



**KIRMIZI PANCAR (*Beta vulgaris* L.) ‘DAN
SİRKE ÜRETİMİ VE KIRMIZI PANCAR SİRKELERİNİN
BAZI FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Damla KARATAŞ

Danışman
Prof. Dr. Harun DIRAMAN

İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2022

Bu tez 20. FEN.BİL. 37 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KIRMIZI PANCAR (*Beta vulgaris* L.) ‘DAN
SİRKE ÜRETİMİ VE KIRMIZI PANCAR SİRKELERİNİN
BAZI FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ**

Damla KARATAŞ

Danışman

Prof. Dr. Harun DIRAMAN

İkinci Danışman

Dr. Öğr. Üyesi. Senem GÜNER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Damla KARATAŞ tarafından hazırlanan ‘ ‘ Kırmızı Pancar (*Beta vulgaris* L.) ‘dan Sirke Üretimi ve Kırmızı Pancar Sirkelerinin Bazı Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri ‘ ‘ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 29/06/2022 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. Harun Dıraman

II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi. Senem Güner

.....İmza.....

Başkan : Prof. Dr. Harun Dıraman
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Şükrü Demirci
Namık Kemal Üniversitesi
Ziraat Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Senem Güner
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Akarca
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Azize Atik
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.

... / ... /2022

Damla KARATAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIRMIZI PANCAR (*Beta vulgaris* L.) ‘DAN SİRKE ÜRETİMİ VE KIRMIZI PANCAR SİRKELERİNİN BAZI FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

Damla KARATAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Harun DIRAMAN

İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi. Senem GÜNER

Bu çalışmada; dikkate değer bir düzeyde antioksidan özelliğe – özellikle bir flavonoid olan betalaini içerdiği bilinen - sahip bir kök sebze olan kırmızı pancardan üretilen sirkenin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik nitelikleri ile tüketici temelinde duyuusal özellikleri değerlendirilmiştir. Yüzey kültür yöntemi ile gerçekleştirilen iki tekerrürlü sirke üretim sürecinde (N=2), kırmızı pancar suyu (KPS0), fermentasyon sonrası sirke örnekleri (KPS1 ve KPS2) olmak üzere örnekleme yapılmıştır. Kırmızı pancar suyunun (KPS0) renk değerleri, L*: 25,30, a*: 2,70 ve b*: -1,18 olarak tespit edilmiştir. Kırmızı pancar suyu örneğinin (KPS0) pH, % kuru Madde, °Brix, % kül miktarları, yoğunluk, iletkenlik ve viskozite değerleri sırasıyla; 6,1, 11,29, 9,60, 0,76, 0,977 g/cm³, 2,43 µS/cm ve 20,50 cP olarak saptanmıştır. DPPH serbest radikal giderme aktivitesi ise % 59,46 inhibisyon olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar suyunun (KPS0) ortalama toplam asitlik, toplam fenolik bileşik, indirgen şeker, monomerik antosiyanin, flavonoid miktarları sırasıyla 2,60 g/L, 897,00 mg GAE/L, 11,13 g/L, 151,29 mg siyanidin-3-glikozit/ mL ve 14,25 µg kateşin / mL olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar suyuna (KPS0) ait ortalama asetik asit bakteri sayısı 1,05 log kob/mL, laktik asit bakteri sayısı 0,71 log kob/mL, maya/küf sayısı 0,39 log kob/mL ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 2,36 log kob/mL olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirkelerinin (KPS1 ve KPS2) renk değerleri değişimi, L*: 25,60 ve 27,63, a*: 1,84 ve 2,72, b*: -1,54 ve -0,45

olarak tespit edilmiştir. Kırmızı pancar sirkesi örneklerinin (KPS1 ve KPS2) pH, % kuru Madde, °Brix, % kül miktarları, yoğunluk, iletkenlik ve viskozite değerleri sırasıyla; 3,1 ve 3,3, 2,44 ve 2,10, 3,26 ve 3,28, 0,10 ve 0,47, 0,923 ve 0,939 g/cm³, 6,67 ve 6,65 µS/cm ve her ikisi içinde 20,50 cP olarak saptanmıştır. DPPH serbest radikal giderme aktivitesi ise % 39,89 ve 36,67 inhibisyon olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirkesi örneklerinin (KPS1 ve KPS2) ortalama toplam asitlik, toplam fenolik bileşik, indirgen şeker, monomerik antosiyanin, flavonoid miktarları sırasıyla 23,30 ve 24,50 g/L, 417,00 ve 462,50 mg GAE/L, 6,60 ve 8,07 g/L, 24,38 ve 22,47 mg siyanidin-3-glikozit/ mL ve 17,25 ve 14,40 µg kateşin / mL olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar sirkelerine (KPS1 ve KPS2) ait ortalama asetik asit bakteri sayısı 3,07 ve 3,21 log kob/mL, laktik asit bakteri sayısı 2,20 ve 2,75 log kob/mL, maya/küf sayısı 1,04 ve 1,07 log kob/mL ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 3,32 ve 3,14 log kob/mL olarak belirlenmiştir. Panelistler tarafından yapılan duyu analizi sonuçlarına göre; sirke örnekleri için en yüksek puanı 6,3 ve 6,4 ile sirkenin görünüşü alırken en düşük puanı ise, 5,5'lik değer ile sirkenin kokusu (KPS1) ve 5,6'lık değer ile sirkenin kokusu ve lezzeti (KPS2) almıştır. Kırmızı pancar sirkelerinin genel beğeni puanı ise 6,4 ve 6,6 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, kırmızı pancar sirkesinin bulgularının biyokimyasal nitelik ve tüketici beğenisi açısından dikkate değer düzeyde ümit verici bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ek bir sonuç olarak, ticari olarak doğrudan değerlendirilemeyen veya sınırlı olarak tüketilebilen kırmızı pancarın sirke üretimi için yeni ve alternatif bir biyo-materyal olarak değerlendirilmesi mümkün olacaktır.

2022, xiii + 72 sayfa

Anahtar Kelimler: Kırmızı pancar, Kırmızı pancar sirkesi, Sirke, Betalain

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

VINEGAR PRODUCTION FROM RED BEET (*beta vulgaris* L.) AND SOME PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES IN RED BEET VINEGARS

Damla KARATAŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Harun DIRAMAN

Co-Supervisor: Ass.Prof. Dr. Senem GÜNER

In this study, the physical, chemical, microbiological qualities together with sensory characteristics, especially on the basis of the consumer, of the vinegar produced from red beet, a root vegetable, having a remarkable level of antioxidant properties – mostly known containing betalain, a flavonoid – were evaluated. In the vinegar production process (N=2), which was carried out by the surface culture method, red beet juice (KPS0), vinegar samples after fermentation (KPS1 and KPS2) were sampled. The color values of red beet juice (KPS0) were L*: 25,30, a*: 2,70 and b*: -1,18. The mean pH, dry matter %, °Brix, ash %, density and conductivity, viscosity values of red beet juice samples were 6,1, 11,29, 9,60, 0,76, 0,977 g/cm³ and 2,43 µS/cm, 20,50 cP, respectively. DPPH free radical scavenging activity was determined as 59,46 % inhibition. The mean total acidity, total phenolic content, reducing sugar, monomeric anthocyanin, flavonoid values of 2,60 g/L, 897,00 mg GAE/L, 11,13 g/L, 151,29 mg/L (expressed as cyanidin-3-glucoside) and 14,25 µg catechin equivalents CE / mL, respectively. The mean acetic bacterial count in red beet juice was 1,05 log cfu/mL while the mean lactic acid bacterial count was 0,71 log cfu/mL, the mean yeast/mold count was 0,39 log cfu/mL, and the mean total aerobic mesophilic bacterial count was 2,36 log cfu/mL. The color values of red beet vinegars (KPS1 and KPS) were L*: 25,60 and 27,63, a*: 1.84 and 2,72, b*: -1,54 and -0,45. The mean pH, dry matter %, °Brix,

ash %, density and conductivity, viscosity values of vinegar samples were 3,3 and 3,1, 2,44 and 2,10, 3,26 and 3,28, 0,10 and 0,47, 0,923 and 0,939 g/cm³, 6,67 and 6,65 µS/cm, 20,50 and 20,50 cP, respectively. DPPH free radical scavenging activity were determined as 39,89 and 36,67 % inhibition. The mean total acidity, total phenolic content, reducing sugar, monomeric anthocyanin, flavonoid values of red beet vinegar samples (KPS1 and KPS2) were 23,30 and 24,50 g/L, 417,00 and 462,50 mg GAE/L, 6,60 and 8,07 g/L, 24,38 and 22,47 mg/L (expressed as cyanidin-3-glucoside), 17,25 and 14,40 µg catechin equivalents CE/mL, respectively. Following the fermentation process, the mean acetic bacterial counts in vinegar samples (KPS1 and KPS2) were 3,07 and 3,21 log cfu/mL while the mean lactic acid bacterial counts were 2,20 and 2,75 log cfu/mL and the mean yeast/mold counts were 1,04 and 1,07 log cfu/mL and the mean total aerobic mesophilic bacterial counts were 3,14 and 3,32 log cfu/mL. According to the sensory analysis results, the highest scores were determined to be 6,2 and 6,4 in color score whereas the lowest scores were 5,4 in aroma and odor score (KPS1) and 5,6 in flavor and odor score (KPS2). The general appreciation score of the red beet vinegars were 6,4 and 6,6. The results of this study showed that the findings of red beet vinegar have a remarkably promising effect in terms of biochemical quality and consumer taste. As an additional result, it will be possible to evaluate red beet, which cannot be directly evaluated commercially or consumed on a limited basis, as a new and alternative biomaterial for vinegar production.

2022, xiii + 72 pages

Keywords: Red Beet, Red beet vinegar, Vinegar, Betalain

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Harun DIRAMAN' a, laboratuvar analizleri ve tez yazımı sürecinde desteğini ve bilgisini esirgemeyen tez II. Danışman Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER'e, Sayın Arş. Gör. Teslime EKİZ ÜNSAL' a, mikrobiyolojik laboratuvar analizleri sürecinde desteğini ve bilgisini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA'ya, laboratuvar analizleri sürecinde desteğini ve bilgisini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ'a teşekkür ederim.

Bu çalışma (AKÜ BAP-K, No:20.FEN.BİL.37) Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (AKÜ-BAPK) tarafından desteklenmiş olup sağlamış oldukları maddi destekleri için AKÜ-BAPK'ye teşekkürü borç bilirim.

Damla KARATAŞ
Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 Sirkenin Tanımı	5
2.2 Sirkenin Tarihsel Gelişimi.....	6
2.3 Sirke Çeşitleri	7
2.4 Sirkenin Kullanım Alanları	9
2.5 Sirkenin Üretim Mekanizması.....	10
2.6 Sirke Üretim Yöntemleri	11
2.7 Sirke Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalar	12
2.8 Sirkenin Kimyasal Bileşimi.....	14
2.9 Sirkede Kaliteyi Etkileyen Faktörler	15
2.10 Sirke ve Sağlık.....	17
2.11 Farklı Bitkisel ve Diğer Kaynaklardan Üretilen Sirke Üzerine Yapılan Bazı Çalışmaların Literatür Bilgileri.....	18
2.12 Kırmızı Pancarın Özellikleri.....	21
2.12.1 Kırmızı Pancarın Kimyasal Bileşimi	22
2.12.2 Kırmızı Pancarın Biyoaktif Bileşenleri.....	23
2.13 Kırmızı Pancar Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar	24
3. MATERYAL VE METOT.....	28
3.1 Materyal.....	28
3.2 Metot.....	28
3.2.1 Sirke Üretiminin Temel Akış Aşamaları ve Sirke Üretim Süreci.....	28
3.2.2 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Analizler	32

3.2.2.1 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Fiziksel Analizler.....	32
3.2.2.1.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Renk Tayini.....	32
3.2.2.1.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Viskozite Tayini.....	32
3.2.2.1.3 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Yoğunluk Değeri Tayini	33
3.2.2.2 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Fiziko-Kimyasal Analizler	33
3.2.2.2.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan pH Tayini	33
3.2.2.2.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Elektriksel İletkenlik (Kondüktivite) Ölçümü Analizi.....	33
3.2.2.3 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Kimyasal Analizler ..	34
3.2.2.3.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Kuru Madde Tayini.....	34
3.2.2.3.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Suda Çözünür Kuru Madde (°Brix) Tayini.....	34
3.2.2.3.3 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Kül Tayini	35
3.2.2.3.4 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Toplam Asitlik Tayini	35
3.2.2.3.5 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan İndirgen Şeker Tayini.....	36
3.2.2.3.6 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Toplam Fenol Bileşikleri Tayini	37
3.2.2.3.7 Kırmızı Pancar Suyunun ve Kırmızı Pancar Sirkelerinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi.....	38

3.2.2.3.8 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine	
Uygulanan Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini.....	39
3.2.2.3.9 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine	
Uygulanan Toplam Flavonoid Analizi	40
3.2.2.4 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan	
Mikrobiyolojik Analizler	41
3.2.2.5 Kırmızı Pancar Sirkesinde Yapılan Duyusal Analiz	42
4.BULGULAR	45
4.1 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Fiziksel	
ve Fiziko-kimyasal Analizlere ilişkin Sonuçlar	45
4.2 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Kimyasal	
Analizlere İlişkin Sonuçlar	47
4.3 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan	
Mikrobiyolojik Analizlere İlişkin Sonuçlar	49
4.4 Kırmızı Pancar Sirkesi Örneğinde Yapılan Duyusal Analizlere İlişkin Sonuçlar	
.....	49
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	50
5.1 Kırmızı Pancar suları ve Sirkelerine İlişkin Analiz Sonuçlarının	
Değerlendirilmesi.....	51
5.1.1 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan	
Fiziksel ve Fiziko-kimyasal Analizlere İlişkin Sonuçların	
Değerlendirilmesi	51
5.1.2 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan	
Kimyasal Analizlere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi	54
5.1.3 Kırmızı Pancar Suları ve Sirkelerinde Yapılan Mikrobiyolojik Analizlere	
İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi	61
5.1.4 Kırmızı Pancar Sirkelerinde Yapılan Duyusal Analize İlişkin Sonuçların	
Değerlendirilmesi	62
5.2 Sonuçlar	62
6. KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	72

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	Absorbans
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
g	Gram
Kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µS	Mikrosaniye
%	Yüzde

Kısaltmalar

AA	Antioksidan Aktivite
cy-3glu	Siyanidin -3-glukozit
DOPA	Dihidro Sifenil Alanil
DNS	3,5-Dinitro Salisilik Asit
DPPH	1,1- diphenyl- 2- picrylhydrazyl
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GYC	Glucose Yeast Extract Calcium Carbonate Agar
KM	Kuru Madde
MÖ	Milattan Önce
MRS	Man Rogosa and Sharp Agar
PDA	Potato Dext Rose Agar
ROS	Reactive Oxygen Species
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Glikoz Standart Eğrisi.....	37
Çizelge 3.2 Gallik Asit Standart Eğrisi.....	38
Çizelge 3.3 Kateşin Standart Eğrisi.....	41
Çizelge 3.4 Hedonik test değerlendirme formu.....	43
Çizelge 4.1 Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkelerine ait renk, viskozite, yoğunluk, kondüktivite (iletkenlik), pH değerleri değişimi.....	46
Çizelge 4.2 Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkesi örneklerine ait kuru madde, suda çözünür kuru madde (Briks), kül miktarı, toplam asitlik, indirgen şeker, toplam fenol bileşikleri, antioksidan kapasitesi, monomerik antosiyanin miktarı, flavonoid miktarı değerleri değişimi.....	48
Çizelge 4.3 Kırmızı pancar suyuna ve kırmızı pancar sirkelerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.4 Kırmızı pancar sirkesi örneklerine (KPS1 ve KPS2) ait duyusal analiz sonuçları.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Sirkenin 2 aşamalı oluşum mekanizması.....	10
Şekil 2.2 Kırmızı pancarda betalain sentezi.....	23
Şekil 3.1 Kırmızı pancar sirkesi üretim süreci.....	29



RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Kırmızı pancarın enine kesiti.....	10
Resim 3.1 Soyulmuş kırmızı pancar ve parçalanmış kırmızı pancar.....	30
Resim 3.2 Tahta kaşıkla karıştırılan ve serum infüzyon seti ile alkol fermantasyonuna hazırlanan kırmızı pancar.....	31



1. GİRİŞ

Sirke, yaş ve/veya kuru meyvelerdeki şekerlerin etanol fermantasyonu sonrası aerobik koşullarda etanolün asetik asit bakterileri tarafından fermantasyona uğratılması veya şarapların asetik asit fermantasyonu sonucu ortaya çıkan sulu, berrak çoğunlukla üretildiği hammaddenin rengini alan bir üründür (Gülcü 2009, Aybek 2019). Sirkenin geğmişi M.Ö. 3000 yıllarına kadar uzanır (Yetiman 2012). Sümerlere, Hititlere, Eski Mısırlılara, İranilere, Yunanlılara ve Romalılara ait ortaya çıkan bazı arkeolojik bulgular bu uygarlıkların sirke ürettiklerini göstermektedir (Aybek 2019).

İnsanlar sirkenin içinde muhafaza edilen sebze ve meyvelerin çürümediğini fark ettikleri için meyve ve sebzelerin korunması sirkenin ilk kullanım alanı olmuştur (Muller 2009). Sirke genellikle yemek ve salatalarda tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Sirke genellikle turşu gibi fermente ürünlerde, ketçap ve mayonez gibi soslarda salça, konserve gibi birçok gıdada asitlendirici olarak kullanılmakla beraber tat geliştirici ve koruyucu olarak da kullanılmaktadır (Shimoji 2002, Tan 2005). Sirkenin yüksek asit içeriği mikroorganizmalar üzerinde aktivasyonu durdurucu özelliklerinden dolayı dezenfektan olarak da kullanılmaktadır (Kadaş 2011).

Sirke üretimi iki aşamalı fermantasyonla geręekleřir. Fermantasyonun ilk aşamasında şekerler mayalar (*Saccharomyces cerevisiae*) tarafından anaerobik (oksijensiz) ortamda etil alkole parçalanır. İkinci aşamada aerobik koşullarda mayalar tarafından oluşturulan etil alkol asetik asite dönüşmektedir. Bu dönüşüm sirke bakterileri (*Acetobacter* ve *Gluconobacter* gibi) tarafından meydana getirilmektedir (Türker 1963).

Ticari sirke üretiminde yavaş yöntem, hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi olarak 3 farklı yöntem uygulanmaktadır. Kalite açısından yavaş yöntem ile üretilen sirkelerin diğer üretim yöntemlerine göre daha iyi sonuçlandığı bilinmektedir. Ticari sirke üretiminde hızlı yöntem ve derin kültür yönteminin yavaş kültür yöntemi ile karşılaştırıldığında; üretim süresinin kısalığı ve daha ekonomik olması açısından hızlı yöntemle derin kültür yönteminin avantajlı olmasından dolayı daha fazla tercih edildiği bilinmektedir (Morales vd. 2001, Tan 2005, şengün ve Kılıç 2019).

Sirkenin temel kimyasal bileşiminin % 80' nin sudan oluştuğu ve diğer % 20'lik kısmının da hakim organik asit olan asetik asit ile birlikte; değişen miktarlarda yan ürünlerden meydana geldiği ortaya konulmuştur. Sirkeye özel keskin ve ekşimsi tadın oluşumunda baskın bir rol oynayan asetik asit, sirkenin ana organik bileşenidir (Casale 2005, Bilginer 2018). Sirkenin kimyasal bileşiminde % 2'den fazla protein, 8 esansiyel amino asit ve birçok şeker (glikoz, fruktoz vb.) vardır. Ayrıca sirkenin kimyasal bileşiminde suda çözünür vitaminler (B1, B2 ve C gibi) ile birlikte insan vücudunun gelişimi, üreme ve metabolik süreçleri üzerinde rol oynadığı bilinen bazı önemli mineral tuzlarının (K, Ca, Fe, Zn, Cu vb.) da yer aldığı belirlenmiştir (İlik 2019). Sirke, kullanılan hammaddeye bağlı olarak sağlık üzerine olumlu etkisi olduğu bilinen bazı biyoaktif bileşenlere sahip olup, sirkenin sağlık üzerine olabilecek bu olumlu etkisi, kimyasal bileşiminde bulunan organik asit profili, amino asit miktarı, fenolik bileşiklerin miktar ve profillerine, alkol içeriği ile tat-uçucu bileşenlerin kompozisyonu ve miktarına bağlıdır (Casale 2005, Yetiman 2012).

Sirkelerin kalitesi kimyasal bileşimlerine bağlı olarak değişir. Sirkenin kalitesini hem hammadde bileşimi hem de üretim yöntemi belirler. Sirke üretiminde kullanılan hammaddenin bileşimi hammadde çeşidine ve yetiştiği bölgenin çevresel faktörlerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Sirkenin kaliteli olabilmesi için kaliteli hammaddelerden uygun üretim yöntemi ile üretilmiş olması gerekmektedir (Kırcı 2017). Sirkenin kalite kriterleri arasında aroma maddeleri önemli bir yer almaktadır. Bununla birlikte kalite üzerinde seçilen mikroorganizma, kullanılan etanol konsantrasyonu, üretilen alkolü asitleştirmek için kullanılan sirkenin konsantrasyonu, oksijen (O₂) miktarı, ortamın kimyasal bileşimi, fermantasyonun gerçekleştiği sıcaklık, yıllandırma ve depolama süresi, şişeleme ve pastörizasyon gibi faktörlerde etkilidir (Ünal 2007).

Kırmızı renkli meyve ve sebzeler, beslenme açısından oldukça önemlidir çünkü esansiyel vitamin ve mineralleri içermektedir. Ayrıca lif kaynağı olmaları birçok topluluk tarafından tüketilmesini sağlamaktadır (Erafşar 2019).

