

**PIRINÇTEN ELDE EDİLEN SİRKE BENZERİ ÜRÜNLERİN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilara YEŞİLİRMAK

Danışman

Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Nisan 2019

Bu tez çalışması 17.FENBİL.21 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİRİNÇTEN ELDE EDİLEN SİRKE BENZERİ ÜRÜNLERİN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dilara YEŞİLİRMAK

Danışman
Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Nisan 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Dilara YEŞİLIRMAK tarafından hazırlanan “Pirinçten Elde Edilen Sirke Benzeri Ürünlerin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 26/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

Başkan : Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

Üye : Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

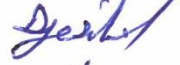
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26/04/2019



Dilara YEŞİLİRMAK

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**PIRİNÇTEN ELDE EDİLEN SİRKE BENZERİ ÜRÜNLERİN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Dilara YEŞİLIRMAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

Bu araştırma, besin değeri yüksek olan pirincin kavuzundan ayrıldıktan sonra işlem görmemiş hali olan esmer pirinç, tıraşlama işlemiyle elde edilen beyaz pirinç ve tıraş işleminde çıkan tıraş artıklarından olmak üzere üç farklı formdaki yapılarından sirke üretiminin araştırılması ve sonucunda elde edilen sirke benzeri ürünlerin kalite özelliklerinin incelenmesi üzerine yapılan bir çalışmadır. Dünya’da sirkenin sağlık ve kullanım amaçlarına göre birçok yöntem ile çeşitli sirke üretimleri yapılmaktadır. Sirkenin kimyasal bileşimini incelendiğinde tat ve uçucu bileşenler, alkoller, amino asitler, organik asitler, fenolik bileşenler oluşturmaktadır. Sirkenin oluşumunda kullanılan hammadde bu içerikleri etkileyen önemli faktörlerdendir. Araştırmamızda kullanılan pirinç berrak renkte, danesi orta irilikte olup Çorum ili Osmancık Belediyesinden temin edilmiştir. Pirincin kavuzundan ayrıldıktan sonra işlem görmemiş hali olan esmer pirinç, tıraşlama işlemiyle elde edilen beyaz pirinç ve tıraş işleminde çıkan tıraş artıklarından olmak üzere üç farklı formda sirke oluşum sürecinde pH, toplam asitlik (titrasyon asitliği), alkol tayini analizleri yapılmıştır. Hammadde de renk, kül, kuru madde, pH, brix, toplam asitlik, mineral madde, antioksidan kapasite tayini (DPPH metodu) ve toplam fenolik madde (Folin-Ciocalteu Yöntemi) tayini ve sirke oluşumunda ise depolamanın sirke bileşenleri üzerine etkisini görebilmek için otuzuncu ve altmışıncı gün yapılan analizler; antioksidan kapasite tayini (DPPH metodu), toplam fenolik madde(Folin-Ciocalteu Yöntemi), renk, kül, pH, toplam asitlik (titrasyon asitliği), iletkenlik (kondaktivite), toplam kuru madde, yoğunluk, suda çözünür kuru madde (brix), mineral madde analizi ve duyu analizi yapılmıştır. Hammaddelerden açık ve

kapalı yöntem olmak üzere açık yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç (beyaz) (BAS), kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç (beyaz) (BKS), açık yöntemle üretilen tıraşlanmamış pirinç (esmer) (EAS), kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmamış pirinç (esmer) (EKS), açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı (TAS), kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşı (TKS), olmak üzere 6 numune olarak sirke üretimi paralelli çalışılmıştır. 21 gün boyunca hergün karıştırmak suretiyle sirke kavanozları ince bir tülbentle kapatılmıştır. 21. günün sonunda tıraşlanmış pirinç, tıraşlanmamış pirinç ve pirinç tıraşı sirkelerinin her birinden bir adet olmak üzere üç şişe numunenin ağızları tamamen hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Diğer kalan üç şişe sirke numune ise kontrollü hava akımı sağlanması amacıyla fren sistemi olan kapaklara hortum takılarak kapatılmıştır. Hortumun diğer açık ucu boş cam şişe içerisine konulmuştur.

2019, xi + 95 sayfa

Anahtar Kelimeler: Pirinç, Sirke, Pirinç sirkesi

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**DETERMINATION OF SOME PROPERTIES OF VINEGAR SIMILAR PRODUCTS
OBTAINED FROM RICE**

Dilara YEŞİLIRMAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Abdullah ÇAĞLAR

In this research, the quality characteristics of the vinegar products obtained after shaving of the shaving process in the form of unprocessed brown rice, white rice obtained by shaving process and the production of three different vinegar after the separation of the rice with high nutritional value is made. According to the health and usage purposes of vinegar in the world, various vinegar products are produced. When the chemical composition of the circus is examined, taste and volatile components, alcohols, amino acids, organic acids and phenolic compounds are formed. Raw material used in the formation of the circus is one of the important factors affecting this content. The rice used in our study is of clear color and its grain is of medium size and it is obtained from Osmaniye Municipality of Çorum province. After separation of rice from rice, untreated brunette rice, white rice obtained by trimming process and shaving residues in shaving process, pH, total acidity (titration acidity) and alcohol determination analysis were performed in three different forms of vinegar formation process. Raw material, color, ash, dry matter, Ph brix, total acidity, mineral matter, antioxidant capacity determination (DPPH method) and the total phenolic substance (Folin-Ciocalteu Method) determination and vinegar in the formation of the effect on the vinegar components to see the thirty and analysis on the sixtieth day; Determination of antioxidant capacity (DPPH method), total phenolic substance (Folin-Ciocalteu Method), color, ash, pH, total acidity (titration acidity), conductivity (total conductivity), total dry matter, density, water soluble dry substance (brix), mineral matter analysis and sensory analysis. Shaved rice (white) (BAS), which is produced by

using open method from raw materials, with open method, shaved rice (white) produced by closed method (BKS), unshaved rice (brunette) (EAS), which is produced by open method, unshaved rice produced by closed method (brunette (EKS), brass shaving produced by open method (TAS), brass shaving produced by closed method (TKS), vinegar production parallel to six samples were studied. Vinegar jars were covered with a fine cheesecloth by mixing every day for 21 days. At the end of 21st day, three bottles of each one of each of the shaved rice, unshaved rice and rice shaving vinegar were closed in such a way that the mouths of the bottle were not completely aired. The remaining three bottles of vinegar samples were closed by attaching hoses to the braking system to ensure controlled air flow. The other open end of the hose is placed in the empty glass bottle.

2019, xi + 95 pages

Keywords: Rice, Vinegar, Rice vinegar

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Abdullah AğLAR, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. y. Oktay TOMAR, Sayın Arş. Grv. Teslime EKİZ ÜNSAL ve Sayın Arş. Grv. Mehmet KILINÇ'a, hammadde temin hususunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Osmancık Belediye Başkanı Hamza KARATAŐ'a, meslektaşım Ayşe İLİK'e, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve bu süreçte destekleri hep üzerimde olan iř arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Bu araştırmayı destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimine (17.FEN.BİL.21) teşekkür ederim.

Dilara YEŞİLIRMAK
AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 Sirkenin Tarihi ve Tanımı	5
2.1.1 Sirkenin Tarihçesi	5
2.1.2 Sirkenin Tanımı	6
2.2 Sirke Üretim Yöntemleri ve Sirke Çeşitleri	9
2.2.1 Sirke Üretim Yöntemleri	9
2.2.2 Sirke Çeşitleri	12
2.3 Sirke Üretimini Etkileyen Faktörler	16
2.3.1 Maya ve Bakteriler.....	16
2.3.2 pH.....	16
2.3.3 Sıcaklık	17
2.3.4 Hammadde	17
2.3.5 Mikroorganizma.....	18
2.3.6 Oksijen	18
2.4 Sirkenin Sağlık Üzerine Etkileri	19
2.5 Pirinç ve Pirinç Sirkesi.....	25
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1 Materyal	27
3.2 Sirkelerin Elde Edilmesi.....	27
3.2.1 Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	28
3.2.1.1 pH Analizi	28
3.2.1.2 Toplam Asitlik Analizi.....	29
3.2.1.3 Suda Çözünür Kuru Madde (Brix) Tayini.....	29
3.2.1.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü	29

3.2.1.5 Renk Tayini	29
3.2.1.6 Alkol Tayini	29
3.2.1.7 Yoğunluk Tayini	30
3.2.1.8 Toplam Kuru Madde Tayini.....	30
3.2.1.9 Kül Tayini	30
3.2.1.10 Mineral Madde Analizi	31
3.2.1.11 Toplam Fenolik Madde Miktarı	31
3.2.1.12 Antioksidan Aktivite Tayini.....	32
3.2.1.13 Duyusal Analiz.....	33
3.2.2 İstatistiksel Analiz.....	33
4.BULGULAR	34
4.1 Çalışmada Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri	34
4.2 Sirke Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri	37
4.2.1 Fermantasyon Sırasında Örneklerin pH ve % Asitlik Değerleri.....	38
4.2.1.1 Sirke Örneklerinin pH Değerleri	40
4.2.1.2 Sirke Örneklerinin % Asitlik Değerleri.....	41
4.2.2 Suda Çözünür Kuru Madde (Brix) Tayini	43
4.2.3 Kondaktivite (İletkenlik) Bulguları	44
4.2.4 Sirke Örneklerinin Renk Değerleri	46
4.2.5 Alkol Tayini	51
4.2.6 Yoğunluk Ölçüm Sonuçları	54
4.2.7 Toplam Kuru Madde Tayini	55
4.2.8 Kül Miktarı Analizi Sonuçları	57
4.2.9 Toplam Mineral Madde	58
4.2.10 Toplam Fenolik Madde Değerleri.....	61
4.2.11 Antioksidan Aktivite Tayini	62
4.2.12 Duyusal Değerlendirme	64
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	67
6. KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	93
EKLER	94

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
F	Fosfor
Fe	Demir
g	Gram
K	Kelvin
Kg	Kilogram
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
mmol	Milimol
mM	Milimolar
Mn	Mangan
Mo	Molibden
mS	Milisiemens
N	Normalite
Na	Sodyum
nm	Nanometre
P	Fosfor
S	Kükürt
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol

Kısaltmalar

BAS	Açık yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinçten (beyaz pirinç) oluşan sirke 1
BKS	Kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinçten (beyaz pirinç) oluşan sirke 2
DPPH	(2,2-difenil-1-pikril-hidrazil)
EAS	Açık yöntemle üretilen tıraşlanmamış pirinçten (esmer pirinç) oluşan sirke 1
EKS	Kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmamış pirinçten (esmer pirinç) oluşan sirke 2
FAO	Food and Agriculture Organization
GA	Gallik asit
TAS	Açık yöntemle üretilen pirinç tıraşından oluşan sirke 1
TEAC	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi
TKS	Kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşından oluşan sirke 2
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1	Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin L* (parlaklık) değerleri.....	35
Şekil 4.2	Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin a* (kırmızılık) değerleri.....	35
Şekil 4.3	Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin b* (sarılık) değerleri	36
Şekil 4.4	Fermantasyon sırasında kullanılan hammaddenin ve kullanılan metodun sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkisi.....	38
Şekil 4.5	Fermantasyon zamanının sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.6	Fermantasyon sırasında kullanılan sirke örneklerin asitlik değerleri.....	39
Şekil 4.7	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkisi	40
Şekil 4.8	Depolama zamanının sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkileri	41
Şekil 4.9	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % asitlik değerleri üzerine etkisi .	42
Şekil 4.10	Depolama zamanının sirke örneklerin % asitlik değerleri üzerine etkileri ...	42
Şekil 4.11	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % suda çözünür kuru madde değerleri üzerine etkisi	43
Şekil 4.12	Depolama zamanının sirke örneklerin sirke örneklerin % suda çözünür kuru madde üzerine etkileri.....	44
Şekil 4.13	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin iletkenlik değerleri üzerine etkisi	45
Şekil 4.14	Depolama zamanının sirke örneklerin iletkenlik değerleri üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.15	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin L* (Parlaklık) değerleri üzerine etkisi.....	47
Şekil 4.16	Depolama zamanının sirke örneklerinin L* (Parlaklık) değerleri üzerine etkisi	47
Şekil 4.17	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri üzerine etkisi.....	48
Şekil 4.18	Depolama zamanının sirke örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri üzerine etkisi	49
Şekil 4.19	Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri üzerine etkisi.....	50
Şekil 4.20	Süzme ve santrifüj işlemlerinin sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri üzerine etkisi	50

Şekil 4.21 Fermantasyon sırasında kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % alkol değerleri üzerine etkisi	51
Şekil 4.22 Fermantasyon zamanının sirke örneklerin % alkol değerleri üzerine etkisi .	52
Şekil 4.23 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % alkol miktarları üzerine etkisi	53
Şekil 4.24 Depolama zamanının sirke örneklerin sirke örneklerin % alkol miktarları üzerine etkileri.....	53
Şekil 4.25 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin yoğunluk değerleri üzerine etkisi	54
Şekil 4.26 Depolama zamanının sirke örneklerin yoğunluğu üzerine etkisi.....	55
Şekil 4.27 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % kurumadde değerleri üzerine etkisi.....	56
Şekil 4.28 Depolama zamanının sirke örneklerin % kurumadde değerleri üzerine etkileri	56
Şekil 4.29 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % kül değerleri üzerine etkisi....	57
Şekil 4.30 Depolama zamanının sirke örneklerin sirke örneklerin % kül içerikleri üzerine etkisi	58
Şekil 4.31 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerini toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi	61
Şekil 4.32 Depolama zamanının sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi	62
Şekil 4.33 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi.....	63
Şekil 4.34 Depolama zamanının sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi	63
Şekil 4.35 Sirke örneklerinin renk puanları.....	64
Şekil 4.36 Sirke örneklerinin aroma puanları.....	65
Şekil 4.37 Sirke örneklerinin koku puanları.....	65
Şekil 4.38 Sirke örneklerinin görünüş puanları.....	66
Şekil 4.39 Sirke örneklerinin genel beğeni görünüş puanları	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Sirke örnekleri ve hammaddelerin kısaltma açıklamaları.....	34
Çizelge 4.2 Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri*.....	34
Çizelge 4.3 Sirke örneklerine ait kimyasal analiz varyans analiz sonuçları (P *Değeri).	37
Çizelge 4.4 Sirke örneklerinin fermentasyon aşamasındaki pH ve asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları (P *Değeri).	38
Çizelge 4.5 Sirke örneklerinin fermantasyon aşamasındaki pH değerleri.	38
Çizelge 4.6 Sirke örneklerinin fermantasyon aşamasındaki % asitlik değerleri.	39
Çizelge 4.7 Sirke örneklerinin pH değerleri.....	40
Çizelge 4.8 Sirke örneklerinin % asitlik değerleri.	41
Çizelge 4.9 Sirke örneklerinin % suda çözünür kuru madde (% brix) değerleri.....	43
Çizelge 4.10 Sirke örneklerinin iletkenlik değerleri (mS/cm).	44
Çizelge 4.11 Sirke örneklerine ait renk ölçümü varyans analiz sonuçları (P *Değeri)..	46
Çizelge 4.12 Sirke örneklerinin L*(aydınlık) değerleri.	46
Çizelge 4.13 Sirke örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri.	48
Çizelge 4.14 Sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri.	49
Çizelge 4.15 Sirke örneklerinin fermantasyon aşamasındaki % alkol değerleri.	51
Çizelge 4.16 Sirke örneklerinin % alkol miktarları.....	52
Çizelge 4.17 Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri (g/cm ³).	54
Çizelge 4.18 Sirke örneklerinin % kurumadde değerleri.	55
Çizelge 4.19 Sirke örneklerinin % kül değerleri.	57
Çizelge 4.20 Çalışmada kullanılan hammaddelerin bazı mineral madde içerikleri (mg/100 g).	59
Çizelge 4.21 Pirinç sirkesi örneklerinin bazı mineral madde içerikleri (mg/100 mL)...	60
Çizelge 4.22 Sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (µg/mL).	61
Çizelge 4.23 Sirke örneklerinin antioksidan kapasite değerleri (mg/mL).	62
Çizelge 4.24 Sirke örneklerinin duyuusal değerlendirme sonuçları.....	64

1. GİRİŞ

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 (Anonim 2003).

Sirke, karbonhidratların fermantasyonu sonucu üretilen bir sıvıdır. Sirkenin ana bileşeni, kendine has yapısında % 4 ile % 8'lik bir konsantrasyona sahip asetik asittir. Doğal olarak elde edilmiş sirke ayrıca az miktarda vitamin, mineral tuzlar, amino asitler, polifenolik bileşikler ve uçucu olmayan organik asitler içerir. Esasen mutfakta kullanımına sıkça rastlamamıza rağmen, sirkenin antiinfektif, kardiyovasküler, antitümör ve kan şekerini düşürücü etkiler de dahil olmak üzere birçok hastalıkta etkin olarak uzun süredir kullanıldığı bilinmektedir (Johnston and Gaas 2006). Bunlara ilaveten sirke içerdiği yüksek antioksidatif maddeler gereği fizyolojik etkileri sebebiyle, sindirimi teşvik etmek, iştahı uyarmak, hipertansiyonu önleyici ve yorgunluğun giderilmesine yardımcı olmak gibi tıbbi kullanım alanlarına da sahiptir (Shimoji *et al.* 2002).

Sirke, meyve ve sebzelerin temizlenmesinde ve mayonez, salata sosu, hardal ve diğer yiyecek çeşitlerinin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Lezzet ve fonksiyonel özellikler için bir besin maddesi olarak faydalı olmasına rağmen, sirke çeşitlerinin sağlık için yararları, araştırmacıların uzun süredir kullanılan bu gıda ürününü daha fazla dikkate almasına yol açmaktadır (Türker 1963, Tan 2005).

Hastalıkların tedavisi için kullanılacak bitkiler eski dönemlerde sirkenin içinde kaynatılırdı ya da bitkinin etken maddesini ekstrakte etmek için sirkenin içinde bekletilirdi. Eski zamanlardan bu yana sirke ilaç olma özelliğini korumuştur (İnt.Kyn.1).

Bazı ülkelerde sirke ayrıca sağlıklı bir içecek olarak kullanılır. Sirke, mayalar, laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileri gibi çeşitli mikroorganizmalar tarafından yapılan fermantasyon işlemi ile üretilmektedir (Rainieri and Zambonelli 2009).

Sirke, üzüm ve diğer bünyesinde şeker ihtiva eden yaş veya kurutulmuş meyvelerin veya şıraların muhtelif işlemler uygulanarak önce etil alkol sonrasında asetik asit fermantasyonuna uğratılmasıyla veya şaraplardan asetik asit fermantasyonu sonucu elde edilen ürün şeklinde tanımlanır (Gülcü 2009). Bu yol ile üretimi sağlanan sirke, hammaddeye göre çeşitliliği artan ve son yıllarda sağlık ve gıda sektöründe önemi artan bir gıda maddesidir. Üretilen hammaddeye göre piyasada çok amaçlı ürün olarak yer alan sirke sağlık, beslenme sektörlerinde daha yaygın ve etkilidir (Tan 2005).

Sirke, çeşitli yiyeceklerin korunması için kullanılmıştır ve çoğu kez yiyecekleri lezzetlendirmek ve bazı alanlarda temizliği sağlamak için kullanılmaktadır. Dahası, seyreltilmiş cilasız pirinç sirkesi Japonya'da bir sağlık içeceği olarak kullanılmış ve yüksek antioksidan aktivitesi olduğu bildirilmiştir (Nishidai *et al.* 2000, Shimoji *et al.* 2002).

Hububattan elde edilen sirke fermantasyonu, alkol fermantasyonunun yanı sıra ve etanolün asetik aside oksidasyonuna ilave olarak bir de sakkarifikasyon aşamasını gerektirir (Haruta *et al.* 2006).

Sirkenin üretimi için oldukça geniş hammadde skalası mevcuttur. En fazla üzüm ve elmadan üretilmektedir. Ancak vişne, nar gibi meyvelerden de fermantasyon yoluyla sirke yapılmaktadır. Eskiden doğal fermantasyon yoluyla üretilen sirke, günümüzde yapay asitlerin ilavesiyle üretilmektedir. Bu nedenle sirke üretimi çok kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu yöntemle üretilmiş olan sirke yoğun bir kokuya ve keskin bir tada sahip olmaktadır. Eski yöntemlerle üretilmiş olan doğal sirke oldukça lezzetli ve sağlık için yararlıdır (İnt.Kyn.1).

Çeltik; pirincin kabuğu soyulmamış halidir. Bir çeltik tanesinin oransal olarak yaklaşık % 20'sini kabuk oluşturmaktadır. Çeltiğin ihtiva ettiği bu kabuk kısmından kurtulmak

üzere çeşitli soyma yöntemleri mevcuttur. Yurt dışında, en yaygın kullanılan kabuk soyucular, lastik kaplı soyucu tipi makinelerdir ve bu makineler Japonya'da üretilmektedir. Yüksek randımanlı olan makineler, eski tip kabuk soyuculara oranla daha az kırık oluşturmaktadır. Bu tip çalışmakta olan makinelerin prensibine göre çeltik tanesi zıt yönde ve farklı hızda dönen iki silindir arasından geçerek kabuk ve pirinç tanesi olarak ayrılır. Ayırma işleminden sonra, kahverengi pirinç tanesindeki kepek kısmı ayrılmaktadır. Bu işlem ise parlatma (cilalama, tıraşlama) olarak isimlendirilmektedir (Hoseney 1994).

Bir çeşniye ek olarak dünyadaki en ünlü sirke çeşitlerinden biri olan pirinç sirkesi, binlerce yıldır Çin tıbbi malzemeleriyle bağdaştırılmıştır (Dong 2006, Zhang and Han 2007).

Çin'de, farklı alanlarda pirincin karakteristik türleri vardır. Yapışkan pirinçten statik yüzey asetik asit fermantasyonu ile üretilen Zhenjiang sirkesi, Çin'deki en yaygın geleneksel sirkelerden biridir. Tahıldan elde edilen sirke, kaynatma, depolama ve olgunlaştırma sırasında yoğun moleküler değişiklikler geçiren polisakkaritler, fenolik bileşikler ve protein bakımından zengindir. Melanoidinler ayrıca sirke içinde oluşturulan başlıca bileşenlerden biridir (Xu *et al.* 2005).

Pirinç kepeği içeren parlatılmamış (cilasız) pirinçten yapılan Japonya'daki en popüler geleneksel sirkelerden biri olan Kurosu'nun, yararlı sağlık etkileri olduğu düşünülmektedir. Kurosu, pirincin *Aspergillus oryzae* tarafından sakkarifikasyonu, *Saccharomyces cerevisiae*'nin alkol fermantasyonu ve etanolün asetik asite *Asetobacter pasteurianus* gibi asetik asit bakterileri tarafından oksidasyonu ile oluşan statik fermantasyon işlemi ile üretilen ve bol amino asitler, vitaminler ve mineraller içeren bir sirke çeşididir (Nishikawa *et al.* 2001, Shimoji *et al.* 2002, Hashimoto *et al.* 2013).

Kore'de sirke, öncelikle pirinç şarabı tortularından ve çeşitli meyvelerden üretilmektedir. Kore geleneksel pirinç şarapları ve içkileri, nuruk (kore geleneksel mayalanmış maddeler) veya koji kullanarak uzun bir bira üretim geçmişine sahiptir (Kim *et al.* 2002). Nuruk, amilaz, proteaz ve çeşitli fermantasyon organizmalarının

faaliyetlerinden kaynaklanan çeşitli tat ve lezzetleri birleştiren makyaoilli gibi geleneksel Kore alkolünü üretmekte kullanılmaktadır (Park *et al.* 1999, Seo *et al.* 2005).

Bu çalışmanın temel amacı; son zamanlarda giderek artan sayıda araştırmaya konu olan, yüksek polifenol madde miktarı ve antioksidan aktivitesi ile dikkat çeken tıraşlanmış, tıraşlanmamış pirinç ve bu tıraşlama işlemi sonucu elde edilen tıraş artığı kullanarak yeni bir sirke çeşidi üretmektir. Hammaddeden, son ürün pirinç sirkelerine kadar olan üretim aşamalarında depolama süresi boyunca bazı genel özelliklerin ve bunların değişimlerinin belirlenerek sürecin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Sirkenin Tarihi ve Tanımı

2.1.1 Sirkenin Tarihçesi

Bilinen en eski sirke kullanımı 10 000 yıl öncesine dayanmaktadır. Eski zamanlarda, ilginç bir şekilde sirke, hava ile temastan dolayı bozulan şarabın bir yan ürünü olarak düşünülmüştür (Tan 2005, Johnston and Gaas 2006). Hipokrat (MÖ 377-460) ülserlerin temizlenmesi ve yaraların tedavisi için sirke kullanımını önermiştir (Johnston and Gaas 2006).

Aromalı sirke, yaklaşık 5 000 yıldır ticari bir ürün olarak üretilip satılmıştır. Babilliler, 6. yüzyıla kadar meyveli, ballı ve malt aromalı sirke üretilip satmışlardır. Eski Ahitten ve Hipokrattan edinilen bilgiler, sirkenin yaraları tedavi için için tıbbi bir ilaç olarak kullanıldığını göstermektedir. Çin'de 10. yüzyılda adli tıp alanının geliştirilmesiyle tanınan Sung Tse, enfeksiyonu önlemek için el yıkama maddesi olarak kükürt ve sirkeyi kullanmıştır (Chan *et al.* 1994, Tan 2005).

Çin muhtemelen dünyadaki tahıl sirkesi ile ilgili en eski kayıtlara sahiptir. Seremoni Notları kitabı (tahminen MÖ 800) sirkenin Zhou hanedanlığı süresince önemli bir törensel rolü oynadığını kaydetmiştir (MÖ 256-1000). Ayrıca Konfüçyüs'ün Seçme Eserlerinde de (MÖ 450) sirke hakkında birçok kayıt mevcuttur (Xiao 2000).

Qinise (MS 533-544) Teknikleri 'nde, sirke hazırlama için yirmi üç farklı yöntem detaylı olarak tarif edilmiştir; bunların arasında, ardışık tekrarlanan tahıllarla yapılan katı hal fermentasyon yönteminin sirke hazırlama için benzersiz bir teknik olduğu belirtilmiştir (Bao 1985). Genel olarak, Çin de oldukça yaygın olarak kullanılan Shanxi olgun sirkesinin üretim sürecinin, Qing Hanedanlığı döneminde Wang Laifu tarafından MS 1644-1661 arasında icat edildiğine inanılmaktadır. Bu süreci tanımlayan tütsüleme tekniği hala tüm olgun sirke üreticileri tarafından kullanılmaktadır (Yan 1997).

8. yüzyılda, Japonya'nın samuray savaşçıları sirkeyi bir kuvvet verici olarak kullanmışlardır çünkü sirkenin uyarıcı etkisinin onlara güç ve kuvvet verdiğini düşünüyorlardı. Amerika Birleşik Devletleri'nin (1735-1826) ikinci başkanı olan John Adams, kahvaltısında her gün elma sirkesi kullanırdı (Budak *et al.* 2014). Sirke, salata sosları, ketçap ve çeşitli soslarda baharat ya da koruyucu madde olarak kullanılır ayrıca çoğu kültür tarafından bir içecek olarak sulandırılarak tüketilir (Tesfaye *et al.* 2002).

18. yüzyılda ABD'li tıp doktorlarının, zehirli sarmaşık, krup, mide ağrısı, yüksek ateş ve ödem gibi birçok hastalığı tedavi etmek için sirke kullandıkları bilinmektedir. Ayrıca 18. yüzyılda, Fransız kimyacı Durande, sirkeyi konsantre ederek glasiyel asetik asit üretmiştir 1814'te Berzelios asetik asit analizini yapmıştır. 1823 yılına gelindiğinde Schutzenbach, sirkenin üç ile yedi gün içerisinde yapılmasına izin veren, jeneratör süreci olarak bilinen sirke üretimi için bir yöntem geliştirmiştir. Hromatka 1955 yılında, sirke üretmek için hızlı bir şekilde geliştirilmiş havalandırma ve karıştırmayı kullanan suya daldırılmış asitleşme adı verilen bir sirke yapma yöntemi geliştirmiştir (Tan 2005).

Sirke, dünyadaki en yaygın kullanılan çeşnilerden biridir (Mazza and Murooka 2009). Sirke piyasada yaygın olarak bulunmaktadır. Sirke, elma sirkesi ve normal sirke olarak iki gruba ayrılabilir. Elma sirkesi meyve sularından yapılırken, normal sirke ise tahıl, elma, üzüm veya şeker kamışı gibi ham bitkisel maddelerden yapılmaktadır (Madrera *et al.* 2010, Junior *et al.* 2014).

2.1.2 Sirkenin Tanımı

Sirke üretimi, tüm dünyada kapsamlı bir dizi yasa tarafından düzenlenir ve sirke tanımı, bir ülkeden diğerine göre değişir.

Codex Alimentarius Komisyonu'na göre sirke, insan tüketimine uygun ve özellikle bünyesinde nişasta veya şeker ihtiva eden uygun ürünlerden, çift fermantasyon işlemiyle, alkolik ve asidik fermentasyon ile üretilen bir sıvıdır. Sirke, % 0,5'den fazla alkol içermemeli ve Avrupa yasalarına göre fermente sirkelerde stabilizatör kullanımına izin verilmemelidir. Sirkede, asetik asit litre başına 50 g'dan az olmamalıdır (Anonim

1987).

Anonim (2012), sirkenin, karamel ve baharat ilavesiyle veya eklenmesiyle birlikte, meyveler, malt veya melas gibi herhangi bir uygun ortamın alkolik ve asetik asit fermantasyonu ile elde edilen ürünler olduğunu belirtmektedir. Asetik asit ile takviye edilmezler.

Anonim (2014), Kore’de sirke üretimi için gıda standartlarını ve spesifikasyonları belirler. Sirke, taneler, meyveler veya alkollü içeceklerin fermantasyonu ile elde edilen demlenmiş sirke ya da tanecikli bir çözelti ya da meyve suyu ya da glasiyel asetik asit ya da asetik asit ile içme suyu ile seyreltilerek üretilen sentetik sirke ile karıştırılıp olgunlaştırılması ile üretilir.

Fransa'da sirke, tam anlamıyla "ekşi şarap" anlamına gelen vin aigre olarak adlandırılır. Bu vin aigre, şaraplar, melaslar, hurmalar, elmalar, armutlar, çilekler, bira ve bal dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere hemen hemen her türlü fermente edilebilir karbonhidrat kaynağından yapılabilir. Doğal besin şekerini alkole dönüştürmek için maya ile mayalanması gerekir. Daha sonra asetik asit bakterileri alkolü asetik aside dönüştürür (Johnston and Gaas 2006).

Çin'de “sirke” kelimesi, Çin Ulusal Standart tanımlarına göre hem fermantasyondan hem de yapay işlemlerden elde edilen ürünleri belirtmektedir. Önceki Ulusal Sirke Endüstri Standardı'nda sirke, asetik asit konsantrasyonuna bağlı olarak (sırasıyla % 3,5-4,5, % 4,5-6 ve > % 6) üç dereceli olarak sınıflandırılmıştır (Anonim 2004).

Sirke bir aroma maddesidir ve aynı zamanda bir koruyucudur ve bazı ülkelerde (Japonya, Çin ve Kore) sağlıklı bir içecek olarak kabul edilmektedir. Sirke üretimi, önce maya ile ve daha sonra asetik asit bakterileri ile; elma, armut, üzüm, bal, şurup, tahıl, hidrolize nişastalar, bira ve şarap gibi her türlü fermente olabilen karbonhidrat kaynağından başlayarak iki aşamalı bir fermantasyon işlemidir. Sadece birkaç istisna dışında, genellikle alt sınıf meyveler, mevsimlik tarımsal fazlalar, gıda işleme yan ürünleri ve meyve atıkları gibi düşük maliyetli hammadeler sirke üretiminde

kullanıldığı için, sirke ucuz bir mal olarak düşünülmektedir (Giudici *et al.* 2015).

Geleneksel sirke, başlangıçta etanol üretmek ve ardından asetik asit üretmek için iki aşamalı bir fermantasyonda şeker veya nişasta içeren ham maddelerden üretilir. Geleneksel sirke tipik olarak uzun bir fermantasyonla (bir aya kadar) sonuçlanır ve başlangıç kültürü olarak doğal sirke kullanır. Endüstriyel sirke tipik olarak yaklaşık bir günde üretilebilir. Geleneksel sirke, üzüm, elma, erik, hindistan cevizi ve domates, pirinç ve patates gibi meyve sularından üretilir. Asetik asit bakterileri (AAB) ortamın her yerinde bulunur. Şeker içeren gıda maddelerinde veya alkol içeren fermente ürünlerde yayılabilirler. Farklı asetik asit bakteri türleri, beyaz şarap, kırmızı şarap, ruh, elma şarabı, geleneksel balzamik, pirinç ve havalandırılmalı batırılmış kültürün ürettiği endüstriyel sirke gibi çeşitli sirkelerden izole edilmiştir (Budak *et al.* 2014).

Avrupa'nın geleneksel şarap üreten ülkelerinde, şarap ve sirke arasında ayırım yapmak çok kolaydır çünkü ilgili isimler hem tarihsel hem de yasal olarak iyi tanımlanmışlardır. Avrupa'da sirke bir tatlandırıcı veya koruyucu gıda maddesi olarak kabul edilir ve birkaç istisna dışında tadı genellikle keskin ve ekşidir. Öte yandan, Asya ve Afrika'da sirke, daha az ekşi bir tada sahip bir içecektir. Çin ve Doğu-Güneydoğu Asya'da düşük asidite ve aromatik tatlar ile karakterize edilen pek çok tatlandırılmış meyve sirkesi çok popülerdir (Giudici *et al.* 2015).

