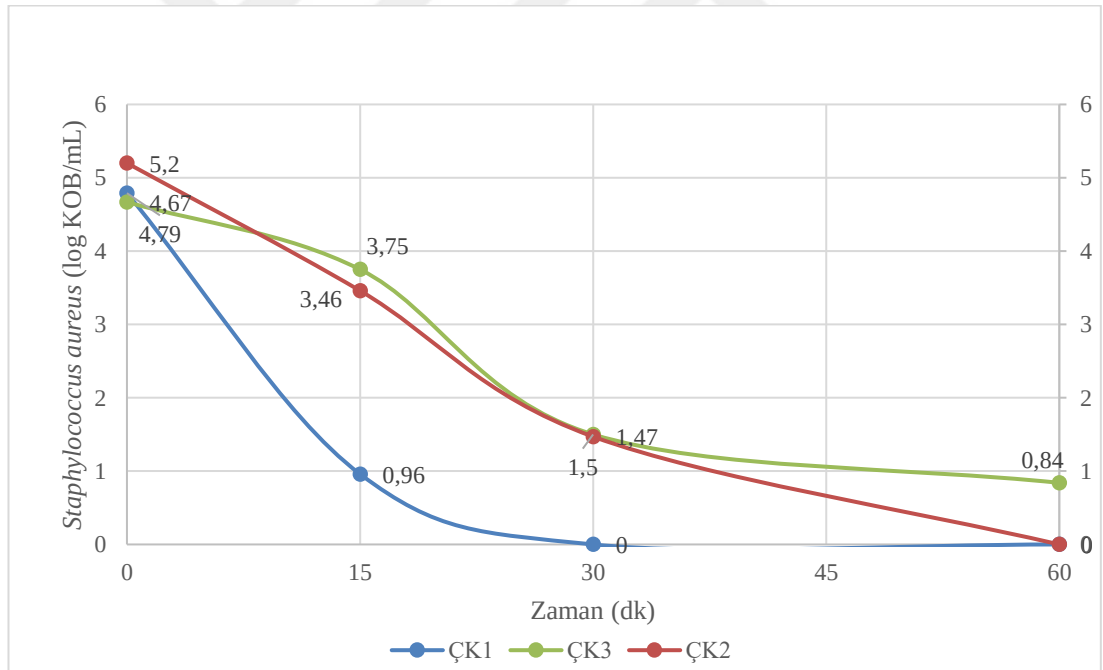
Şekil 4.16. *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028'in Trabzon hurması sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

Çam kozalağı sirkesi örneklerine 4,97 – 5,84 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Şekil 4.17'de de görüldüğü üzere, *Escherichia coli* ATCC 25922 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 3,06 – 5,84 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.

Çam kozalağı sirkesi örneklerine 4,67 – 5,20 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Şekil 4.18'de de görüldüğü üzere, *Staphylococcus aureus* 6538 IP inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 1 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 3,83 – 5,20 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



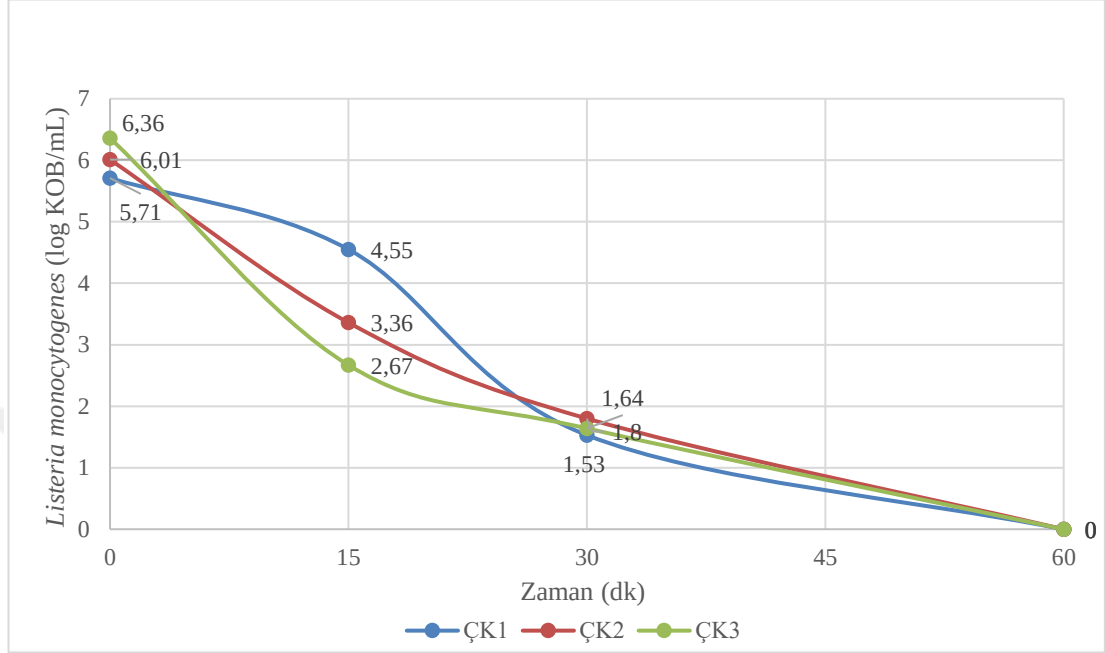
Şekil 4.17. *Escherichia coli* ATCC 25922'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları



Şekil 4.18. *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

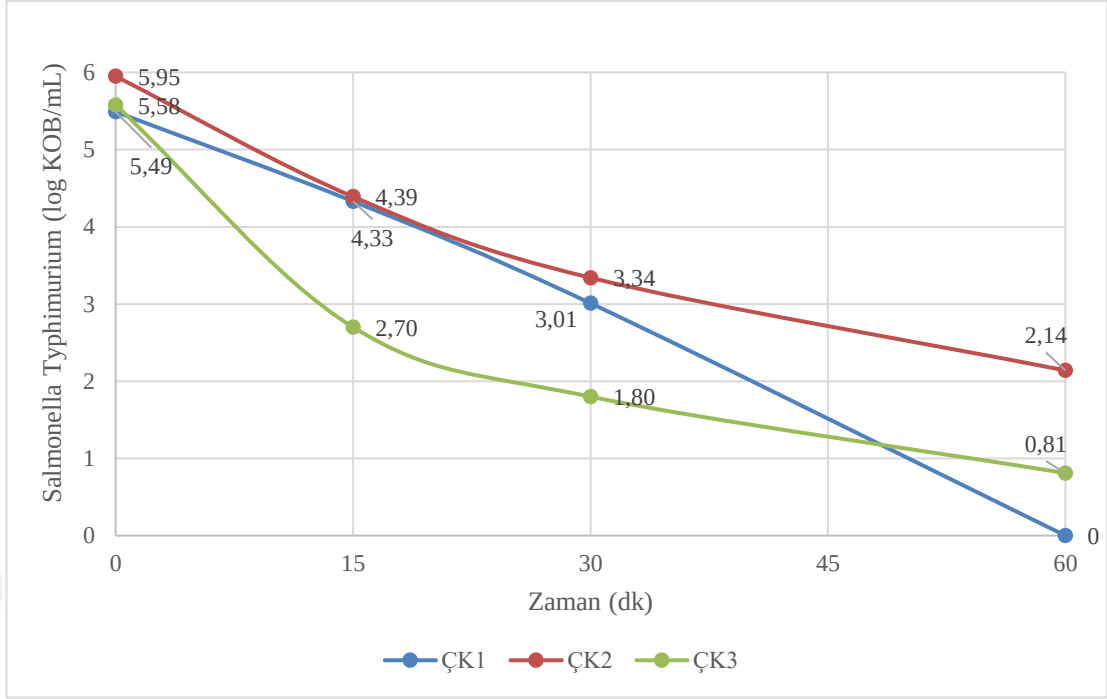
Çam kozalağı sirkesi örneklerine 5,71 – 6,36 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Şekil 4.19'da da görüldüğü üzere, *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit

edilmiştir. Tüm sirke örnekleri ile 60. dakikada tamamen patojen inhibisyonu sağlandığı görülmektedir.



Şekil 4.19. *Listeria monocytogenes*'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

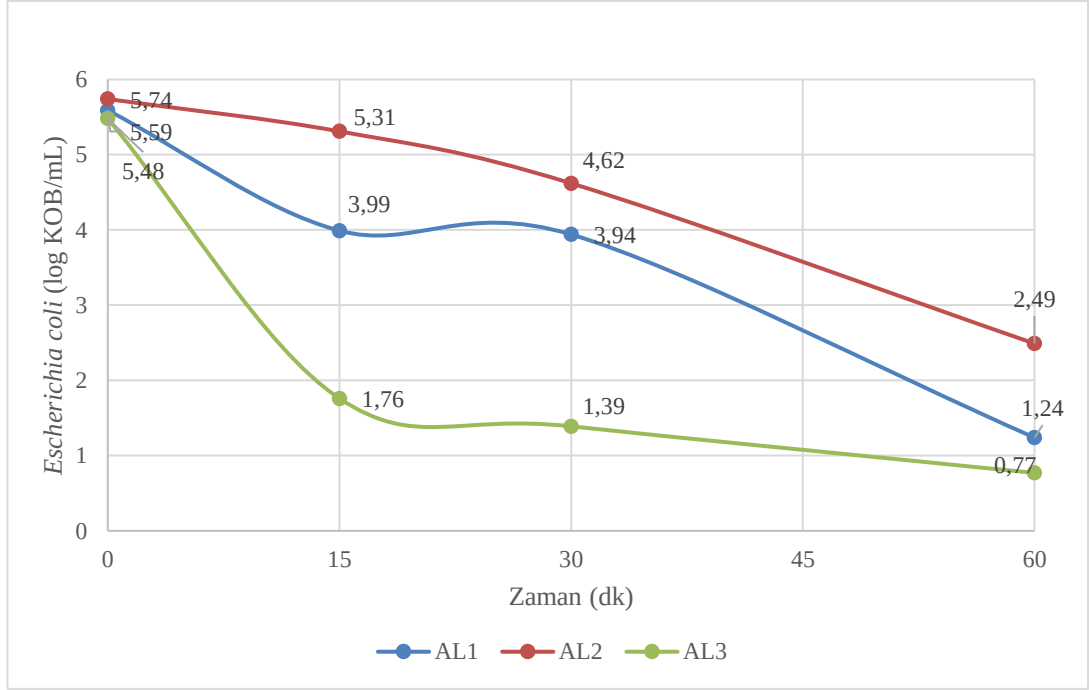
Çam kozalağı sirkesi örneklerine 5,49 – 5,95 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Şekil 4.20'de de görüldüğü üzere, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 3,81 – 5,49 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



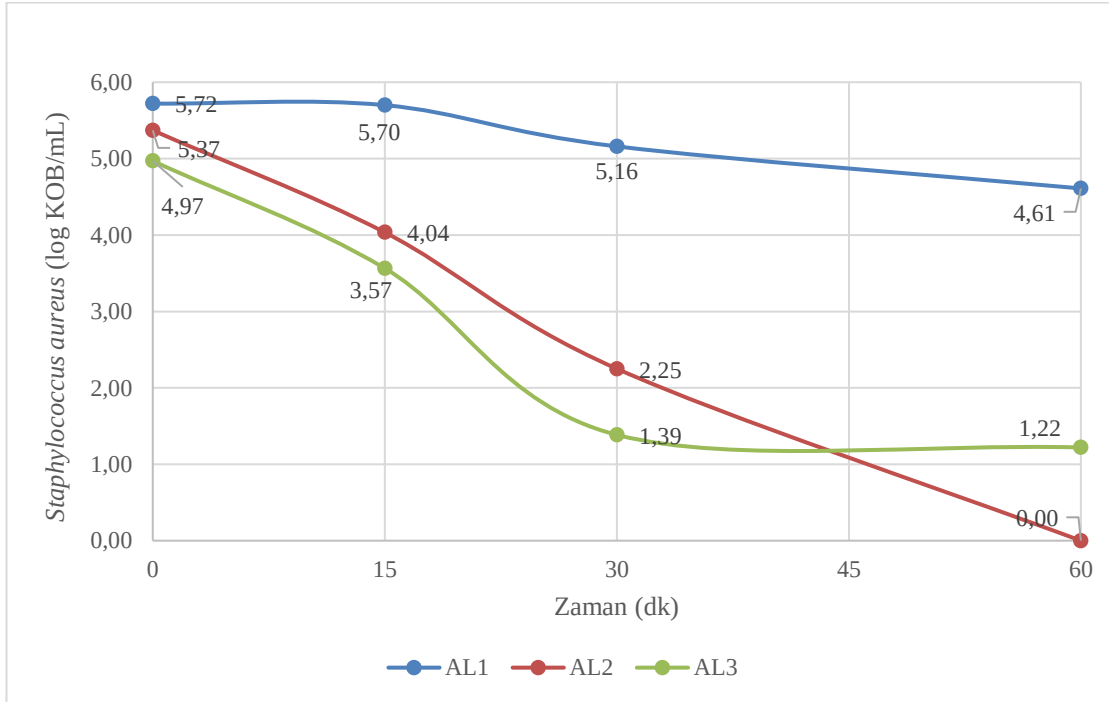
Şekil 4.20. *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028'in çam kozalağı sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

Alıç sirkesi örneklerine 5,48 – 5,74 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Şekil 4.21'de de görüldüğü üzere, *Escherichia coli* ATCC 25922 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 3,25 – 4,71 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.