Meyve ve sebzeler, karotenoid, flavonoidler ve diğer fenolik bileşikler dahil olmak üzere antioksidan bileşiklerce zenginlerdir. Fenolik bileşikler çeşitli biyolojik özelliklere sahiptirler ve meyve sebzelerde bolca bulunmaktadır. Bitki fenolik bileşikleri elektron verici özellikleri sayesinde, reaktif oksijenleri bağlayabilmektedirler. Son zamanlarda bitki polifenollerine olan ilgi büyük oranda artmıştır. Bazı bitki fenolik bileşiklerinin doğal gıda katkı maddeleri olarak kullanılabileceği gündeme gelmiştir. Tatlılık, renklendiriciler ve antioksidanlar olarak kullanılan bu fenolik bileşiklerin, gıda ürünlerinin kalitesi, kabul edilebilirliği ve stabilitesi üzerine etkisi vardır (Güner vd. 2018).

Bileşiminde bulunan fenolik maddeler, mineraller, karotenoidler, askorbik asit ve betalainler sayesinde beslenme açısından önemlidir. Kırmızı pancar suda çözünen ve değerli azotlu pigmentlerden oluşan betalainler içerir. Betalain, kırmızı betasiyanin ve sarı betaksantin olmak üzere iki ana gruptan oluşur (Pavlov vd. 2002). Fitokimyasalları arttıran özelliğinden dolayı sağlık için önemli olan kırmızı pancarın bileşimindeki fenolik bileşikler ve betalainler antimikrobiyel, antiviral ve antioksidan özellik, karotenoidler ve pancar vitaminleri antioksidan, iltihap giderici, antikanserojenik ve karaciğeri koruyucu özellik göstermektedir (Slavov vd. 2013).

Kırmızı pancar; salatalarda, şalgam suyu ve turşularda taze olarak, sos, bebek maması ve hazır çorbalarda toz formunda doğal renk verici madde olarak kullanılmaktadır. Tüm iklim şartlarında yetişebilen *Chenopodiaceae* ailesinde yer alan kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.) kökleri yumru şeklinde iki yıllık otsu bir bitkidir (Er 2011). Amerika, Avrupa ve Hindistan'a kadar uzanan geniş bir alanda yetiştirilen kırmızı pancar Türkiye de ise en çok Ege ve Marmara bölgesinde kısmen de Akdeniz bölgesinde üretilmektedir (Chawla vd. 2016, Özcan ve Bilek 2018). 2021 yılına ait verilere göre kırmızı pancar üretiminin 10 444 ton olduğu bilinmektedir (Anonim 2021).

Kırmızı pancar, sarı ve kırmızı rengin kaynağı olan ve sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan betalainler bakımından zengindir. Betalainler kırmızı renkli betasiyaninler ve sarı renkli betaksantinler olarak ayrılmaktadırlar. Betanin kırmızı pancarın ana

betasiyaninidir. Kırmızı pancarda betalainlerin % 75-95'lik kısmını betanin oluşturur (Hamouia 2018).

Bu çalışmanın amacı betalaince ve fenolik bileşiklerce zengin, antioksidan özellik gösteren kırmızı pancarın sirke üretiminde değerlendirilmesi ve bu süreç sonunda biyoaktif bileşenler (monomerik antosiyanin miktarı, toplam flavonoid miktarı) ile birlikte antioksidan kapasitesinde (DPPH yöntemi) meydana gelen değişimlerin belirlenmesidir.

Bu amaçla, sirke üretim sürecinin kırmızı pancar ve ondan üretilmiş olan sirkenin fiziksel (renk, viskozite, yoğunluk), fizikokimyasal (pH, elektriksel iletkenlik) ve kimyasal özellikleri (kuru madde, suda çözünen kuru madde (°briks), kül tayini, toplam asitlik, indirgen şeker tayini, fenolik madde miktarının tayini) ile birlikte bazı mikrobiyolojik nitelikleri (asetik asit bakteri sayısı, laktik asit bakteri sayısı, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı, küf ve maya sayısı) incelenmiştir. Bu bakımdan yapılan bu çalışmada kırmızı pancardan yeni ve özgün bir ürün geliştirmek amacıyla sirke üretmek ve bu ürünün bazı analitik özelliklerin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Sirkenin Tanımı

Fransa'da sirke, "ekşi şarap" anlamına gelen vin-aigre olarak adlandırılır. Sirke, sulu ve berrak olup genel itibarı ile hammaddenin rengindedirler (Ho vd. 2016).

Bir fermantasyon ürünü olan sirke çeşitli hammaddelerden farklı yöntemlerle üretilmektedir. Bu fermantasyon döngüsünün birinci aşaması; mayaların etkisiyle, fermente olabilir şekerler etanole dönüştürülmesidir. İkinci aşaması ise; asetik asit bakterilerinin aerobik koşullarda birinci aşamada üretilen etanolden (C_2H_5OH) oksidasyon yoluyla, asetik asit (CH_3CO_2H) üretmesidir böylece sirke üretimi iki aşamalı bir prosesle tamamlanmaktadır (Aktan ve Yıldırım 2011, Albornoz 2012). Sirke, ikinci aşamada gerçekleşen asetik asit fermantasyonundan kaynaklanan keskin bir tada ve aromaya sahiptir. Fermantasyon sonucu oluşan asetik asit sirkenin temel duyuşal özelliği üzerinde organik asitler, uçucu bileşikler ve diğer fermantasyon ürünleri de sirkenin organoleptik özellikleri üzerinde rol oynamaktadır (Özen 2018).

TSE 1880 EN 13188 sirke standardında sirkenin tanımı; tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, alkol ve asetik asit fermantasyonuyla iki aşamalı olarak, biyolojik yolla üretilen kendine has ürün olarak yapılmaktadır. Bu standarda göre sirke çeşitleri, kullanılan hammaddelere göre meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, şarap sirkesi, elma şarabı sirkesi, tahıl sirkesi, alkol sirkesi, malt sirkesi, aromalı sirke olarak ve diğer sirkeler olarak adlandırılmıştır (Anonim 2016). Sirkedeki en önemli kalite kriteri asetik asittir (Wood 1985). TS 1880 EN 13188'e göre ülkemizde üretilen suda serbest asetik asit cinsinden sirkelerin toplam asit içeriği litresinde 40 gramdan az olmamalıdır. Bu standarda göre sirkede kalıntı alkol oranı ise, şarap sirkesi hariç sirkelerde hacimce % 0,5 şarap sirkelerinde hacimce % 1,5 ve özel sirkelerde ise hacimce % 3'ten fazla olmamalıdır (Anonim 2016).

FAO/WHO gıda standartlarına göre ise sirke, nişasta veya şeker içeren hammaddelerden ardışık etil alkol ve asetik asit fermantasyonları yoluyla üretilir (Anonim 2000).

Sirkenin genel özellikleri (pH, yoğunluk, kaynama ve donma noktası, viskozite vb.) asetik asit konsantrasyonuna göre değişiklik göstermektedir. Sirkenin pH değeri 2,0-3,5 arasında değişmektedir (Alak 2015).

2.2 Sirkenin Tarihsel Gelişimi

Zamanla sirkenin tadı fark edilmiş olup, isanlar onu önce mutfaklarda daha sonra sağlık ve güzellik gibi diğer alanlarda da kullanmaya başlamışlardır. Tarihi belgelerde sirkenin tedavi edici özelliğinden de yararlanıldığı belirtilmiştir. Sirkenin kontaminasyonu engelleyici özelliğinden faydalanarak kolera'nın yayılma sürecinde, veba ve cüzzam gibi bulaşıcı hastalıklarda nesnelerin sirke ile dezenfekte edildiği bilinmektedir (Aybek 2019).

Sirke üretimindeki teknolojik gelişmeler 1600'li yıllarda gerçekleşmiştir. 15. yüzyılda Basilius Venlentinus, zayıf sirkeyi damıtma yoluyla daha güçlü bir ürüne dönüştürebileceğini keşfetmiştir. 1653-1682 yılları arasında Becher yaptığı çalışmalarda sirke yapımında oksijenin gerekli olduğunu belirtmiştir. On sekizinci yüzyılın ilk yarısında kimyager Stahl, sirkenin ekşi tadının kaynağının asetik asit olduğunu keşfetmiştir. 1814 yılında Berzelios tarafından asetik asit tam olarak ilk defa analiz edilmiştir. Persoon, 1812 yılında alkollü sıvılarda oluşan bir pıhtı keşfetmiştir ve bu pıhtıya *Mycoderma* adını vermiştir. Sirkenin oluşmasının *Mycoderma* sayesinde gerçekleştiğini savunmuştur. Kutzing sirke yüzeyindeki *Mycoderma*'yı 1837 yılında mikroskopta incelemiştir ve bu zarın asetik asiti meydana getirdiğini görmüştür. 1868'de Pastör *Mycoderma aceti* adını verdiği bakterilerin kısa çubuklu asetik asit bakterileri olduğunu belirlemiştir. 1878 yılında Hansen yaptığı çalışmalar sonucu *Mycoderma aceti* bakterisinin *A. Aceti* ve *A. Pasteurionum* olarak iki çeşidi olduğunu ortaya koymuştur. Tüm bu gelişmeler sirke üretimi sırasında asetik asetik fermantasyonunun gerçekleştiğinin anlaşılmasına olanak sağlamıştır (Ho vd. 2016).

2.3 Sirke Çeşitleri

Dünyada farklı bölgelerde değişik sirke çeşitleri üretilmektedir. Sirkenin sınıflandırması genellikle üretimi için kullanılan hammaddeye dayanmaktadır. Son yıllarda kendine özgü duyuşal özellikleri olan malt sirkesi, şarap sirkesi, elma sirkesi, balzamik sirke, meyve sirkesi ve diğler birçok sirke, günümüzde dünya pazarında daha çok görölmektedir (Şengün ve Kılıç 2019).

Şarap sirkesi

Çoğunlukla Avrupa ölkelerinde üretilen şarap sirkeleri kırmızı veya beyaz şaraptan sadece asetik asit fermantasyon ile üretilmektedir. Şarap sirkeleri üretildikleri şarapların renklerini almaktadır ve şaraptaki gibi kalite olarak farklı çeşitlere sahiptir. Asetik asit fermantasyonunun gerçekleşebilmesi için sirkesi yapılacak şarabın alkol içeriğinin maksimum % 7-9 olması gerekmektedir. Fermantasyon sonucu üretilen sirkenin asitliği % 7-8 aralığında olmaktadır (Raspor 2008).

Malt Sirkesi

Nışasta içeren tahıllar sirke üretiminde kullanılabilmektedir fakat pirinç buğday darı gibi tahılların içerdii karbonhidrat maya ve bakteriler tarafından fermente edilememektedir. Bu nedenle bu tahıllardan diğler hammaddelere göre alkollü içki ve sirke üretimi daha zor olmaktadır. Bu tahıllardaki polisakkaritleri fermente olabilmesi için basit şekerlere indirgemek gerekmektedir. Bu nedenle hammadde α -amilaz ve β -amilaz enzimleri ile muamele edilmektedir. Bu enzimlerle polisakkaritler maltoza hidroliz edildikten sonra ortamda var olan maltoz da maltaz enzimi yardımıyla glikoza parçalanmaktadır (Şengün ve Kılıç 2019). Malt sirkesi, arpanın malt haline getirilmesiyle yapılır ve tahıldaki nişastanın maltoza dönüşmesine neden olur. Daha sonra maltozdan bira mayalanır ve daha sonra yaşlandırılan sirke haline getirilir. Tipik olarak açık kahverengidir. Bira sirkesi de tıpkı şarap sirkesi üretiminde olduğu gibi sadece etanolün asetik asite fermantasyonu ile üretilmektedir (Hailu 2012).

Meyve Sirkeleri

Pestisit kalıntısı, mikotoksin gibi zararlı bileşiklerin ve zararlı organizmaların bulunmadığı elma, siyah frenk üzümü, ahududu, ayva ve domates gibi meyveler alkol fermantasyonuna uğratıldıktan sonra elde edilen meyve şaraplarından meyve sirkeleri üretilmektedir. Meyve sirkeleri üretildiği meyvenin aromasını içermektedir. Şeker oranı yüksek olan meyveler sirke üretimi için uygun olmakla birlikte eğer meyve düşük şeker içeriğine sahip ise fermantasyon ortamının şeker içeriği konsantre meyve suyu ilavesiyle arttırılmalıdır. Bununla birlikte fermantasyon ortamında asetik asit bakterileri haricinde sirkenin duysal özelliklerini olumsuz etkileyen basiller ve/veya laktik asit bakterilerinin üremesine engel olmak için fermantasyona uğratılacak meyve sularının yüksek asitliğe (pH yaklaşık 3,5) sahip olması gerekmektedir. Çoğu meyve sirkesi, Avrupa'da üretilmektedir. Avrupa pazarında sirkeler yüksek fiyatlıdır ve belirli meyvelerden tercih edilmektedir. Bununla birlikte, Asya'da da çeşitlilik Avrupa'nın gerisindedir. Güney Kore'de hurmadan üretilen Gam sikcho isimli sirke, Çin'de Hünnap sirkesi ve kurt üzümü sirkesi, Hindistan'da jamun (veya gül elması) meyvesinden Jamun Sırka üretilmektedir. Dünyanın farklı bölgelerinde Hindistan cevizi sirkesi, Palmiye sirkesi, üzüm sirkesi, bal sirkesi, şeker kamışı sirkesi ve daha birçok farklı sirke üretilmektedir. Hindistan cevizi sirkesi, keskin asidik tada sahip olup Güneydoğu Asya mutfağında, özellikle Filipinler'de ünlüdür (Hailu 2012, Şengün ve Kılıç 2019).

Balzamik sirke

Balzamik sirke, İtalya'da bulunan Modena ve Reggio Emilia şehirlerinde İtalyan üst sınıfları için üretilmiştir. Yirminci yüzyılın sonlarında ise tüketimi dünya çapında yaygınlaşmıştır. Balzamik sirke; beyaz üzüm (tipik olarak Trebbiano çeşidinin) sularının kaynatılarak yoğunlaştırılması sonucu oluşan şıranın, özel ağaç çeşitlerinden (meşe, dut, kestane, kiraz) üretilmiş fiçılar içerisinde alkol fermantasyonu sonucu şaraba daha sonra onu izleyen asetik asit fermantasyon sonucu üretilmiş bir sirke türüdür. Rengi kahverengidir ve yoğun aromaya sahiptir. Balzamik sirke yüksek asitlik seviyesine sahip olduğu için ekşi aromalı olması beklenirken sirkedeki diğer bileşenlerin etkisiyle yumuşak ve tatlı bir aromaya dönüşmektedir. Fıçılar içerisinde

bekledikçe sirke su kaybetmektedir. Su kaybeden bu sirke konsantre hale gelerek olgunlaşmaktadır. Sirkenin konsantre olması fiziksel ve kimyasal özellikleri (su içeriği, °briks değeri, özgül ağırlık, viskozite, renk, toplam asitlik ve pH) açısından belirleyicidir (Hailu 2012, Şengün ve Kılıç 2019).

Diğer Sirkeler

İtalya, Fransa, Romanya ve İspanya'da nadirde olsa baldan yapılan sirke üretilmektedir. Asya ülkelerinde ise sirke benzeri içecek olarak isimlendirilen kombucha sirkesi, siyah ya da yeşil çaya şeker ilavesi yapılarak alkol fermantasyonu sonrası asetik asit fermantasyonuyla üretilmektedir (Raspor 2008, Şengün ve Kılıç 2019).

2.4 Sirkenin Kullanım Alanları

Çoğunlukla elde edildiği hammaddenin rengine sahip olan sirke, salatalarda sos ve gıdalarda aroma olarak kullanılabilir. Bununla birlikte turşu gibi fermente ürünlerin yapımında, ketçap ve mayonez gibi soslarda, salça, konserve gibi birçok ürünün üretilmesinde asitlendirici, koruyucu ve konserve edici olarak kullanılmaktadır (Yetiman 2012). Ayrıca sirke antik dönemlerde ve günümüzde ilaç olarak da kullanılmaktadır (Tan 2005).

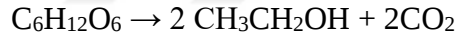
Sirke, yüksek asit içeriğine sahiptir. Bu özelliği ile sirke mikroorganizmaları inhibe edici özellik göstermekte ve dezenfektan olarak da kullanılabilir. Erzurum'da havuç, salatalık ve marul örnekleri ile sirkenin salata bileşenlerinin dezenfeksiyonunda kullanımının ele alındığı bir araştırmada sebze örnekleri *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* ile kontamine edilmiştir. Dekontaminasyon etkinliği tespit edilmek üzere örnekler % 3 sirke çözeltisinde 0, 5, 15 ve 30 dakika bekletilmiştir. Bu deneme sonucunda, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* sayısında da en az 1 log birimlik düşüş gözlenmiştir. Sirkenin konsantrasyonu ve sirke ile bekletme süresine bağlı olarak dekontaminasyonun gerçekleştiği bildirilmiştir (Elhan 2014).

2.5 Sirkenin Üretim Mekanizması

Sirke oluşum süreci fermente olabilen şekerlerden öncelikle anaerobik ortamda alkol fermantasyonu ile etanolün oluşması daha sonra sirke bakterileri tarafından etanolün fermantasyona uğratılması sonucu asetik asit oluşması ile iki aşamada gerçekleşir. Asetik asitin oluştuğu ikinci aşama ise aerobik ortamda gerçekleşir (Akbaş 2008).

Alkol fermantasyonu sırasında mayaların, karbondioksit ve etil alkol dışında oluşturduğu kaynaklarda esterler, karbonil bileşikler organik asitler, yüksek alkoller gibi bazı aroma bileşiklerini oluşturduğu bilinmektedir (Erten ve Canbaş 2003). *Acetobacter* yardımıyla gerçekleşen asetik asit fermantasyonu oksidatif bir reaksiyondur ve etanolün oksijen varlığında asetik aside ve suya okside olmasıyla gerçekleşir. Bazı araştırmalarda asetik asit fermantasyonun sadece oksidaz enziminin etanole oksijen vermesi ile daha basit tamamlanmadığı belirtilmektedir. Sirkenin iki aşamalı meydana gelme mekanizması şekil 2.1.de verilmiştir (Aybek 2019).

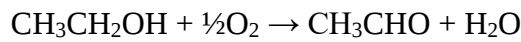
1. Aşama (Alkol fermantasyonu) Anaerobik



(şeker) (Etanol) (karbondioksit)

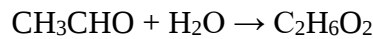
2. Aşama (Asit fermantasyonu) Aerobik

1.Kademe

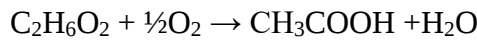


(Etil alkol) (oksijen) (Asetaldehit) (su)

2.Kademe



(Asetaldehit) (su) (Asetaldehit hidratı)



(Asetaldehit hidratı) (Asetik asit) (su)

Şekil 1.1 Sirkenin 2 aşamalı oluşum mekanizması (Aybek 2019)

Alkol fermantasyonunda *Saccharomyces cerevisiae* starterleri görev alırken, asetik asit fermantasyonunda *Acetobacter* türü bakteriler starter olarak kullanılmaktadır. Sirkede % 0,5 alkol kalınca fermantasyon durdurulur aksi takdirde sirke fermente olmaya devam

eder ve sirke bakterileri asetik asidi parçalayarak üst oksidasyona sebep olur (Akbaş 2008).

2.6 Sirke Üretim Yöntemleri

Sirke üretim yöntemleri genel olarak 3 gruba ayrılır (Aybek 2019).

1. Yavaş Yöntem

- a. Basit Yavaş Yöntem
- b. Orleans (Fransız) Yöntemi
- c. Pastör Yöntemi (Geliştirilmiş Orleans Yöntemi)

2. Çabuk Yöntem (Alman Yöntemi)- Zincirleme Reaksiyonu

- a. Schützenbach Yöntemi
- b. Jeneratör Yöntemi
- c. Diğer Jeneratörler ile Sirke Yapma Yöntemleri

3. Derin Kültür Yöntemi (Submers Yöntemi) (Kadaş 2011).

Yavaş yöntem (Orleans)

Yüzey kültür yöntemi olarak bilinen yavaş yöntemde sirke oluşumu için alkollü sıvı içerisine pastörize işlemi uygulanmamış keskin sirke (% 25-30) ilave edilmekte ve 6-8 hafta 28-30 °C'de bekletilmektedir (Akbaş 2008, Yetiman 2012). Uzun fermantasyon süresi sonucunda yüzeyde bir zar (sirke anası) oluşmaktadır (Aykın 2013, Marangoz 2016). Sirke anası, asetik asit bakterileri tarafından sirke yüzeyinde oluşturulan bir yapıdır. Çözünür selülozik, kalın ve sert bir tabakaya ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Sirkeleşmenin tamamlandığı, sirke anasının sıvının dibine batmasıyla ya da sıvının alkol ve asit miktarları ile anlaşılmaktadır (Yetiman 2012). Sirke oluşumu devam ederken aşırı oksidasyonun önüne geçmek için sıvı içerisinde alkol oranı % 0,5-1 olduğu zaman asetik asit fermantasyonu durdurulmalıdır (Akbaş 2008).

Yavaş yöntem ile üretilen sirkeler diğer yöntemlerle üretilen sirkelerle kıyaslandığında bu sirkeler kalitesi ile öne çıkmaktadır. Çünkü bu sirkelerin enzim, mineral madde, iz

element, vitamin, pektin, malik ve tartarik asit gibi sağlık açısından önemli bileşiklerce daha zengin olduğu bilinmektedir (Akbaş 2008, Kadaş 2011).