Alkol (şarap) sirkeleri, etanolün asitli oksidasyonu yoluyla, fermente edilmiş meyve özünün damıtılmasından ve bazı ülkelerde petrokimyasal etanolden elde edilir. Odun kömürleşmesi sırasında toplanan Pyrolignol likörü “sirke” olarak da adlandırılır ve Japonya ve Doğu Asya'da tarımsal bir hammadde, hayvan sağlığı ürünü, kozmetik madde ve geleneksel bir tıp ürünü olarak kullanılmaktadır (Mu *et al.* 2003, 2006). Şarap sirkesi öncelikle enoloji (şarap yapma zanaatı) geleneği olan ülkelerde üretilir (Ör. İtalya'da balzamik sirke ve İspanya'da şeri sirkesi). Güneydoğu Asya ülkelerinde, çeşitli sirkeler palmiye şarabı, hurmalar, ananaslar, hindistan cevizi, şeker kamışı ve diğer kaynaklardan üretilmektedir. Japonya ve Çin gibi Asya'nın Kuzeydoğu bölgelerinde, sirke, geleneksel olarak tahıllardan, özellikle pirinçten üretilmektedir. Tahıllardan sirke fermantasyonu alkol fermantasyonuna ve etanolün asetik aside oksidasyonuna ek olarak

bir de sakkarifikasyon basamağı gerektirir; son iki adım, şekerli meyvelerden, örneğin meyve suları gibi şeker bakımından zengin maddelerden sirke fermantasyonu yaygındır. Japonya'da, pirinç nişastasının şekerlenmesi, pirinç koji eklenerek gerçekleştirilir (Hesseltine 1965).

Sirkenin eşsiz lezzet ve aroması esas olarak asetik asit fermantasyon işlemine bağlanır. Sirkelerde güçlü lezzet ve aroma asetik asit varlığına bağlıdır. Ancak asetik asit dışında, organik asitler, esterler, ketonlar ve aldehitler gibi sirke içindeki diğer fermantasyon ürünleri de sirkenin organoleptik özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Öztürk *et al.* 2015). Bu bileşikler, asetik asitin bu ürünlerin oluşumu için öncü olarak hareket ettiği fermantasyon ve olgunlaşma sürecinde üretilir (Yu *et al.* 2012). Bu uçucu bileşikler, kullanılan başlangıçtaki hammaddeler, sirke üretimi yöntemleri ve asetifikasyon için geçen süreden etkilenebilmektedir (Pizarro *et al.* 2008).

Ekonomik açıdan bakıldığında sirke üretimi sanayileşmiş ülkelerin toplam ekonomilerinde küçük bir endüstridir (Adams 1998). 2005 yılında küresel sirke pazar payları balzamik sirke (% 34), kırmızı şarap sirkesi (% 17), elma sirkesi (% 7), pirinç sirkesi (% 4), beyaz sirke (% 2) ve son olarak diğer sirkeler olmuştur (% 36) (Giudici *et al.* 2015).

2.2 Sirke Üretim Yöntemleri ve Sirke Çeşitleri

2.2.1 Sirke Üretim Yöntemleri

Sirke üretimi için gerekli olan iki fermantasyon işlemi vardır. İlki alkol fermantasyonudur ve genellikle hızla ilerler, üç hafta içinde şekerin çoğunu tüketir. Fermente olabilen şekerler, alkol fermantasyonuyla birlikte mayaların etkisiyle etanole dönüştürülürken, diğer taraftan esas olarak *Asetobacter* cinsinin üyeleri olan asetik asit bakterileri, asetik asit üretimine izin vermek için şekerleri, şeker alkollerini ve etanolü oksitleyebilen mezofilik zorunlu aeroblardır. Bu nedenle asetik asit bakterileri genellikle sirke üretimi için başlangıç kültürleri olarak kullanılır (Raspor and Goranovič 2008, Budak *et al.* 2014).

19. yüzyılda Almanya'dan Schutzenbach, sirkenin yedi gün içinde üretilmesini mümkün kılan, sirke üretimi için kullanılan bir yöntem geliştirmiştir. Yirminci yüzyılda, Almanya'dan Hromatka, daha uzun bir süre zarfında sirke üretmek için havalandırma ve karıştırma kullanılan, daldırılmış asetifikasyon adı verilen geliştirilmiş bir sirke üretimi yöntemi geliştirmiştir (Tan 2005).

Çin sirkesi için katı hal fermentasyonu; koji hazırlama, nişasta ve alkol fermentasyonunun sakkarifikasyonu, asetik asit fermentasyonu ve olgunlaşma olmak üzere art arda dört aşamadan oluşur. Sakkarifikasyon ve alkol fermentasyonu katı hal veya daldırılmış (batık) fermentasyon olabilir; diğer aşamalar daima katı hal fermentasyonudur (Huang and Yin 2000). Tüm işlem iki aerobik fermentasyon (koji hazırlama ve asetik asit fermentasyonu) ve bir anaerobik fermentasyon (alkol fermentasyonu) içerir. Mantarlar, mayalar ve bakteriler bu sürece katılır; geleneksel olarak, tüm bu mikroorganizmalar ortamdan ya da substrattan gelir ve işlem boyunca az ya da çok kendiliğinden gelişirler (Lei 2000).

Çin sirkesi katı hal fermentasyon süreci koji mantarları içerdiği için tipik katı hal fermentasyon sistemine oldukça benzemektedir. Asetik asit fermentasyonu süreci biraz değiştiren asetik asit bakterileri içerir. Mantarların aksine bakteriler karışmaya karşı direnç gösterebilir. Böylece, asetik asit fermentasyon aşamasında, sıcaklığın makro bileşenleri, besin maddeleri ve ürün konsantrasyonları karıştırılarak en aza indirilebilir. Karıştırma metabolik ısının dağılmasına yardımcı olur ve oksijen transferini artırır ayrıca etanolün buharlaşmasını da hızlandırmaktadır (Liu *et al.* 2004).

Çeşitli sirke üretimi yöntemleri mevcuttur, ancak ticari olarak öncelikle iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi, asetik asit bakteri kültürünün odun talaşlarının yüzeyinde büyüdüğü ve yüzeyde oksijen sağladığı “yüzey yöntemi” olarak sınıflandırılan geleneksel bir yöntemdir. “Su altında kalmış bir kültür” olarak sınıflandırılan ikinci yöntem, endüstriyel üretimi hızlandırmak için fermentasyonda oksijenin tedarik edildiği bir yöntemdir (García-Parrilla *et al.* 1997).

Sirke endüstriyel olarak statik yüzey asetik asit fermentasyonunu içeren yavaş bir

yöntem ve hızlı batırılmış fermantasyon yöntemi olmak üzere iki ana yöntemle üretilmektedir. Genel olarak, geleneksel sirke üretiminde statik fermantasyon kullanılmaktadır. Bu teknik, fermantasyonun tamamlanması için oldukça uzun bir zaman gerektirmesine rağmen, ürünün kalitesi oldukça iyidir. Sirke içeren alkollü bir sıvı (moromi), kapaklı uygun kaplarda fermente edilir ve bu adım, statik fermantasyon sırasında bakteriyel kontaminasyonu önlemenin iyi bir yolu olarak kabul edilmektedir. Birkaç gün içinde, asetik asit bakterileri morominin yüzeyinde zar oluşturur ardından fermantasyon süreci ilerler ve yaklaşık bir ay sonra sonlanmaktadır (Nanda *et al.* 2001).

Asetik asit bakterilerine sağlanan oksijen, fermantasyon sürecinin hızını ve son ürün sirkenin duyu kalitesi üzerinde etkilidir. Sirkenin asetik asit oluşum hızına bağlı olarak, asetik asit fermentasyon süreci iki aşama olarak sınıflandırılabilir: Yavaş (orleans yöntemi) ve hızlı (batık ve jeneratör yöntemleri). Asetik asit fermantasyon sırasında yetersiz oksijen, asetaldehit birikmesine ve daha düşük asetik asit üretimine yol açabilir (Ubeda *et al.* 2011, Dabija and Hatnean 2014).

Orleans yöntemi (yavaş yöntem), sirke üretimi için bilinen en eski tekniklerden biridir. Başlangıçta fermente meyve suyu yüksek çap/yükseklik oranına sahip bir kaba yerleştirilir. Yaklaşık bir hafta sonra, asetik asit fermantasyonun başladığı sırada, sıvı başka bir kaba aktarılır. Asetik asit fermantasyonu yavaştır, yalnızca sıvının yüzeyinde etkili olur, burada yeterli çözülmüş oksijen bulunur, bu da alkolün asetik aside dönüşümünü sağlar. Bu fermantasyon, fermantasyon sıcaklığı, alkolik çözeltinin başlangıç bileşimi, mikroorganizmaların doğası ve sağlanan oksijenin yeterliliği gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak sekiz ila on dört hafta sürer (Dabija and Hatnean 2014).

Daldırılmış yöntem (hızlı yöntem), sistemde gerekli oksijen ihtiyacını karşılamak için güçlü havalandırma uygulanarak asetifiye edici kültürde asetik asit bakterilerinin süspanسیونunu içerir. Bu yöntem 10 000 ila 40 000 L kapasiteli bir paslanmaz çelik mayalama tankından, bir hava besleme sistemi, bir soğutma sistemi, bir köpük kontrol sistemi ve yükleme ve boşaltma vanalarından oluşmaktadır (Teskaye *et al.* 2002).

Jeneratör süreci (hızlı yöntem), sirke üretimi için hızlı süreçlerden biridir.

Fermantasyon, bu süreçte iki odadan oluşan bir kapta ilerler. Daha büyük (üst) bölme, hemen hemen katı malzemelerle doldurulur ve bu alan, alt bölmeden bir perde ile ayrılır. Hava, katı malzemeler içinden püskürtülür ve yukarı doğru üflenir ve hava, üst taraftan dışarı kaçar. Süreç, sirke üretimini tamamlamak için yaklaşık üç gün sürer. Son sirke ürününün üçte ikisi, tanktan çekilir ve yeni bir yığın mayşe yavaşça depoya eklenir. Jeneratör metodu için optimum sıcaklık 30 °C'dir (Tan 2005).

Özetle orleans yöntemi diğer iki yönteme kıyasla sirke üretimi açısından yavaştır. Bununla birlikte, orleans yöntemi daha yüksek kaliteli bir sirke üretimine sebep olmaktadır. Daldırma yöntemi, şarap sirkelerinin üretiminde yaygın olarak kullanılırken, jeneratör yöntemi genellikle damıtılmış ve endüstriyel sirke üretiminde kullanılmaktadır. Bu iki yöntem (batık ve jeneratör) daha büyük ölçeklerde sirke üretiminde orleans yönteminden çok daha hızlıdır (Dabija and Hatnean 2014).

2.2.2 Sirke Çeşitleri

Sirke üretiminde iki temel adım, hammadde ve fermantasyonun hazırlanmasıdır. Birinci aşama, meyve suyunu elde etmek için dilimleme ve/veya ezme, nişastanın enzimatik sindirimi (tahıllar için) ve bazı durumlarda pişirme ve haşlama dahil olmak üzere, çözelti içinde mayalanabilir şeker ve proteinin mevcudiyetini sağlamak için gerekli tüm işlemleri kapsamaktadır. Genel olarak, meyveler tohumdan daha az işlem gerektirir. Tersine, tohum bitkileri daha kolay saklanır ve korunur; bu da onların kullanımını hasat zamanından bağımsız yapar. Meyveler, yüksek su muhtevası nedeniyle çok çabuk bozulurlar ve hasatla aynı günlerde bile, bazı durumlarda (yüksek sıcaklıklar, hasarlı meyvelerin kullanımı, vb.) çok çabuk işlenmeleri gerekir. Bu farklılıkların mantıksal sonucu olarak, tohum ekinlerinin tipik olarak büyük fabrikalarda sirke dönüşümü için taşınması ve depolanmasıdır. Bunun yerine, meyveler daha küçük, daha az teknolojik fabrikalarda, üretim alanına yakın olarak işleme eğilimindedir (Giudici *et al.* 2015).

Hammadde ve fermantasyon işlemlerine göre sınıflandırılan birkaç çeşit sirke vardır. Pirinç sirkesi, pirinçten kaynaklanan şekerlerin asetik asit fermentasyonundan elde edilen olgunlaşmış ve filtrelenmiş üründür. Hafif aromasından dolayı bitkiler, baharatlar

ve meyvelerle tatlandırılması lezzetini arttıracaktır. Yiyeceklerin görünümünü önemli ölçüde değiştirmediği için Asya yemeklerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yano *et al.* 1997).

Üç çeşit Çin/Japon pirinç sirkesi vardır; kehribar (açık/açık sarı) renkli olan, çoğunlukla tatlı ve ekşi yemeklerde kullanılır; kırmızı renge sahip olan, Çin'de haşlanmış ve buğulama yengeç için popüler bir eşlik edicidir ve siyah renkteki sirke ise, daha çok sofralarda ve sağlığa yararlı bir içecek olarak kullanılır (Murooka *et al.* 2009).

Diğer bir sınıf ise, bitkisel veya meyve sirkeleri olarak da bilinen aromalı sirkeleri içerir. Bitkisel sirke, sarımsak, fesleğen, tarhun, tarçın, karanfil, küçük hindistan cevizi veya şarap sirkeleri, damıtılmış beyaz sirke veya diğer bitkilerden oluşur. Meyve aromalı sirke, karakteristik tatlı ve ekşi bir tat elde etmek için meyve veya meyve suyu ile tatlandırılmış şarap ve beyaz sirkedir. Bu durumlarda meyve türü, sirke fermentasyonu için kullanılan hammaddeyi değil, belirli bir tadı ve diğer karakteristik özellikleri elde etmek için eklenen aromayı gösterir. Bazı sirke çeşitleri çok pahalıdır.

Örneğin İtalya'dan Modena'nın Geleneksel Balzamik Sirkesi, İspanya'dan Sherry sirkesi, Yunanistan'dan Oxos ve Çin'den Shanxi olgun sirkesi gibi uzun süredir geleneklere göre bölgesel ve yerel gıda ürünlerinden üretililen sirkelerdir (Giudici *et al.* 2015).

Güney İspanya'nın Jerez bölgesinde, aynı zamanda Sherry sirkesi olarak da bilinen şarap sirkesi ve Modena'dan (İtalya) bulunan balzamik sirke, büyük miktarlarda suya batırılmış bakteriler ve yavaş asetilleme işlemleri ile güçlü havalandırma koşulları altında hızlı asetilleme yöntemleri olan iki yöntem kullanılarak üretilmektedir. Yüzey kültürü fermentasyonundan türetilmiştir. Bu nedenle, bu iki sirke, bölgenin en beğenilen ve prestijli sirkeleridir (Pizarro *et al.* 2008).

Balzamik sirke ilk kez İtalya'da üretilmiştir. Geleneksel ve ticari olmak üzere iki tip balzamik sirke vardır. Geleneksel balzamik sirkeler de şaraplar gibi, uzun geçmiş aşamaları ve üretimleri için iyi geliştirilmış prosedürleri olan geleneksel gıdalardır.

Üzüm (özellikle Modena yakınlarında İtalya'nın kuzey bölgesinde yetişen), şeker seviyesini arttırmak için mümkün olduğu kadar uzun bir süre asma üzerinde bırakılır. Geleneksel balzamik sirke yirmi beş yıla kadar olgunlaştırılabilir. Olgunlaştırma, kestane, meşe ve kiraz gibi çeşitli ağaçlardan yapılmış fiçılarda meydana gelir (Daglia *et al.* 2013). Çin siyah sirkesi balzamik sirke yerine düşünülebilir. Ancak, koyu renk ve yaşlanma süreçleri bu iki sirke arasındaki tek benzerliklerdir (Nishidai *et al.* 2000).

Çin piyasasında Zhenjiang aromatik sirke, Shanxi olgun sirke, Jiangzhe Gül sirkesi ve Sichuan kepeği sirkesi dahil olmak üzere en az on dört ana çeşidi vardır. Sichuan sirkesi, Çin'in en ünlü sirkelerinden biridir. Bu sirke, Çin'de bulunan yüz sekiz şifalı bitkinin kullanılmasıyla üretilmektedir. Smartweed yapraklarının sıvı ekstraktı (*Polygonum hydropiper*) sirkenin fermantasyonunu başlatmak için kullanılır. Bunun dışında, Shanxi olgun sirkesi, Kuzey Çin'in en ünlü sirkesidir ve bu sirke, mayalanma işlemi için ana malzemesi olan sorgum kullanılarak üretilmiştir (Huang 1998, Zou *et al.* 2012).

Kamış sirkesi fermente şeker kamışı suyundan yapılır, hafif bir tada sahiptir ve Filipinler'de gıda hazırlamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Tan 2005).

Hurma, geleneksel Çin tıbbında tıbbi bir meyve olarak kabul edilir ve Çin'de hurma sirkesi üretilir (Ubeda *et al.* 2011). Malt sirkesi doyurucu bir tada sahiptir ve İngiltere'de fermente arpa ve tahıl püresinden üretilmektedir (Horiuchi *et al.* 1999).

Bambu sirkesi ise kahverengi-kırmızı şeffaf bir sıvıdır ve yaklaşık % 90 su ve 200'den fazla kimyasal bileşenden oluşur. Özel dumanlı bir kokusu vardır. Bambu sirkesi, tarımda ve Japonya'da günlük hayatta yaygın olarak kullanılmaktadır (Mu *et al.* 2006).

Japonya'da sirke, fermente ve sentetik sirke olarak sınıflandırılmaktadır. Fermente sirke daha fazla parlatılmış (traşlanmış) pirinç sirkesi (komesu), parlatılmamış (traşlanmamış) pirinç sirkesi (kurosu), sake-lees sirkesi (kasuzu) ve diğer tahıl sirkeleridir. Bu tahıl sirkeleri, içerikleri arasında 40 g/L yoğunlukta pirinç tanesi içermelidir. Komesu ve kurozu sırasıyla 40 g/L ve 180 g/L pirinç tanesinden daha

fazlasını içermelidir (Murooka *et al.* 2009).

Pirinç sirkesi komesu ve kurozu, aynı prosesle sırasıyla tıraşlanmış ve tıraşlanmamış pirinçten üretilir (pirincin sakkarifikasyonu, alkol fermantasyonu ve etanolün asetik aside oksidasyonu). Bu sirkelerin ikisi de uzun zamandır Japonya, Çin ve Asya ülkelerinde kullanılmış olan geleneksel baharatlardır. Komesu renksizdir ve sade bir tada sahiptir (Nanda *et al.* 2001). Suşi pirinci ve popüler deniz yosunu salatası, sunomono gibi çeşitli Japon yemeklerinde kullanılır. Kurozu adıyla da bilinen siyah sirke, cilalanmamış pirinçten, pirinç özü ve kepeği ile statik yüzey fermentasyonu ile üretilir ve diğer sirkelerden daha yüksek oranlarda organik asit ve amino asit içerir (Nishidai *et al.* 2000). Japonya'da, siyah pirinç sirkesi (Kurozu) genellikle meyve suyu ile seyreltilir ve günlük olarak sağlıklı, kuvvet veren bir içecek olarak tüketilir. Japon sirke pazarının % 20 'sini 2004 yılında 21,46 milyar yen değerinde temsil eder (Giudici *et al.* 2015).

Sirke, özellikle Çin diyetinde, dünya çapında bir gıda çeşni ve koruyucu madde olarak tüketilmektedir. Çin sirkesinin 3 000 yıldan fazla bir tarihi vardır (Shi 1999). Koredeki pirinç sirkeleri, Japon pirinç sirkelerinden daha güçlü bir tada sahiptir. Pirinç sirkeleri Asya pazarlarında ve bazı ABD ve Avrupa pazarlarında yoğun rağbet görmektedir (Murooka *et al.* 2009).

Pot sirkesi fermantasyonunda yer alan mikroorganizmaların çeşitliliği ve art arda olması büyük ilgi çekmektedir çünkü diğer fermantasyon türlerinden farklı olarak, üç mikrobiyolojik işlemin aynı anda veya sırayla gerçekleştiği ve tek bir kapta (üçlü fermantasyon olarak adlandırılır) gerçekleştiği bilinmektedir. Ayrıca, aşılama için koji dışında hiçbir mikroorganizma kullanılmaz (Entani and Masai 1985a, b, Koizumi *et al.* 1996).

Doğuya özgü tahıl sirkelerinde, pirinç ve tahılları hidrolize etmek ve mayalamak için, Japonca ve Çince'de sırasıyla koji veya qu olarak bilinen, bilinmeyen küf ve mayaların karışık bir starter kültürler kullanılır. Diğer durumlarda, şarap yapımı için seçilen oenolojik *S. cerevisiae* suşlarının starter kültürleri, sirkelerin alkolik temeli olan bira,

şarap ve elma şarabı üretmek için kullanılır. Sake üretimi için seçilen *S. cerevisiae* var. *sake*, pirinç sirkesi fermantasyonunda kullanılır. Sirke üretiminde starter kültürlerinin kullanımı hala iki ana nedenden ötürü büyük çapta uygulanmaktan uzaktır: birincisi, AAB (Asetik Asit Bakterileri) özellikle seçici mikroorganizmalardır ve ikincisi, sirke genellikle ekonomik proseslerinden dolayı üretilen ucuz ürünlerdir (Giudici *et al.* 2015).

2.3 Sirke Üretimini Etkileyen Faktörler

2.3.1 Maya ve Bakteriler

Farklı maya türleri, farklı miktarlarda uçucu bileşikler ve alkol içerikleri üretebilir. Bu, kullanılan suş türlerine göre aroma, alkol içeriği ve asetik asit içeriği açısından farklı sirke türlerinin üretileceğini ifade etmektedir. *Saccharomyces cerevisiae r. bayanus*, *S. cerevisiae*'ye kıyasla daha yüksek miktarda asetik asit üretir (Valles *et al.* 2005).

Asetik asit bakterileri iki cins, *Acetobacter* ve *Gluconobacter*'den oluşur. *Acetobacter* suşları genellikle sirke üretimine katılır (Sokollek *et al.* 1992).

2.3.2 pH

Sirke üretiminde kullanılacak olan çeşitli botanik türler mevcuttur. Bunlar öncelikle insan ve hayvan tüketimi için güvenli olmalı ve ikinci olarak doğrudan veya dolaylı bir fermente şeker kaynağı sağlamalıdır. Genel gruplama bitkinin yenilebilir parçalarının kimyasal bileşimi ve fermantasyona olan dayanıklılığı temelinde yapılabilir;

- Yüksek asitlilik ve fermantasyon kolaylığı. Ana bileşenler olarak 3,5'in altında pH, glikoz, fruktoz ve sakaroz. Örneğin; üzüm, elma, erik vb.
- Orta asitlik ve fermantasyon kolaylığı. 3,5 ila 4,5 arasında pH; örneğin; incir.
- Düşük asitlilik ve fermentasyon kolaylığı. pH 4,5'ten yüksek; örneğin; palmiye özü.
- Fermente edilemez. Fermantasyondan önce hidroliz gereklidir. Örneğin; tohum bitkileri ve muzları (Giudici *et al.* 2015).

Asetik asit bakterilerinin büyümesi için optimum pH, pH 5,5'ten pH 6,3'e kadardır. Bu aralık içinde bir gruplandırma yapmak gerekirse üç farklı suş grubu; asetofilik suşlar (pH 3,5'te büyür), asetotolerant suşlar (pH 3,5 ila 6,5'te büyür) ve asetofobik suşlar (6,5'ten daha yüksek pH seviyelerinde büyür) olan sirke üretiminde rol oynamaktadırlar (Raspor and Goranovič 2008).

Asetik asit bakterileri'nin optimal pH büyümesi 5,5-6,3 arasında olmasına rağmen geleneksel balzamik sirkesinde olduğu gibi, pH için bakteri aktivitesinin tespit edildiği 3'ten düşük pH değerlerinde de büyüebildiklerini göstermişlerdir (De Vero *et al.* 2006). Ayrıca 3,02 ile 3,85 arasında pH değerine sahip şarapta Asetik asit bakterileri'nin iyi geliştiği belgelenmiştir (Drysdale and Fleet 1985).

2.3.3 Sıcaklık

Asetik asit bakterileri mezofilik organizmalardır ve büyümesi için optimum sıcaklık 25 °C ile 30 °C arasındadır. Optimum sıcaklığın üzerinde, temel enzimler denatüre edildiğinden bakteriyel deaktivasyon işlemleri meydana gelir, zar hasarı hücresel bileşenlerin saçılmasına neden olur ve organizmalar asetik asidin toksik etkisine daha duyarlı hale gelir. Minimum ve maksimum büyüme sıcaklıklarının hem türler arasındaki değişkenlik hem de ortalama kompozisyonun etkisi için tanımlanması daha zordur. Süreksiz kültürde *A. aceti*'nin 8 °C'nin altına yetişemediğini göstermiştir. Termotolerant asetik asit bakterileri 40 °C 'ye kadar gelişebilir. Bu bakteriler 38 °C ile 40 °C de etanolü okside edebilir ve etanol oksidasyon oranı bu sıcaklık aralığındaki mezofilik suşlara kıyasla daha hızlı olabilmektedir (De Ory *et al.* 1998, Raspor and Goranovič 2008).

2.3.4 Hammadde

Hammadde türü, farklı sirke türlerinin spesifik özelliklerinin temelini oluşturmaktadır (Zhu 1991). Buğday kepeği, katı hal fermentasyon sistemindeki mikroorganizmaların ana taşıyıcısıdır; bir nişasta kaynağı olmasının yanı sıra, proteinler gibi diğer besinleri de mikroorganizmalara sağlamaktadır. Pirinç kabuğunun daha az besin değeri vardır. Substrat karışımının gözenekliliğini arttırmak için yalnızca bir mikroorganizma

taşıyıcısı ve aralayıcı görevi görmektedir (Liu and Li 1992).

Hammaddelerin kimyasal bileşimi, asetikasyonda rol oynayan mikroorganizmaların baskın türlerini etkin bir şekilde belirleyen güçlü bir seçici basınç uygular (Giudici *et al.* 2015).

2.3.5 Mikroorganizma

Aspergillus, *Rhizopus* ve *Monascus*, koji hazırlığında ana mantarlardır. *Saccharomyces cerevisiae* ve *Hansenula anomala*, alkol fermantasyonundaki ana mayalardır (Huang and Yin 2000). *A. aceti*, Sichuan kepeği sirkesi üretiminde hakimdir, oysa Jiangzhe ve Fujian sirkelerinde, *A. xylinum* ana bakteridir. Diğer bakterilerden olan *Gluconobacter* ve laktik asit bakterileri de yaygın şekilde bulunur ve metabolitleri karakteristik lezzet ve aromaya katkıda bulunur (Lei 2000).

2.3.6 Oksijen

Oksijen, asetikasyon işlemlerinde sınırlayıcı bir faktördür çünkü yalnızca sulu ortamlarda az miktarda çözünür ve hem sıcaklık hem de çözünen içeriği oksijenin çözünürlüğünü sınırlandırır (Adams 1998). Yarı sürekli işlemlerde batık kültürün ürettiği endüstriyel şarap sirkesinde, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, bakteri üremesine izin veren en önemli parametredir, böylece hava sağlanır. Bununla birlikte, yüksek çözülmüş oksijen değerinin asetik asit bakteri büyümesini inhibe edebileceği ve yarı-sürekli işlemlerde optimum konsantrasyonun 1-3 mg/kg olduğu tespit edilmiştir (Rubio-Fernández *et al.* 2004).

Sirke üretiminde, asetik asit bakterileri oksijene erişim gerektirir. Geleneksel sirke için daha sık kullanılan sirke fermantasyonunun daha yavaş yüzey yönteminde, asetik asit bakterileri hava ve sıvı arasındaki arayüzde büyür. Ticari sirke için daha yaygın kullanılan suya batırılmış yöntemde, asetik asit bakterileri, asetilleme sıvısında sürekli hava serpme yoluyla oksijen ile beslenir (Fernández-Pérez *et al.* 2010).

2.4 Sirkenin Sağlık Üzerine Etkileri

Sirke farklı üretim metodolojilerini kullanarak kapsamlı bir başlangıç materyaline sahiptir. Asetik asit, sirke içindeki baskın lezzet bileşimidir ve muhafazada asidik gıda için önemli bir gıda katkı maddesi olarak uzun bir tarihe sahiptir. Sirke geleneksel olarak gıda aroması ve koruyucusu olarak kullanılmasına rağmen, son araştırmalar insanoğlunun sağlığına fayda sağlayabilecek sirke ürünlerinin etkili biyoaktif etkilerini gösterir (Budak *et al.* 2014).

ABD ve Kanada gibi bazı batı ülkelerinde, elma sirkesi birçok hastalığı tedavi etmek için yararlı olduğu iddia edilen eski bir halk ilacıdır ve meyve suyuyla karıştırılarak tüketilmektedir (Giudici *et al.* 2015). Buna ek olarak, sirkenin düzenli tüketilmesinin, sindirim sistemi, iştahı uyarma, antioksidatif özellikler, yorgunluğu giderme, lipid içeriğinin düşürülmesi ve kan basıncının düzenlenmesi gibi bazı yararlı etkilere katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Chou *et al.* 2015).

Sirkenin oral olarak alınması yiyeceklerin glisemik etkisini azaltabilir. Böylece oluşan doyumluk hissi sayesinde tüketilen toplam gıda miktarı azaltılmaktadır (Mermel 2004). Gönüllü bireylerle yapılan bir çalışmada, sağlıklı gönüllüler, bir miktar beyaz buğday ekmeği ile üç farklı konsantrasyonda sirke (18, 23 ve 28 mmol asetik asit içeren) kullanmışlardır; kontrol yiyeceği olarak beyaz buğday ekmeği; ekmeğin tüketimi (sirkesiz) kullanılmıştır. Gönüllülerin açlık ve tokluk duyguları değerlendirildiğinde asetik asit seviyesinin yükselmesiyle doyumluğun arttığı kaydedilmiştir (Ostman *et al.* 2005).

Farklı sirke türlerinde polifenoller ve vitaminler gibi biyoaktif maddeler, önemli antioksidan aktivitelerinden dolayı oksidatif strese karşı savunurlar (Dávalos *et al.* 2005, Nishino *et al.* 2005). Biyoaktif bileşikler, gıdalarda ekstra besin bileşenleridir ve besin maddelerine kıyasla fizyolojik veya hücrel aktiviteleri etkileyerek sağlığa yararlı etkileri bulunmaktadır (Kris-Etherton *et al.* 2002). Sirkenin antioksidatif aktiviteleri temel olarak karotenoidler ve fitosteroller gibi biyoaktif bileşiklerden ve fenolik bileşikler, C ve E vitaminleri türetilmiştir (Charoenkiatkul *et al.* 2016).

Antioksidanlar oksidasyonu kontrol etmek ve yiyecekleri bozulmadan korumak için kullanılmıştır; bununla birlikte, çoğu bugünün sağlığa yararlarından dolayı kullanılmaktadır (Finley *et al.* 2011).

Siyah sirke, sadece asidik bir çeşni değil aynı zamanda sağlığa yararlı bir gıda olarak karakterize edilir çünkü önemli DPPH radikal süpürme kabiliyeti sergilediği ve adipoziten büyüklüğünü azalttığı bildirilmiştir (Tong *et al.* 2010, Chou *et al.* 2015).

Birçok çalışma, insan vücudundaki yüksek oksidan ve düşük antioksidan seviyelerinin, oksidatif strese neden olabileceğini göstermiştir. Bu durum, yaşlanma sürecinin hızlanmasını ve bazı kronik, inflamatuvar ve dejeneratif hastalıkların gelişmesine yol açmaktadır (Cândido *et al.* 2015). Sirke yukarıda belirtilen hastalıkların gelişimini dengeleyebilen yapıda ve yüksek antioksidan aktiviteye, antimikrobiyal özelliklere, antidiyabetik etkilere ve terapötik özelliklere sahiptir (Budak *et al.* 2014).

Sirkenin diyabet üzerine etkisi araştırılırken Tip 2 diyabetli bireylerin % 19'unda ve prediyabetli bireylerin % 34'ünde sirke tedavisi ile insülin duyarlılığının arttığı görülmüştür (Johnston *et al.* 2004). Hem hayvanlarda hem de insanlarda yapılan son çalışmalar, sirkenin diyabetik tedavi için kullanılabilceğini göstermiştir (Salbe *et al.* 2009). Sıçanlarda sirkenin kan şekeri üzerindeki etkisi araştırılmış ve Ebihara and Nakajima (1988), % 2 asetik asit çözeltisi içeren bir nişasta yükünün alınmasından sonra kan şekeri normal diyet ile karşılaştırıldığında azaldığı bildirilmiştir.

Gu vd. (2012), Streptozotosin (*Streptomyces* türü bakterilerden elde edilen ve pankreastaki beta hücrelerini seçici bir biçimde ve dönüşümsüz olarak tahrip ederek insülinomanın tedavisinde ve deneysel olarak diyabet oluşturmada kullanılan madde) (STZ) ile indüklenen diyabetik sıçanlarda sirkenin yararlı etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. STZ'nin memelilerdeki pankreastaki insülin üreten beta hücrelerine toksik olduğu iyi bilinmektedir. Bu çalışmada STZ sıçanlarında günlük belirli oranlarda alınan beyaz pirinç sirke tedavisi ile vücut ağırlığı kaybının azalması görülmüş ve bu da insülin eksikliğinin düzelmesine katkı sağlamıştır. Bu bulgularla uyumlu olarak, adacık beta hücrelerinin adacık sayısı ve oranı, beyaz pirinç sirkesi ile

tedavi edilen STZ ile indüklenmiş sıçanlarında gerçekten yüksek gözlenmiş ve bu da kısmen geri kazanılan serum insülini ve bu diyabetik sıçanlarda kan glikoz konsantrasyonlarının yükselmesine neden olabilmektedir. Bu veriler sirkenin insülin salgılayan beta hücrelerini kısmen STZ kaynaklı toksisiteye karşı koruyabileceğini göstermektedir. Diyabet gelişiminde betasel ve hepatositlerin korunmasının önemi ve glisemik kontrolün önemi göz önüne alındığında, sirkenin diyabetik bireyler için umut verici bir diyet takviyesi olduğunu söylemenin mümkün olduğu görülmektedir.

