

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**İSABELLA KOKULU ÜZÜMÜNDEN (*Vitis labrusca* L.) ÜRETİLEN MEYVE
SUYU, MARMELAT, TURŞU, SİRKE VE KORUK EKŞİSİNİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE
PROFİLLERİNİN TESPİT EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Abdullah DANIŞMAZ

OCAK-2026
GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**İSABELLA KOKULU ÜZÜMÜNDEN (*Vitis labrusca* L.) ÜRETİLEN MEYVE
SUYU, MARMELAT, TURŞU, SİRKE VE KORUK EKŞİSİNİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE
PROFİLLERİNİN TESPİT EDİLMESİ**

**DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY PROFILES OF FRUIT JUICE, MARMELADE,
PICKLE, VINEGAR AND SOUR VINEGAR PRODUCED FROM İSABELLA
SCENTED GRAPE (*Vitis labrusca* L.)**

YÜKSEK LİSANS

Abdullah DANIŞMAZ

**OCAK-2026
GÜMÜŞHANE**



T.C.

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

İSABELLA KOKULU ÜZÜMÜNDEN (*Vitis labrusca* L.) ÜRETİLEN MEYVE
SUYU, MARMELAT, TURŞU, SİRKE VE KORUK EKŞİSİNİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE
PROFİLLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY PROFILES OF FRUIT JUICE, MARMELADE,
PICKLE, VINEGAR AND SOUR VINEGAR PRODUCED FROM İSABELLA
SCENTED GRAPE (*Vitis labrusca* L.)

YÜKSEK LİSANS

Abdullah DANIŞMAZ

Danışman: Prof. Dr. Cemalettin BALTACI

OCAK-2026
GÜMÜŞHANE

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**İsabella Kokulu Üzümünden (*Vitis labrusca* L.) Üretilen Meyve Suyu, Marmelat, Turşu, Sirke ve Koruk Ekşisinin Fizikokimyasal Özellikleri ile Antioksidan Aktivite Profillerinin Tespit Edilmesi**” başlıklı Yüksek Lisans Tezimin tamamen kendi eserim olduğunu, alıntılanan her içeriğin kaynağının gösterildiğini, alıntı yapılan tüm çalışmaların kaynakça bölümünde yer aldığını ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı intihal yazılımı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu standartlara uygun şekilde raporlandığını beyan ederim. Ayrıca, tezimin hem kâğıt hem de elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde muhafaza edilmesine izin verdiğimi bildiririm.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği gereğince ilgili işlemlerin yapılmasını arz ediyorum.

27/01/2026

.....
Abdullah DANIŞMAZ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında emeğini, bilgisini, hoşgörüsünü, samimiyetini ve desteğini hiç esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cemalettin BALTACI' ya tezime ve gelecekteki hayatıma sunduğu katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar ve uygulama çalışmalarında bana yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Dr. Arda AKDOĞAN' a tezime sunduğu katkılardan dolayı teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tezimin yazımı sürecinde bana manevi desteği olan öncelikle eşim Tuğba DANIŞMAZ ve çocuklarım 'Aysima ve Eray Egemen DANIŞMAZ' a teşekkür ederim.

Abdullah DANIŞMAZ

GÜMÜŞHANE-2026

ÖZET

Bu çalışmada, İsabella (*Vitis labrusca* L.) üzümünden elde edilen beş farklı ürünün fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ürünler arasında en yüksek HMF içeriğini marmelat (2.37 mg/kg) göstermiş, bunu koruk turşusu (1.84 mg/kg) izlemiş, üzüm suyunda 0.59 mg/kg HMF belirlenirken, taze üzüm, sirke ve koruk ekşisinde HMF değeri ≈ 0 mg/kg olarak ölçülmüştür. Suda çözünür kuru madde miktarı ($^{\circ}$ Brix), ürünler arasında geniş varyasyon göstermiş; marmelatta %40.33, koruk turşusu ve koruk ekşisinde sırasıyla %6.30 ve %6.27, üzüm sirkesinde ise %3.52 olarak belirlenmiştir.

Fenolik bileşik ve antioksidan aktivite bakımından en yüksek değerler marmelatta görülmüş; TPC 251.20 mg GAE/100 g, TFLK 132.73 mg QE/100 g, TAC 312.54 mg AA/100 g, FRAP 189.60 mg FeSO₄/100 g ve DPPH 74.49 mg AA/100 g olarak ölçülmüştür. Koruk turşusunda TPC 126.06, koruk ekşisinde 109.79, üzüm suyunda 125.36, taze üzümde 86.75 ve sirke örneğinde 33.86 mg GAE/100 g olarak tespit edilmiştir.

PCA sonuçlarına göre; marmelat yüksek şeker–fenolik ekseninde, koruk turşusu renk değişimi–asitlik ekseninde, taze üzüm askorbik asit ekseninde, sirke ise düşük şeker–düşük antioksidan ekseninde konumlanmıştır. Genel olarak, İsabella üzümünden üretilen ürünlerin kimyasal kompozisyonu işleme yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değişmekte olup, marmelat ve üzüm suyunun fonksiyonel bileşenler açısından öne çıktığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan aktivite, Fenolik bileşik, Fizikokimyasal özellikler, İsabella üzümü, Temel bileşenler analizi (PCA)

SUMMARY

This study aimed to comprehensively evaluate the physicochemical composition, bioactive properties, and antioxidant potential of five products derived from Isabella grape (*Vitis labrusca* L.). Among the products, marmalade exhibited the highest HMF content (2.37 mg/kg), followed by pickled grapes (1.84 mg/kg), while grape juice contained 0.59 mg/kg, and fresh grape, verjuice, and vinegar samples showed ≈ 0 mg/kg HMF. Soluble solid content ($^{\circ}$ Brix) ranged widely across samples, with marmalade containing 40.33%, whereas verjuice and pickled grapes contained 6.27% and 6.30%, respectively, and grape vinegar had 3.52%.

Regarding phenolic compounds and antioxidant activity marmalade showed the highest levels with TPC 251.20 mg GAE/100 g, TFLK 132.73 mg QE/100 g, TAC 312.54 mg AA/100 g, FRAP 189.60 mg FeSO₄/100 g, and DPPH 74.49 mg AA/100 g. TPC values in other products were measured as 126.06 mg GAE/100 g in pickled grapes, 109.79 mg GAE/100 g in verjuice, 125.36 mg GAE/100 g in grape juice, 86.75 mg GAE/100 g in fresh grape, and 33.86 mg GAE/100 g in grape vinegar.

As (PCA) results ; marmalade clustered strongly on the sugar–phenolic axis, pickled grapes on the acidity–color change axis, fresh grapes on the ascorbic acid axis, and grape vinegar on the low sugar–low antioxidant activity axis. Overall, the findings demonstrate that Isabella grape–based products exhibit distinct chemical characteristics depending on processing techniques, with marmalade and grape juice showing the highest functional potential.

Keywords: Antioxidant activity, Phenolic compound, Physicochemical properties, Isabella grape, Principal component analysis (PCA)

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	XII
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. İsabella Üzümünün Tarihçesi.....	2
1.3. İsabella Üzümünün Yetiştirildiği Bölgeler ve Üretim Miktarları	3
1.4. İsabella Üzümünün Özellikleri	4
1.4.1. Morfolojik ve Duyusal Özellikler	4
1.4.2. Kimyasal ve Biyoaktif Bileşenler	4
1.4.3. Teknolojik ve İşleme Açısından Özellikler	5
1.5. Türkiye’de İsabella Üzümünün Kullanım Şekilleri	5
1.6. Önceki Çalışmalar.....	7
1.7. Çalışmanın Amacı.....	8
1.8. Çalışmanın Kapsamı	9
2. MATERYAL VE METOT	11
2.1. İsabella Üzümü Marmelatı Üretim Süreci	11
2.2. Koruk Turşusu Üretim Süreci	11
2.3. Üzüm Suyu Üretim Süreci	12
2.4. Koruk Ekşisi Üretim Süreci	12

2.5. Kokulu Üzüm Sirkesi Üretim Süreci	12
2.6. Cihazlar	12
2.7. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar	13
2.8. Çözeltilerin Hazırlanması.....	13
2.9. pH Tayini	13
2.10. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini	14
2.11. Titrasyon Asitliği Tayini	14
2.12. Renk Tayini.....	15
2.13. Toplam Kül Miktarı Tayini	16
2.14. Toplam Şeker, Sakkaroz, Glikoz ve Fruktoz Tayini.....	16
2.15. Askorbik Asit (C Vitamini Tayini)	17
2.16. Antioksidan Aktivitelerin ve Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi	18
2.16.1. Örnek Hazırlığı.....	18
2.16.2. FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini	18
2.16.3. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini.....	19
2.16.4. DPPH Serbest Radikal Süpürme Aktivitesi Tayini.....	20
2.16.5. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini	21
2.16.6. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Tayini	21
2.16.7. Toplam Fenolik Madde (TPC) Tayini – Folin–Ciocalteu Yöntemi.....	22
2.17. Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini – HPLC Yöntemi	23
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
3.1. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Asitlik Değerleri ve pH	25
3.2. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin % Briks Değerleri.....	27
3.3. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin % Kül Değerleri	31
3.4. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin HMF Değerleri	33
3.5. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Fruktoz, Glikoz, Sakkaroz ve Toplam Şeker Değerleri	34
3.5.1. Fruktoz Değerleri	34

3.5.2. Glikoz Değerleri.....	37
3.5.3. Sakkaroz Değerleri.....	39
3.5.4. Toplam Şeker Değerleri	40
3.6. C Vitamini Değerleri.....	42
3.7. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Renk Değerleri	44
3.8. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular.....	49
3.8.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları	49
3.8.2. Toplam Flavonoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları	51
3.8.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları.....	53
3.8.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları	55
3.8.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları	57
3.8.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları.....	59
3.9. Analiz Sonuçlarının PCA Değerlendirmesi	61
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	66
KAYNAKÇA.....	68
ÖZGEÇMİŞ	79

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Vitis labrusca / İsabella üzüm ve üzüm sularına ait seçilmiş fizikokimyasal parametre aralıkları.	3
Tablo 2. Örneklere ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	30
Tablo 3. Örneklere ait renk analiz sonuçları	45
Tablo 4. Örneklere ait TFK, TFLK, TAK ve antioksidan analiz sonuçları	54
Tablo 5. Faktör Yükleme (Değişkenlerin Faktörlerle İlişkisi).....	64
Tablo 6. Faktör Skorları (Örneklerin Faktörlere Göre Konumu).....	65



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. pH değerleri sütun grafiği	26
Şekil 2. Asitlik değerleri sütun grafiği	26
Şekil 3. Suda çözünür kuru madde (% briks) değerleri sütun grafiği	28
Şekil 4. Kül değerleri sütun grafiği	31
Şekil 5. HMF değerleri sütun grafiği	34
Şekil 6. Fruktoz değerleri sütun grafiği.....	35
Şekil 7. Glikoz değerleri sütun grafiği	38
Şekil 8. Sakkaroz değerleri sütun grafiği	40
Şekil 9. Toplam şeker değerleri sütun grafiği	41
Şekil 10. C Vitamini değerleri sütun grafiği	43
Şekil 11. L* değerleri sütun grafiği	46
Şekil 12. a* değerleri sütun grafiği	46
Şekil 13. b* değerleri sütun grafiği	47
Şekil 14. ΔE^* değerleri sütun grafiği	48
Şekil 15. Toplam TFK sütun grafiği	50
Şekil 16. Toplam TFLK sütun grafiği.....	52
Şekil 17. Toplam TAC sütun grafiği.....	55
Şekil 18. Toplam DPPH sütun grafiği.....	56
Şekil 19. Toplam ABTS sütun grafiği.....	58
Şekil 20. Toplam FRAP sütun grafiği.....	60
Şekil 21. PCA grafiği	63

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
μ	: Mikro
μg	: Mikrogram
μL	: Mikrolitre
•	: Radikal
ΔE^*	: Toplam renk farkı
a^*	: Kırmızılık-yeşillik değeri
AA	: Askorbik asit
AAE	: Askorbik asit eşdeğeri
ABTS	: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)
AlCl_3	: Alüminyum klörür
ANOVA	: Varyans Analizi
b^*	: Sarılık-mavilik değeri değeri
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Fe	: Demir
Fe^{2+}	: Demir (II) İyonu
Fe^{3+}	: Demir (III) İyonu
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	: Demir (III) klorür heksahidrat
FeSO_4	: Demir Sülfat
FRAP	: Demir (III) indirgeme / antioksidan kapasite
g	: Gram
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HCl	: Hidroklorik asit
HMF	: Hidroksimetilfurfural
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
kg	: Kilogram
K	: Potasyum
L	: Litre
L^*	: Açıklık-koyuluk değeri
mg	: Miligram

UV	: Ultraviyole
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
M	: Molar
Mg	: Magnezyum
nm	: Nanaometre
N	: Normalite
Na	: Sodyum
Na ₂ CO ₃	: Sodyum Bikarbonat
NaNO ₂	: Sodyum Nitrit
NaOH	: Sodyum hidroksit
QE	: Kuersetin eşdeğeri
pH	: Hidrojen potansiyeli
PCA	: Temel bileşen analizi
SSA	: Susuz sitrik asit
TAC	: Toplam antioksidan kapasite
TFC	: Toplam flavonoid kapasite
TFK	: Toplam fenolik kapasite
TFLK	: Toplam flavonoid kapasite
TPC	: Toplam fenolik kapasite
TPTZ	: Tripiridiltriazin
TS	: Türk Standartları
v	: Hacim
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
w	: Ağırlık

1.GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Üzüm (*Vitis spp.*), dünya genelinde en eski kültür bitkilerinden biri olup, hem taze meyve hem de pekmez, pestil, marmelat, sirke, şarap ve meyve suyu gibi çok çeşitli ürünlere işlenerek tüketilmektedir. Üzüm ve üzüm ürünleri yalnızca enerji ve temel besin öğeleri sağlamamakta, aynı zamanda fenolik bileşikler, flavonoidler, antosiyaninler, organik asitler ve mineraller gibi biyoaktif bileşenlerce zengin olmaları nedeniyle fonksiyonel gıdalar kapsamında değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan epidemiolojik ve deneysel çalışmalar; üzüm ve üzüm kökenli ürünlerin düzenli tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanser türleri, metabolik sendrom ve nörodejeneratif hastalıkların riskini azaltmada rol oynayabileceğine işaret etmektedir (Almeida Sousa Cruz vd., 2024).

Vitis labrusca L. türü, halk arasında sıklıkla “Amerikan üzümü” olarak anılmakla birlikte, Türkiye’nin Doğu Karadeniz Bölgesi’nde özgün aroması nedeniyle “kokulu üzüm”, “İsabella” veya “çilek üzümü” gibi isimlerle de tanımlanmaktadır. *Vitis vinifera* L. türüne göre daha yoğun bir “foxy” veya miskimsi aroma profiline sahip olan *V. labrusca* genotipleri, özellikle meyve suyu, şarap, reçel, marmelat, sirke ve turşu üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Pinto vd., 2022; Reisch vd., 2011). Türkiye’de ise bu türün ticari bağcılıkta sınırlı, ancak geleneksel mutfak ve ev tipi üretimde oldukça yaygın biçimde değerlendirildiği bilinmektedir. Doğu Karadeniz mutfağında kokulu üzümünden elde edilen pepeçura, üzüm suyu, koruk turşusu, koruk ekşisi, sirke ve marmelat gibi ürünler, bölgenin gastronomik kimliğinin önemli bileşenlerindendir.

Son on yılda yapılan çalışmalar, *V. labrusca* çeşitlerinin özellikle kabuk ve çekirdek fraksiyonlarında yüksek düzeyde fenolik bileşik ve antosiyanin içerdiğini, buna bağlı olarak da güçlü antioksidan kapasite gösterdiğini ortaya koymuştur (Keskin vd., 2021; Neira-Ospina vd., 2024). Bu bulgular, İsabella üzümünün yalnızca yöresel bir ürün hammaddesi olmaktan öte, fonksiyonel gıda geliştirme ve sağlık odaklı ürün formülasyonları açısından da önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte literatürde, İsabella üzümünden üretilen meyve suyu, marmelat, turşu, sirke ve koruk ekşisinin fizikokimyasal özelliklerini ve antioksidan profillerini bir arada

ve karşılaştırmalı ele alan kapsamlı olarak çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Aydın ve Demir Gökışık, 2019; Demirkol, 2016).

Bu bağlamda, Trabzon yöresinde yetiştirilen İsabella üzümünden üretilen farklı ürünlerin (meyve suyu, marmelat, turşu, sirke, koruk ekşisi) fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi; hem bölgesel gıda kültürünün bilimsel temelde tanıtılmasına hem de bu ürünlere ilişkin standartların oluşturulmasına katkı sağlayabilecek nitelikte görülmektedir. Ayrıca, bu tür çalışmaların *V. labrusca* temelli ürünlerin katma değerli gıda bileşenleri olarak değerlendirilmesi ve sürdürülebilir ürün geliştirme stratejilerinin desteklenmesi açısından da önemli olduğu düşünülmektedir.

1.2. İsabella Üzümünün Tarihçesi

Vitis labrusca L. türünün anavatanı Kuzey Amerika olup, tarihsel kayıtlar bu türün Avrupa'ya 18. ve 19. yüzyıllarda özellikle peyzaj, sofralık tüketim ve daha sonra ise şaraplık ve meyve suyu üretimi amacıyla getirildiğini göstermektedir. “Concord”, “Niagara” ve “İsabella” gibi ekotipler, Kuzeydoğu Amerika ve Kanada’da soğuk iklime adaptasyonu, hastalık ve zararlılara görece dayanıklılığı nedeniyle geniş bir yetiştiricilik alanı bulmuştur (Reisch vd., 2011). 19. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa bağıcılığını ciddi ölçüde etkileyen phylloxera salgını sonrasında, Amerikan anaçlarının önemi artmış; *V. labrusca* türü hem anaç hem de doğrudan tüketilen çeşitler olarak bağıcılığa girmiştir.

İsabella üzümü, dünyada farklı adlarla anılmakta; Latin Amerika’da “Isabel” veya “Bordô” ile ilişkili çeşitler, Avrupa ve Karadeniz havzasında ise “İsabella” veya “fox grape” şeklinde tanımlanmaktadır (Lago-Vanzela vd., 2011). Son yıllarda Karadeniz havzasındaki bağ çeşitliliğini ele alan çalışmalar, bölgedeki *V. labrusca* genotiplerinin morfolojik ve genetik açıdan önemli bir çeşitlilik sunduğunu ve yerel adaptasyon süreçlerinin bu çeşitliliği şekillendirdiğini Türkiye’ye gelişi net olarak belgelenmemekle birlikte, İsabella üzümünün 20. yüzyılın ilk yarısında Karadeniz kıyı şeridi boyunca yaygınlaşarak özellikle Rize, Trabzon, Giresun ve Ordu illerinde geleneksel bahçe bağlarının temel elemanlarından biri hâline geldiği bildirilmektedir (Acuner ve Keskin, 2022; Üneş, 2016; Güler vd., 2023; Karaman vd., 2022).

Bu dönemde türün ticari bağıcılıkta değil, daha çok aile ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik küçük ölçekli üretim amaçlı kullanıldığı, ancak ilerleyen yıllarda yöresel ürünlerin önem kazanması ile birlikte ev tipi üretimin yer yer yarı ticari boyuta ulaştığı ifade edilmektedir.

Tarihsel süreçte İsabella üzümünün “ilâç üzüm” veya “kokulu üzüm” olarak anılmasının temel nedeni, meyvenin kendine has yoğun aromatik yapısı yanında, halk

hekimliğinde solunum yolu hastalıkları, sindirim sorunları ve genel bağışıklığı destekleyici amaçlarla kullanılmasıdır. Son on yılda bu geleneksel bilginin, modern bilimsel verilerle de desteklenmeye başladığı; özellikle *V. labrusca* ekstraktlarının antioksidan, antiinflamatuvar ve sitotoksik etkilerini konu alan çalışmaların sayısının arttığı görülmektedir (Keskin vd., 2021; Vélez vd., 2023).

1.3. İsabella Üzümünün Yetiştirildiği Bölgeler ve Üretim Miktarları

Vitis labrusca ve melezleri, dünya genelinde özellikle serin ve nemli iklim koşullarına sahip bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Kuzey Amerika’da ABD ve Kanada, Güney Amerika’da ise Brezilya ve Arjantin, *V. labrusca* temelli bağcılığın yoğun olduğu başlıca ülkelerdir. Brezilya’da mor üzüm suyu üretiminin önemli bir kısmının *V. labrusca* ve melez çeşitlerinden (özellikle ‘Isabel’, ‘Bordô’ vb.) sağlandığı, bu çeşitlerin hem endüstriyel meyve suyu hem de sofraya şarabı üretiminde kullanıldığı bildirilmiştir (dos Santos Lima vd., 2014; Pinto vd., 2022).

Tablo 1’de literatürde yer alan bazı çalışmalardan derlenen, İsabella veya benzer *V. labrusca* çeşitlerine ait meyve suyu ve üzüm örneklerinin bazı temel fizikokimyasal özelliklerinin tipik aralıkları özetlenmektedir (Lago-Vanzela vd., 2011; dos Santos Lima vd., 2015; Yang vd., 2024).

Tablo 1. *Vitis labrusca* / İsabella üzüm ve üzüm sularına ait seçilmiş fizikokimyasal parametre aralıkları

Parametre	Birim	Tipik Aralık	Kaynak örnekleri*
pH	-	3.0 - 3.6	Lago-Vanzela vd., 2011
Suda çözünür kuru madde	°Brix	14 - 20	Lago-Vanzela vd., 2011
Toplam titrasyon asitliği	g/L (TA)	5.0 - 9.0	dos Santos Lima vd., 2015; Yang vd., 2024
Toplam fenolik madde	mg GAE/L	400 - 1500	Pinto vd., 2022; Keskin vd., 2021
Antosiyaninler	mg/L	150 - 800	Neira-Ospina vd., 2024

Türkiye’de *V. vinifera* L. bağcılığı baskın olmakla birlikte, *V. labrusca* çeşitleri özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi boyunca yayılım göstermektedir. Son dönemde yapılan çalışmalar, Bolu ve çevresinde de *V. labrusca* gen kaynaklarının saptandığını ve bu genotiplerin hem morfolojik hem de biyokimyasal açıdan yüksek çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymuştur (Güler vd., 2023). Ancak Türkiye İstatistik Kurumu verilerinde *V. labrusca* üretimine ilişkin ayrı bir sınıflandırma bulunmadığından, İsabella üzümüne özgü resmi üretim miktarlarını net olarak vermek güçtür. Bölgesel saha gözlemleri ve literatür verilerine dayanarak, Doğu Karadeniz’de yıllık üretimin on binlerce ton

düzeyinde olduğu, ancak büyük bölümünün yerel ve aile içi tüketime gittiği tahmin edilmektedir (Acuner ve Keskin, 2022).

Bu parametreler, İsabella üzümünün yüksek fenolik içerik ve belirgin asiditeye sahip aromatik bir hammadde olduğunu göstermektedir. Özellikle toplam fenolik madde miktarının ve antosiyanin düzeylerinin yüksek olması, bu üzümden elde edilen ürünlerin antioksidan kapasitesini de doğrudan artırmaktadır (Keskin vd., 2021; Neira-Ospina vd., 2024).