Hızlı Yöntem (Alman Yöntemi)

Endüstride tercih edilen bir yöntem olan hızlı yöntem “Frings” yöntemi olarak da adlandırılır. Hızlı yöntemde asetik asit bakterilerinin tutunabilmesi için sirkeleşmenin gerçekleşeceği yüzey alanı taneleri alınmış mısır koçanı, çalı demeti, cibre veya yonga gibi dolgu maddeleri ile kaplanır. Böylece yüzey alanı genişletilmiş olmaktadır (Budak 2010, Aykın 2013). Hızlı yöntemle sirke üretilirken hava sirkülasyonunu sağlamak için tahta veya elik tanklar kullanılır böylece asetik asit bakterilerinin hava ile teması sağlanarak sirkenin oluşum süresi azaltılmaktadır Hızlı yöntemde sirke oluşumu 29-30 °C’de 3-7 gün gibi kısa bir süre içerisinde tamamlanmaktadır (Yetiman 2012).

Derin kültür yöntemi (Summers yöntemi)

Hızlı yöntem ve yavaş yöntemle göre 30 kat hızlı, daha yüksek verimli ve sürekli bir sistem olan derin kültür yöntemi ile sirke üretimi asetik asit bakterilerinin inoküle edildiği alkollü sıvı, şarap veya mayşenin asesatör denilen ekipman yardımıyla ince kabarcıklar halinde hava verilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde hızlı yöntemde kullanılan dolgu maddeleri kullanılmamaktadır. Derin kültür yöntemiyle üretilen sirkelerde 24-48 saat süre içerisinde % 8-9 gibi yüksek asitlik derecelerine ulaşılabilir. Ayrıca bu metotla üretilmekte olan sirkelerde % 12’den yüksek miktarlarda asetik asit oluşturulması mümkün olmaktadır Derin kültür yöntemi, hızlı yöntemin jeneratörlerinin daha pahalı ve yavaş olmasından dolayı endüstriyel olarak tercih edilmektedir. (Akbaş 2008, Budak 2010, Kadaş 2011, Yetiman 2012).

2.7 Sirke Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalar

Sirke oluşumda mayaların fonksiyonu alkol fermentasyonunu sağlamasıdır. Mayalar hammadde içerisinde yer alan şekeri etil alkole dönüştürür. Alkol fermentasyonunda

oluşan etil alkolün asetik aside oksitlenmesi ise asetik asit bakterilerinin görevidir (Yetiman 2012).

Mayalar

Sirke üretiminin birinci basamağı olan alkol fermantasyonu ile alkol üretimi mayalar tarafından gerçekleştirilir aynı zamanda bu fermantasyon hammaddenin yüzeyindeki doğal flora ile de gerçekleşebilmektedir (Aykın 2013).

Sirke üretiminde alkol fermantasyonu sonucu şekerin etil alkole dönüşümü için maya olarak *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces bayanus* yaygın olarak kullanılmaktadır (Aykın 2013, Marangoz 2016).

Şeker içeren hammaddelerin fermantasyona uğratılması sonucu etil alkol ve karbondioksit oluşmaktadır. Alkol fermantasyonu sırasında alkoller, esterler, organik asitler ve karbonil bileşikler gibi aroma maddeleri de oluşmaktadır. Maya ve fermantasyon ortamındaki koşullar bu maddelerin oluşumunda etkindir. Oluşan bu aroma maddeleri miktar olarak az olmasına rağmen tat ve koku üzerinde oldukça etkilidirler (Erten ve Canbaş 2003).

Sirke üretiminin birinci basamağında alkol fermantasyonu için kullanılan mayalarda (*Saccharomyces cerevisiae*) aranan başlıca özellikler; yüksek şeker konsantrasyonunda çalışabilme ve mevcut hammaddedeki şekerlerin tamamını fermentasyonda kullanabilme, buna bağlı olarak ortamda oluşan yüksek düzeydeki etil alkole dayanıklılık, üründe özgün bir aromatik profil oluşturabilme, fermantasyondan sonra kolayca dibe çökebilme, hammaddeden kaynaklanan SO₂'e ve ortamdaki düşük sıcaklığa dayanıklılık, düşük seviyede uçar asit köpük oluşturma ve yüksek fermantasyon hızı olarak bilinmektedir (Bağder ve Özçelik 2008, Budak 2010).

Asetik Asit Bakterileri

Sirke oluşumunda rol aldığı bilinen ve belirlenen asetik asit bakterileri; *Acetobacter xylinum*, *Acetobacter pasteurianus*, *Acetobacter aceti*, *Acetobacter hansenii*, *Acetobacter lovaniensis*, *Acetobacter liquefaciens* olarak verilmektedir (Budak 2010). Çoğunlukla sirke üretiminde *Acetobacter* türleri tercih edilmektedir (Yetiman 2012).

Asit bakterileri ortamda şeker içeren organik maddelerin üzerinde ve havada bulunurlar. Mikroskopta incelendiğinde tek, çift, küme veya zincir halinde görülmekte olup, AAB'leri Gram negatif, katalaz pozitif, oksidaz negatif, aerobik, spor oluşturmeyen, elipsoidal ve çubuk şeklinde, hareketli (*Acetobacter* türlerinde peritrik flagella, *Gluconobacter* türlerinde polar flagella bulunur) veya hareketsiz olan mikroorganizmalardır. AAB'lerinde hücreler 0,4-1,0 mm genişliğinde ve 0,8-4,5 mm uzunluğundadır. Bu grubun gelişme sıcaklıkları 5-45 °C arasında, optimum gelişme sıcaklığı ise 25-30 °C arasında değişim gösterirken, bazı türleri termotolerant özellik de gösterebilmektedir. AAB'leri pH 5,0-6,5 değerlerinde optimum gelişim gösterirler, ancak düşük pH (3-4) değerinde de gelişebilmektedirler (Budak 2010, Kadaş 2011, Yetiman 2012). Asetik asit bakterileri karbon kaynağı olarak; glikoz, früktoz, galaktoz gibi şekerleri de kullanırlar (Yetiman 2012, Aykın 2013).

2.8 Sirkenin Kimyasal Bileşimi

Sirkenin büyük bir kısmı sudan (% 80) oluşmaktadır. Sirkenin geriye kalan kısmını (% 20) ise organik asitler, alkoller, polifenoller, uçucu bileşenler ve aminoasitler oluşturmaktadır. Organik asitler, amino asitler ve uçucu aroma bileşikler sirke tat ve koku farklılıklarına neden olmaktadır. Sirkenin eşsiz tadı için aminoasitler önemli bir katkıdır sirkenin kokusu üzerinde ise uçucu bileşikler (esterler, alkoller, asitler, aldehidler, ketonlar vb.) önemli bir etkiye sahiptirler (Bayram vd. 2018). Sirkenin sahip olduğu kimyasal özellikler doğal ve yapay sirkeyi birbirinden ayırmayı sağlamaktadır. Yapay sirke konsantre asetik asitin sulandırılmasıyla elde edilir. Asetik asit fermentasyonu sırasında bazı fermentasyon yan ürünleri (kül, tiamin, riboflavin vb.) oluşur ve yapay sirkeler bu ürünleri içermezler. Bu özellik yapay sirkelerle doğal

sirkeleri birbirinden ayırmaktadır (Alak 2015). Organik asitlerin meyve sebze sularının flavor, renk ve aroma gibi organoleptik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olmaktadır. Sirkenin bileşiminde yer alan organik asitler çeşit ve düzey bakımından kullanılan hammadde ve tercih edilen üretim yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Sirkenin en önemli organik asidi asetik asittir (Budak 2010).

Sirkenin kimyasal bileşimi üretildiği hammaddeden, kullanılan sudan veya mayanın gelişmesi için kullanılan besin maddelerinden, sirkenin oluşum metodundan etkilenmektedir. Ayrıca oluşum zamanına bağlı olarak bileşim değişebilmektedir (Bilginer 2018). Sirkeye has keskin ve ekşi tadın oluşumunda sirkenin ana ürünü olan asetik asit rol oynamaktadır. Sirkenin yoğunluk ve viskozite değeri kaynama ve donma noktası, yüzey gerilimi gibi fiziksel özellikleri üzerinde asetik asit konsantrasyonu rol oynamaktadır. Sirkenin pH değeri 2,0-3,5 arasındadır bu değer asetik asit oranına göre değişiklik göstermektedir (Aktan ve Yıldırım 2011, Bilginer 2018).

2.9 Sirkede Kaliteyi Etkileyen Faktörler

Sirkenin spesifik özelliklerini; kullanılan hammadde, üretildiği iklim koşulları ve sirkenin sahip olduğu mikrobiyal çeşitlilik gibi etmenler değiştirmektedir (Yetiman 2012). Sirkenin kalitesi hammaddeye göre değişiklik gösterir. Dolayısıyla kalite doğrudan hammaddeye bağlıdır. Yetiştirme teknikleri, iklim, toprak, çeşit vb. faktörlere bağlı olarak hammadde bileşimi değişiklik gösterir (Akbaş 2008).

Sirke kalitesinde kimyasal bileşiminde bulunan aminoasitler, fenolik bileşenler, organik asitler, alkoller, tat ve uçucu bileşenlerinin çeşit ve miktarları önemli rol oynamaktadır. Sirkenin en önemli kalite kriterlerinden biri kendine has tat ve aromayı veren asetik asit içeriğidir. Asetik asit içeriği mevzuat ile belirlenmiştir. TS 1880 EN 13188 standardına göre; sirkenin asetik asit cinsinden toplam asit miktarının 1000 ml'de 50 g'dan az olmaması bildirilmekte, şarap sirkesinin ise asetik asit cinsinden toplam asit miktarının 1000 ml'de 60 g'dan az olmaması gerektiği bilgisi yer almaktadır. (Budak 2010, Marangoz 2016). Sirkenin hammadde ve asetik asit içeriğinden sonra kalitesini etkileyen diğer bir faktör ise aroma bileşenleridir. Aroma bileşenleri hammadde, üretim

yöntemi ayrıca depolama koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Aroma maddeleri sirke kalitesi ve kusurları arasındaki ayırmada önem taşımaktadır (Kadaş 2011).

Üretim yöntemi ve uygun koşulların oluşturulması da sirkede kalite kriteridir. Yavaş yöntemle sirke üretimi diğer yöntemlere göre daha fazla aroma bileşenleri oluşturur. Bir diğer kalite kriteri ise sıcaklıktır. Sirke üretiminde kullanılan sirke bakterilerinin 15 °C'nin altında ve 40 °C'nin üstündeki sıcaklık değerlerinde çalışma faaliyetleri azalmaktadır. Sirke oluşumunda asetik asit bakterilerinin çalışması için en uygun sıcaklık aralığı 28-30 °C'dir (Akbaş 2008, Elgün 2011).

Sirke üretim sürecinde alkol konsantrasyonu önemlidir çünkü sirke bakterileri % 13 ve üzerindeki alkol ortamlarında faaliyet göstermemektedir. Konsantrasyon verimi % 95-98 seviyelerindedir ve kalan kısım buharlaşma ile uzaklaşan kısımdır (Aktan ve Yıldırım 2011, Kılıç 2017). TSE 1880 standardına göre şarap sirkesi dışındaki sirkelerde kalıntı alkol oranının % 0,5'ten, şarap sirkelerinde kalıntı alkol oranının ise % 1,5'ten fazla olmaması gerekmektedir (Anonim 2016). Sirke bakterilerinin çalışması için optimum alkol oranı % 10'dur ve bu nedenle yüksel alkol içeren yarı mamüllerin sirke üretilmek istenildiğinde su ile seyreltilerek alkol oranı düşürülmeli ve daha sonra su ile seyreltilmiş yarı mamul sirkeleşmeye bırakılmalıdır (Akbaş 2008). Sirke üretim sürecinde oksijen de gerekli ve önemlidir çünkü oksijen fazlalığında sirke bakterilerinin çalışması hızlanmaktadır (Akbaş 2008, Elgün 2011).

Kalite üzerinde etkili diğer faktörler ise depolama koşulları, şişeleme ve sirkenin pastörizasyonu gibi faktörlerdir. Sirkelerde şeker dışındaki toplam kuru madde miktarı en az 8 g/L ve kül miktarı en az 0,8 g/L'dir, alkol sirkesinde bu değerler kuru madde miktarı için 0,5 g/L, kül miktarı için 0,05 g/L'dir. Sirkelerde koruyucu olarak kullanılan күкүрт dioksit (SO₂) miktarı sınırlandırılmıştır ve 170 mg/L'dir. Sirke içeriğinde demir, bakır ve çinko en fazla 10 mg/L, kurşun ve arsenik ise en fazla 1 mg/L bulunmalıdır (Budak ve Güzel-Seydim 2010).

2.10 Sirke ve Sağlık

Hipokrat (460-377 MÖ), ülser ve yara tedavisinde sirkeyi önermiştir. Sirkenin üretiminde kullanılan hammaddeye bağlı olarak sirkede var olan (organik asitler, amino asitler, fenolik bileşikler ve melanoidinler vb.) biyoaktif maddelerden ileri gelmektedir (Kırcı 2017).

Canlı organizmada serbest radikallerle antioksidanları denge durumundayken antioksidatif savunma sistemine sahiptir. Bu savunma sistemi organizmayı serbest radikallerden korumaktadırlar. Serbest radikaller ile antioksidan dengesinin serbest radikallerin artmasıyla bozulması durumunda oksidatif stres meydana gelmektedir. Oksidatif stres durumunda serbest radikallerin artması organizmada yaşlanmayı hızlandırır ve hücre ölümlerine sebep olur, ayrıca bazı doku ölümü ve beyin damarlarında muhtemel tahribatına varan hasarlar meydana getirir. Vücuttaki antioksidan varlığının antioksidanca zengin gıdalarla desteklenmesi ile bu olayların önüne geçilebilmektedir. Antioksidan maddelerin görevi serbest radikal oluşumunu engellemek veya meydana gelen serbest radikallerin aktivitesini durdurmak veya azaltmaktır. Böylece antioksidanlar oksidasyon sonucu meydana gelen hasarların önüne geçerler (Budak 2010).

Gıdalarda bulunan biyoaktif bileşenler karotenoidler, klorofiller, fosfolipidler, polifenoller, steroller flavonoidler olarak kimyasal yapı ve özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Ayrıca vitamin ve mineraller de biyoaktif bileşenler içinde yer almaktadır. Meyve sebzelerdeki doğal antioksidanlar fenolikler, karotenoidler ve vitaminlerdir. Askorbik asit (Vitamin C) ve fenolik bileşenlerin hidrofilik antioksidanlar oldukları, karotenoidlerin ise lipofilik antioksidanlar oldukları çeşitli araştırmacılarca bilinmektedir. Meyveler fenolik bileşenlere ve flavonoid maddelere sahip olduğu için antioksidan aktivitesi göstermektedir. Flavonoid maddelerin enfeksiyon giderici, alerji önleyici, virüslere karşı etkili, yaşlanmayı geciktirici ve kanser önleyici özellikleri bulunmaktadır. Sirkede bulunan fenolik bileşenler çeşit ve miktar bakımından seçilen hammadde ve üretim yöntemine göre değişiklik göstermektedir (Marangoz 2016).

Çeşitli çalışmalarda meyve sirkelerinin sahip olduğu polifenol içeriğinin lipid peroksidasyonu, hipertansiyon, hiperlipidemi, DNA hasarı ve kansere karşı etkili ve fenolik maddelerin sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kafeik, ferulik ve vanilik asit gibi fenoliklerin ise antibakteriyel, antivirüs, antiromatizmal ve ateş düşürücü etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir. Diyabetik hastalıkların tedavisinde sirke kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Tüketilen % 0,3 ve % 2,0 asetik asit çözeltisinin kandaki glikoz seviyesini düşürdüğü bilinmektedir. Bununla birlikte elma sirkesinin farelerde kolesterol seviyesini düşürdüğü, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruduğu, düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu inhibe ettiği kanıtlanmıştır. Tahıl ve meyve sirkelerinin, içerdikleri melanoidinler nedeni ile daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları bildirilmektedir (Kadaş 2011, Öztürk 2015, Kılıç 2017, İlik 2019, Gözlüklü 2019).

2.11 Farklı Bitkisel ve Diğer Kaynaklardan Üretilen Sirke Üzerine Yapılan Bazı Çalışmaların Literatür Bilgileri

Sirkenin fiziksel, fiziko-kimyasal ve kimyasal özellikleri üzerine yurt içi ve yurt dışında yeralan literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Sirkenin fiziksel, fizikokimyasal ve kimyasal özellikleri konusu ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar kronolojik olarak kısaca aşağıda verilmiştir.

Gerbi vd. (1998), İtalyan, Fransız, İspanyol ve İsviçre pazarlarından temin edilmiş altmış beş adet sirke örneğini hammaddelerine (şarap, elma ve alkol) göre ayırarak analiz etmişler ve temel analitik parametreleri (yoğunluk, toplam asitlik, uçucu asitlik, kuru madde, kül ve kül alkaliliği, pH), toplam polifenol miktarları değişimlerini belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmada toplam asitlik: 6,60, 7,35, 5,40 g/100 mL; pH değişimi şarap sirkesi için 2,78, alkol sirkesi için 2,36 ve elma sirkesi için 3,00 olarak; Kuru madde miktarları değişimi 3,63-16,38 g/L olmuştur. Toplam fenolik madde miktarı değişimi: şarap sirkesi 197 mg/L, alkol sirkesi 8 mg/L ve elma sirkesi için 551 mg/L olarak bulunmuştur.

Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerine yaptığı çalışmada farklı yöntemlerle üretimlerini yaptığı şarap sirkelerindeki toplam asitliği 4,14-6,59 g/100 mL, indirgen şeker miktarını 0,8-3,2 g/L, kuru madde miktarını 10,85-12,60 g/L, yoğunlukları 1,0110-1,0135 g/cm³ ve sirkelerdeki toplam fenol bileşikleri miktarını gallik asit cinsinden 423,9-499,9 mg/L arasında bir değişim gösterdiklerini tespit etmiştir (Ünal 2007).

Akbaş (2008) tarafından ülkemizde üretilen üzüm sirkelerinin bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine yapılan bir araştırmada sirke örneklerinin yoğunluk değerleri değişimi 1,0078 g/cm³-1,0139 g/cm³, kuru madde miktarlarının değişimi 8,80 g/L-17,25 g/L arasında olmuştur. İndirgen şeker miktarının 0,75 g/L-11,80 g/L, toplam asit miktarının 3,96 g/100 mL-5,36 g/100mL, pH değerlerinin 2,63 ve 3,27 ve kül miktarlarının ise 1,66 g/L-3,27 g/L aralığında değiştiğini belirlemiştir.

İstanbul, Muğla illerinden ve İtalya'dan alınan bal sirkesi örneklerinde Alak (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada fiziksel (renk değerleri, yoğunluk değerleri) ve kimyasal (kuru madde miktarı, kül miktarı, serbest asitlik miktarı, pH değeri, antioksidant içeriği, toplam fenol içeriği) analizler yaparak sirkelerin özelliklerini belirlemiş ve karşılaştırılmıştır. Bu sirkelerin renk analizi sonucu L değeri 0,58-33,00, a değeri 0,17-15,76 ve b değeri 2,91-28,35 aralığında, kül miktarı 0,11 g/L-2,72 g/L aralığında; kuru madde miktarı 1,23 g/L-5,92 g/L aralığında; toplam asitlik değerleri 7,80 g/L-46,20 g/L aralığında; pH değerleri 2,19-3,35 aralığında; yoğunluk değeri 1,00 g/cm³-1,16 g/cm³ aralığında; toplam fenolik madde miktarı 105,18 mg GAE/kg kuru ağırlık- 890,27 mg GAE/kg kuru ağırlık aralığında ve antioksidant miktarı 233,01 mg trolox/kg kuru ağırlık-1431,01 mg trolox/kg kuru ağırlık (DPPH) aralığında bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Öztürk (2015) tarafından yapılan bir çalışmada 4 g/100 mL asitlik derecesine kadar sulandırılan kara havuç sirkelerinde pH değeri 3,68-3,76, toplam kuru madde miktarı 34,21-42,49, indirgen şeker miktarı 6,98-14,67 g/L, toplam fenolik madde miktarı 4200,0-4943,8 mg/L aralığında değiştiği belirlenmiştir.

İncir sirkesinde Kılıç (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada örneklerinin pH değerleri 3,51-3,75 aralığında, ⁰briks değerleri 1,30-21,2 aralığında, toplam asitlik değerleri (asetik asit cinsinden) 1,93-4,87 g/100 mL aralığında, kül miktarı 2,6-11,5 g/L aralığında, renk değerleri L* 5,36-15,42; a* -1,65-8,51 ve b* 3,96-8,29 aralığında, toplam fenolik madde miktarı 313,5-594,25 mg GAE/L aralığında ve antioksidan aktivite değerleri %10,38-73,79 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İncir sirkelerinin mikrobiyolojik özellikleri araştırıldığında ise incir sirkesi örneklerinin maya, LAB ve AAB sayılarının sırasıyla 1,44-7,10 log kob/mL, 1,91-6,81 log kob/mL ve 2,54-7,05 log kob/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

Vişne suyundan vişne sirkesi üretilmesi ile ilgili Özen (2018) tarafından yapılan bir çalışmada sirke örneklerinin asetik asit cinsinden toplam asit miktarı % 3,65 ve % 4,64, pH değeri 2,68±0,01 ve 3,18±0,02, çözünür kuru madde miktarı 9,46±0,23 ve 9±0,13, kuru madde miktarı 6,61±0,00 ve 6,7±0,00 olarak tespit edilmiştir. 60. Günde yapılan DPPH serbest radikal giderme aktivitesi analizi sonucunda % inhibisyon 80,85±0,63, konsantre vişne suyundan üretilen sirkelerin 60. Günde DPPH serbest radikal giderme aktivitesi analizi sonucunda % inhibisyon 80,51±0,50 olarak ve toplam fenolik madde miktarları başlangıç günü; 1709,4 mg/L, 15. Gün; 1450,2 mg/L, 30. Gün; 1422,7 mg/L, 45. gün; 3055,3 mg/L ve 60. Gün; 3511,7 mg/L olarak bulunmuştur.