Sirke, birçok uygulama için yararlı antimikrobiyal özelliklere sahiptir. Sirke tırnak mantarlarını, baş biti, siğilleri ve kulak enfeksiyonlarını temizlemek ve tedavi etmek için kullanılmıştır (Rutala *et al.* 2000, Dohar 2003). Tüketiciler tipik olarak gıdada gıda kaynaklı patojenik mikroorganizmaların büyümesini inhibe etmek için doğal koruyucu yöntemleri tercih eder (Rauha *et al.* 2000). Bakteriyel suşlar, sıcaklık, pH, asit konsantrasyonu ve iyonik kuvvet, organik asitlerin antimikrobiyal aktivitesini etkiler (Buchanan and Edelson 1996, Entani *et al.* 1998, Cheng *et al.* 2003). Organik asitlerin gıda kaynaklı patojen bakterilerin öldürülmesi üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında, asetik asidin *Escherichia coli* O157: H7'ye karşı en öldürücü asit olduğu, ardından laktik, sitrik ve malik asitler olduğu bildirilmiştir (Entani *et al.* 1998, Ryu *et al.* 1999).

Chang and Fang (2007), *E. coli* O157: H7 ile inoküle marul üzerine pirinç sirkesinin antimikrobiyal etkisini değerlendirmiş ve 25 °C'de beş dakika boyunca % 5 asetik asit içeren ticari sirke ile işleme tabi tutulduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, beş dakikalık sürede % 0,5 asetik asit tedavisi kullanılarak 1'den az log azalması kaydedilmiştir.

Yapılan bir çalışmada üretilen domates sirkesinin insan sağlığı üzerine faydaları görülmüştür. Domates suyu, alkol ve asetik asit fermentasyonu yapılmadan önce mekanik bir meyve sıkacağı içinde olgun domateslerin ezilmesiyle elde edilmiştir. Domates ihtiva eden ürünler, likopen, karotenoidler ve polifenol bileşikleri gibi önemli besinlerin zengin kaynaklarıdır ve bunlar insanlar için yararlı sağlık etkilerine sahip olabilmektedirler. Likopen yaşlı erkeklerin bel çevresi ve visceral yağ kütlesini azaltmada etkili bir bileşiktir. Bazı raporlarda, düzenli olarak tüketilen domates likopeninin, kardiyovasküler hastalık ve çeşitli kanser türleri riskini azalttığı

belirtilmiştir. Ek olarak, karotenoidlerin aterosklerozun önlenmesinde faydalı olduğu bilinmektedir (Lee *et al.* 2013).

Geleneksel Japon pirinç sirkesi Kurozu'nun hammaddesi olan tıraşlanmamış pirinç, pirinç tohumu ve pirinç kepeği içerir. Pirinç kepeğinde ferulik asit gibi bulunan fenolik bileşiklerin meme ve kolon kanseri hücrelerinin büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir. Ayrıca kurozu'nun, elma sirkeleri ve şaraba kıyasla üstün antioksidatif aktiviteye sahip olan etil asetatı içerdiği bildirilmiştir. Nanda vd. (2004)'nın çalışmalarına göre tıraşlanmamış (cilalanmamış) pirinçten üretilen ve pirinç kepeği içeren geleneksel Japon sirkesi olan Kurozu, insan kanser hücrelerinin büyümesini önleme kabiliyetine sahiptir (Hudson *et al.* 2000).

Shimoji vd. (2004), cilasız pirinçten yapılan bir sirke olan Kurozu'nun etil asetat ekstraktının (EK), içme suyuyla birlikte uygulanmasının azoksimetan (AOM) ile inoküle edilen sıçanlarda kolon kanserinin gelişmesi üzerine farklı etkilerini erkek F344 sıçanlarında incelemişlerdir. Hayvanlara haftada iki kez deri altından AOM enjeksiyonu yapılmıştır (20 mg/kg vücut ağırlığı). Ayrıca, sıçanlar son AOM dozajından 1 hafta sonra başlayarak, 35 hafta süreyle % 0, % 0,05 ve % 0,1 EK içeren içme suyu aldılar. EK uygulaması, sadece AOM grubundakilere kıyasla, kolon adenokarsinomunun etkisini ve çoğalmasını önemli ölçüde inhibe etmiştir. Bu bulgular EK'nin kolon kanserojenezinin inhibe edilmesinde etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, 35 hafta sonra bile EK toksisite belirtisinin olmaması önemlidir.

Kurozu'nun kan akışkanlığını arttırdığı ve hipertansiyonu önlediği gösterilmiştir (Nishikawa *et al.* 2001). Son zamanlarda Kurozu'nun, hem DPPH radikal süpürme sisteminde hem de linoleik asit otooksidasyon sisteminde diğer pirinç sirkeleri, tahıl sirkesi ve şarap sirkesinden daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bulunmuştur. Kurozu'nun EtOAc ekstraktının ayrıca farelerde cilt kanseri oluşumunu önlemede etkili olduğu bildirilmiştir (Nishidai *et al.* 2000).

Kantitatif analiz, 1 L'lik Kurosu'nun 24,8 mg DFA (dihidro ferulik asit) ve 4,68 mg DSA (dihidro sinapik asit) içerdiği bulunmuştur (Shimoji *et al.* 2002). Kurozu'nun,

diğer sirkelere göre daha DPPH radikal temizleyici faaliyet göstermesinin nedeni, diğer sirkelere göre daha yüksek konsantrasyonlarda fenolik bileşik içermesidir. DFA ve DSA, ilk kez Kurozu'dan izole edilmiş ve Kurozu'nun başlıca DPPH radikal temizleyici bileşikleri olarak tanımlanmıştır (Nishidai *et al.* 2000). DFA ve DSA, pirinç, buğday, cilasız pirinç ve diğer tahıllarda ortaya çıkan doğal antioksidanlar olarak bilinen ferulik asit ve sinapik asidin homologlarıdır (Matsuda and Kudoh 2001). Ferulik asit esas olarak bitkilerin hücre duvarlarında bulunduğu için, hücre duvarlarından gelen toplam kütlede büyük bir yüzdesinin (yaklaşık % 25) oluştuğu pirinç kepeğinin, önemli miktarda ferulik asit içerdiği bulunmuştur. Kurozu pirinç kepeği içermesi ve cilalanmamış pirinçten yapılmasına rağmen, nicel analizle DFA'dan çok daha az ferulik asit içerdiği kanıtlanmıştır. Böylece ferulik asidin fermantasyon işlemi yoluyla DFA olarak değiştirilebileceği varsayılmıştır (Harukaze *et al.* 1999, Matsuda and Kudoh 2001, Shimoji *et al.* 2002).

Kıda ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada pirinç sojudan damıtma sonrası atık su (PSDS) ve bundan üretilen filtrelenmiş sirke dondurularak kurutulmuş ve AIN-93G kimyasalı ile karıştırılmıştır. Bu deneysel beslenme düzenleri *in vivo* antitümör deneyi için kullanılmıştır. Antitümör deneyi için sarkoma 180 (S-180) ve Kolon 38 tümör hücreleri kullanılmıştır. İnokülasyondan yedi gün sonra, farelere deneysel diyet uygulanmış ve tümör boyutu, vücut ağırlığı ve hayatta kalma oranları incelenmiştir. Beslenmede belirli oranlarda kullanılan RSDS ve bundan üretilen sirke, tümör büyümesini baskı altına almış böylece RSDS veya sirke ile beslenen fareler, kontrol grubundan anlamlı olarak daha küçük boyutlu tümörlere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca S-180 veya Colon 38 taşıyan tümör model farelerinin ömrünün uzadığı da tespit edilmiştir. PSDS ve sirke, NK sitotoksik aktivitesini uyarmıştır. Böylece, PSDS ve sirke antitümör aktivitesi NK hücreleri gibi aktive edilmiş immünoisitlerin etkisine bağlı olabileceği düşünülmektedir (Seki *et al.* 2004).

Fushimi vd. (2006), gıdalardan elde edilen diyet asetik asidinin % 0,3'ünün, serumdaki kolesterol ve trigliserit seviyelerinin düşürülmesine yardımcı olabileceğini bildirmiştir. Asetik asidin ayrıca lipid homeostazisini arttırdığı ve *in vivo* olarak kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olduğu bildirilmiştir.

Ayrıca, elma sirkesinin düzenli olarak alındığında vücuttaki pH seviyelerini dengeleme yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Jaffe and Brown 2000).

Yiyeceklerde, bazı mikroorganizmaların veya bunların bileşenlerinin konakçı bağışıklık sistemini modüle ettiği bildirilmiştir (Wichers 2009). Örneğin *Lactobacillus* veya *Bifidobacterium* gibi probiyotik bakterilerin alerjilere karşı koruyucu etkileri olduğu düşünülmektedir. Bu organizma konakçı sitokin üretimini modüle eder ve T hücre alt gruplarının dengesini bozar. Buna ek olarak, yumurta, yosun veya mayadan gelen β -glukanlar, alerjiyle ilgili semptomları hafifletir, hücre aracılı bağışıklığı uyarır veya enfeksiyon direncini artırır. Buğday ile ilişkili bakterilerin hücre duvarlarında bulunan lipopolisakkaritler (LPS), hiperlipidemi, mide ülseri, diyabet, alerji ve kanser gibi çeşitli bozuklukları iyileştirmek için konakçı makrofaj ağını modüle eder. Bu nedenle, eğer sirke içinde mikrobiyal bileşenler mevcutsa, konak bağışıklık modülasyonuna katkıda bulunabilirler (Konishi *et al.* 2006).

Sugiyama vd. (2009), asetik asit bakterileri'nin oral alımının, orta şiddette egzersiz sonrası kas iltihabının iltihaplanma ile hafifletilmesinde yararlı olduğunu ileri sürmüştür.

Ayrıca sirkenin sağlık üzerine yararlı etkilerinin yanısıra diğer kullanım alanlarındaki etkilerine bakılacak olursa Baimark and Niamsa'ya (2009) göre, sirke doğal kauçukta antifungal ajan olarak işlev görebilir. Doğal kauçuğun nem oranının yüksek olmasından dolayı mantarlar kolayca büyüyebilir ve bu da nihai ürünlerin kalitesini etkilediği için doğal kauçuk üretiminde büyük bir soruna neden olabilir. Ticari antifungal ajanlar son derece toksiktir ve çevre dostu değildir, bu da bazı çevresel sorunlara neden olur. Bununla birlikte, doğal kauçuk üretimi sırasında sirke eklemek bu sorunu etkili bir şekilde azaltabilir. Asetik asit ve fenolik bileşiklerin varlığı, bir çimlenme önleyici madde ve bir termitisit etki oluşturmaktadır.

Buna ek olarak, sirke, pH düşürerek güneş dezenfeksiyonu (SODIS) sistemlerinin performansını artırmak için kullanılmıştır. Bu sonuç, katalizör (sirke) seçiminin, güneş ışığını kullanarak dezenfeksiyonda düşük pH'a ek olarak önemli bir faktör olduğunu

göstermiştir (Amin and Han 2011).

Soju, esas olarak Kyushu bölgesinde üretilen bir Japon ruhudur. Yılda yaklaşık 380 000 kL soju üretilir ve aynı anda yaklaşık 480 000 kL damıtık atık su üretilir. Sadece birkaç soju üreten şirket, atık suları kurutma ile yemlere dönüştürerek ya da yakmayla işlemektedir. Soju üreten küçük ve orta büyüklükteki şirketlerin birçoğu, kurutma ve yakmanın masraflı olması nedeniyle atık suyun işlenmesinde güçlük çekmektedir. Ancak, gıda endüstrisi atıklarının azaltılması, geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması ile ilgili yasanın uygulanmasının ardından soju damıtık atık sularının azaltılması gerekmektedir. Bu şartlara dayanarak, bazı soju üretim şirketleri damıtık atık sularının geri dönüşümü için bir grup oluşturmuşlardır. Bazı gruplar metan fermantasyonuyla bir termal geri dönüşüm sistemi kullanırken, diğerleri ise yemlere dönüştürerek bir geri dönüşüm malzemesi olarak kullanmaktadır. Soju damıtık atık suları, hammadde, koji ve mayadan kaynaklanan birçok bileşen içerir. Bu bileşenlerin çeşitli fizyolojik faaliyetlere sahip olması beklenmektedir (Morimura *et al.* 2002).

2.5 Pirinç ve Pirinç Sirkesi

Pirinç, muhtemelen insan beslenmesinin en önemli kaynağıdır. Dünyadaki insanların yarısından fazlası için pirinç onların temelidir. Kabaca üç gruba ayrılan birkaç bin pirinç çeşidi vardır; kısa, uzun ve orta boy taneli olanlardır. Japon mutfağında ve özellikle suşi hazırlanmasında, sadece kısa taneli pirinç kullanılır. Pirinç şarabı (sake) ve pirinç sirkesi pirinçten yapılan diğer önemli ürünlerdir (Mouritsen 2009).

Pirinç sirkesi, Çin, Japonya ve Kore'de kullanılan geleneksel bir baharat çeşididir. Pirinç sirkesi fermente pirinç şarabından yapılır (Japonca sake). Pirinç sirkesi için fermantasyon yöntemleri geleneksel bir statik yöntem ve son zamanlarda geliştirilen sürekli kültür ve parti kültür yöntemlerini içerir. Çin ve Japon pirinç sirkeleri, Batı sirkelerinden biraz daha hafif ve daha tatlıdır (Murooka *et al.* 2009).

En geleneksel pirinç sirkelerinden biri, Japonya'daki Kagoshima vilayetinin doğu bölgesinde yer alan Fukuyama-cho'da 1800'lerden beri imal edilmektedir. Bu tür pirinç

sirkesi seramik bir tencerede üretilir ve ürünün kehribar rengi nedeniyle “siyah pirinç sirkesi” (Japonca kome-kurozu) olarak adlandırılır. Fermente işlemi tamamen benzersizdir, yani işlemin tamamı (yani sakkarifikasyon, alkol fermantasyonu ve asetik asit fermantasyonu), aynı sıcaklıkta kendiliğinden ilerler, bu da özel sıcaklık ve havalandırma koşullarının sabitlenmesi gibi herhangi bir kontrol olmadan açık havada gerçekleştirilir. Başlangıç malzemesi olarak haşlanmış pirinç, su ve pirinç koji kullanılır. Fermantasyon işlemi sırasında ek mikroorganizma gerekmemektedir. Bu tip sirke için kullanılan pirinç, mineraller, vitaminler ve proteinler içeren kepek katmanlarının çoğunu korumak için yumuşak bir şekilde cilalanmıştır. Pot fermantasyonu, yılda iki mevsim boyunca, yani ilkbahar veya sonbaharda gerçekleştirilir. Fermantasyon işlemi üç ila beş ay içinde tamamlanır, ardından fermente edilen sıvı bir yıldan uzun süre olgunlaştırılmaktadır (Haruta *et al.* 2006).

Pirinç sirkeleri, Çin'de ve Japonya ve Kore'de dahil olmak üzere benzer bir kültürü paylaşan bazı komşu ülkeler arasında popülerdir. Pirinç sirkeleri pirinç şarabından asedik aside kadar fermente edilir. Çin tarihinde Zhou dönemine (MÖ 221-1027) dayanan sirke üretim kayıtları bulunmuştur. Çin'in tarihinde sirke oluşumu için öncelikle şaraplar, ilk olarak meyvelerden, daha sonra pirinç türevlerinden türetilmiş olabileceği tahmin edilmektedir (Murooka *et al.* 2009).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Araştırmada kullanılan Osmancık Pirinci Çorum Osmancık ilçesinden temin edilmiştir. Ayrıca pirincin şeker oranına ilave olarak gerekli alkolün oluşması ve yeterli asitliğin sağlanması için ilave şeker kaynağı olarak doğal bal kullanılmıştır. Örneklerin sirkeleşmesinde fermantasyon için gerekli olan sirke anası Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren özel bir firmadan temin edilmiştir. Sirkelerin kurulma aşaması ve analizlerin takibi Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Analiz Laboratuvarında yapılmıştır.

3.2 Sirkelerin Elde Edilmesi

Araştırma sürecini yürüttüğümüz bu çalışmada sirke kurulum hammaddesi olarak Osmancık Pirinci kullanılmıştır. Aynı parametrelerin farklı türlerdeki değerlerini kıyaslamak üzere sirke kurulumunda tek çeşit Osmancık Pirincinin üç farklı formu olan; kavuzundan ayrılmış fakat herhangi bir tıraşlamaya tabi tutulmamış esmer pirinç, sofralık tip olarak kullanılan, tıraşlama işlemi uygulanmış beyaz pirinç ve esmer pirincin tıraşlama prosesinde oluşan pirinç tıraşı atıkları kullanılmıştır. Beyaz, esmer pirinç ve pirinç tıraşından iki numune olmak üzere paralelli çalışılmış ve açık ve kapalı üretim yöntemleriyle toplam altı adet sirke kurulmuştur. Pirinçler ve pirinç tıraşı, toz vs. yabancı maddelerinden temizlenmek üzere içilebilir nitelikte çeşme suyu ile yıkanarak, varsa sap, kavuz gibi parçacıklarından ayıklanmıştır.

Oda sıcaklığında 5'er litrelik cam kavanozlara beyaz ve esmer pirinçten 720 g, pirinç tıraşından 800 g eklenmiş üzerine şeker kaynağı olarak baldan % 0,8 ilave edildikten sonra kavanozlar üst kısımda bir miktar boşluk kalacak şekilde içilebilir suyla tamamlanmış ve sonrasında % 1,5 oranında sirke anası ve % 1 oranında *Saccharomyces cerevisiae* mayası ilave edilerek kurulumu tamamlanmıştır. Daha sonrasında pirinçler ve pirinç tıraş artığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' deki oda koşulunda alkol fermantasyonuna bırakılmıştır. Şişelerin ağzları alkol oluşum sürecinde anaerobik koşulların sağlanması için sirke

sinekleri veya herhangi bir yabancı maddenin de girmemesi için, kabın ağzı temiz bir tülbent ile kapatılmıştır. Yirmi bir gün boyunca her gün karıştırılarak havanın değişimi sağlanmıştır. Alkol fermantasyonu esnasında haftada bir kez numune alınarak alkol, toplam asitlik ve pH tayinleri yapılarak fermentasyonun seyri takip edilmiştir. Yirmi bir günlük alkol fermantasyonunun ardından süzme işlemi yapılmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra tortu ve sulu kısım tekrardan cam kavanozlara konulmuş ve ortamın sıcaklığı $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ arasına ayarlanarak ve iki paralel olarak hazırlanan numunelerimizin her birinin bir tanesinin ağzı sıkıca hava almayacak şekilde kapatılmış diğer kavanozlar ise bir hortum ile sirkeleşecek sıvının hava alması sağlanacak şekilde bir frenleme sistemi kurularak kapatılmıştır böylece asetik asit fermentasyon süreci başlatılmıştır.

Asetik asit fermantasyonunun seyri belirli aralıklarla alınan örnekler üzerinden alkol, toplam asitlik ve pH tayini yapılarak izlenmiştir. Örneklerde alkol içeriği ulaşılması beklenen asitlik değerine yaklaşıldığında alkol testi de yapılarak % 0,5'e (v/v) alkol kaldığında fermantasyona son verilmiştir. Üç ayın sonunda sirkeleşme tamamlanmıştır. Fermantasyon sonrası elde edilen sirkeler Karbon filtreden geçirilerek süzülmüştür. Oluşan sirkeler cam şişelere konularak buzdolabında 4°C 'de dinlendirmeye alınmıştır.

3.2.1 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Sirke kurulumu için kullanılan hammadde pirinç örneklerine uygulanan analizler, mineral madde tayini, toplam fenolik içeriği, antioksidan aktivite tayini, pH, suda çözünür kuru madde (brix), toplam asitlik (titrasyon asitliği), renk, toplam kuru madde ve kül miktarı analizidir. Sirkelerde ise bunlara ilaveten uygulanan analizler; yoğunluk, iletkenlik, alkol ve duyu analizi.

3.2.1.1 pH Analizi

Hanna pH-221 cam elektrotlu dijital pH metre ile pirincin farklı formlarından hazırlanan sirke ve hammadde örneklerinden homojen olarak 10 mL alınmış ve pH metre probu bu örneklere daldırılmıştır. pH metre ekranındaki değer sabitlendikten sonra, örneklere ait

20 °C’de ölçülmüş pH değerleri kaydedilmiştir.

3.2.1.2 Toplam Asitlik Analizi

Toplam asitlik analizi, 10 mL alkollü sıvı (ilk üç hafta) veya sirke örneği üzerine 20 mL saf su eklenmiş ve pH’sı 8,2 oluncaya kadar 0,1 N NaOH ile titre edilerek belirlenmiştir. Sonuçlar asetik asit cinsinden g/100 mL olarak verilmiştir (Ünal 2007).

3.2.1.3 Suda Çözünür Kuru Madde (Brix) Tayini

Suda çözünen toplam kuru madde (brix) tayini için pirinç sirkesi örnekleri oda sıcaklığında Atago PAL1 (Pocet Refractometer, Japonya) digital refraktometre ile belirlenmiştir. Değerler % brix olarak ifade edilmiştir (Kırca *et al.* 2007).

3.2.1.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü

Kondaktivite için pirinç sirkesi örnekleri Sension 5 model, (Hach, CO, ABD) el kondaktivitesi yardımı ile ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak belirtilmiştir.

3.2.1.5 Renk Tayini

Renk analizi, Konika Minolta (Chroma meter CR-400) cihazı ile CIE LAB sistemi kullanılarak yapılmış ve sonuçlar L* (100: beyaz, 0: siyah), a* (+: kırmızı, -: yeşil) ve b* (+: sarı, -: mavi) değerleri olarak verilmiştir (Rommel *et al.* 1990). Homojenize edilmiş sirke ve hammadde örneklerinden 20 g alınarak bir cam kabın içine konulmuş ve ölçümleri yapılmıştır.

3.2.1.6 Alkol Tayini

Sirke oluşum süreci boyunca ilk bir ay her hafta, sonraki iki ay ayda bir olmak üzere

alkol ölçümü alkolimetre cihazı (alkolimetre 0-100 derece arası-Cam Alkol Seviyesi Ölçer- Uzun Form thr237) ile sirkelere daldırmak suretiyle cihaz üzerinde okunan değer kaydedilmiştir.

3.2.1.7 Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayini sirke örneklerinde 20 °C'de piknometrik yöntemle tayin edilmiştir (Kılıç 1976).

3.2.1.8 Toplam Kuru Madde Tayini

Kuru madde için tartım yapılacak kaplar, sıcaklığı 105 °C `ye ayarlı etüvde en az iki saat tutularak sabit tartıma getirilmiştir. Desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra, hassas terazide 0,001 g hassasiyetle daraları alınmıştır. Homojen hale getirilen sirke örneklerinden ve hammaddelerden yaklaşık 5 g kuru madde kaplarına tartılmış ve 105 °C `de son iki tartım arasındaki fark 0,002-0,003 g oluncaya kadar kurutulmuştur. Kuru madde kapları desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra hassas terazi (Mettler Toledo, AB204, İsviçre) ile tartılmıştır. Sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2000).

3.2.1.9 Kül Tayini

Kül krozeleri 105 °C sıcaklıktaki etüvde en az iki saat tutularak sabit tartıma getirilmiş sonrasında desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuş ve 0,001 g hassasiyetle daraları alınmıştır. Krozelerin içerisine homojen hale getirilmiş pirinçler ve pirinç tıraş artığından yaklaşık 3 g, sirkelerden yaklaşık 5 mL tartılmıştır. Kül fırınında meydana gelebilecek sıçrama ve taşmaları önlemek için 105 °C`deki etüvde sirke örnekleri 10-12 saat kurutulmuştur. Pirinçler ve tıraş artığının üzerine ise kül fırınına alınmadan önce tüm yüzeyini ıslatacak şekilde etil alkol eklenmiştir. Kroze kül fırınına alındıktan sonra sıcaklık kademeli olarak arttırılmış ve örnekler 525 °C`de gri-beyaz bir kül rengi elde

edilinceye kadar yakılmıştır. Desikatöre alınarak oda sıcaklığına soğutulan krozeler tartılmış ve sonuçlar hesaplanmıştır (AOAC 2000).

3.2.1.10 Mineral Madde Analizi

Kurutulmuş numunelerin asit eşliğinde parçalanması için markası CEM MARS 6 olan mikrodalga yakma ünitesi kullanılmıştır. Numunelerde bulunan metal konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla Spectro Spectro Blue markalı SOPModel ICP-OES Cihazı kullanılmıştır. Bu yöntem metallerin plazmada atomlaşması ve plazma ışığının emisyonunun ölçülmesine dayanmaktadır. Argon gazı bir radyo frekans halkasının içerisinden geçirilerek plazma oluşturur. Plazma sıcaklığı 6000K ile 8000K arasında değişmektedir. Nebulayzerde aerosolleştirilerek plazmaya verilen numuneler, ICP ye verilmeden önce asit ve sıcaklık yardımıyla yakılır. Bu yakma işlemi için mikro dalga yakma ünitesi kullanılır. Pirinç numunelerinin asitle parçalanması için 0,5 g pirinç örneğinden tartılır üzerine 10 mL nitrik asit eklenir. Sirkelerin asit ile parçalanması için 5mL sirke, 5 mL nitrik asit ve 2,5 mL hidrojen peroksit kullanılır. Tüm bu analizler sırasında teflon mikrodalga tüpleri kullanılmaktadır (Fu *et al.* 2013).

3.2.1.11 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemin ilkesi, fenolik bileşiklerin alkali ortamda Folin-Ciocalteu ayracını indirgemesi ve kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü bir redoks reaksiyonuna dayanmaktadır. Folin ayracı ile muamelenin sonucu oluşan mavi renk, spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda şahide karşı okunmuştur. Örnekte ölçülen absorbans değerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı, gallik asit ile hazırlanmış olan standart kurvenin denkleminde hesaplanmıştır. Daha sonra aynı şekilde hazırlanan şahide karşı spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208) 720 nm'de absorbansı saptanmıştır. Örneklerdeki fenolik madde içeriği gallik asit kullanılarak hazırlanan standart eğriden hesaplanmıştır. Toplam fenolik bileşik miktarı; pirinç hammadde ve pirinç sirkelerinde

"mg gallik asit/L ve mg gallik asit/g" cinsinden belirlenmiştir (Singleton and Rossi 1965).

3.2.1.12 Antioksidan Aktivite Tayini

Bu yöntem, stabil bir serbest radikal olan DPPH'nin indirgenmesine dayanmaktadır. DPPH'nin tek elektronundan dolayı, 517 nm'de (mor renk) maksimum bir emilim verir. Antioksidan DPPH ile reaksiyona girer ve radikalın tek elektronu eşleştirilir. Renk bozulma derecesi, antioksidan ekstraktının temizleme potansiyellerini gösterir. Bu reaksiyon, bileşiklerin serbest radikal temizleyicileri olarak hareket etme kabiliyetini test etmek ve yiyeceklerin ve bitki özütlerinin antioksidan aktivitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmıştır (Xu *et al.* 2007).

2,2-difenil-1-pikril-hidrazil (DPPH) radikali fenolik antioksidanların aktivitesi üzerine kullanılan ilk sentetik radikallerden biridir (Blois 1958). DPPH yöntemi meyve ve sebze suları ve ekstraktlarının antioksidan kapasitesinin hesaplanmasında daha kolay bir yöntemdir (Sánchez-Moreno *et al.* 2003).

Antioksidan aktivite tayininde, Molyneux (2004) tarafından kullanılmış olan yöntemden yararlanılmıştır. DPPH (2,2-difenil-1-pikril hidrazil) yöntemi ile antioksidan aktivite tayini, mor renkli stabil bir bileşik olan DPPH radikalının, test bileşiği ile reaksiyonu sonrası indirgenmesiyle, renkte meydana gelen azalmanın spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda ölçülmesine dayanmaktadır.

Yoğun mor renkli DPPH radikal çözeltisi, antioksidan aktiviteye sahip örnek ile karıştırılınca, yoğun mor renk kaybolmakta ve indirgenme sonucu sarı renk oluşmaktadır. Yöntemde metanolla seyreltilen örnekler DPPH çözeltisi ile muamele edilmiş, otuz dakika oda sıcaklığında, karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin ve kontrol örneğinin absorbansı 517 nm dalga boyunda spektrofotometre (Shimadzu UV-1208) ile okunmuştur. Sonuçlar troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.1.13 Duyusal Analiz

Asetik asit, sirke içindeki ana aroma bileşimidir. Bununla birlikte, diğer uçucu bileşiklerin ayrıca genel sirke aroması üzerinde önemli bir etkisi vardır. Gıda kalitesi ve kabulünün en önemli belirleyicilerinden biri olan aroma, yüksek miktarlarda uçucu bileşiklerin sonucudur. Sirke aroması, hammaddelerden, fermantasyon sırasında oluşan bileşiklerden, hammaddelerdeki doğal bileşiklerden ve fermantasyon işleminin tipinden etkilenmektedir. Çeşitli bilim insanları, fermantasyon sürecinin sirkelerin organoleptik nitelikleri, özellikle de nihai aroması için önemini ortaya koymuşlardır (Morales *et al.* 2001a, 2002, Callejón *et al.* 2009).

Açık ve kapalı yöntemle üretilen sirke örneklerinin duyusal analizi Afyon Kocatepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizde, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, yüksek lisans, doktora öğrencilerinden oluşturulan 12 panelist yer almıştır. Sirke örneklerinin lezzet profil analizi değerlendirilmiş, en beğenilen örnekler seçilmiştir. Lezzet profil analizi değerlendirmesi 12 üzerinden puanlama yapılmıştır. Lezzet profil analiz testi ile örneklerin özellikleri renk, aroma, görünüş, koku ve genel beğeni üzerinden belirlenmiştir. Tıraşlanmış, tıraşlanmamış pirinç ve pirinç tıraşından hazırlanan sirke içeceklerinin lezzet profil analizi Ek-1'de verilmiştir. Örnekler panelistlere plastik bardaklarda 120 mL su ve kraker ile soğuk olarak servis yapılmıştır (Budak 2010).

3.2.2 İstatistiksel Analiz

Pirinç sirkesi araştırmasında analizler iki tekerrürlü olarak yapılmış ve her tekerrür için de iki paralel olarak uygulanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçları SPSS 18.0 (SPSS Inc) istatistik paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sirke örneklerinin analizlerinden elde edilen veriler şansa bağlı blokları deneme planında varyans analizi tekniği uygulanarak değerlendirilmiştir. Farklılık görülen gruplarda ise farklılığın hangi düzeyde olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir.

4.BULGULAR

4.1 Çalışmada Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri

Araştırmada kullanılan hammadde ve sirke örneklerinin kısaltmaları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Sirke örnekleri ve hammaddelerin kısaltma açıklamaları.

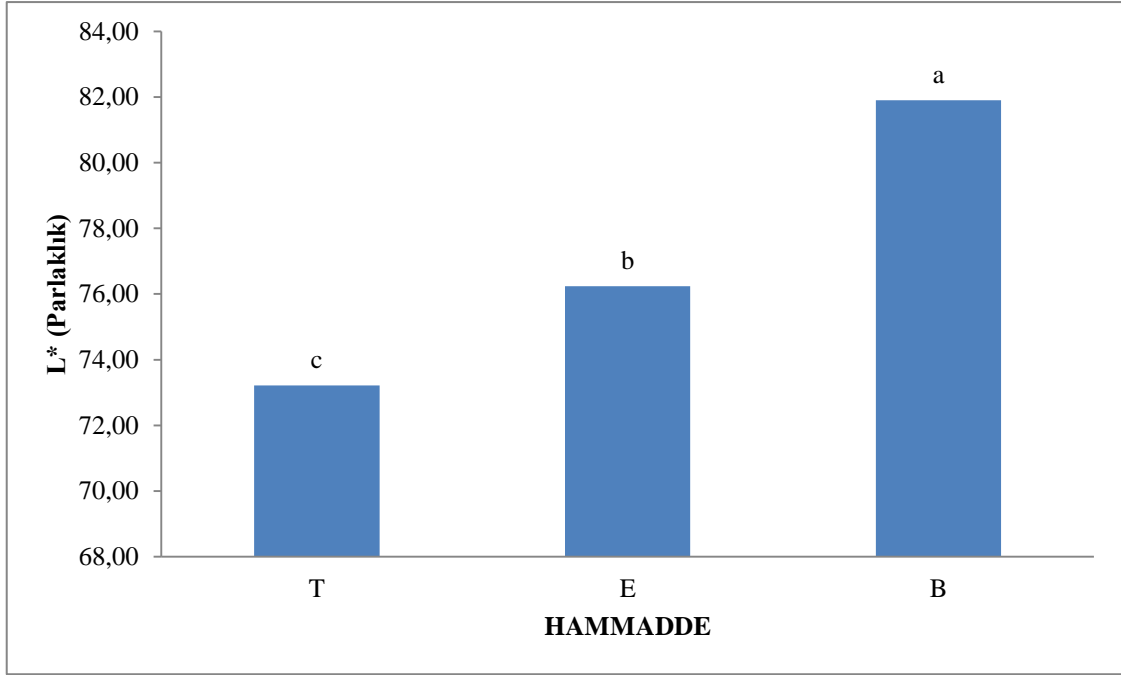
T	Pirinç tıraşı
E	Tıraşlanmamış pirinç (esmer pirinç)
B	Tıraşlanmış pirinç (beyaz pirinç)
BAS	Açık yöntemle üretilen tıraşlanmış (beyaz) pirinç sirkesi
BKS	Kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış (beyaz) pirinç sirkesi
EAS	Açık yöntemle üretilen tıraşlanmamış (esmer) pirinç sirkesi
EKS	Kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmamış (esmer) pirinç sirkesi
TAS	Açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi
TKS	Kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi

Bu araştırmada, kullanılan hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.2’de, renk özellikleri ise Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3 ‘de verilmiştir.