1.4. İsabella Üzümünün Özellikleri

1.4.1. Morfolojik ve Duyusal Özellikler

İsabella üzümü, koyu mor-siyah kabuk rengi, orta irilikte çekirdekli taneleri, kalın kabuğu ve yoğun aroması ile karakterizedir. Meyve eti sulu ve etli yapıdadır; kabuktan kolay ayrılabilmesi geleneksel işlemlerde (haşlama, kaynatma, sıkma vb.) avantaj sağlamaktadır. Salkımlar genellikle seyrek-orta sıkı, asma ise kuvvetli gelişen, sarılcı gövde yapısına sahip ve 10–15 m’ye kadar uzanabilen bir form göstermektedir (Üneş, 2016; Dırak, 2009).

Duyusal açıdan en ayırt edici özellik, “foxy” olarak tanımlanan miskimsi-bukemsi aromadır. Bu karakter, başta metil antranilat olmak üzere antranilat esterleri ve bazı uçucu bileşiklerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir (Yang vd., 2024). Bu aroma profili, bazı tüketici grupları için cazip bulunurken, özellikle klasik Avrupa tarzı şarap tüketicileri açısından olumsuz bir özellik olarak değerlendirilebilmektedir. Buna karşın meyve suyu, marmelat, sirke ve geleneksel tatlı ürünlerinde bu aromatik profil, ürüne özgünlük kazandıran bir avantaj hâlini almaktadır.

1.4.2. Kimyasal ve Biyoaktif Bileşenler

İsabella üzümü; şekerler (özellikle glikoz ve fruktoz), organik asitler (tartarik, malik, sitrik), vitaminler (C vitamini ve bazı B vitaminleri), mineraller (K, Mg, Fe vb.) ve çeşitli fenolik bileşikler açısından zengin bir bileşime sahiptir. Keskin vd. (2021), Karadeniz kıyısında yetiştirilen *V. vinifera* cv. Katikara ve *V. labrusca* cv. İsabella çeşitlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, İsabella üzümünün toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından anlamlı derecede yüksek değerlere sahip olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Neira-Ospina vd. (2024) tarafından yapılan bir derlemede de *V. labrusca* türlerinin kabuk fraksiyonunda *V. vinifera* çeşitlerinden daha yüksek fenolik konsantrasyonlar ve buna bağlı olarak daha yüksek antioksidan kapasite rapor edilmiştir.

Fenolik bileşikler arasında özellikle antosiyaninler, flavonoller, flavanoller ve fenolik asitler öne çıkmaktadır. Antosiyaninler üzüm kabuğuna rengini veren başlıca pigmentler olup, aynı zamanda güçlü serbest radikal süpürücü aktiviteye sahiptir. Özellikle malvidin türevleri, delphinidin ve petunidin glikozitleri önemli antosiyanin bileşenleri olarak bildirilmektedir (Neira-Ospina vd., 2024).

Ayrıca, İsabella üzümünün resveratrol başta olmak üzere stilbenler bakımından da dikkat çekici düzeylere sahip olabildiği; bu bileşiklerin kardiyoprotektif, antikanser ve nöroprotektif potansiyellere katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Almeida Sousa Cruz vd., 2024; Vélez vd., 2023). Özellikle son çalışmalarda İsabella üzüm ekstraktlarının bazı kanser hücre hatları üzerinde sitotoksik etkiler gösterdiği, bu etkinin yüksek fenolik içerik ve antioksidan kapasite ile ilişkili olabileceği rapor edilmiştir (Vélez vd., 2023).

1.4.3. Teknolojik ve İşleme Açısından Özellikler

İsabella üzümünün yüksek asitliği, kalın kabuğu ve yoğun aromatik yapısı, meyve suyu, sirke, marmelat ve fermente ürünlerde teknoloji açısından avantaj sağlamaktadır (da Silva vd., 2022), Brezilya’da farklı üzüm çeşitlerinden üretilen meyve sularını karşılaştırdıkları çalışmalarında, İsabella (Isabel) ve diğer *V. labrusca* çeşitlerinden elde edilen suların daha yüksek toplam asitlik, daha yoğun renk ve daha yüksek fenolik madde içerdiğini bildirmiştir. Aydın ve Demir Gökışık (2019) ise ev yapımı İsabella üzüm sirkelerinin toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin yüksek olduğunu ve bunun sirkenin antioksidan kapasitesine anlamlı katkı sağladığını göstermiştir.

İsabella üzümü ve posasının yoğurt, bisküvi ve probiyotik içecekler gibi farklı gıda matrislerine ilave edilmesi, hem ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin artırılması hem de üzüm işleme yan ürünlerinin değerlendirilmesi açısından son yıllarda önem kazanan bir araştırma alanıdır (Demirkol, 2016; Sözbir, 2021; Usta, 2022). Bu çalışmalar, İsabella üzümünün yalnızca tek başına bir meyve veya meyve suyu olarak değil, aynı zamanda çok çeşitli gıda formülasyonlarında fonksiyonel bileşen olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

1.5. Türkiye’de İsabella Üzümünün Kullanım Şekilleri

Türkiye’de özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi’nde İsabella üzümü, geleneksel mutfak kültürünün önemli bir unsuru olarak kabul edilmektedir. Bölgedeki üreticiler üzümü çoğunlukla taze tüketmekle birlikte, önemli bir kısmını çeşitli ürünlere işleyerek değerlendirirler. Bu ürünler arasında en çok bilinenleri; üzüm suyu (meyve suyu),

pepeçura tatlısı, koruk turşusu, koruk ekşisi, sirke ve marmelattır (Acuner ve Keskin, 2022; Üneş, 2016).

Ev yapımı kokulu üzüm suyu, genellikle mevsiminde toplanan üzümlerin belirli miktarda içme suyu ile kaynatılması, süzülmesi ve cam şişelere doldurularak pastörizasyon veya ters çevirme yöntemiyle muhafaza edilmesi şeklinde hazırlanır. Bu ürün, bölgedeki birçok hanede kış aylarında tüketilmek üzere hazırlanan temel içeceklerden biridir. Pepeçura, üzüm suyuna mısır unu ilave edilerek koyu kıvamlı bir tatlı hâline getirilmesiyle elde edilir ve başta Trabzon olmak üzere yöresel gastronominin önemli bir ögesidir.

Koruk turşusu ve koruk ekşisi, henüz tam olgunlaşmamış tanelerden hazırlanan ürünlerdir. Koruk turşusunun üretiminde üzüm koruğu, içme suyu, kaya tuzu, sarımsak, defne yaprağı ve asma yaprağı kullanılmakta; ürün herhangi bir kimyasal katkı maddesi içermemektedir. Koruk ekşisi ise sıkılan koruk suyunun süzülmesi, yoğunlaştırılması ve genellikle hiçbir katkı eklenmeden saklanması ile elde edilir. Aynı şekilde kokulu üzüm sirkesi, tamamen doğal fermantasyonla, yalnızca üzüm suyu ve içme suyu kullanılarak üretilmekte; fermantasyonu hızlandırmak için dışarıdan starter kültür veya katkı ilave edilmemektedir (Aydın ve Demir Gökışık, 2019).

Marmelat üretiminde ise İsabella üzümü kaynatılarak püre hâline getirilir, gerekiyorsa süzgeçten geçirilerek çekirdek ve kabuk kısımları ayrılır, ardından düşük kaynama noktasına sahip kazanlarda kıvam alıncaya kadar pişirilir ve hiçbir ilave şeker veya katkı maddesi olmadan cam kavanozlara doldurulup pastörize edilir. Bu ürünlerde raf ömrü, uygulanan ısı işlem ve ambalajlama koşulları ile doğrudan ilişkilidir. Yöresel üreticilerin büyük çoğunluğu, bu ürünlerin “katkısız” olmasına vurgu yapmakta ve doğal üretim yöntemlerini bir kalite göstergesi olarak sunmaktadır.

Son yıllarda yapılan akademik çalışmalar, bu geleneksel ürünlerin yalnızca gastronomik değil, aynı zamanda beslenme ve sağlık açısından da yüksek potansiyelli fonksiyonel ürünler olabileceğini ortaya koymuştur. Örneğin, ev yapımı İsabella üzüm sirkesinin toplam fenolik ve flavonoid içeriği ile antioksidan kapasitesini değerlendiren bir çalışmada, söz konusu ürünün önemli düzeyde serbest radikal süpürücü etki gösterdiği ve fonksiyonel sirke kategorisinde değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Aydın ve Demir Gökışık, 2019). İsabella üzümü posasının yoğurt ve bisküvi gibi ürünlere ilavesiyle de ürünlerin besinsel ve biyoaktif özelliklerinde anlamlı artışlar sağlanabildiği rapor edilmekte; böylece hem geleneksel ürünler bilimsel olarak karakterize edilmekte hem de yeni ürün geliştirme çalışmalarına altyapı oluşturulmaktadır (Demirkol, 2016; Özkan, 2022; Usta, 2022).

1.6. Önceki Çalışmalar

İsabella üzümü ve *V. labrusca* genotipleri üzerine son on yılda yapılan çalışmalar, genel olarak şu ana başlıklarda toplanmaktadır:

- (i) genetik ve morfolojik çeşitlilik çalışmaları,
- (ii) fenolik bileşik kompozisyonu ve antioksidan kapasitenin belirlenmesi,
- (iii) kurutma, fermantasyon, ultrason gibi işleme tekniklerinin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkileri,
- (iv) üzüm posası ve yan ürünlerin fonksiyonel gıda bileşeni olarak değerlendirilmesi,
- (v) sirke, şarap, meyve suyu ve diğer türev ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi.

Güler vd. (2023), Bolu yöresinde yetişen *V. labrusca* genotiplerinin morфометrik özellikleri ve antioksidan kapasitelerini inceledikleri çalışmalarında, genotipler arasında anlamlı düzeyde farklılıklar bulunduğunu ve bazı genotiplerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite bakımından öne çıktığını bildirmiştir. Keskin vd. (2021) ise Karadeniz kıyısında yetiştirilen *V. vinifera* cv. Katikara ve *V. labrusca* cv. İsabella çeşitlerinin antioksidan aktivite ve biyokimyasal bileşenlerini karşılaştırmış; İsabella üzümünün daha yüksek fenolik içerik ve antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Karaman vd. (2022) tarafından yürütölen çalışmada ise farklı *V. labrusca* genotiplerinin fenolik bileşik ve antioksidan özellikleri değerlendirilmiş, genotipler arasında belirgin farklılıklar rapor edilmiştir.

İşleme koşullarının biyoaktif bileşenlere etkisini ele alan çalışmalarda, özellikle kurutma yöntemleri ve ultrason uygulamaları öne çıkmaktadır. Özkan vd. (2022), siyah “İsabel” üzümünde farklı kurutma yöntemlerinin fenolik bileşikler, antioksidan kapasite, mineral bileşenler ve in vitro biyoerişilebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiş; dondurarak kurutmanın (freeze-drying) fenolik bileşiklerin korunması açısından en etkili yöntem olduğunu bildirmiştir. Demirkol (2016) ise *V. labrusca* üzüm posasının farklı yöntemlerle kurutulmasının ardından yoğurt formölasyonlarında kullanımını ele almış; dondurarak kurutulan posanın ürünün fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini daha yüksek oranda artırdığını rapor etmiştir. Ultrason uygulamasının İsabella üzüm suyu antosiyanin profilini ve renk özelliklerini iyileştirebildiğı de son yıllarda gösterilmiştir (Tiwarei vd., 2010).

İsabella üzümünden elde edilen şarap ve meyve suyu ürünlerine ilişkin çalışmalarda, fenolik kompozisyon, antioksidan kapasite ve duyuşal profil temel inceleme konularıdır. Arcanjo vd. (2017), İsabella üzümünden üretilen kırmızı şarapların fenolik bileşim ve antioksidan kapasitelerini değerlendirmiş; yüksek fenolik içerik ve

belirgin antioksidan kapasiteye sahip olmalarına karşın, “foxy” aromanın duyuasal açıdan sınırlayıcı bir faktör olabildiğini belirtmiştir. Miele vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmalar ise, Brezilya’da farklı üzüm çeşitlerinden üretilen meyve sularının fizikokimyasal ve kimyasal bileşimini karşılaştırmış ve İsabella (Isabel) üzüm sularının daha yüksek toplam asitlik, renk yoğunluğu ve fenolik içeriğe sahip olduğunu göstermiştir.

Türkiye’de doğrudan “İsabella üzüm ürünleri”ni konu alan çalışmalar daha çok tez düzeyinde olup, fenolik bileşiklerin belirlenmesi, antioksidan etki, kurutma yöntemlerinin etkisi, probiyotik içecek üretimi gibi konulara odaklanmıştır (Üneş, 2016; Kavgacı, 2019; Karakütük, 2021; Özkan, 2022; Sözbir, 2021; Usta, 2022).

Aydın ve Demir Gökşık (2019) ise ev yapımı İsabella üzüm sirkesinin toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan kapasitesini inceleyen ilk çalışmalardan biri olarak literatürde öne çıkmaktadır.

Tüm bu çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde, İsabella üzümünün biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite açısından oldukça zengin olduğu, ancak özellikle Türkiye koşullarında üretilen meyve suyu, marmelat, turşu, sirke ve koruk ekşisi gibi ürünlerin fizikokimyasal ve antioksidan profillerini birlikte inceleyen kapsamlı ve karşılaştırmalı çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu durum, yürütülmekte olan tezin özgün değerini güçlendirmekte ve literatürde önemli bir boşluğa işaret etmektedir.

1.7. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının temel amacı, Trabzon yöresinde yetiştirilen İsabella (*Vitis labrusca* L.) üzümünden üretilen meyve suyu, marmelat, turşu, sirke ve koruk ekşisi gibi ürünlerin fizikokimyasal özellikleri ile antioksidan aktivite profillerini belirlemek ve bu ürünleri birbiriyle karşılaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Ürünlerde pH, suda çözünür kuru madde ($^{\circ}\text{Brix}$), titrasyon asitliği, renk parametreleri (L^* , a^* , b^*), toplam kül miktarı gibi temel fizikokimyasal parametreler,
- HPLC veya uygun kromatografik yöntemler kullanılarak sakaroz, D-glikoz, D-fruktoz ve toplam şeker miktarları,
- Askorbik asit (C vitamini) içeriği,
- Toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri,
- DPPH, FRAP, ABTS ve toplam antioksidan kapasite gibi antioksidan aktivite parametreleri belirlenecektir.

Ayrıca, Trabzon yöresinden toplanan taze İsabella üzümlerinden tez kapsamında üretilecek üzüm suyu örnekleri de aynı analizlere tabi tutularak, piyasadan temin edilen

veya ev yapımı ürünlerle karşılaştırılacaktır. Böylece, hammadde kaynaklı farklılıkların ve işleme koşullarının ürün kalitesine etkileri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilecektir. Bu değerlendirme, geleneksel üretim yöntemlerinin standardizasyonu, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve fonksiyonel gıda geliştirme süreçlerine bilimsel altyapı sağlaması açısından önem taşımaktadır.

1.8. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışma, kapsam itibarıyla aşağıdaki aşamaları içermektedir:

Materyalin temini:

- Trabzon yöresinden taze İsabella üzümünün belirli olgunluk döneminde hasat edilmesi,
- Yerel üreticilerden katkısız olarak üretildiği beyan edilen İsabella üzüm suyu, turşu, sirke, marmelat ve koruk ekşisi ürünlerinin temini.

Deneysel ürün üretimi:

- Toplanan taze üzümlerden belirlenen bir reçeteye göre laboratuvar ölçeğinde üzüm suyu üretimi,
- Üretim koşullarının (sıcaklık, süre, su oranı gibi) standardize edilmesi ve kayıt altına alınması.

Fizikokimyasal analizler:

- TS ve uluslararası standartlara uygun şekilde pH, suda çözünür kuru madde (refraktometre), titrasyon asitliği, renk tayini, toplam kül tayini gibi temel analizlerin gerçekleştirilmesi,
- Şeker profili (sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker) ile askorbik asit miktarının uygun analitik metotlarla (HPLC vb.) belirlenmesi.

Biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite analizleri:

- Toplam fenolik madde içeriğinin Folin–Ciocalteu yöntemi,
- Toplam flavonoid madde içeriğinin uygun spektrofotometrik yöntemle,
- DPPH, FRAP, ABTS ve toplam antioksidan kapasite testleri ile antioksidan aktivite düzeylerinin belirlenmesi (Kasangana vd., 2015; Ahmed vd., 2015).

İstatistiksel değerlendirme ve karşılaştırma:

- Elde edilen verilerin istatistiksel analizinin (ANOVA, çoklu karşılaştırma testleri vb.) yapılması,
- Farklı ürün grupları (meyve suyu, turşu, sirke, marmelat, koruk ekşisi) ve taze üzüm suyu arasında anlamlı farkların belirlenmesi,

- İlgili parametreler arasında korelasyon analizlerinin gerçekleştirilmesi (örneğin toplam fenolik madde–antioksidan kapasite ilişkisi).

Sonuçların yorumlanması ve öneriler:

- İsabella üzümünden üretilen ürünlerin fonksiyonel gıda potansiyelinin ortaya konulması,
- Ürünlerin standardizasyonu ve olası mevzuat düzenlemeleri için bilimsel altyapı sağlanması,
- İsabella üzümünün tanıtımına ve katma değerli ürün üretimine yönelik önerilerin geliştirilmesi.

Bu kapsam dâhilinde elde edilecek bulguların; hem akademik literatüre katkı sağlaması hem de bölgesel ölçekte üretim yapan işletmelere ve üreticilere yol gösterici olması beklenmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada İsabella üzümünün kendisi kontrol örneği olarak kullanıldı. Bunun için olgunlaşmış üzüm saplarından ayrılarak blenderda uygun hale getirildi. Analizleri yapılmaya kadar -18 °C 'de saklandı.

2.1. İsabella Üzümü Marmelatı Üretim Süreci

Hasat edilen olgun İsabella üzümleri seçme masasında ayıklanmış, sap ve yabancı materyaller uzaklaştırıldıktan sonra bol su ile iyice yıkanmıştır. Temizlenen üzümler, kabuk ve çekirdek yapısındaki aromatik bileşiklerin ürüne maksimum geçişini sağlamak amacıyla kontrollü şekilde pişirilmiştir. Pişirme aşamasının ardından üzüm posası uygun elek veya süzgeçten geçirilerek suyu ve pektinli kısmı ayrılmıştır. Elde edilen üzüm özsuğu, marmelat kıvamının sağlanabilmesi için düşük kaynama noktasına sahip buharlı bir kazanda vakum altında konsantre edilmiştir. Bu işlem sırasında ürünün doğal renginin korunması ve istenen viskozitenin elde edilmesi hedeflenmiştir. Kıvamı uygun hale gelen marmelat, sıcak dolum yöntemiyle steril cam kavanozlara doldurulmuştur. Kavanoz kapakları kapatıldıktan sonra ürünün raf stabilitesini artırmak amacıyla pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Ürün tamamen doğal olup herhangi bir katkı maddesi veya su ilavesi bulunmamaktadır.

2.2. Koruk Turşusu Üretim Süreci

Kokulu üzümün olgunlaşmamış hali olan koruklar özenle hasat edilmiş ve bol su ile yıkanmıştır. Üretimde kullanılmak üzere içme suyu ve kaya tuzu ile salamura çözeltisi hazırlanmıştır. Temizlenen koruklar cam kavanozlara veya gıda ile teması uygun bidonlara yerleştirilmiştir. Kavanoz veya bidonların içerisine, korukların üzerine salamura suyu ilave edilmiş; aroma ve fermentasyon karakterini zenginleştirmek amacıyla defne yaprağı ve sarımsak eklenmiştir. Ürüne şeker, sirke veya limon ilavesi yapılmamıştır.

Hazırlanan karışım yaklaşık 6 hafta boyunca kontrollü koşullarda fermentasyona bırakılmış ve sürecin sonunda koruk turşusu elde edilmiştir.

2.3. Üzüm Suyu Üretim Süreci

Mevsiminde hasat edilen taze ve aromatik kokulu üzümler ayıklanıp yıkandıktan sonra, belirlenen oranda içme suyu ile birlikte tanka alınarak kaynatılmıştır. Isıl işlem sonunda oluşan karışım süzülerek berrak üzüm suyu elde edilmiştir. Süzülen ürün sıcak dolum yöntemiyle steril cam şişelere doldurulmuş ve kapakları kapatılarak soğumaya bırakılmıştır. Ürüne herhangi bir katkı maddesi veya koruyucu eklenmemiş olup, üretim sürecinde şeker ilavesi yapılmamıştır.

2.4. Koruk Ekşisi Üretim Süreci

Hasat edilen kokulu üzüm korukları özenle ayıklanmış, yıkanmış ve saplarından ayrılmıştır. Ardından koruklar sıkılarak suları elde edilmiştir. Elde edilen koruk suyu uygun bir elekten geçirilerek süzölmüş ve kalite kaybını önlemek amacıyla derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Ürün tüketileceği zaman dondurucudan çıkarılmış, kaynatılarak kıvamı olgunlaştırılmış ve steril cam şişelere doldurularak tüketime hazır hale getirilmiştir. Üretim sürecinin hiçbir aşamasında ürüne su, şeker veya tuz ilavesi yapılmamıştır. Koruk ekşisi yemek ve salatalarda doğal ekşilik verici olarak kullanılabilmiştir. Ayrıca içme suyu ve şeker ilave edilerek koruk şerbeti hazırlanabilmiştir.

2.5. Kokulu Üzüm Sirkesi Üretim Süreci

Özenle hasat edilen kokulu üzümler yıkanmış ve sirke oluşumu için uygun kaplara alınarak yaklaşık 4 ay süreyle doğal fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon sürecini hızlandırmak amacıyla herhangi bir katkı maddesi kullanılmamış; üretimde yalnızca üzüm ve içme suyu tercih edilmiştir. Süreç boyunca ürüne şeker ilavesi yapılmamıştır. Fermentasyon tamamlandıktan sonra sirke süzölerek berraklaştırılmış ve steril cam kavanozlara doldurularak muhafaza edilmiştir.

2.6. Cihazlar

Analiz yöntemlerinde kullanılan cihazlar aşağıda belirtilmiştir. Şeker ve HMF analizleri için Agilent marka 1200 serisi HPLC sistemi kullanılmıştır. Antioksidan ve fenolik bileşik analizlerinde Shimadzu UV-1800 spektrofotometre tercih edilmiştir. pH ölçümleri Hanna marka pH metre ile gerçekleştirilmiş; °Brix tayininde Abbe refraktometresi kullanılmıştır. Renk analizleri ise Konica Minolta marka renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ayrıca tüm analizlerde, A sınıfı hacimli cam malzemeler ile kalibrasyonu yapılmış otomatik pipetler kullanılmıştır.

2.7. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar

Deneysel çalışmada kullanılmış olan çözelti ve kimyasal maddeler, Merck ve Sigma firmaları tarafından üretilmekle birlikte analitik saflıktadır.

2.8. Çözeltilerin Hazırlanması

Deneysel çalışmalarda TS ISO 3696 (1997) standardına uygun damıtık su veya bu standarda eşdeğer saflıkta su kullanılmıştır. Kullanılan tüm kimyasal reaktiflerin analitik saflıkta olmasına özen gösterilmiştir. Ayarlı çözeltiler, TS 545 standardına; belirteç (indikatör) çözeltileri ise TS 2104 (1975) standardına uygun olarak hazırlanmıştır (TS 545, 1967).

2.9. pH Tayini

Numunelerin pH değerleri, TS 1728 ISO 1842 “Meyve ve sebze ürünleri – pH tayini” standardına uygun olarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde her bir numune, ürün matrisinde meydana gelebilecek faz ayrılmalarını ortadan kaldırmak ve homojen bir karışım elde etmek amacıyla çalkalanmış ve uygun hacimde bir beher içerisine aktarılmıştır. Ölçümlere başlamadan önce, pH metre cihazının doğruluğunu sağlamak için cihaz 4.00 ve 7.00 pH değerlerine sahip tampon çözeltileri ile iki nokta üzerinden kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sırasında tampon çözeltiler, sıcaklık etkisini minimize etmek amacıyla ölçüm sıcaklığına yakın olacak şekilde bekletilmiştir.