Geleneksel yöntemle alıçtan (*Crataegus tanacetifolia*) üretilen sirke ile yapılan bir çalışmada sirke örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tomar vd. (2020 a) tarafından araştırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; alıç sirkesinin kuru madde miktarı 2,08, %, pH 2,69, toplam asitlik 20,49 g/L, kül miktarı 2,2 g/L ve iletkenlik değerleri 1,36 µS/cm olarak, toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 86,23 µg troloks eşdeğeri (TE)/mL ve 751,11 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak ve briks değeri 2,24, yoğunluk (g/cm³) 1,018, ortalama renk değerleri; L* değeri 27,80; a* değeri 1,33 ve b* değeri -0,30 olarak belirlenmiştir.

2.12 Kırmızı Pancarın Özellikleri

Pancar (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*); *B. vulgaris* var. *cruenta* (kırmızı pancar), *B. vulgaris* var. *rapa* (yem pancarı), *B. vulgaris* var. *altissima* (şekerpancarı) ve *B. vulgaris* var. *cicla* (pazı) gibi çeşitlere ayrılmaktadır. Kırmızı pancar (*B. vulgaris* var. *cruenta*) *Amaranthaceae* (ıspanakgiller) familyasına ait çiçekli kök bir sebzedir ve ılıman iklimlerin yaşandığı yerlerde yetiştirilmektedir (Kayın 2014). Çıkış bölgesi Güney Avrupa ve Batı Asya'dır. Dünya çapındaki üretimi yaklaşık olarak 227 milyon tondur. Üretiminde ilk sıradaki ülkeler Amerika, Rusya, Fransa, Polonya ve Almanya'dır. Kırmızı pancar Türkiye'de daha çok Ege ve Marmara bölgelerinde yetiştirilmektedir (Hamouia 2018). TÜİK 2021 verilerine göre Türkiye'de 2019 yılında 9917 ton, 2020 yılında 7881 ton ve 2021 yılında 10 444 ton kırmızı pancar üretilmiştir (Anonim 2021).



Resim 2.1 Kırmızı pancarın enine kesiti (Dahı 2020)

Kırmızı pancar, kırmızı renkli, ince köklü, iki yıllık ve toprak altında yetişen otsu bir bitkidir. İlk yıl toprağın altında kalan yumru kısmı ve toprağın üstündeki yeşil yaprakları, ikinci yıl ise çiçek sapı, çiçek ve tohumları gelişmektedir. Kırmızı pancarın yenilebilir olan kök kısmı yuvarlak ya da yuvarlağa yakın bir şekildedir (Dahı 2020). Kırmızı pancar tüketimi birçok farklı şekilde yapılmaktadır. Kırmızı pancar taze haliyle salata, şalgam suyu ve turşu yapımında kullanılmaktadır. Bebek mamalarında, hazır çorbalarda ve soslarda kurutulularak toz haline getirilmiş pancar doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır (Erafşar 2019).

2.12.1 Kırmızı Pancarın Kimyasal Bileşimi

Kırmızı pancardaki su oranı diğer meyve sebzeler gibi çok yüksektir ve yaklaşık % 87,58'dir (Hamouia 2018). Yüz gram kırmızı pancar ortalama 38 kcal'dir ve bileşimine genel olarak bakıldığında 9,50 g karbonhidrat, 0,17 g yağ ve 1,61 g protein içermektedir (Tomar ve Yıldırım 2019). Kırmızı pancar demir, kalsiyum, magnezyum, selenyum, fosfor, potasyum, çinko, sodyum, biotin, folik asit, niasin, β -karoten ve C, B6, A vitaminleri gibi birçok bileşene sahiptir (Kayın 2014, Güner vd. 2018). Kırmızı pancar, önemli aminoasitleri de içermektedir, özellikle glutamik asit yönünden zengindir. Kırmızı pancarın bileşiminde yer alan diğer bir grup da organik asittir, sitrik asit, malik asit ve şikimik asit içermektedir (Hamouia 2018).

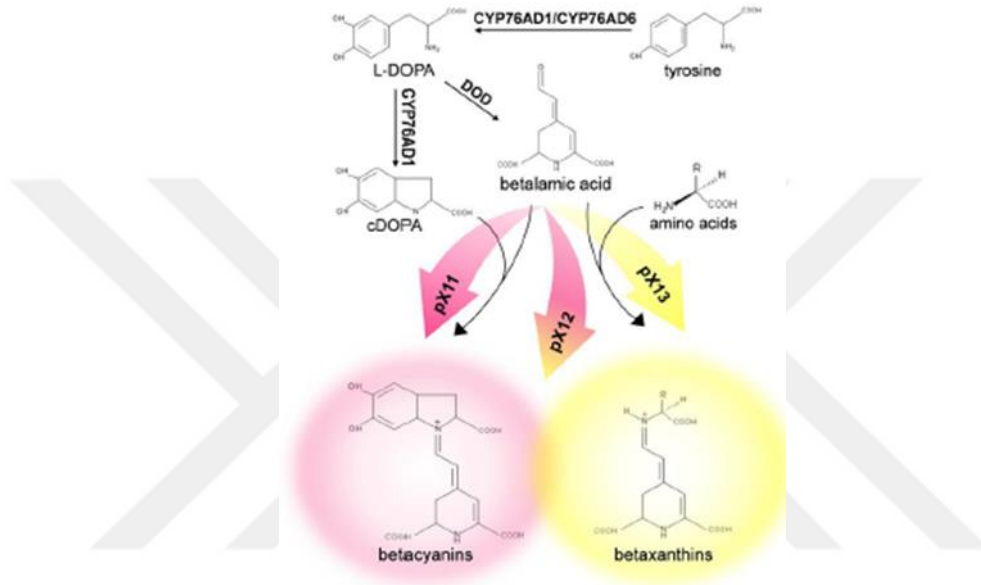
Kırmızı pancar önemli bir antioksidan kaynağıdır. Betalain, fenolik bileşik ve askorbik asit gibi biyoaktif bileşikler içermektedir. Kırmızı pancarın içeriğinde bulunan betalainlerin peroksidasyonu ve lipid oksidasyonunu inhibe ettiği böylece kırmızı kan hücrelerinin oksidatif hasarlanmasını engellediği insanlarda da stres kaynaklı birçok hastalığı önlediği bilinmektedir. Betalain ile askorbik asidin antioksidan aktivitesi ile kıyaslandığında betalainin önde olduğu bilinmektedir (Kayın 2014, Güner vd. 2018).

Kırmızı pancarın önemli bileşeni olan betalainlerin antioksidan, anti-inflamatuar, antikarsinogenik, nöroprotektif ve hepatoprotektif gibi birçok biyolojik aktivitesi olduğu ortaya konulmuştur. Yapılan araştırmalarda, kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) ekstratlarında ve kabuğunda farklı sebzelere göre daha yüksek oranda fenolik madde bulunduğu saptanmıştır. Pancarlar, ferulik, protokatekin, vanilik, p-kumarik, p-hidroksibenzoik ve senknik asitler gibi yüksek seviyelerde fenolik asitler içerir. Ek olarak, azot pigmentleri için iyi bir kaynaktır. Bitki ekstratlarının fenolik madde miktarı ve kalitesi; bitkinin yetiştirildiği hasat zamanı, depolama koşulları ve çevresel faktörlerle, iklim koşullarına, işleme koşulları gibi birçok etmene göre değişebilmektedir (Güner vd. 2018).

2.12.2 Kırmızı Pancarın Biyoaktif Bileşenleri

Betalain

Kırmızı pancara renk veren pigmentler olan betalainlerin; betasiyanin ve betaksantin olmak üzere iki tipi vardır (Hamouia 2018).



Şekil 2.2 Kırmızı pancarda betalain sentezi (Polturak vd. 2017)

Kırmızı pancar kökü betalain pigmentlerinin kaynağı olarak bilinmektedir. Betalainler gıdaların besin değerini arttırmak, rengini düzeltmek veya gıdalara renk katmak için de kullanılmaktadır. Sarı kaktüs armudu, ejder meyvesi (pitaya), amaranth çiçeği ve pazı gibi diğer bitkilerde de betalain pigmentleri bulunmaktadır ancak kırmızı pancar ile kıyaslandığında çok düşük miktardadır (Dahı 2020).

Betasiyaninler kırmızı-mor, betaksantinler ise sarı renktedir. Kırmızı-mor renkteki pancarlarda betasiyaninler, sarı pancarlarda ise betaksantinler baskındır (Hamouia 2018).

Kırmızı pancarda bulunan betalainlerin renk verme özelliklerinin dışında antioksidan özelliklerinin de olduğu bilinmektedir. Betalainler lipid oksidasyonu ve peroksidasyonu

inhibe etmektedirler. Betalainlerin askorbik asite göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca betalainlerin serbest radikalleri bağlayıcı özellikleri bulunmaktadır (Karabulut ve Günay 2016). Kırmızı pancarda betalain dışında bileşiminde bulunan mineraller, (demir, selenyum, potasyum, kalsiyum, çinko, fosfor, sodyum, magnezyum) vitaminler (folik asit, biotin, niasin, β -karoten ve A, B6, C) gibi birçok bileşenin antioksidan özellik gösterdiği belirtilmektedir (Dahı 2020). Kırmızı pancar birçok yumrusu tüketilen sebzelere göre yüksek toplam fenolik madde içermektedir. Fenolik bileşiklerde en az bir fenol halkası bulunmaktadır bitkilerde en yaygın bulunan fenolik bileşikler olan flavonoidlerin antioksidan özellik göstermesinin yanında serbest radikal giderici ve metallere şelat oluşturabilme yetenekleri bulunmaktadır. Kırmızı pancarın fenolik madde miktarı 169,41 mg/100 g, diğer sebze örneklerinden havuç, soğan ve patatesin fenolik madde miktarları sırasıyla 22,21 mg/100 g, 64,16 mg/100 g ve 38,42 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Hamouia 2018). Kırmızı pancarın fenolik madde kompozisyonu incelendiğinde gallik asit ve kafeik asitçe zengindir ve bu bileşikler antioksidan özellik göstermektedir. Ayrıca kırmızı pancar kersetin içermektedir bu bileşen antialerjik özellik göstermektedir (Hamouia 2018). Antioksidan özellik gösteren bu bileşiklerin varlığı kırmızı pancara olan ilgiyi arttırmaktadır (Kayın 2014). Kırmızı pancarın fenolik madde kompozisyonu incelendiğinde gallik asit miktarının 21,8 mg/L ve 25,7 mg/100 g, sirinik asit miktarının 1,85 mg/L, kafeik asit miktarının 4,82 mg/L ve 25,6 mg/100 g, ferulik asit miktarının 0,65 mg/L ve kersetin miktarının 6,3 mg/100 g olduğu belirlenmiştir (Hamouia 2018).

2.13 Kırmızı Pancar Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Georgiev vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada olgunlaşmış kırmızı pancarların saçak köklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite düzeyi miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucu kırmızı pancarın antioksidan aktivite düzeyini % 90,7 ve toplam fenolik madde miktarını ise 944 mg/g olarak belirtilmiştir. Kırmızı pancarın sahip olduğu fenolik bileşen profili incelendiğinde ise bu bileşikler arasında 4-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, kafeik asit, kateşin hidrat, epikateşin bulunduğu tespit edilmiştir.

Suda haşlama ve mikrodalga işlemi gibi iki farklı ön işlem uygulanmış olan kırmızı pancarın, 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarında kurutulması ile Er (2011) tarafından yapılan bir çalışmada kırmızı pancarın toplam fenolik madde, toplam betalain, betaksantin, betasiyanin miktarları, DPPH, mineral madde ve renk parametrelerindeki değişimin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda, tüm kurutma sıcaklıklarında kırmızı pancarın önemli kimyasal bileşenlerinde azalmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Kimyasal bileşenlerde meydana gelen bu azalma ön işlem uygulanmış örneklerde işlem uygulanmadan kurutulanlara göre daha düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir.

Ryan vd. (2011) tarafından yapılan, kırmızı pancar suyu ve diğer sebze sularının antioksidan aktivitesinin ve toplam fenolik madde oranını karşılaştırılması amaçlanan bir çalışmada, Kırmızı pancar suyu antioksidan aktivitesinin % 92,1-92,3 olduğu ve toplam fenolik madde oranının ise 3025 µg/ml olduğu belirtilmiştir. Diğer sebze sularına ait antioksidan aktivite düzeyini % 10,9-90,7 ve fenolik madde oranının ise 449-3025 µg/ml olduğunu belirtmiştir. Çalışma sonucunda havuç, domates ve diğer sebze sularıyla karşılaştırıldığında kırmızı pancar suyunun en yüksek değerlere sahip olduğunu tespit edilmiştir.

Kayın (2014) tarafından yapılan bir çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde depolanan kırmızı pancar suyu konsantresinin betalain içeriği ve toplam fenolik bileşen, antioksidan aktivite ve renk değerlerindeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kırmızı pancar suyu konsantreleri alüminyum folyo ile kaplanmış cam kavonozlarda ve alüminyum folyosuz cam kavonozlarda depolanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerin sonucunda kırmızı pancar suyu konsantrelerinin başlangıç betasiyanin 1179 mg /L, betaksantin 883 mg /L, toplam fenolik madde içerikleri 4332 mg /100 mL ile antioksidan aktivite değeri 151 µM TE / 100 mL bulunmuştur. Bu çalışmada kırmızı pancar suyu konsantresindeki betasiyanin ve betaksantin miktarlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak kayba uğradığı, toplam fenolik madde miktarının ise arttığı gözlenmiştir. Ayrıca kırmızı pancar suyu konsantresinin L*, C* ve +b* renk

parametreleri ve antioksidan aktivitedeki artış gözlemlenirken +a* parametresinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Güner vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada kırmızı pancarın toplam fenolik bileşen miktarı incelenmiş olup analiz sonucunda kırmızı pancarın et, yaprak, gövde ve kabuk kısımlarına ait toplam fenolik bileşen miktarları sırasıyla 4,140 mg/ g, 9,640 mg/g, 0,334 mg/g ve 6,646 mg/g olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada kırmızı pancarın et, yaprak, gövde ve kabuk kısımlarına ait toplam betalain içerikleri sırasıyla 0,249 GAE/ g kuru ağırlık, 0,749 GAE/ g kuru ağırlık 0,017 GAE/ g kuru ağırlık ve 3,302 GAE/ g kuru ağırlık olarak bulunurken DPPH süpürme aktivite seviyeleri sırasıyla % 21,81 % 28,29 %10,29 % 26,01 olarak belirlenmiştir.

Hamouia (2018) tarafından farklı yöntemlerle turşuya işlenen kırmızı pancarların renk ve antioksidan özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada kavanozlara konulan sebzelerin üzerine farklı tuz konsantrasyonundaki (% 2,5, 5,0 ve 7,5) sirke (% 0 ve % 1) içeren salamura eklenmiş ve fermentasyonun sonunda hem salamura hem de kırmızı pancar turşularında çeşitli analizler yapılmıştır. Yapılan analizler turşu örneklerinin pH, titrasyon asitliği, L, b, betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, demir indirgeme, antioksidan gücü ve DPPH serbest radikal giderme etkisi üzerine tuz konsantrasyonun, sebzelerin çiğ veya haşlanmış olmasının ve başlangıçta sirke ilave edilip edilmemesinin önemli derecede etki ettiğini göstermiştir. Çalışma sonucu çiğ sebzeden ve % 2,5 tuz konsantrasyonundaki salamurayla üretilen turşu örneklerinin renk ve antioksidan değerleri daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile optimum betasiyanin pigmentlerini elde etmek amacıyla Dahı (2020) tarafından yapılan bir çalışmada elde edilen betasiyanin değeri en düşük 125,8 mg/L ve en yüksek değer ise 370,5 mg/L olarak tespit edilmiştir. Klasik ısısal ön uygulama ekstraksiyon yöntemiyle kırmızı pancardaki betaksantin miktarı 288,9 mg/L ve minimum değeri ise 130,4 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kırmızı pancara klasik ısısal ön uygulaması yapılarak betalain miktarının

268,6 mg/L ile 659,5 mg/L arasında deęiřtięi ve briks miktarının % 3,6 ile % 4,7 arasında deęiřtięi, en dūřuk deęer fenolik madde miktarı 733,3±1,5 GAE/L ve en yūksek deęer fenolik madde miktarı 1198,6±7,5 mg GAE/L olduęu, antioksidan miktarı 339 mg troloks/L ile 2063,5 mg troloks/L arasında deęiřtięi belirlenmiřtir.

Kırmızı pancar sirkesine uygulanan fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuasal ۆzelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucu kırmızı pancar sirkesinin renk değerleri, L*: 2,55, a*: 1,54 ve b*: -0.98 olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar sirkesinin ortalama pH değeri, % kuru madde miktarı, °Brix, % kūl miktarları, yoğunluk ve iletkenlik değerleri sırasıyla; 2,94±0,32, 3,30±0,12, 3,71±0,17, 0,24±0,21, 1,003±0,002 g/cm³ ve 2,13±0,042 (μS/cm) olarak saptanmıştır. Yine aynı çalışmada kırmızı pancardan űretilen sirke ۆrneęinin ortalama antioksidan değerleri 96,14±3,43 μg TE/mL ve toplam fenolik madde miktarları ise 1170,78±20,95 mg GAE/L olarak saptanmıştır. Mineral maddelerin tespiti için yapılan analiz sonucu en fazla 370,94±2,73 ppm ile Na olduğu, bunu 69,13±1,13 ppm ile K, 14,5±0,01 ppm ile P ve 10,07±0,42 ile de Ca'un izlediği belirlenmiştir. Fermantasyon sonrasında sirke ۆrneęinde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucu ortalama asetik bakteri sayısı; 3,06±0,14, laktik asit bakteri sayısı; 2,84±0,09 ve maya/kūf sayısı; 1,09±0,08log kob/mL olarak belirlenmiştir (Tomar vd. 2020 b).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

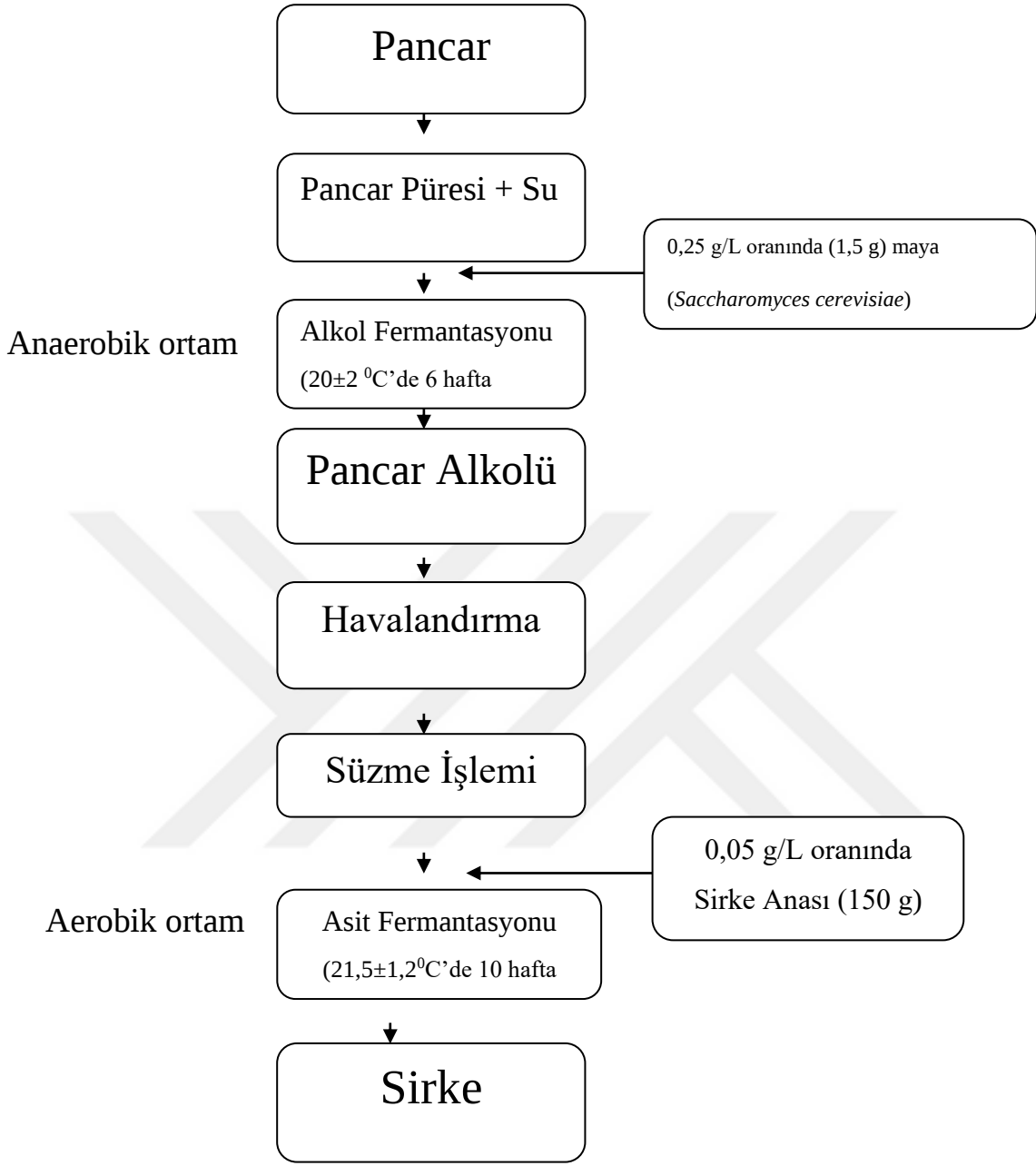
Kırmızı pancar sirkesi üretimi ile ilgili çalışmada sirke üretimi için kullanılan kırmızı pancarlar Afyonkarahisar ilindeki yerel pazardan temin edilmiştir. Kırmızı pancarın şeker oranı düşük olduğundan gerekli alkolün oluşması ve yeterli asitliğin sağlanması için çalışmamızda süzme çiçek balı (Balparmak) kullanılmıştır ve bu bal Afyonkarahisar ilindeki yerel bir marketten (Söz Market) temin edilmiştir. Asetik asit fermantasyonunun gelişebilmesi için kullanılan sirke anası Afyonkarahisar da doğal sirke üretici firması (Şerifeana sirkeleri- Afyonkarahisar) ndan temin edilmiştir. Alkol fermantasyonunun gelişebilmesi için *Saccharomyces cerevisiae* maya kültürü ekmek mayası üreticisi bir firma (Pakmaya – Kocaeli) dan sağlanmıştır.