Alıç sirkesi örneklerine 4,97 – 5,72 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 4.22'de de görüldüğü üzere, *Staphylococcus aureus* 6538 IP inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 2 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 1,11 – 5,37 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.

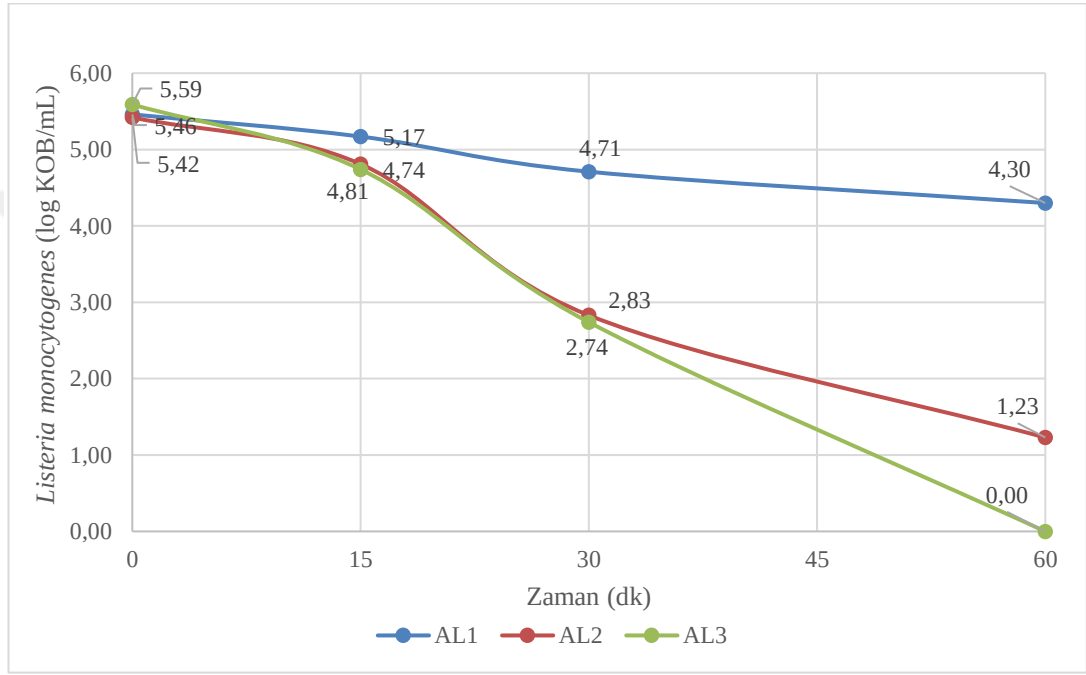


Şekil 4.21. *Escherichia coli* ATCC 25922'in alıç sirketi örneklerinde canlı kalma durumları



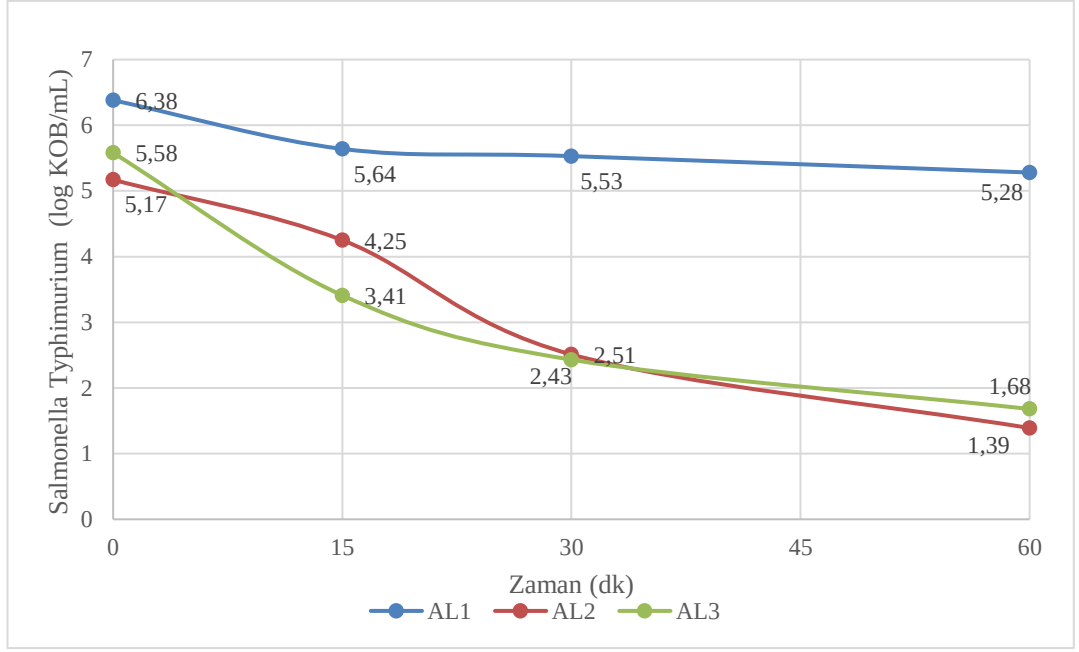
Şekil 4.22. *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in alıç sirketi örneklerinde canlı kalma durumları

Alıç sirkesi örneklerine 5,42 – 5,59 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.23'de gösterilmiştir. Şekil 4.23'de de görüldüğü üzere, *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 1,16 – 5,59 log KOB/mL düzeyinde bir inaktivasyon gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.23. *Listeria monocytogenes*'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

Alıç sirkesi örneklerine 5,17 – 6,38 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları Şekil 4.23'de gösterilmiştir. Şekil 4.23'de de görüldüğü üzere, *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 inaktivasyonunda en etkili sirke örneğinin 3 numaralı sirke örneği olduğu tespit edilmiştir. Sirke örnekleri ile 1,10 – 3,90 log KOB/mL düzeyinde bir inokülasyon gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.24. *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028'in alıç sirkesi örneklerinde canlı kalma durumları

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, farklı illerden temin edilen ev yapımı Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkesi örneklerinin fizikokimyasal (titrasyon asitliği, pH, yoğunluk, alkol içeriği, suda çözünür kurumadde, toplam kurumadde, toplam kül, renk değerleri), toplam fenolik madde miktarı, antioksidan özellikleri ile mikrobiyal (asetik asit bakterisi sayısı, laktik asit bakterisi sayısı ve toplam maya-küf) ve antimikrobiyel özellikleri araştırılmıştır.

Tez kapsamında analize alınan Trabzon hurması sirkesi örneklerinin titrasyon asitliği değerleri asetik asit cinsinden $0,98 \pm 0,02$ - $3,15 \pm 0,00$ arasında değişmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin $1,32 \pm 0,01$ - $2,72 \pm 0,06$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin ise $1,54 \pm 0,01$ - $2,95 \pm 0,04$ olduğu belirlenmiştir. Farklı sirke örneklerinden tespit edilen titrasyon asitliği değerleri, hem sirke çeşidi hem de örnek açısından farklılık göstermektedir ($p \leq 0,05$). En yüksek titrasyon asitliği değerine $3,15 \pm 0,00$ ile 3 numaralı Trabzon hurması sirkesi örneği sahip iken, en düşük titrasyon asitliği değerine ise $0,98 \pm 0,02$ değeri ile 1 numaralı Trabzon hurması sirkesi örneğinin sahip olduğu görülmektedir. TS 1880 sirke standardına göre şarap sirkesinin toplam asit içeriği (TCA) asetik asit cinsinden en az 40 g/L olmalıdır. Benzer şekilde Codex Alimentarius Komisyonu'na göre şarap sirkesi veya diğer sirke çeşitlerinin toplam asit içeriği sırasıyla 60 g/L ve 50 g/L'den az olmamalıdır (CAC, 2000). Bu standartlara göre, analize alınan tüm sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin, standart değerlerine uygun olmadığı görülmektedir. Çalışmamıza benzer olarak Öztürk ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı illerden temin edilerek analize alınan 25 farklı ev yapımı sirke örneklerinin (üzüm, elma, kayısı, nar sirkeleri) %80'inin titrasyon asitliği değerlerinin standartlara uygun olmadığı belirtilmiştir. Şengün ve ark. (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada da ev yapımı elma, erik, mandalina,

böğürtlen, kayısı, hurma, nar, incir ve kuşburnu sirkelerinin titrasyon asitliği değerleri % 1,11 – 5,61 arasında olduğu bildirilmiştir.

Sirke numunelerinin toplam asitlik seviyeleri genel olarak pH değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin pH değerleri $3,61 \pm 0,01$ - $3,61 \pm 0,01$ arasında, çam kozalağı sirkesi örneklerinin pH değerleri $3,79 \pm 0,01$ - $3,84 \pm 0,01$ arasında, alıç sirkesi pH değerleri ise $3,61 \pm 0,00$ - $3,73 \pm 0,01$ arasında değişmektedir. Sirke çeşidi ve aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p \leq 0,05$). Çalışmamıza benzer şekilde Özdemir (2019) alıç sirkeleri ile yapmış olduğu çalışmada örneklerinin pH değerlerini 3.63 ± 0.1 olarak tespit etmiştir. Kadaş (2011) tarafından yapılan çalışmada ise alıç sirkesinde pH değeri 3.28 olarak belirtilmiştir. Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili bir çalışmada sirke örneklerinin pH değeri 3,64 olarak ölçülmüştür. Öztürk (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı illerden temin edilerek analize alınan 25 farklı ev yapımı sirke örneklerinin (üzüm, elma, kayısı, nar sirkeleri) pH değerlerinin ise 2,63- 3, 90 arasında değiştiği belirtilmektedir. Görüldüğü üzere, çalışmamız pH değerleri sonuçları literatür ile uyumludur.

Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkelerinin yoğunluk değerleri $1,0036 \pm 0,00$ - $1,0093 \pm 0,00$ g/cm³ arasında tespit edilmiştir. Çam kozalağı sirke örneklerinin yoğunluk değerleri $1,0057 \pm 0,00$ - $1,0090 \pm 0,00$ g/cm³ arasında belirlenmiş iken, alıç sirkesi örneklerinde ise $1,0090 \pm 0,00$ - $1,0058 \pm 0,00$ g/cm³ arasında değişmektedir. Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde hem sirke türüne hem de örnek çeşidine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği görülmektedir ($p \leq 0,05$). Çalışmamıza benzer şekilde, Plessi (2003) tarafından yapılan çalışmada doğal üzüm sirkelerinin yoğunluk değerleri 1,042 – 1,361 g/cm³ arasında, elma sirkelerinin yoğunluk değerlerinin ise 1,013 – 1,024 g/cm³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarımızda elde edilen yoğunluk değerleri, elma, üzüm ve bal sirkeleri ile yapılan çalışmalarla elde edilen 0,9955 – 1,157346 g/cm³ sonuçları ile uyumludur (Şahin, 1977; Ünal, 2007; Budak, 2010; Alak, 2015).