Kalibrasyonu takiben cihaz elektrodu saf su ile yıkanmış, kurutma kâğıdı ile nazikçe kurulanmış ve elektrot, homojenize edilmiş numune içerisine daldırılmıştır. Elektrot yüzeyinin numune içerisinde tamamen temas ettiğinden emin olunmuştur. Ölçümler, standardın belirttiği şekilde 20 ± 2 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiş; cihaz göstergesinin sabitlenmesi beklendikten sonra pH değeri kaydedilmiştir. Elektrot, her ölçümü takiben önce saf su ile ardından bir miktar numune ile çalkalanarak bir sonraki ölçüme hazırlanmıştır.

Numunelerin pH değerleri doğrudan cihaz ekranından okunarak değerlendirilmiş ve herhangi bir düzeltme faktörü uygulanmamıştır. Ölçümün tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla her numune iki kez analiz edilmiş, ölçümler arasındaki farkın 0.02 birimden küçük olması koşulu doğrultusunda ortalama değer raporlanmıştır. Herhangi bir sapma durumunda analiz yeniden yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen pH değerleri, ürünlerin asitlik düzeyi, teknolojik işleme uygunluğu, mikrobiyal stabilite ve genel kalite parametreleri açısından değerlendirilmiştir (TS 1728 ISO 1842, 2001).

2.10. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Suda çözünür kuru madde miktarı (°Brix), numunelerin refraktometrik yöntemle belirlenmiştir. Analizlerde TS 1466 “Domates salçası ve püresi Suda çözünür kuru madde tayini” standardında belirtilen esaslar dikkate alınmıştır. Ölçüm öncesinde numunelerin homojenliğini sağlamak amacıyla her örnek hafifçe çalkalanmış ve temsil kabiliyetini artırmak için uygun bir karıştırma işlemi uygulanmıştır.

Analiz için numuneden gerekli miktarda örnek alınmış ve refraktometrenin temizlenmiş prizma yüzeyi üzerine damlatılmıştır. Numunenin prizma yüzeyi üzerinde hava kabarcığı kalmamasına ve örneğin prizmaları tamamen kaplamasına dikkat edilmiştir. Cihazın kapak kısmı, numunenin prizmalarla tam temasını sağlamak için üretici talimatlarına uygun şekilde kapatılmıştır.

Refraktometrenin su banyosu bağlantıları kontrol edilmiş ve cihazın ölçüm bölgesi 20 °C sıcaklığa ulaşana kadar beklenmiştir. Sıcaklık kontrolü, optik kırılma indisinin sıcaklıktan etkilenmesini önlemek açısından kritik bir aşama olduğundan her ölçüm öncesi doğrulanmıştır. Sıcaklık stabil hâle geldikten sonra cihazın optik okuma ekranından numunenin kırılma indisi okunmuş ve cihaz otomatik olarak °Brix değerine dönüştürmüştür.

Her numune en az üç kez ölçülmüş, ölçümler arasındaki farkın kabul edilebilir sınırlar içinde olması şartıyla ortalama °Brix değeri sonuç olarak kaydedilmiştir. Numuneler arasında çapraz bulaşmayı önlemek amacıyla her ölçümden sonra prizma yüzeyleri saf su ile yıkanmış ve kurulanmıştır. Elde edilen °Brix değerleri, ürünün çözünebilir kuru madde düzeyinin belirlenmesinde doğrudan kullanılmıştır (TS 1466, 2011).

2.11. Titrasyon Asitliği Tayini

Numunelerin titrasyon asitliği, TS 1125 “Meyve ve sebze ürünleri – Titrasyon asitliği tayini” standardına uygun olarak belirlenmiştir. Asitlik değerleri tüm örneklerde susuz sitrik asit (SSA) cinsinden g/L olarak hesaplanmıştır. Analize başlamadan önce her bir numune homojen hâle getirilmiş ve temsil yeteneğini artırmak amacıyla uygun şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra homojen numuneden 10.0 g tartılarak temiz bir behere aktarılmıştır.

Beherdeki numuneye 75 mL saf su eklenmiş ve karışım manyetik karıştırıcı üzerinde çözünme tamamlanıncaya kadar karıştırılmıştır. pH metre elektrodu çözelti içerisine daldırılmış ve elektrotun tam temas ettiğinden emin olunmuştur. Karışım,

manyetik balık yardımıyla sürekli karıştırılmaya devam ederken titrasyon işlemine geçilmiştir.

Titrasyon, 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi kullanılarak yürütülmüş; pH değeri 8.3'e ulaşıncaya kadar NaOH çözeltisi yavaş ve kontrollü bir şekilde eklenmiştir. Standardın belirttiği üzere, hızlı titrasyon son noktanın aşılmasına yol açabileceğinden NaOH ilaveleri dikkatlice, küçük hacimlerde ve aralıklı olarak yapılmıştır. pH değeri 8.3'e ulaştığında titrasyon sonlandırılmış ve kullanılan toplam NaOH hacmi kaydedilmiştir.

Her numune için titrasyon en az üç kez tekrarlanmış; ölçümler arasındaki farkın kabul edilebilir sınırlar içinde olması koşuluyla ortalama değer hesaplamada kullanılmıştır. Elde edilen NaOH tüketim değerleri, TS 1125 standardında verilen formülasyon kullanılarak susuz sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği olarak ifade edilmiştir (TS 1125, 2002).

2.12. Renk Tayini

Numunelerin renk özellikleri, Hunter renk sistemine göre çalışan bir kolorimetre kullanılarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde her bir numune, renk ölçümünde homojenliğin sağlanması amacıyla uygun şekilde karıştırılmış ve hava kabarcığı oluşmayacak biçimde cihaz örnek kabına aktarılmıştır. Ölçümler, Hunter kolorimetresi (L^* , a^* , b^* sistemi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Cihaz ölçüme alınmadan önce üretici tarafından önerilen prosedürler doğrultusunda kalibre edilmiştir. Kalibrasyonda beyaz ve siyah standart plakalar kullanılmış, cihazın optik doğruluğunun sağlanmasına dikkat edilmiştir. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra her bir numune kap içerisine alınmış ve cihazın örnek okuma penceresi numuneye tam temas edecek şekilde yerleştirilmiştir (Kamış vd., 2022).

Renk parametreleri, Hunter sisteminde tanımlanan üç temel bileşene göre değerlendirilmiştir. L^* değeri, numunenin aydınlık düzeyini göstermekte olup 0 = siyah ve 100 = beyaz aralığında değişmiştir. a^* değeri, numunenin kırmızı–yeşil eksenindeki konumunu temsil etmiş; pozitif a^* değerleri kırmızılığı, negatif a^* değerleri ise yeşilliği ifade etmiştir. b^* değeri ise sarı–mavi eksenini yansıtmış; pozitif b^* değerleri sarılığı, negatif b^* değerleri ise maviliği göstermiştir.

Her bir numune için ölçüm en az üç kez tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması renk analizi sonucu olarak kaydedilmiştir. Cihazın optik yüzeyi her ölçümden sonra saf su ve uygun temizlik malzemeleri ile temizlenmiş, böylece ardışık analizler arasında olası kontaminasyonun önüne geçilmiştir. Bu yöntemle elde edilen L^* , a^* ve b^*

değerleri, incelenen ürünlerin renk özelliklerinin karşılaştırılmasında ve işleme koşullarının renk üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

2.13. Toplam Kül Miktarı Tayini

Numunelerin toplam kül miktarı, yüksek sıcaklıkta yakma esasına dayanan gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Analiz öncesinde kullanılacak krozeler, boş ağırlıklarının sabitlenmesi amacıyla 105 °C’de 2 saat süreyle etüvde kurutulmuş ve ardından en az 15 dakika desikatörde bekletilerek oda sıcaklığına soğutulmuştur. Desikatörde soğutulan krozeler hassas terazi ile tartılmış ve başlangıç ağırlıkları kaydedilmiştir.

Her bir kuru kroze içerisine analiz edilecek numuneden uygun miktarda örnek yerleştirilmiş ve numunenin yüzeye homojen şekilde yayılmasına özen gösterilmiştir. Krozeler, kül fırınına alınmadan önce Cihaz güvenliği açısından 105 °C’de kısa süre ön kurutma yapılmış; ardından fırın sıcaklığı kademeli olarak 550 °C’ye yükseltilmiştir. Krozeler bu sıcaklıkta, ağırlıkları sabit hâle gelinceye kadar tutulmuş; organik maddenin tamamen uzaklaştırılması ve karbon artığının kalmaması için yanma sürecinin tamamlanmasına dikkat edilmiştir.

Yakma işlemi sonucunda karbon içermeyen, açık gri–beyaz renkte, üniform bir kül elde edilinceye kadar işlem sürdürülmüştür. Fırından çıkarılan krozeler, yüksek sıcaklıktan kaynaklı nem çekimini önlemek için hemen desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Soğuyan krozeler yeniden tartılmış ve son ağırlıkları kaydedilmiştir.

Toplam kül miktarı, yakma öncesi ve sonrası ağırlıklar arasındaki fark esas alınarak hesaplanmış; sonuçlar % (m/m) olarak ifade edilmiştir. Numunelerin her biri en az iki tekrar şeklinde analiz edilmiş, tekrarlardan elde edilen sonuçların ortalaması toplam kül değeri olarak raporlanmıştır (Baltacı vd., 2022).

2.14. Toplam Şeker, Sakkaroz, Glikoz ve Fruktoz Tayini

Numunelerde toplam şeker, sakkaroz, D-glikoz ve D-fruktoz miktarları, IHC (International Honey Commission) tarafından yayımlanan 2009 tarihli metodoloji esas alınarak belirlenmiştir (IHC, 2009). Analiz öncesinde numuneler homojenleştirilmiş ve temsil kabiliyeti sağlanmıştır. Temsili numuneden 2.50 g hassas olarak tartılarak cam bir behere aktarılmıştır.

Behere içerisine 40 mL damıtık su ilave edilmiş ve karışım herhangi bir ısıtma uygulanmaksızın çözünebilir hâle gelinceye kadar manyetik karıştırıcı üzerinde homojen

olarak çözüldürülmüştür. Çözeltilerin tamamen karıştığından emin olunduktan sonra, daha önceden 10 mL metanol içeren 100 mL'lik balon joie aktarılmıştır. Balon joie aktarım sırasında numunenin tamamının geçmesinin sağlanmasına ve cam yüzeylerde örnek kalmamasına dikkat edilmiştir.

Balon joiede hacim işareti kadar uygun çözücü (su/metanol karışımı) eklenmiş ve çözeltilerin homojenliği sağlanmıştır. Elde edilen karışım, partikül ve kolloidal maddelerin HPLC kolonuna zarar vermesini önlemek amacıyla 0.45 µm membran filtreden süzölmüştür. Süzölen çözelti, analiz için uygun HPLC vial'lerine aktarılmıştır.

Hazırlanan numuneler, cihaz koşullarına uygun kolon ve dedektör sistemleri kullanılarak HPLC cihazında analiz edilmiştir. Enjeksiyon öncesinde cihaz stabilitesi sağlanmış, mobil fazın dengelenmesine dikkat edilmiştir. Her bir şeker türü (sakkaroz, glikoz, fruktoz) için standart çözeltiler hazırlanmış; kalibrasyon doğrusu çizilmiş ve analiz sonuçları bu doğrular üzerinden hesaplanmıştır.

Analizlerin tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla her numune en az iki kez enjekte edilmiş, elde edilen pik alanları veya yükseklikleri karşılaştırılarak ortalama değerler raporlanmıştır. Sonuçlar, standart eğriye dayanarak mg/100 g veya g/100 g taze ağırlık cinsinden ifade edilmiştir.

2.15. Askorbik Asit (C Vitamini Tayini)

Meyve örneklerindeki C vitamini (L-askorbik asit) miktarı, Fidan vd. (2023) tarafından bildirilen yöntemin modifiye edilmiş versiyonu kullanılarak HPLC-UV dedektörlü sıvı kromatografisi ile belirlenmiştir. Analizler, UV 1000 dedektörlü Thermo Separation Products HPLC sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle L-askorbik asit için kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Bunun için 10, 30, 60, 90 ve 120 mg/L derişimlerinde standart çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerin pik alanları kullanılarak doğrusal kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Örnek hazırlama aşamasında, her bir meyve örneğinden 10 g tartılmış ve küçük parçalar hâline getirilmek üzere öğütücüde doğranmıştır. Doğranan meyve kütlesinin üzerine, örneği tamamen örtecek şekilde yeterli miktarda %15 (m/m) metafosforik asit çözeltisi eklenmiş ve karışım homojenizatörde tamamen homojen hâle getirilmiştir. Elde edilen homojen karışımın hacmi 100 mL'ye tamamlanmış ve ardından süzgeç kâğıdından süzölmüştür.

Süzüntü, partiküllerin uzaklaştırılması ve HPLC sisteminin korunması amacıyla 0.45 µm por çaplı membran filtreden geçirilmiş ve elde edilen berrak süpernatant HPLC vial'lerine alınarak cihaza enjekte edilmiştir.

Numunelerdeki C vitamini miktarı, pik alanlarının standart kalibrasyon eğrisindeki karşılık gelen değerleri kullanılarak hesaplanmış ve aşağıdaki regresyon denklemi uygulanmıştır:

$$y = 61257x - 102145 (R^2 = 0.998) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Bu denklem kullanılarak örneklerdeki L-askorbik asit (C vitamini) miktarları mg/L veya mg/100 g taze ağırlık cinsinden hesaplanmış ve sonuçlar rapor edilmiştir. Bu yöntem, meyve örneklerinde askorbik asit miktarının hassas, güvenilir ve tekrar edilebilir bir şekilde tayinine olanak sağlamıştır.

2.16. Antioksidan Aktivitelerin ve Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi

Bu bölümde, incelenen üzüm ve üzüm türevli ürünlerde antioksidan aktivitenin belirlenmesi ve biyoaktif bileşenlerin kantitatif olarak analiz edilmesine yönelik uygulanan yöntemler açıklanmaktadır. Antioksidan kapasite; radikal süpürme, metal indirgeme ve toplam fenolik/flavonoid içeriği gibi farklı mekanizmaları içeren çok yönlü bir kavram olduğundan, kapsamlı bir değerlendirme için birden fazla tamamlayıcı analiz yöntemi kullanılmıştır. Tüm spektrofotometrik ölçümler Shimadzu UV-1800 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup çözeltiler TS ve uluslararası standartlara uygun şekilde hazırlanmıştır.

2.16.1. Örnek Hazırlığı

Numuneler analiz öncesi homojen hâle getirilmiş, 10 g tartılarak 50 ml hacimlerde plastik kaplara alınmıştır. Çözeltiler, çapraz bulaşmayı önlemek amacıyla her bir numune için ayrı pipet uçları ile hazırlanmıştır. Membran filtrasyon gerektiren analizlerde 0.45 µm membran filtre kullanılmıştır.

2.16.2. FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini

Numunelerin toplam demir indirgeme antioksidan kapasiteleri, Fidan vd. (2023) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmiş versiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerde taze hazırlanmış FRAP çalışma çözeltisi kullanılmıştır. FRAP reaktifi; 300 mM asetat tamponu (pH 3.6), 10 mM TPTZ çözeltisi (40 mM HCl içinde hazırlanmış) ve 20 mM FeCl₃·6H₂O çözeltilerinin 10:1:1 oranında karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Çözelti hazırlığından sonra karışım karanlık koşullarda oda sıcaklığında kısa bir süre dengelenmeye bırakılmıştır.

Örnek hazırlığında, her bir numuneden 250 µL alınmış ve üzerine 2750 µL FRAP reaktifi ilave edilmiştir. Karışım vorteks cihazında homojen hâle getirilmiş ve reaksiyon gelişiminin tam gerçekleşmesi için tüpler 37 °C’de, karanlık koşullarda 30 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Kör (blank) olarak numune yerine 250 µL saf su kullanılmış ve aynı işlem adımları izlenmiştir.

Kantitatif değerlendirme için FeSO₄ standart çözeltileri (10–200 µg/mL) hazırlanmış ve bu standartlardan elde edilen absorbans değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Standart eğrisi doğrusal regresyon ile değerlendirilmiş ve elde edilen denklem şu şekilde olmuştur:

$$y = 0.0178373x - 0.0364093 (R^2 = 0.997) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

İnkübasyon süresinin tamamlanmasının ardından reaksiyon çözeltilerinin absorbansı 593 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, oluşturulan regresyon denklemi kullanılarak FeSO₄ asit karşılıkları cinsinden hesaplanmış ve sonuçlar mg FeSO₄/g olarak ifade edilmiştir.

2.16.3. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini

ABTS radikal katyonu süpürme aktivitesi, Kobya vd. (2024) tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmiş versiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Yöntem, ABTS•⁺ radikalinin renk şiddetindeki azalmaya dayalı spektrofotometrik bir ölçüm olup, numunelerin radikal engelleme kapasitesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Öncelikle 7 mM ABTS stok çözeltisi, distile su içinde hazırlanmış ve üzerine 2.45 mM potasyum persülfat (nihai konsantrasyon olacak şekilde) eklenmiştir. Hazırlanan karışım oda sıcaklığında, ışık almayan karanlık koşullarda 16 saat bekletilerek ABTS•⁺ radikal katyonunun tam olarak oluşması sağlanmıştır. İnkübasyon süresi sonunda oluşan stok çözeltiden çalışma çözeltisi hazırlanmış ve spektrofotometrede 734 nm’deki absorbansı 0.700 ± 0.002 olacak şekilde seyreltilmiştir.

Analiz için, her bir numuneden 150 µL alınmış ve üzerine 2850 µL seyreltik ABTS•⁺ çalışma çözeltisi ilave edilmiştir. Karışım 30 saniye vortekslenmiş ve ardından oda sıcaklığında 10 dakika süreyle karanlıkta inkübe edilmiştir. Kör (blank) olarak numune yerine 150 µL metanol kullanılmıştır.

Kantitatif değerlendirme için askorbik asit (AA) standart çözeltileri 2–20 µg/mL aralığında hazırlanmış ve numunelerle aynı işlem adımları uygulanarak ölçülmüştür. Tüm

absorbans ölçümleri spektrofotometre kullanılarak 734 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Standart askorbik asit çözeltilerinden elde edilen absorbans değerleri doğrusal regresyon analizi ile değerlendirilmiş ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$y = -0.0102x + 1.887(R^2 = 0.998) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Bu eşitlik kullanılarak numunelerin radikal süpürme kapasiteleri hesaplanmış ve sonuçlar mg AAE/g ekstrakt (Askorbik Asit Eşdeğeri/g) olarak ifade edilmiştir. Bu yöntem, farklı numunelerin antioksidan kapasitelerinin standartlaştırılmış biçimde karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

2.16.4. DPPH Serbest Radikal Süpürme Aktivitesi Tayini

Numunenin antioksidan aktivitesi, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak gerçekleştirilen kolorimetrik yöntemle belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2023; Öz vd., 2023). Bu yöntem, DPPH radikalının kararlı mor renginin antioksidan moleküller tarafından indirgenmesi sonucu absorbans azalmasına dayanmaktadır.

Öncelikle çalışma DPPH çözeltisi, stok DPPH çözeltisinden 2.5 mL alınarak metanol ile 250 mL'ye seyreltilmiş ve spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda 0.980 ± 0.02 absorbans verecek şekilde ayarlanmıştır. Analiz için, her bir numune çözeltisinden (1.2 mg/mL) uygun hacimde alınarak DPPH çalışma çözeltisi ile karıştırılmıştır. Aynı işlem askorbik asit (AA) standart çözeltileri için de uygulanmış olup standartlar 25–250 µg/mL konsantrasyon aralığında hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar vorteks ile homojen hâle getirilmiş ve 30 dakika süreyle karanlıkta oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından karışımların absorbansı 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

Her bir standardın absorbans değerleri doğrusal regresyon analiziyle değerlendirilmiş ve aşağıdaki kalibrasyon denklemi elde edilmiştir:

$$y = -0.01009x + 1.7014(R^2 = 0.997) \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Bu denklem kullanılarak numunelerin DPPH radikal süpürme kapasiteleri hesaplanmış ve sonuçlar mg AAE/g (Askorbik Asit Eşdeğeri/g) olarak ifade edilmiştir.

2.16.5. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini

Numunenin toplam antioksidan kapasitesi (TAK), Kamış vd. (2022) tarafından bildirilen molibdat reaktifine dayalı spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem, molibdat iyonlarının antioksidan bileşikler tarafından indirgenmesi sonucu oluşan renk değişiminin ölçülmesine dayanmaktadır.

Analiz kapsamında, her bir numuneden 500 µL alınmış ve üzerine 2500 µL deiyonize su eklenmiştir. Ardından 1000 µL molibdat reaktifi ilave edilmiş ve karışım vorteks ile homojen hâle getirilmiştir. Hazırlanan tüplerin kapakları kapatılmış ve 95 °C’de 90 dakika su banyosunda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda tüpler oda sıcaklığında 20–30 dakika soğumaya bırakılmıştır.

Kör çözeltide numune yerine 500 µL deiyonize su kullanılarak aynı adımlar izlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi oluşturmak amacıyla askorbik asit standart çözeltileri 25–400 µg/mL aralığında hazırlanmış ve numunelerle aynı koşullarda işleme tabi tutulmuştur. Tüm çözeltilerin absorbansları 695 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüştür. Standart askorbik asit çözeltilerinden elde edilen absorbans değerlerine doğrusal regresyon uygulanmış ve aşağıdaki denklem elde edilmiştir:

$$y = 0.0022x - 0.061(R^2 = 0.997) \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Bu denklem kullanılarak numunelerin toplam antioksidan kapasite değerleri hesaplanmış ve sonuçlar mg AAE/g (Askorbik Asit Eşdeğeri/g numune) olarak ifade edilmiştir. Bu yöntem, numunenin genel antioksidan kapasitesinin kantitatif olarak karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

2.16.6. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Tayini

Numunenin toplam flavonoid madde miktarı (TFC), Yılmaz vd. (2023) tarafından bildirilen kolorimetrik metoda göre belirlenmiştir. Yöntem, flavonoid bileşiklerinin alüminyum klorür ile kompleks oluşturarak renk meydana getirmesi ve oluşan rengin spektrofotometrik ölçümü esasına dayanmaktadır.

Analiz için, her bir numuneden 500 µL alınmış; aynı işlem seri hâlinde hazırlanmış kateşin standart çözeltileri (25–400 µg/mL, etanol içinde hazırlanmış) için de uygulanmıştır. Numune üzerine 3200 µL %30 (v/v) metanol eklenmiş ve karışım vorteks ile homojen hâle getirilmiştir.

Ardından, karışıma 150 µL 0.5 M sodyum nitrit (NaNO₂) çözeltisi ilave edilmiş ve 5 dakika süreyle oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda

çözeltiye 150 µL 0.3 M alüminyum klorür (AlCl_3) çözeltisi eklenmiş ve karışım tekrar vortekslenmiştir. Çözelti 5 dakika daha inkübe edilmiştir.

Reaksiyonun tamamlanması için tüplere 1 mL 1 M NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve karışım bir kez daha vortekslenmiştir. Son aşamada çözeltiler 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve oluşan rengin absorbansı 506 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüştür. Kör (blank) olarak numune yerine 500 µL deiyonize su kullanılmıştır.