Kırmızı pancardan alkol fermantasyonu ve asetik asit fermantasyonu sonucu kırmızı pancar sirkesi iki tekerrür (N=2) olacak şekilde üretilmiştir. Ayrıca bu çalışma için kırmızı pancardan kırmızı pancar suyu da elde edilmiştir. Kırmızı pancar suyunun kodu KPS0 ve kırmızı pancar sirkelerinin kodları tekerrür olarak KPS1, KPS2 şeklinde verilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Sirke Üretiminin Temel Akış Aşamaları ve Sirke Üretim Süreci

Bu çalışmada bal, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve sirke anası kullanarak kırmızı pancardan doğal (yavaş) yöntemle sirke üretimi gerçekleştirilmiştir. Kırmızı pancar parçalanıp suyu sıkılmak suretiyle böylece kırmızı pancar suyu (KPS0) elde edilmiştir. Şekil 3.1 de kırmızı pancar sirkesi üretim süreci verilmiştir.

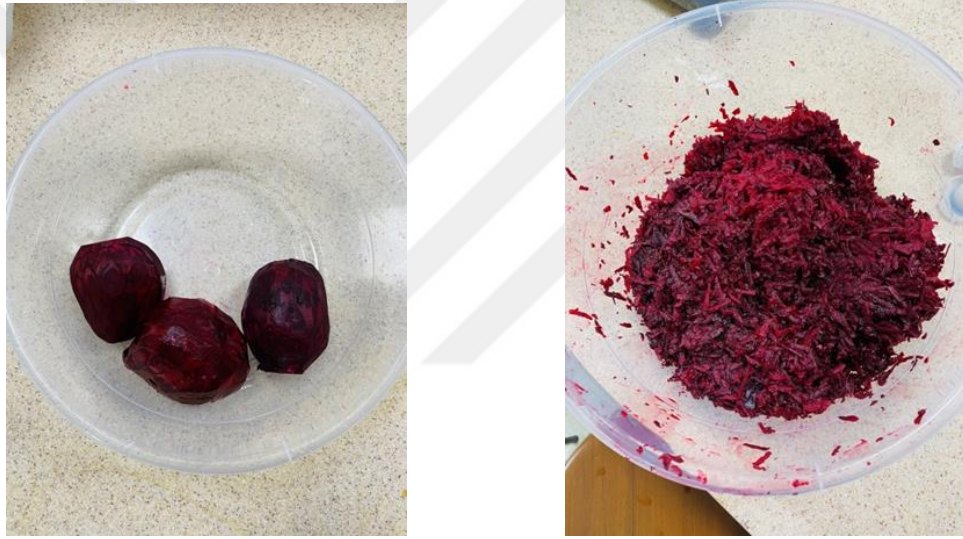


Şekil 3.1 Kırmızı pancar sirkesi üretim süreci (Aybek 2019).

Sirke örneklerinin üretimi; Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Sirke üretim süreci birbirini takip eden alkol fermentasyonu ve asetik asit fermentasyonu) aşamalarını içermektedir.

Sirke üretimi için öncelikle kırmızı pancarlar toz vs. yabancı maddelerinden temizlenmek üzere içilebilir nitelikteki su ile yıkanarak resimde gösterildiği gibi soyulmuş ve parçalanmıştır.



Resim 3.1 Soyulmuş kırmızı pancar ve parçalanmış kırmızı pancar

Parçalanan kırmızı pancarlar (yaklaşık 500 gr) 3 litrelik cam kavanozlara aktarılmıştır. Üzerine 2:3 oranında distile su ve 0,25 g/L oranında maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve 50 g bal ilave edilerek tahta kaşıkla karıştırılmış ve alkol fermentasyonu için 20 ± 2 °C’de anaerobik koşullar altında takribi 6 hafta inkübe edilmiştir. Alkol fermentasyonu sırasında hem içinde oluşan hem de içinde kalan oksijeni kontrollü bir şekilde dışarıya tahliye edebilmek amacıyla serum infüzyon seti kullanılmıştır.



Resim 3.2 Tahta kaşıkla karıştırılan ve serum infüzyon seti ile alkol fermentasyonuna hazırlanan kırmızı pancar

Fermantasyon sırasında her hafta düzenli olarak aynı gün ve saatlerde alkol, sıcaklık ve pH tayini yapılmıştır. 6 haftanın sonunda yüksek miktarda alkol içeriği sirke üretimini negatif olarak etkilediğinden alkol oranı % 7 olduğunda alkol fermentasyonuna son verilmiştir.

Oluşan kırmızı pancar alkolü daha sonra asetik asit fermentasyonu için tahta kaşık ile karıştırılarak havalandırılmıştır. Daha sonra % 5 oranında (100 g) sirke anası ilave edilmiş ve kavanoz ağızları ince bir tülbent ile kapatılmıştır. Her hafta alkol, sıcaklık ve pH tayini yapılmış ve 10 haftanın sonunda alkol % 0,5'in altına inince asetik asit fermentasyonu sonlandırılmıştır. Sirkeleşme sonunda üst oksidasyonu engellemek ve aroma maddelerinin meydana gelebilmesi için % 0,5-1,0 alkolün sirkede kalması gerekir (Akbaş 2008).

Asetik asit fermentasyonu tamamlanan kırmızı pancar sirkeleri süzülerek dinlendirilmeye alınmıştır. Sirke örnekleri fiziksel, fizikokimyasal, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizi yapılmaya kadar +4 °C sıcaklıkta buzdolabında ışığa maruz kalmaksızın saklanmıştır.

3.2.2 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Analizler

Kırmızı pancar suyuna ve sirke örneklerine uygulanan analizler; fiziksel, fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz yöntemleri olarak dört grupta toplanmıştır. Sirke örneklerine pH, renk, titrasyon asitliği, viskozite, kuru madde, suda çözünen kuru madde (°briks), kül tayini, yoğunluk, DPPH yöntemi ile antioksidan kapasite, monomerik antosiyanin, toplam flavonoid, indirgen şeker, toplam fenolik madde ve elektriksel iletkenlik (kondüktivite) ölçümü analizleri ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

3.2.2.1 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Fiziksel Analizler

3.2.2.1.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Renk Tayini

Kırmızı pancar suyu ve sirke örneklerinin renk analizleri Konika Minolta (Chroma meter CR-400) ile CIE LAB sistemi kullanılarak yapılmış olup sonuçlar L* (0: koyuluk, 100: açıklık), a* (-: yeşillik, +: kırmızılık) ve b* (-: mavilik, +: sarılık) değerleri olarak verilmiştir (Kadaş 2011).

3.2.2.1.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Viskozite Tayini

Viskozite analizi; (Brookfield viscometer-DV II Pro) cihazıyla 100 rpm de 2 numaralı spindle ile yapılmıştır. Bir behere konulan sirke örnekleri viskozimetre probuna daldırılarak okuma yapılmıştır. Sonuçlar cP (centipoise) cinsinden verilmiştir (Aybek 2019).

3.2.2.1.3 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Yoğunluk Değeri Tayini

Yoğunluk değeri tayini için 20 °C de piknometre kullanılmıştır ve sonuçlar g/cm³ olarak verilmiştir (Alak 2015).

3.2.2.2 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Fiziko-Kimyasal Analizler

3.2.2.2.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan pH Tayini

Kırmızı pancar suyu ve sirkesi sıvı ve homojen olduğundan pH değerleri doğrudan oda sıcaklığında harici proba sahip pH metre cihazı (Hanna HI 9812-5 pHmeter, Almanya) ile belirlenmiştir (Kırcı 2017).

3.2.2.2.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Elektriksel İletkenlik (Kondüktivite) Ölçümü Analizi

Kırmızı pancar sirke örneklerinde kondüktivite için Dist 4 HI98304 EC Tester Model (Hanna Instruments, Romanya) el kondüktivitesi yardımı ile ölçülmüş ve sonuçlar $\mu\text{S/cm}$ olarak belirtilmiştir. Aletin kalibrasyonu 20 ml'lik HI 12880 $\mu\text{S/cm}$ Conductivity Standard (Hanna Instruments, Romanya) solüsyonu ile yapılmıştır. Oda sıcaklığında (20-22 ° C) yapılan her ölçüm öncesi el EC cihazı, ilgili solüsyon ile kalibre edilmiştir (Tomar vd. 2020 b).

3.2.2.3 Kırmızı Pancar Suyunda ve Sirkesinde Yapılan Kimyasal Analizler

3.2.2.3.1 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Kuru Madde Tayini

Kurutmanın yapılacağı petri kapları etüvde (Ecocell 55) 130°C’de sabit tartıma getirildikten sonra darası alınmıştır. Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkesi örneklerinden 3’er paralel olmak üzere 6 örnek ve petri kabı hazırlanmış olup sirke örneklerinden 5’er ml alınarak petri kaplarına konulup tartılmıştır. Daha sonra petri kapları etüve yerleştirilip 105±2°C’de 3-4 saat kurumaya bırakılmıştır. Kurumanın sonunda petri kapları etüvden alınarak desikatöre yerleştirilip soğumaya bırakılmıştır. Soğumanın sonunda tekrar tartım yapılarak tartım sonuçları kaydedilmiştir. Tartımdan sonra aynı işlem tekrarlanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında değişim/azalma olmayana dek işlem tekrarlanmıştır. Sabit tartıma ulaşıncı kurutma işlemine son verilerek gerekli hesaplamalar (3.1) yapılmıştır (Kırcı 2017).

$$\% \text{ Kuru madde} = [(\text{Son kuruma tartımı} - \text{dara}) / (\text{İlk brüt tartımı} - \text{dara})] \times 100$$

(3.1)

3.2.2.3.2 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Suda Çözünür Kuru Madde (°Brix) Tayini

Greinorm Brix Refractometre (Model 7270120 Brix % 0 -20, Greiner Glasistrumente GmbH- Almanya) el refraktometresi ile oda sıcaklığında değerler belirlenerek % °Brix olarak tespit edilmiştir (Tomar vd. 2020 a).

3.2.2.3.3 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Kül Tayini

Analizde kullanılacak krozeler numaralandırılarak 400°C’de kül fırınında kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve tartılmıştır. Sabit tartıma gelen ve darası alınan tartım kabı içerisine 5 ml kadar örneklerden tartılmış ve 525°C’de kül fırınında yaklaşık 5 saat beyaz kül oluncaya kadar yakılmıştır. Desikatöre alınan tartım kapları soğuduktan sonra tartılmış ve sonuç hesaplanmıştır. Sonuçlar g/L olarak verilmiştir (İlik 2019).

$$\% \text{ Toplam Kül} = [(dara+kül)-dara/ (dara+örnek)-dara] \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.2.3.4 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Toplam Asitlik Tayini

Kırmızı pancar suyunun ve kırmızı pancar sirkesinin toplam asitlik analizleri, 10 mL örnek üzerine 20 mL saf su eklenerek seyreltilmiş ve pH’sı 8,2 oluncaya kadar 0,1 N NaOH ile titre edilerek yapılmıştır. Gerekli hesaplamalar (3.3) yapılmış ve sonuçlar asetik asit cinsinden 100 g/mL olarak verilmiştir (Ünal 2007).

Hesaplama:

$$\text{Asitlik g/L} = \frac{V.N.E.1000}{M} \quad (3.3)$$

V: Harcanan NaOH hacmi (mL),

N: NaOH normalitesi,

E: Asetik asidin milieşdeğer ekivalenti,

M: Alınan örnek hacmi (mL)

3.2.2.3.5 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan İndirgen Şeker Tayini

Kırmızı pancar suyu ve sirke örneklerinde indirgen şeker tayini değiştirilmiş Miller yöntemine göre (Forouchi ve Gunn 1983) DNS (3,5-Dinitro salisilik asit) çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. Analizden önce örnekler santrifüj edilmiştir ve örneğin berrak kısmına Carez I ve Carez II çözeltileri ile berraklaştırma işlemi uygulanmıştır.

Çözeltiler;

Carez I Çözeltisi: 15 g potasyum ferrosiyanür ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$) damıtık suda çözölmüş ve 100 ml'ye tamamlanmıştır. Carez II Çözeltisi: 30 g çinkosülfat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) damıtık suda çözölmüş 100 ml'ye tamamlanmıştır. DNS çözeltisi: 10 g DNS, 10 g NaOH ve 1,6 g fenol bir miktar damıtık suda eritilerek litreye tamamlanmıştır. Kullanımdan önce, çözeltinin her 100 ml'si için % 10'luk sodyum sülfid çözeltisinden 1 ml eklenmiştir.

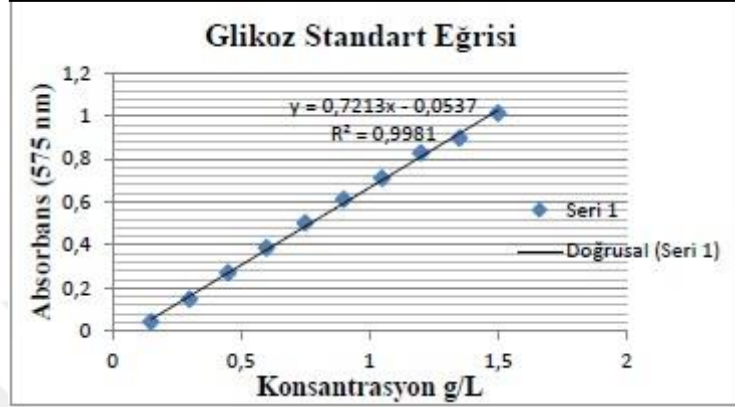
Rachelle tuzu çözeltisi: 40 g sodyum-potasyum tartarat damıtık suyla 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Gerekli oranda seyreltilmiş sirke örneğinden 1 mL alınarak, üzerine 2 ml DNS çözeltisi ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışım kaynar su banyosunda 15 dakika bekletildikten sonra, oluşan sarı-kahverengi rengin stabilizasyonu için üzerine 1 mL Rachelle tuzu çözeltisi ilave edilip tekrar karıştırılmıştır. Laboratuvar ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra üzerine 5 ml damıtık su ilave edilip tekrar karıştırılmış ve spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208) 575 nm dalga boyunda şahide karşı absorbans değerleri ölçölmüştür. Şahide uygulanan tüm işlemlerde örnek yerine damıtık su kullanılmıştır.

Hesaplama 0,15-1,5 g/L glikoz içeren çözeltiler yardımıyla önceden çizilen standart eğri kullanılarak yapılmıştır. Okunan değerler glikoz standart eğrisini (çizelge 3.1)

tanımlayan regresyon eşitliğinde yerine konulmuş ve bu değerlerin uygulanan seyreltme oranları ile çarpılmasıyla örneklerdeki toplam indirgen şeker miktarları saptanmıştır.

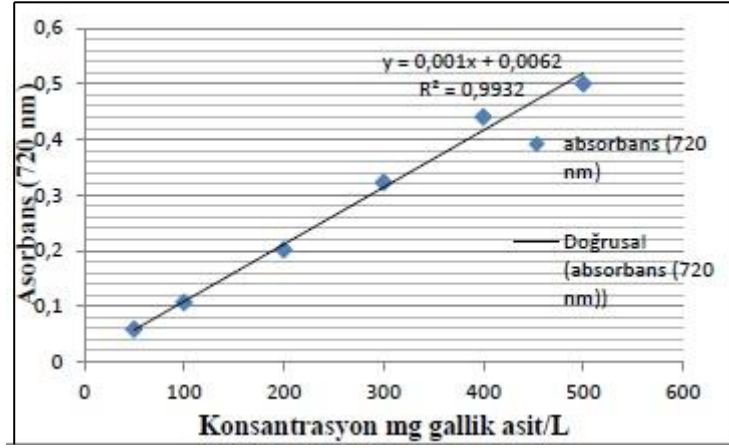
Çizelge 3.1 Glikoz Standart Eğrisi (Öztürk 2015).



3.2.2.3.6 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Toplam Fenol Bileşikleri Tayini

Kırmızı pancar suyu ve sirke örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteus kolorimetrik metodu kullanılarak belirlenmiştir (Singleton ve Rossi 1965). 100 µl örnek, 3,9 ml saf su, 250 µl Folin-Ciocalteus reaktifi ve 750 µl % 20 lik Na_2CO_3 karıştırılıp 40 C'deki su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbanslar okunmuştur. Gallik asit standart olarak kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarları gallik asit ile hazırlanan standart eğriden (çizelge 3.2) yararlanarak gallik asit eş değeri olarak belirlenmiştir. Sonuçlar mg gallik asit eş değeri (GAE) / g kuru ağırlık olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2 Gallik Asit Standart Eğrisi (Öztürk 2015).



3.2.2.3.7 Kırmızı Pancar Suyunun ve Kırmızı Pancar Sirkelerinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

Sirkelerin serbest radikal giderim aktiviteleri 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali kullanılarak belirlenmiştir (Brand Willams vd. 1995). Örneklerin etanol, metanol ve su ile hazırlanmış (suda bekletme ve suda kaynatma) ekstraktlarından 0,1 ml alınarak üzerine 3,9 ml (6×10^{-5} /L) DPPH çözeltisi eklenerek karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra çözeltilerin absorbans değerleri 515 nm’de spektrofotometrede ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerlerinden aşağıdaki eşitlik kullanılarak serbest radikal giderim aktivitesi (% inhibisyon) değerleri hesaplanmıştır (3.4).

$$\% \text{ İnhibisyon} = [AK - A\ddot{O} / AK] \times 100 \quad (3.4)$$

A $\ddot{O}$: Antioksidan ihtiva eden örneğin absorbansı

AK: Kontrol (Antioksidan ihtiva etmeyen) absorbansı

3.2.2.3.8 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini

Toplam monomerik antosiyanin tayini için Fuleki ve Francis (1968) tarafından tanımlanan pH diferansiyel yöntemi uygulanmıştır. pH 1,0 ve pH 4,5'a ayarlanmış sirke örneklerinin spektrofotometrede ölçülen absorbans değerleri arasındaki fark, örneğin antosiyanin miktarıyla doğru orantılı bir biçimde değişmektedir. Yöntemin temel ilkesi bu farka dayanarak pH 1,0 ve pH 4,5'teki renk farklılığının spektrofotometrik yolla ölçümüdür. Bu analizde; pH 1,0 ile pH 4,5 arasındaki renk farklılığını spektrofotometrede gözlemleyebilmek amacıyla, bu pH değerlerinde iki farklı tampon çözelti hazırlanmaktadır. pH 1,0 tampon: 250 ml 0,2 N KCl (14,9 g/L) ve 650 ml 0,2 N HCl (17 ml/L) çözeltisi bir behere alınarak karıştırılır. Çözeltinin pH değeri 1.0 değilse HCl çözeltisi ile ayarlanır. pH 4,5 tampon: 1,64 g sodyum asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 100 ml saf suda çözülür ve üzerine 1 N HCl (83 ml yoğun HCl/L) eklenir. pH $4,5 \pm 0,1$ olacak şekilde ayarlanır.

Örnek hazırlama

Maksimum dalga boyunda 0,4-0,8 aralığında absorbans vermesi için kırmızı pancar sirkesi örneklerinden 5 mL alınarak 50 mL' lik ölçülü balona aktarılmıştır. Balon çizgisine kadar saf su ile tamamlandıktan sonra seyreltme oranı not edilmiştir. Hazırlanan bu seyreltiden 2 ayrı behere 10'ar ml alınarak; pH metrede birinin pH değeri 1,0, diğerkinkisi ise 4,5 olacak şekilde 0,1 N HCl veya 0,1 N NaOH çözeltisi ile ayarlanmıştır. Bu örnekler 50 ml' lik ölçülü balona özenle aktarıldıktan sonra aynı pH' daki tampon çözeltiler (pH 1,0 tampon ve pH 4,5 tampon) ile çizgilerine tamamlanmıştır. Hazırlanan bu örneklerin konulduğu ölçülü balonun ağızları kapatılıp balon alüminyum folyo ile sarılarak ışık alması engellenmiştir ve buzdolabında en az 2 saat bekletilmiştir. pH 1,0 ve pH 4,5 için hazırlanmış olan her iki örnek içinde çalışılacak dalga boyu olan 516 nm (maksimum dalga boyu) ve bulanıklık unsurlarının tespit edilmesi için de 700 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. pH 1,0 için bulunan absorbans farkı, pH 4,5 için hesaplanan absorbans farkından çıkarılarak gerçek absorbans bulunmuştur.

$$\text{Absorbans} = (A_{516} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{516} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad (3.5)$$

Örneklerdeki toplam antosiyanin konsantrasyonu aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır

$$\text{Toplam antosiyanin, mg/L} = (A) (10^3) (MW) (DF) / (E) (L) \quad (3.5a)$$

A: absorbans,

MW: pigmentlerin molekül ağırlığı,

DF: seyreltme faktörü,

E: molar absorbans,

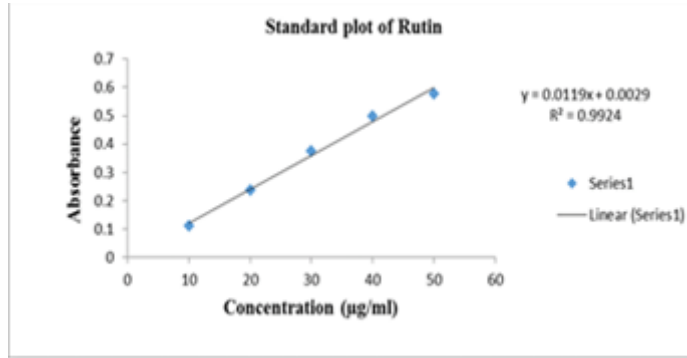
L: küvetin optik yolu (1cm) karşılığıdır.