Çalışma sonuçlarına göre Trabzon sirkesi örneklerinin briks (suda çözünür kurumadde) değerlerinin % 1.44 ± 0.01 - 2.85 ± 0.03 arasında, çam kozalağı sirkesi örneklerinde % 0.70 ± 0.02 - 2.01 ± 0.05 arasında, alıç sirkesi örneklerinde ise 0.90 ± 0.01 - 1.93 ± 0.02 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından % briks değerleri arasında önemli bir farklılık bulunurken, sirke çeşitleri arasında yalnızca örnek 1 ve örnek 3 grupları arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$). Özdemir (2019) yapmış olduğu çalışmada alıç sirkesi örneklerinin briks değerlerini % 6.03 ± 0.3 olarak tespit edilmiştir ve bu değer çalışmamız sonucunda tespit edilen değerlerden oldukça yüksektir. Benzer şekilde, Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili bir çalışmada sirke örneklerinin briks değeri %4,5 olarak belirtilmiştir. Diğer çalışmalarda meyve sirkeleri için briks değerleri % 1.02 – 20.80 olarak bildirilmiştir (Budak, 2015; Öztürk, 2015). Benzer literatür çalışmaları ile kıyaslandığında, tez çalışması kapsamında analize alınan ev yapımı Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkelerinin briks değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon hurması örneklerine ait kurumadde değerleri % 1.40 ± 0.03 - 2.06 ± 0.16 arasında değişmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin kurumadde değerleri % 1.21 ± 0.00 - 3.07 ± 0.24 arasında tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin kurumadde değerleri ise % 0.17 ± 0.21 - 1.01 ± 0.00 arasında değişmektedir. Sirke örneklerinin kurumadde değerleri incelendiğinde hem sirke türüne hem de örnek çeşidine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği görülmektedir ($p \leq 0.05$). TS 1880 EN 13188 kuru madde ile ilgili herhangi bir limit bulunmamaktadır. Fakat bir önceki standart olan TS 1880 (2003)'e göre üzüm sirkesinde şeker hariç kurumadde oranı en az 8 g/L, kül miktarı en az 0.8 g/L iken, alkol sirkelerinde kuru madde miktarı için 0.5 g/L, kül miktarı 0.05 g/L olması gerektiği belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre tez çalışması kapsamında analize alınan ev yapımı Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkelerinin kurumadde değerlerinin TS 1880 EN 13188 standartına uygun olmadığı görülmektedir. Sirke örneklerinde kurumadde oranının yüksek bulunmasının nedeninin içerdiği şeker oranı ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Bozdemir ve ark., 2021). Çalışmamızda sirke örneklerinin briks değerlerinin düşük olması ile kurumadde değerlerinin düşük olması arasında bir

paralellik bulunduğu tespit edilmiştir. Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili bir çalışmada sirke örneklerinin kurumadde değeri çalışmamıza benzer olarak %1,2 olarak belirtilmiştir. Literatürde elma, üzüm ve bal sirkeleri ile yapılan çalışmalara göre, sirke kuru madde değeri % 1,23 – 22,58 arasında değişmektedir (Kılıç, 1976; Şahin, 1977; Şahin ve Kılıç, 1981; Plessi, 2003; Ünal, 2007; Budak, 2010; Alak, 2015).

Sirke bileşimin önemli bir unsuru olan % kül miktarı, % kurumadde miktarı ile doğrudan ilişkilidir (Bozdemir ve ark., 2021). Kül sirkede yanmayan maddelerin toplamıdır. Bu maddeler inorganik yapıda anyonik ve katyonik iyonlardır. Kül içinde, potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir, bakır, kurşun, çinko, arsenik katyonik iyonlar ve fosfatlar, sülfatlar, karbonat ve klorürler anyonik iyonlar olarak yer alırlar (Cabaroğlu, 1991). Aktan ve Gürarda (1990)'a göre, asetik asit ilavesiyle elde edilen sirkelerde kül miktarı daha düşük iken, doğal fermantasyon yoluyla elde edilen sirkelerde kül oranı nispeten daha yüksek ve Kül/Kurumadde oranının 1/10 şeklinde uyumlu olması beklenmektedir. Çalışmamız sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin toplam kül değeri % 0,17±0,03 - 0,18±0,00, çam kozalağı sirke örneklerinin toplam kül değeri % 0,09±0,00 - 0,15±0,04, alıç sirkesi örneklerinin toplam kül değeri 0,02±0,01 - 0,29±0,04 arasında değişiklik göstermektedir. Aynı sirke çeşidinin farklı örnekleri açısından % kül değeri arasında önemli bir farklılık bulunurken, alıç sirkesi örnekleri arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$). Sonuçlar değerlendirildiğinde, çalışmamızda analize alınan sirke örneklerinin kül/kurumadde oranının genel olarak 1/10 oranına uyumlu olduğu görülmektedir. Çalışmamıza benzer olarak, Bozdemir ve ark. (2021) tarafından bal, üzüm, nar, elma ve alıç sirkelerinin kül değeri % 0,098 – 1,937 olarak bulunmuştur.

Renk, sirke satın alırken tüketici algısını etkileyen önemli bir faktördür (Lopez vd., 2005). Genel olarak sirkelerin renk özellikleri duyusal analizler ve spektrofotometrik yöntemlerle değerlendirilir (Palacios ve ark., 2002; Tesfaye ve ark., 2002). Çalışmamız sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin *L* değeri 37,59±0,57 - 51,91±0,39 arasında, *a* değeri 0,77±0,03 - 4,47±0,09 arasında, *b* değeri -3,64±0,16 - 20,80±0,33 arasında, *ΔE* değeri ise 43,20±0,60 - 49,79±3,87

arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin belirlenen L değerleri $41,62 \pm 0,23$ - $53,13 \pm 0,19$ arasında, a değerleri $1,20 \pm 0,04$ - $5,52 \pm 0,77$ arasında, b değerleri $-2,51 \pm 0,34$ - $19,30 \pm 1,91$ değerleri arasında, ΔE değerleri ise $46,23 \pm 0,75$ - $53,20 \pm 0,18$ arasında değişmektedir. Alıç sirkesi örneklerinin L değerlerinin $47,16 \pm 1,04$ - $49,03 \pm 0,61$ arasında, a değerlerinin $0,52 \pm 0,28$ - $2,20 \pm 0,06$ değerleri arasında, b değerlerinin $-1,09 \pm 0,66$ - $16,11 \pm 1,44$ arasında, ΔE değerlerinin ise $47,18 \pm 1,02$ - $51,64 \pm 0,67$ değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Renk değerleri açısından belirlenen değişimlerin hem sirke çeşidi hem de örnek çeşidi açısından istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$). Örneklerin L , a , b değerlerinin örnekler arasında hemen hemen değişken olması, sirkelerin renk özelliklerinin birbirinden çok farklı olduğunu göstermektedir. Öztürk ve ark. (2015) farklı illerden temin edilerek analize alınan 25 farklı ev yapımı sirke örneklerinin (üzüm, elma, kayısı, nar sirkeleri) analiz edildiği bir çalışmada, parlaklığı gösteren L değerlerinin 0.28 ile 20.15 arasında değiştiği belirtilmiştir. Geleneksel elma sirkesi örneklerinin (bir örnek dışında) oldukça yüksek L değerlerine sahip olduğu gösterilmiştir. İran mazafati hurmasından (*Phoenix dactylifera* L.) geleneksel yöntemle üretilen sirkenin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelendiği farklı bir çalışmada L değerleri 27.50 ± 0.87 , a değerleri 1.58 ± 0.29 ve b değerleri 1.61 ± 0.17 olarak tespit edilmiştir (Akarca ve ark., 2020). Ayrıca, birçok araştırmacı tarafından çeşitli sirke türleri için çok çeşitli renk özellikleri rapor edilmiştir. Cruz ve ark., (2018), daha yüksek fenolik içerikli sirkelerin daha düşük beyazlık/karanlık, ancak kırmızı bileşen renginin daha yüksek değerlerine sahip olma eğiliminde olduğunu bildirmiştir.

Hammadde ve üretim tekniklerine bağlı olarak sirke çeşitlerinin biyoaktif özellikleri geniş bir aralıkta değişim göstermektedir (Öztürk, 2015; şengün ve Kılıç, 2018). Fenolik bileşiklerin sirkenin kalitesini önemli ölçüde etkilediği ve en çok tanımlanan bileşenlerden biri olduğu bildirilmektedir (Qingping, 2006). Çalışmamız sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları $14,08 - 108,57$ mg GAE/ 100 mL arasında değişim göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam fenolik madde miktarları arasında önemli bir farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek fenolik madde miktarına 3 numaralı örneğin sahip olduğu tespit

edilmiştir ($p \leq 0,05$). Çam kozalağı sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 5,53 – 157,44 mg GAE/ 100 mL arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirke örneklerinin fenolik madde miktarları arasında örnek çeşidine bağlı olarak önemli bir farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0,05$). Trabzon hurması sirkesi örneklerine benzer bir şekilde en yüksek fenolik madde miktarı 3 numaralı çam kozalağı sirkesi örneğinde tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin fenolik madde miktarları 6,19 – 105,71 mg GAE/ 100 mL arasında değişmektedir. Alıç sirkesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmakla birlikte, Trabzon hurması ve çam kozalağı sirkesi örneklerine benzer şekilde en yüksek fenolik madde miktarına sahip alıç sirkesi örneği 3 numaralı örnektir ($p \leq 0,05$). Çalışmamıza benzer olarak, Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili bir çalışmada sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarları $292,28 \pm 3,47$ mg GAE/mL olarak bulunmuştur. Özdemir (2019) tarafından alıç sirkesi örnekleri ile yapılan çalışmada ise, sirke örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri $2,4207 \pm 0,02$ mg GAE/mL olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin, çalışmamızda elde edilen değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun, sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin fenolik madde içeriği ile üretim yöntemlerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bakır ve ark. (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada, farklı meyve sirkelerinin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri sırasıyla 17-255 mg GAE/100 mL ve 2,4 - 96 mg kateşin/100 mL aralığında belirlenirken, en yüksek değerler balzamik sirke ve elma sirkesinde bulunmuştur. En düşük değerlerin ise elma sirkesi örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından çeşitli sirkelerin toplam fenolik içeriği; yaban mersini sirkesi için 0,89 – 1,11 mg GAE/mL (Su ve Chien, 2007), hurma sirkesi için 0,80 mg GAE/mL (Sakanaka ve Ishihara, 2008), çilek sirkesi için 1,61 mg GAE/mL, geleneksel balzamik sirke için 0,58 mg/mL (Verzelloni ve ark., 2007) ve Zhenjiang sirkesi için 1,10 mg/mL (Qui ve ark., 2010) olarak belirlenmiştir. Kelebek ve ark. (2017), sirke üretimi için substrat seçiminin meyve sirkelerinin nihai fenolik içeriğini hesaba katmak için önemli bir parametre olduğunu bildirmiştir.