Kalibrasyon eğrisi, kateşin standart çözeltilerinden elde edilen absorbans değerlerine doğrusal regresyon uygulanarak oluşturulmuş ve aşağıdaki denklem elde edilmiştir:

$$y = 0.00054x + 0.00203 (R^2 = 0.999) \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Bu denklem kullanılarak numunelerin toplam flavonoid madde içerikleri hesaplanmış ve sonuçlar mg QE/g (Kuersetin Eşdeğeri/g) olarak ifade edilmiştir. Yöntem, numunenin flavonoid zenginliğinin kantitatif bir değerlendirmesini sağlamıştır.

2.16.7. Toplam Fenolik Madde (TPC) Tayini – Folin–Ciocalteu Yöntemi

Numunenin toplam fenolik madde içeriği (TPC), Oğuz vd. (2023) ve Öz vd. (2023) tarafından bildirilen Folin–Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem, fenolik bileşiklerin Folin–Ciocalteu reaktifi ile indirgenmesi sonucu oluşan mavimsi rengin spektrofotometrik ölçümüne dayanmaktadır.

Analiz için her bir numuneden 300 µL alınmış ve ayrı reaksiyon tüplerine aktarılmıştır. Aynı işlem gallic asit standart çözeltileri (20–160 µg/mL) için de uygulanmıştır. Numune üzerine sırasıyla 3.4 mL deiyonize su, 0.5 mL metanol ve 200 µL Folin–Ciocalteu reaktifi eklenmiş; karışım vorteks ile homojen hâle getirilmiştir. Bu aşamayı takiben çözelti 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir.

İnkübasyon süresinin sonunda tüplere 600 µL %10 (w/v) sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilmiş ve karışım yeniden vortekslenmiştir. Reaksiyonun tamamlanması için tüpler 120 dakika karanlıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan rengin absorbansı 760 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Kör (blank) çözelti, numune yerine 3.7 mL deiyonize su, 0.5 mL metanol, 100 µL Folin–Ciocalteu reaktifi ve 600 µL Na_2CO_3 içerecek şekilde hazırlanmış ve numunelerle aynı inkübasyon koşullarına tabi tutulmuştur. Kalibrasyon eğrisi, gallic asit standart çözeltilerinden elde edilen absorbans değerlerine doğrusal regresyon uygulanarak oluşturulmuş ve aşağıdaki denklem elde edilmiştir:

$$y = 0.00703x + 0.0298(R^2 = 0.998)$$

(Eşitlik 7)

Bu denklem kullanılarak hesaplanan toplam fenolik madde miktarları mg GAE/g (Gallik Asit Eşdeğeri/g numune) olarak ifade edilmiştir. Böylece numunenin fenolik madde içeriği kantitatif ve güvenilir biçimde belirlenmiştir.

2.17. Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini – HPLC Yöntemi

İsabella üzüm örneklerinde HMF (5-hidroksimetilfurfural) miktarı, TS 6178 ISO 7466 “Meyve ve sebze ürünleri – 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) İçeriğinin Tayini” standardına uygun olarak yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemiyle belirlenmiştir. Analizlerde 250 mm × 4.6 mm boyutunda C18 ters faz kolonu, 90:10 (su: metanol) oranında mobil faz, 1 mL/dak akış hızı ve 285 nm dalga boyu kullanılmıştır.

Örnek hazırlığında, her bir İsabella üzüm örneği önce homojen hâle getirilmiş ve manyetik karıştırıcı üzerinde tamamen çözünebilir duruma getirilmiştir. Analiz için örneklerden 2.50 g hassas şekilde tartılmış ve 50 mL’lik balonjojeye aktarılmıştır. Üzerine 25 mL saf su eklenerek numunenin çözünmesi sağlanmıştır.

HMF’nin bozulmasını önlemek amacıyla çözeltiye sırasıyla 0.25 mL Karrez I ve 0.25 mL Karrez II çözeltileri ilave edilmiştir. Daha sonra balonjoje işaret çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan karışım süzgeç kâğıdı üzerinden süzölmüş; ardından süzöntü 0.45 µm por çaplı membran filtreden geçirilmiş ve uygun HPLC vial’lerine alınmıştır.

Hazırlanan numuneler, şartlandırılmış HPLC sistemine enjekte edilmiştir. İsabella üzüm çözeltilerindeki HMF miktarı; numune pik alanları ile HMF standart çözeltilerinden elde edilen pik alanları karşılaştırılarak, gerekli seyreltmeler de dikkate alınarak hesaplanmıştır. Kalibrasyon eğrisi, 1, 2, 4, 8 ve 12 mg/L derişimlerinde hazırlanan standart çözeltiler kullanılarak oluşturulmuştur. HMF pik alanı ile konsantrasyon arasında doğrusal bir ilişki elde edilmiş ve aşağıdaki regresyon denklemi kullanılmıştır:

$$y = 140.303904x + 1.8896359(R^2 = 0.999)$$

(Eşitlik 8)

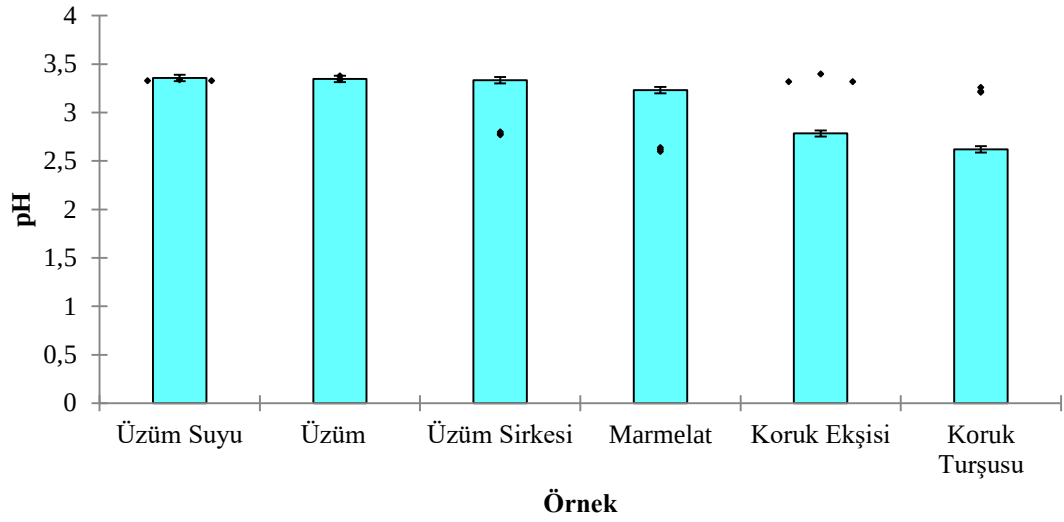
Numunelerdeki HMF içerikleri bu denklem kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg/kg biriminde, virgülden sonra iki basamak olacak şekilde rapor edilmiştir. Böylece İsabella üzüm örneklerinde HMF düzeyleri güvenilir ve doğrulanabilir biçimde belirlenmiştir (Baltacı ve Akşit, 2016).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Asitlik Değerleri ve pH

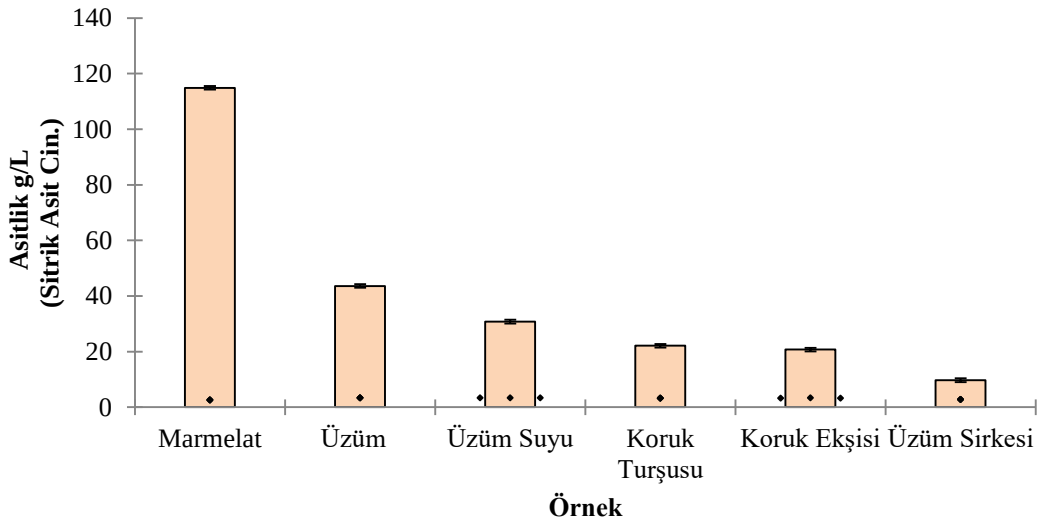
İsabella üzümü ve bu üzümünden elde edilen ürünlerde belirlenen pH ve asitlik değerleri, numunelerin kimyasal bileşimlerindeki farklılıkları ve uygulanan işlem basamaklarının etkilerini açık biçimde ortaya koymaktadır. Gıdalarda pH ve titrasyonla belirlenen asitlik, ürünün kimyasal stabilitesi, mikrobiyal dayanıklılığı, tat–aroma profili ve raf ömrü üzerinde doğrudan belirleyici iki temel parametredir. pH, çözeltideki serbest hidrojen iyonu yoğunluğunu gösterirken, titrasyonla belirlenen toplam asitlik hem serbest hem de bağlı organik asit miktarını yansıtır. Bu nedenle pH değeri ile asitlik her zaman birebir paralel ilerlemez; yüksek asitliğe rağmen pH'nın tamponlama kapasitesi nedeniyle belirli bir aralıkta sabit kaldığı durumlar sıkça görülür. Meyvelerde yaygın olarak bulunan tartarik, malik ve sitrik asit gibi organik asitlerin miktarı, duyu kalite, renk stabilitesi ve mikrobiyal direnç üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Güler vd., 2020; Rizzon vd., 2002).

Analiz edilen üzüm örneklerinde pH'nın 3.35 (d), asitlik değerlerinin ise 43.62 g/L (e) düzeyinde bulunması, üzümün doğal tartarik ve malik asit yoğunluğuyla açıklanabilir (Tablo 2, Şekil 1 ve Şekil 2). Bu organik asitler yüksek olmasına rağmen tamponlama kapasitesi nedeniyle pH'nın hafif asidik aralıkta sabit kaldığı görülmektedir. Üzüm suyunda pH'nın 3.36 (d) ve asitliğin 30.79 g/L (d) olması da meyvedeki bu organik asitlerin sıvı faza geçmesiyle ortaya çıkan karakteristik bir kimyasal profile işaret etmektedir. Nitekim Türk üzüm sularında tartarik ve malik asidin baskın organik asitler olduğu ve asitlik değerlerinin çeşit, işleme yöntemi ve bölgesel farklılıklara bağlı olarak geniş bir aralıkta değişebildiği bildirilmektedir (Güler vd., 2020).



Şekil 1. pH değerleri sütun grafiği

Isıl işlem gören marmelat örneklerinde pH'nın 3.23 (c) düzeyine düşmesi ve asitliğin 114.88 g/L (f) ile tüm numuneler arasında en yüksek seviyeye ulaşması, ısıl işlem sırasında gerçekleşen kimyasal yoğunlaşma süreçleriyle doğrudan ilişkilidir. Pişirme sırasında suyun buharlaşması organik asitlerin derişimini artırmakta, pektin yapısındaki bağlı asitlerin serbestleşmesine yol açmakta ve çözünür kuru madde miktarındaki artış toplam titrasyon asitliğini yükseltmektedir.



Şekil 2. Asitlik değerleri sütun grafiği

Benzer şekilde, koruk suyu ve üzüm türevlerinde yapılan çalışmalar, uzamış termal işlemin üründeki organik asit derişimini artırarak hem pH'yı düşürdüğünü hem de asitliğı yükselttiğini göstermektedir (El-Kaderi vd., 2020).

Olgunlaşmamış üzümde elde edilen koruk ürünlerinde bu kimyasal özellik daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Koruk turşusunun pH'sı 2.62 (a), asitliğı 22.12 g/L (c); koruk ekşisinin pH'sı 2.78 (b), asitliğı ise 20.73 g/L (b) olarak belirlenmiştir. Bu düşük pH-yüksek asitlik ilişkisi, olgunlaşmamış üzümde malik ve sitrik asit birikiminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim koruk suyu üzerine yapılan çalışmalar, olgunlaşmamış üzümün doğal olarak düşük pH, yüksek malik asit ve güçlü titrasyon asitliğı değerlerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (El-Kaderi vd., 2020; Dutra vd., 2020).

Üzüm sirkesinde pH'nın 3.33 (d) ile asidik bölgede kalmasına karşın asitliğın 9.71 g/L (a) gibi daha düşük bir değerde ölçülmesi, sirkenin gerçek organik asit profilini yansıtan analitik yöntemin niteliğıyle ilişkilidir. Sirke temelde yüksek düzeyde asetik asit içerir; ancak asitlik değerin "sitrik asit cinsinden" hesaplanması, asetik asidin eşdeğerlik katsayısı farklı olduğundan daha düşük bir rakamsal değerin elde edilmesine yol açmaktadır. Bu analitik durum, farklı organik asitlerin titrasyon eşdeğerlikleri nedeniyle gıdalarda farklı değerlerle ifade edilebileceğini göstermektedir (Oliveira vd., 2022).

Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, örneklerin asitlik sırası **marmelat> üzüm> üzüm suyu> koruk turşusu ≈ koruk ekşisi> üzüm sirkesi** şeklinde olup hem grafiksel eğilimler hem de literatürde bildirilen meyve işleme-organik asit ilişkileri ile büyük ölçüde uyumludur (Güler vd., 2020; El-Kaderi vd., 2020; Rizzon vd., 2002). Böylece İsabella üzümü ve türev ürünlerinin asitlik ve pH profillerinin, hammadde özellikleri ile uygulanan işlem koşullarına bağı olarak karakteristik ve anlamlı farklılıklar sergilediğı bilimsel olarak ortaya konmuştur ($p<0.05$).

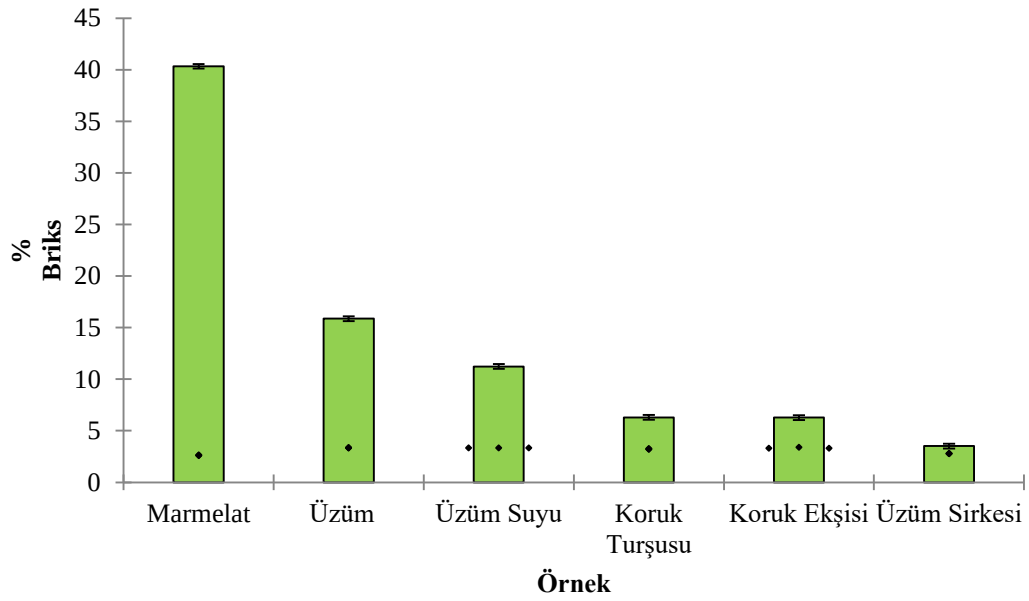
3.2. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin % Briks Değerleri

Suda çözünür kuru madde miktarını ifade eden %Briks, üzüm ve üzümde elde edilen ürünlerde şeker konsantrasyonu, çözünür organik bileşiklerin yoğunluğu, olgunluk düzeyi ve uygulanan işlem koşulları hakkında kritik bilgiler sunar. Üzümlerdeki Briks değeri yalnızca şeker miktarını değil, aynı zamanda çözünür fenolik bileşikler, organik asitler ve pektik maddeler gibi tüm çözünür katıları temsil ettiğinden, farklı ürünlerde gözlenen Briks değişimleri ürünün üretim yöntemini ve kimyasal dönüşümünü doğrudan yansıtır. Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalar da üzüm çeşitlerinin olgunluk

düzeyine bağılı olarak Briks değerlerinin önemli ölçüde değiştiğini ve bunun temel belirleyicisinin şeker-akümülayon mekanizması olduğunu göstermektedir (Kunter vd., 2024).

Tablo 2’deki verilere göre İsabella üzümünün doğal Briks değeri yaklaşık %15.86 (d) düzeyindedir. Bu değeri, üzümün olgunluk derecesi ve şeker birikimi açısından tipik olup, Türkiye’de yetiştirilen üzüm sularında tartarik ve malik asitlerle birlikte orta düzeyde çözünür şekerlerin baskın olduğunu bildiren çalışmayla uyumludur (Güler vd., 2020).

Üzüm suyunda Briks değerinin %11.23 (c) düzeyine düşmesi, sıkım ve süzme aşamalarında çözünmeyen katıların uzaklaşması ve pektin–fenolik bileşiklerin bir kısmının matriksten ayrılmasıyla ilişkilidir. Benzer şekilde Dutra vd. (2020), üzüm suyunun işlenmesi sırasında özellikle filtrasyon ve berraklaştırma adımlarının çözünür katı maddeyi bir miktar azalttığını ve Briks değerini düşürdüğünü bildirmektedir.



Şekil 3. Suda çözünür kuru madde (% briks) değerleri sütun grafiği

Marmelatta Briks değerinin %40.33 (e) gibi oldukça yüksek bir seviyeye ulaşması, ısıtıl işlem sırasında gerçekleşen su kaybı ve çözünür bileşenlerin konsantrasyonu sonucudur. Isıl işleme bağılı su buharlaşması şekerleri, çözünür pektinleri ve asitleri yoğunlaştırarak Briks değerinin yükselmesine neden olur. El-Kaderi vd. (2020), verjuice üzerinde yaptıkları çalışmada uzun süreli termal işlemin organik asit ve çözünür katı madde konsantrasyonunu belirgin şekilde artırdığını bildirmekte olup, bu bulgu marmelat örneklerinde gözlenen yüksek Briks değerleriyle paraleldir. Ayrıca Dutra vd. (2020) da

yüksek sıcaklıkta konsantrasyon işleminin üzüm türevlerinde çözünür şekerleri arttırarak Briks değerini yükselttiğini göstermiştir.

Koruk ürünlerinde koruk turşusu (%6.30) ve koruk ekşisi (%6.27) Briks değerlerinin düşük olması, hammaddenin olgunlaşmamış üzüm olmasıyla doğrudan ilgilidir. Koruk ekşisi üzerine yapılan çalışmalar, olgunlaşmamış üzümün şeker birikimi sınırlı olduğundan düşük Briks değerine sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (El-Kaderi vd., 2020). Bu durum, koruk ürünlerinin belirgin ekşi tadı ve düşük kuru madde içeriğiyle uyumludur.

Üzüm sirkesinde Briks değerinin %3.52 (a) gibi çok düşük bulunması, fermantasyon sürecinde şekerlerin mikroorganizmalar tarafından tüketilerek asetik aside dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Sirke üretiminde karbon kaynağı tüketildiği için Briks değeri doğal olarak minimum seviyeye iner. Rizzon vd. (2002), İsabella üzümü ile yapılan fermantasyon çalışmalarında şekerlerin hızla azaldığını ve sirkeleşme aşamasında Briks değerinin belirgin şekilde düştüğünü bildirmiştir.

Genel eğilim değerlendirildiğinde ürünlerde Briks sıralaması **marmelat >> üzüm > üzüm suyu > koruk ekşisi ≈ koruk turşusu > üzüm sirkesi** şeklindedir.

Bu sıralama, ürünlerin işlenme derecesi, su içeriği, şeker dönüşümü ve konsantrasyon süreçleriyle tam uyumludur. Dutra vd. (2020) ve El-Kaderi vd. (2020) tarafından rapor edildiği gibi, ısıtma işlemi veya su kaybı yoğunlaştıkça Briks artmakta; fermantasyon veya olgunlaşmamış meyve kullanımı gibi süreçlerde Briks düşmektedir. Bu sonuçlar Briks değerinin hem kalite belirleyici hem de ürünün işleme geçmişini ayırt eden kimyasal bir gösterge olduğunu doğrulamaktadır.