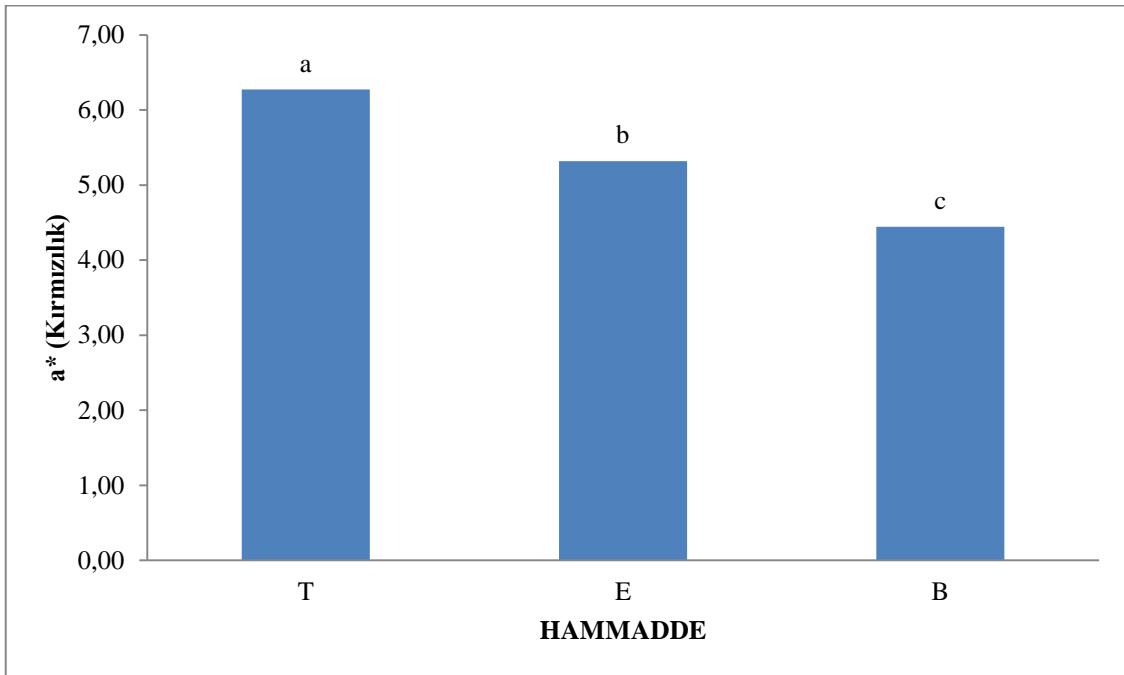
Çizelge 4.2 Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri*.

Hammadde	% Asitlik	pH	% KM	% Kül	% Brix	Antioksidan Kapasite (mg/g)	Fenolik Madde (µg/g)
T	1,60a	5,60b	91,07a	11,48a	20,55a	298,58a	15,22a
E	0,16b	6,08a	90,55b	4,52b	4,01b	253,57b	5,87b
B	0,06b	6,17a	89,85c	3,72c	5,05b	15,00c	4,31b

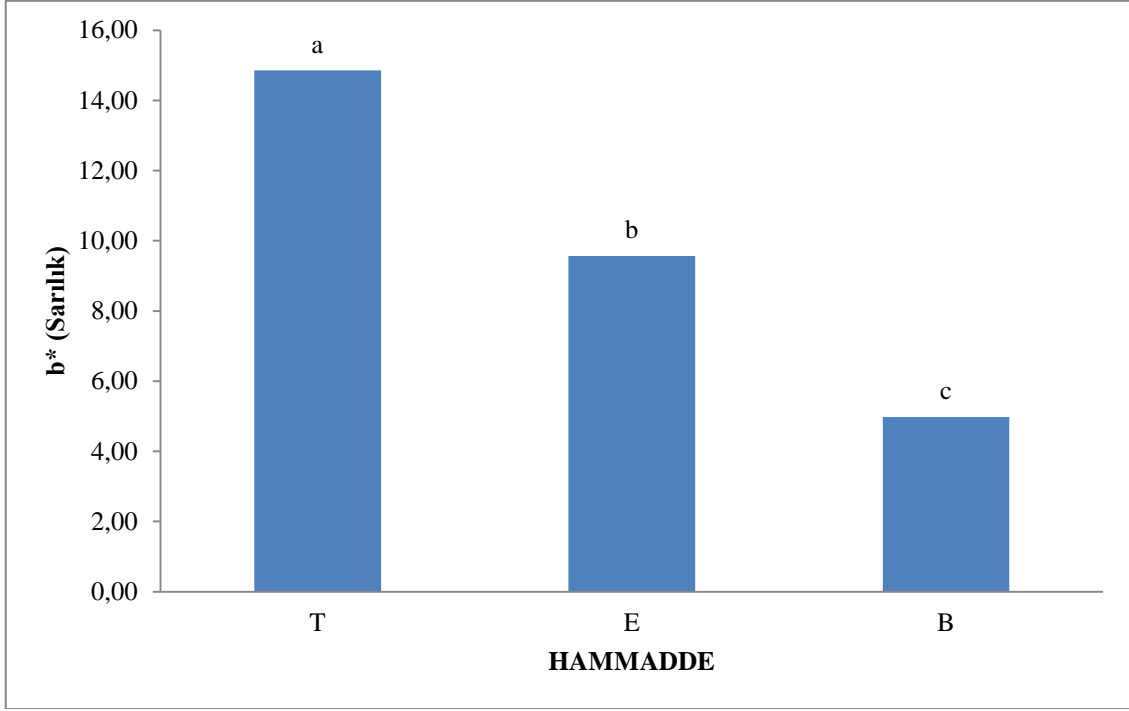
^{a-g}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



Şekil 4.1 Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin L* (parlaklık) değerleri.



Şekil 4.2 Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin a* (kırmızılık) değerleri.



Şekil 4.3 Sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin b* (sarılık) değerleri.

4.2 Sirke Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri

Çizelge 4.3 Sirke örneklerine ait kimyasal analiz varyans analiz sonuçları (P *Değeri).

Faktör	% KM	pH	% Asitlik	% Brix	% Alkol	% Kül	İletkenlik (mS/cm)	Yoğunluk (g/cm ³)	Antioksidan Kapasitesi (mg/mL)	Toplam Fenolik (µg/mL)
Sirke Çeşidi (S)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fermentasyon Zamanı (Z)	0,199	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,339	0,751	0,258	<0,0001	<0,0001
S X Z	0,043	0,049	0,935	0,954	0,478	0,978	1,000	0,498	0,300	0,640

0,01<p<0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001<p<0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı.

p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

NOT: varyans tablosunun yorumlanması:

Varyans Tablosu 0,05 üstünde değerler istatistiksel olarak önemsizdir. Örneğin Kurumadde analizinde ve pH analizinde S x Z interaksyonu istatistiksel olarak önemsizdir.

1. Varyans analiz sonuçlarına göre, sirke örneklerinin pH değerleri üzerine sirke çeşidi ve fermentasyon zamanının önemli düzeyde etkisi olduğu (P<0,0001) sirke çeşidi x fermentasyon zamanı interaksyonunun (etkileşiminin) de istatistiksel olarak bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).
2. Varyans analiz sonuçlarına göre, sirke örneklerinin asitlik değerleri üzerine sirke çeşidi ve fermentasyon zamanının önemli düzeyde etkisi olduğu (P<0,0001) sirke çeşidi x fermentasyon zamanının (etkileşiminin) ise önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).

Çizelge 4.4 Sirke örneklerinin fermentasyon aşamasındaki pH ve asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları (P *Değeri).

Faktör	pH	Asitlik	Alkol
Sirke Çeşidi (S)	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fermentasyon zamanı (Z)	<0.0001	<0.0001	<0.0001
S X Z	<0.0001	<0.0001	0,880

p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı.

4.2.1 Fermentasyon Sırasında Örneklerin pH ve % Asitlik Değerleri

Sirke örneklerinin fermentasyon süresi boyunca pH değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. 7, 14, 21 ve 28. günlere ait pH değişimleri sırasıyla Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Sirke örneklerinin fermentasyon aşamasındaki % asitlik değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

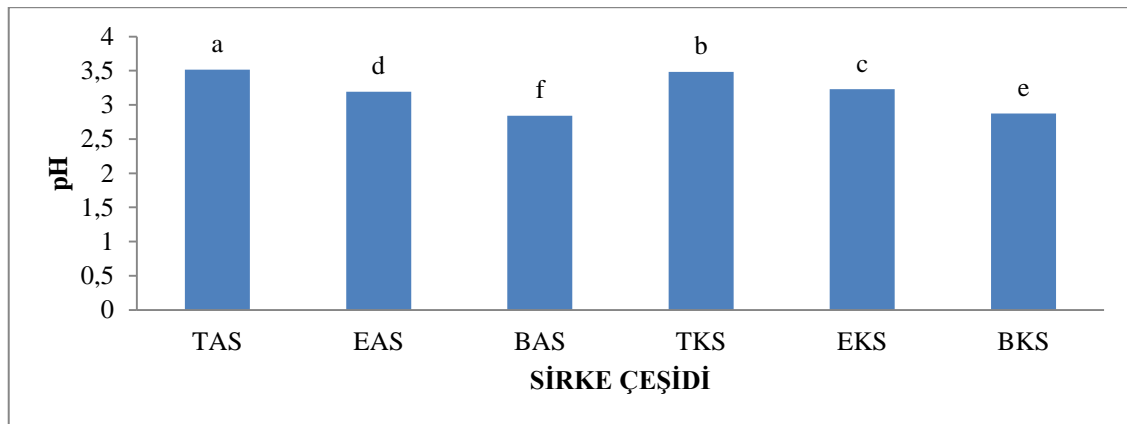
Çizelge 4.5 Sirke örneklerinin fermentasyon aşamasındaki pH değerleri.

Sirke Tipi	Zaman (Gün)			
	7	14	21	28
TAS	3,30Da	3,40Ca	3,46Bb	3,91Aa
EAS	3,02Dc	3,10Cc	3,19Bc	3,47Ad
BAS	2,9Af	2,80Be	2,79Bd	2,89Ae
TKS	3,25Db	3,35Cb	3,49Ba	3,86Ab
EKS	3,00Dd	3,09Cc	3,19Bc	3,64Ac
BKS	2,92Be	3,00Ad	2,79Cd	2,80Cf

^{a-l}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

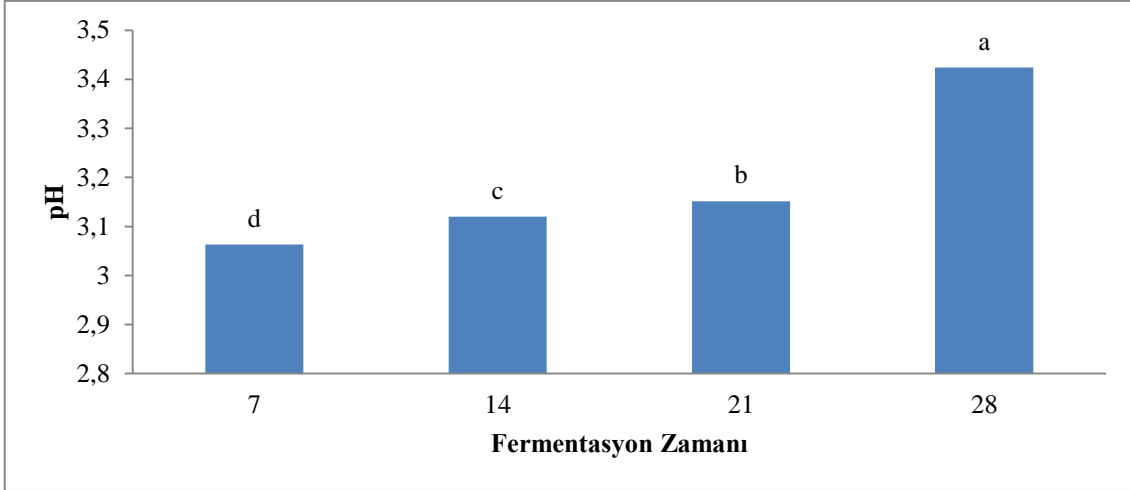
^{A-D}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

NOT: küçük harfler aşağıya doğru 0. Günde vs örneklerin farkının önemi belirtir. Büyük harfler ise örneklerin zaman içindeki değişim önemini gösterir.



Şekil 4.4 Fermentasyon sırasında kullanılan hammaddenin ve kullanılan metodun sirke örneklerinin pH değerleri üzerine etkisi.

^{a-d} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



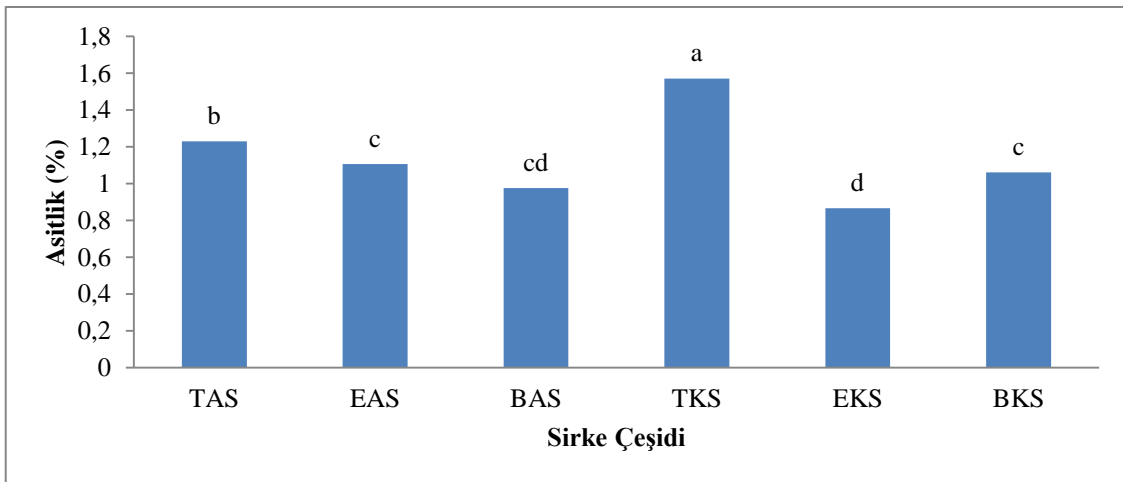
Şekil 4.5 Fermentasyon zamanının sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkisi.
^{a-d} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

Çizelge 4.6 Sirke örneklerinin fermentasyon aşamasındaki % asitlik değerleri.

Sirke Tipi	Zaman (Gün)			
	7	14	21	28
TAS	1,36Ba	1,49Aa	1,51Aa	1,36Bb
EAS	1,15ABb	1,08Bd	1,16ABc	1,23Abc
BAS	0,73Cc	1,27Ac	1,27Ab	1,09Bcd
TKS	1,41Ca	1,38Cb	1,54Ba	1,68Aa
EKS	1,13Ab	1,09Ad	1,13Ac	0,96Bd
BKS	0,79Cc	1,06Bd	1,12ABc	1,22Abc

^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-D}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.6 Fermentasyon sırasında kullanılan sirke örneklerin asitlik değerleri.
^{a-1} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.1.1 Sirke Örneklerinin pH Değerleri

Sirke örneklerinin 30. ve 60. Gündeki pH değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

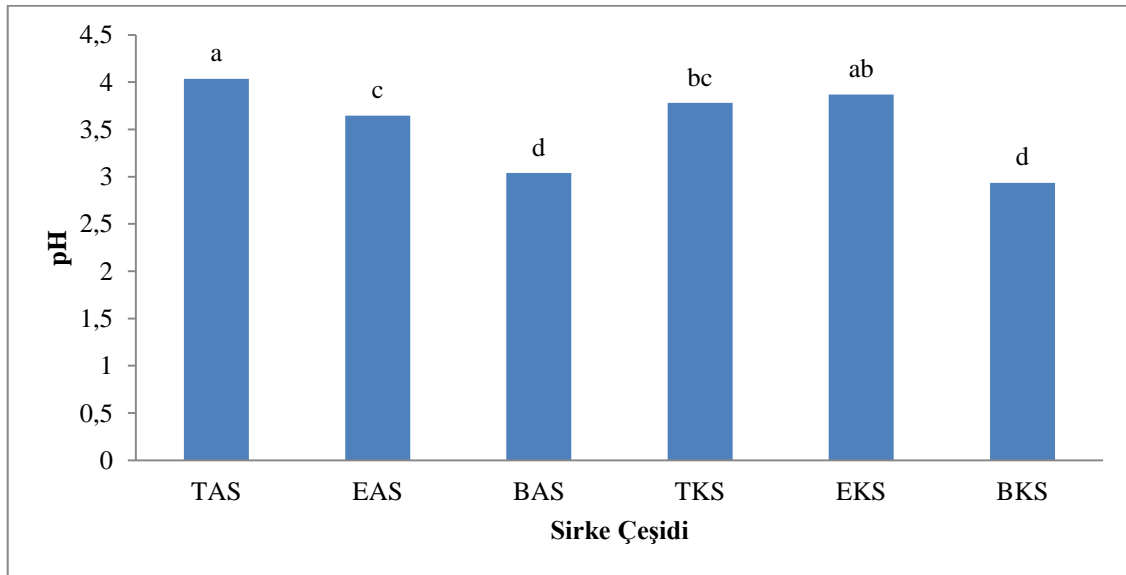
Kullanılan hammaddelerin pH üzerindeki etkisi Şekil 4.7 üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Sirke örneklerinin pH değerleri.

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	3,91	4,16
EAS	3,47	3,82
BAS	2,89	3,19
TKS	3,86	3,70
EKS	3,64	4,10
BKS	2,80	3,07

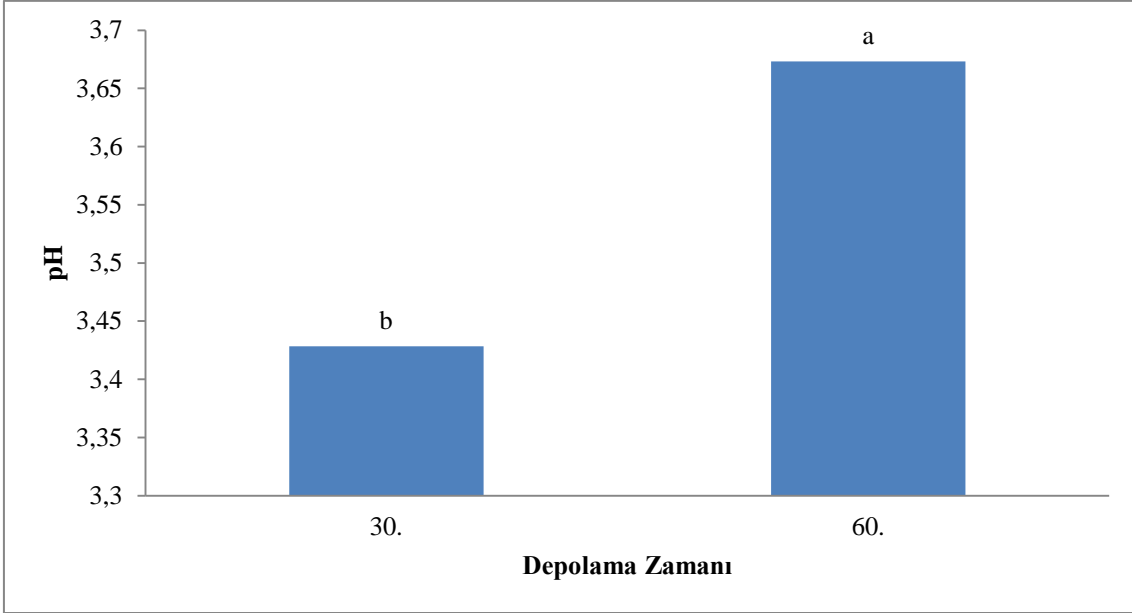
^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.7 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkisi.

^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.8 Depolama zamanının sirke örneklerin pH değerleri üzerine etkileri.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.1.2 Sirke Örneklerinin % Asitlik Değerleri

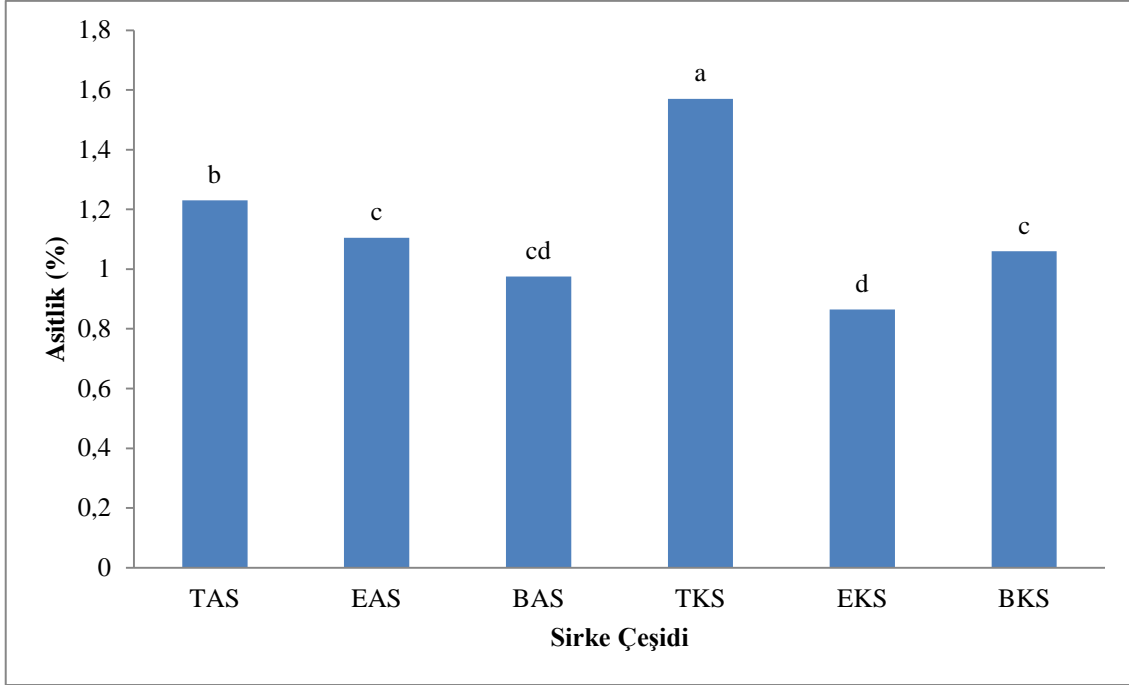
Sirke örneklerinin % asitlik değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sirke örneklerinde depolama zamanının % toplam asitlik (titrasyon asitliği) değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.8 Sirke örneklerinin % asitlik değerleri.

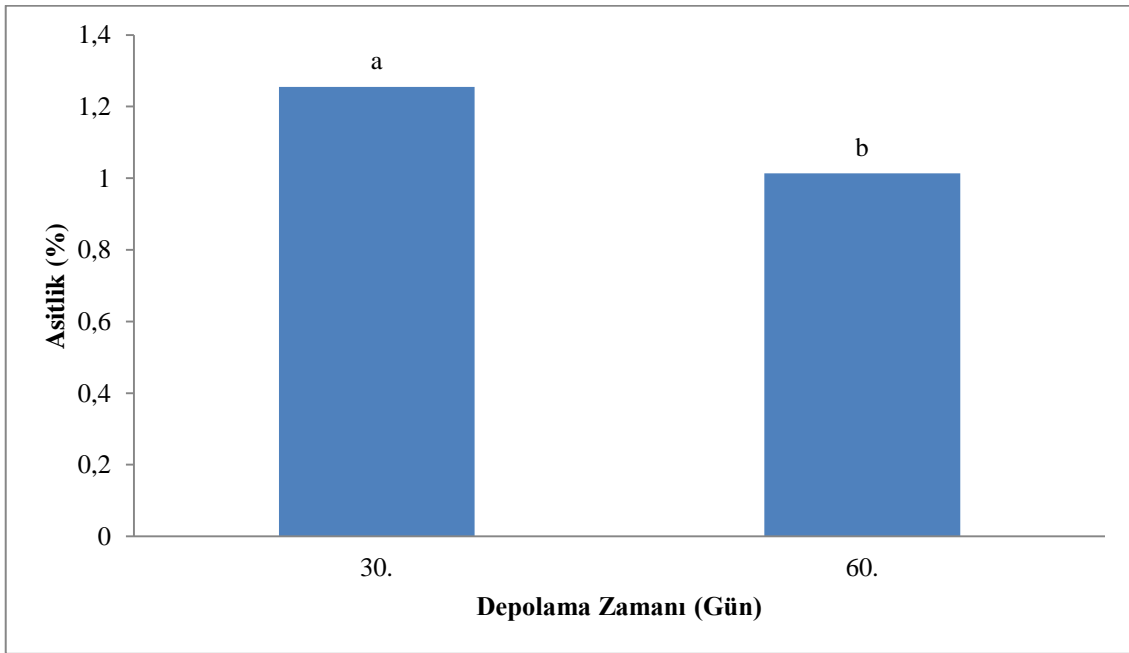
Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	1,36Ab	1,10Bb
EAS	1,23Abc	0,98Bb
BAS	1,09Acd	0,86Bb
TKS	1,68Aa	1,46Ba
EKS	0,95Ad	0,78Bb
BKS	1,22Abc	0,90Bb

^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.9 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % asitlik değerleri üzerine etkisi.
^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.10 Depolama zamanının sirke örneklerin % asitlik değerleri üzerine etkileri.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.2 Suda Çözünür Kuru Madde (Brix) Tayini

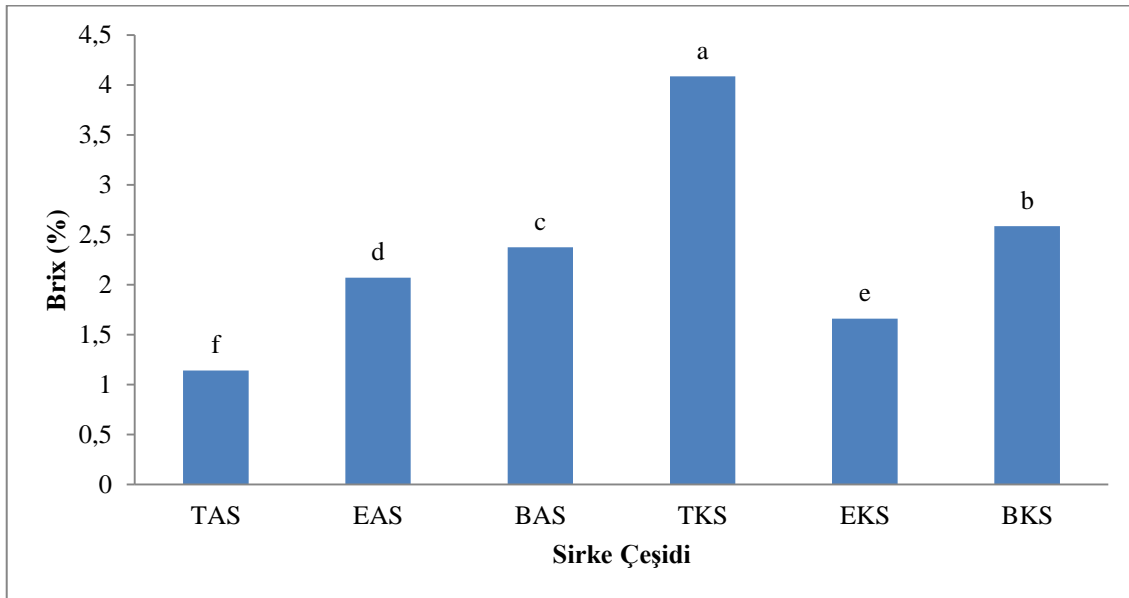
Sirke örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Kullanılan hammaddelerin suda çözünen kuru madde üzerine etkisi Şekil 4.11’de verilmiştir. 30. ve 60. Gün depolama sürelerinin brix üzerine etkisi Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Sirke örneklerinin % suda çözünür kuru madde (% brix) değerleri.

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	1,11Af	1,14Af
EAS	2,06Ad	2,08Ad
BAS	2,33Ac	2,42Ac
TKS	4,03Aa	4,14Aa
EKS	1,63Ae	1,69Ae
BKS	2,55Ab	2,62Ab

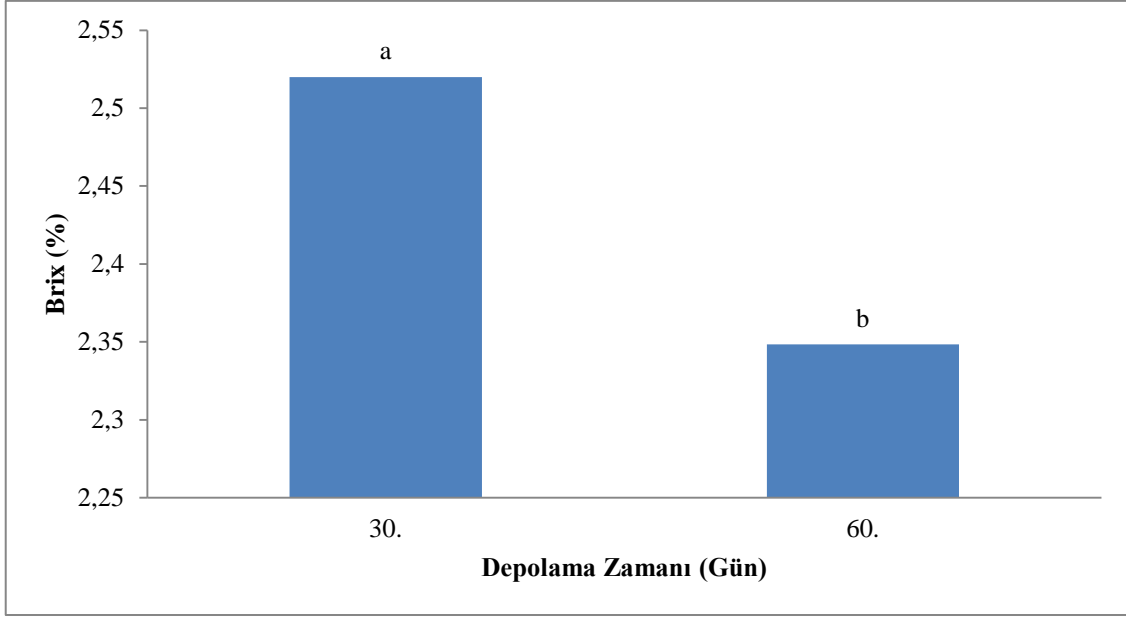
^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.11 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % suda çözünür kuru madde değerleri üzerine etkisi.

^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.12 Depolama zamanının sirke örneklerin % suda çözünür kuru madde üzerine etkileri.