Süperoksit, hidrojen peroksit ve hidroksil radikali gibi reaktif oksijen türlerinin lipidleri, proteinleri ve DNA'yı etkileyerek yaşlanmayı, kanser ve beyin dejeneratif

bozukluklarını hızlandırdığı bildirilmiştir (Buonocore ve ark., 2010; Maes ve ark., 2011). Son zamanlarda yapılan araştırmalar, gıdalardaki biyoaktif bileşiklerin antioksidan etki sağlayarak bu dejeneratif hastalıkların görülme sıklığını azaltabileceğini göstermiştir (Iriti ve Faoro, 2010; Fern'andez-Mar ve ark., 2012; Ramadan ve Al-Ghamdi, 2012). Farklı sirke türlerindeki polifenoller ve vitaminler gibi biyoaktif maddeler, önemli antioksidan aktivitelerinden dolayı oksidatif strese karşı koruma sağlarlar (Davalos ve ark., 2005; Nishino ve ark., 2005). Antioksidan aktiviteyi belirlemek için geliştirilmiş birkaç analitik yöntem vardır. Radikallerin deaktivasyonuna dayanan reaksiyon kinetiği ve yan reaksiyonların görünümü farklı olan DPPH ve TEAC (ABTS) en sık kullanılan yöntemlerdir (Şengün ve ark., 2019). Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon sirkesi örneklerinin TEAC yöntemine göre yapılan antioksidan kapasite sonuçları 8,93 – 10,06 $\mu\text{M TE/mL TA}$ arasında değişmektedir ve örnekler arasında değer farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). En yüksek antioksidan kapasite değeri 3 numaralı Trabzon hurması sirkesi ile elde edilmiştir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri 10,92 – 11,76 $\mu\text{M TE/mL TA}$ arasında değişmektedir. Örnekler arasında antioksidan kapasite değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan kapasite değerine sahip çam kozalağı sirkesi örneğinin 1 numaralı örnek olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$). Alıç sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri 9,92 – 11,76 $\mu\text{M TE/mL TA}$ arasında değişmektedir. Örnekler arasında antioksidan kapasite değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan kapasite değerine sahip alıç sirkesi örneğinin 2 numaralı örnek olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$). Trabzon sirkesi örneklerinin DPPH yöntemine göre yapılan antioksidan süpürme kapasite sonuçları ise %18,28 – 43,84 arasında değişmektedir ve örnekler arasında değer farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). En yüksek antioksidan kapasite değeri 2 numaralı Trabzon hurması sirkesi örneği ile elde edilmiştir. Çam kozalağı sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkileri %25,30 – 54,79 arasında değişim göstermiştir. Çam kozalağı sirke örnekleri arasında antioksidan süpürme kapasitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan süpürme etkisi 2 numaralı çam kozalağı örneği ile elde edilmiştir ($p \leq 0,05$). Alıç sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkileri % 34,24 – 85,33 arasında değişim göstermiştir. Alıç sirke örnekleri arasında antioksidan süpürme

kapasitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte, en yüksek antioksidan süpürme etkisi 1 numaralı çam kozalağı örneği ile elde edilmiştir ($p \leq 0,05$). Sirke örneklerinin antioksidan değerleri ve etkinlikleri, ABTS testleri ile DPPH testlerinde farklılık göstermiştir. ABTS ve DPPH analiz sonuçları arasındaki fark, ilgili reaksiyon mekanizmasının farklı olmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Daha önceki çalışmalarda, farklı sirke örnekleri için çok çeşitli antioksidan aktivite değerleri de rapor edilmiştir. Ubeda ve ark., (2011) Trabzon hurması sirkelerinin toplam fenol indeksi (TPI) ve antioksidan aktivitesinin beyaz ve kırmızı şarap sirkelerinden elde edilenlerden her zaman daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Sakanaka ve Ishihara (2008), Trabzon hurması Saijyo çeşitlerinden yapılan sirke ve pirinç sirkesinin fenolik içerikleri ve radikal temizleyici aktivitelerinin, elma sirkesi örneklerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili bir çalışmada sirke örneklerinin DPPH antioksidan süpürme kapasitesi 225.44 ± 3.44 mg TE/L olarak tespit etmişlerdir. Özdemir (2019) tarafından alıç sirkesi örnekleri ile yapılan çalışmada ise, sirke örneklerinin Antioksidan aktivite tayini için kullanılan TEAC yöntemi ile alıç sirkesi örneklerinin değerleri 13.01 ± 0.70 mM olarak belirlenmiştir. Farklı çalışmalarda ise sirke örneklerinin antioksidan aktiviteleri, elma sirkesi için 2-6 Lmol TE/mL, geleneksel balzamik sirke için 16.88-33.52 IM TE/mL, farklı meyve sirkeleri için 13-189 mg Troloks/100 mL aralığında bulunmuştur (Bakır ve ark. , 2017; Bertelli ve ark., 2015; Budak ve ark., 2011). Sirkelerin antioksidan kapasitelerindeki farklılıkların, farklı fenolik içeriklerinden ve antioksidan özellik gösteren örneklerde bulunan bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Davalos ve ark., 2005).

Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin asetik asit bakterisi (AAB) sayılarının $5,47 \pm 0,45$ - $9,88 \pm 0,48$ log KOB/mL arasında olduğu belirlenmiştir. Trabzon sirkesi örneklerinin laktik asit bakterisi (LAB) sayıları incelendiğinde 1 ve 3 numaralı örneklerde LAB tespit edilememişken, yalnızca 2 numaralı sirke örneklerinde $2,63 \pm 0,00$ log KOB/mL olarak LAB sayısı tespit edilmiştir. Trabzon hurması sirke örnekleri toplam maya-küf sayısı açısından incelendiğinde 1 numaralı örneklerde maya-küf tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde $3,29 \pm 0,14$ log

KOB/mL ve $1,69 \pm 0,21$ log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Trabzon hurması sirkeleri örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Çam kozalağı sirkeleri örnekleri mikrobiyolojik özellikleri açısından incelendiğinde, örneklerin AAB sayısının $1,86 \pm 0,01$ - $10,82 \pm 0,35$ log KOB/mL arasında değiştiği görülmektedir. Örnekler LAB sayısı açısından değerlendirildiğinde, 1 numaralı örnekte tespit edilemediği, 2 ve 3 numaralı örneklerde ise $2,51 \pm 0,18$ ve $1,88 \pm 0,62$ log KOB/mL olduğu görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin maya-küf sayıları da benzer şekilde 1 numaralı örnekte tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde $7,49 \pm 0,07$ ve $1,35 \pm 0,06$ log KOB/mL olduğu görülmektedir. Çam kozalağı sirkeleri örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Alıç sirkesi örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri incelendiğinde, AAB sayısının $3,44 \pm 0,69$ - $10,96 \pm 1,20$ log KOB/mL arasında değiştiği görülmektedir. LAB sayısı açısından 1 numaralı örnekte tespit edilemediği, 2 ve 3 numaralı örneklerde ise LAB sayılarının $6,62 \pm 0,72$ ve $5,12 \pm 0,01$ log KOB/mL olduğu belirlenmiştir. Alıç sirkesi örnekleri toplam maya-küf sayısı açısından incelendiğinde, yine 1 numaralı örnekte maya-küf tespit edilememişken, 2 ve 3 numaralı örneklerde toplam maya-küf sayısı $4,79 \pm 0,06$ ve $5,00 \pm 0,04$ log KOB/mL olarak tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Sirkedeki bazı mikroorganizmaların baskınlığını belirleyen faktörlerin ortam bileşimi, nem ve sıcaklık gibi bazı parametrelere bağlı olduğu bildirilmiştir (Giudici ve ark., 2017). LAB ve mayalar tarafından spontan fermantasyonun ilk aşamalarında elde edilen asit ve etanol, istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek sirkenin raf ömrünün uzamasını sağlarlar (Rosma ve ark., 2016). Öte yandan, spontan fermantasyonla üretilen sirkenin bozulma riski de çok yüksektir (Solieri ve Giudici, 2009). Başta AAB olmak üzere aside toleranslı mikroorganizmalar, yüksek miktarda asetik asitte metabolik olarak gelişebilir ve canlılıklarını sürdürebilirler (Gullo ve ark., 2009). Belirtildiği gibi, sirkenin sert fermantasyon ortamında çevreden ve hammaddelerden gelen birçok istenmeyen mikroorganizma varlık gösteremezler. Fakat gelişen asitlik sirke örneklerinin LAB ve küf-maya florasının tamamen elimine edilmesinde yetersiz kalmıştır (Tablo 4.8). Çalışmamıza benzer olarak, farklı bölgelerden toplanan geleneksel incir sirkesinin AAB, toplam mezofilik aerobik bakteri, LAB ve küf-

mayası sırasıyla 2.68-8.23, 2.26-7.29, 0.81-8.20 ve <1.00-6.49 log KOB/mL olarak bulunmuştur (Şengün, 2013). Öztürk ve ark. (2015) ise, 20 geleneksel ev yapımı sirke örneklerinin LAB, AAB ve küf-maya sayılarını sırasıyla $<10-1.1 \times 10^9$, $<10-7.2 \times 10^6$ ve $<10-3.9 \times 10^6$ CFU/mL olarak belirtmişlerdir. Şengün ve Kılıç (2020) tarafından dut ve incir sirkelerinin incelendiğinde bir başka çalışmada, AAB sayıları 2.54 ± 0.05 - 2.84 ± 0.08 log KOB/mL, LAB sayıları 1.91 ± 0.05 - 3.17 ± 0.04 log KOB/mL, maya- küf sayıları ise 1.44 ± 0.08 - 1.32 ± 0.07 log KOB/mL olarak tespit edilmiştir. Çalışmamız sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, analiz edilen sirke örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerinin literatür sonuçlarına kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Sirke örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği in vitro antimikrobiyel etkiler Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Trabzon hurması sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki olarak 30 ve 40 µL ile zon çapı ölçülememişken, en yüksek antimikrobiyel etki $23,25 \pm 1,77$ mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Trabzon hurması sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki $10,50 \pm 6,36$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki $21,25 \pm 2,47$ mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük antimikrobiyel etkinin $9,75 \pm 1,06$ mm, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise $19,00 \pm 0,00$ mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki $7,50 \pm 2,12$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise $20,50 \pm 0,71$ mm olarak tespit edilmiştir. Çam kozalağı sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki olarak 40 ve 50 µL ile zon çapı ölçülememişken, en yüksek antimikrobiyel etki $20,50 \pm 0,71$ mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Çam kozalağı sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki 30 µL ile tespit edilememişken, en yüksek antimikrobiyel etki $21,75 \pm 1,06$ mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük

antimikrobiyel etkinin $9,50 \pm 4,95$ mm, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise $20,00 \pm 0,00$ mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki $12,50 \pm 0,71$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise $19,50 \pm 0,71$ mm olarak tespit edilmiştir. Alıç sirkesi örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki $7,50 \pm 2,12$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etkinin $23,75 \pm 5,30$ mm zon çapı ile elde edildiği görülmektedir. Alıç sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'e karşı gösterdiği en düşük antimikrobiyel etki $6,50 \pm 0,71$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki $23,00 \pm 1,77$ mm olarak tespit edilmiştir. Sirke örneklerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etki incelendiğinde en düşük antimikrobiyel etkinin 30 ve 40 µL ile tespit edilememişken, en yüksek antimikrobiyel etkinin ise $22,00 \pm 0,00$ mm olduğu belirlenmiştir. Sirke örneklerinin *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'a karşı gösterdiği antimikrobiyel etki değerlendirildiğinde ise en düşük antimikrobiyel etki $6,50 \pm 0,71$ mm iken, en yüksek antimikrobiyel etki ise $21,88 \pm 1,94$ mm olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde, seçilen bakterilere karşı sirke örneklerinin antibakteriyal aktivitesini görülmektedir. Bakterilerin sirkelere duyarlılığı oldukça değişkendir. Sirke örneklerinin etki gösterdiği *Escherichia coli* ATCC 25922 en hassas suş olarak gözlemlenmiştir. Seyreltilmiş organik asitler ve sirke gibi yüksek asitli sıvılar, asitlik seviyelerine bağlı olarak mikrobiyal büyümeyi veya canlılığı etkileyebilmektedirler. Asetik asit de dahil olmak üzere zayıf asitler, antimikrobiyel aktivitelerini mikrobiyal membranı ayrışmamış forma geçerek, hücre içinde pH'a göre ayrışarak ve sitoplazmada bir proton serbest bırakarak gösterirler (Salmond ve ark., 1984). Önemli miktarda asetik asit içeren sirkelerin bakterilere (Karapınar ve Gönül, 1992; Medina ve ark., 2007) ve maya-küflere karşı güçlü antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Pinto ve ark., 2008; Wen-Qiao ve ark., 2005). Karaağaç ve ark. (2016) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada, dut sirkesi örneklerinin *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Candida albicans*, *E. faecalis*, *Erwinia carotovora*, *E. coli*, *Klebsiella oxytoca*, *S. aureus* ve *Streptococcus pyogenes* üzerine antimikrobiyel etki gösterdiği, dut sirkesine karşı en hassas mikroorganizmanın *S. aureus* (28 mm), en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* (5,3 mm) olduğu bildirilmişlerdir. Araştırmacılar, çalışma sonuçlarımız aksine *E. coli*'nin sirkeye karşı