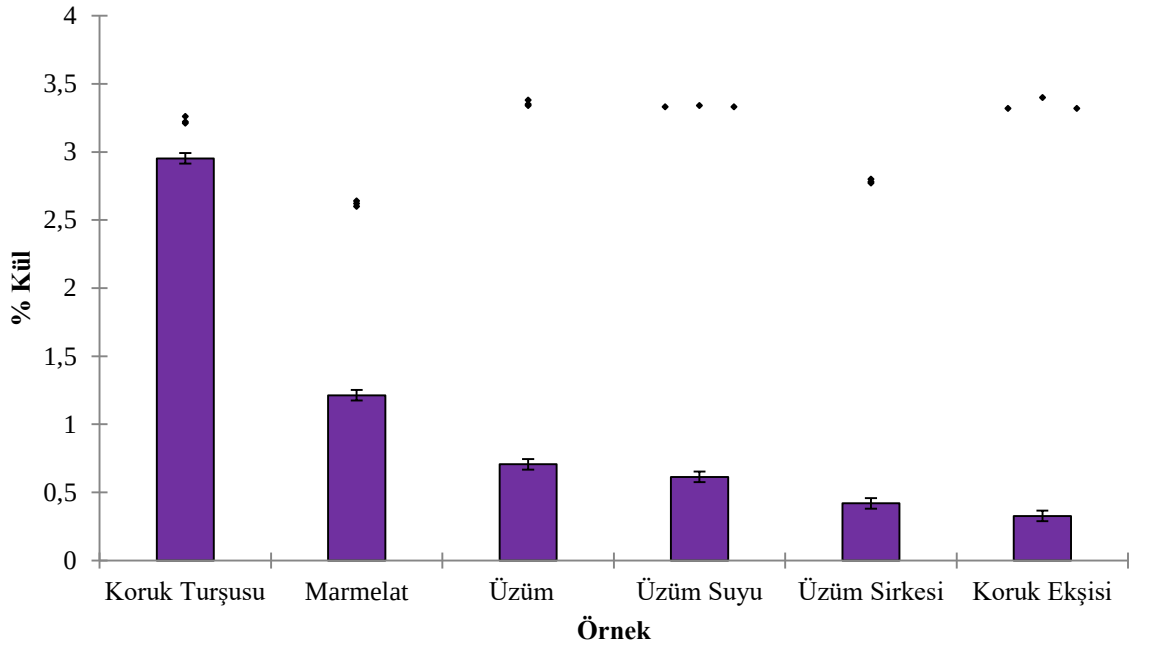
Tablo 2. Örneklerle ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek	pH	% Briks	Asitlik g/L	% Kül	HMF mg/kg	% Fruktöz	% Glikoz	% Sakkaroz	Toplam Şeker %	C Vit. mg/kg
Üzüm	3.35±0.05 ^d	15.87±0.06 ^d	43.62±0.54 ^e	0.71±0.04 ^d	0.00±0.01 ^a	7.22±0.17 ^d	6.35±0.27 ^d	0.01±0.00 ^a	13.58±0.17 ^d	28.85±0.45 ^d
Üzüm Marmelat	3.23±0.03 ^c	40.33±0.31 ^e	114.88±0.47 ^f	1.21±0.03 ^e	2.37±0.13 ^d	18.09±0.47 ^e	15.04±0.15 ^e	0.02±0.01 ^a	33.14±0.58 ^e	13.01±0.58 ^b
Üzüm Suyu	3.36±0.02 ^d	11.23±0.25 ^c	30.79±0.82 ^d	0.61±0.06 ^c	0.59±0.07 ^b	4.53±0.16 ^c	3.63±0.18 ^c	0.02±0.01 ^a	8.16±0.34 ^c	0.01±0.00 ^a
Koruk Turşusu	2.62±0.02 ^a	6.30±0.10 ^b	22.12±0.18 ^c	2.95±0.02 ^f	1.84±0.04 ^c	0.003±0.006 ^a	0.003±0.006 ^a	0.02±0.01 ^a	0.003±0.006 ^a	26.15±0.83 ^c
Koruk Ekşisi	2.78±0.02 ^b	6.27±0.15 ^b	20.73±0.57 ^b	0.33±0.02 ^a	0.02±0.01 ^a	1.67±0.02 ^b	1.47±0.10 ^b	0.02±0.01 ^a	3.14±0.11 ^b	0.01±0.00 ^a
Üzüm Sirkesi	3.33±0.01 ^d	3.52±0.08 ^a	9.71±0.23 ^a	0.42±0.01 ^b	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

3.3. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin % Kül Değerleri

İsabella üzümü ve bu üzümünden elde edilen farklı ürünlerde belirlenen % kül değerleri, ürünlerin mineral madde içeriklerini ve uygulanan işlem basamaklarının bu içerik üzerindeki etkilerini açık biçimde ortaya koymaktadır. Kül, meyve ve meyve ürünlerinde toplam mineral içeriğinin dolaylı bir göstergesi olarak kabul edilmekte; farklı ürünlerdeki kül oranlarının, hem hammadde özellikleri hem de uygulanan teknolojik işlemlere bağlı olarak anlamlı şekilde değiştiği bildirilmektedir (Subedi, 2023). Şekil 4 ve Tablo 2 incelendiğinde, kül oranı bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunduğu ($p < 0.05$) ve Duncan testi sonucunda farklı harf gruplarının olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Kül değerleri sütun grafiği

Koruk turşusu, tüm örnekler içinde en yüksek kül oranına %2.95 (f) sahip olup grafikte belirgin şekilde diğerlerinden ayrılmaktadır. Bu durum, olgunlaşmamış üzümün (koruk) doğal olarak daha yüksek mineral içeriği taşıması ve tuz ilavesi içeren turşu prosesinin mineral konsantrasyonunu artırmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca düşük pH ve yüksek organik asit içeriği, bazı mineral bileşiklerin çözeltiye geçişini kolaylaştırarak kül miktarını yükseltebilmektedir. Benzer biçimde, verjuice ve koruk esaslı ürünlerde mineral düzeylerinin organik asit içeriği ve proses koşullarına bağlı olarak değişebildiği literatürde de vurgulanmaktadır (Keskin vd., 2022; Yıkmış vd., 2023).

Marmelat örneklerinde kül değerinin %1.21 (e) taze üzümden daha yüksek bulunması, ısıtma sırasında suyun buharlaşmasıyla çözünmeyen mineral fraksiyonun konsantre hâle gelmesinden kaynaklanmaktadır. Kurutma, konsantre etme ve benzeri işlemler sonucu su miktarının azalmasıyla, kuru maddeye düşen mineral oranlarının yükseldiği üzüm ve kuru üzüm çalışmalarında da ortaya konmuştur (Keskin vd., 2022; Yıkılmış vd., 2023). Isıtma işleminin etkisiyle ürün hacminin azalması ve kuru maddenin yoğunlaşması, marmelatın kül değerini üzüm suyuna ve taze üzüme göre anlamlı biçimde artırmaktadır.

Üzüm ve üzüm suyu örneklerinde kül değerleri sırasıyla %0.71 (d) ve %0.61 (c) olup birbirine yakın düzeylerde dir. Bu sonuç, sıkım ve filtrasyon işlemlerinin mineral madde kaybına yol açmasıyla uyumludur; zira üzümdeki minerallerin önemli bir kısmı kabuk, çekirdek ve posa fraksiyonunda yoğunlaşmakta, dolayısıyla posa uzaklaştırıldığında meyve suyunun mineral içeriği nispeten düşmektedir (Pereira vd., 2020; Subedi, 2023). Üzüm suyunda posa, çekirdek ve kabuk gibi mineralce zengin kısımların uzaklaşması, kül değerinde hafif bir azalma oluşturmuştur.

Üzüm sirkesi kül içeriği açısından daha düşük bir değere %0.42 (b) sahiptir. Alkol fermantasyonu ve ardından gerçekleşen asetik fermantasyon süreçleri sırasında bazı minerallerin çökmesi veya fermantasyon tortusunda birikmesi, sirkede ölçülen toplam kül miktarının azalmasına neden olabilmektedir. Spontan fermantasyonla üretilen üzüm sirkelerinde mineral dağılımının, kullanılan hammadde ve işlem koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği de benzer şekilde rapor edilmiştir (Antoniewicz vd., 2022). Buna ek olarak sirkenin tamamen sıvı fazdan oluşması, posa ve katı fraksiyon içermemesi, mineral içeriğinin taze üzüm ve meyve suyu matrisine göre daha düşük görünmesine yol açmaktadır.

Koruk ekşisi ise en düşük kül oranlarından birine %0.33 (a) sahiptir. Bu sonuç, koruk ekşisi üretiminin genellikle süzme işlemlerini içermesi ve turşuda olduğu gibi mineral artırıcı bir işlem basamağı (tuz ilavesi vb.) içermemesiyle ilişkilidir. Ayrıca olgunlaşmamış üzümün doğal mineral içeriği yüksek olsa da, ürünün büyük oranda sıvı faza dayalı olması ve süzme adımlarının uygulanması mineral maddelerin bir kısmının kaybedilmesine ve kül değerinin düşmesine neden olmuştur.

Genel sıralama şu şekildedir: **Koruk turşusu (f) > Marmelat (e) > Üzüm (d) > Üzüm suyu (c) > Üzüm sirkesi (b) > Koruk ekşisi (a)**. Bu sıralama, grafikteki sütun yükseklikleriyle tam uyumludur. Sonuçlar, mineral içeriğinin hem hammaddenin olgunluk düzeyine hem de uygulanan işlem teknolojilerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Özellikle koruk turşusunda görülen yüksek kül değeri,

olgunlaşmamış üzümün mineral zenginliği ve turşu prosesinin etkisini açık biçimde ortaya koyarken; marmelat, üzüm suyu ve sirke gibi ürünler arasındaki farklılıklar da ısıtma işlemi, süzme ve fermantasyonun mineral madde dinamiği üzerindeki belirleyici rolünü desteklemektedir (Keskin vd., 2022; Pereira vd., 2020; Antoniewicz vd., 2022).

3.4. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin HMF Değerleri

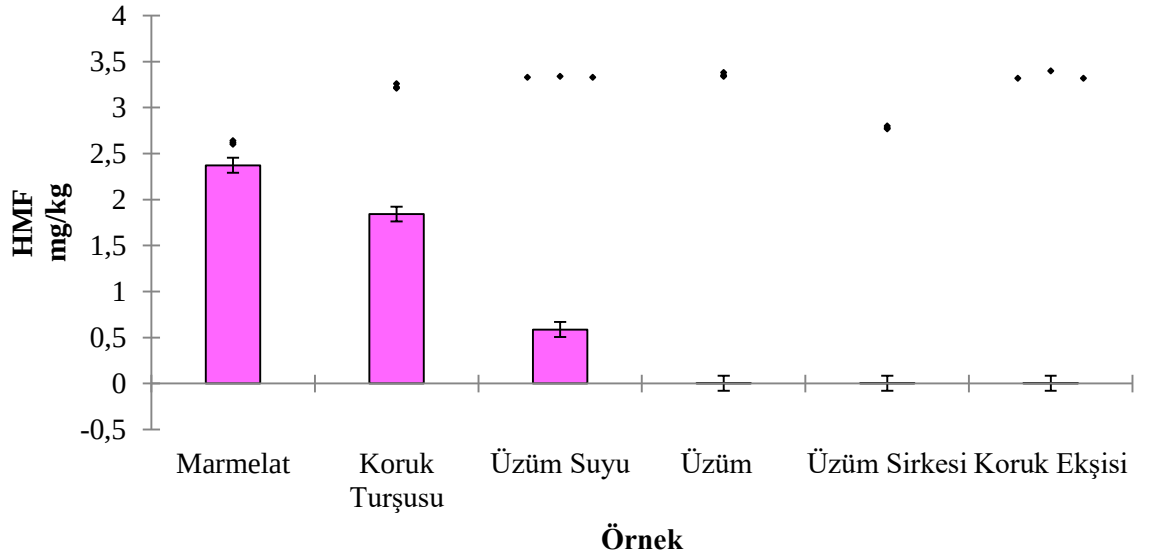
İsabella üzümü ve bu üzümünden elde edilen ürünlerde belirlenen HMF düzeyleri, uygulanan ısıtma işleminin yoğunluğu, ürün matrisinin kimyasal yapısı, indirgen şeker miktarı ve pH gibi faktörlere bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Tablo 2 ve Şekil 5 grafik verileri değerlendirildiğinde, ürünler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu görülmekte olup ($p < 0.05$), HMF oluşumunun özellikle ısıtma işlemi görmüş ve yüksek şeker içeriğine sahip ürünlerde belirgin şekilde arttığı anlaşılmaktadır.

Marmelat örneğinde ölçülen en yüksek HMF değeri (2.37 mg/kg), ürünün yüksek kuru madde ve şeker derişimine ek olarak uzun süre ısıtma işlemi uygulanmasıyla ilişkilidir. Isıtma işlemi sırasında suyun buharlaşması, şekerlerin özellikle fruktozun konsantre hâle gelmesine yol açarak hem karamelizasyon hem de HMF oluşumunu hızlandırmaktadır.

Fruktozun HMF oluşumunda glikoza göre daha reaktif olduğu ve Maillard reaksiyonlarının asidik ortamda belirgin şekilde hızlandığı çeşitli çalışmalar tarafından da bildirilmiştir (Lee ve Nagy, 1990; Perez Locas ve Yaylayan, 2008; Kim vd., 2008). Bu nedenle marmelatta gözlenen yüksek HMF düzeyi, ürünün kompozisyonu ve işleme koşullarıyla tamamen uyumludur.

Koruk turşusunda belirlenen 1.84 mg/kg düzeyindeki HMF miktarı, marmelata göre daha düşük ancak üzüm suyundan daha yüksektir. Koruk ürünlerinin doğal olarak düşük pH'ya ve yüksek organik asit içeriğine sahip olması, HMF oluşumu için asidik katalizör etkisi oluşturarak reaksiyon hızını artırabilmektedir. Ayrıca salamura koşullarında fermente süreçlerin şekerlerin parçalanmasını kolaylaştırması, HMF oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Organik asitlerin HMF oluşumunu hızlandırdığı literatürde de gösterilmiştir (Capuano ve Fogliano, 2011).

Üzüm suyunda HMF'nin 0.59 mg/kg gibi sınırlı bir düzeyde görülmesi, pastörizasyon işlemlerinin süresi ve sıcaklığının marmelat üretimine kıyasla daha düşük olmasıyla ilişkilidir. Ayrıca üzüm suyu, daha seyreltilmiş bir çözeltiden oluştuğu için reaksiyon ortamındaki su aktivitesi yüksektir; bu durum HMF oluşumunu baskılayan önemli bir faktördür. Benzer şekilde, üzüm sularında düşük HMF düzeylerinin daha kontrollü ısıtma işlemiyle ilişkili olduğu başka araştırmalar tarafından da desteklenmektedir (Şimşek vd., 2007; Güler vd., 2020).



Şekil 5. HMF değerleri sütun grafiği

Taze üzüm, üzüm sirkesi ve koruk ekşisinde HMF düzeylerinin yok denecek kadar düşük olması (≈ 0 mg/kg), bu ürünlerde ısıl işlemin uygulanmaması ve HMF oluşumu için gerekli sıcaklık–şeker–asit kombinasyonunun bulunmamasıyla açıklanmaktadır. Üzüm sirkesi ve koruk ekşisinde fermentasyon gerçekleşmekle birlikte bu süreç düşük sıcaklıklarda yürütüldüğünden HMF oluşumu mümkün olmamaktadır. Spontan fermentasyonla üretilen üzüm sirkelerinde HMF'nin bulunmadığını bildiren çalışmalar bu bulguyu desteklemektedir (Antoniewicz vd., 2021).

Genel eğilim değerlendirildiğinde, incelenen ürünlerde HMF miktarı **Marmelat > Koruk Turşusu > Üzüm Suyu >> Üzüm $\approx$ Üzüm Sirkesi $\approx$ Koruk Ekşisi** şeklinde sıralanmaktadır. Bu sıralama, HMF oluşum mekanizmasında ısıl işlem yoğunluğunun, indirgen şeker derişiminin, pH'nın ve ürün matrisinin merkezi rolünü açık biçimde göstermektedir. Ayrıca sonuçlar, HMF'nin “yüksek şeker + düşük pH + ısı” koşullarında hızla oluştuğunu ortaya koyan literatürle yüksek uyum göstermektedir (Capuano ve Fogliano, 2011).

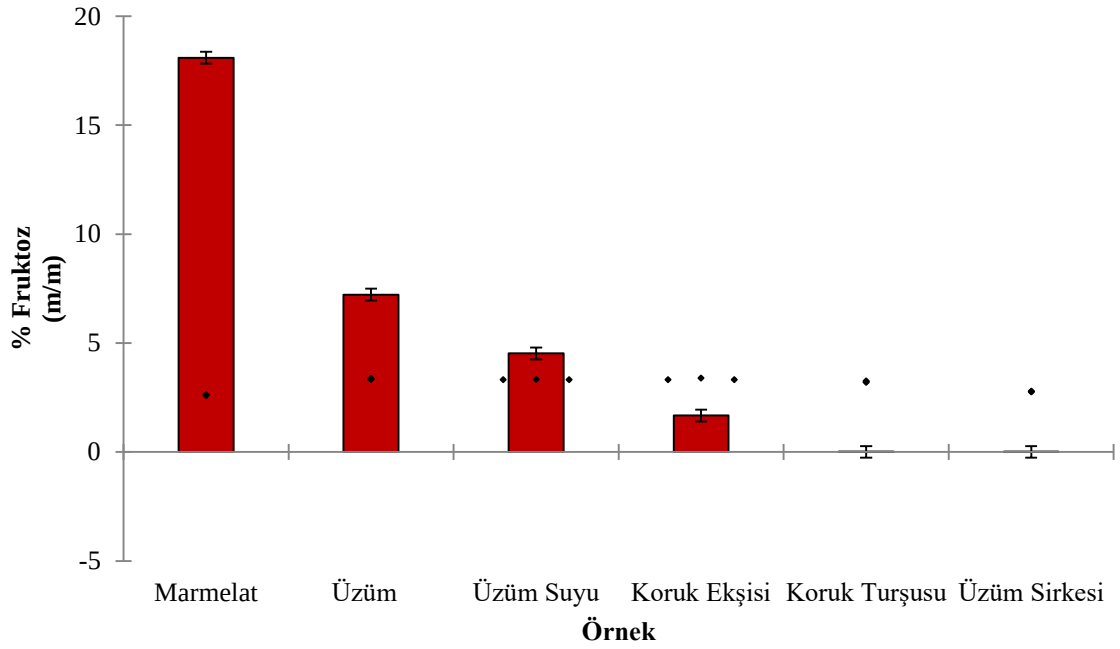
3.5. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Fruktoz, Glikoz, Sakkaroz ve Toplam Şeker Değerleri

3.5.1. Fruktoz Değerleri

İsabella üzümü ve bu üzümde elde edilen ürünlerde belirlenen fruktoz düzeyleri Tablo 2’de ve bu değerlere ait dağılım Şekil 6’da sunulmuş olup, farklı ürünler arasında belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu görülmektedir ($p < 0.05$).

Fruktoz düzeylerinin 0.003–18.09% arasında geniş bir aralıkta değişmesi, ürünlerin işlenme yoğunluğu, uygulanan ısıl işlem türü, fermentasyon süreçleri ve ürün matrisi gibi faktörlerin fruktoz konsantrasyonu üzerinde güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir.

Tablo 2'ye göre en yüksek fruktoz değeri üzüm marmelatında belirlenmiştir (%18.09). Bu sonuç, marmelat üretiminde uygulanan uzun süreli ısıl işlemin suyu uzaklaştırarak şekerleri konsantre etmesinden kaynaklanmaktadır. Isıl işlem süresinin uzamasıyla birlikte fruktoz glikoza oranla daha reaktif olduğundan ve yüksek sıcaklıklarda daha kolay parçalanabildiğinden, ürün matrisi içinde daha yoğun bir fruktoz birikimi görülmektedir. Literatürde fruktozun ısıl işleme karşı daha duyarlı ve reaktif olduğu bildirildiğinden, bu bulgu bilimsel bilgilerle de tamamen uyumludur (Sturm ve Tang, 1999).



Şekil 6. Fruktoz değerleri sütun grafiği

Taze üzümde fruktoz değeri %7.22 olup Tablo 2'de görülen bu değer üzümün doğal olgunluk bileşimini yansıtmaktadır. Üzümlerde fruktoz/glikoz oranının genellikle birbirine yakın olduğu bilinmekte olup, elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen tipik kompozisyon aralıkları ile uyumludur (Kliwer, 1966). Üzüm suyunda fruktoz değeri %4.53 olup taze üzüme göre daha düşük çıkması, ürünün daha seyreltik yapıda olması ve pastörizasyon sırasında su aktivitesinin yüksek olmasıyla ilişkilidir. Bu etki fruktozun konsantrasyonunu sınırlamakta ve taze üzümde daha düşük bir fruktoz profili oluşturmaktadır.

Koruk turşusunda fruktoz değeri %0.003 gibi oldukça düşük bir düzeyde saptanmıştır. Şekil 6'da görülen bu dramatik düşüş, koruğun doğal olarak düşük pH'lı yapısı ve fermentasyon süreci boyunca indirgen şekerlerin laktik asit bakterileri tarafından hızla tüketilmesi ile açıklanmaktadır. Fermentasyon mikroorganizmalarının fruktozu enerji kaynağı olarak kullanarak metabolize ettiği ve fruktozun bu süreçte hızla tükendiği pek çok çalışmada bildirilmiştir (Viesser, vd., 2021). Bu nedenle koruk turşusundaki fruktozun neredeyse tamamen kaybolmuş olması beklenen bir bulgudur.

Koruk ekşisinde fruktoz değeri %1.67 olup fermente ürünler arasında biraz daha yüksek görünse de bu değer taze üzüm, üzüm suyu ve marmelat ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Koruk ekşisi üretim süreci hem düşük pH hem de uzun süreli fermentasyon içerdiğinden, indirgen şekerlerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması ve organik asitlere dönüşmesi beklenen bir durumdur. Bu nedenle fruktoz düzeyi fermente ürünlerde genel olarak minimal düzeyde seyretmektedir.

Üzüm sirkesinde ise fruktoz değeri %0.02 olup, Tablo 2'ye göre fruktozun neredeyse tamamen tüketildiği görülmektedir. Sirke üretimindeki asetik asit fermentasyonu düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden ısı işlem kaynaklı bir fruktoz düşüşü beklenmez; ancak fermentasyon sürecinde fruktozun hem etanol fermentasyonu hem de asetik asit bakterileri tarafından substrat olarak tüketilmesi fruktozun yok denecek kadar az seviyede kalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde spontan fermentasyonla üretilen sirkelerde indirgen şeker düzeylerinin çok düşük olduğu literatürde de rapor edilmiştir.

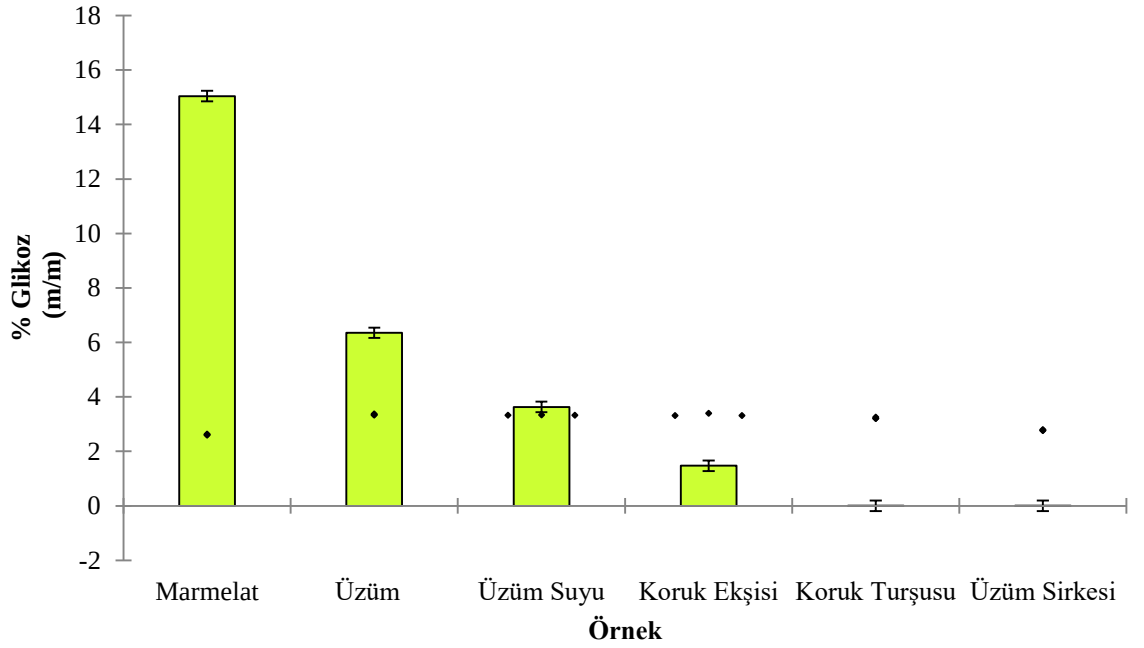
Tablo 2'deki değerlere dayanarak ürünlerin fruktoz içeriği şu şekilde sıralanmaktadır: **Marmelat > Üzüm > Üzüm Suyu >> Koruk Ekşisi ≈ Üzüm Sirkesi ≈ Koruk Turşusu**. Bu sıralama, fruktozun en yüksek olduğu ürünün ısı konsantre edilmiş marmelat olduğunu; fermente ürünlerde ise neredeyse tamamen tükendiğini göstermektedir. Bu durum, fruktozun teknolojik süreçlere duyarlı yapısı ile tamamen tutarlıdır. Isıl işlem, fruktozu yoğunlaştırırken; fermentasyon ise fruktozu hızla tüketerek seviyesini minimal düzeylere düşürmektedir.

Sonuç olarak, İsabella üzümü ve türev ürünlerinde fruktozun dağılımı hem işlem koşullarını hem de ürün tipini güçlü şekilde yansıtmaktadır. Ürünlerdeki fruktoz değişimi, Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterildiği üzere ısı işlem yoğunluğu ve fermentasyon süreçleri arasında net bir ayrım ortaya koymaktadır. Bu bulgular, üzüm ve üzüm türevli ürünlerde fruktoz düzeylerinin ürün tipi, işleme yöntemleri ve biyokimyasal süreçlere göre belirgin şekilde değiştiğini gösteren literatürle yüksek uyum içindedir (Sturm ve Tang, 1999; Kliewer, 1966; Rodríguez vd., 2009).