Örnekte bulunan antosiyanin miktarı o örnekteki baskın antosiyanin cinsinden belirlenir. Örnekte baskın olan antosiyanin türü bilinmiyorsa sonuç siyanidin-3-glikozit üzerinden verilebilir (Damar 2010).

3.2.2.3.9 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Toplam Flavonoid Analizi

Kırmızı pancar suyu ve sirkesi örneklerinin toplam flavonoid analizi Zhishen vd. (1999) tarafından çalışmalarda kullanılan metotla belirlenmiştir. 1 ml kırmızı pancar sirkesi saf su ile falkon tüpü içerisinde 5 ml'ye tamamlanarak, üzerine % 5'lik NaNO₂ çözeltisinden 0,3 ml ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında 5 dakika beklendikten sonra tüp içerisine %10'luk AlCl₃ çözeltisinden 0,3 ml eklenerek yine oda sıcaklığında 6 dakika beklenmiştir. Bekleme süresinin sonunda tüp içerisine 1 M'lık NaOH çözeltisinden 2 ml ilave edilip saf su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltideki pembe renkli flavonoid-alüminyum kompleksi UV/VIS spektrofotometre ile 510 nm'de okuma yapılmıştır. Sonuçlar; 0, 20, 40, 60, 80, 100 µg/ml konsantrasyondaki kateşin standart çözeltileri kullanılarak hazırlanan kalibrasyon grafiği yardımıyla kateşin eşdeğeri (µg/ml) cinsinden hesaplanmıştır (Kırcı 2017).

Çizelge 3.3 Kateşin Standart Eğrisi (Öztürk 2015).



3.2.2.4 Kırmızı Pancar Suyuna ve Kırmızı Pancar Sirkesine Uygulanan Mikrobiyolojik Analizler

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için uygun dilüsyonlarda Plate Count Agar (PCA, Merck 1.05463) besiyeri hazırlanmıştır. Paralelli petri kutularına seyreltme değerleri yazılmış ve 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ve 10^{-5} 'lik seyreltim tüplerinden 1'er mL alınarak aktarılmıştır. Petriler sekiz çizdirecek şekilde salınım hareketi ettirilmiş ve örnek sıvısı ile besi ortamının homojen karışımı sağlanmıştır. Besiyeri ve içindeki örnek katılaştıktan sonra petri kutuları ters çevrilmiş ve $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 48 ± 2 saat inkübe edilmiştir. Analiz sonuçları 48 saat sonra değerlendirilmiştir (İnt. Kyn. 1).

Laktik asit bakterisi sayımı için uygun dilüsyonlardan Man Rogosa and Sharp Agar (MRS, Merck, 1.10660, Almanya) besiyeri kullanılarak belirlenmiştir. Petri kapları daha sonra kavanozlara (Merck 1.16387) alınmış, uygun şekilde hazırlanmış bir Anaerocult C (Merck, 116375, Almanya) eklenmiş ve kavanoz anaerobik koşullarda 24-48 saat boyunca petriler 30°C 'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Tomar vd. 2020 b).

Kırmızı pancar sirkesi örneklerinde asetik asit bakterisi sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan Glucose Yeast Extract Calcium Carbonate Agar (Himedia, M1182 Hindistan) kullanarak hazırlanan besiyerine yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 30°C 'de 5-10 gün inkübasyona bırakılmıştır (Tomar vd. 2020 b).

Toplam küf ve maya sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan %10'luk tartarik asit (Merck) ile asitlendirilmiş Potato Dextrose Agar (PDA, Oxoid) besiyeri hazırlanmıştır ve 25°C'de aerobik koşullarda 3-5 gün inkübe edilmiştir (Şengün ve Kılıç 2018).

3.2.2.5 Kırmızı Pancar Sirkesinde Yapılan Duyusal Analiz

Kırmızı pancar sirke örneği 10 kişilik panelist grubunda koku, lezzet, görünüş, aroma bakımından beğeni durumu 7 puanlı hedonik test ile değerlendirilmiştir. Ayrıca panelistlerden kırmızı pancar sirkesinin genel değerlendirilmesi istenmişti. Örnekler panelistlere plastik bardaklarda 120 mL su ile soğuk servis yapılmıştır. Hedonik test değerlendirme formu çizelge 3.4'te verilmiştir. (Budak 2010, Marangoz 2015).

Çizelge 3.4 Hedonik test değerlendirme formu (Marangoz 2016).

HEDONİK TEST DEĞERLENDİRME FORMU

Panelist Adı:

Tarih :

Deney Adı: Kırmızı pancar sirke örneğinin genel, görünüş, tat ve koku bakımından beğenirlik düzeyinin belirlenmesi

Duyusal Değerlendirme Yapacak Kişinin Adı: Damla KARATAŞ

Tanımlar

1.Uygulanacak test hedonik derecelendirme testidir. Örneğimizi tattıktan sonra hoşlanma derecenizi ilgili boşluklara yazınız.

Koku Lezzet Görünüş Aroma Genel

HEDONİK TEST

Çok fazla beğendim.....7
Çok beğendim.....6
Orta derece beğendim.....5
Ne beğendim ne de beğenmedim.....4
Orta derecede beğenmedim.....3
Çok beğenmedim.....2
Hiç beğenmedim.....1

3.2.2.6 Kırmızı Pancar Sirkesinde Yapılan İstatistiksel Analiz

Analiz ve veri görselleştirmesinde JMP Pro 11 istatistik yazılımı kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi gruplandırma yöntemi olarak, Tukey öğrenci testi ise gruplar arası farkları araştırmak için kullanılmıştır. Farklılıklar arasında $P < 0,05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir.



4.BULGULAR

4.1 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Fiziko-kimyasal Analizlere ilişkin Sonuçlar

Kırmızı pancardan alkol fermantasyonu ve asetik asit fermantasyonu sonucu kırmızı pancar sirkesi iki tekerrür olacak şekilde üretilmiştir. Ayrıca bu çalışma için kırmızı pancardan kırmızı pancar suyu da elde edilmiştir.

Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkesi örneklerinde fiziksel ve fiziko-kimyasal analiz değerlerine ait sonuçlar çizelge 4.1 'de verilmiştir. Kırmızı pancar suyunun (KPS0) renk değerleri ortalama olarak L^* değeri için 25,30, a^* değeri için 2,70, b^* değeri için -1,18, C^* için 2,95 ve h^0 için 336,52 olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar suyunun (KPS0) ortalama viskozite değerinin 20,50 cP, pH değerinin 6,1, yoğunluk değerinin 0,977 g/cm³ ve iletkenlik değerinin 2,43 μ S/cm olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür. Kırmızı pancar sirke (KPS1) örneğinin renk değerleri ortalama olarak L^* değeri 25,60, a^* değerinin 1,84, b^* değeri -1,54, C^* değerinin 2,40 ve h^0 değeri 320,07 olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirkesi (KPS2) örneğinin ise L^* değeri 27,63, a^* değeri 2,72, b^* değeri -0,45, C^* değeri 2,75 ve h^0 değeri 350,62 olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirke örneğinin (KPS1) ortalama olarak pH değerinin 3,1 yoğunluk değerinin 0,923 g/cm³ kondüktivite değerinin 6,67 μ S/cm ve viskozite değerinin ise 20,50 cP, kırmızı pancar sirkesi örneğinin (KPS2) ortalama pH değerinin 3,3 yoğunluk değerinin 0,939g/cm³, kondüktivite değerinin 6,65 μ S/cm ve viskozite değerinin ise 20,50 cP olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür.

Çizelge 4.1 Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkelerine ait renk, viskozite, yoğunluk, kondüktivite (iletkenlik), pH değerleri değişimi

Örnek	L*	a*	Renk b*	C*	h°	Viskozite (cP)	Yoğunluk (g/cm ³)	Kondüktivite (µS/cm)	pH
KPS0	25,30 ^B ±0,19	2,70 ^A ±0,07	-1,18 ^B ±0,01	2,95 ^A ±0,07	336,52 ^B ±0,26	20,50±0,00	0,977 ^A ±0,00	2,43 ^A ±0,00	6,1 ^A ±0,07
KPS1	25,60 ^B ±0,20	1,84 ^B ±0,02	-1,54 ^B ±0,07	2,40 ^B ±0,06	320,07 ^C ±0,82	20,50±0,00	0,923 ^B ±0,00	6,67 ^B ±0,00	3,3 ^B ±0,07
KPS2	27,63 ^A ±0,02	2,72 ^A ±0,14	-0,45 ^A ±0,16	2,75 ^{AB} ±0,16	350,62 ^A ±2,06	20,50±0,00	0,939 ^B ±0,00	6,65 ^B ±0,00	3,1 ^B ±0,07

Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (N=2). Farklı büyük harflerle (A, B, C) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P< 0,05). Örnek kısaltmaları kırmızı pancar suyu (KPS0) kırmızı pancar sirkeleri (KPS1 ve KPS2) olarak verilmiştir.

4.2 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Kimyasal Analizlere İlişkin Sonuçlar

Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkesi örneklerinde yapılan kimyasal analizlere ilişkin sonuçlar çizelge 4.2 'de verilmiştir. Kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama % kuru madde miktarı 11,29, °briks değeri 9,60, % kül miktarı 0,76, asetik asit cinsinden toplam asitlik 2,60 g/L, indirgen şeker miktarı 11,13 g/L, toplam fenol bileşikleri miktarı 897,00 mg GEA/L antioksidan kapasitesi % inhibisyon 59,46, monomerik antosiyanin miktarı 151,29 mg cy-3glu/L ve flavonoid miktarı 14,25 mg kateşin/ml olarak hesaplanmıştır. Kırmızı pancar sirkesi (KPS1) örneğine ait ortalama % kuru madde miktarının 2,44, °briks değerinin 3,26, % kül miktarının 0,10, asetik asit cinsinden toplam asitliğin 23,30 g/L, indirgen şeker miktarının 6,60 g/L, toplam fenol bileşikleri miktarının 417,00 mg GEA/L, antioksidan kapasitesi % inhibisyonun 39,89, monomerik antosiyanin miktarının 24,38 mg cy-3glu/L ve flavonoid miktarının 17,25 mg kateşin/mL olduğu, kırmızı pancar sirkesi (KPS2) örneğine ait ortalama % kuru madde miktarının 2,10 °briks değerinin 3,28 % kül miktarının 0,47 asetik asit cinsinden toplam asitliğin 24,50 g/L indirgen şeker miktarının 8,07 g/L toplam fenol bileşikleri miktarının 462,50 mg GEA/L antioksidan kapasitesi % inhibisyonun 36,67 monomerik antosiyanin miktarının 22,47 mg cy-3glu/L ve flavonoid miktarının 14,40 mg kateşin/ml olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür.

Çizelge 4.2 Kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkesi örneklerine ait kuru madde, suda çözünür kuru madde (Briks), kül miktarı, toplam asitlik, indirgen şeker, toplam fenol bileşikleri, antioksidan kapasitesi, monomerik antosiyonin miktarı, flavonoid miktarı değerleri değişimi

Örnekler	Kuru Madde (%)	Briks (%)	Kül Miktarı (%)	Toplam Asitlik ¹ (g/L)	İndirgen Şeker (g/L)	Toplam Fenol Bileşikleri ²	Antioksidan Kapasites ³ (%)	Monomerik Antosiyonin Miktarı ⁴	Flavonoid Miktarı ⁵
KPS0	11,29 ^A ±0,19	9,60 ^A ±0,77	0,76 ^A ±0,04	2,60 ^C ±0,42	11,13 ^A ±1,34	897,00 ^A ±50,91	59,46 ^A ±0,45	151,29 ^A ±1,5	14,25 ^B ±0,07
KPS1	2,44 ^B ±0,02	3,26 ^B ±0,00	0,10 ^C ±0,00	23,30 ^B ±0,14	6,60 ^B ±0,80	417,00 ^B ±31,11	39,89 ^B ±2,55	24,38 ^B ±0,46	17,25 ^A ±0,07
KPS2	2,10 ^B ±0,10	3,28 ^B ±0,00	0,47 ^B ±0,01	24,50 ^A ±0,14	8,07 ^{AB} ±0,13	462,50 ^B ±3,53	36,67 ^B ±1,08	22,47 ^B ±0,16	14,40 ^B ±0,14

¹Asetik Asit Cinsinden ²mg Gallik asit/ g kuru ağırlık ³DPPH Yöntemiyle % inhibisyon ⁴mg siyanidin-3-glikozit/L, ⁵µg kateşin/mL. Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (N=2). Farklı büyük harflerle (A,B,C) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P< 0,05). Örnek kısaltmaları kırmızı pancar suyu (KPS0) kırmızı pancar sirkeleri (KPS1 ve KPS2) olarak verilmiştir.

4.3 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Mikrobiyolojik Analizlere İlişkin Sonuçlar

Kırmızı pancar suyunun ve kırmızı pancar sirkesinin antimikrobiyal etkisini gözlemlemek amacıyla kırmızı pancar suyu ve sirkesinden alınan örneklerde PCA ile yapılan toplam aerobik mezofilik bakteri, MRS ile yapılan laktik asit bakteri, YGC agar ile yapılan asetik asit ve PDA ile yapılan toplam maya-küf gelişimleri çizelge 4.3’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kırmızı pancar suyuna (KPS0) ait ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 2,36 log kob/mL, laktik asit bakteri sayısının 0,71 log kob/mL, asetik asit sayısının 1,05 log kob/mL ve toplam küf- maya sayısının 0,39 log kob/mL olduğu belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirkesi (KPS1) örneği için, ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 3,14 log kob/mL, laktik asit bakterisi sayısının 2,20 log kob/mL, asetik asit bakteri sayısının 3,07 log kob/mL, toplam küf-maya sayısının 1,04 log kob/mL olduğu, kırmızı pancar sirkesi (KPS2) örneği için ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 3,32 log kob/mL, laktik asit bakterisi sayısının 2,75 log kob/mL, asetik asit bakteri sayısının 3,21 log kob/mL, toplam küf-maya sayısının 1,07 log kob/mL olduğu yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir

Çizelge 4.3 Kırmızı pancar suyuna ve kırmızı pancar sirkelerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (log kob/ml)

Örnekler	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri	Laktik Asit	Asetik Asit	Toplam Küf Maya
KPS0	2,36 ^B ±0,21	0,71 ^C ±0,91	1,05 ^B ±0,02	0,39 ^B ±0,10
KPS1	3,14 ^A ±0,28	2,20 ^B ±0,10	3,07 ^A ±0,04	1,04 ^A ±0,02
KPS2	3,32 ^A ±0,07	2,75 ^A ±0,07	3,21 ^A ±0,04	1,07 ^A ±0,02

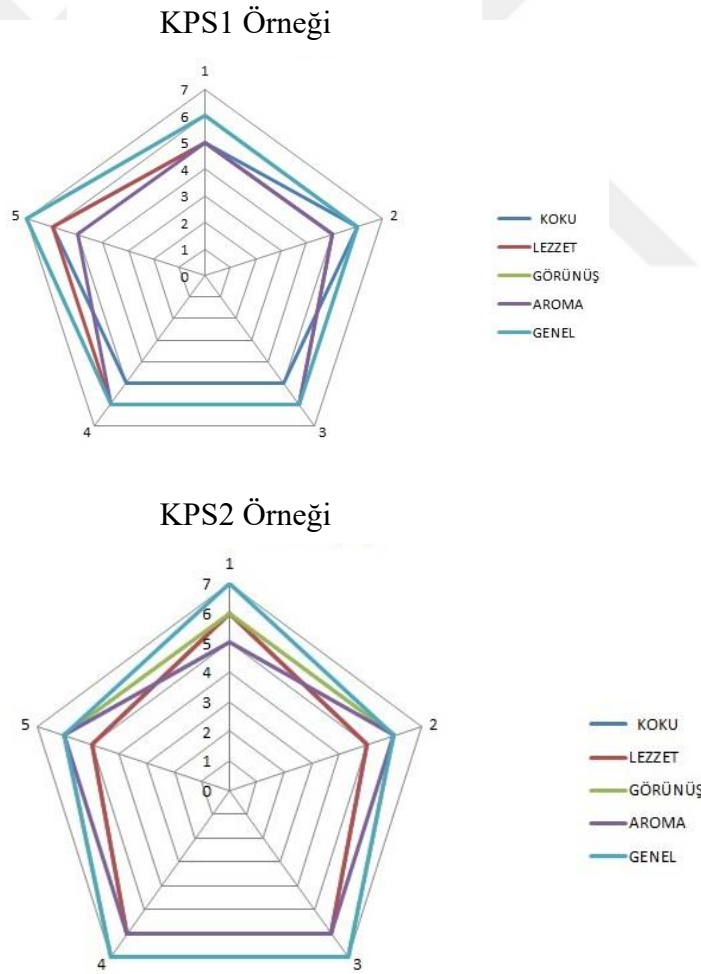
Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (n=2). Farklı büyük harflerle (A, B, C) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P< 0,05). Örnek kısaltmaları kırmızı pancar suyu (KPS0) kırmızı pancar sirkeleri (KPS1 ve KPS2) olarak verilmiştir

4.4 Kırmızı Pancar Sirkesi Örneğinde Yapılan Duyusal Analizlere İlişkin Sonuçlar

Kırmızı pancar sirkesi örneklerinin duyusal analiz değerlerine ait sonuçlar çizelge 4.4 ‘de verilmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre kırmızı pancar sirkesi (KPS1) ortalama

olarak koku bakımından “5,4“ puanla hedonik skalanın çok beğendim kısmında, lezzet bakımından “5,6” puanla hedonik skalanın çok beğendim kısmında, görünüş bakımından “6,2” puanla çok fazla beğendim kısmında, aroma bakımından “5,4” puanla çok beğendim kısmında genel olarak tüketicilerden “6,2” puan alarak hedonik skalanın çok fazla beğendim kısmında, kırmızı pancar sirkesi (KPS2) ortalama olarak koku bakımından “5,6“ puanla hedonik skalanın çok beğendim kısmında, lezzet bakımından “5,6” puanla hedonik skalanın çok beğendim kısmında, görünüş bakımından “6,4” puanla çok fazla beğendim kısmında, aroma bakımından “5,8” puanla çok beğendim kısmında genel olarak tüketicilerden “6,6” puan alarak hedonik skalanın çok fazla beğendim kısmında yer almıştır.

Çizelge 4.4 Kırmızı pancar sirkesi örneklerine (KPS1 ve KPS2) ait duyu analizi sonuçları



> 7 çok fazla beğendim 6-7: çok beğendim, 5-6: ortaderece beğendim, 4-5: ne beğendim ne beğenmedim, 3-4: orta derece beğenmedim, 2-3: çok beğenmedim, 1-2: hiç beğenmedim

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Kırmızı Pancar suları ve Sirkelerine İlişkin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.1.1 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Fiziko-kimyasal Analizlere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

Yüzey kültür yöntemi ile kırmızı pancardan sirke üretim sürecinde incelenen KPS0, KPS1 ve KPS2 örneklerine ilişkin renk, viskozite, yoğunluk, kondüktivite (iletkenlik) ve pH değerlerindeki değişim Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Kırmızı pancar suyunun (KPS0) L* a* b* değerleri sırasıyla 25,30, 2,70, -1,18, C* değeri 2,95 ve h⁰ değeri 336,52 olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar sirke (KPS1) örneğinin renk değerleri ortalama olarak L* değeri 25,60, a* değeri 1,84, b* değeri -1,54, C* değeri 2,40 ve h⁰ değeri 320,07 olarak, kırmızı pancar sirkesi (KPS2) örneğinin ise L* değeri 27,63, a* değeri 1,72, b* değeri -0,45, C* değeri 2,75 ve h⁰ değeri 350,62 olarak yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Renk tayininde L* değeri ışık geçirgenliğini (0: siyah 100: beyaz), a* değeri kırmızı/yeşil eksenini ve b* değeri sarı/mavi eksenini temsil etmektedir. Yapılan araştırmada a* değerinin pozitif b* değerinin negatif olması kırmızı pancar sirkesinin kırmızı-mavi renge yakınlık gösterdiğini belirtmektedir. Kroma değeri (C*) değeri ise rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değeri düşük, canlı renklerde kroma değeri yüksek olmaktadır (Terakye 2019).