en dirençli mikroorganizma olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarındaki farklılığın, kullanılan hammadde çeşidine bağlı olarak sirkelerde antimikrobiyel etkiden temel olarak organik asitler sorumlu olsa da, sirkelerin fenolik madde içeriklerinin de antimikrobiyel etkiyi destekleyen etkilerinin bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Karabıyıklı ve Şengün, 2017). Farklı çalışmalar, sirke içindeki asetik asidin *E. coli* O157:H7 için en öldürücü asit olduğunu, bunu sitrik, laktik ve malik asitlerin izlediğini göstermiştir (Budak ve ark., 2014). Duru (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, geleneksel üretim metoduyla üretilen üzüm, elma ve nar sirkelerinin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kuluçkahanelerinde önemli sorunlara neden olan *Flavobacterium psychrophilum* patojen mikroorganizmasına karşı antimikrobiyel etkisi araştırılmıştır. *In vitro* antimikrobiyel etkinin değerlendirildiği çalışmada en etkin sirke çeşidinin üzüm (55 mm), sonra nar (54 mm) ve elma (50 mm) sirkesi olarak bildirilmiştir. Çalışmamıza benzer olarak, Fonseca ve ark. (2018) tarafından geleneksel yöntemle üretilen ve üretim aşamasında içeriğine bal eklenen yaban mersini sirkesi ve bal sirkesi örneklerinin *E. coli* ATCC 25922, *S. enterica* Typhimurium ATCC 0028, *B. subtilis* ATCC 19659, *S. aureus* ATCC 25923, *C. albicans* ATCC 118804 ve *C. tropicalis* ATCC 13803 üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, geleneksel yaban mersini sirkesi örneklerinin *S. enterica* Typhimurium ATCC 0028 (9,3-9,6 mm) ve *B. subtilis* ATCC 19659 (9,3-9,6 mm) üzerinde antimikrobiyel etki gösterdiği, diğer mikroorganizmalar üzerinde ise herhangi bir antimikrobiyel etki göstermediği tespit edilmiştir. Bayram ve ark. (2020) tarafından yapılan Trabzon hurması sirkeleri ile ilgili benzer bir çalışmada, sirke örneklerinin antimikrobiyel etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Sirke konsantrasyonunun %10 ile %100'ü arasında *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium ve *Escherichia coli*'ye karşı gösterdiği inhibisyonadaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Öztürk ve ark., (2015) Türkiye'de üretilen endüstriyel ve ev yapımı geleneksel sirkenin antimikrobiyel etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, bakterilerin sirke örneklerine duyarlılığı önemli ölçüde değişken bulunmuştur. *B. cereus*'un endüstriyel ve geleneksel sirke örneklerinin %90 ve %100'ünün değişken seviyelerde antimikrobiyel aktivite gösterdiği en hassas suş olduğu tespit edilmiştir.

Tüketiciler tipik olarak gıdalarda gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaların büyümesini engellemek için doğal koruyucu yöntemleri tercih ederler (Rauha ve ark., 2000). Sirkedeki organik asitler ve esas olarak asetik asit, mikroorganizmaların hücre zarına geçerek, hücre ölümüne yol açarlar (Booth ve Kroll, 1989; Brul ve Coote, 1999; Blackburn ve McClure, 2002; Bjornsdottir ve ark., 2006; Chang ve Fang, 2007). Organik asitlerin antimikrobiyel aktivitesini bakteri suşları, sıcaklık, pH, asit konsantrasyonu ve iyonik güç gibi değişkenler etkiler (Buchanan ve Edelson, 1996; Entani ve ark., 1998; Cheng ve ark., 2003). Pek çok organik asit, asetik, laktik, askorbik, sitrik, malik, propiyonik, süksinik ve tartarik asitler dahil olmak üzere çeşitli meyvelerde ve fermente gıdalarda doğal olarak bulunur ve aşırı olmayan seviyelerde bu asitlerin hiçbiri insan sağlığı için tehlikeli değildir (Escudero ve ark., 1999; Brennan ve ark., 2000; Fang ve Hsueh, 2000; Şengün ve Karapınar 2004). Organik asitlerin gıda kaynaklı patojen bakterilerin öldürülmesi üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında, asetik asidin *Escherichia coli* O157:H7 için en öldürücü asit olduğu ve bunu laktik, sitrik ve malik asitlerin izlediği bildirilmiştir (Entani ve ark., 1998; Ryu ve ark., 1999). Çalışma kapsamında, Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkesi örneklerinin önemli gıda patojenlerinden olan *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 6538 IP, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'un canlı kalma durumlarına karşı etkileri tespit edilmiştir. Bu amaçla, patojen inokülasyonu sonrasında inokülasyonu tamamlayan sirke örnekleri oda sıcaklığında (20 °C) ve 0, 15, 30 ve 60 dakika bekletilmiş, sonrasında hazırlanan dilüsyonlardan ekimler yapılarak, sayım sonuçları log KOB/mL olarak alınmıştır. Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,36 – 5,76 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, sirke örnekleri ile 1,65 – 5,48 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerine 4,97 – 5,84 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde, sirke örnekleri ile 3,06 – 5,84 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Alıç sirkesi örneklerine 5,48 – 5,74 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Escherichia coli* ATCC 25922'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları değerlendirildiğinde ise, sirke örnekleri ile 3,25 – 4,71 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği

görülmektedir. Buna göre sirke örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun Trabzon hurması sirkeleri ile edildiği görülmektedir. Şengün ve Kılıç (2020) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, incir sirkesine inoküle edilen *E. coli* O157:H7 sayısı 5.63 - 6.65 log KOB/mL düzeyinden 4 saat içerisinde 3.83 log CFU/mL'ye önemli ölçüde düşüş gösterirken ($p < 0.05$), 0, 15, 30 ve 60 dk.'lık bekletme süreleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Ayrıca incir sirkesi, *E. coli* O157:H7 sayısını 24 saat sonra saptanamayan bir düzeye indirmiştir. Dut sirkesinde *E. coli* O157:H7'nin hayatta kalma durumu incir sirkesine benzer bir model göstermiştir. *E. coli* O157:H7'nin, 37°C'de ve pH 2.5'te 2 ile 7 saatlik maruziyetlerde etkilenmeden hayatta kalan, aside dirençli bir bakteri olduğu kabul edilmektedir (Benjamin ve Datta, 1995; Buchanan ve ark., 2004). Patojenin, karadut suyu, elma şarabı, kırmızı muskadin suyu, böğürtlen suyu gibi asit dahil çeşitli gıdalarda hayatta kaldığı deneysel olarak gösterilmiştir (Zhao ve ark., 1993; Kim ve ark., 2009; Karabıyıklı ve ark., 2012; Yang ve ark., 2014). Bununla birlikte, organik asitlerin türü ve konsantrasyonu, mikroorganizmaların hayatta kalma durumunu etkilemektedir (Breidt ve ark., 2004).

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,18 – 6,58 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde, sirke örnekleri ile gıda patojeni üzerinde 60. dakikada tamamen inhibisyon sağlandığı görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerine 4,67 – 5,20 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, sirke örnekleri ile 3,83 – 5,20 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Alıç sirkesi örneklerine 4,97 – 5,72 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde ise, sirke örnekleri ile 1,11 – 5,37 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Buna göre sirke örneklerinin *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun Trabzon hurması sirkeleri ile edildiği görülmektedir. Şengün ve Kılıç (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, incir sirkesi örnekleri ile 8 saat bekletme sonrası *S. aureus*

sayısı 5.63 - 6.65 log KOB/mL düzeyinden 3.48 log CFU/mL'ye düşmüş, 24 saat sonrasında ise tespit limitinin altına inmiştir. *S. aureus* sayısının dut sirkesinde 60 dk. boyunca bekletme sonrasında azalışı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). 60 dk.'nın üzerindeki maruziyet sürelerinde *S. aureus* sayıları ve 4., 8. ve 24. saatlerde için saptanamayan seviyeye düşürülmüştür. Sirkeyi tanımlayan asit olarak bilinen asetik asit, gıda sisteminde veya *in vitro* olarak *S. aureus*'a karşı iyi bir inhibitör etki göstermektedir (Kim ve ark., 2012).

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,27 – 6,58 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde, sirke örnekleri ile 1,99 – 5,27 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerine 5,71 – 6,36 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, sirke örnekleri ile 60. dakikada tamamen patojen inhibisyonu sağlandığı görülmektedir. Alıç sirkesi örneklerine 5,42 – 5,59 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes*'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde ise, sirke örnekleri ile 1,16 – 5,59 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. *Listeria monocytogenes*'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun alıç sirkeleri ile edildiği görülmektedir. Şengün ve Kılıç (2020) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, *L. monocytogenes* sayısı incir sirkesine 4 saat maruz kaldıktan sonra 5.63 - 6.65 log KOB/mL düzeyinden tespit limitinin altına düşüş göstermiştir. *L. monocytogenes* sayılarının azalması, artan bekletme süresi ile ilişkilidir ve 0, 15 ve 30 dakikalık bekletme süreleri arasında anlamlılık gözlenmiştir ($p \leq 0.05$). Ayrıca, dut sirkesinde *L. monocytogenes*'in hayatta kalma durumu sırasında bekletme süreleri arasında (24 saat hariç) önemli farklılıklar bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). Çalışma sonuçlarına göre *L. monocytogenes* dut sirkesinde incir sirkesine göre daha dirençli olarak bulunmuştur. Bu durum araştırmacılar tarafından, incir sirkesinde yüksek miktarda fenolik içeriğin organik asitlerle sinerjistik antilisterial etki sağladığı şeklinde açıklanmaktadır. İncir sirkesinin güçlü bakterisit etkisi, muhtemelen incir fermantasyonu ve incirin meyvesinin sahip olduğu antimikrobiyel özellikli bileşiklerle bağlantılı olabileceği

belirtilmiştir. Ramos ve ark. (2014) tarafından, fenolik bileşiklerin güçlü inhibitör etkileri incelenmiştir. Çalışmada, balzamik sirke ile asetik asit çözeltisi ve beyaz şarap sirkesinin antilisteriyal özellikleri karşılaştırılmıştır. *L. monocytogenes*'in maksimum azalması (2,15 log KOB/g), marulun balzamik sirke içine daldırılmasıyla sağlanırken, asetik asit muamelesiyle yaklaşık 1 log birim azalma, %1.0 konsantrasyon ile elde edilmiştir.

Trabzon hurması sirkesi örneklerine 5,26 – 5,96 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde, sirke örnekleri ile 3,87 – 5,26 log KOB/mL düzeyinde bir inokülasyon gerçekleştiği görülmektedir. Çam kozalağı sirkesi örneklerine 5,49 – 5,95 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, sirke örnekleri ile 3,81 – 5,49 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. Alıç sirkesi örneklerine 5,17 – 6,38 log KOB/mL düzeyinde inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in 0,15, 30 ve 60. dakikalarda canlı kalma durumları incelendiğinde ise, sirke örnekleri ile 1,10 – 3,90 log KOB/mL düzeyinde bir inhibisyon gerçekleştiği görülmektedir. *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun çam kozalağı sirkeleri ile edildiği görülmektedir. Şengün ve Kılıç (2020) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, *S. Typhimurium*'un incir sirkesindeki hayatta kalma durumu, *E. coli* O157:H7'de gözlemlendiği gibi 0, 15, 30 ve 60 dakikalık bekletme süreleri için istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). Ancak dut sirkesine karşı en duyarlı bakteri *S. Typhimurium* olarak tespit edilmiş ve 30 dakika içinde bakteri sayısı belirleme limitleri altında bir düzeye inmiştir. Farklı araştırmalar, sirkenin taze meyve ve sebzelerdeki patojen bakterileri inhibe etmek için kullanılabileceğini bildirmiştir (Wu ve ark., 2000; Rhee ve ark., 2003; Şengün ve Karapınar, 2004; Chang ve Fang, 2007). Şengün ve Karapınar (2004), %4,03 asetik asit, limon suyu ve 1:1 (h/h) limon suyu ve sirke karışımı içeren sirkenin, farklı maruziyet sürelerinde havuçlara uygulandığında 0, 15, 30 ve 60 dk. sürelerinde *Salmonella* Typhimurium üzerindeki etkilerini bildirmişlerdir. Hem sirke hem de limon suyu her zaman *S. Typhimurium*

üzerinde antimikrobiyel etki gösterirken, *S. Typhimurium* popülasyonlarında maksimum azalma 60 dakikalık bekletme süresince meydana gelmiştir. Chang ve Fang (2007), pirinç sirkesinin *E. coli* O157:H7 ile aşılınmış marul üzerindeki antimikrobiyel etkisini değerlendirmiş ve 5 dakika boyunca 25 °C'de %5 asetik asit içeren ticari sirke ile muamele edilmesinin 3 log birimlik bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, 5 dakika boyunca %0.5 asetik asit muamelesi kullanılarak 1 log birimden daha az bir azalma kaydedilmiştir.