3.5.2. Glikoz Değerleri

Glikoz, üzüm ve üzümünden elde edilen tüm ürünlerde doğal olarak bulunan temel indirgen şekerlerden biridir ve fruktozla birlikte üzümün karbonhidrat profilinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Glikoz düzeyleri; üzümün çeşidi, meyvenin olgunluk aşaması, uygulanan ısıtma işlem süresi ve sıcaklığı, ürün matrisinin su aktivitesi, pH düzeyi ve özellikle fermentasyonun varlığı gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak geniş aralıklarda değişebilmektedir. Bu çalışmada İsabella üzümü ve bu üzümünden üretilen altı farklı ürünün glikoz içerikleri Tablo 2’de sunulmuş, bulgular Şekil 7’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Analiz sonuçları, glikoz konsantrasyonlarının 0.003–15.04% aralığında değiştiğini ortaya koymuş; ürünler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Ürün bazında değerlendirildiğinde en yüksek glikoz düzeyinin üzüm marmelatında tespit edildiği görülmektedir (%15.04). Marmelatın üretim sürecinde gerçekleştirilen uzun süreli kaynatma ve düşük basınç altında konsantrasyon işlemleri, glikozun matris içerisinde yoğunlaşmasına neden olmakta; suyun uzaklaşmasıyla birlikte çözünür kuru madde ve indirgen şeker derişimi önemli ölçüde artmaktadır. Termal işlemin glikozun matris içerisindeki konsantrasyonunu artırıcı etkisi daha önce yapılan araştırmalarda da belirtilmiş olup, özellikle üzüm ve üzüm suyu konsantrelerinde benzer davranışlar gözlenmiştir (Zhang vd., 2022; Dutra vd., 2020). Ayrıca glikoz, fruktoza kıyasla daha az reaktif olsa da, yüksek sıcaklıklarda karamelizasyon ve Maillard reaksiyonlarına katılabildiği için ısıtma işlem sırasında yapısal değişiklikler gösterebilmektedir (Zhang vd., 2022).



Şekil 7. Glukoz değerleri sütun grafiği

Taze üzüm örneğinde glukoz düzeyinin %6.35 olarak ölçülmesi, İsabella üzümünün fruktoz ağırlıklı doğal şeker kompozisyonuyla uyumludur. Sofralık ve şaraplık üzüm çeşitlerinde glukoz ve fruktozun olgunlaşma süreci boyunca birlikte arttığı ve genellikle birbirine yakın oranlarda bulunduğu literatürde net biçimde ortaya konmuştur (Kunter vd., 2024). Bu nedenle taze üzümde elde edilen glukoz değeri, üzümün olgunluk düzeyi ve kimyasal kompozisyonunun doğruluğu açısından önemlidir.

Üzüm suyunda glukozun %3.63 seviyesinde bulunması, hem kaynatma süresi hem de su ilavesi/seyreltme etkilerinin doğal bir sonucudur. Üzüm suyu üretiminde uygulanan ısı işlem süresi marmelata göre daha kısa olduğundan, suyun uzaklaşması sınırlı olmakta ve glukoz derişimi daha düşük kalmaktadır. Ayrıca üzüm suyunun daha yüksek su aktivitesine sahip olması, glukozun çözeltide daha seyrelmiş hâlde bulunmasına yol açmaktadır. Termal pastörizasyonun üzüm suyundaki şeker yoğunluğunu sınırlı biçimde etkilediği ve şekerlerin büyük kısmının yapısal bütünlüğünü koruduğu çeşitli çalışmalar tarafından da bildirilmiştir (Yıkılmış vd., 2023; Dutra vd., 2020).

Fermente ürünler olan koruk turşusu, koruk ekşisi ve üzüm sirkesi ise glukoz bakımından en düşük değerlere sahip grubu oluşturmaktadır. Tablo 2’de görüldüğü üzere glukoz, özellikle koruk turşusu ve sirke örneklerinde neredeyse ölçülemeyecek seviyelere düşmektedir (0.003–0.02%). Bu bulgu, glukozun mikroorganizmalar tarafından ilk tüketilen şeker olmasıyla biyokimyasal açıdan tamamen uyumludur. Alkolik ve laktik fermentasyon süreçlerinde *Saccharomyces* türleri ve laktik asit bakterileri glukoza ilk

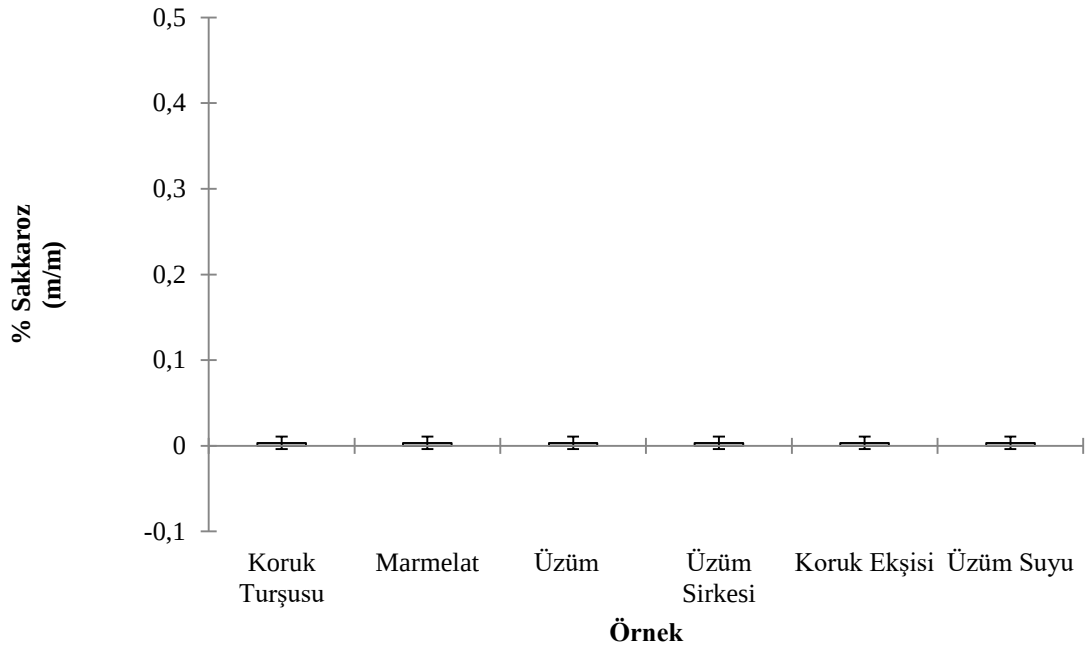
substrat olarak kullanmakta, fermentasyonun erken evrelerinde glikoz hızla tükenmektedir (Franco vd., 2021; Wu vd., 2021). Gıda fermentasyonu üzerine yapılan birçok çalışmada glikozun fruktoza kıyasla daha hızlı tüketildiği, fermentasyon sonunda glikozun sıklıkla yok denecek düzeylere indiği bildirilmiştir (Zhong vd., 2023).

Fermente ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında Tablo 2'ye göre glikoz sıralaması **Marmelat > Üzüm > Üzüm Suyu >> Koruk Turşusu ≈ Koruk Ekşisi ≈ Üzüm Sirkesi** şeklinde olup bu sıralama, farklı işleme teknolojilerinin glikoz üzerindeki etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır. Isıl işlem ve konsantrasyon glikoz miktarını artırırken, fermentasyon süreci glikozun mikrobiyal metabolizma yoluyla tüketilmesi sonucunda bu seviyelerin neredeyse sıfıra inmesine neden olmuştur. Bu durum, ürünlerin kimyasal kompozisyonunu ve uygulanan teknolojik işlemleri şeker profili üzerinden doğrulayan önemli bir bulgudur. Her bir ürün için ayrı ayrı değerlendirme yapıldığında; taze üzümün doğal glikoz dengesini koruduğu, marmelatın yoğun ısıtma işlemi nedeniyle belirgin şeker derişimi içerdiği, üzüm suyunun seyreltme ve kısa süreli ısıtma işlemi nedeniyle orta düzeyde glikoz barındırdığı, fermente ürünlerde ise glikozun metabolik süreçler sonucunda tamamen tüketildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, şeker bileşiminin ürünün işleme yöntemleri ve mikrobiyal aktivitelerle ne kadar yakından ilişkili olduğunu güçlü biçimde ortaya koymaktadır.

3.5.3. Sakkaroz Değerleri

Sakkaroz, üzümde doğal olarak çok düşük miktarda bulunan bir disakkarittir ve olgunlaşma sürecinde üzümün kendi invertaz enzimleri tarafından hızlı bir biçimde glikoz ve fruktoza hidrolize edilmektedir. Bu nedenle üzüm ve üzümünden üretilen ürünlerde sakkaroz düzeylerinin düşük bulunması beklenen bir durumdur. Bu çalışmada elde edilen sakkaroz değerleri Tablo 2'de sunulmuş olup, ilgili dağılım Şekil 8'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm örneklerde sakkaroz düzeyleri %0.01–0.02 aralığında tespit edilmiş ve bu durum sakkarozun üzüm matrisindeki biyokimyasal davranışıyla tamamen uyumlu bulunmuştur.

Isıl işlem uygulanan ürünlerde sakkarozun tamamen invert olması beklenmektedir. Bu bulgu özellikle üzüm marmelatı ve üzüm suyu örneklerinde açık biçimde doğrulanmıştır. Marmelat üretiminde uygulanan uzun süreli ısıtma sırasında sakkaroz, invertaz aktivitesinin yanı sıra sıcaklık etkisiyle de glikoz ve fruktoza ayrılarak tamamen ortadan kalkmaktadır. Üzüm suyu üretiminde uygulanan kaynatma ve pastörizasyon basamakları da sakkarozun inversiyonunu hızlandırmaktadır.



Şekil 8. Sakkaroz değerleri sütun grafiği

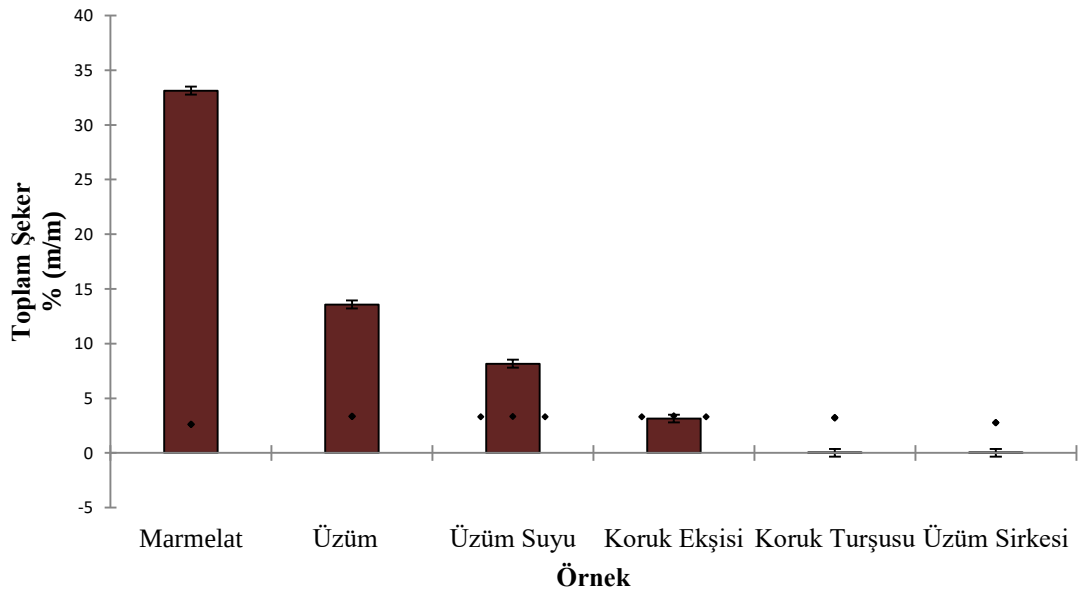
Fermente ürünlerde sakkarozun neredeyse hiç bulunmamasının nedeni ise mikroorganizmaların metabolik süreçleridir. Laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileri sakkarozu önce invertaz enzimi aracılığıyla glikoz ve fruktoza ayırmakta, ardından bu monosakkaritleri enerji üretimi için hızla tüketmektedir. Bu nedenle koruk turşusu, koruk ekşisi ve üzüm sirkesi örneklerinde sakkarozun yok denecek kadar düşük seviyelerde bulunması literatürde sıkça rapor edilen bir durumdur (Mirmohammadi vd., 2021).

Sakkaroz düzeylerinin tüm ürünlerde benzer aralıkta olması, hem kullanılan ham maddenin sakkaroz açısından doğal yapısını hem de uygulanan teknolojik işlemlerin sakkaroz üzerindeki indirgeme etkisini teyit etmektedir. Elde edilen sonuçlar ürün bazında değerlendirildiğinde; sakkaroz miktarı açısından ürünler arasında belirgin bir farklılık görülmemiş ve sıralama Tablo 2'deki değerlere göre **Üzüm ≈ Üzüm Marmelatı ≈ Üzüm Suyu ≈ Koruk Turşusu ≈ Koruk Ekşisi ≈ Üzüm Sirkesi** şeklinde gerçekleşmiştir. Bu durum sakkarozun üzüm ürünleri arasında ayırt edici bir analitik parametre olmadığını, özellikle de fermentasyon ve ısıl işlem süreçlerinde tamamen dönüşüme uğradığını göstermektedir.

3.5.4. Toplam Şeker Değerleri

Toplam şeker düzeyleri, İsabella üzümü ve bu üzümünden üretilen ürünlerde en geniş varyasyonu gösteren parametrelerden biri olup, Tablo 2'de sunulduğu ve Şekil 9'da

grafiksel olarak gösterildiği üzere 0.003–33.14% aralığında değişmiştir. Bu geniş dağılım, ürünlerin işlenme süreçlerindeki farklılıkların çözünür şeker bileşimi üzerindeki etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır. Çalışmada en yüksek toplam şeker değeri üzüm marmelatında belirlenmiş olup (%33.14), bu sonuç uzun süreli ısıtma işlem ve konsantrasyon uygulamalarının doğal bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Kaynatma sırasında suyun önemli bir kısmının uzaklaşması çözünür kuru maddeyi artırmakta, bu da tüm monosakkaritlerin matris içinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde, yoğunlaştırma işlemlerinin şeker derişimini artırdığı literatürde de belirtilmiştir (Dutra vd., 2020).



Şekil 9. Toplam şeker değerleri sütun grafiği

Taze üzümde ölçülen toplam şeker değeri (%13.58), olgunlaşmış meyveler için bildirilen doğal şeker profilleriyle uyumludur. Üzümde glikoz ve fruktozun olgunlaşma süreci boyunca birlikte arttığı, sakkarozun ise düşük seviyelerde kaldığı bilinmektedir (Kunter vd., 2024). Bu nedenle taze üzümdeki toplam şeker miktarının üzüm marmelatına kıyasla daha düşük ancak fermente ürünlere göre çok daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Üzüm suyunun toplam şeker değeri (%8.16), hem kaynatma süresinin kısa olması hem de seyreltme etkisi nedeniyle taze üzüme göre daha düşük bulunmuştur. Üzüm suyunda yüksek su aktivitesinin şekerlerin seyreltilmesine yol açtığı daha önceki çalışmalarda da vurgulanmıştır (Yıkılmış vd., 2023).

Fermente ürünlerde (koruk turşusu, koruk ekşisi ve üzüm sirkesi) toplam şeker düzeylerinin oldukça düşük olması biyokimyasal olarak beklenen bir sonuçtur. Tablo 2

ve Şekil 9’da görüldüğü üzere, bu ürünlerde toplam şeker 0.003–3.14% aralığında kalmıştır. Laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileri başta glikoz ve fruktoz olmak üzere tüm fermente edilebilir şekerleri hızla tüketmekte; şekerler organik asitlere, karbondioksit ve diğer metabolitlere dönüşmektedir. Bu nedenle fermentasyon sonunda toplam şeker miktarı dramatik biçimde azalmakta ve bazı ürünlerde ölçülemeyecek seviyelere kadar düşebilmektedir. Bu mekanizma, fermente üzüm ürünlerinde şekerlerin büyük oranda kaybolduğunu bildiren çalışmalarda da doğrulanmıştır (Wu vd., 2021; Franco vd., 2021).

Toplam şeker ile briks değeri arasındaki ilişki incelendiğinde ise iki değişken arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Briks, çözünür kuru maddeyi başta şekerler olmak üzere temsil ettiği için bu ilişki bilimsel olarak beklenen bir durumdur (Kawahigashi vd., 2013). Nitekim Tablo 2’de yer alan briks ve toplam şeker verilerinin paralel eğilim göstermesi, briksin ürünlerin şeker düzeylerini tahmin etmede güvenilir bir gösterge olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır. Briks-toplam şeker ilişkisi özellikle meyve suyu, reçel ve pekmez gibi ürünlerde ürün kalitesinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında toplam şeker sıralaması Tablo 2’ye göre şu şekilde gerçekleşmiştir: **Marmelat > Üzüm > Üzüm Suyu >> Koruk Turşusu ≈ Koruk Ekşisi ≈ Üzüm Sirkesi**. Bu sıralama, ürün işleme yöntemlerinin şeker derişimi üzerindeki etkisini açık biçimde göstermektedir. Isıl işlem ve yoğunlaştırma şeker seviyelerini artırırken, fermentasyon süreci şekerleri neredeyse tamamen ortadan kaldırmaktadır. Her bir ürünün toplam şeker profili, uygulanan teknolojik işlemleri doğrudan yansıtan bir gösterge niteliğindedir.

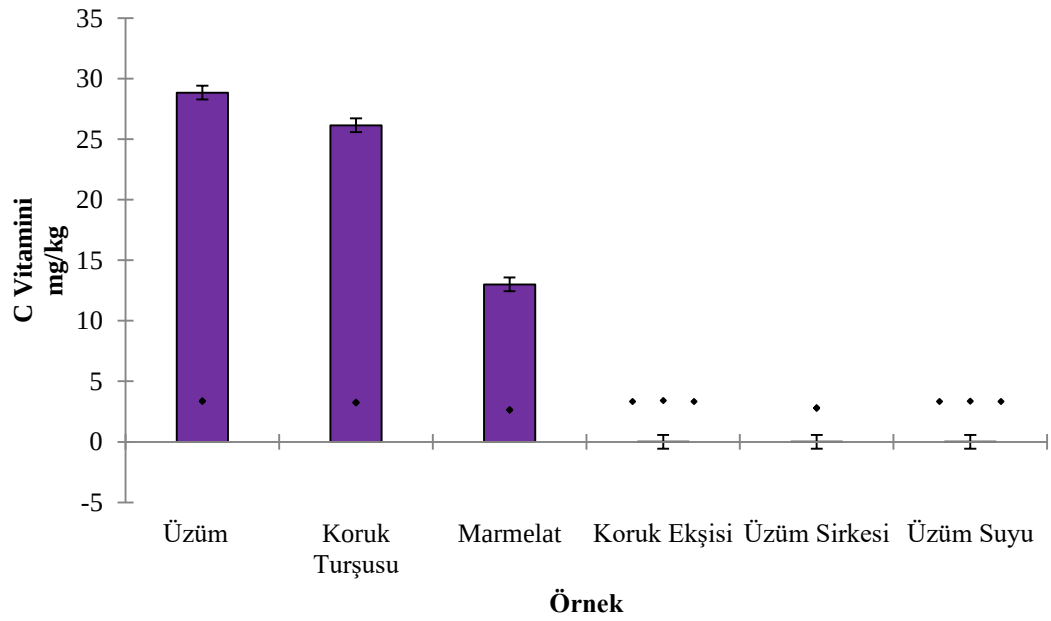
3.6. C Vitamini Değerleri

C vitamini (askorbik asit), üzüm ve üzüm türevli ürünlerde doğal olarak bulunan, ısıl işleme ve oksidasyona son derece duyarlı bir antioksidandır. Ürünün işleme tekniği, depolama süresi, pH değeri ve oksijenle temas miktarı askorbik asit düzeylerini belirleyen en önemli faktörlerdir. İsabella üzümü ve bu üzümden türetilen beş farklı üründe yapılan analiz sonuçları Tablo 2’de sunulmuş, grafiksel dağılım ise Şekil 10’da gösterilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda C vitamini miktarlarının ürünler arasında oldukça geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir (0.01–28.85 mg/kg).

Taze üzümde ölçülen en yüksek C vitamini değeri (28.85 mg/kg), üzümün doğal antioksidan kapasitesini ve ısıl işlem görmemiş ürünlerde askorbik asidin korunduğunu göstermektedir. Üzümün askorbik asit yönünden zengin bir meyve olduğu literatürde de

belirtilmiştir ve elde edilen değerler olgun Vitis çeşitlerinin rapor edilen askorbik asit düzeyleriyle büyük uyum göstermektedir (Kunter vd., 2024).

Üzüm suyunda C vitamini düzeyinin 0.01 mg/kg gibi oldukça düşük çıkması, askorbik asidin ısıl işleme karşı yüksek hassasiyetiyle açıklanmaktadır. Pastörizasyon sırasında askorbik asit oksidatif parçalanmaya uğramakta, bu nedenle üzüm suyu gibi kaynatılarak elde edilen ürünlerde vitamin içeriği belirgin şekilde azalmaktadır. Yıkılmış vd. (2023), üzüm suyunda termal pastörizasyonun askorbik asit kaybını hızlandığını ve uygulanan sıcaklığın vitamin stabilitesi üzerinde kritik rol oynadığını bildirmiştir.



Şekil 10. C Vitamini değerleri sütun grafiği

Koruk turşusunda ölçülen C vitamini düzeyi (26.15 mg/kg), taze üzüme yakın olup fermente ürünler arasında en yüksek değere sahiptir. Bunun nedeni koruk turşusunun yüksek asitliği ile birlikte düşük sıcaklıklarda gerçekleşen laktik fermentasyon sürecinin askorbik asit stabilitesini artırmasıdır. Wu vd. (2021), laktik asit bakterileri ile fermentasyonun C vitamini degradasyonunu yavaşlattığını ve organik asit ortamının vitamin stabilitesini koruyabildiğini bildirmiştir. Ayrıca koruk ürünlerinde doğal askorbat miktarının yüksek olması da bu sonucu desteklemektedir.

Marmelatta C vitamini düzeyi 13.01 mg/kg olarak belirlenmiş ve taze üzüme kıyasla yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmüştür. Marmelat üretiminde uygulanan uzun süreli kaynatma ve düşük basınçlı vakum işlemleri askorbik asidin ısı ve oksidasyona maruz kalmasına yol açmakta, bu nedenle marmelatlar C vitamini bakımından kayıplarla

karakterize edilmektedir. Dutra vd. (2020), üzüm suyunun konsantre edilmesi sırasında askorbik asidin yüksek oranda parçalandığını ve ısıtıl işlemin C vitamini stabilitesini önemli ölçüde azalttığını rapor etmiştir.

Koruk ekşisi ve üzüm sirkesinde C vitamini değerleri 0.01–0.02 mg/kg aralığında olup son derece düşüktür. Bu ürünlerde hem fermentasyon sırasında mikroorganizmaların askorbik asidi tüketmesi hem de uzun süreçte oksijen maruziyetinin artması askorbik asit seviyelerinin minimum düzeye gerilemesine neden olmaktadır. Franco vd. (2021), spontan fermentasyonla elde edilen ürünlerde askorbik asidin hızlı degradasyona uğradığını ve fermentasyon sonrası vitamin seviyelerinin çoğu zaman ölçülemeyecek düzeye düştüğünü bildirmektedir.