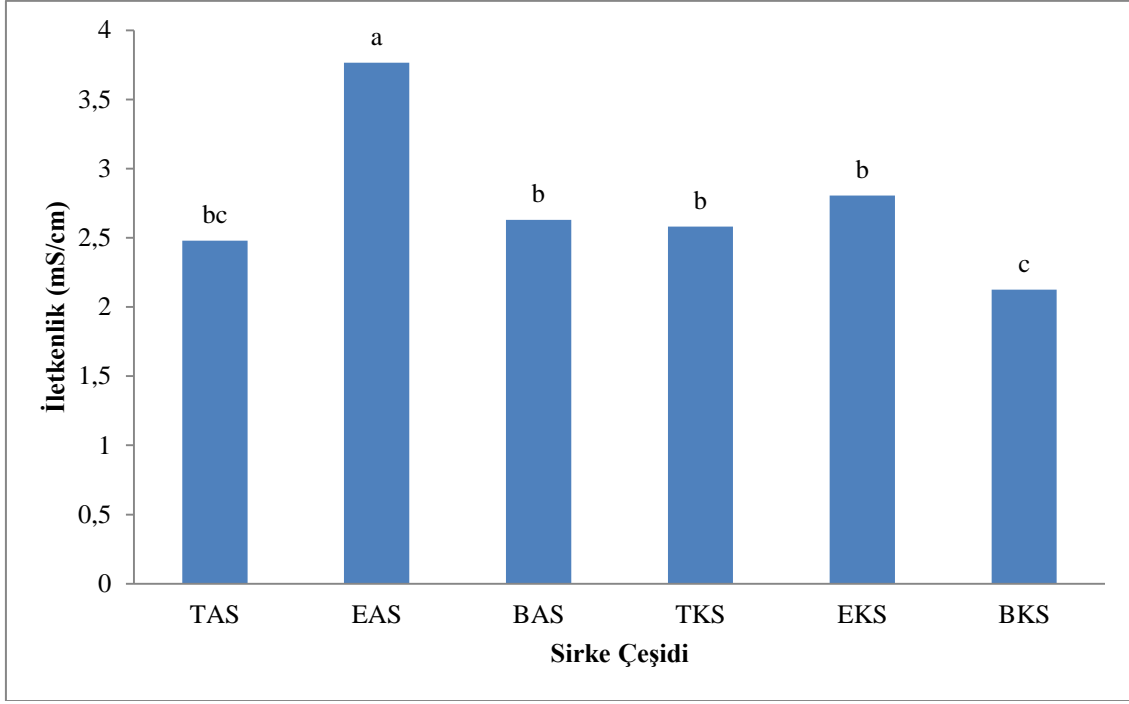
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.3 Kondaktivite (İletkenlik) Bulguları

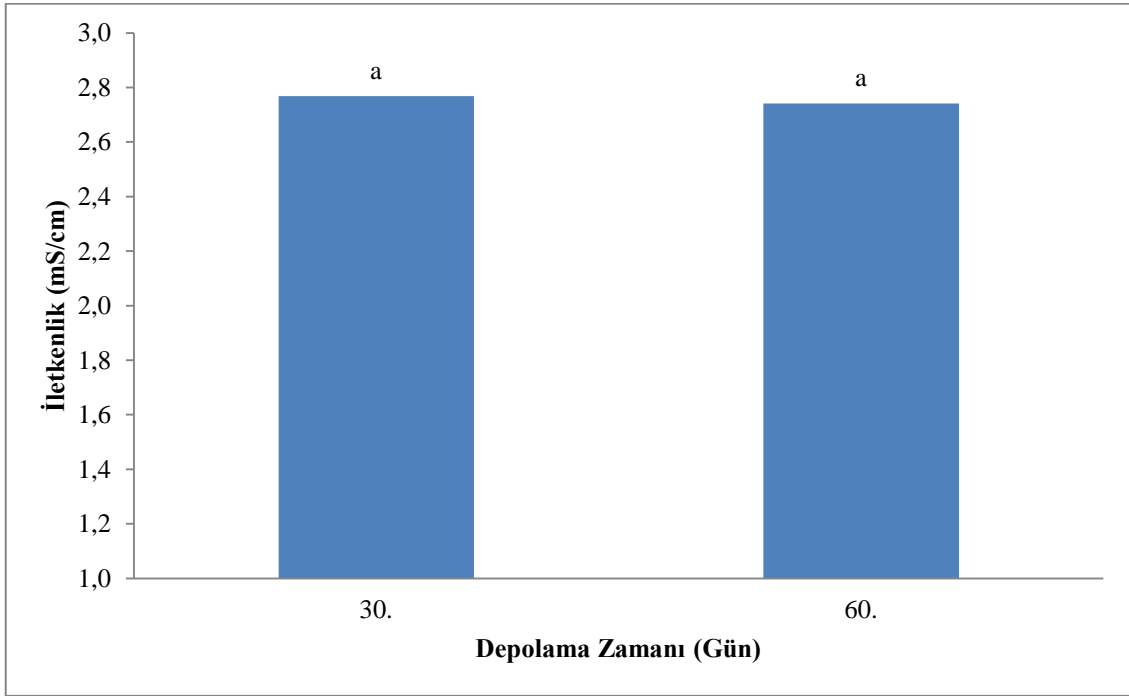
Sirke örneklerinin iletkenlik değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Kullanılan hammaddelerin sirkelerin iletkenliği üzerine etkileri Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Sirke örneklerinin iletkenlik değerleri (mS/cm).

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	2,44Abc	2,48Abc
EAS	3,75Aa	3,78Aa
BAS	2,61Abc	2,65Abc
TKS	2,58Abc	2,58Abc
EKS	2,79Ab	2,82Ab
BKS	2,11Ac	2,14Ac



Şekil 4.13 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin iletkenlik değerleri üzerine etkisi.
^{a-1} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.14 Depolama zamanının sirke örneklerin iletkenlik değerleri üzerine etkisi.
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.4 Sirke Örneklerinin Renk Değerleri

Sirke örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sirke örneklerine ait renk parametrelerinden L*(aydınlık) değerleri Çizelge 4.12’de, a*(kırmızılık) değerleri Çizelge 4.13’de, b*(sarılık) değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir. Depolama zamanının sirke örneklerinde L* (Parlaklık) değerleri üzerine etkileri Şekil 4.16’da, a*(kırmızılık) değerleri üzerine etkileri Şekil 4.18’de, b*(sarılık) değerleri üzerine etkileri Şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Sirke örneklerine ait renk ölçümü varyans analiz sonuçları (P *Değeri).

Faktör	L*	a*	b*
Sirke Çeşidi (S)	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fermantasyon zamanı (Z)	<0.0001	0,008	0,002
S X Z	0,247	0,198	0,048

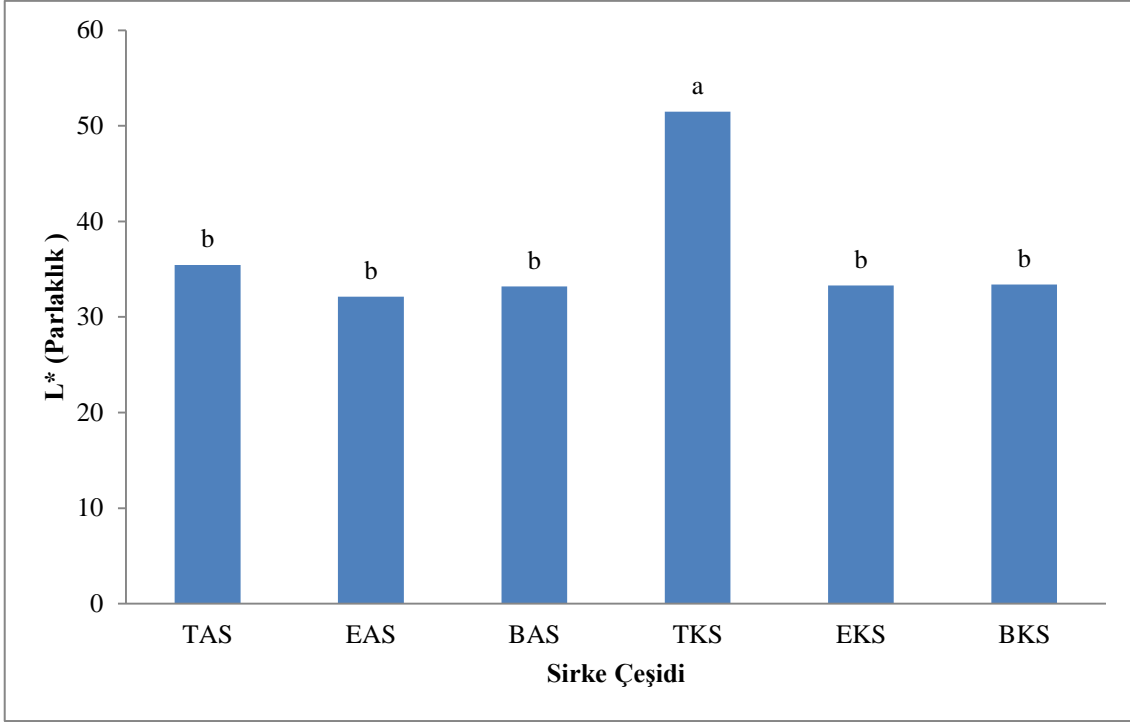
0,01<p<0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001<p<0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı. p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

Çizelge 4.12 Sirke örneklerinin L*(aydınlık) değerleri.

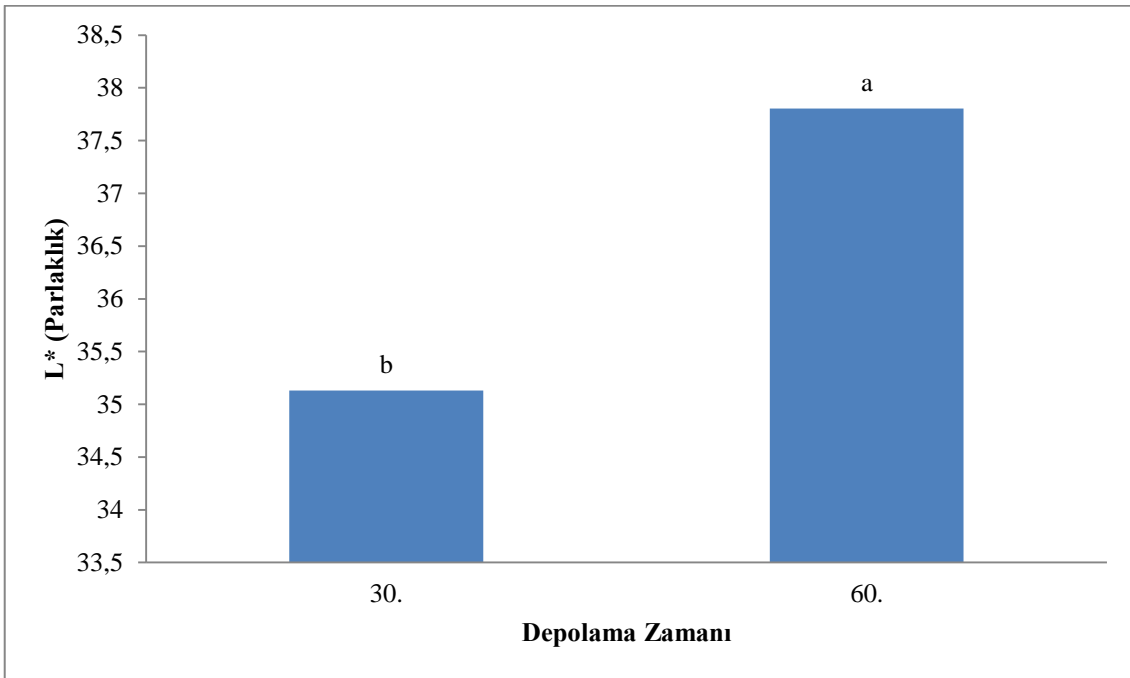
Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	32,81Bb	35,44Ab
EAS	29,84Bb	34,44Abc
BAS	32,40Bb	33,99Ac
TKS	50,94Aa	52,00Aa
EKS	31,20Bb	35,42Ab
BKS	31,28Bb	35,53Ab

^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

^{A-B}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



Şekil 4.15 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin L* (parlaklık) değerleri üzerine etkisi.
^{a-g} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



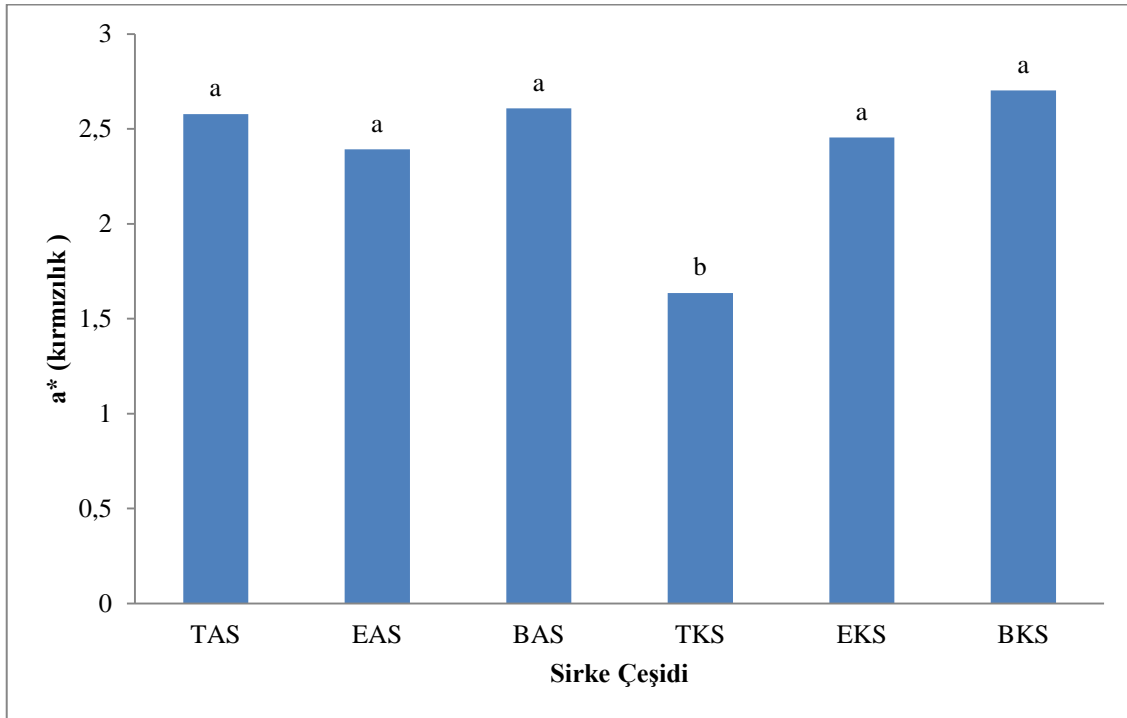
Şekil 4.16 Depolama zamanının sirke örneklerinin L* (parlaklık) değerleri üzerine etkisi.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

Çizelge 4.13 Sirke örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri.

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	2,47Ba	2,69Aab
EAS	2,12Bab	2,67Aab
BAS	2,60A	2,62Ac
TKS	1,68Ab	1,59Bc
EKS	2,30Ba	2,61Ac
BKS	2,46Ba	2,95Aa

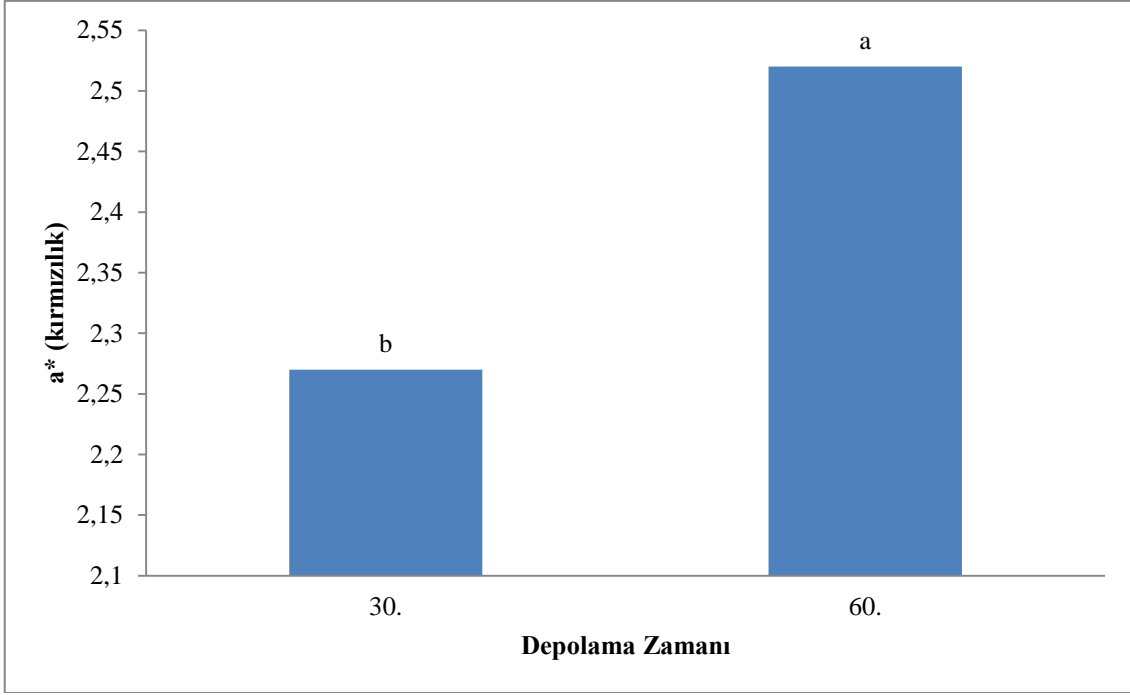
^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-B}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.17 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri üzerine etkisi.

^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



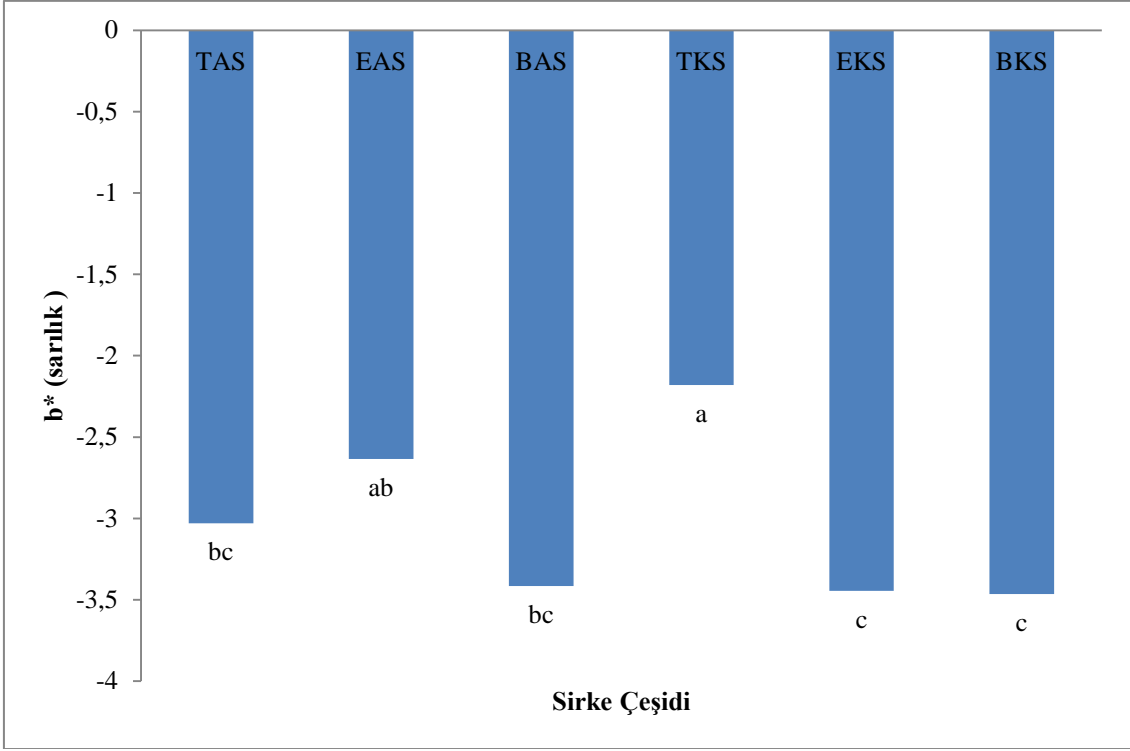
Şekil 4.18 Depolama zamanının sirke örneklerinin a* (kirmızılık) değerleri üzerine etkisi.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

Çizelge 4.14 Sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri.

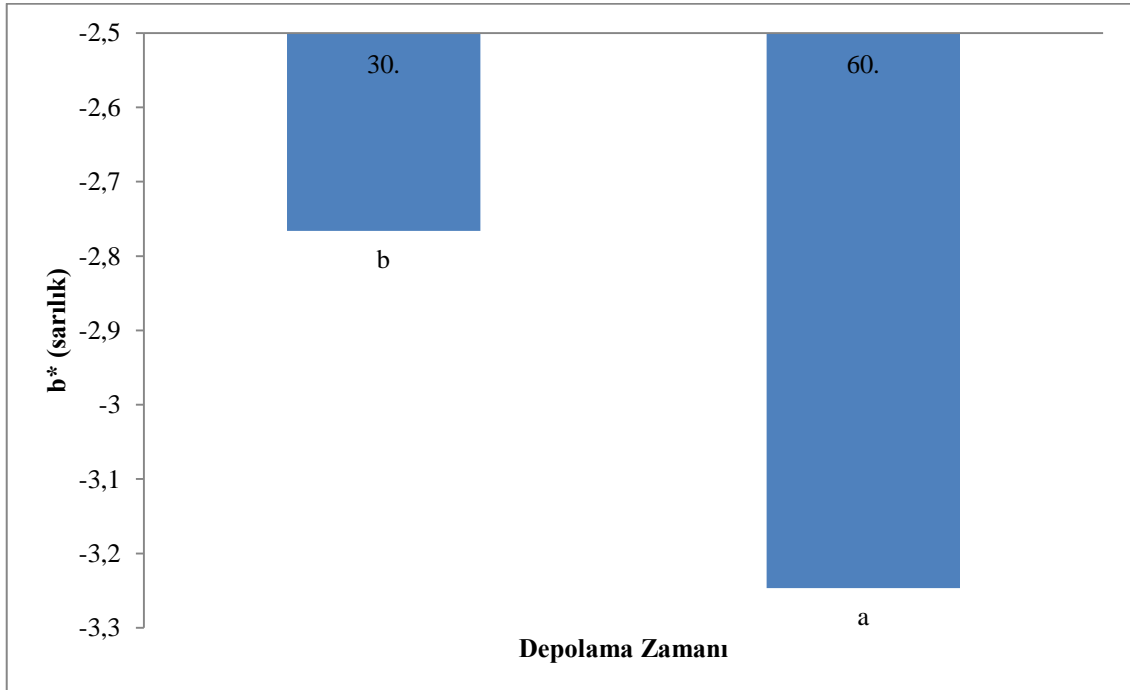
Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	-3,09	-3,03
EAS	-2,19	-3,08
BAS	-3,83	-3,00
TKS	-2,17	-2,19
EKS	-2,88	-4,01
BKS	-2,76	-4,17

^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-D}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.19 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri üzerine etkisi.
^{a-1} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



Şekil 4.20 Süzme ve santrifüj işlemlerinin sirke örneklerinin b* (sarılık) değerleri üzerine etkisi.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

4.2.5 Alkol Tayini

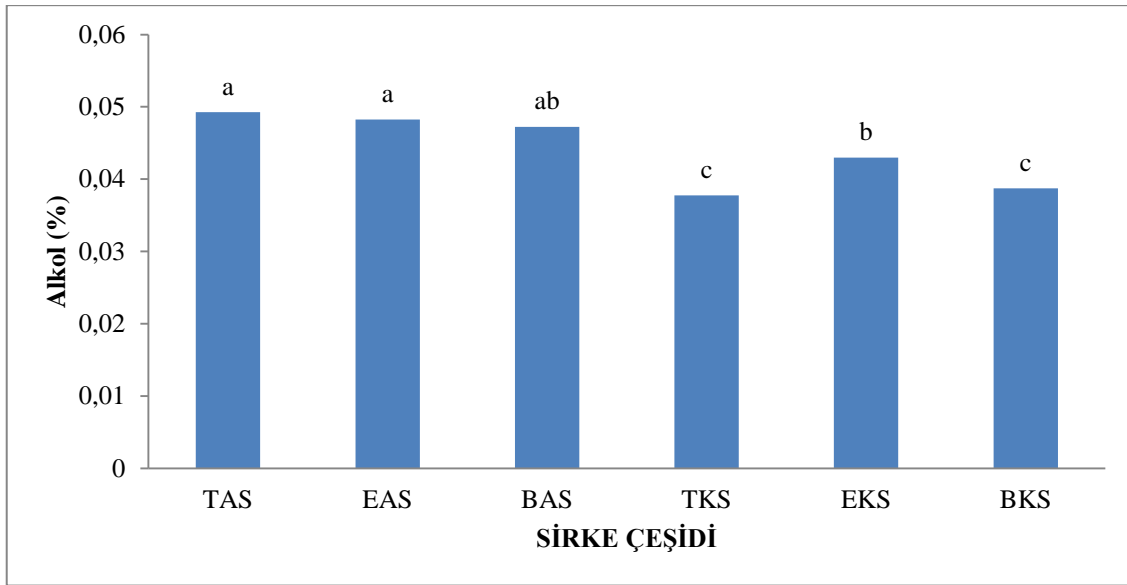
Sirke örneklerinin 7, 14, 21 ve 28. günlerdeki alkol değerinin değişimi Çizelge 4.15’de verilmiştir. Fermentasyon zamanının sirke örneklerinin alkol değerleri üzerine etkisi şekil 4.22’de gösterilmiştir. 30. ve 60. Gündeki alkol miktarları Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Sirke örneklerinin fermantasyon aşamasındaki % alkol değerleri.

Sirke Tipi	Zaman (Gün)			
	7	14	21	28
TAS	0,039B	0,066A	0,053AB	0,039B
EAS	0,039C	0,067A	0,048B	0,039C
BAS	0,039C	0,063A	0,048B	0,039C
TKS	0,030C	0,050A	0,041B	0,030C
EKS	0,035B	0,054A	0,048AB	0,035B
BKS	0,030C	0,055A	0,040B	0,030C

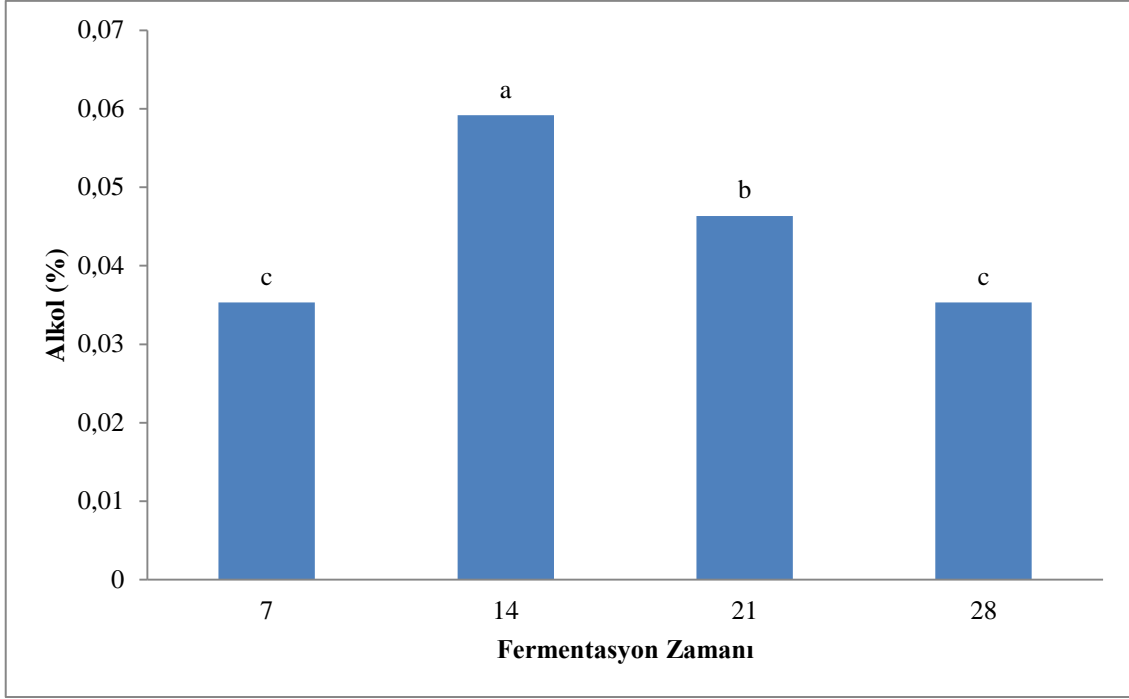
^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-D}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.21 Fermantasyon sırasında kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % alkol değerleri üzerine etkisi.

^{a-1} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



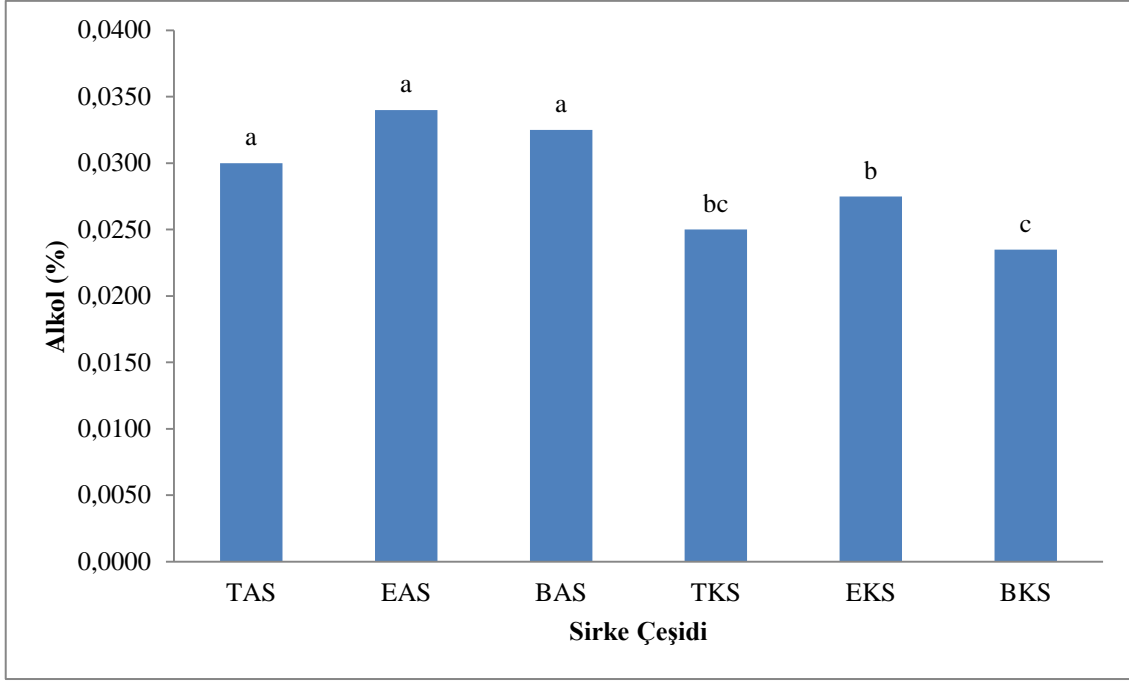
Şekil 4.22 Fermentasyon zamanının sirke örneklerinin % alkol değerleri üzerine etkisi.
^{a-d} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

Çizelge 4.16 Sirke örneklerinin % alkol miktarları.

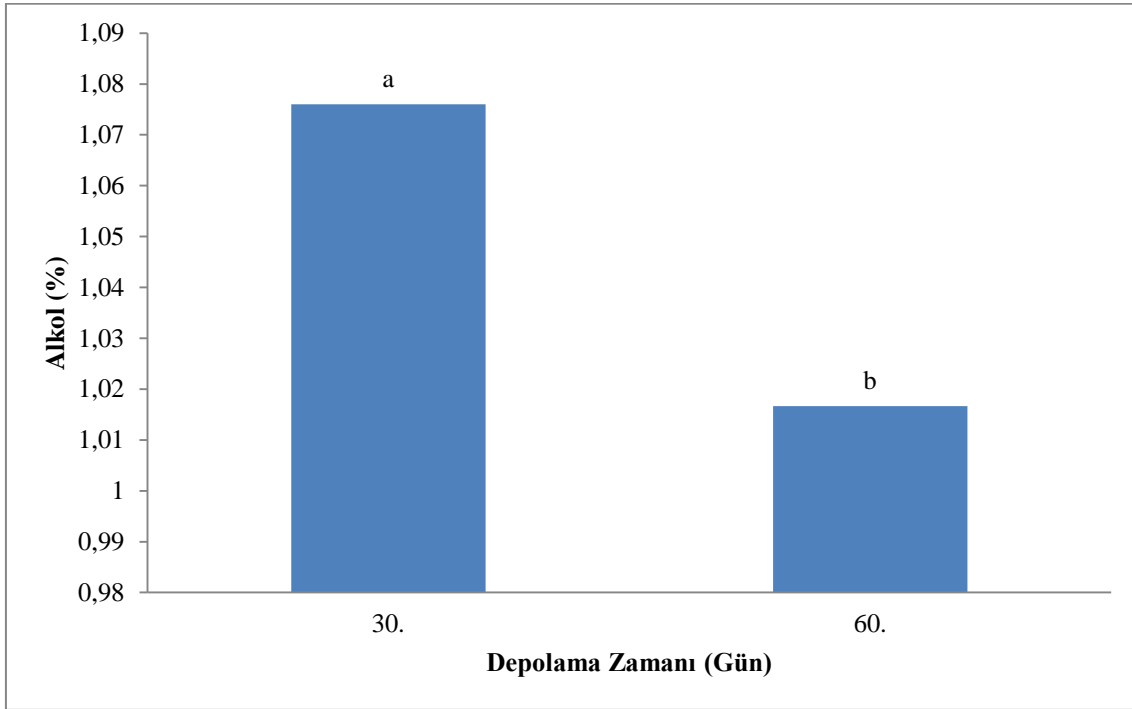
Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	0,039Aa	0,030Ba
EAS	0,039Aa	0,029Ba
BAS	0,039Aa	0,026Bab
TKS	0,030Abc	0,020Bbc
EKS	0,035Aab	0,020Bbc
BKS	0,030Ac	0,017Bd

^{a-c} (↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C} (→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.23 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % alkol miktarları üzerine etkisi.
^{a-i} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.24 Depolama zamanının sirke örneklerin sirke örneklerin % alkol miktarları üzerine etkileri.
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.6 Yoğunluk Ölçüm Sonuçları

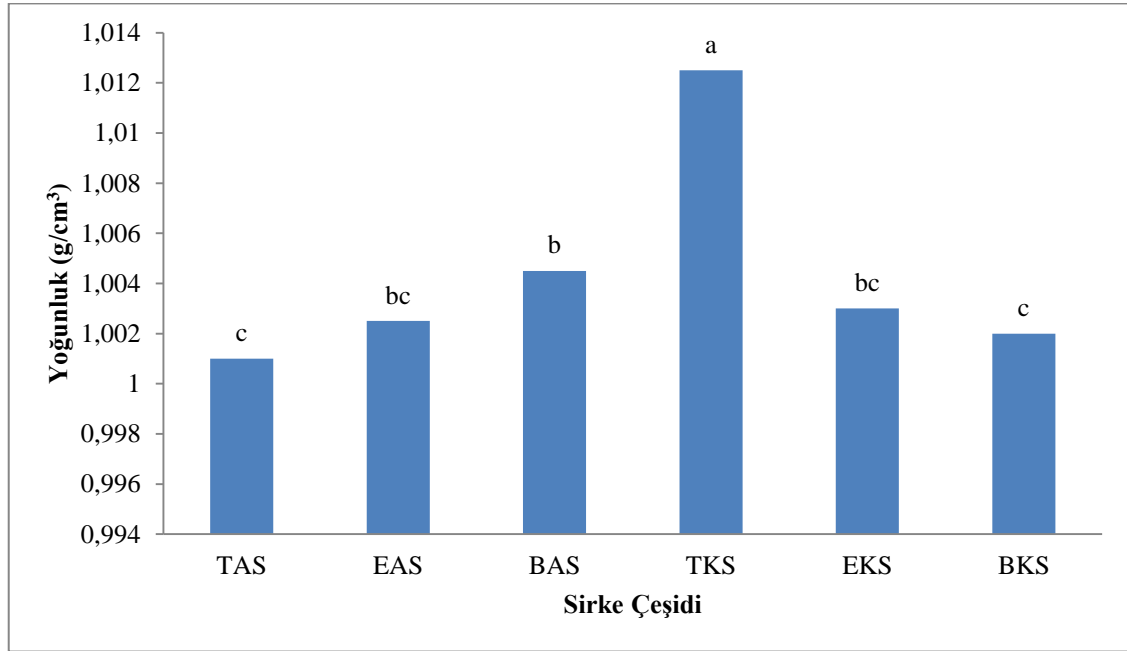
Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri 30. ve 60. gün için Çizelge 4.17’de verilmiştir. Kullanılan hammaddelerin yoğunluk üzerine etkisi Şekil 4.25’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 Sirke örneklerinin yoğunluk değerleri (g/cm³).