Sonuç olarak, sirke örneklerinin titrasyon asitliği değerleri % asetik asit cinsinden $0,98\pm0,02$ - $3,15\pm0,00$; pH değerleri $3,61\pm0,00$ - $3,91\pm0,01$; yoğunluk değerleri $1,0017\pm0,00$ - $1,0093\pm0,00$ g/cm³; briks değerleri $\%0,90\pm0,01$ - $2,85\pm0,03$; kuru madde değerleri $\%0,17\pm0,21$ - $3,07\pm0,24$; kül değerleri $\%0,02\pm0,01$ - $0,29\pm0,04$; renk değerleri olan *L* değerleri $37,59\pm0,57$ - $53,13\pm0,19$; *a* değerleri $0,77\pm0,03$ - $5,52\pm0,77$; *b* değerleri $-3,64\pm0,16$ - $20,80\pm0,33$; *ΔE* değerleri $43,20\pm0,60$ - $53,20\pm0,18$ olarak belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları Trabzon hurması sirkesi örneklerinde 14,08 – 108, 57 mg GAE/ 100 mL, çam kozalağı sirkesi örneklerinde 5,53 – 157,44 mg GAE/ 100 mL, alıç sirkesi örneklerinde ise 6,19 – 105,71 mg GAE/ 100 mL arasında değişim göstermiştir. Trabzon sirkesi örneklerinin TEAC yöntemine göre yapılan antioksidan kapasite sonuçları 8,93 – 10,06 µM TE/mL TA, çam kozalağı sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri 10,92 – 11,76 µM TE/mL TA, alıç sirkesi örneklerinin antioksidan kapasite değerleri ise 9,92 – 11,76 µM TE/mL TA olarak tespit edilmiştir. Trabzon sirkesi örneklerinin DPPH yöntemine göre yapılan antioksidan süpürme kapasite sonuçları %18,28 – 43,84; çam kozalağı sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkileri %25,30 – 54,79; alıç sirke örneklerinin antioksidan süpürme etkilerinin ise % 34,24 – 85,33 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sirke örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri değerlendirildiğinde asetik asit bakteri sayılarının (AAB) $1,86\pm0,01$ - $10,96\pm1,20$ log KOB/mL; laktik asit bakteri sayılarının (LAB) $0,00$ - $6,62\pm0,72$ log KOB/mL; maya-küf sayılarının ise $0,00$ - $7,49\pm0,07$ log KOB/mL arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sirke örneklerinden alıç sirkesi ile en yüksek antimikrobiyel etki $23,75\pm5,30$ mm'lik zon çapı ile *Escherichia coli* ATCC 25922'ye karşı elde edilmişken, en düşük antimikrobiyel etki yine alıç sirkesi örneklerinde $6,50\pm0,71$ mm'lik zon çapı ile *Staphylococcus aureus* 6538 IP'ye

karşı elde edildiği belirlenmiştir. Patojen mikroorganizmaların sirke örneklerinden oda sıcaklığı koşullarında 0, 15, 30 ve 60 dakikalık maruz bırakılma durumlarında canlı kalma durumları sonuçlarına göre, sirke örneklerinin *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Staphylococcus aureus* 6538 IP'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun Trabzon hurması sirkeleri ile edildiği görülmektedir. *Listeria monocytogenes*'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun ise alıç sirkeleri ile edildiği tespit edilmiştir. Son olarak, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028'in canlı kalma durumları üzerine etkileri karşılaştırıldığında en etkin inhibisyonun çam kozalağı sirkeleri ile edildiği belirlenmiştir. Genel olarak sirke örnekleri ile gerçekleştirilen patojen inhibisyon düzeyi 1 ile 5 logaritmik birim arasında değişim göstermektedir.

Sonuç olarak, geleneksel yöntemlerle üretilmiş ev yapımı Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkelerinin gıda kaynaklı patojenler üzerinde doğal antimikrobiyel olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu ve aktivitelerinin asit ve toplam fenolik içeriklerine, hedef mikroorganizmalara ve kullanılan maruziyet sürelerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Geleneksel sirkeler, endüstriyel örneklerle kıyasla daha yüksek laktik asit bakterileri, asetik asit bakterileri ve maya ve küf yüklerine sahiptir. Ayrıca sirke örneklerinin hem fizikokimyasal hem de biyoaktif özellikleri açısından literatürdeki sirke örnekleri ile eşdeğer özelliklere sahiptirler. Bu açıdan tez kapsamında incelenen Trabzon hurması, çam kozalağı ve alıç sirkeleri sağlıklı birer ürün olmalarının yanı sıra ülke ekonomisine olan katkı sağlaması açısından da önemlidirler. Çalışma sonuçları, ticari olarak değerlendirilmeyen diğer meyvelerle farklı sirke çeşitleri üretilmesi üzerinde yapılacak çalışmalara ışık tutacak niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Achaerandio, I., Guell, C., Medina, F., Raventos R.L., Lopez, F. 2002. Vinegar Decolourization by Re-Activated Carbon. Food Science and Technology International, 8(4): 239-242.
- Akarca, G., Tomar, O., Çağlar, A., İstek, Ö. 2020. Physicochemical and Sensory Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Persian Mazafati Date (*Phoenix dactylifera* L.). Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19): 429-434.
- Akbaş, M. 2008. Ülkemizde Üretilen Üzüm Sirkelerinin Bileşimleri ve Gıda Mevzuatına Uygunlukları Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Akman, A. 1949. Şarap, Sirke ve Dayanıklı Şıra. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 11:137.
- Akman, A., Yazıcıoğlu T. 1955. İhtimar Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 64(29): 137.
- Aktan, N., Yıldırım, H. 2011. Sirke Teknolojisi, II. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 83.
- Aktan, N., Gürarda O. 1990. Tabii ve Katkılı Sirkeleri Ayırımında Esas Alınacak Kriterlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Dergisi, 6(1): 239-255.
- Aktan, N., Kalkan, H. 1998. Sirke Teknolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 82.
- Aktan, N., Yıldırım, H.K. 2011. Sirke Teknolojisi. Sidas Yayınevi, İzmir.
- Alak, G. 2015. Bal ve Bal Sirkesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Anonim, 2015. Erişim tarihi: 13.12.2015. https://tr.wikipedia.org/wiki/Asetik_asit

- AOAC, 1992. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th edition, AOAC, Washington DC.
- Ayhan, B., Bilici, S. 2015. Toplu Beslenme Sistemlerinde Kullanılan Gıda Dezenfektanları. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji, 72(4): 323-336.
- Bakir, S., Devecioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F., Capanoglu, E. 2017. Investigating The Antioxidant and Antimicrobial Activities of Different Vinegars. European Food Research and Technology, 243: 2083-2094.
- Bayram, Y., Ozkan, K., Sagdic, O. 2020. Bioactivity, Physicochemical and Antimicrobial Properties of Vinegar Made From Persimmon (*Diospyros Kaki*) Peels. Sigma: Journal of Engineering and Natural Sciences, 38(3):1643-1652.
- Benjamin, M.M., Datta, A.R. 1995. Acid Tolerance of Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. Applied and Environmental Microbiology, 61(4): 1669-1672.
- Bertelli, D., Maietti, A., Papotti, G., Tedeschi, P., Bonetti, G., Graziosi, R., Brandolini, V., Plessi, M. 2015. Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, and NMR Characterization of Balsamic and Traditional Balsamic Vinegar of Modena. Food Analytical Methods, 8: 371-379.
- Bjornsdottir, K., Breidit, J.F., McFeeters, R.F. 2006. Protective Effect of Organic Acids on Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in Acidic Environments. Applied Environmental Microbiology, 72:660–664.
- Blackburn, C.V., McClure, P.J. 2002. Modeling The Growth, Survival and Death of Bacterial Pathogens in Food, Kinetic Growth Models. In: Blackburn CV, editor. Foodborne pathogens. New York: WoodHead Publishing, 56–72.
- Booth, I.R., Kroll, R.G. 1989. The Preservation of Foods by Low Ph. In: Gould GW, Editor. Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures. New York: Elsevier Science Publishers. 119–160.
- Bozdemir, M., Kamer, D. D. A., Akgül, G., Gümüş, T. 2021 . Farklı Hammaddelerden Üretilen Sirkelerin Bazı Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 32-44.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C.L.W.T. 1995. Use of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. LWT-Food Science and Technology, 28(1): 25-30.

- Breidt, J.F., Hayes, J.S., McFeeters, R.F. 2004. Independent Effects of Acetic Acid and pH on Survival of *Escherichia coli* in Simulated Acidified Pickle Products. *Journal of Food Protection*, 67(1): 12-18.
- Brennan, M., Port, G.L., Gormley, R. 2000. Post-Harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide To Extend The Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms. *LWT-Food Science and Technology*, 33:285–289.
- Brul, S., Coote, P. 1999. Preservative Agents in Foods: Mode of Action and Microbial Resistance Mechanism. *International Journal of Food Microbiology*, 50:1–17.
- Buchanan, R.L., Edelson, S.G. 1996. Culturing Enterohemorrhagic *Escherichia coli* in The Presence and Absence of Glucose As a Simple Means of Evaluating The Acid Tolerance of Stationary-Phase Cells. *Applied Environmental Microbiology*, 62:4009–4013.
- Buchanan, R.L., Edelson-Mammel, S.G., Boyd, G., Marmer, B.S. 2004. Influence of Acidulant Identity on The Effects of pH and Acid Resistance on The Radiation Resistance of *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiology*, 21(1): 51-57.
- Budak, N., Güzel-Seydim, Z.B. 2010. Sirke Üretimi ve Bazı Fonksiyonel Özellikleri. *Gıda Teknolojisi*, 14(11): 85-88.
- Budak, N.H. 2010. Elma ve Üzümünden Üretilen Sirkelerin Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Budak, N.H., Aykin, E., Seydim, A.C., Greene, A.K., Guzel-Seydim, Z.B. 2014. Functional Properties of Vinegar. *Journal of Food Science*, 79:757-764.
- Budak, N.H., Kumbul Doguc, D., Savas, C.M., Seydim, A.C., Kok Tas, T., Ciris, M.I., Guzel- Seydim, Z.B. 2011. Effects of Apple Cider Vinegars Produced with Different Techniques on Blood Lipids in High-Cholesterol-Fed Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:6638-6644.
- Buonocore, G., Perrone, S., Tataranno, M.N. 2010. Oxygen Toxicity: Chemistry and Biology of Reactive Oxygen Species. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 15:186–190.
- Cabaroğlu, T. 1991. Nevşehir Ürgüp Bölgesinde Yetiştirilen Şaraplık Beyaz Emir Üzümü Üzerinde Teknolojik Araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

- CAC. 2000. Codex alimentarius commission. Proposed Draft Revised Regional Standard For Vinegar Retrieved August.
- Casale, M., Saiz-Abajo, M.J., Gonzalez- Saiz, J.M., Pizarro, C., 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.
- Chang, J., Fang, T.J. 2007. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in Iceberg Lettuce and The Antimicrobial Effect of Rice Vinegar Against *E. coli* O157:H7. *Food Microbiology*, 24:745–751.
- Chen, C.Y., Blumberg, J.B. 2008. Phytochemical Composition Of Nuts. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17: 329–332.
- Chen, H., Chen, T., Guidici, P., Chen, F. 2016. Vinegar Functions On Health: Constituents, Sources And Formation Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15: 1124-1138.
- Cheng, H.Y., Ye, R.C., Chou, C.C. 2003. Increased Acid Tolerance of *Escherichia coli* O157:H7 by Acid Adaptation Time and Conditions of Acid Challenge. *Food Research International*, 36:49–56.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). 2012. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: 21st informational supplement (M100–S22). Wayne, PA.
- Cruz, M., Correia, A.C., Goncalves, F.J., Jordao, A.M. 2018. Phenolic Composition and Total Antioxidant Capacity Analysis of Red Wine Vinegars Commercialized in Portuguese Market. *Ciencia E Tecnica*, 33: 102-115.
- Daood, H.G., Biacs, P., Czinkotai, B., Hoschke, A.. 1992. Chromatographic Investigation of Carotenoids, Sugars and Organic Acids From *Diospyros kaki* Fruits. *Food Chemistry*, 45:151–155.
- Davalos, A., Bartolome, B., Gomez-Cordoves, C. 2005. Antioxidant Properties of Commercial Grape Juices and Vinegars. *Food Chemistry*, 93:325–330.
- De Ory, I., Romero, L.E. and Cantero, D., 2004. Operation in Semi-Continuous with A Closed Pilot Plant Scale Acetifier For Vinegar Production. *Journal of Food Engineering*, 63:39-45.