Ürünler arasında C vitamini miktarları Tablo 2 verilerine göre şu şekilde sıralanabilir: **Üzüm > Koruk Turşusu > Marmelat >> Koruk Ekşisi ≈ Üzüm Suyu ≈ Üzüm Sirkesi.**

Bu sıralama, askorbik asidin ısıtıl işlem ve oksidasyona karşı duyarlılığını açık biçimde yansıtmaktadır. Isıl işlem uygulanmayan veya düşük sıcaklıkta fermente edilen ürünlerde askorbik asit daha yüksek düzeyde korunurken, kaynatma ve oksidatif süreçlere maruz kalan ürünlerde (üzüm suyu, ekşi, sirke) vitamin miktarı belirgin şekilde azalmaktadır. Bu sonuçlar, askorbik asidin teknolojik işlemlere karşı duyarlılığını ve üretim yöntemlerinin besin değerleri üzerindeki etkisini bilimsel olarak doğrulamaktadır.

3.7. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Renk Değerleri

Ürünlerin renk özellikleri, tüketici kabulü, kalite algısı, işleme koşulları, ısıtıl yük ve fermentasyon gibi temel teknolojik süreçlerin izlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. CIELAB renk sistemi (L^* , a^* , b^*) özellikle gıdalarda görsel kaliteyi nicel olarak değerlendirmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada İsabella üzümü ve bu üzümünden elde edilen ürünlerdeki L^* (açıklık-koyuluk), a^* (kırmızılık-yeşillik), b^* (sarılık-mavilik) ve toplam renk farkı (ΔE^*) değerleri Tablo 3'te verilmiş olup, grafiksel gösterimler Şekil 11–14 arasında sunulmuştur. Renk parametreleri ürünler arasında belirgin farklar göstermiş ve bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Öncelikle L^* değerleri incelendiğinde, ürünler arasında dikkat çekici bir sıralama ortaya çıkmaktadır. L^* değeri en yüksek bulunan ürün koruk turşusu olup (35.20), bu durum hem koruk tanelerinin doğal olarak açık renge sahip olmasıyla hem de salamura çözeltisinin ışık geçirgenliğini artırıcı etkisiyle açıklanabilir. Buna karşın üzüm sirkesi en düşük L^* değerlerinden birini göstermiştir (24.66). Asetik fermentasyon, polifenollerin

oksidasyonunu artırmakta; bu nedenle sirke renginin daha koyu bir tona yönelmesi beklenen bir sonuçtur (Chung vd., 2016).

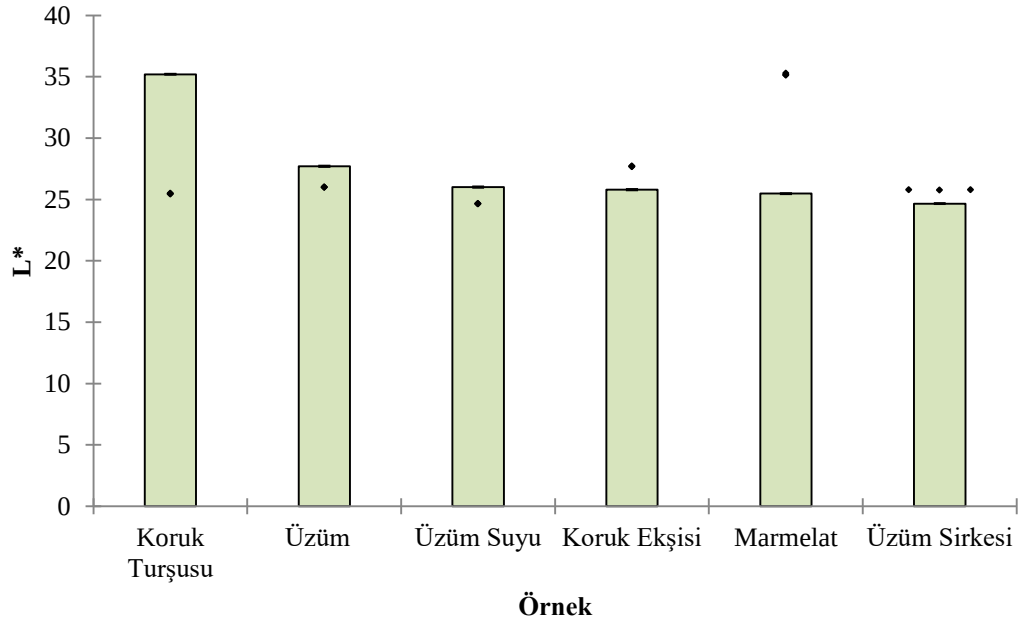
Tablo 3. Örneklerle ait renk analiz sonuçları

Örnek	L*	a*	b*	ΔE^*
Üzüm	27.70±0.03 ^e	6.86±0.08 ^f	1.31±0.02 ^d	0.08±0.08 ^a
Koruk Turşusu	35.20±0.08 ^f	-1.31±0.06 ^a	8.03±0.05 ^e	12.98±0.06 ^f
Koruk Ekşisi	25.79±0.01 ^c	0.56±0.03 ^b	1.07±0.02 ^c	6.66±0.03 ^e
Marmelat	25.47±0.03 ^b	4.38±0.04 ^d	0.37±0.02 ^b	3.54±0.04 ^c
Üzüm Suyu	26.01±0.01 ^d	5.83±0.03 ^e	-0.02±0.02 ^a	2.44±0.01 ^b
Üzüm Sirkesi	24.66±0.02 ^a	1.30±0.02 ^c	0.327±0.02 ^b	6.49±0.01 ^d

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

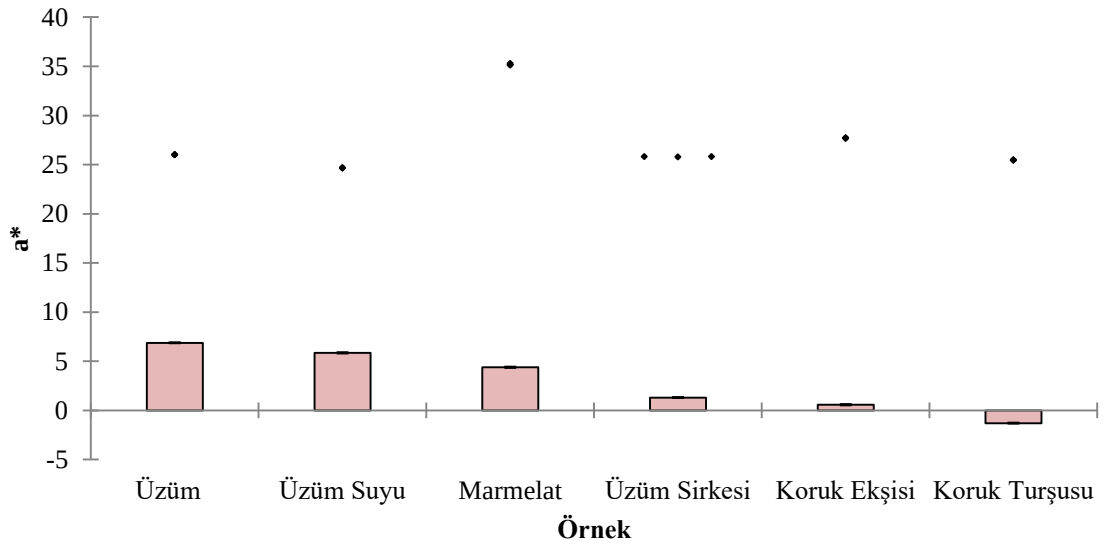
Taze üzümdeki L* değeri (27.70), olgun İsabella üzümünün tipik mor-menekşe rengini hafif yansıtan orta düzeyde bir açıklığı işaret eder. Üzüm suyunda L* değerinin üzümde daha düşük çıkması (26.01), kaynatma sırasında antosiyaninlerin kısmi parçalanması ve çözünür renk pigmentlerinin azalması ile ilişkilendirilebilir. Literatürde ısıtma işleminin üzüm suyunda pigment kaybına neden olduğu ve rengin açıldığı sıklıkla rapor edilmiştir (Yıkılmış vd., 2023).

a* (kırmızılık) parametresi ürün grupları arasında oldukça değişkenlik göstermiştir. En yüksek a* değeri taze üzümde belirlenmiş olup (6.86), bu değer İsabella üzümünün antosiyanin yönünden zengin kırmızı-mor tonlu yapısıyla uyumludur. Üzüm suyunda a* değeri daha düşük ölçülmüş (5.83), bu durum ısıtma işlemi ve seyreltmenin bir sonucu olarak pigmentlerin parçalanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Marmelatta a* değerinin üzüm suyuna göre biraz daha düşük olması (4.38), uzun süreli ısıtma işleminin antosiyanin stabilitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Antosiyaninlerin özellikle pH, ısı ve oksijen varlığında parçalandığı literatürde birçok çalışmayla desteklenmektedir (Zhang vd., 2022).



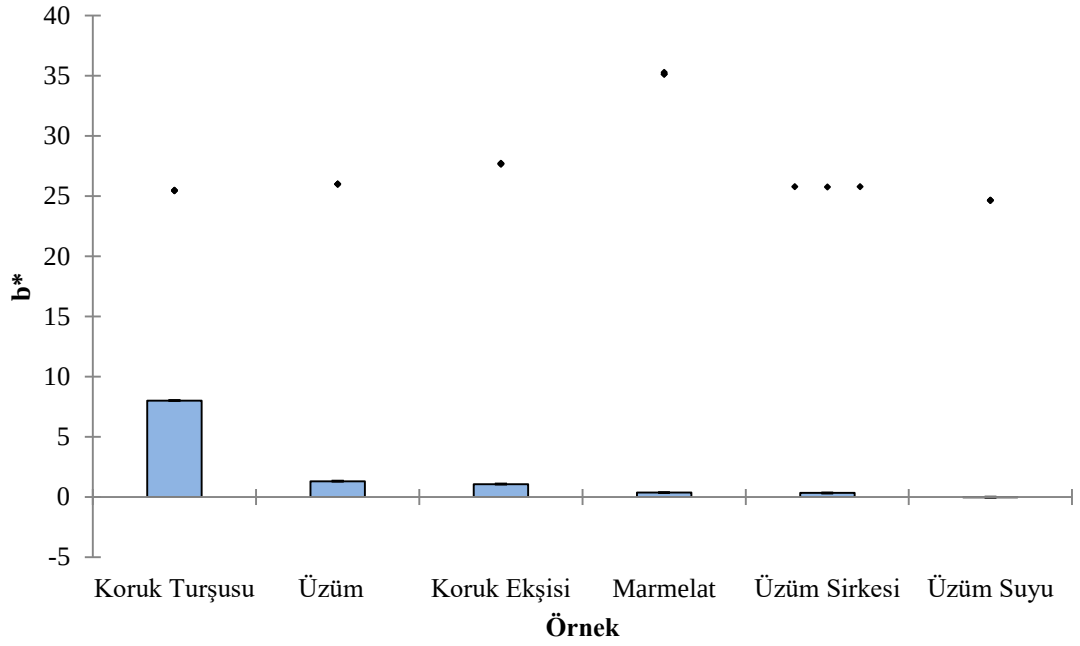
Şekil 11. L* değerleri sütun grafiği

Fermente ürünlerde a* değerlerinin belirgin şekilde düşmesi, özellikle koruk turşusundaki negatif a* değerinin (-1.31) yeşilimsi bir tona işaret etmesi önemlidir.



Şekil 12. a* değerleri sütun grafiği

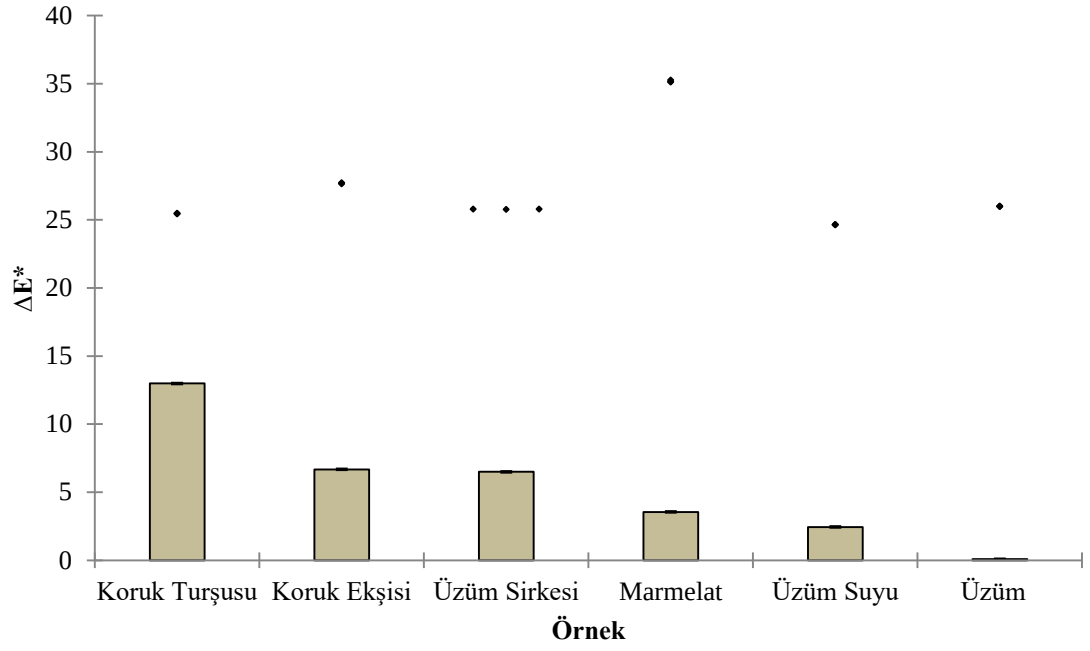
Koruk tanelerinin fenolik bileşen kompozisyonu üzümde oldukça farklıdır; olgunlaşmamış üzümde antosiyanin bulunmaması ve klorofil düzeylerinin yüksek olması a* değerini negatif yöne kaydırmaktadır (Kunter vd., 2024). Koruk ekşisinde ise a* değerinin sıfıra yakın (0.56) olması, hem düşük pigment içeriği hem de kaynatma sırasında renk bileşiklerinin parçalanmasıyla ilişkilidir.



Şekil 13. b* değerleri sütun grafiği

b* (sarılık) parametresi özellikle ürünlerin ısıltı ve sarı pigment düzeylerini yansıtmaktadır. En yüksek b* değeri koruk turşusunda belirlenmiş olup (8.03), bu değer koruk tanelerinde bulunan klorofil türevleri ile organik asitlerin ışık etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Üzüm ve üzüm suyunda b* değerinin düşük olması (1.31 ve -0.02), antosiyanin baskınlığının sarı renk bileşenlerini geri plana ittiğini göstermektedir. Marmelat b* değerinin düşük bulunması (0.37), uzun süreli ısı uygulamasının sarı pigmentleri dahi parçalayabildiğini göstermektedir (Dutra vd., 2020).

Toplam renk farkı (ΔE^*) değerlendirildiğinde ürünler arasında çarpıcı farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek ΔE^* değerine sahip ürün koruk turşusu olup (12.98), bu sonuç taze üzümünden renk açısından en fazla uzaklaşan ürünün koruk turşusu olduğunu göstermektedir. ΔE^* parametresi, ürünün referans renk (bu çalışmada taze üzüm) ile arasındaki genel renk farkını ifade eder. Koruk turşusunun yüksek ΔE^* değeri; olgunlaşmamış üzüm kullanımı, salamura ortamı, pigment eksikliği ve fermente yapının etkilerini göstermektedir (Wu vd., 2021). Buna karşılık taze üzümün ΔE^* değerinin sıfıra yakın olması (0.08) metodolojik açıdan beklenen bir sonuçtur. Üzüm sirkesi (6.49) ve koruk ekşisi (6.66) ise renk farkı bakımından orta derecede farklılık göstermiş, bu durum fermentasyon ve kaynatma süreçleriyle uyumlu bir sonuçtur.



Şekil 14. ΔE^* değerleri sütun grafiği

Özellikle üzüm marmelatında ΔE^* değerinin (3.54) daha düşük çıkması, pigment kaybına rağmen ürünün doğal renginin çok fazla sapma göstermediğini işaret etmektedir. Bu durum koyu mor tonlu pigmentlerin parçalanmasıyla rengin daha kahverengimsi bir tona dönmesiyle açıklanabilir. Üzüm suyunun ΔE^* değerinin (2.44) düşük olması ise pigmentlerin kısmi kaybı olsa da ürünün üzüm rengine yakınlığını sürdürdüğünü göstermektedir.

Genel sıralama ΔE^* açısından şu şekildedir: **Koruk Turşusu > Koruk Ekşisi $\approx$ Üzüm Sirkesi > Marmelat > Üzüm Suyu >> Üzüm.**

Bu sıralama, her ürünün pigmentik yapısının işleme teknolojisi ile nasıl değiştiğini açık biçimde göstermektedir. Bu bulgular, literatürde yer alan “ısı-pH-fenolik yapı-fermentasyon ilişkisi”nin renk parametreleri üzerindeki belirleyici etkisiyle güçlü uyum göstermektedir. Isıl işlem, pigmenti parçalar; fermentasyon oksidasyonu artırır; pH düşüklüğü antosiyanin stabilitesini etkiler. Bu nedenle renk parametreleri gıda işleme sırasında ürün kalitesini izlemek için kritik göstergelerdir (Zhong vd., 2023).

3.8. İsabella Üzüm ve Bundan Üretilen Örneklerinin Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular

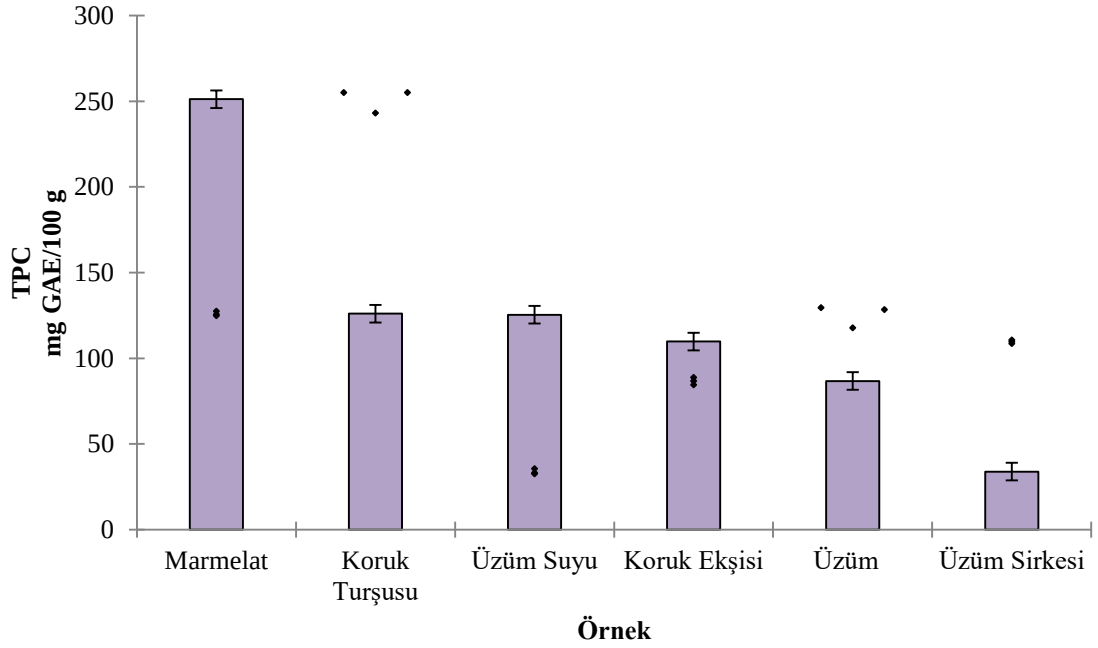
3.8.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları

Tablo 4’te verilen toplam fenolik kapasite (TFK) değerleri ile Şekil 15’te gösterilen grafiksel dağılım birlikte incelendiğinde, İsabella üzümü ve bu üzümden elde edilen geleneksel ürünlerin fenolik içeriğinin ürün tipine ve uygulanan işleme koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. TFK değerleri 33.86–251.20 mg GAE/100 g aralığında değişmiş ve ürünler arasında belirgin istatistiksel farklılıklar ($p<0.05$) belirlenmiştir. Bu durum, fenolik bileşiklerin işleme süreçlerine son derece duyarlı yapılar olduğu ve özellikle ısı işleme, fermentasyon, pH değişimleri ve matris özelliklerinin fenolik bileşiklerin ekstraksiyon verimini ve stabilitesini güçlü biçimde etkilediğini göstermektedir.

En yüksek TFK değeri marmelat örneğinde (251.20 mg GAE/100 g) tespit edilmiştir. Marmelat üretimi sırasında uygulanan uzun süreli ısı konsantrasyon işlemi, ürün matrisinde suyun uzaklaşmasına ve fenolik bileşiklerin bağlı konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Ayrıca ısı işleme, hücre duvarlarının termal olarak parçalanmasına yol açarak fenolik maddelerin çözünür faza geçişini kolaylaştırır. Isı işleminin bağlı fenolik fraksiyonunu serbestleştirerek toplam fenolik içeriğini artırabileceği literatürde de güçlü biçimde desteklenmektedir (Dutra vd., 2020). Bununla birlikte bazı fenolik bileşikler ısı oksidasyona duyarlı olsa da, fenoliklerin büyük kısmının ısıya karşı stabil olduğu veya ısı işleme sırasında daha ekstrakte edilebilir hâle geldiği bilinmektedir.

TFK açısından ikinci sırada koruk turşusu (126.06 mg GAE/100 g) yer almaktadır. Fermente ürünlerde fenolik bileşiklerin nispeten yüksek bulunması, laktik asit bakterileri tarafından üretilen esteraz ve glikozidaz enzimlerinin fenolik bileşiklere bağlı formlarından serbestleştirilmesi ile açıklanmaktadır. Laktik asit fermentasyonunun fenolik bileşenlerin serbest fenolik fraksiyonunu artırdığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Wu vd., 2021). Fermentasyon sırasında hem hücresel yıkım hem de mikrobiyal enzimatik reaksiyonlar fenolik bileşiklerin biyoyararlanımını artırarak TFK değerini yükseltmektedir.

Üzüm suyu (125.36 mg GAE/100 g) TFK düzeyi bakımından koruk turşusuna oldukça yakın bir profile sahiptir. Üzüm suyuna uygulanan kaynatma veya pastörizasyon gibi termal işlemler fenolik bileşenlerin çözünürlüğünü artırabilmekte ve böylece ısıtılmış meyve sularında fenolik içeriğin taze meyveye kıyasla daha yüksek olması beklenebilmektedir. Bu çalışmada da benzer bir durum gözlenmiş, üzüm suyunun TFK değeri taze üzümden daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 15. Toplam TFK sütun grafiği

Koruk ekşisi (109.79 mg GAE/100 g) ise orta düzeyde TFK içermektedir. Koruk ekşisinin üretiminde tipik olarak daha düşük sıcaklıklar ve daha sınırlı sürelerde ısıtılma işlemi uygulanması, fenolik bileşiklerin kısmen korunmasını sağlamakla birlikte fermentasyon olmaması nedeniyle fenoliklerin serbestleşme düzeyi daha düşük kalmaktadır.