Trabzon hurması sirkesi örneğinde L* a* b* değerleri sırasıyla 17,23, -0,41, 1,54, Yaban mersini sirkesi örneğinde L* a* b* değerleri sırasıyla 15,41, 19,52, 2,75, Muşmula sirkesi örneğinde L* a* b* değerleri sırasıyla 37,51, 1,27, 12,5 bulunmuştur (Yetiman 2018)

Kaktüs meyve sirkesinde yapılan çalışmada L* a* b* değerleri sırasıyla 28,98±0,56, 2,23±0,41, -1,60±0,36 olarak bulunmuştur (Çağlar vd. 2020). Tomar vd. (2020 a) yaptığı çalışmada geleneksel fermantasyon yöntemiyle üretilen sarı alıç meyve sirkesinin L* a* b* değerleri sırasıyla 27,80, 1,33, -0,30 bulunmuştur. Kırmızı pancar sirkesinde yapılan başka bir çalışmaya göre renk değerleri L* 26,55±0,46, a* 1,54±0,03, b* -0,98±0,29 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda, farklı sirkelerin önemli bir kalite özelliği olan renk özelliklerinin önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu farklılık kullanılan hammaddeye ve üretim aşamalarına bağlı olarak değişmektedir (Kılıç 2017).

Kırmızı pancar suyunun (KPS0) ortalama yoğunluk değerinin 0,977 g/cm³ olduğu, kırmızı pancar sirke örneklerinin ortalama yoğunluk değerinin 0,923 g/cm³ (KPS1) ve 0,939 g/cm³ (KPS2) olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.1). İlik (2019) tarafından yapılan çeşitli kuruyemiş sirkesi örneklerinden kabuklu Antep fıstığı sirkesinin yoğunluk değeri 1,01 g/cm³, iç Antep fıstığının yoğunluk değeri 1,03 g/cm³ ve iç badem sirkesinin yoğunluk değeri 1,04 g/cm³ olarak bulunmuştur. Geleneksel yöntemle üretilen kaktüs meyve sirkesinin yoğunluk değeri 1,023±0,11 g/cm³ olarak bulunmuştur (Çağlar vd. 2020). İran Mazafati hurmasından geleneksel yöntemle üretilen sirkenin yoğunluk değeri 1,014±0,05 g/cm³ olarak bulunmuştur (Akarca vd. 2020). Daha önce yapılan kırmızı pancar sirkesi çalışmasında sirke örneğinin ortalama yoğunluk değeri 1,003±0,002 g/cm³ olarak saptanmıştır (Tomar vd. 2020 b).

Kırmızı pancar suyunun (KPS0) ve kırmızı pancar sirke örneklerinin (KPS1 ve KPS2) ortalama viskozite değerlerinin 20,50 cP olduğu analiz sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Nar sirkesinde yapılan bir çalışmaya göre viskozite değerleri 22’7°C’de 100 rpm’de Zivzik nar sirkesi 22,8±2,4 cP, ticari nar sirkesi 18,4±1,8 cP olarak ölçülmüştür (Aybek 2019). Çalışmalarda elde edilen bulguların, gerçekleştirdiğimiz çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer ve uyumlu olduğu görülmüştür.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyuna (KPS0) ait ortalama kondaktivite değerlerinin 2,43 µS/cm ve kırmızı pancar sirkesi örneklerine ait ortalama kondüktivite

değerleri ise 6,67 $\mu\text{S/cm}$ (KPS1) ve 6,65 $\mu\text{S/cm}$ (KPS2) olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.1). Alıç sirkesinde yapılan kondaktivite (iletkenlik) değeri analizi sonucu iletkenlik 3,86 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir (Kadaş 2011). Çeşitli kuru yemişlerden sirke benzeri fonksiyonel ürün üretimi üzerine yapılan bir çalışmada kabuklu Antep fıstığı sirkesinin, iç Antep fıstığı sirkesinin, kabuklu badem sirkesinin, iç badem sirkesinin, kabuklu ceviz ve iç ceviz sirkesinin iletkenlik değerleri sırasıyla 4,66 $\mu\text{S/cm}$, 12,83 $\mu\text{S/cm}$, 14,26 $\mu\text{S/cm}$, 17,96 $\mu\text{S/cm}$, 6,73 $\mu\text{S/cm}$ ve 6,84 $\mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur (İlik 2019). Akarca vd. (2020) tarafından yapılan çalışma sonucu İran Mazafati hurmasından geleneksel yöntemle üretilen sirkenin iletkenlik değerleri ortalama $4,92 \pm 0,04$ $\mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur. Geleneksel Yöntemle Üretilen Kaktüs Meyve sirkesinin iletkenlik değeri $1,90 \pm 0,09$ $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir (Çağlar vd. 2020). Kırmızı pancar sirkesinde çeşitli analizler yapılan başka bir çalışmada kırmızı pancar sirkesinin iletkenlik değeri $2,13 \pm 0,042$ ($\mu\text{S/cm}$) olarak saptanmıştır (Tomar vd. 2020 b).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyuna (KPS0) ait ortalama pH değerinin 6.1 ve kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama pH değerinin 3,1 (KPS1) ve 3.3 (KPS2) olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.1). Alıç meyvesi kullanılarak üretilen sirkenin pH değeri 3,28 bulunmuştur (Kadaş 2011). Terakye (2019) yaptığı çalışmada sirke içeceklerinin pH değerlerinin 2,88 ile 2,92 aralığında değiştiğini belirlemiştir. Benzer bir çalışmada Öztürk (2015) farklı starterler kullanılarak yapılan 4 farklı kara havuç sirkesinin pH değerlerinin 3,68- 3,76 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Geleneksel ev yapımı Türk sirkelerinin antioksidan, antimikrobiyal, mineral, uçucu, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada Zonguldak ilinden alınan elma sirkesinin pH değeri 2,71, Kilis ilinden alınan üzüm sirkesinin pH değeri 3,72 bulunmuştur (Öztürk vd. 2015). Kırmızı pancar sirkesiyle yapılan başka bir çalışmada kırmızı pancar sirkesinin pH değeri $2,94 \pm 0,32$ olarak bulunmuştur (Tomar vd. 2020 b).

Meyve sirkelerinin düşük pH değerine (yaklaşık 3,5) sahip olması istenmeyen aromatik maddelerin oluşmasına neden olan bazı mikroorganizma gruplarının engellenebilmesini

sağlamaktadır (Giudici vd. 2017). Literatür bulguları dikkate alındığında mevcut araştırmanın sonuçlarının pH seviyesi açısından benzer ve uyumlu olduğu görülmüştür.

5.1.2 Kırmızı Pancar Suyu ve Kırmızı Pancar Sirkesi Örneklerinde Yapılan Kimyasal Analizlere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

Yüzey kültür yöntemi ile kırmızı pancardan sirke üretim sürecinde incelenen KPS0, KPS1 ve KPS2 örneklerine ilişkin % kuru madde, suda çözünür kuru madde (SÇKM), % kül değeri, asetik asit cinsinden % asitlik, indirgen şeker toplam fenolik bileşik miktarı, antioksidan kapasitesi, monomerik antosiyanin miktarı ve toplam flavonoid miktarı değerlerindeki değişim Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Kuru madde, sirkeden su başta olmak üzere ve diğer uçucu maddelerin kurutularak uçurulmasından sonra geriye kalan, çeşitli organik asitler, tuz, protein, renk maddeleri ve mineral maddeleri gibi maddelerin toplamını içerir (Tangüler vd. 2021).

Kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama % kuru madde miktarı 11,29 olarak hesaplanmıştır. Kırmızı pancar sirkesi (KPS1) örneğine ait ortalama % kuru madde miktarının 2,44, kırmızı pancar sirkesi (KPS2) örneğine ait ortalama % kuru madde miktarının 2,10 olduğu analiz sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.2). Fermantasyon sonrası kırmızı pancar suyu ve kırmızı pancar sirkeleri arasındaki kuru madde miktarı değişimi istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ünal (2007) tarafından yapılan bir çalışmada elde edilen sirkelerde kuru madde miktarları yavaş yöntemde 12,17-12,60 g/L ve hızlı yöntemde 10,85-11,79 g/L arasında bulunmuştur. Aykın vd. (2015) elma ve nar sirkelerinde oluşan sirke anasının biyoaktif bileşenlerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada toplam kuru madde içeriği % 2,14 ve % 4,46 olarak tespit edilmiştir. Bayram vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ticari sirke örneklerinin ve üretimi yapılan pirinç sirkesinin kuru madde içeriklerinin 1,03 g/L ile 7,82 g/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bu veriler doğrultusunda kullanılan hammaddenin farkından kaynaklı kurumdde değerlerinin hammaddenin cinsine ve seçilen üretim yöntemine göre değişiklik göstermiş olduğu tespit edilmiştir.

Kırmızı pancar suyunun (KPS0) başlangıç SÇKM değeri, % 9,60 Brix° olarak belirlenmiştir. Alkol fermentasyon sonrası ve asetifikasyon sonrası, beklendiği üzere, KPS1 ve KPS2 örneklerinin SÇKM değerleri sırasıyla % 3,26 Brix° ve %3,28 Brix° değerlerine istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) bir azalış göstermiştir (Çizelge 4.2). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama indirgen şeker miktarı 11.13 g/L, kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama indirgen şeker miktarı 6,60 g/L (KPS1) ve 8,07 g/L (KPS2) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Yapılan bir çalışmada 4 g/100 mL asitlik derecesine sulandırılan kara havuç sirkelerinde indirgen şeker 6,98-14,67 g/L arasında bulunmuştur (Öztürk 2015). Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle üretilen sirke örneklerinin indirgen şeker miktarının 1,33-2,83 g/L arasında değiştiği bulunmuştur (Ünal 2007). Akbaş (2008), ülkemizde üretilen üzüm sirkelerinin bileşimlerini incelediği çalışmada sirke örneklerinin indirgen şeker miktarlarının 0,05 g/L ile 11,80 g/L arasında değiştiğini belirlemiştir. Alkol ve asetik asit fermentasyonu başarılı bir şekilde tamamlandığında indirgen şeker miktarının düşük olması beklenir (Akbaş ve Cabaroğlu 2009).

Sıvı bir örnekteki protein, suda çözünür şeker ve tuzun yüzde konsantrasyonu SÇKM değerini verirken, sirke örneklerinde ise SÇKM değeri şeker eşdeğeri olarak tanımlanır. Fermentasyon ile SÇKM değerleri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır, bunun sebebi ise hammadde de bulunan şekerin mikroorganizmaların aktiviteleriyle fermentasyon sırasında parçalanmasıdır (Öztürk vd. 2015). Bu durum göz önüne alındığında, söz konusu çalışmada kırmızı pancar sirkesi üretim sürecinde SÇKM değerlerinin giderek azalmasının nedeni fermentasyonun başlamasıyla birlikte hammaddenin bünyesinde bulunan şekerlerin, etil alkol ve sonrasında asetik aside dönüşmesidir. Yaptığımız araştırma sonuçlarında belirlenen SÇKM değerlerine bakıldığında sirke üretim sürecindeki değişim de literatür ile uyumluluk göstermektedir. Nitekim, Marangoz (2016), SÇKM analizi yaparken; meyve suyunun °Brix değerini % 15,68 olarak, asit

fermantasyonundan sonra sirkenin °Brix değerini de % 1,80 olarak kaydetmiştir. Dut sirkesinde yapılan bir çalışmada sirke örneğinin °Brix değeri 5,60 olarak bulunmuştur (Şengün ve Kılıç 2018). Geleneksel ev yapımı Türk sirkelerinin antioksidan, antimikrobiyal, mineral, uçucu, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada Tokat ilinden alınan üzüm sirkesinin °brix değeri 9,62, elma sirkesinin °briks değeri ise 1,83 bulunmuştur (Öztürk vd. 2015). Kırmızı pancardan sirke üretimi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada kırmızı pancar sirkesinin suda çözünür kuru madde (°Brix) değeri $3,71 \pm 0,17$ olarak bulunmuştur (Tomar vd. 2020 b). Yapılan çalışmalara bakıldığında kırmızı pancar sirkesinin SÇKM değerinin karadut, elma, kaktüs meyvesi sirkesinden yüksek, dut meyvesi ve üzüm sirkesinden düşük olduğu görülmektedir.

Kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin % kül değerinin 0,76 olduğu, kırmızı pancar sirkesi örneklerine ait ortalama % kül değerinin 0,10 (KPS1) ve 0,47 (KPS2) olduğu ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli ($P < 0,05$) olduğu yapılan analiz sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.2). Benzer çalışmalarda Ünal (2007) tarafından yüzey kültür yöntemi ile üretilen dimrit üzümü sirkesinin kül miktarı 1,72 g/L derin kültür yöntemi ile üretilen dimrit üzümü sirkesinin kül miktarı ise 1,71 g/L bulunmuştur. Alak (2015) tarafından ülkemizin çeşitli yerlerinden (İstanbul, Muğla) ve yurtdışından (İtalya) alınan bal sirkelerinde yapılan analizlerde kül miktarının 0,11 ile 2,72 g/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada incir sirkesi örneklerinin kül miktarları 2,6 g/L ile 11,5 g/L arasında değişim gösterdiğini belirtilmiştir (Kılıç 2017). Çeşitli kuru yemişlerden sirke benzeri fonksiyonel ürün üretimi üzerine yapılan bir çalışmada kabuklu Antep fıstığı sirkesinin, iç Antep fıstığı sirkesinin, kabuklu badem sirkesinin, iç badem sirkesinin, kabuklu ceviz ve iç ceviz sirkesinin kül miktarları sırasıyla 0,36 g/L, 0,84 g/L, 1,09 g/L, 0,89 g/L, 0,57 g/L, 0,44 g/L bulunmuştur (İlik 2019).

Yaptığımız çalışma sonucunda ürettiğimiz kırmızı pancar sirkesinin kül değerlerini yapılan diğer çalışmalardaki sirkelerin kül değerleri ile kıyasladığımızda kırmızı pancardaki kül değerinin çok daha düşük olduğu görülmektedir. TS 1880 EN 13188 sirke standardına göre kül değeri minimum 0,05 g/L olmalıdır (Anonim 2016). Buna

göre kırmızı pancar sirkesi örneklerinin kül içeriği açısından standartta (TS 1880 EN 13188) belirtilen değerlere uyduğu tespit edilmiştir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama asetik asit cinsinden toplam asitlik değeri 2,60 g/L, kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama asetik asit cinsinden toplam asitlik değeri ise 23,30 g/L (KPS1) ve 24,50 g/L (KPS2) olarak yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere Asetifikasyon sonrası asetik asit oluşumuna bağlı olarak sirke örneklerinde (KPS1 ve KPS2) örneklerinde titrasyon asitliği değerinin kırmızı pancar suyuna (KPS0) göre önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir. ($P<0,05$)

TS 1880 EN 13188 sirke standardına göre, toplam asit miktarları şarap (üzüm) sirkesinde (suda serbest asetik asit cinsinden) 60 g/L’den (6 g/100mL), diğer sirkelerde ise litrede 50 g’dan az olmamalıdır. Ancak aynı standarda ek olarak çıkan, Nisan 2004 tarihli tadilin Türkiye başlıklı sapmasında ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asit içeriği (suda serbest asetik asit cinsinden) litrede 40 g’dan az olmamalıdır” ibaresi bulunmaktadır (Anonim 2016). Sirke örneklerinin toplam asit miktarı standartta belirtilen bu değerin altında kalmıştır. Çalışmamızda sirke üretim sürecinde belirlenen titrasyon asitliği değerindeki değişim literatür ile uyumludur. Nitekim; Budak (2015), titrasyon asitliği değerini beyaz dut suyu, beyaz dut şarabı ve beyaz dut sirkesinde sırasıyla % 0,83, 0,78, 5,72 olarak gözlemlemiştir. Karadut meyvesinden sirke üretiminin yapıldığı bir çalışmada karadut meyve suyuna ait titrasyon asitliği değeri asetik asit cinsinden % 1,31, asetifikasyon sonrası karadut sirkesinde ise titrasyon asitliği değeri % 4,64 bulunmuştur (Marangoz 2016). Yapılan çeşitli çalışmalarda birçok farklı sirkelerin toplam asitliği incelenmiş ve farklılıklarla karşılaşmıştır. Genel olarak bu farklılıkların hammadde ve üretim prosesi kaynaklı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Aybek 2019).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin toplam fenol bileşikleri miktarı 897,00 mg GEA/L, kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama toplam fenol bileşikleri miktarı 417,00 mg GEA/L (KPS1) ve 462,50 mg GEA/L

(KPS2) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Fenolik bileşimlerdeki bu değişim (% 48 oranında azalma) istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Fenolik bileşiklerdeki bu azalmanın bazı laktik asit bakteri türlerinin fenolik bileşikleri degrade (parçalanma) edebilmesi olduğu düşünülmektedir (Rodriguez vd. 2009). Ayrıca, Andlauer vd. (2000) toplam fenolik madde miktarında azalmaya asertifikasyon sürecinin yol açtığını belirtmişlerdir. Ürettikleri elma, kırmızı şarap ve beyaz şarap sirkelerinde yaptıkları analiz sonucu sirkelerin toplam polifenol miktarlarında azalış gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. En fazla azalışın % 40'lık bir azalışla elma sirkesinde gerçekleştiğini, en az azalışın, sırasıyla, % 13 ve % 8 ile kırmızı şarap ve beyaz şarap sirkesinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Kara havuçtan sirke üretimi üzerine Öztürk (2015) tarafından yapılan çalışmada, kara havuç şarabı ve kara havuç sirkesi kıyaslandığında toplam fenolik madde miktarında ve antioksidan aktivitede, kara havuç şarabındaki değerlere kıyasla, bir azalmanın meydana geldiği görülmüştür. Aşıl原因 sirke çeşitlerine göre toplam fenolik madde miktarlarındaki azalma değişmekle birlikte % 16 ile % 31 arasında meydana gelmiştir. En çok azalış % 26-31 ile elma sirkesi aşıl原因 örneklerde gözlenirken, en az değişim % 16-19 arasında azalışın gözlemlendiği üzüm sirkesi aşıl原因 örneklerde gerçekleşmiştir. Şengün ve Kılıç (2020), yaptıkları bir çalışmada incir sirkesinin toplam fenolik içeriğinin (767 mg GAE/L), dut sirkesinden (557,5 mg GAE/L) daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Kırmızı pancardan sirke üretimi üzerine yapılan başka bir çalışmada ise kırmızı pancar sirkesinin toplam fenolik madde miktarı $1170,78 \pm 20,95$ mg GAE/L olarak saptanmıştır (Tomar vd. 2020 b).

Kırmızı pancarın yüksek miktarda içerdiği fenolik bileşikler nedeniyle antioksidan aktivite gösterdiği bilinmektedir. KPS0, KPS1 ve KPS2 örneklerinde antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.2'de görülmektedir. Yaptığımız çalışmada kırmızı pancar sirkesine yapılan DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi analiz sonuçlarına göre; aynı hacimde DPPH serbest radikalini gidermede kırmızı pancar suyu (KPS0) ortalama % 59,46 inhibisyon gösterirken, kırmızı pancar sirkesi % 39,89 (KPS1) ve 36,67 (KPS2) inhibisyon göstermiştir. Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi sirke üretim sürecinde, antioksidan aktivitesinde önemli bir azalış meydana gelmiştir. ($P<0,05$) Diğer bir ifadeyle, KPS0 örneğinin başlangıç antioksidan aktivitesi sirke üretimi sürecinde yaklaşık % 33,2 düzeyinde önemli bir kayba uğramıştır. Antioksidan aktivite

değerindeki azalış fermantasyonla birlikte kırmızı pancar suyunun bünyesinde bulunan fenolik bileşen miktarının azalması ile açıklanabilir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan yirmi geleneksel ev yapımı sirkenin kimyasal, fizikokimyasal ve antimikrobiyal özellikleri ve mikrobiyotalarının incelendiği bir çalışmada sirkelerin DPPH temizleme aktiviteleri % 0,53 ile % 90,36 arasında değişkenlik göstermiştir (Öztürk vd. 2015). Zivzik nar sirkesine uygulanan DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi analizi sonuçları; aynı hacimde DPPH serbest radikalini gidermede Zivzik nar sirkesinin antioksidan aktivitesinin % 70,5878 olduğu, ticari nar sirkesinin ise % 55,9047 değerinde antioksidan aktivitesine sahip olduğunu göstermiştir (Aybek 2019). Elma atıklarından elma sirkesi üretimi üzerine yapılan bir araştırmada sirkelerin antioksidan aktivite değerleri % 62,84 ve % 90,04 arasında belirlenmiştir (Tangüler vd. 2021). Şengün ve Kılıç (2019) tarafından yapılan bir çalışmada pirinç sirkesinin DPPH serbest radikal giderme aktivitesi % 6,72 ve tatlı patates sirkesinin DPPH serbest radikali giderme aktivitesi % 67,63 olarak belirlenmiştir. Vişne suyundan üretilen sirkelere 60. Günde DPPH serbest radikal giderme aktivitesi analizi sonucunda % inhibisyon $80,85 \pm 0,63$ bulunurken konsantre vişne suyundan üretilen sirkelerin 60. Günde DPPH serbest radikal giderme aktivitesi analizi sonucunda % inhibisyon $80,51 \pm 0,50$ bulunmuştur (Özen 2018).

Çeşitli renkli meyve ve sebzelerde bulunan antosiyaninler en önemli görülen pigment grubudur. Kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama monomerik antosiyonin miktarı 151,29 mg cy-3glu/L kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama monomerik antosiyonin miktarı 24,38 mg cy-3glu/L (KPS1) ve 22,47 mg cy-3glu/L (KPS2) olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi sirke üretim sürecinde, kırmızı pancar suyunun kendine özgü renginden sorumlu önemli bir kalite kriteri olan monomerik antosiyanin miktarında önemli bir azalış meydana gelmiştir. ($P < 0,05$) Diğer bir ifadeyle, KPS0 örneğinin başlangıç monomerik antosiyanin içeriği, sirke üretimi sürecinde yaklaşık % 85,1 düzeyinde önemli bir kayba uğramıştır. Söz konusu tez çalışmasında, sirke üretimi sürecinde antosiyaninlerin parçalanmasına bağlı olarak antosiyanin miktarlarında önemli düzeyde azalma olduğu ortaya çıkmıştır.