- De Vero, L., Gala, E., Gullo, M., Solieri, L., Landi, S., Guidici, P. 2006. Application Of Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) Analysis To Evaluate Acetic Acid Bacteria In Traditional Balsamic Vinegar. *Food Microbiology*, 23(7): 745-751.
- Duru, A. 2016. Elma, Nar ve Üzüm Sirkesinin *Flavobacterium psychrophilum* Bakteriyel Balık Patojenine Karşı *in vitro* Antibakteriyel Aktivite ve Biyofilm Oluşumuna Etkisinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisan Tezi.
- Elgün, A., 2011. Şarabın Sirkeye Dönüşümü. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara, 50-58.
- Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y., Ohta, M. 1998. Antibacterial Action of Vinegar Against Food-Borne Pathogenic Bacteria Including *Escherichia coli* O157:H7. *Journal of Food Protection*, 61:953–959.
- Erten, C., 2003. Alkol Fermentasyonu Sırasında Oluşan Aroma Maddeleri. *Gıda*, 28(6):615-619.
- Escudero, M.E., Velazquez, L., Di Genaro, M.S., Guzman, M.S. 1999. Effectiveness of Various Disinfectants in The Elimination of *Yersinia enterocolitica* on Fresh Lettuce. *Journal of Food Protection*, 62:665–669.
- Fang, T.J., Hsueh, Y.T. 2000. Effect of Chelators, Organic Acid and Storage Temperature on Growth of *Escherichia coli* O157:H7 in Ground Beef Treated with Nisin, Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Drug Analysis*, 8:187–194.
- FDA-BAM (Food and Drug Administration –Bacteriological Analytical Manual). 2001. Yeasts, molds and mycotoxins. Chapter: 18.
- Fernandez-Mar, M.I., Mateos, R., Garcia-Parrilla, M.C., Puertas, B., Cantos-Villar, E. 2012. Bioactive Compounds in Wine: Resveratrol, Hydroxytyrosol and Melatonin; A Review. *Food Chemistry*, 130:797–813.
- Fonseca, M.D.S., Santos, V.A.Q., Calegari, G.C., Dekker, R.F.H., Barbosa-Dekker, A.D.M., Cunha, M.A.A.D. 2018. Blueberry and Honey Vinegar: Successive Batch Production, Antioxidant Potential and Antimicrobial Ability. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21: e2017101.

- Garcia-Garcia, I., Santos- Duenas, I.M., Jimenez-Ot, C., Jimenez-Hornero, J.E. and Bonilla- Venceslada, J.L. 2009. Vinegar Engineering, Vinegars of The World, Solieri L., Guidici P.(Eds), Springer, Milan, 97-120.
- Garcia-Parrilla, M.C., Gonzalez, G.A., Heredia, F.J., Troncoso, A.M., 1997. Differentiation of Wine Vinegars Based on Phenolic Composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 3487-3492.
- Garcia-Parrilla, M.C., Torija, M.J., Mas, A., Cerezo, A.B., Troncoso, A.M., 2017. Vinegars and Other Fermented Condiments. Fermented Foods in Health and Disease Prevention. J. Frias, C.M. Villaluenga, E. Penas. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 577-592.
- Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A., Antonelli, A., 1998. Characterization of White Vinegars of Different Sources with Artificial Neural Networks. Journal of Science Food Agriculture, 78:417-422.
- Giudici, P., De Vero, L., Gullo, M. 2017. Vinegars. In: Sengun IY (editor), Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. United Kingdom, 261-287.
- Gu, H., Li, C., Xu, Y., Hu, W., Chen, M., Wan, Q. 2008. Structural Features and Antioxidant Activity of Tannin From Persimmon Pulp. Food Research International, 41:208–217.
- Gullo, M., De Vero, L., Giudici, P. 2009. Succession of Selected Strains of *Acetobacter Pasteurianus* and Other Acetic Acid Bacteria in Traditional Balsamic Vinegar. Applied Environmental Microbiology, 75: 2585-2589.
- Iriti, M., Faoro, F. 2010. Bioactive Chemicals and Health Benefits of Grapevine Products. In:Watson RR, Preedy VR, Editors. Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables. New York: Elsevier Inc. 581–620.
- Jing, L., Yanyan, Z., Junfeng, F. 2015. Acetic Acid in Aged Vinegar Affects Molecular Targets for Thrombus Disease Management. Food and Function, 6: 2845-2853.
- Johnston, C.S., Kim, C.M., Buller, A.J. 2004. Vinegar Improves Insulin Sensitivity To A Highcarbohydrate Meal In Subject with Insulin Resistance Or Type 2 Diabetes. Diabetes Care, 27: 281-282.

- Johnston, C.S., Gaas, C.A. 2006. Vinegar: Medicinal Uses And Antiglycemic Effect. *Medscape General Medicine*, 8(2):61.
- Kadaş, Z. 2011. Alıç Sirkesinin Biyoaktif Özelliklerinin ve Metabolik Etkilerinin İncelenmesi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaagac, R.A., Aydoğan, M.N., Koseoglu, M.S. 2016. An Investigation on Antimicrobial and Antioxidant Activities of Naturally Produced Mulberry Vinegar. *Journal of Pharmaceutical Biology*, 6: 34-39.
- Karabıyıklı, S., Degirmenci, H., Karapınar, M. 2012. The Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* Typhimurium in Black Mulberry (*Morus nigra*) juice. *African Journal of Microbiology Research*, 6(48): 7464-7470.
- Karabıyıklı, S., Şengün, I.Y. 2017. Beneficial Effects of Acetic Acid Bacteria and Their Food Products. In *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications*, Edited by I.Y. Sengun, Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, United Kingdom, 221-242.
- Karadeniz, T. 2004. Şifalı Meyveler. K.T.Ü. Ordu Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, 34–36.
- Karapınar, M., Gonül, S.A. 1992. Effects of Sodium Bicarbonate, Vinegar, Acetic and Citric Acids on Growth and Survival of *Yersinia enterocolitica*. *International Journal of Food Microbiology*, 16(4):343-347.
- Kelebek, H., Kadiroğlu, P., Demircan, N.B., Selli, S. 2017. Screening of Bioactive Components in Grape and Apple Vinegars: Antioxidant and Antimicrobial Potential. *Journal of the Institute of Brewing*, 123: 407-416.
- Kılıç, O. 1976. Piyasada Satılan Sirkelerin Bileşimleri Üzerinde Bir Araştırma, *Gıda Dergisi*, 1(4/5):121-125.
- Kim, B.R., Yoo, J.H., Jung, K.S., Heu, S.G., Lee, S.Y. 2012. Inhibitory Effect of Organic Acids and Natural Occurring Antimicrobials Against *Staphylococcus aureus* Isolates From Various Origins. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 27: 449-455.

- Kim, T.J., Silva, J.L., Jung, Y.S. 2009. Antibacterial Activity of Fresh and Processed Red Muscadine Juice and The Role of Their Polar Compounds on *Escherichia coli* O157:H7. *Journal of Applied Microbiology*, 107: 533-539.
- Laranjinha, J.A.N., Almeida, L.M., Madeira, V.M.C. 1994. Reactivity of Dietary Phenolic Acids with Peroxyl Radicals: Antioxidant Activity upon Low Density Lipoprotein Peroxidation. *Biochemical Pharmacology*, 48:487-494.
- Li, J., Yu, G., Fan, J. 2014. Alditols and Monosaccharides from Sorghum Vinegar Can Attenuate Platelet Aggregation by Inhibiting Cyclooxygenase-1 and Thromboxane –A2 Synthase. *Journal of Ethnopharmacology*, 155: 285-292.
- Lopez, F., Pescador, P., Güell, C., Morales, M. L., García-Parrilla, M. C., Troncoso, A. M. 2005. Industrial Vinegar Clarification by Cross-Flow Microfiltration: Effect on Colour and Polyphenol Content. *Journal of Food Engineering*, 68(1): 133-136.
- Maes, M., Galecki, P., Chang, Y.S., Berk, M. 2011. A Review on The Oxidative and Nitrosative Stress (O&NS) Pathways in Major Depression and Their Possible Contribution to The (Neuro) Degenerative Processes in That Illness. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 35:676–679.
- Martins, S., Mussatto, S.I., Martinez-Avila, G., Montanez-Saenz, J., Aguilar, C.N. Teixeira, J.A. 2011. Bioactive Phenolic Compounds: Production and Extraction by Solid-State Fermentation. *Biotechnology Advantages*, 29:365-373.
- Mas, A., Torija, M.J., Garcia-Parrilla, M.C., Troncoso, A.M. 2014. Acetic Acid Bacteria and the Production and Quality of Wine Vinegar. *The Scientific World Journal*, 394671, 6.
- Matsui, T., Ebuchi, S., Fukui, K., Matsugano, K., Terahara, N., Matsumoto, K. 2014. Caffeoylsophorose, A New Natural A-Glucosidase Inhibitor, from Red Vinegar by Fermented Purple-Fleshed Sweet Potato. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 68:2239-2246.
- Medina, E., Romero, C., Brenes, M., de Castro, A. 2007. Antimicrobial Activity of Olive Oil, Vinegar, and Various Beverages Against Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 70(5): 1194-1199.

- Mermel, V.L. 2004. Old Paths New Directions: The Use Of Functional Foods in The Treatment of Obesity. *Trends Food Science Technology*, 15:532–40.
- Mimura, A., Suzuki, Y., Toshima, Y., Yazaki, S., Ohtsuki, T., Ui, S., Hyodoh, F. 2004. Induction of Apoptosis in Human Leukemia Cells by Naturally Fermented Sugar Cane Vinegar (Kibizu) of Amami Ohshima Island. *Biofactors*, 22:93–7.
- Morales, M.L., Benitez, B., Troncoso, A.M., 2004. Accelerated Aging of Wine Vinegars with Oak Chips: Evaluation of Wood Flavour Compounds. *Food Chemistry*, 88:305-315.
- Morales, M.L., Tesyafe, W., Garcia-Parrilla, M.C., Casas, J.A., Troncoso, A.M. 2001. Sherry Wine Vinegar: Physicochemical Changes During The Acetification Process. *Journal of the Science in Food and Agriculture*, 81: 611-619.
- Nanda, K., Taniguchi, M., Ujike, S., Ishihara, N., Mori, H., Ono, H., Murooka, Y. 2001. Characterization of Acetic Acid Bacteria in Traditional Acetic Acid Fermentation of Rice Vinegar (Komesu) and Unpolished Rice Vinegar (Kurosu) Produced in Japan. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(2): 986-990.
- Nishidai, S., Nakamura, Y. Torikai, K. 2000. Kurosu, A Traditional Vinegar Produced From Unpolished Rice, Suppresses Lipid Peroxidation *in vitro* and in Mouse Skin. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 64:1909-1914.
- Nishino H, Murakoshi M, Mou XY, Wada S, Masuda M, Ohsaka Y, Satomi Y, Jinno K. 2005. Cancer Prevention by Phytochemicals. *Oncology*, 69:38–40.
- Ordenez, J.L., Callejon, R.M., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C. 2013. A Survey of Biogenic Amines in Vinegars. *Food Chemistry*, 141: 2713-2719.
- Ostman, E., Granfeldt, Y., Persson, L., Bjorck, I. 2005. Vinegar Supplementation Lowers Glucose and Insulin Responses and Increases Satiety After a Bread Meal in Healthy Subjects. *European Journal of Clinical Microbiology*, 59:983–8.
- Öztürk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, O. 2015. Antioxidant, Antimicrobial, Mineral, Volatile, Physicochemical and Microbiological Characteristics of Traditional Home-Made Turkish Vinegars. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1): 144-151.