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	1,002Ab	1,001Ab
EAS	1,003Ab	1,002Ab
BAS	1,004Ab	1,005Ab
TKS	1,012Aa	1,013Aa
EKS	1,002Ab	1,004Ab
BKS	1,001Ab	1,003Ab

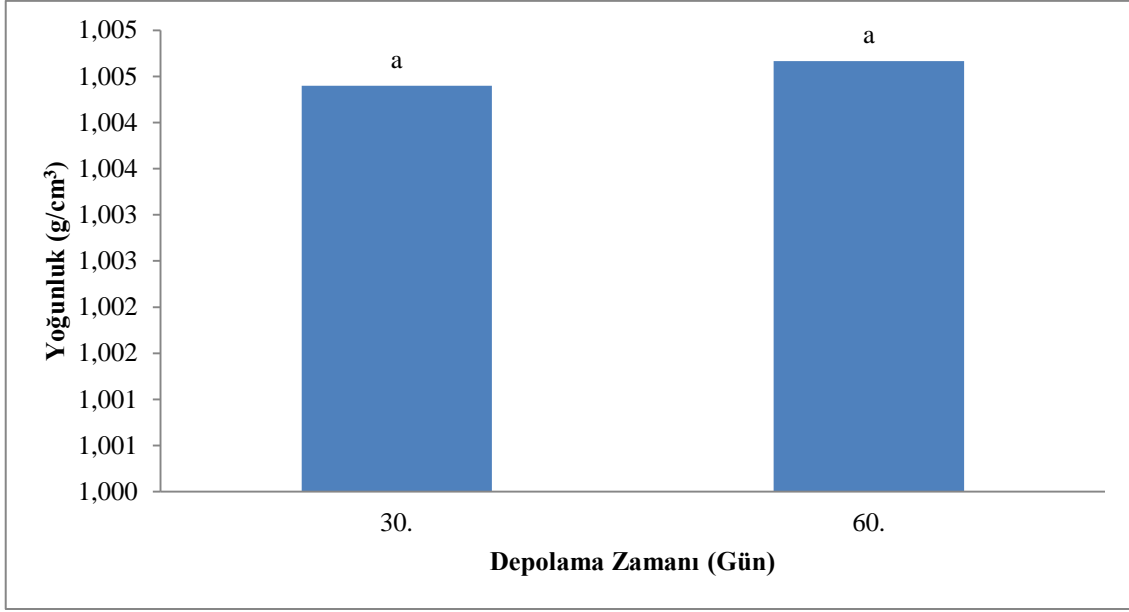
^{a-c}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



Şekil 4.25 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin yoğunluk değerleri üzerine etkisi.

^{a-e} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).



Şekil 4.26 Depolama zamanının sirke örneklerin yoğunluğu üzerine etkisi.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.7 Toplam Kuru Madde Tayini

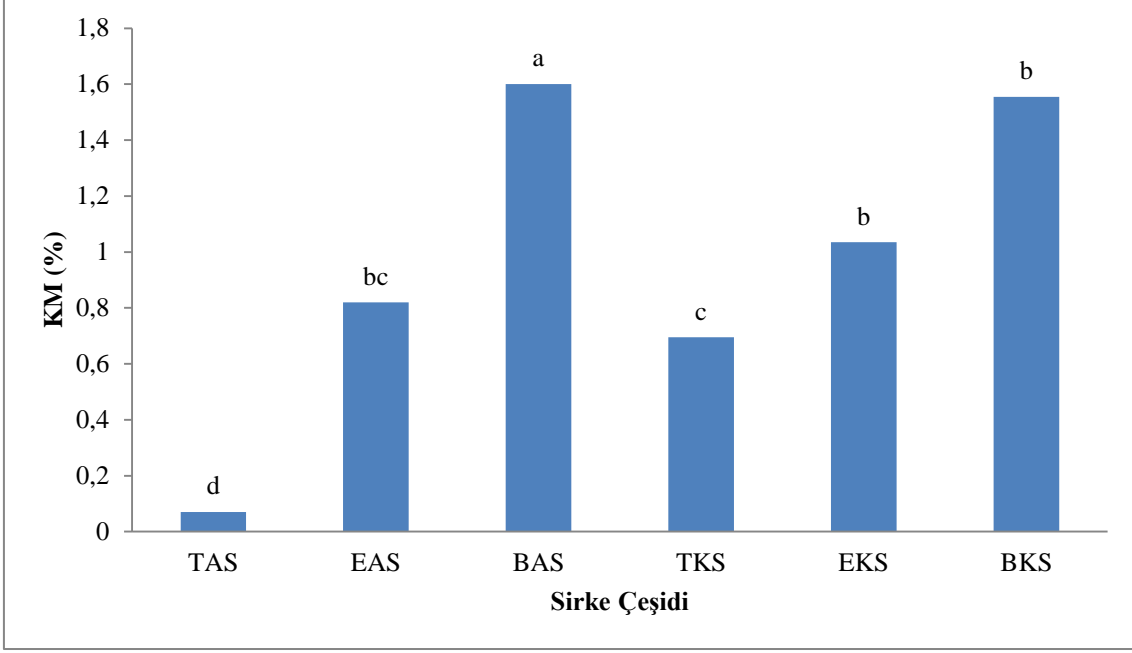
Sirke örneklerinin kurumadde değerleri depolamanın 30. ve 60. Gününde Çizelge 4.18’de verilmiştir. Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % kurumadde değerleri üzerine etkisi Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Depolama zamanının sirke örneklerinde % kurumadde üzerine etkisi Şekil 4.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Sirke örneklerinin % kurumadde değerleri.

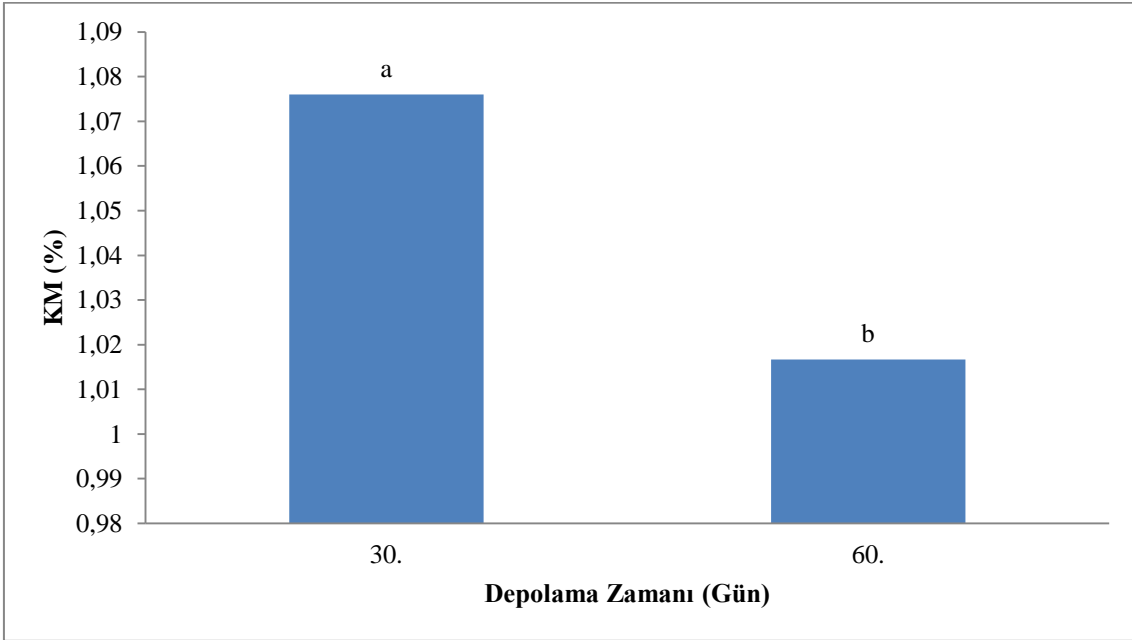
Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	0,06Ac	0,07Ad
EAS	0,56Bbc	1,08Ab
BAS	1,57Aa	1,63Aa
TKS	0,68Abc	0,71Ac
EKS	1,03Aab	1,04Ab
BKS	1,54Aa	1,57Aa

^{a-1}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.27 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % kurumadde değerleri üzerine etkisi.
^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($p>0,05$).



Şekil 4.28 Depolama zamanının sirke örneklerin % kurumadde değerleri üzerine etkileri.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($p>0,05$).

4.2.8 Kül Miktarı Analizi Sonuçları

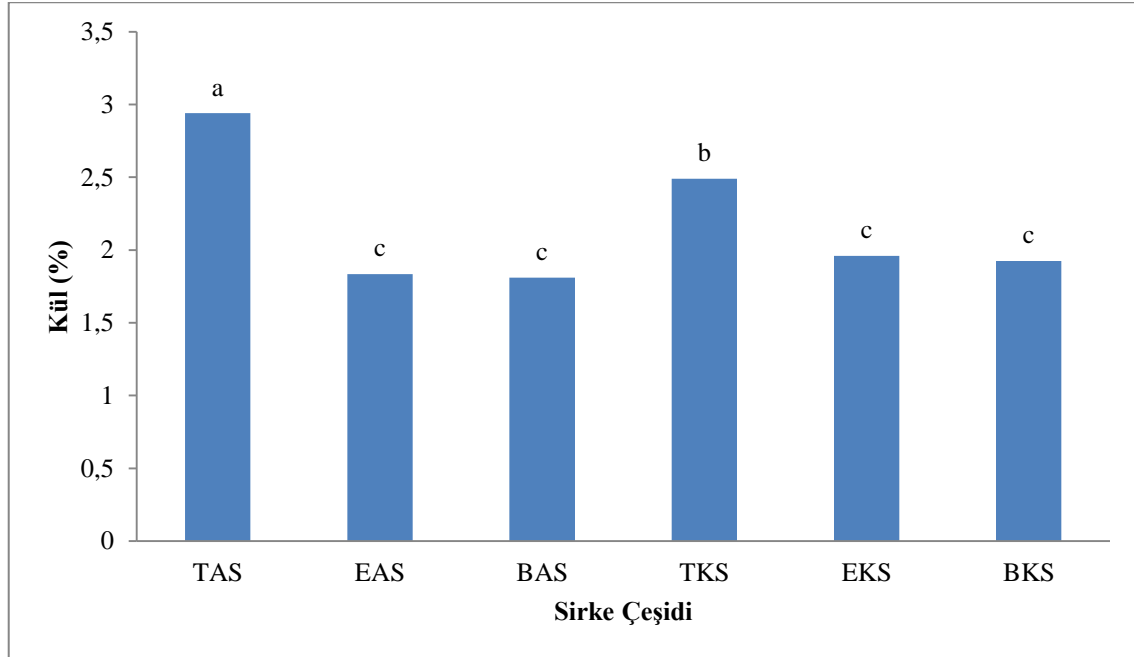
Sirke örneklerinin kül miktarı değerleri 30. ve 60. Gün için Çizelge 4.19'verilmiştir. Depolama zamanının sirke örneklerinin % kül içerikleri üzerine etkisi Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19 Sirke örneklerinin % kül değerleri.

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	2,92Aa	2,94Aa
EAS	1,75Bc	1,92Ac
BAS	1,78Bc	1,84Ac
TKS	2,47Ab	2,51Ab
EKS	1,95Ac	1,97Ac
BKS	1,90Bc	1,95Ac

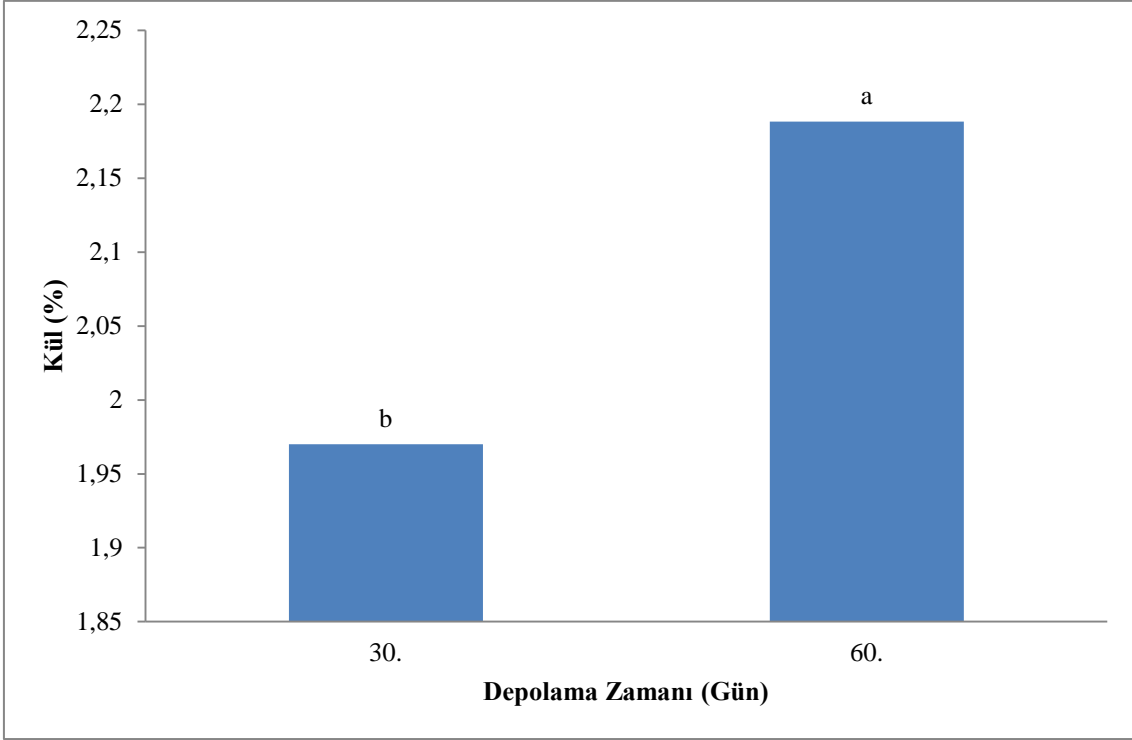
^{a-1} (1) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C} (→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.29 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin % kül değerleri üzerine etkisi.

^{a-h} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.30 Depolama zamanının sirke örneklerinin % kül içerikleri üzerine etkisi.
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.9 Toplam Mineral Madde

Kullanılan hammaddelerin mineral madde içeriği Çizelge 4.20’de verilmiştir. Sirke örneklerinin mineral madde içeriği ise Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Çalışmada kullanılan hammaddelerin bazı mineral madde içerikleri (mg/100 g).

	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	Cu	B	Mn	Zn	Ni	Sn
T	172,78a	3536,95b	9837,80a	271,20c	9750,23a	0,32c	7,52a	6,53a	71,95a	33,53a	2,09a	0,43
E	20,45b	716,00a	1828,05b	79,10b	2005,33b	11,49a	2,95b	1,05b	16,22b	11,56b	0,33b	0,00
B	12,85c	53,03c	549,13c	97,20a	669,25c	4,04b	1,68c	0,68c	3,55c	8,82c	0,07c	0,00

*: Çizelgedeki değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır. Na: sodyum(ppm), Mg: magnezyum (ppm), K: potasyum (ppm), Ca: kalsiyum(ppm), P: fosfor (ppm), Fe: demir(ppm), Cu: Bakır (ppm), B: Bor(ppb), Mn: Mangan (ppm), Zn: Çinko (ppm), Cr: krom(ppb), Ni: nikel (ppm), Sn: kalay(ppb).

^{a-i}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

Çizelge 4.21 Pirinç sirkesi örneklerinin bazı mineral madde içerikleri (mg/100 mL).

	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	Cu	B	Mn	Zn	Ni	Sn
TAS	237,32b	4,38d	121,73e	7,02d	25,49d	0,58c	0,00	0,35c	0,05d	0,14d	0,00	5,49c
TKS	57,08c	694,52a	1228,83b	76,63a	1469,90a	0,01d	0,08	0,66b	8,23a	3,58a	0,12a	7,46a
EAS	35,06d	158,29b	402,52c	15,69	230,08b	1,48b	0,01	0,34c	2,46b	1,66b	0,05b	7,33a
EKS	28,16e	3,21d	187,02d	3,38d	20,33d	3,67a	0,00	0,71b	0,00	0,01d	0,00	6,38b
BAS	148,86a	67,21c	1593,02a	45,34b	112,90c	0,02d	0,00	2,29a	0,74c	0,51c	0,07b	7,04a
BKS	28,67e	4,10d	62,82f	22,58c	16,58d	0,27cd	0,00	0,11d	0,00	0,00	0,00	6,38b

*: Çizelgedeki değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır. Na: sodyum(ppm), Mg: magnezyum (ppm), K: potasyum (ppm), Ca: kalsiyum(ppm), P: fosfor (ppm), Fe: demir(ppm), Cu: Bakır (ppm), B: Bor(ppb), Mn: Mangan (ppm), Zn: Çinko (ppm)Al: Alüminyum(ppm), Bi: bizmut(ppm), Cr: krom(ppb), Sb: antimon (ppm), Ni: nikel (ppm), Sn: kalay(ppb).

^{a-i}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

4.2.10 Toplam Fenolik Madde Değerleri

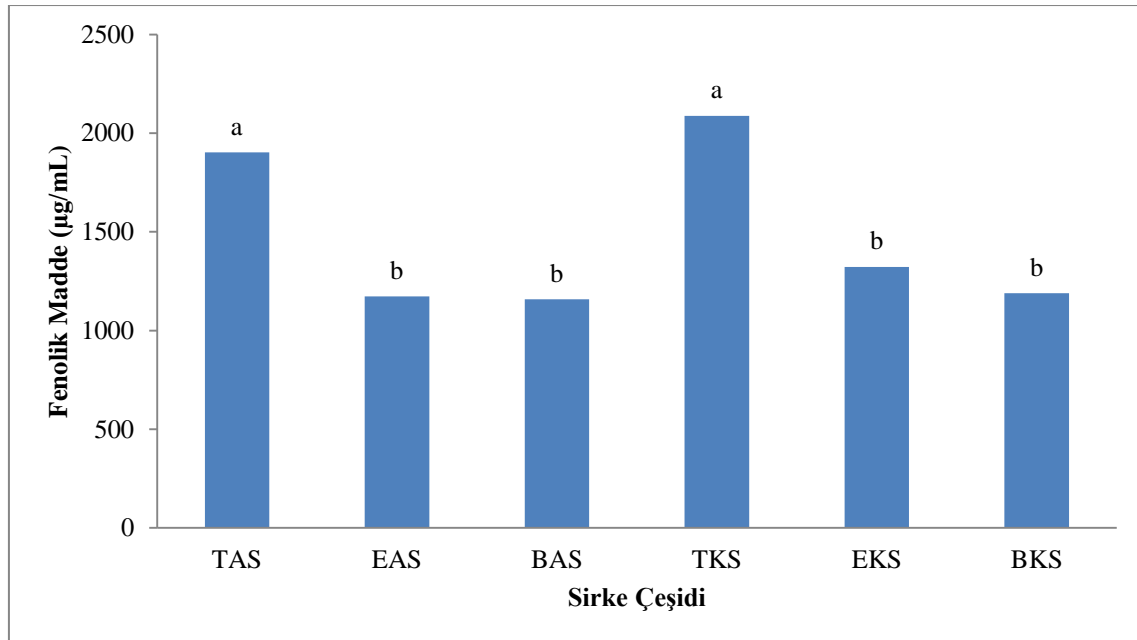
Sirke örneklerinin 30. ve 60. güne ait toplam fenolik madde değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Depolama zamanının sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi Şekil 4.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 Sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri ($\mu\text{g/mL}$).

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	2417,39Aa	1902,61Ba
EAS	1278,26Ab	1066,09Bb
BAS	1475,66Ab	841,74Bb
TKS	2333,91Aa	1840,87Ba
EKS	1571,30Ab	1073,05Bb
BKS	1428,70Ab	950,44Bb

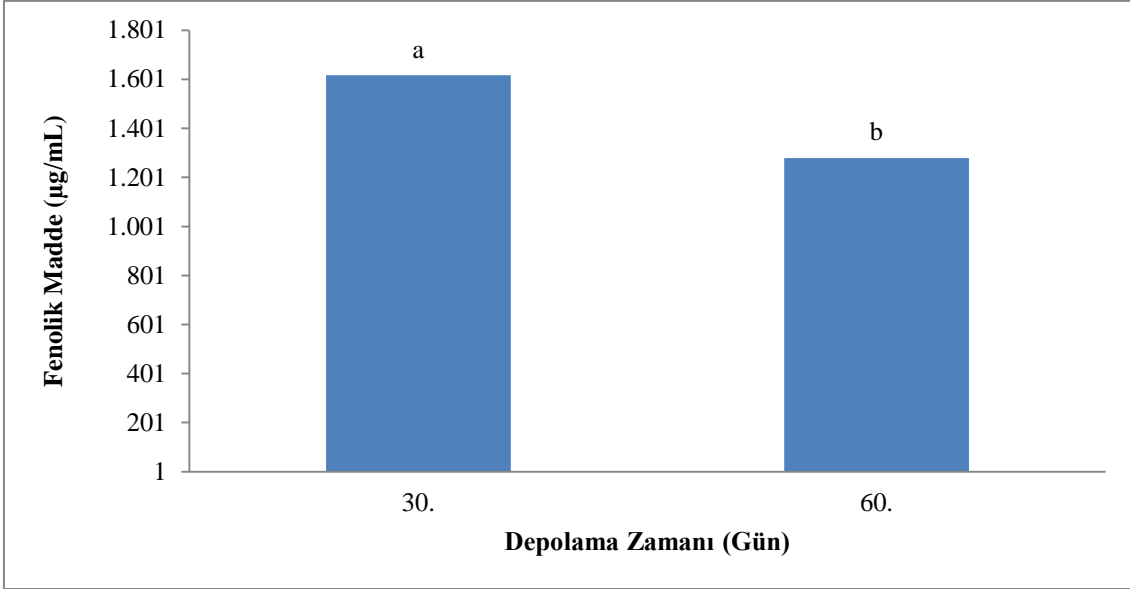
^{a-l}(↓) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

^{A-C}(→) Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.31 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi.

^{a-f} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.32 Depolama zamanının sirke örneklerinin toplam fenolik madde değerleri üzerine etkisi.

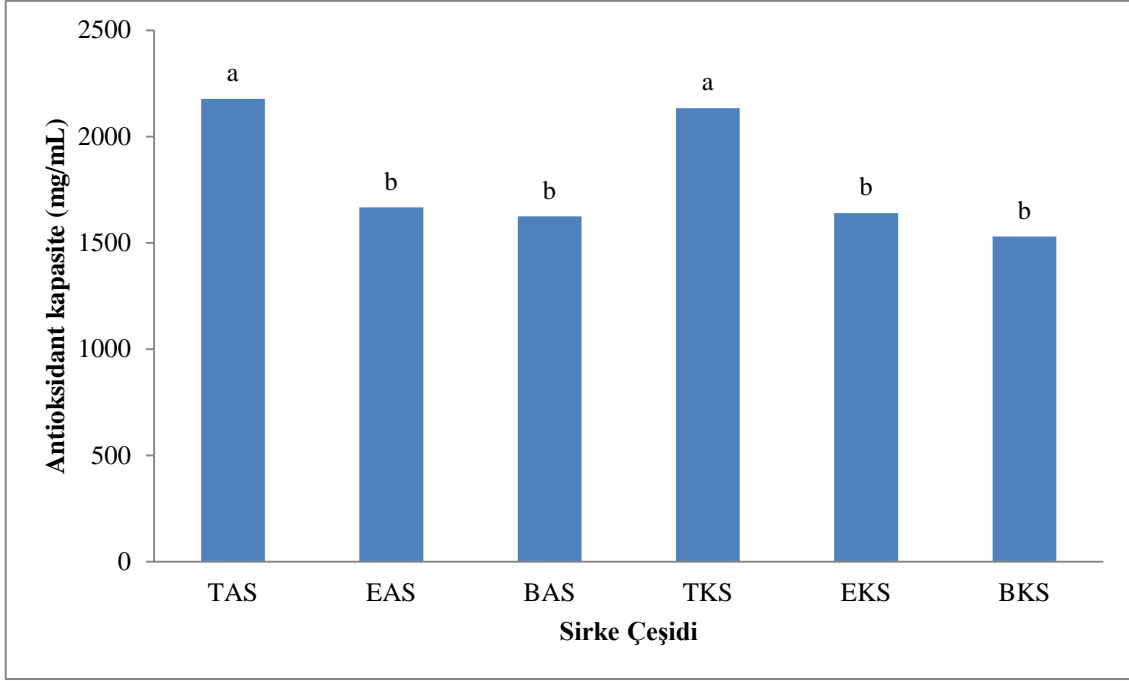
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.11 Antioksidan Aktivite Tayini

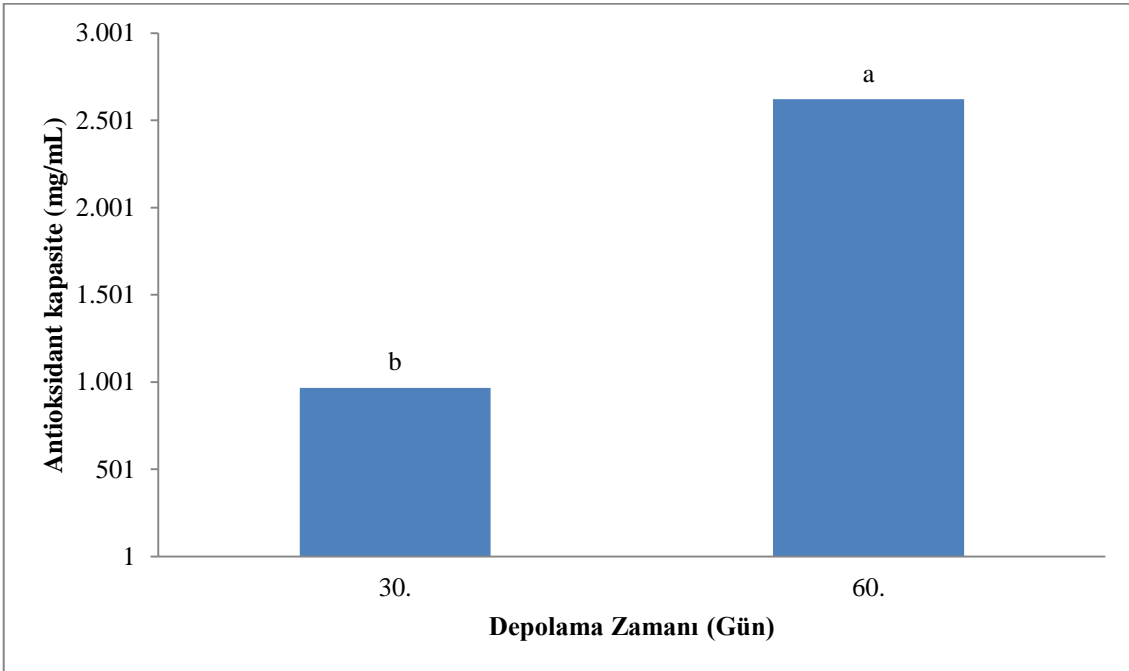
Sirke örneklerinin antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi Şekil 4.33’de gösterilmiştir. Depolama zamanının sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi Şekil 4.34’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 Sirke örneklerinin antioksidan kapasite değerleri (mg/mL).

Sirke Tipi	Depolama Zamanı (Gün)	
	30	60
TAS	1340,00Ba	3014,29Aa
EAS	708,57Bb	2625,71Aab
BAS	838,57Bb	2411,43Ab
TKS	1371,43Ba	2897,14Aa
EKS	800,00Bb	2480,00Ab
BKS	750,00Bb	2308,57Ab



Şekil 4.33 Kullanılan hammaddenin sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi.
^{a-e} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



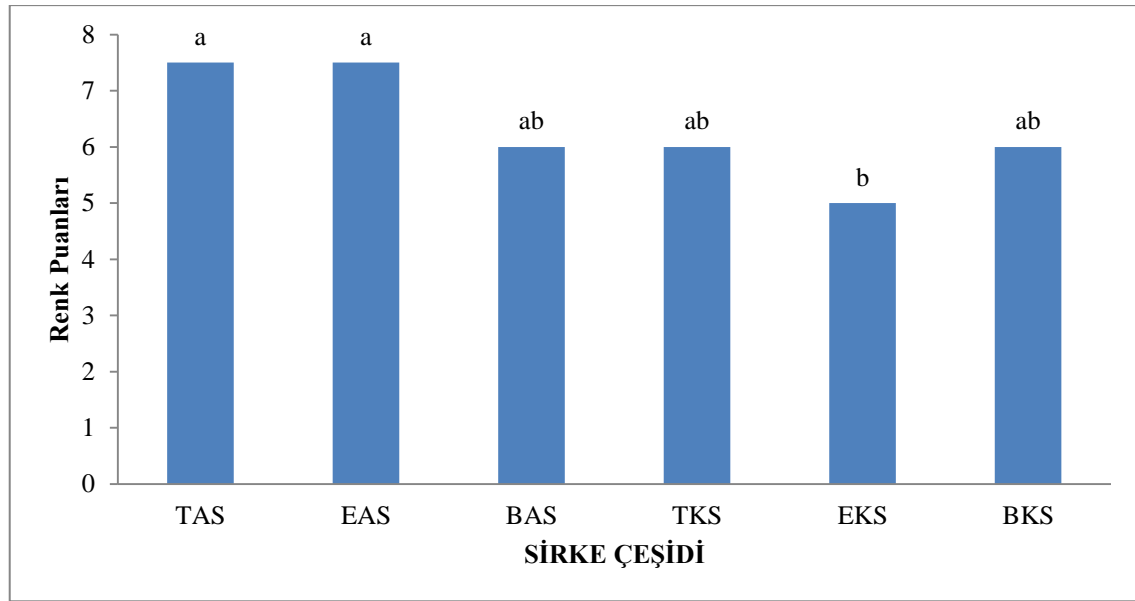
Şekil 4.34 Depolama zamanının sirke örneklerin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi.
^{a-b} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.2.12 Duyusal Değerlendirme

Sirke örneklerinin lezzet profil analizine göre yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Bu analize göre sirke örneklerinin renk puanları Şekil 4.35’de, aroma puanları Şekil 4.36’da, koku puanları Şekil 4.37’de, görünüş puanları Şekil 4.38’de ve genel beğeni değerlendirme puanları Şekil 4.39’da verilmiştir.