Meyvelerde bulunan antosiyaninler fermantasyon ile daha stabil olan polimerik formlara dönüşmektedir. Fermantasyona bağlı olarak antosiyanin kümelerinin kararsızlıkları ve az stabil olan monoglikozitlerin degradasyonu sonucu monomerik antosiyanin miktarı azalmaktadır. Söz konusu tez çalışmasında, sirke üretimi sürecinde antosiyaninlerin parçalanmasına bağlı olarak antosiyanin miktarlarında önemli düzeyde parçalanma olduğu ortaya konulmuştur. Sirke üretim sürecinde monomerik antosiyanin miktarı değişimi literatür ile de benzerlik göstermektedir. Nitekim, yapılan bir çalışmada karaduttan üretilen sirkenin monomerik antosiyanin miktarı 22,13 mg cy-3glu /mL olarak belirlenirken yine bu çalışmada monomerik antosiyanin miktarı karadut suyunda 190,37 mg cy-3glu /L olarak belirlenmiştir (Marangoz 2016). Nar sirkesinde yapılan bir çalışmada Zivzik nar sirkesi 32,39 mg siyanidin-3-glukozit/L, ticari nar sirkesi 1,136 mg siyanidin-3-glukozit/L olarak hesaplanmıştır (Aybek 2019).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kırmızı pancar suyu (KPS0) örneğinin ortalama flavonoid miktarı 14,25 mg kateşin/mL olarak ve kırmızı pancar sirkesi örneklerinin ortalama flavonoid miktarı 17,25 mg kateşin/mL (KPS1) ve 14,40 mg kateşin/mL (KPS2) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Kore’de yapılan bir çalışmada sirkedeki toplam flavonoid içeriği 17,22 mg GAE/100 ml seviyelerinde olduğu belirlenmiştir (Jo vd. 2015). Türkiye’de geleneksel ve ticari olarak üretilen farklı sirkelerde (geleneksel olarak üretilen üzüm sirkesi, elma sirkesi, nar sirkesi, elma-limon sirkesi, enginar sirkesi, alıç sirkesi ve endüstriyel olarak üretilen üzüm sirkesi, elma sirkesi, limon sirkesi, vişne sirkesi, nar sirkesi) yapılan bir çalışmada sirke örnekleri biyoaktif özellikler açısından incelenmiş olup toplam flavonoid miktarının 349,05 mg kateşin/L ile en yüksek olduğu örneklerin geleneksel üzüm sirkeleri olduğu belirlenmiştir (Öztürk 2015). Yapılan bir çalışmada güvem sirkelerinin toplam flavonoid miktarı güvem miktarı % 20 olmak üzere şeker kaynağı olarak bal şerbeti kullanıldığında 413,5± 17,0 mg CE/L üzüm şırası kullanıldığında 634,4±44,3 mg CE/L ve güvem miktarı % 40 olmak üzere şeker kaynağı olarak bal şerbeti kullanıldığında 722,2±39,0 mg CE/L) üzüm şırası kullanıldığında 850,3±49,4 mg CE/L olarak bulunmuştur (Kırcı 2017).

5.1.3 Kırmızı Pancar Suları ve Sirkelerinde Yapılan Mikrobiyolojik Analizlere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

Yüzey kültür yöntemi ile kırmızı pancardan sirke üretim sürecinde incelenen KPS0, KPS1 ve KPS2 örneklerine ilişkin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı, laktik asit bakteri sayısı, asetik asit sayısı ve toplam küf- maya sayısı değerlerindeki değişim Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Kırmızı pancardan sirke üretimi üzerine gerçekleştirdiğimiz çalışmanın sonuçları incelendiğinde kırmızı pancar sularına (KPS0) ait ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 2,36 log kob/mL, laktik asit bakteri sayısının 0,71 log kob/mL, asetik asit sayısının 1,05 log kob/mL ve toplam küf- maya sayısının 0,39 log kob/mL olduğu belirlenmiştir. Kırmızı pancar sirkelerinde KPS1 örneği için, ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 3,14 log kob/mL, laktik asit bakterisi sayısının 2,20 log kob/mL, asetik asit bakteri sayısının 3,07 log kob/mL, toplam küf-maya sayısının 1,04 log kob/mL olduğu, KPS2 örneği için ise ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 3,32 log kob/mL, laktik asit bakterisi sayısının 2,75 log kob/mL, asetik asit bakteri sayısının 3,21 log kob/mL, toplam küf-maya sayısının 1,07 log kob/mL olduğu yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere fermantasyon süreci sonucunda kırmızı pancar sirkelerinde toplam aerobik mezofilik bakteri, asetik asit bakteri, toplam küf ve maya sayısında önemli ($P<0.05$) bir artış meydana gelmiştir. Dut sirkesinin mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada evde üretilen dut sirkesi örneğinde asetik asit bakterisi sayısı 2,84 log kob/mL, ticari sirke örneğinde asetik asit bakteri sayısı 1,65 log kob/mL olarak, evde üretilen dut sirkesinin laktik asit bakterisi sayısı 3,17 log kob/mL, ticari sirke örneğinin 1,03 log kob/mL olarak, ev yapımı dut sirkesi ve ticari sirke örnekleri için küf-maya sayıları ise sırasıyla 1,32 ve 1,47 log kob/mL olarak bulunmuştur (Şengün ve Kılıç 2018). Kırmızı pancar sirkesinde yapılan bir başka çalışmada ise kırmızı pancar sirkesinin ortalama laktik asit bakteri sayısı $2,84\pm0,09$, asetik bakteri sayısı $3,06\pm0,14$ ve maya/küf sayısı $1,09\pm0,08$ log kob/mL olarak belirlenmiştir (Tomar vd. 2020 b).

5.1.4 Kırmızı Pancar Sirkelerinde Yapılan Duyusal Analize İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

5.2 Sonuçlar

1. Bu çalışmada, dikkate değer bir antioksidan özelliğe - özellikle de bir flavonoid olan betalain içeriği - sahip olduğu bilinen bir kök sebze olan kırmızı pancar hammadde olarak sirke yapmak amacıyla kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen analitik bulgular ile kırmızı pancarın antioksidan özellik gösteren ve fenolik bileşenlerce zengin bir kök sebze olduğu görülmüştür.
2. Kırmızı pancar Türkiye’de gıda endüstrinde renklendirici gıda olarak ve kırmızı pancar turşusu olarak tüketilmektedir. Kırmızı pancarın özellikleri göz önüne alındığında bu tüketim şekillerine bir alternatif olarak mümkün olabileceği ortaya çıkmıştır.
3. Sirke üretiminin tarihi ve kullanımı gıdaların korunma ve lezzet sağlama yöntemi olarak çok eskilere dayanmaktadır. Sirke, sağlık açısından olumlu etkileri öğrenildikçe sür’atle popüleritesi artan ve mayonez, turşu, salata sosu gibi gıdalarda kullanımı giderek artan fermente bir üründür. Gıda sektöründe sirke üretiminde hammadde olarak ilk sırada elma ve üzüm vardır. Bazı meyve, sebze gibi şeker içeren tahıllar da hammadde olarak kullanılabilir. Kırmızı pancar sirkesi de diğer sirke türleri gibi farklı gıdalarda ürün geliştirme amacıyla kullanılabilir.
4. Sirke üretiminde kırmızı pancar sirkesinin bulgularının dikkate değer düzeyde ümit verici sonuçlarının olması; ticari olarak doğrudan değerlendiril(e)meyen/sınırlı olarak tüketilebilen kırmızı pancarın hem bilinirliği hem de ekonomik değerinin artması ile birlikte Türkiye’de yaygın olarak kullanılan elma ve üzüm sirkesine alternatif / yeni bir ürün oluşturulmasına olanak sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akarca G, Tomar O, Çağlar A, İstek Ö, 2020, Physicochemical and Sensory Quality Properties of Vinegar Produced By Traditional Method from Persian Mazafati Date (*Phoenix dactylifera L.*), European Journal of Science and Technology 19, 429–434.
- Akbaş M, 2008, Ülkemizde Üretilen Üzüm Sirkelerinin Bileşimleri ve Gıda Mevzuatına Uygunlukları Üzerine Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Adana.
- Akbaş M, Cabaroğlu T, 2009, Ülkemizde Üretilen Bazı Üzüm Sirkelerinin Bileşimleri ve Gıda Mevzuatına Uygunlukları Üzerine Bir Araştırma, Gıda Dergisi, 35, 183–188.
- Aktan N, Kalkan Yıldırım H, 2011, Sirke Teknolojisi, Sidas Yayınları, 83s, İzmir.
- Alak D G, 2015, Bal ve Bal Sirkesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Denizli.
- Albornoz C E H, 2012, 1 Microiıological Analysis and Control of The Fruit Vinegar Production Process, Universitat Rovira I Virgili.
- Andlauer W, Stumpf C, Fürst P, 2000, Influence of The Acetification Process On Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 3533–3536.
- Anonim, 2021, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Yayın No:37249, Ankara.
- Anonim, 2016, Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün-Tarifler, Özellikler, İşaretleme, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Anonim, 2000, Proposed Draft Revised Ragional Standart for Vinegar, Codex Alimentarius Commission, Food and Agricultural Organization (FAO), World Health Organization, (WHO), Rome.

- Aybek A, 2019, Geleneksel Yöntemlerle Zivzik Narından Sirke Üretimi ve Elde Edilen Sirkenin Kalite Parametrelerinin Araştırılması, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Siirt.
- Aykın E, 2013, Farklı Sirkelerden Üretilen Sirke Analarının Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153s, Isparta.
- Aykın E, Budak N H, Güzel Seydim Z B, 2015, Bioactive Components of Mother Vinegar. Journal of The American College of Nutrition, 34, 80–89.
- Bağder S, Özçelik F, 2009, Saccharomyces Dışındaki Mayaların Şarap Aromasına Etkileri Gıda Dergisi, 34, 239–244.
- Bayram M, Kaya C, Yücel E E, Er B, Gülmez E, Terzioğlu E, 2018, Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri, Akademik Gıda 16, 293–300.
- Bilginer H, 2018, Geleneksel Yöntemlerle Üretilen Sirkelerin Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Mikrobiyotasında Yer Alan Asetik Asit Bakterilerinin İzolasyonu ve Moleküler Yöntemlerle Tanısı, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s, Erzurum.
- Brand Williams W, Cuvelier M E, Berset C, 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. LWT-Food Science and Technology, 28, 25–30.
- Budak H N, 2010, Elma ve Üzümden Üretilen Sirkelerin Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 167s, Isparta.
- Budak H N, Güzel Seydim Z B, 2010, Sirke Üretimi ve Bazı Fonksiyonel Özellikleri, Gıda Teknolojisi Dergisi, 14, 85–88.
- Budak N H, 2015, Dut Sirkesi Oluşum Sürecinde İleri Analitik Tekniklerle Toplam Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Bileşenleri, Meyve Bilimi, 2, 27–31.

- Casale M, Saiz Abajo M J, Gonzalez Saiz J M, Pizarro C, Forina M, 2006, Study of The Aging and Oxidation Processes of Vinegar Samples From Different Origins During Storage By Near-Infrared Spectroscopy, *Analytica Chimica Acta*, 557, 360–366.
- Chawla H, Parle M, Sharma K, Yadav M, 2015, Beetroot: A Health Promoting Functional Food, *Inventi Rapid: Nutraceuticals*, 2016, 1–5.
- Çağlar A, Akarca G, Tomar O, Ekmekçi E. 2020, Some Physicochemical and Sensory Properties of Cactus Fruit (*Opuntia ficus indica* L.) Vinegar Produced by Traditional Method, *European Journal of Science and Technology*, 18, 952–957.
- Damar İ, 2010, Vişne Suyunun Antosiyanin Profili ve Antioksidan Kapasitesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Ankara.
- Dahı S, 2020, Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri Kullanarak Kırmızı Pancardan Sıvı ve Toz Renk Maddesi Elde Edilmesinin Optimizasyonu, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131s, Kayseri.
- Elgün A, 2011, Şarabın Sirkeye Dönüşümü, 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara, 50–58.
- Elhan S, 2014, Farklı Sirke Çeşitleri ve Konsantrasyonlarının Salata Bileşenlerinin Dezenfeksiyonunda Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47s, Erzurum.
- Er T, 2011, Kırmızı Pancarın Bazı Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri Üzerine Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s, Konya.
- Erafşar F K, 2019, Kırmızı Pancar (*Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*) Püresinin Köpük Kurutma Yöntemiyle Kurutulması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 46s, Kahramanmaraş.
- Erten H, Canbaş A, 2003, Alkol Fermantasyonu Sırasında Oluşan Aroma Maddeleri, *Gıda Dergisi*, 28, 615–619.

- Forouchi E, D J Gunn, 1983, Some Effects Of Metal İons On The Estimation of Reducing Sugars İn Biological Media, *Biotechnol, Bioeng*, 25, 1905–1911.
- Fuleki T, Francis F, 1968, Quantitative methods for anthocyanins, *J. Food Science*, 33, 72–77.
- Gerbi V, Zeppa G, Beltramo R, Carnacini A, Antonelli A, 1998, Characterization of White Vinegars Of Different Sources With Artificial Neural Networks. *Journal Science Food Agriculture*, 78, 415–425.
- Georgiev V, Weber J, Kneschke E, Denev P N, Bley T, ve Pavlov A I, 2010, Antioxidant Activity and Phenolic Content of Betalain Extracts from Intact Plants and Hairy Root Cultures of the Red Beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 105–111.
- Giudici P, De Vero L, Gullo M, 2017, Vinegars, Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications, Sengun, I.Y. (Eds.), Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 261–287.
- Gözlüklü K, 2019, Elma Sirkesi İlavesinin Yüksek Nemli Fermente Mısırın Aerobik Stabilité Özellikleri Üzerine Etkisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Tekirdağ.
- Gülcü M, 2009, Sirke Üretim Tekniği, Tekirdağ Bağcılık Arş. Ens. Müd. Çiftçi Broşürü, Yayın No:21.
- Güner S, Dıraman H, Ünsal Ekiz T, 2018, Antioxidant Activity and Phenolic Contents of Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Leave, Stem, Skin, and Flesh Parts, 6th ASM International Congress of Agriculture and Environment, 2018 Proceeding Book.
- Hailu S, Admassu S, Jha Y K, 2012, Vinegar Production Technology, *Beverage & Food World*, 29–32.
- Hamouia R, 2018, Kırmızı Pancar (*Beta Vulgaris* L.) Turşusu Üretimi Süresince Renk ve Antioksidan Özelliklerdeki Değişim, On dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Samsun.

- Ho C W, Lazim A M, Fazry S, Zaki U K J H, Lim S J, 2017, Varieties, Production, Composition and Health Benefits of Vinegars: A Review, Food Chemistry, 221, 1621–1630.
- İlik A, 2019, Çeşitli Kuruyemişlerden Sirke Benzeri Fonksiyonel Ürün Üretimi ve Bazı Özellikleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s, Afyonkarahisar.
- Jo Y, Baek, J Y, Jeong I Y, Jeong Y J, Yeo S H, Noh B S, Kwon J H, 2015, Physicochemical Properties and Volatile Components Of Wine Vinegars With High Acidity Bbased On Fermentation Stage and İnitial Alcohol Concentration, Food Science and Biotechnology, 24, 445–452.
- Kadaş Z, 2011, Alıç Sirkesinin Biyoaktif Özelliklerinin ve Metabolik Etkilerinin İncelenmesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Bolu.
- Karabulut H, Gülay M Ş, 2016, Antioksidanlar, Mae Veteriner Fakültesi Dergisi, 1, 65–76.
- Kayın N, 2014, Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kırmızı Pancar (*Beta Vulgaris*) Suyu Konsantresinin Renk Stabilitesinin Belirlenmesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Bolu.
- Kılıç O, 1976, Piyasada Satılan Sirkelerin Bileşimleri Üzerinde Bir Araştırma, Gıda, 1, 121–125.
- Kılıç G, 2017, Geleneksel Yöntemlerle Üretilen İncir Sirkesinin Mikrobiyolojik, Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, İzmir.
- Kırcı H, 2017, Güvem (*Prunus spinosa*) Meyvesinden Fonksiyonel Sirke Üretimi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Tekirdağ.

- Marangoz F İ, 2016, Sirke Üretim Prosesinin Karadut Meyvesinin Biyoaktif Bileşenleri ve Antioksidan Özelliklerine Etkisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 61s, Çanakkale.
- Morales M L, Tesfaye W, Garcia Parilla M C, Casas J A, Troncoso A M, 2001, Sherry Wine Vinegar: Physicochemical Changes During The Acetification Process, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81, 611–619.
- Muller M F, 2009, Gençlik ve Sağlık İksiri Sirke, Dharma Yayınları, İstanbul, 96.
- Özcan K, Bilek S E, 2018, Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilitesinin Sağlanması, Akademik Gıda Dergisi, 16, 439–449.
- Özen M, 2018, Vişne Sirkesinin Üretim Aşamalarında Antioksidan Ve Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Isparta.
- Öztürk S, 2015, Kara Havuçtan Sirke Üretimi Üzerine Araştırma, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s, İzmir.
- Öztürk İ, Çalışkan Ö, Tornuk F, Özcan N, Yalçın H, Başlar M, Sağdıç O, 2015, Antioxidant, Antimicrobial, Mineral, Volatile, Physicochemical and Microbiological Characteristics of Traditional Home-Made Turkish Vinegars, LWT - Food Science and Technology 63, 144–151.
- Pavlov A, Kovatchevaa P, Georgievbn V, Kolevacand I, Ilieva M, 2002, Biosynthesis and Radical Scavenging Activity of Betalains during the Cultivationof Red Beet (*Beta vulgaris*) Hairy Root Culture, Zeitschrift für Naturforschung C, 57, 640–644.
- Polturak G, Grossman N, Vela Corcia D, Dong Y, Nudel A, Pliner M, Levy M, Rogachev I, Aharoni A, 2017, Engineered gray mold resistance, antioxidant capacity, and pigmentation in betalain-producing crops and ornamentals, Proceedings of the National Academy of Sciences, 114, 9062–9067.
- Raspor P, Goranovic D, 2008, Biotechnological Applications of Acetic Acid Bacteria, Critical Reviews in Biotechnology, 28, 101–124.

- Ryan L, Moran A, Beard P C, 2011, Stability of the Total Antioxidant Capacity and Total Polyphenol Content of 23 Commercially Available Vegetable Juice before and after in vitro Digestion Measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu Methods. *Food Research International*, 44, 217–224.
- Rodriguez H, Curiel J A, Landete J M, Rivas B, Felipe F L, Cordoves C G, Mancheno J M, Munoz R, 2009, Food Phenolics and Lactic Acid Bacteria, *International Journal of Food Microbiology*, 132, 79–90.
- Shimoji Y, Tamura Y, Nakamura Y, Nanda K, Nishidai S, Nishikawa Y, Ishihara N, Unekai K, 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.
- Singleton V L, Rossi, J A, 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagent, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Slavov A, Karagyozev V, Petko Denev P, Kratchanova M, Kratchanov C, 2013, Antioxidant Activity of Red Beet Juices Obtained after Microwave and Thermal Pretreatments, *Czech Journal Food Sciences*, 31, 139–147.
- Şengün Yücel İ, Kılıç G, 2018, Dut Sirkesinin Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal, Antiradikal ve Antimikrobiyal Özellikleri, *Akademik Gıda*, 16, 168–175.
- Şengün Yücel İ, Kılıç G, 2019, Farklı Sirke Çeşitlerinin Mikroflorası, Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri, *Akademik Gıda* 17, 89–101.
- Şengün Yücel İ, Kılıç G, 2020, Total Phenolic Content and Antibacterial Activity of Homemade Fig and Mulberry Vinegar, *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology*, 9, 89 – 97.
- Tan S C, 2005, Vinegar Fermentation, Louisiana State University, M.Sc. Thesis, 89p, Louisiana.

- Tangüler H, Mert H, İlman F, Yücel B, Gençtürk S, 2021, Elma Atıklarından Elma Sirkesi Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10, 132–139.
- Terakye E, 2019, Elma Sirkesinden Yapılan İçeceklerin Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerin Araştırılması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Bursa.
- Tomar O, Yıldırım G, 2019, Antimicrobial Effect of Red Beet (*Beta vulgaris* var. *Cruenta Alef*.) On Some Foodborne Pathogens, Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology, 7, 54–60.
- Tomar O, Çağlar, Akarca G, Vatansever H, 2020 a, Physicochemical and Sensory Quality Properties of Yellow Hawthorn Fruit (*Crataegus tanacetifolia*) Vinegar Produced by Traditional Fermentation Method, European Journal of Science and Technology, 19, 176–181.
- Tomar O, Akarca G, Çağlar A, 2020 b, Physicochemical, Microbiological and Sensory Properties of Red Beet Vinegar, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26, 1234–1238.
- Türker İ, 1963, Sirke Teknolojisi ve Teknikte Laktik Asit Fermantasyonları, Ankara Üniversitesi Basımevi, 181s, Ankara.
- Ünal E, 2007, Dimrit Üzümünden Değişik Yöntemlerle Sirke Üretimi Üzerinde Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s, Adana.
- Wood B J B, 1998, Microbiology of Fermented Foods, Blackie Academic and Professional, 851, U.K.
- Yetiman A E, 2012, Sirke Mikroflorasındaki Asetik Asit Bakterilerinin Moleküler Teknikler İle Tanımlanması, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s, Kayseri.

Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W, 1999, The Determination of Flavonoid Contents In Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals. Food Chemistry, 64, 555–559.

İnternet Kaynakları

- 1- <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA-AF6AA849816B2EFA6B896F16D985D5D/>, 15.01.2022