- Özdemir, G.B. 2019. Alıç Sirkesinin Antioksidan ve Antimikrobiyel Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özdeveci, B. 2006. Crataegus Türlerinin Fitoterapideki Önemi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Öztürk, A., Özdemir, Y., Göksel, Z., 2009. Elma Sirkesi ve Teröpatik Etkileri, Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojisi Bölümü, Yalova, Türkiye.
- Öztürk, S. Y. 2015. Kara Havuçtan Sirke Üretimi Üzerine Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Palacios, V., Valcarcel, M., Caro, I., Perez, L. 2002. Chemical and Biochemical Transformations During The Industrial Process of Sherry Vinegar Aging. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(15): 4221-4225.
- Pandey, K.B., Rizvi, S.I. 2009. Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2:270-278.
- Pinto, T. M. S., Neves, A. C. C., Leao, M. V. P., Jorge, A.O.C. 2008. Vinegar as an Antimicrobial Agent for Control of Candida spp. in Complete Denture Wearers. Journal of Applied Oral Science, 16: 385-390.
- Plessi, M. 2003. Vinegar, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Caballero, B., Trugo, L.C., Finglas, P.M. (Eds.), Academic Press, Oxford UK, 5996-6003.
- Prescott, S.C., Dunn, C.G. 1959. Industrial Microbiology. McGraw-Hill Book Company, Inc., United States of America, 945.
- Qingping, X. 2006. The Comparison of The Antioxidant Activity in 26 Kinds of Vinegar. Food and Fermentation Industries, 32(1): 95.
- Qui, J., Ren, C., Fan, J., Li, Z. 2010. Antioxidant Activities of Aged Oat Vinegar *in vitro* and in Mouse Serum and Liver. Journal of Science Food Agriculture, 90(11):1951-1958.
- Ramadan, M.F., Al-Ghamdi, A. 2012. Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Royal Jelly: A Review. Journal of Functional Foods, 4:39–52.
- Ramos, B., Brandão, T.R.S., Teixeira, P., Silva, C.L.M. 2014. Balsamic Vinegar from Modena: An Easy and Effective Approach To Reduce *Listeria monocytogenes* from Lettuce. Food Control, 42: 38-42.

- Rauha, J.P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kahkonen, M., Kujala, T., Pihlaja, K., Vuorela, H., Vuorela, P. 2000. Antimicrobial Effect of Finnish Plant Extracts Containing Flavonoids and Other Phenolic Compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 56:3–12.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.A. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1232-1237.
- Rhee, M.S., Lee, S.Y., Dougherty, R.H., Kang, D.H. 2003. Antimicrobial Effects of Mustard Flour and Acetic Acid Against *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium. *Applied Environmental Microbiology*, 69:2959–63.
- Rosma, A., Nadiyah, A.H.S., Raj, A., Supwat, T., Sharma, S., Joshi, V.K. 2016. Acetic Acid Fermented Product. In: Joshi VK (editor). *Indigenous Fermented Foods of South Asia*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group, United Kingdom, 598-635.
- Ryu, J.H., Deng, Y., Beuchant, L.R. 1999. Behavior of Acid-Adapted and Unadapted *Escherichia coli* O157:H7 When Exposed To Reduced pH Achieved With Various Organic Acids. *Journal of Food Protection*, 62:451–455.
- Sakakibara, S., Yamauchi, T., Oshima, Y., Tsukamoto, Y. Kadowaki, T. 2006. Acetic Acid Activates Hepatic AMPK and Reduces Hyperglycemia in Diabetic KK-A(Y) Mice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 344:597-604.
- Sakanaka, S., Ishihara, Y. 2008. Comparison of Antioxidant Properties of Persimmon Vinegar and Some Other Commercial Vinegars in Radical Scavenging Assays and on Lipid Oxidation in Tuna Homogenates. *Food Chemistry*, 107: 739-744.
- Salmond, C. V., Kroll, R. G., Booth, I. R. 1984. The Effect of Food Preservatives on pH Homeostasis in *Escherichia coli*. *Journal of General Microbiology*, 130: 2845-2850.
- Shahidi, F., McDonald, J., Chandrasekara, A., Zhong, Y. 2008. Phytochemicals of Foods, Beverages and Fruit Vinegars: Chemistry and Health Effects, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17:380-382.

- Shishehbor, F., Mansoori, A., Shirani, F. 2017. Vinegar Consumption Can Attenuate Postprandial Glucose and Insulin Responses; A Systematic Review and MetaAnalysis of Clinical Trials. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 127: 1-9.
- Shimoji, Y., Tamura, Y., Nakamura, Y., Nanda, K. Nishidai, S., Nishikawa, Y., Ishihara, N., Uenakai, K., Ohigashi, H. 2002. Isolation of Identification of DPPH Radical Scavenging Compounds in Kurosu (Japanese unpolished rice vinegar). *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 50:6501-6503.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteau Reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Solieri, L., Giudici, P. 2009. *Vinegars of World*. Milan: Springer, Milano, 1-16.
- Stasiak, L., Blazejak, S. 2009. Acetic Acid Bacteria – Perspectives of Application in Biotechnology – A Review. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences*, 59(1): 17-23.
- Su, M.S., Chien, P.J. 2007. Antioxidant Activity, Anthocyanins And Phenolics Of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium Ashei*) Fluid Products As Affected By Fermentation. *Food Chemistry*, 104: 182-187.
- Sürücüoğlu, M.S., Özçelik, A.Ö. 2012. *Divan-ü Lugat-it Türk'te Adı Geçen Yiyecek ve İçecekler*. Türkiye 11. Gıda Kongresi (10-12 Ekim 2012), Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Şahin, İ., Kılıç, O. 1981. Kuru Üzüm ve Şarap Sirkelerinin Bileşimleri ve Kontrol Yöntemleri Üzerine Araştırma. *Gıda*, 6 (6):5-15.
- Şahin, İ., Yavaş, İ., Kılıç, O. 1977. Kuru Üzüm Sirkesi Üretiminde Öğütme ve Çeşitli Katkı Maddelerinin Fermantasyon Süresi ve Verime Etkileri, *Gıda Dergisi*, 2 (3), 95-110.
- Şengün, I.Y., Karapinar, M. 2004. Effectiveness of Lemon Juice, Vinegar and Their Mixture in The Elimination of *Salmonella Typhimurium* on Carrots (*Daucus carota L.*). *International Journal of Food Microbiology*, 96:301–305.
- Şengün, I.Y. 2013. Microbiological and Chemical Properties of Fig Vinegar Produced in Turkey. *African Journal of Microbiology Research*, 7: 2332-2338.

- Şengün, İ.Y., Kılıç G. 2018. Dut Sirkesinin Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal, Antiradikal ve Antimikrobiyel Özellikleri, Akademik Gıda, 16(2): 168-175.
- Şengün, I. Y., Kilic, G., Ozturk, B. 2019. Screening Physicochemical, Microbiological And Bioactive Properties of Fruit Vinegars Produced from Various Raw Materials. Food Science and Biotechnology, 1-8.
- Şengün, İ., Kılıç, G. 2020. Survival of Foodborne Pathogens in Homemade Fig and Mulberry Vinegars. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(9): 1833-1839.
- Tan, S.C., 2005. Vinegar Fermentation. MS Thesis, University of Louisiana Department of Food Science, Lafayette, USA.
- Tesfaye, W., Morales, M. L., García-Parrilla, M. C., Troncoso, A. M. 2002. Wine Vinegar: Technology, Authenticity and Quality Evaluation. Trends in Food Science & Technology, 13(1): 12-21.
- Tosun, H. 2015. Erişimtarihi: 27.09.2020. <http://www2.bayar.edu.tr/muhendislik/gida/docs/databank/unite7>
- TSE 1880 EN 13188, 2003. Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün Tarifler, Özellikler ve İşaretleme. Türk Standartları Enstitüsü, I. Baskı, Ankara.
- Türker, İ. 1974. Fermentasyon Teknolojisi – Cilt I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 553 (185): 156.
- Ubeda, C., Hidalgo, C., Torija, M.J., Mas, A., Troncoso, A.M., Morales, M.L. 2011. Evaluation of Antioxidant Activity and Total Phenols Index in Persimmon Vinegars Produced by Different Processes. Food Science and Technology, 44(7):1591-1596.
- Ünal, E. 2007. Dimrit Üzümünden Değişik Yöntemlerle Sirke Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Verzelloni, E., Tagliazucchi, D., Conte, A. 2007. Relationship Between The Antioxidant Properties and The Phenolic and Flavonoid Content in Traditional Balsamic Vinegar. Food Chemistry, 105: 564-571.

- Waites, M.J., Morgan N.L., Rockey J.S., Higton G. 2001. Industrial Processes and Products. Industrial Microbiology: An Introduction., Blackwell Science Ltd., School of Applied Science, South Bank University, London, UK, 179-209.
- Wen-Qiao, W., Xiao-Mei, X., Jin-Duo, L., Zhi-Qiang, M., Xiu-Ying, H., Xiao-Feng, Z. 2005. Fungicidal Activity of Bamboo Vinegar Against Several Phytopathogenic Fungi. *Acta Phytopathologica Sinica*, 35(6): 99-104.
- Wright, K. P., Kader A. A. 1997. Effect of Controlled atmosphere Storage on The Quality and Carotenoid Content of Sliced Persimmons and Peaches, *Postharvest Biology and Technology*, 10 (1997): 89-97
- Wu, F.M., Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Wells, J.G., Mintz, E.D., Swaminathan, B. 2000. Fate of *Shigella sonnei* on Parsley and Methods of Disinfection. *Journal of Food Protection*, 63:568–72.
- www.cnn.com.tr, Erişim Tarihi: 31.06.2021
- www.sabah.com.tr, Erişim Tarihi: 31.06.2021
- www.sosyaltarif.com, Erişim Tarihi: 31.06.2021
- www.tr.wikipedia.org, Erişim Tarihi: 31.06.2021
- www.tekzen.com.tr, Erişim Tarihi: 31.06.2021
- Xibib, S., Meilan, H., Moller, H., Evans, H.S., Dixin, D., Wenjie, D. Jiabang, L. 2003. Risk Factors for Oesophageal Cancer in Linzhou, China: A Case-Control Study. *Asian-Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4:119-123 p.
- Yang, H., Hewes, D., Salaheen, S., Federman, C., Biswas, D. 2014. Effects of Blackberry Juice on Growth Inhibition of Foodborne Pathogens and Growth Promotion of *Lactobacillus*. *Food Control*, 37: 15-20.
- Yusoff, N.A., Yam, M.F., Beh, H.K., Razak, K.N.A., Widyawati, T., Mahmud, R., Ahmad, M. Asmawi, M.Z. 2015. Antidiabetic and Antioxidant Activities of Nypa Fruticans Wurmb. Vinegar Sample from Malaysia. *Asian-Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8:595-605.
- Zhao, T., Doyle, M.P., Besser, R.E. 1993. Fate of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in Apple Cider with and without Preservatives. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(8): 2526-2530.

ÖZGEÇMİŞ

Mehtap SATICI 2018 yılında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Sosyal Hizmetler Önlisans bölümünden mezun olmuştur. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun olarak Gıda Mühendisi ünvanını almıştır. 2019 yılı itibariyle Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosüreç Mühendisliği Anabilim dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başlamış ve halen devam etmektedir.