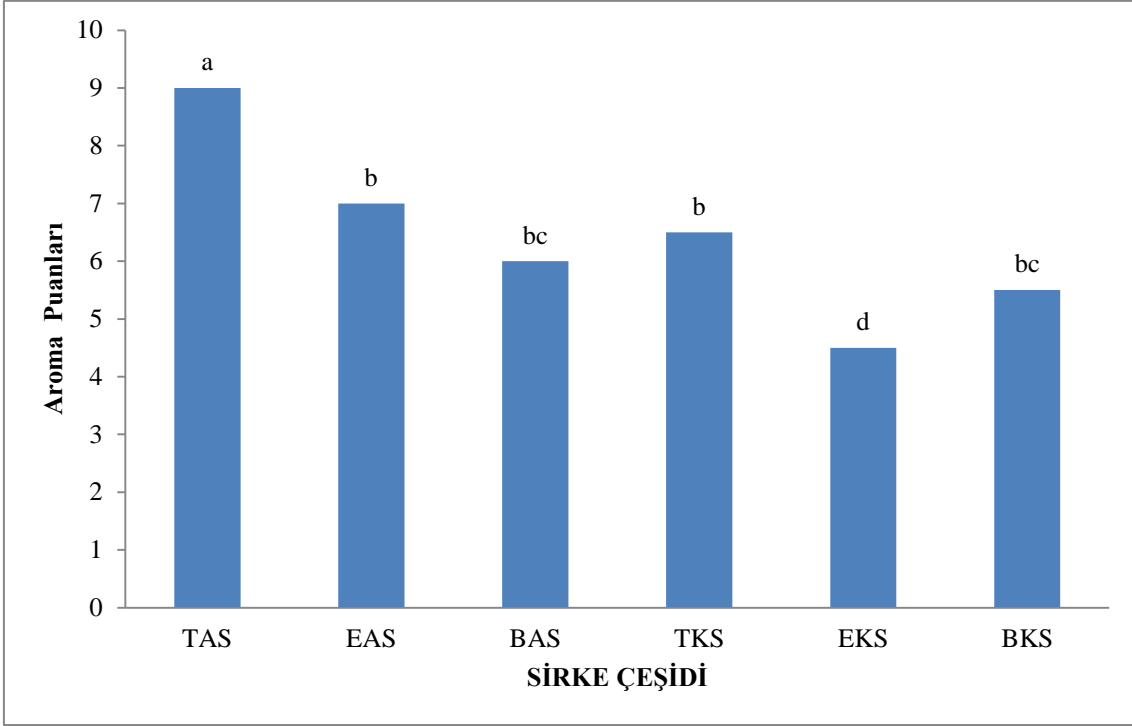
Çizelge 4.24 Sirke örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları.

Sirke Tipi	Renk	Aroma	Koku	Görünüş	Genel Beğeni
TAS	7,5a	9,0a	9,0a	9,0a	8,5a
EAS	7,5a	7,0b	7,5b	8,5ab	7,0abc
BAS	6,0ab	6,0bc	7,0b	6,0cd	5,5bc
TKS	6,0ab	6,5b	6,5bc	7,0bc	6,5abc
EKS	5,0b	4,5d	4,0d	5,0d	5,0c
BKS	6,0ab	5,5bc	5,5c	7,0bc	7,5ab



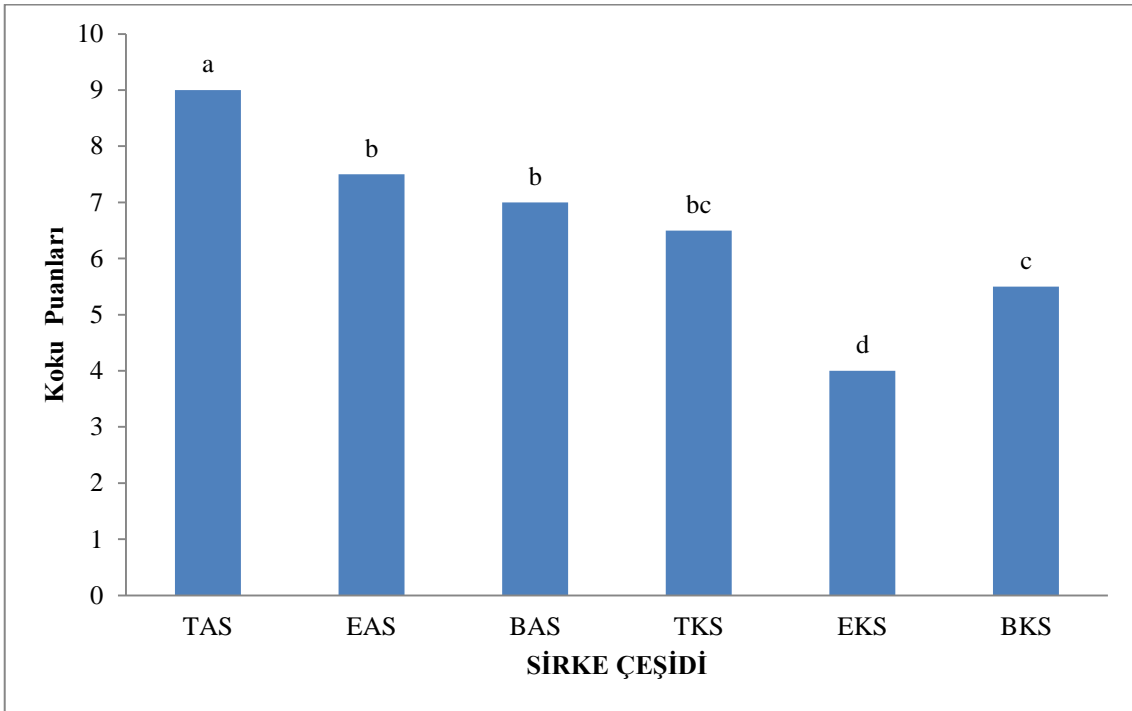
Şekil 4.35 Sirke örneklerinin renk puanları.

^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



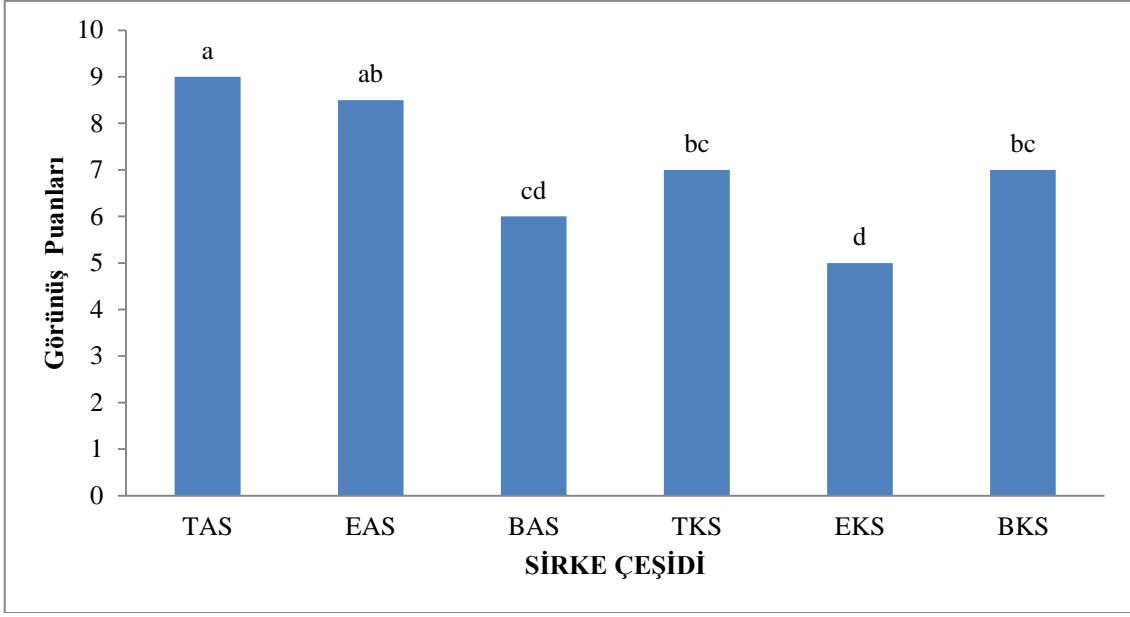
Şekil 4.36 Sirke örneklerinin aroma puanları.

^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

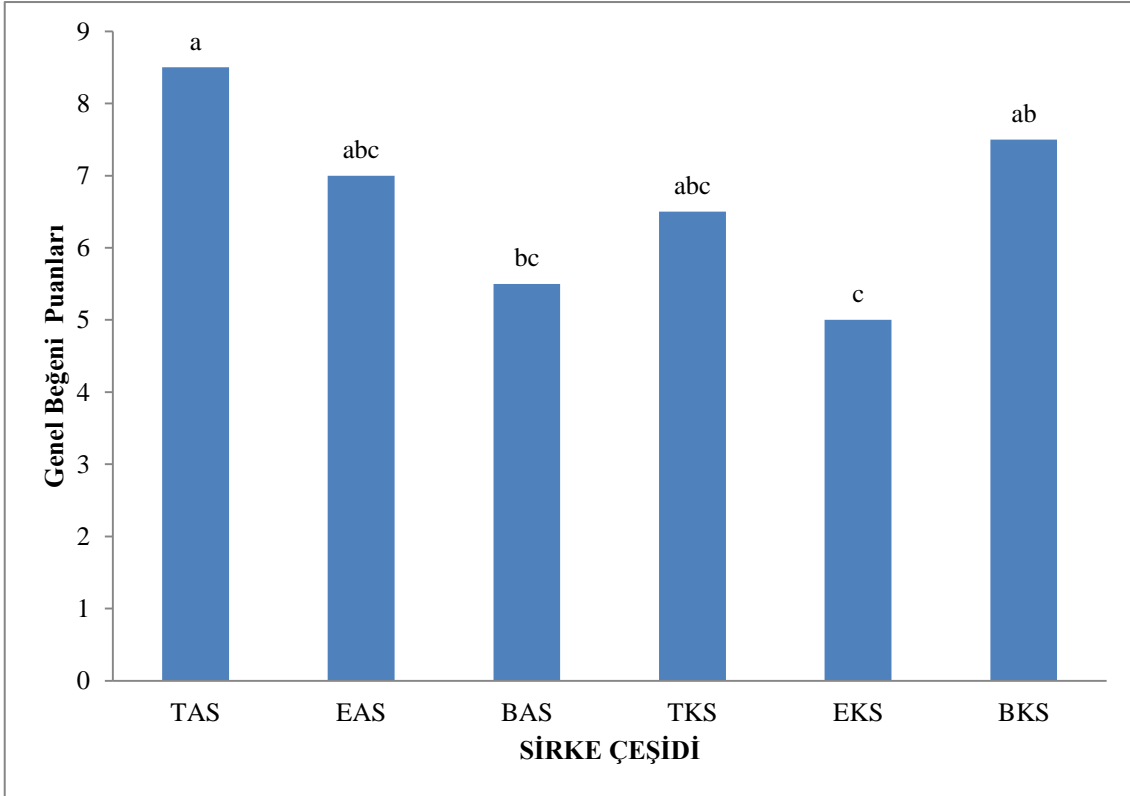


Şekil 4.37 Sirke örneklerinin koku puanları.

^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.38 Sirke örneklerinin görünüş puanları.
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).



Şekil 4.39 Sirke örneklerinin genel beğeni görünüş puanları.
^{a-c} Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Yürütülen bu çalışmada yeni bir ürün geliştirmek amaçlanmıştır. Pirincin üç farklı formu olan tıraşlanmış pirinç (beyaz), tıraşlanmamış pirinç (esmer) ve pirinç tıraşından sirke oluşumuna kadar geçen sürede hammadde bileşiminin sirkeye geçişinde oluşan yapısal değişiklikler ve depolama süresinin kimyasal ve fiziksel özellikler üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Ayrıca kapalı ve açık yöntem olmak üzere iki farklı teknikte üretilen sirkelerin fiziksel, kimyasal özellikleri bakımından farklı olup olmadığı araştırılmıştır. Hammadde ve sirke de yapılan birtakım analizler ile bu değişimler için sayısal veriler elde edilmiştir. Bu veriler şekil ve çizelgeler ile ifade edilmiştir.

Özellikle sanayi tipi pirinç ürünlerinin üretiminde gözlemlenen pirinç proses sonucunda oluşan tıraşlama işlemiyle açığa çıkan pirinç tıraşının, beyaz pirinç ve esmer pirince oranla yüksek oranda fenolik içerik ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu yapılan analizler ile teyit edilmiştir.

Pirinç sirkesi üretimi üzerine yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak Uzakdoğu ve Asya kökenli olsa da ülkemizde de konuyla ilgili yapılmış çalışmalara nadir de olsa rastlanmaktadır. Bulgular bölümünde sayısal değerler verilmiş olup istatistiksel analiz (Varyans, Duncan, Excel programı) veriler ile hesaplanmıştır.

Araştırmamızda ilk bir ay boyunca her hafta sonunda aylık olarak pH ölçümleri yapılmıştır. Kullanılan hammaddeye bağlı olarak kapalı ve açık olmak üzere iki yöntemle de üretilen sirkeler içerisinde pH değeri en yüksek olan pirinç tıraşı (ortalama 3,49), en düşük olan ise tıraşlanmış pirinç (beyaz) sirkeleri (ortalama 2,85) olmuştur.

Yapılan istatistiksel analize göre (Çizelge 4.3), sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin ve fermentasyon zamanının pH üzerinde çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,0001$). Kullanılan sirke üretim yönteminin aynı türler arasında pH değişimine büyük ölçüde önemli bir katkısının olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Depolamanın 30. günü en yüksek pH değeri 3,91 ile TAS (açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi), en düşük 2,80 ile BKS (kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç sirkesi) olmuştur. 60. günde 4,16 ile yine TAS en yüksek asitlik değerine sahip olurken, BKS ise 3,07 ile gene altmış gün depolamadan sonra da en düşük pH değerine değerine sahip sirkelerdir. Depolama süresi arttıkça sirkelerin hepsinde de pH değerinin arttığı görülmüştür. Analiz sonucu elde edilen pH değerleri literatürde bulunan değerlerle benzerlik göstermektedir.

Ünal (2007), dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerine yapmış olduğu bir çalışmada dimrit üzüm sirkesi pH değerlerini 2,68-2,85 arasında bulmuştur.

Nanda vd. (2001), yürüttüğü bir çalışmada komesu (tıraşlanmış pirinçten üretilen sirke) ve kurozu (tıraşlanmamış pirinçten üretilen sirke) yaklaşık on ay boyunca 30 °C dolaylarında değişen ortam sıcaklığında yaklaşık bir ay boyunca fermente edilmiştir. Bir ayın sonunda pH değeri 3,1 olarak bulunmuştur.

Gerbi vd. (1998), yaptıkları bir çalışmada, pH değerini 2,78 olarak bulmuşlardır. Aykın (2013), Elma sirkesi ve elma sirke anasında ortalama pH değeri sırasıyla 4,40 ve 3,23 olarak bulmuştur. Budak vd. (2011), tarafından yapılan bir çalışmada, farklı yöntemlerle üretilen elma sirkesi örneklerinin pH değerlerinin 2,83-3,21 değerleri arasında olduğu görülmektedir. Kadaş (2011), yapılan ölçümler sonrası pH değerleri alıç sirkesinde $3,28 \pm 0,26$ olarak belirlemiştir.

Araştırmamız kapsamında toplam asitlik (titrasyon asitliği) değerleri hammadde olan beyaz ve esmer pirinç ve pirinç tıraşında ve bu hammaddelerden yapılan sirke örneklerinde periyodik olarak takip edilmiştir. Fermantasyon boyunca sirke örneklerinde asitlik düzenli olarak bir artış ve azalış göstermemiştir. Sonuçların değişken olduğu Çizelge 4.6'da görülmektedir. Fermantasyon süresi boyunca en yüksek düzeyde titrasyon asitliği gösteren TKS (ortalama % 1,5) olmuştur. En düşük seyreden ise BKS (ortalama % 1,04)'dir. Kullanılan hammadde bazında bakıldığında (Şekil 4.6) en az asitliğe EKS sahip olmuştur. Depolamanın toplam asitlik üzerine etkisi azalan bir seyirde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.8).

Depolama boyunca sirke örneklerinde gözlenen artan pH miktarı ile birlikte toplam asitlik miktarının azalmasıdır.

İstatistiksel olarak yapılan varyans analizinde sirke çeşitlerinin arasında ve fermentasyon zamanının pH üzerinde çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0,0001$). Araştırmada bulunan toplam asitlik değerleri literatür çalışmalarından farklı bulunmuştur. Bunun sebebinin kullanılan yöntemlerin farklılığı olduğu düşünülmektedir.

Ye vd. (2004), yaptığı bir çalışmada tatlı patates, arpa ve pirinçten soju üretilmiştir. Bu ürünlerin soju üretimi sırasında açığa çıkan damıtık atık sularından da sirke üretilmiştir. Tatlı patates soju atık suyundan üretilen sirke sağlık için yararlı olduğu bilinen sitrik asiti diğerlerine oranla yüksek oranda içermektedir (3,3 mg/mL). En yüksek asetik asit değerini ise gene tatlı patates soju atık suyundan üretilen sirke ihtiva etmektedir (42,4 mg/mL).

Yapılan bir çalışmada komesu (tırışlanmış pirinçten üretilen sirke) ve kurozu (tırışlanmamış pirinçten üretilen sirke) yaklaşık on ay boyunca 30 °C arasında değişen bir ortam sıcaklığında yaklaşık bir ay boyunca fermente edilmiştir. Asetik asitin nihai konsantrasyonu yaklaşık % 6 ile % 6,5 olarak bulunmuştur (Nanda *et al.* 2001).

Ünal (2007), yapmış olduğu çalışmada dimrit üzümlelerinden elde edilen sirkelerin toplam asitliği 4,14-6,59 g/100 mL olarak bulunmuştur. Gerbi vd. (1998), üzerinde çalıştıkları araştırma kapsamında, sirkedeki toplam asitliği 6,6 g/L olarak tespit etmişlerdir.

Budak vd. (2011), tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, titrasyon asitliği değerinin 55,16-73,86 g/L arasında gözlemlendiği kaydedilmiştir. Kadaş (2011), yürüttüğü çalışmada alıç sirkesinin titrasyon asitliği değeri ise asetik asit cinsinden 3,7 g/100mL olarak tespit edilmiştir.

Brix suda çözünen kuru madde miktarını göstermektedir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi hammadde olarak brix değeri ortalama % 20,55 ile en yüksek olan pirinç tıraşı iken en düşük hammadde brix değerini ortalama % 4,01 ile esmer pirinç göstermektedir. Pirinç sirkeleri içinde ise en yüksek Brix değeri (Çizelge 4.9) ortalama % 4,08 ile TKS (kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi) olurken, en düşük brix değerine sahip sirke örneği ortalama % 1,12 ile TAS (açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi) olmuştur. Suda çözünen kuru madde dalgalanmasının aynı türün farklı üretim proseslerinde (açık ve kapalı yöntemle üretim) iki sirke olan pirinç tıraşı sirkelerinde en fazla olduğu gözlenmiştir. Depolama süresi arttıkça sirkelerin % brix değerlerinin düşmüş olduğu görülmüştür.

Fermentasyon sırasında mikroorganizmaların aktiviteleriyle hammaddede bulunan şeker parçalanmaktadır. Bundan dolayı fermentasyon ile brix değerleri arasında yakın bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Masino *et al.* 2008, Ozturk *et al.* 2015). Bu durum göz önüne alındığında, söz konusu çalışmamızda pirinç sirkesi üretim sürecinde brix değerlerinin giderek azalmasının nedeni fermentasyonun başlamasıyla birlikte pirinç ve pirinç tıraşı bünyesinde bulunan şekerlerin, etil alkol ve sonrasında asetik aside dönüşmesidir.

Marangoz (2016), Sirke üretim prosesinin karadut meyvesinin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan özelliklerine etkisini incelediği araştırmasında alkol fermentasyonu sonrası ve asetikasyon sonrası sirke örneklerinin suda çözünen kuru madde değerlerini sırasıyla % 2,65 brix ve % 1,8 brix bulmuştur.

Kadaş (2011), alıç sirkesinde brix miktarını $5,33 \pm 0,43$ olarak bulmuştur.

Tıraşlanmamış pirinç (esmer), tıraşlanmış pirinç (beyaz) ve pirinç tıraşı artığından üretilen sirke örneklerinde iletkenlik seviyesi 3,76 mS/cm ile en yüksek olan açık yöntemle üretilmiş olan tıraşlanmamış pirinç (esmer) sirkesi olmuştur. En düşük olan ise ortalama 2,12 mS/cm ile kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç (beyaz) sirkesi olmuştur.

İstatistiksel varyans analizine bakıldığında sirke örneklerinde hammadde çeşidine göre iletkenliğin çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0,0001$) görülmüştür (Çizelge 4.3).

Sirke örneklerinde 30. ve 60. günde analiz edilen iletkenlik değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı dolayısıyla depolama süresinin sirke örneklerinin iletkenlik değeri üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.14).

Kadaş (2011), Alıç sirkesinin biyoaktif özelliklerinin ve metabolik özelliklerinin incelenmesi üzerine yaptığı çalışmada alıç sirkesinde kondaktivite (iletkenlik) değerini $3,86 \mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulmuştur.

“L*” değeri herhangi bir gıda maddesindeki parlaklığı ifade etmektedir. Bulunan değerler 0 ve 100 arasında değişmekte ve 0 siyahlığı, 100 ise beyazlığı temsil etmektedir. “a*” değeri (-: yeşillik, +: kırmızılık) ve “b*” değeri (-: mavilik, +: sarılık) değerleri olarak verilmiştir (Kadaş 2011).

Kullanılan hammaddelerden tıraşlanmış pirinç (beyaz) kapalı yöntemle üretilen sirke örneğinin 30. ve 60. gününde ortalama 51,47 ile en yüksek parlaklığa sahip olurken, en düşük parlaklığa ise ortalama 32,14 değeri ile açık yöntemle üretilen esmer pirinç sirkesi pirinç tıraşı sahip olmuştur (Çizelge 4.12). En yüksek sarılık değerine TKS (ortalama -2,18) sahip olurken (Çizelge 4.14), en yüksek kırmızılık değerine ortalama 2,70 değeri ile BKS sahip olmuştur. Kullanılan hammaddeye göre kıyaslandığında TKS (kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi) parlaklığı diğerlerine oranla daha yüksek iken (Şekil 4.15), kırmızılık değeri diğerleriyle karşılaştırıldığında en düşük olandır (Şekil 4.17).

Depolama süresi ile tüm sirke çeşitlerinde L*, a* ve b* değerlerinde artış gözlenmiştir.

Haykır (2018), sirke üretim prosesinin bazı yabancı meyvelerin biyoaktif özellikleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında; Trabzon hurmasında renk değerlerinde cibre fermentasyonu ile meyve renginin şaraba geçirilmesinin sağlanmasıyla alkol

fermentasyonu süresince parlaklığın artarken, asetik asit fermentasyonu süresince parlaklığında dalgalanmalar gözlenmiştir. Yaban mersininde renk değerlerinde ise cibre fermentasyonu ile meyve renginin şaraba geçirilmesi sağlanmak istense de taze meyve haline kıyasla alkol fermentasyonu süresince parlaklığın düştüğü, asetik asit fermentasyonu süresince ise azalmalar gözlenirse de son sirke halinde parlaklığının arttığı görülmüştür.

Elde edilen pirinç sirkelerinin fermentasyon aşamasındaki alkol değerleri açısından aralarında büyük farklılıklar görülmemektedir (Çizelge 4.15). Ortalama en yüksek alkol değeri ortalama % 0,049 ile TAS'da görülmüştür. Alkol fermentasyonu yirmi bir günün ardından sonlandırılmıştır. Alkol değerlerinin genel anlamda tüm sirkelerin fermentasyon sürecinde 14. günden sonra azalma meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.22).

Depolama zamanıyla alkol miktarının azaldığının gözlenmesinin (Şekil 4.24) sebebi asetik asit bakterilerinin alkolü parçalayarak asetik asite dönüştürmeleridir.

Alkol miktarı % 0,5'e düştüğünde fermentasyona son verildiğinden, denemelerden elde edilen sirkelerdeki alkol miktarı % 0,5'in altındadır. Daha önce yapılan literatür çalışmalarıyla alkol sonuçları uyumlu bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada komesu (tırışlanmış pirinçten üretilen sirke) ve kurozu (tırışlanmamış pirinçten üretilen sirke) yaklaşık on ay boyunca değişen oda sıcaklığında yaklaşık bir ay boyunca fermente edilmiştir. Bu süreçte alkol içeriği genellikle % 0,1 olarak gözlenmiştir (Nanda *et al.* 2001).

Üretimi yapılan pirinç ve pirinç tıraşı sirkelerinden kullanılan hammaddenin yoğunluk üzerine etkisi TKS üzerinde görülmüştür. Kapalı yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesinde 1,012 g/cm³ ile yoğunluk diğer sirkelere oranla yüksek olmuştur (Çizelge 4.17).

Sirkelerin depolanma süresinin hammaddeden bağımsız olarak yoğunluğu önemli ölçüde değiştirmedeği tespit edilmiştir (Şekil 4.26).

Ünal (2007), yapmış olduğu denemelerinde elde edilen sirkelerde yoğunluk değeri 1,0110-1,0135 g/cm³ arasında değişmiştir.

Chang vd. (2005), çeşitli meyve sirkelerinin kimyasal bileşimleri üzerine yapmış oldukları çalışmada, kırmızı şaraptan elde edilen sirkelerdeki yoğunluk değerlerinin 0,99-1,06 g/cm³ arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Üretilen pirinç sirkelerinden kurumadde içeriği % 1,6 ile en yüksek olan açık yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç sirkesi olduğu görülmüştür. TAS (ortalama % 0,06) en düşük kurumadde değerine sahiptir (Çizelge 4.18). Depolama süresince sirkelerin genelinde kurumadde değerlerinde azalma gözlenmiştir (Şekil 4.28).

Morales vd. (2001b), yaptıkları çalışmada sirkelerdeki kuru madde miktarlarının 10,3 g/L ile 12,9 g/L arasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Aykın (2013), elma sirkesi ve elma sirke anası örneklerin toplam kuru madde miktarlarını ortalama % 2,14 ve % 2,42 olarak bulmuştur.

Sirke üretiminde kullanmış olduğumuz pirinç tıraşı % 11,48 ile en yüksek kül değerine sahipken, tıraşlanmış pirinç (beyaz) ortalama % 3,72 ile en düşük külü içermektedir (Çizelge 4.19). Kullanılan yöntem farklılığı dikkate alınmaksızın en yüksek kül içeriği pirinç tıraşı sirkesinde olmuştur (Şekil 4.29). Açık ve kapalı yöntemle üretilmiş olması bu sirkenin kül içeriğinde kayda değer bir fark oluşturmamıştır. Örneklerin kül içeriği, sirke örneklerine ait literatür bulgularıyla benzer sonuçlar göstermiştir.

Sirkenin depolandığı gün sayısı uzadıkça sirkelerde genel olarak kül oranında artışa rastlanmıştır (Şekil 4.30).

Ünal (2007), araştırmasında dimrit üzümünden yapılan sirke örneklerindeki kül miktarını 1,70-1,79 g/L olarak tespit etmiştir. Aykın (2013), kül, gıdadaki inorganik

yapıdaki yanmayan maddelerin bir tanımıdır. Yaptığı çalışmada elma sirkesi ve elma sirke anası örneklerindeki kül miktarları % 0,17 ve % 0,22 olarak belirlemiştir.

Şahin vd. (1977) sirkelerdeki kül miktarının 1,57-2,15 g/L olduğunu bildirmişlerdir. Gerbi vd. (1998), şarap sirkesindeki kül miktarının 2,03-2,61 g/L arasında değiştiğini saptamışlardır. Budak vd. (2011), araştırmalarında toplam kül miktarının 1,75-4,74 g/L aralığında değiştiği tespit etmişlerdir.

Pirinç sirkesi üretimi konulu çalışmamızda, üretimde kullanılan hammaddeler ve oluşturulan sirkelerde mineral madde tayini için analiz yapılmıştır. Hammaddeler incelendiğinde en yüksek mineral içeriğine pirinç tıraşının sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20). Sonrasında bunu tıraşlanmamış pirinç (esmer) ve son olarakta tıraşlanmış pirinç (beyaz) izlemektedir.

Sirkelerde mineral içeriğe bakıldığında ise (Çizelge 4.21) açık yöntemle üretilen pirinç tıraş sirkesinde Na (237,32 mg/L) miktarı diğerlerine kıyasla yüksek bulunmuştur. TAS, TKS ile karşılaştırıldığında ise Mg (694,52 mg/L), K (1228,83 mg/L), Ca (76,63 mg/L), P (1469,90 mg/L) ve Mn (8,23 mg/L) maddelerinin TKS'de fazla olduğu tespit edilmiştir. Tıraşlanmamış ve tıraşlanmış pirinçten üretilen diğer sirkeler içinse genel olarak açık yöntemle üretilenlerde mineral madde içeriği kapalı yöntemle üretilenlere göre yüksek miktarda bulunmaktadır.

Hayvansal ve bitkisel besinlerin yakılması sonucu külde kalan inorganik maddelere mineral madde denilmektedir. Bitkisel gıdaların, hayvansal gıdalara kıyasla daha yüksek mineral madde içerdiği tespit edilmiştir (Miller 1996). Mineral maddelerden bazıları da vücuttaki etkileri bakımından en az hormonlar ve vitaminler kadar önemlidir. Ca, P, Na, K, Cl, Mg, Mn, S, Fe, Cu, I, Zn ve F mineralleri vücut için gerekli olup Co, Cr, Se ve Mo gibi mineraller vücudun yapısı ve işleyişinde görev almaktadır (Anonim 1990).

Kuru baklagil yeşil sebzelerin yapısında bol miktarda bulunan magnezyum, sinir iletimi ve kas yapımı, ribozom yapımı ve buna bağlı protein sentezi gibi biyolojik fonksiyonlarda görev almaktadır (Miller 1996).

Aykın (2013), Elma sirke anasının Mg değerini ortalama 546,70 mg/L ve nar sirke anasının Mg değerini ortalama 612,65 mg/L olarak bulmuştur. Ayrıca elma sirke anasının potasyum içeriğini 25814,17 mg/L ve nar sirke anasının potasyum içeriğini 28148,33 mg/L olarak saptamıştır.

Literatür araştırmasında bulunan bazı sirke çeşitlerindeki potasyum (K) miktarları ise soğan sirkesinde 1965 mg/L, malt sirkesinde 80 mg/L, pirinç sirkesinde 60 mg/L, şarap sirkesinde 1809 mg/L ve yüksek brixli elma sirkesinde (elma sirkesine oranla daha yüksek bileşen içeriğine sahip sirke) 451,1 mg/100 mL olarak tespit edilmiştir (Guerrero *et al.* 1997, Horiuchi *et al.* 2004, Nakamura *et al.* 2010).

Araştırmamızda tıraşlanmış pirinç (beyaz), tıraşlanmamış pirinç (esmer) ve pirinç tıraşından yapılan sirkeler için gallik asit cinsinden belirlenen toplam fenolik madde miktarı en yoğun hem kapalı hem de açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesinde rastlanmıştır. Sırasıyla bu değerler ortalama 2087 µg/mL ve 2160 µg/mL olarak tayin edilmiştir (Çizelge 4.22). Üretimde kullanılan hammaddelerden olan pirinç tıraşı 15,22 µg/g ile en yüksek fenolik içeriğe sahipken, 4,31 µg/g ile tıraşlanmış pirinç (beyaz) en az fenolik madde ihtiva etmektedir (Çizelge 4.2). Depolamanın otuzuncu günündeki değerler ile altmışıncı gün kıyaslandığında fenolik toplam fenolik madde bileşiminde düşüş olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.32).

Alkol fermantasyonu süresince toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede çok küçük bir azalma söz konusudur.

Öztürk (2015), kara havuç şarabının toplam fenolik madde içeriğini gallik asit cinsinden 9460 mg/L bulmuştur. Alkol fermantasyonunun gerçekleştiği bu aşamada, hammaddeye oranla büyük bir değişikliğin olmadığı görülmektedir.

Ünal (2007), sirkelerdeki toplam fenol bileşikleri miktarının gallik asit cinsinden 423,90 mg/L ile 499,90 mg/L arasında değiştiği belirtmiştir. Aykın (2013), toplam fenolik madde içeriği; nar sirkesi örneğinde ortalama 32761,33 mg gallik asit/L ve nar sirke anası örneğinde ortalama 38958,67 mg gallik asit/L bulunmuştur. Tesfaye vd. (2004), yaptıkları çalışmada toplam fenolik bileşenlerin 425 mg/L ile 697 mg/L gibi geniş bir aralıkta değiştiğini bildirmişlerdir. Sirkede fenolik madde miktarı depolama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Samanidou *et al.* 2001).

Yürütülen çalışmamızda tıraşlanmış pirinç (beyaz), tıraşlanmamış pirinç (esmer) ve pirinç tıraşından yapılan sirkeler için DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite tayininde sonuçlar 30. gün için en yüksek TKS'de (kapalı yöntemle kurulan pirinç tıraşı sirkesi) 1371,43 mg/mL, en düşük ise EAS'de (açık yöntemle üretilen tıraşlanmamış pirinç sirkesi) 708,57 mg/mL olmuştur. Depolamanın 60. Gününde ise TAS (açık yöntemle kurulan pirinç tıraşı sirkesi) 3014,29 mg/mL en yüksek, BKS (kapalı yöntemle üretilen tıraşlanmış pirinç sirkesi) ise 2308,57 mg/mL ile en düşük antioksidan kapasite değerine sahip sirkelerdir (Çizelge 4.23). Sirkenin antioksidan aktivitesi üzerine birkaç çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir;

Nishidai vd. (2000), Kurozu'nun bir etil asetat ekstraktının (bir çeşit pirinç sirkesi) linoleik asit otoksidasyon modelinde ve DPPH radikal sisteminde antioksidan aktivite sergilediğini bulmuştur.

Kurozu'dan izole edilen dihidroferulik asit ve dihidrosinapik asit, Kurozu'nun radikal temizleyici faaliyetlerinden sorumlu ana bileşenlerdir (Shimoji *et al.* 2002). Zhenjiang sirke ekstraktları üzerine yapılan bir çalışmada ise DPPH radikal süpürme aktivitesi ve bunun yanı sıra dört fraksiyonun tümünde doza bağımlı olduğu görülmüştür. En yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesi F2 ve F3, ardından F4 ile gösterilmiştir. F2 ve F3 fraksiyonları, 50 µg/mL'lik bir konsantrasyonda, yaklaşık 5 µg/mL askorbik asit veya gallik asit ile yaklaşık % 30'luk bir DPPH radikal süpürme aktivitesine sahiptir. 150 Ig/mL'de, F2 ve F3'ün her ikisi de % 70 civarında DPPH radikal temizleme aktivitesine sahiptir. En düşük DPPH radikal temizleme etkinliği, 150 Ig/mL'de sadece % 21 olan F1 ile görülmüştür. İlginçtir, F2 ve F3 fraksiyonları aynı zamanda en yüksek

fenolik içeriğe sahiptir, F4 en yüksek fenol içeriğine ve F1 en düşük fenolik içeriğe sahiptir. Yukarıdakilere bakıldığında, toplam fenolik içerik ile DPPH radikal süpürme aktivitesi arasında bir ilişki olabileceğini veya DPPH radikal süpürme aktivitesinin melanoidlere bağlı fenolik gruplarla bir ilişkisi olabileceği belirtilmiştir (Xu *et al.* 2007).

Geleneksel Sirke için Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasite (TEAC) değerleri sırasıyla 10,50 $\mu\text{mol/mL}$ TE (trolox eşdeğeri) ve endüstriyel sirke için 8,84 $\mu\text{mol/mL}$ TE olmuştur (Budak ve Güzel-Seydim 2010).

Ye vd. (2004), yaptıkları bir çalışmada tatlı patates, arpa ve pirinçten soju üretilmiştir. Bu ürünlerin soju üretimi sırasında açığa çıkan damıtık atık sularından sirke üretilmiştir. Radikal süpürücü aktivite (IPOX₅₀) değeri ve ACE inhibisyonu değerlendirilmiştir. Radikal süpürücü aktivite (IPOX₅₀) değerinin damıtmayla sonuçlanan atık suların ve her bir soju üretim işleminden sonra damıtılmış atık sudan üretilen sirkeler ile aynı olduğu gözlenmiştir. Ana antioksidan bileşenlerin damıtma sonrası bulamaçta hali hazırda mevcut oldukları ve asetik asit fermentasyonu sırasında değişmediği görülmüştür. Bahsedildiği üzere, pirinç, arpa ve tatlı patates sojudan damıtılmış bulamaçtan üretilen tüm sirkeler, radikal temizleme faaliyeti ve ACE inhibisyonu açısından işlevsel olduğu edinilen sonuçlardan olmuştur.

Duyusal analiz sonuçları renk, aroma, koku, görünüş ve genel izlenim olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.24'de verilmiştir. En beğenilen sirke örneği genel anlamda açık yöntemle üretilen pirinç tıraşı sirkesi olmuştur.

Lee vd. (2012), yaptığı çalışmada değişik miktarda nuruk ve farklı fermantasyon koşulları ile fermente edilen kahverengi pirinç sirkelerinin duyusal özelliklerini incelemiştir. Duyusal değerlendirme, nuruk miktarındaki artış ile renk değerinde bir azalma olduğunu göstermiştir. AV10'da (% 10 nuruk ihtiva eden ajite edilmiş bir kültürde fermente edilmiş sirke) keskinlik en yüksek bulunmuştur. Tat, hoş olmayan lezzet yoğunluğu, aroma veya genel lezzetlilik açısından önemli bir fark gözlenmemiştir. SV (statik bir kültürde fermente edilmiş sirke) için yüksek renk ve

keskinlik skorları sırasıyla SV20 (% 20 nuruk) ve SV30'da (% 30 nuruk) bulunmuştur. SV10'un (% 10 nuruk içeren sirke) lezzet puanı daha yüksek olmuştur. Duyusal değerlendirme, uçucu bileşikler ile tüketici kabul edilebilirliği arasındaki ilişkiyi saptamak için kullanılmıştır. Sonuç olarak, asetik, oksalik, tartarik ve malik asitlerin içeriği SV'de (statik bir kültürde fermente edilmiş sirke) nuruk miktarı arttıkça arttığı görülmüştür. AV'de (ajite edilmiş bir kültürde fermente edilmiş sirke) yüksek konsantrasyonlarda asetik asit, izoamil asetat, fenetil asetat ve fenetil alkol gibi sirke kalitesini etkileyen uçucu bileşikler mevcuttur. SV'deki (statik bir kültürde fermente edilmiş sirke) ana uçucu bileşik, etil asetat, izobütül asetat, izoamil asetat, fenetil asetat, etil alkol, 3-metil-1-bütanol, fenetil alkol ve asetoin sonrasında ise asetik asit olmuştur.

Geleneksel Çin sirkesi çok çeşitli tepkilerle üretilen bir bol miktarda bileşen içerir. Sirke tadı, dil, ağız ve burnun ortak algısına dayanır ve sirke içindeki bileşenleri ve oranlarına göre belirlenir (Tesfaye *et al.* 2002).

Ünal (2007), lezzet profil analizi sonucunda istatistiksel olarak, genel izlenim, aroma yoğunluğu ve etil asetat bakımından değerlendirildiğinde yöntemler arasında % 5 düzeyinde önemli farklılık olduğu, ancak aroma zenginliği, keskinlik hissi ve çeşit karakteri bakımından yöntemler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığı saptanmıştır.

Sonuç olarak; bu çalışmada aynı tür pirincin farklı formlarından yeni bir ürün olan pirinç sirkesi benzeri ürünlerin geliştirilmesi amaçlanmış ve üretilmiştir. Pirincin yapısındaki ve pirinç tıraşındaki kimyasal bileşenlerin sirke oluşumunda sirkeye aktarıldığı bu araştırmada görülmüş olup, pirinç sirkesinin kalite parametreleri üretim yöntemi bazında ve depolama süresine göre değerlendirilmiş olup yeni bir ürün kazandırılmıştır. Ayrıca kapalı ve açık yöntem olmak üzere iki farklı teknikle üretilen sirkelerin fiziksel, kimyasal özellikleri bakımından farklı olup olmadığı araştırılmıştır. Genellikle açık yöntemle üretilen sirkelerde iletkenlik değerlerinin, renk kriterlerinden a*: kırmızılık değerlerinin, alkol fermentasyon aşamasındaki alkol miktarlarının, küll miktarlarının, mineral madde içeriklerinin ve duyusal analiz için kullanılan lezzet profil analiz parametrelerinin daha yüksek olduğu genel bir gözlem olarak elde edilmiştir.

Pirincin sanayi tip işlenmesinde proses atığı olarak ortaya çıkan pirinç tıraşının, beyaz pirinç ve esmer pirince oranla çok daha yüksek oranlarda fenolik içerik ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu yapılan analizler ile görülmüştür. Bu nedenle bu ürünün bir proses atığı yaklaşımından kurtarılarak çok daha özel sahalarda işlenerek insan sağlığına fayda sağlayabilecek fonksiyonel bir ürün olarak piyasalarda yerini alabileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (1987). Codex Alimentarius Commission. Draft european regional standard for vinegar. Switzerland: World Health Organization.
- Anonim, (1990). Süt ve mamülleri analiz yöntemleri. Türkiye Süt Endüstrisi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2000). Proposed Draft Revised Regional Standart for Vinegar, Codex Alimentarius Commission, FAO, WHO, Rome.
- Anonim, (2003). Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün-Tarifler, Özellikler ve işaretleme, Türk Standardı TS 1880 EN 13188, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2004). Edible vinegar. Chinese National Standard. No.14834, N5239, China.
- Anonim, (2012). Manual of methods of analysis of foods. Food Safety and Standards Authority of India. India: Ministry of Health and Family Welfare Government of India.
- Anonim, (2014). New South Korea organic regulation. Korea: Ministry of Food and Drugs Safety.
- Adams, M.R. (1998). Vinegar. In: Wood, Brian, J.B. (Ed.), Microbiology of Fermented Foods. Blacki Academic and Professional, London, 1–44.
- Amin, M.T. and Han, M. Y. (2011). Improvement of solar based rainwater disinfection by using lemon and vinegar as catalyts. *Desalination*, **276**: 416-424.
- AOAC (2000). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 17th edition. AOAC, Washington DC.
- Aykın, E. (2013). Farklı sirkelerden üretilen sirke analarının biyoaktif bileşenlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta.
- Baimark, Y. and Niamsa, N. (2009). Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets. *Biomass and Bioenergy*, **33**: 994-998.
- Bao, Q.A. (1985). Vinegar production technology in ancient China. *Food Science*, **4**: 12-16.

- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, **181**: 1199.
- Buchanan, R.L. and 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 and Environmental Microbiology*, **62**: 4009-4013.
- Budak, H.N. (2010). Elma ve üzümünden üretilen sirkelerin bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri üzerine araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta.
- Budak, H.N. and Guzel-Seydim, Z.B. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **90**: 2021-2026.
- Budak, N.H., Kumbul Doguc, D., Savas, C.M., Seydim, A.C., Kok Tas, T., Ciris, M.I. and 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.
- Budak, N.H., Aykin, E., Seydim, A.C., Greene, A.K. and Guzel-Seydim, Z.B. (2014). Functional properties of vinegar. *Journal of food science*, **79**: 757-764.
- Callejón, R.M., Tesfaye, W., Torija, M.J., Mas, A., Troncoso, A.M. and Morales, M.L. (2009). Volatile compounds in red wine vinegars obtained by submerged and surface acetification in different woods. *Food Chemistry*, **113**: 1252-1259.
- Cândido, T.L.N., Silva, M.R. and Agostini-Costa, T.S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa L.f.*) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry*, **177**: 313-319.
- Chan, E.L., Ahmed, T.M., Wang, M. and Chan, J.C. (1994). History of medicine and nephrology in Asia. *American journal of nephrology*, **14**: 295-301.
- Chang, R.C., Lee, H.C. and Ou, A.S.M. (2005). Investigation of the physicochemical properties of concentrated fruit vinegar. *Journal of Food and Drug Analysis*, **13**.
- Chang, J.M. and 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.

- Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P. and Judprasong, K. (2016). Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus murr.*). *Food chemistry*, **193**: 181-186.
- Cheng, H.Y., Yu, R.C. and Chou, C.C. (2003). Increased acid tolerance of *Escherichia coli* O157:H7 as affected by acid adaptation time and conditions of acid challenge. *Food Research International*, **36**: 49-56.
- Chou, C.H., Liu, C.W., Yang, D.J., Wu, Y.H. S. and Chen, Y.C. (2015). Amino acid, mineral and polyphenolic profiles of black vinegar and its lipid lowering and antioxidant effects in vivo. *Food chemistry*, **168**: 63-69.
- Dabija, A. and Hatnean, C.A. (2014). Study concerning the quality of apple vinegar obtained through classical method. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **20**: 304-310.
- Daglia, M., Amoroso, A., Rossi, D., Mascherpa, D. and Maga, G. (2013). Identification and quantification of α -dicarbonyl compounds in balsamic and traditional balsamic vinegars and their cytotoxicity against human cells. *Journal of food composition and analysis*, **31**: 67-74.
- Dávalos, A., Bartolomé, B. and Gómez-Cordovés, C. (2005). Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. *Food chemistry*, **93**: 325-330.
- De Ory, I., Romero, L. E. and Cantero, D. (1998). Modelling the kinetics of growth of *Acetobacter aceti* in discontinuous culture: influence of the temperature of operation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **49**: 189-193.
- De Vero, L., Gullo, M., Gala, E. and Giudici, P. (2006). Aspetti microbiologici nella gestione di una batteria di Aceto Balsamico Tradizionale. *Industrie delle bevande*, **205**: 443-448.
- Dohar, J.E. (2003). Evolution of management approaches for otitis externa. *The Pediatric infectious disease journal*, **22**: 299-305.
- Dong, E. (2006). Four famous vinegar in China. *J. Friend Sci Amateurs*, **10**: 19-21.
- Drysdale, G.S. and Fleet, G.H. (1985). Acetic acid bacteria in some Australian wines. *Food technology in Australia*. **37**: 17–20.
- Ebihara, K. and Nakajima, A. (1988). Effect of acetic acid and vinegar on blood glucose and insulin responses to orally administered sucrose and starch. *Agricultural and biological chemistry*, **52**: 1311-1312.

- Entani, E. and Masai, H. (1985a). Identification of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria isolated from fermented mash of Fukuyama rice vinegar. *Journal of the Brewing Society of Japan*, **80**: 200-205.
- Entani, E. and Masai, H. (1985b). Changes in flavor components and microbial flora during Fukuyama rice vinegar manufacture. *Hakkokogaku Kaishi*.
- Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y. and Ohta, M. (1998). Antibacterial action of vinegar against food-borne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of food protection*, **61**: 953-959.
- Fernández-Pérez, R., Torres, C., Sanz, S. and Ruiz-Larrea, F. (2010). Strain typing of acetic acid bacteria responsible for vinegar production by the submerged elaboration method. *Food microbiology*, **27**: 973-978.
- Finley, J.W., Kong, A.N., Hintze, K.J., Jeffery, E.H., Ji, L.L. and Lei, X.G. (2011). Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, **59**: 6837-6846.
- Fu, L., Xie, H.L. and Ferro, M.D. (2013). Rapid multi-element analysis of Chinese vinegar by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. *European Food Research and Technology*, **237**: 795-800.
- Fushimi, T., Suruga, K., Oshima, Y., Fukiharu, M., Tsukamoto, Y. and Goda, T. (2006). Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol-rich diet. *British Journal of Nutrition*, **95**: 916-924.
- García-Parrilla, M.C., González, G.A., Heredia, F.J. and Troncoso, A.M. (1997). Differentiation of wine vinegars based on phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**: 3487-3492.
- Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A. and Antonelli, A. (1998). Characterisation of white vinegars of different sources with artificial neural networks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **78**: 417-422.
- Giudici, P., Lemmetti, F. and Mazza, S. (2015). Balsamic Vinegars. Tradition, Technology, Trade, **1**:1-9
- Gu, X., Zhao, H.L., Sui, Y., Guan, J., Chan, J.C. and Tong, P.C. (2012). White rice vinegar improves pancreatic beta-cell function and fatty liver in streptozotocin-induced diabetic rats. *Acta diabetol*, **49**: 185-191.

- Guerrero, M.I., Herce-Pagliai, C., Cameán, A.M., Troncoso, A.M. and González, A.G. (1997). Multivariate characterization of wine vinegars from the south of Spain according to their metallic content. *Talanta*, **45**: 379-386.
- Gülcü, M. (2009). Yemeklik asma yaprağı üretimi, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitü Müdürlüğü, *çiftçi broşürü*, (22).
- Harukaze, A., Murata, M. and Homma, S. (1999). Analyses of free and bound phenolics in rice. *Food Science and Technology Research*, **5**: 74-79.
- Haruta, S., Ueno, S., Egawa, I., Hashiguchi, K., Fujii, A., Nagano, M. and Igarashi, Y. (2006). Succession of bacterial and fungal communities during a traditional pot fermentation of rice vinegar assessed by PCR-mediated denaturing gradient gel electrophoresis. *International journal of food microbiology*, **109**: 79-87.
- Hashimoto, M., Obara, K., Ozono, M., Furuyashiki, M., Ikeda, T., Suda, Y. and Shigehisa, H. (2013). Separation and characterization of the immunostimulatory components in unpolished rice black vinegar (kurozu). *Journal of bioscience and bioengineering*, **116**: 688-696.
- Haykır, E.S. (2018). Sirke Üretim Prosesinin Bazı Yabani Meyvelerin Biyoaktif Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hesseltine, C.W. (1965). Amillennium of fungi, foodand fermentation. *Mycologia*, **57**: 149-197.
- Ho, C.T. (1992). Phenolic compounds in food. Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health I. In: Ho, C., Lee, C.Y. and Huang, M., (Eds.), Analysis, Occurrence and Chemistry, 1-7.
- Horiuchi, J.I., Kanno, T. and Kobayashi, M. (1999). New vinegar production from onions. *Journal of bioscience and bioengineering*, **88**: 107-109.
- Horiuchi, J.I., Tada, K., Kobayashi, M., Kanno, T. and Ebie, K. (2004). Biological approach for effective utilization of worthless onionsvinegar production and composting. *Resources, conservation and recycling*, **40**: 97-109.
- Hoseney, R.C., (1994). Principles of Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc., 2. edition, USA, 159-163.
- Huang, Z. (1998). The status and trends of Chinese vinegar. *Chinese Condiment*, **1**: 3-4.

- Huang, Z. and Yin, X. (2000). Questions and Answers About Vinegar Production. 1st Ed. Beijing: Light Industry Publishing House of China, 194–220.
- Hudson, E.A., Dinh, P.A., Kokubun, T., Simmonds, M.S. and Gescher, A. (2000). Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, **9**: 1163-1170.
- Jaffe, R. and Brown, S. (2000). Acid-alkaline balance and its effect on bone health. *Intl J Integrative Med*, **2**: 7-18.
- Johnston, C. S., Kim, C. M. and Buller, A. J. (2004). Vinegar improves insulin sensitivity to a high-carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes. *Diabetes Care*, **27**: 281-282.
- Johnston, C.S. and Gaas, C.A. (2006). Vinegar: medicinal uses and antiglycemic effect. *Medscape General Medicine*, **8**: 61.
- Junior, M.M., Silva, L.O., Leão, D.J. and Ferreira, S.L. (2014). Analytical strategies for determination of cadmium in Brazilian vinegar samples using ET AAS. *Food chemistry*, **160**: 209-213.
- Kadaş, Z. (2011). Alıç Sirkesinin Biyoaktif Özelliklerinin ve Metabolik Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Kılıç, O. (1976). Piyasada satılan sirkelerin bileşimleri üzerinde bir araştırma. *Gıda Dergisi*; Cilt: 01 Sayı: 4.
- Kırca, A., Özkan, M. and Cemeroğlu, B. (2007). Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food chemistry*, **101**: 212-218.
- Kim, J.H., Lee, D.H., Choi, S.Y. and Lee, J.S. (2002). Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **34**: 118-122.
- Kohchi, C., Inagawa, H., Nishizawa, T., Yamaguchi, T., Nagai, S. and Soma, G.I. (2006). Applications of lipopolysaccharide derived from *Pantoea agglomerans* (IP-PA1) for health care based on macrophage network theory. *Journal of bioscience and bioengineering*, **102**: 485-496.

- Koizumi, Y. (1996). Identification of lactic acid bacteria, yeast and acetic acid bacteria isolated during manufacturing process of pot vinegar. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **43**: 347-356.
- Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F. and Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine*, **113**: 71-88.
- Lee, S.W., Yoon, S.R., Kim, G.R., Woo, S.M., Jeong, Y.J., Yeo, S.H. and Kwon, J.H. (2012). Effect of nuruk and fermentation method on organic acid and volatile compounds in brown rice vinegar. *Food Science and Biotechnology*, **21**: 453-460.
- Lee, J.H., Cho, H.D., Jeong, J.H., Lee, M.K., Jeong, Y.K., Shim, K.H. and Seo, K.I. (2013). New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food chemistry*, **141**: 3241-3249.
- Lei, M. (2000). Function of microorganisms and enzymes in vinegar production by solid state fermentation. *China Condiment*, **9**: 20-22.
- Liu, C. and Li, Y. (1992). Study on amount reduction of rice hull in vinegar production with SSF. *Jiangsu Condiment*, **2**: 10-14.
- Liu, D., Zhu, Y., Beeftink, R., Ooijkaas, L., Rinzema, A., Chen, J. and Tramper, J. (2004). Chinese vinegar and its solid-state fermentation process. *Food reviews international*, **20**: 407-424.
- Madrera, R.R., Lobo, A.P. and Alonso, J.J.M. (2010). Effect of cider maturation on the chemical and sensory characteristics of fresh cider spirits. *Food research international*, **43**: 70-78.
- Marangoz, F.İ. (2016). Sirke Üretim Prosesinin Karadut Meyvesinin Biyoaktif Bileşenleri ve Antioksidan Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, On sekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Masino F., Chinnici F., Bendini A., Montevercchi G. and Antonelli A. (2008). A study on Relationships Among Chemical, Physical, and Qualitative Assessment in Traditional Balsamic Vinegar. *Food Chemistry*, **106**: 90–95.
- Matsuda, S. and Kudoh, Y. (2001). Ferulic Acid Contents in Mugi Miso (Barley-Koji

- Miso) and Antioxidative Activity of Mugi Koji. *Journal Of The Brewing Society Of Japan*, **96**: 100–106.
- Mazza, S. and Murooka, Y. (2009). Vinegars through the ages. In *Vinegars of the world*. Springer, Milano, 17-39.
- Mermel, V.L. (2004). Old paths new directions: the use of functional foods in the treatment of obesity. *Trends in food science & technology*, **15**: 532-540.
- Miller, D.D., (1996). Minerals. "Food Chemistry". In: Fennema, O.R., (Eds.), 3. edition, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1069.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science Technology*, **26**: 211-219.
- Morales, L.M., González, G.A., Casas, J.A. and Troncoso, A.M. (2001a). Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: Influence of acetification and aging. *European Food Research and Technology*, **212**: 676-682.
- Morales, M.L., Tesfaye, W., García-Parrilla, M.C., Casas, J.A. and Troncoso, A.M. (2001b). Sherry wine vinegar: Physicochemical changes during the acetification process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**: 611-619.
- Morales, M.L., Tesfaye, W., García-Parrilla, M.C., Casas, J.A. and Troncoso, A.M. (2002). Evolution of the aroma profile of sherry wine vinegars during an experimental aging in wood. *Journal of agricultural and food chemistry*, **50**: 3173-3178.
- Morimura, S., Juan, Y.X., Shigematsu, T. and Kida, K. (2002). Production of vinegar with high physiological activities from rice-shochu distillery wastewater. *Seibutsu-kogaku Kaishi*, **80**: 417-423.
- Mouritsen, O.G. (2009). Sushi: Food for the Eye, the Body and the Soul. *Springer Science and Business Media*, 98-105.
- Mu, J., Uehara, T. and Furuno, T. (2003). Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. *Journal of Wood Science*, **49**: 262-270.
- Mu, J., Yu, Z.M., Wu, W.Q. and Wu, Q.L. (2006). Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth. *Forestry Studies in China*, **8**: 43-

47.

- Murooka, Y., Nanda, K. and Yamashita, M. (2009). Rice Vinegar. In: Solieri, L. and Giudici, P., (Eds.), *Vinegars of the World*. Springer, Milano, **7**: 121-133.
- Nakamura, K., Ogasawara, Y., Endou, K., Fujimori, S., Koyama, M. and Akano, H. (2010). Phenolic compounds responsible for the superoxide dismutase-like activity in high-Brix apple vinegar. *Journal of agricultural and food chemistry*, **58**: 10124-10132.
- Nanda, K., Taniguchi, M., Ujike, S., Ishihara, N., Mori, H., Ono, H. and 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**: 986-990.
- Nanda, K., Miyoshi, N., Nakamura, Y., Shimoji, Y., Tamura, Y., Nishikawa, Y. and Tanaka, T. (2004). Extract of vinegar "Kurosu" from unpolished rice inhibits the proliferation of human cancer cells. *Journal of Experimental and Clinical Cancer Research*, **23**: 69-76.
- Nishidai, S., Nakamura, Y., Torikai, K., Yamamoto, M., Ishihara, N., Mori, H. and Ohigashi, H. (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.
- Nishikawa, Y., Takata, Y., Nagai, Y., Mori, T., Kawada, T. and Ishihara, N. (2001). Antihypertensive Effect of Kurosu Extract, a Traditional Vinegar Produced from Unpolished Rice, in the SHRrats. *Nippon Syokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **48**: 73-75.
- Nishino, H., Murakoshi, M., Mou, X.Y., Wada, S., Masuda, M., Ohsaka, Y. and Jinno, K. (2005). Cancer prevention by phytochemicals. *Oncology*, **69**: 38-40.
- Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M. and Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *Food Science and Technology*, **63**: 144-151.
- Öztürk, S. (2015). Kara Havuçtan Sirke Üretimi Üzerine Araştırma. Yüksek Lisan tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ostman, E., Granfeldt, Y., Persson, L. and Björck, I. (2005). Vinegar supplementation

- lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *European journal of clinical nutrition*, **59**: 983.
- Park, H.D., Kim, S.H., Shin, J.H. and Rhee, I.K. (1999). Genetic analysis of alcohol yeasts isolated from Korean traditional liquor by polymerase chain reaction. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **9**: 744-750.
- Pizarro, C., Esteban-Díez, I., Sáenz-González, C. and González-Sáiz, J.M. (2008). Vinegar classification based on feature extraction and selection from headspace solid-phase microextraction/gas chromatography volatile analyses: A feasibility study. *Analytica chimica acta*, **608**: 38-47.
- Rainieri, S. and Zambonelli, C. (2009). Organisms associated with acetic acid bacteria in vinegar production. In: Solieri, L. and Giudici, P., (Eds.), *Vinegars of the world*. Springer-Verlag, Milan, Italy, 73-95.
- Raspor, P. and Goranovič, D. (2008). Biotechnological applications of acetic acid bacteria. *Critical reviews in biotechnology*, **28**: 101-124.
- Rauha, J.P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kähkönen, M., Kujala, T. and Vuorela, P. (2000). Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International journal of food microbiology*, **56**: 3-12.
- Rommel, A., Heatherbell, D.A. and Wrolstad, R.E. (1990). Red raspberry juice and wine: effect of processing and storage on anthocyanin pigment composition, color and appearance. *Journal of Food Science*, **55**: 1011-1017.
- Rubio-Fernández, H., Salvador, M.D. and Fregapane, G. (2004). Influence of fermentation oxygen partial pressure on semicontinuous acetification for wine vinegar production. *European Food Research and Technology*, **219**: 393-397.
- Rutala, W.A., Barbee, S.L., Aguiar, N.C., Sobsey, M.D. and Weber, D.J. (2000). Antimicrobial activity of home disinfectants and natural products against potential human pathogens. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, **21**: 33-38.
- Ryu, J.H., Deng, Y. and Beuchat, 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.
- Salbe, A.D., Johnston, C.S., Buyukbese, M.A., Tsitouras, P.D. and Harman, S.M.

- (2009). Vinegar lacks antiglycemic action on enteral carbohydrate absorption in human subjects. *Nutrition research*, **29**: 846-849.
- Samanidou, V.F., Antoniou, C.V. and Papadoyannis, I.N. (2001). Gradient RP-HPLC determination of free phenolic acids in wines and wine vinegar samples after SPE, with photodiode array identification. *Journal of liquid chromatography and related technologies*, **24**: 2161-2176.
- Sánchez- Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B. and Cano, M.P. (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **83**: 430-439.
- Seki, T., Morimura, S., Shigematsu, T., Maeda, H. and Kida, K. (2004). Antitumor activity of rice-shochu post-distillation slurry and vinegar produced from the post-distillation slurry via oral administration in a mouse model. *Biofactors*, **22**: 103-105.
- Seo, M.Y., Lee, J.K., Ahn, B.H. and Cha, S.K. (2005). The changes of microflora during the fermentation of Takju and Yakju. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **37**: 61-66.
- Shi, G. (1999). Talk about Chinese vinegar. *China. Brewing*, **6**: 39-40.
- Shimoji, Y., Tamura, Y., Nakamura, Y., Nanda, K., Nishidai, S., Nishikawa, Y. and Ohigashi, H. (2002). Isolation and identification of DPPH radical scavenging compounds in Kurosu (Japanese unpolished rice vinegar). *Journal of agricultural and food chemistry*, **50**: 6501-6503.
- Shimoji, Y., Kohno, H., Nanda, K., Nishikawa, Y., Ohigashi, H., Uenakai, K. and Tanaka, T. (2004). Extract of Kurosu, a vinegar from unpolished rice, inhibits azoxymethane-induced colon carcinogenesis in male F344 rats. *Nutrition and cancer*, **49**: 170-173.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, **16**: 144-158.
- Sokollek, S.J., Hertel, C. and Hammes, W.P. (1998). Cultivation and preservation of vinegar bacteria. *Journal of Biotechnology*, **60**: 195-206.
- Sugiyama, K., Sakakibara, R., Tachimoto, H., Kishi, M., Kaga, T. and Tabata, I. (2009).

- Effects of acetic acid bacteria supplementation on muscle damage after moderate-intensity exercise. *Anti-Aging Medicine*, **7**: 1-6.
- Şahin, İ., Yavaş, İ. ve Kılıç, O. (1977). Kuru Üzüm Sirkesi Üretiminde Öğütme ve Çeşitli Maddelerin Fermantasyon Süresi ve Verime Etkileri. *Gıda Dergisi*, Ankara, **2**: 95-105.
- Tan, S.C. (2005). Vinegar fermentation. Master of Science Thesis, Louisiana State University, Department of Food Science, Baton Rouge.
- Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C. and Troncoso, A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in food science and technology*, **13**: 12-21.
- Tesfaye, W., Morales, M.L., Benitez, B., Garcia-Parrilla, M.C. and Troncoso, A. M. (2004). Evolution of wine vinegar composition during accelerated aging with oak chips. *Analytica Chimica Acta*, **513**. 239-245.
- Tong, L.T., Katakura, Y., Kawamura, S., Baba, S., Tanaka, Y., Udono, M. and Sato, M. (2010). Effects of Kurozu concentrated liquid on adipocyte size in rats. *Lipids in health and disease*, **9**: 134.
- Türker, İ. (1963). Sirke teknolojisi ve teknikte lâktik asit fermentasyonları. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Ubeda, C., Hidalgo, C., Torija, M.J., Mas, A., Troncoso, A.M. and Morales, M.L. (2011). Evaluation of antioxidant activity and total phenols index in persimmon vinegars produced by different processes. *Food Science and Technology*, **44**: 1591-1596.
- Ünal, E. (2007). Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).
- Valles, B.S., Bedriñana, R.P., Tascon, N.F., Garcia, A.G. and Madrera, R.R. (2005). Analytical differentiation of cider inoculated with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) isolated from Asturian (Spain) apple juice. *Food Science and Technology*, **38**: 455-461.
- Wichers, H. (2009). Immunomodulation by food: promising concept for mitigating allergic disease. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **395**: 37-45.
- Xiao, F. (2000). The history and culture of vinegar. *China Brewing*, **4**: 31-37.

- Xu, Q.P., Tao, W.Y. and Ao, Z.H. (2005). Bioactivity of ethanol supernate of vinegar. *Journal of Food Science and Biotechnology*, **24**: 76–80.
- Xu, Q., Tao, W. and Ao, Z. (2007). Antioxidant activity of vinegar melanoidins. *Food Chemistry*, **102**: 841-849.
- Yan, J. and Xiong, Y. (1997). Shanxi old mature vinegar. *Shanxi Food Industry*, **1**: 33-36.
- Yano, T., Aimi, T., Nakano, Y. and Tamai, M. (1997). Prediction of the concentrations of ethanol and acetic acid in the culture broth of a rice vinegar fermentation using near-infrared spectroscopy. *Journal of fermentation and bioengineering*, **84**: 461-465.
- Ye, X.J., Morimura, S., Han, L.S., Shigematsu, T. and Kida, K. (2004). In vitro evaluation of physiological activity of vinegar produced from barley, sweet potato and rice-shochu post-distillation slurry. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, **68**: 551-556.
- Yu, Y.J., Lu, Z.M., Yu, N.H., Xu, W., Li, G.Q., Shi, J.S. and Xu, Z.H. (2012). HS-SPME/GC-MS and chemometrics for volatile composition of Chinese traditional aromatic vinegar in the Zhenjiang region. *Journal of the Institute of Brewing*, **118**: 133-141.
- Zhang, W.Z. and Han, H.S. (2007). Evolution and development of Chinese vinegar and cultural trends. *J Tourism Times*, **4**: 167-168.
- Zhu, B. (1992). The technology of industrial-scale production of brewed vinegar. *Jiangsu Condiment*, **3**: 28-30.
- Zou, X., Li, Y., Shi, J., Huang, X. and Zhao, J. (2012). Traditional vinegars identification by colorimetric sensor. *Procedia Chemistry*, **6**: 20-26.

İnternet Kaynakları

- 1) <https://www.sirke.gen.tr/>, 13.11.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Dilara Yeşilirmak
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar/01.07.1992
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : +90 (506)460 3848/dilarayesilirmak@msn.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Kocatepe Anadolu Lisesi, (2006-2010)
Lisans : Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
(2010-2015)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2016-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Cumhuriyet Sucukları, (2017-Devam ediyor)

EKLER

EK 1. Pirinç Sirkelerinin Lezzet Profil Analizi

ÖRNEK KODU:

Tarih:

Deney Adı: Farklı formdaki pirinçten hazırlanmış sirkelerin Beğenilirlik Düzeylerinin Belirlenmesi.

Tanımlar

1. Aşağıda farklı içerikli içecekler hazırlanmıştır.
2. Örnekler soldan sağa şekilde duyuusal analize tabii tutulacaktır.
3. Lütfen örnekler arasında su, kraker, su şeklinde ağızımızı Çalkalamayı unutmayalım.

Testimiz, sayılabilir derecelendirme testidir. Örnekleri Tattıktan sonra 10 cm'lik skalada size en uygun olan Değerlendirme sayısını çizgi ile belirtiniz.

Sayılabilir Derecelendirme Testi

KOKU

Pirinç Kokusu

0 5 10

Hoşa Gitmeyen Koku

0 5 10

TAT

Pirinç Tadı

0 5 10

Hoşa Gitmeyen Tat

0 5 10

EK 1. (Devam) Piriç Sirkelerinin Lezzet Profil Analizi

Sirkemsi Keskin Tat

0 5 10

Ferahlatıcı Tat

0 5 10

AROMA

Hoşa Gitmeyen Aroma

0 5 10

Sirke Aroması

0 5 10

Piriç Aroması

0 5 10

Genel Değerlendirme

0 5 10