Taze üzüm (86.75 mg GAE/100 g), fenolik madde içeriği açısından daha sınırlı bir profile sahiptir. Fenolik bileşenler üzüm kabuğunda yoğun olarak bulunmakla birlikte bu bileşiklerin tamamının ekstrakte edilememesi ve matrisin taze yapısı nedeniyle fenolik çözünürlüğün daha düşük olması, TFK değerinin sınırlı kalmasının temel nedenidir. Bu durum daha önce *Vitis labrusca* ve diğer üzüm çeşitleri üzerinde yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir (Kunter vd., 2024).

En düşük TFK değeri üzüm sirkesinde (33.86 mg GAE/100 g) belirlenmiştir. Üzüm sirkesi üretiminde önce alkol fermentasyonu, ardından asetik asit bakterilerinin gerçekleştirdiği ikinci fermentasyon aşaması bulunmaktadır. Bu süreçte fenolik bileşikler oksidatif reaksiyonlara, enzimatik parçalanmaya ve yüksek asiditeye maruz kalmakta; bu da fenolik bileşiklerin büyük bir kısmının degradasyonuna yol açmaktadır. Sirke üretimi sırasında fenolik bileşenlerde belirgin kayıpların yaşandığı literatürde de rapor edilmiştir (Chanivet vd., 2024). Nitekim bu çalışmadaki TFK değerleri de benzer bulgularla uyumludur.

Bu sonuçlara göre TFK açısından genel sıralama şu şekildedir: **Marmelat > Koruk Turşusu ≥ Üzüm Suyu > Koruk Ekşisi > Üzüm > Üzüm Sirkesi.**

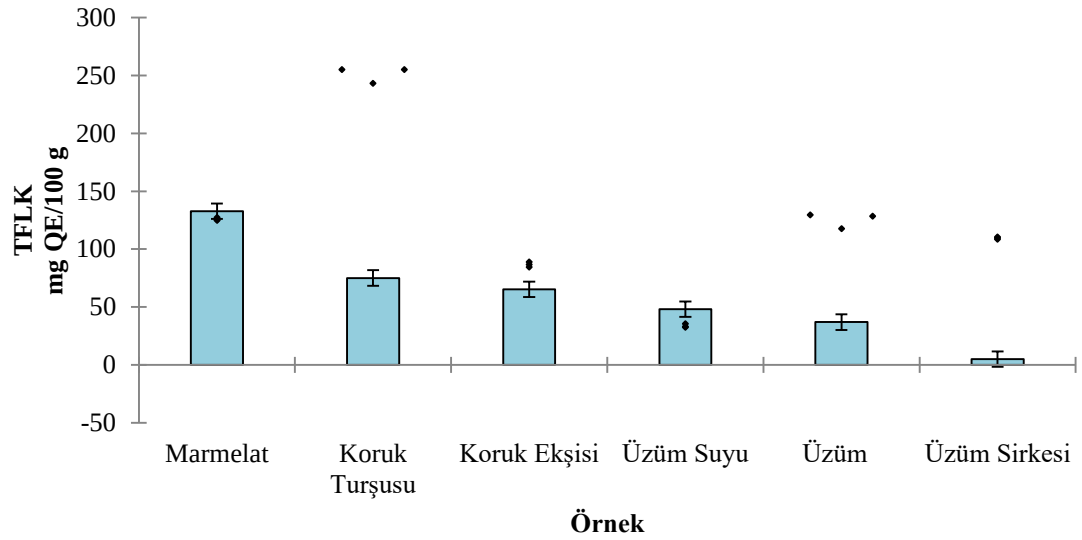
Bu sıralama, işleme tekniklerinin fenolik bileşiklerin stabilitesi ve ekstraksiyonu üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Isıl konsantrasyon uygulanan marmelatta fenolik bileşiklerin yoğunlaşması, fermentasyonda mikrobiyal enzimatik hidrolizin devreye girmesi ve sirkede fenolik bileşiklerin oksidatif olarak parçalanması; farklı ürünlerde gözlenen fenolik içerik farklılıklarını net şekilde açıklamaktadır.

3.8.2. Toplam Flavonoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları

Toplam flavonoid kapasitesi (TFLK), üzüm ve türetilmiş ürünlerde fenolik yapının önemli bir alt sınıfını oluşturan flavonoidlerin toplam derişimini yansıtmakta olup, ürünün biyoaktif niteliği, antioksidan performansı ve işleme koşullarına verdiği tepki açısından belirleyici bir parametredir. Tablo 4 ve Şekil 16 birlikte değerlendirildiğinde TFLK değerlerinin 4.96–132.73 mg QE/100 g aralığında değiştiği görülmektedir; bu varyasyon işleme tekniklerinin (ısıl işlem, fermentasyon, konsantrasyon, pH değişimleri), hammaddenin fenolik yapısının ve matris kompozisyonunun flavonoid stabilitesi üzerindeki güçlü etkilerini ortaya koymaktadır.

En yüksek TFLK değerinin marmelatta (132.73 mg QE/100 g) görülmesi, ısıl konsantrasyon işleminin flavonoidlerin çözünür fraksiyona geçişini artırmasıyla yakından ilişkilidir. Isıl işlemler sırasında hücre duvarlarının ve polifenol–polisakkarit komplekslerinin parçalanması, üzüm kabuğu ve çekirdeğinde yoğun bulunan flavonol, flavan-3-ol ve antosiyanin yapılarının serbestleşmesini kolaylaştırmakta; bu durum ekstrakte edilebilir flavonoid miktarında anlamlı bir artışa yol açmaktadır. Dutra vd. (2020), çalışmalarında da benzer şekilde ısıl konsantrasyonun flavonoid çıkışını artırdığı, özellikle antosiyanin ve flavonollerin sıcaklığa daha dayanıklı olduğu gösterilmiştir. İsabella üzümünün yüksek antosiyanin içeriği dikkate alındığında, marmelattaki TFLK değerinin yüksek bulunması fenolik profilin ısıl işlemlerle zenginleşmesine bağlanabilir.

Fermente ürünlerde, özellikle koruk turşusu (75.02 mg QE/100 g) ve koruk ekşisi (65.29 mg QE/100 g), TFLK değerlerinin yüksek çıkması fermentasyonun polifenolik fraksiyon üzerindeki dönüştürücü etkisinin açık bir göstergesidir. Laktik asit bakterileri tarafından sentezlenen β -glukozidaz ve esteraz gibi enzimler, flavonoid glikozitlerinin hidrolizini hızlandırarak daha küçük molekül ağırlıklı, biyoyararlanımı yüksek flavonoid aglikonlarının oluşmasına neden olur. Wu vd. (2021), laktik asit fermentasyonunun flavonoid aglikonlarının artışına ve toplam antioksidan kapasitenin yükselmesine katkıda bulunduğunu rapor etmişlerdir. Koruk turşusu ve ekşisindeki asidik ortam da polifenol–protein etkileşimlerini zayıflatarak flavonoid fraksiyonunun daha kararlı hâle gelmesine yardımcı olmaktadır.



Şekil 16. Toplam TFLK sütun grafiği

Üzüm suyunda TFLK değerinin 48.15 mg QE/100 g olarak belirlenmesi, ısıl işlemin flavonoid ekstraksiyonundaki ikili rolüyle açıklanabilir. Kaynatma ve pastörizasyon hücre yapısını bozarak flavonoidlerin su fazına geçişini kolaylaştırır; ancak uzun süreli veya yüksek sıcaklık uygulamaları bazı flavonoid yapılarında parçalanmaya, antosiyaninlerde ise polimerizasyona yol açabilmektedir. Genova vd. (2016), üzüm suyunda uygulanan ısıl işlemlerin antioksidan kapasiteyi artırabileceğini, ancak aşırı ısının bazı hassas fenolik fraksiyonları azaltabileceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle üzüm suyundaki TFLK değerinin marmelata göre daha düşük, taze üzüme göre daha yüksek bulunması literatürle uyumludur.

Taze üzümde belirlenen 36.99 mg QE/100 g değeri, İsabella üzümünün doğal flavonoid profilini yansıtmakta olup kabuk ve çekirdekte yoğunlaşmış olan flavonoid yapısının bu fraksiyondan ekstrakte edilmesiyle ilişkilidir. Flavonoidlerin dağılımı çeşit, yetiştirme koşulları, güneşlenme süresi ve olgunluk derecesi gibi çevresel faktörlere göre değişebilir; bu nedenle taze üzüm TFLK değerinin orta düzeyde olması türün karakteristik yapısıyla örtüşmektedir (Blancquaert vd., 2019).

En düşük TFLK değerinin üzüm sirkesinde (4.96 mg QE/100 g) gözlenmesi ise asetik fermentasyonun polifenolik yapılar üzerindeki yıkıcı etkisiyle ilişkilidir. Asetik asit bakterilerinin oksidatif metabolizması, flavonoidlerin yapı taşlarını parçalayan enzimatik reaksiyonlara yol açmakta; aynı zamanda sirke üretimi süresince artan oksijen teması, flavonoidlerin oksidatif degradasyonunu hızlandırmaktadır. Chanivet vd. (2024), sirke üretimi sırasında fenolik bileşiklerde belirgin azalma olduğunu ve özellikle flavonoid yapılarının oksidasyona karşı daha hassas olduğunu bildirmişlerdir.

Bu nedenle genel sıralama **Marmelat > Koruk Turşusu > Koruk Ekşisi > Üzüm Suyu > Üzüm >> Üzüm Sirkesi** şeklinde olup flavonoid kapasitesindeki bu değişimler ürünlerin maruz kaldığı işleme teknikleri, ortam koşulları ve biyokimyasal süreçlerin flavonoid stabilitesi üzerindeki etkisini güçlü biçimde göstermektedir. Isıl işlem ve fermentasyon flavonoidlerin biyoyararlanımını artırıcı yönde etki ederken, uzun süreli oksidatif fermentasyon süreçleri (sirke üretimi) flavonoid fraksiyonunda kayıplara neden olmaktadır.

3.8.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları

Toplam antioksidan kapasite (TAK) değerleri Tablo 4 ve Şekil 17'ye göre 36.63–312.54 mg AAE/100 g aralığında değişmekte olup, ürünler arasındaki bu belirgin varyasyon üzüm ve türevlerinin işleme koşulları, matris yapısı, fenolik/flavonoid bileşen yoğunluğu ve fermentasyon süreçlerinden doğrudan etkilenmiştir. TAC, bir numunedeki antioksidan moleküllerin toplam radikal süpürme kapasitesini temsil eden kapsamlı bir parametredir; fenolik bileşikler, flavonoidler, askorbik asit, antosiyaninler ve organik asit türevleri bu kapasiteye en büyük katkıyı sağlayan bileşenlerdir.

En yüksek TAC değeri marmelatta (312.54 mg AAE/100 g) belirlenmiştir. Marmelatta gözlenen bu yüksek değer, ürünün hem **TFK** hem de **TFLK** açısından en zengin örnek olmasıyla paralellik göstermektedir. Isıl konsantrasyon işlemi sırasında hücre duvarlarının yıkılması, fenolik bileşiklerin ekstrakte edilebilir fraksiyona geçişini kolaylaştırmakta; sıcaklık, kabuk ve çekirdekte bağlı halde bulunan polifenollerin serbestleşmesini teşvik etmektedir (Dutra vd., 2020). Ayrıca konsantre ürünlerde briks değerinin yükselmesi ve su aktivitesinin düşmesi, antioksidan bileşenlerin matris içinde daha yoğun bir şekilde bulunmasına neden olmaktadır. Polifenollerin özellikle gallik asit, kateşin, epikateşin ve flavonoid aglikonlarının hidrojen bağışlama özellikleri, TAC üzerinde birincil belirleyicidir (Shahidi, 2012).

Tablo 4. Örneklerle ait TFK, TFLK, TAK ve antioksidan analiz sonuçları

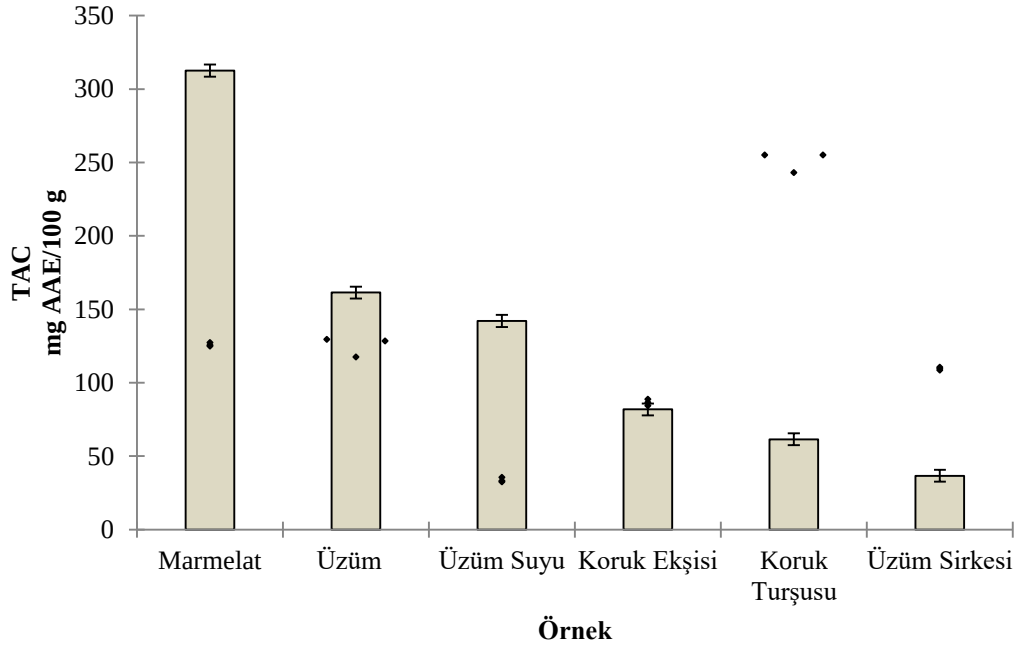
Örnekler	TPC mg GAE/100 g	TFLK mg QE/100 g	TAC mg AA/100 g	ABTS mg AA/100 g	FRAP mg FeSO ₄ /100 g	DPPH mg AA/100 g
Marmelat	251.20±6.87 ^e	132.73±11.68 ^f	312.54±1.65 ^f	18.55±0.48 ^c	189.60±0.17 ^f	74.49±0.85 ^f
Koruk Turşusu	126.06±1.30 ^d	75.023±0.68 ^e	61.54±0.19 ^b	20.74±0.02 ^e	181.44±0.49 ^e	65.22±0.90 ^e
Koruk Ekşisi	109.79±0.97 ^c	65.29±1.59 ^d	81.83±4.22 ^c	20.54±0.16 ^e	163.02±1.19 ^c	56.17±1.53 ^d
Üzüm Suyu	125.36±6.59 ^d	48.15±5.46 ^c	142.06±3.02 ^d	19.7±0.16 ^d	165.24±1.11 ^d	51.11±2.05 ^c
Üzüm	86.75±2.19 ^b	36.99.36 ^b	161.41±5.70 ^e	18.00±0.04 ^b	52.15±0.03 ^a	11.22±0.12 ^a
Üzüm Sirkesi	33.86±1.56 ^a	4.96±0.68 ^a	36.63±0.64 ^a	15.53±0.33 ^a	73.98±1.38 ^b	19.86±0.62 ^b

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

Taze üzüm örneğinde TAC'ın 161.41 mg AAE/100 g olması, *Vitis labrusca* çeşitlerinde rapor edilen yüksek antosiyanin ve flavonoid içeriğiyle uyumludur (Vélez vd., 2023). Üzüm suyunda belirlenen 142.06 mg AAE/100 g değeri ise ısıtıl işlemin antioksidan bileşiklerin çözünmesini kolaylaştırarak toplam antioksidan kapasiteyi artırmasıyla ilişkilendirilebilir. Termal işlemler fenoliklerin bir kısmını bozabilir de özellikle kabuk ve çekirdekten ekstrakte olan serbest polifenol miktarının artması TAC'ta yükseliş yaratmaktadır (Genova vd., 2016).

Fermentasyon kökenli ürünler olan koruk ekşisi ve koruk turşusunda TAC değerlerinin 61.54–81.83 mg AAE/100 g aralığında bulunması, fermentasyon sırasında fenolik bileşiklerin bir kısmının serbestleşmesiyle artan antioksidan fraksiyona rağmen, yüksek asidite, oksidatif enzimatik reaksiyonlar ve ortamdaki düşük pH'nın antioksidan kapasitenin bir bölümünü sınırlamasıyla açıklanabilir. Laktik asit fermentasyonunun fenolik glikozitleri hidrolizleyerek daha biyoyararlanılabilir aglikonlara dönüştürdüğü bilinse de (Wu vd., 2021), fermentasyonun ilerleyen aşamalarında polifenollerin oksidatif degradasyonu TAC'ın çok yüksek düzeylere çıkmasını engellemektedir.

En düşük TAC üzüm sirkesinde (36.63 mg AAE/100 g) ölçülmüştür. Asetik fermentasyon sürecinde artan oksidasyon, fenolik bileşiklerin benzoquinonlara ve diğer oksidatif ara ürünlere dönüşmesine neden olmakta; bu durum polifenolik yapının parçalanması ve antioksidan kapasitenin azalmasıyla sonuçlanmaktadır (Antoniewicz vd., 2021). Ayrıca sirke üretiminde sürece eşlik eden uzun fermentasyon ve yüksek asidite, fenolik yapıların bozunmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.



Şekil 17. Toplam TAC sütun grafiği

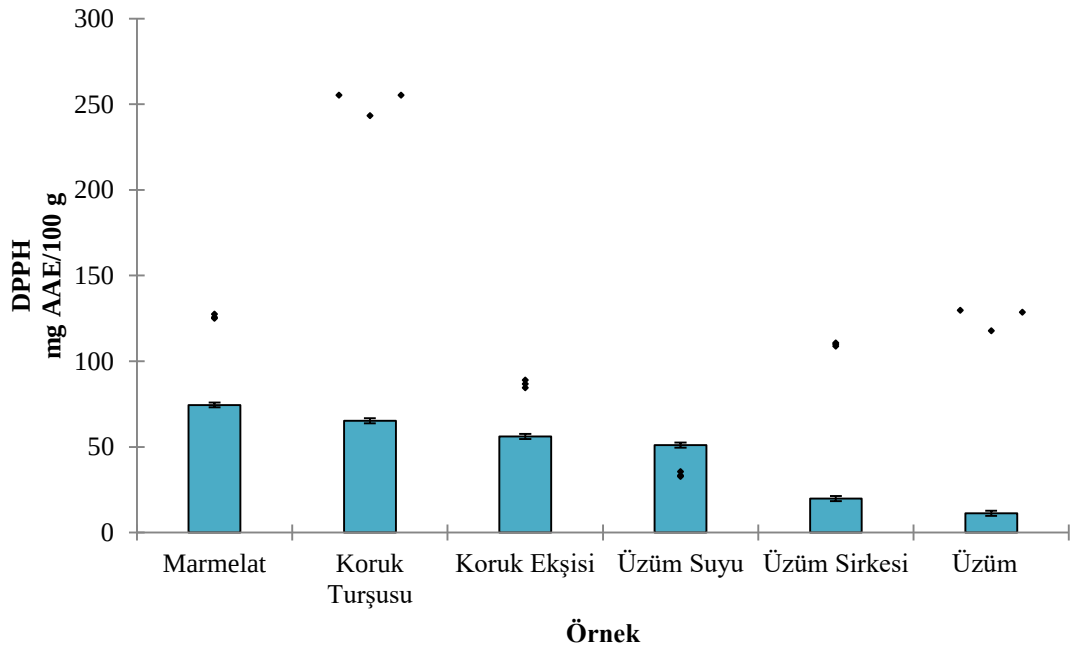
Genel sıralama (TAK) **Marmelat >> Üzüm ≈ Üzüm Suyu > Koruk Ekşisi > Koruk Turşusu > Üzüm Sirkesi** şeklinde olup bu sıralama, üzüm ve türevlerinde antioksidan kapasitenin esas olarak fenolik/flavonoid profili, ısıtma işlemi, fermentasyon tipi, pH, matris yapısı ve konsantrasyon derecesi ile belirlendiğini açıkça göstermektedir. Isıtma konsantrasyon işlemi antioksidan kapasiteyi en fazla artıran işlem türü olurken, uzun süreli asetik fermentasyon ise antioksidan kapasitenin en fazla azaldığı süreçtir. Ürünler arasındaki bu farklılıklar, TAC'ın işleme teknolojisi ve hammadde yapısına duyarlı bir kalite göstergesi olduğunu doğrulamaktadır.

3.8.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları

DPPH radikal süpürme aktivitesine ilişkin bulgular, Tablo 4 ve Şekil 18'de gösterildiği üzere ürünler arasında belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır. DPPH metodu, serbest radikal özellikli stabil bir nitrojen radikali olan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH·) molekülünün antioksidan bileşikler tarafından indirgenmesi esasına dayanır ve özellikle **hidrojen atomu bağışlama kapasitesi** yüksek fenolik moleküllere oldukça duyarlıdır. Bu nedenle yöntemin sonuçları, çoğu zaman toplam fenolik kapasite (TPC), toplam flavonoid kapasitesi (TFLK) ve FRAP gibi indirgeme gücü testleri ile güçlü korelasyon gösterir (Villaño vd., 2007).

Analiz sonuçlarında en yüksek DPPH aktivitesi marmelat (74.49 mg AAE/100 g) ölçülmüştür. Bu durum, marmelat üretiminde uygulanan **ısıtma konsantrasyon, hücre**

duvarı parçalanması, polisakarit–fenolik komplekslerinin çözünmesi ve bağlı fenoliklerin serbestleşmesi gibi mekanizmaların etkisiyle polifenollerin ekstrakte edilebilirliğinin önemli ölçüde artmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde, ısıtma işlemlerin özellikle flavonoid aglikonları ve galik asit türevlerinin çözünürlüğünü artırarak DPPH radikalini söndürme kapasitesini yükselttiği çok sayıda çalışmada gösterilmiştir (Silva vd., 2020). Ayrıca marmelatla briksin yüksek olması, serbest polifenollerin matriste yoğunlaşmasına katkıda bulunarak radikal süpürme kapasitesini güçlendirmiştir.



Şekil 18. Toplam DPPH sütun grafiği

Koruk turşusu ve koruk ekşisinde orta düzeyde DPPH aktivitesi gözlenmiştir. Laktik asit fermentasyonu sırasında polifenolik bileşiklerin —özellikle yüksek molekül ağırlıklı tanenlerin ve fenolik asit glikozitlerinin— enzimatik hidrolize uğrayarak daha düşük molekül ağırlıklı ve daha radikal duyarlı türevlere dönüşmesi, antioksidan kapasiteyi artırabilmektedir (Wu vd., 2021). Bununla birlikte, fermentasyonda ortaya çıkan oksidatif enzimler (ör. polifenol oksidaz) ve fermentasyonun ilerleyen aşamalarında oluşan asidik stres, bazı fenoliklerin oksidatif degradasyonuna yol açtığından DPPH aktivitesi marmelatla olduğu kadar yüksek değildir.

Üzüm suyunda ölçülen 51.11 mg AAE/100 g değeri, ısıtma işlemin fenolik çözünürlüğünü artırmasıyla uyumludur. Pastörizasyon ve kaynatma sırasında fenolik bileşiklerin bitki hücrelerinden difüzyonu kolaylaşır; ancak bazı ısıya duyarlı yapıların

parçalanması DPPH değerlerinin marmelat kadar yüksek olmamasında etkili olmuştur. Bununla birlikte, üzüm suyunun fenolik profili özellikle flavonoid glikozitlerinden ve antosiyaninlerden oluştuğu için DPPH'e duyarlılığı TPC ve TFLK'ya göre daha sınırlı kalabilmektedir.

Taze üzümde en düşük DPPH aktivitesinin (11.22 mg AAE/100 g) görülmesi, üzümün fenolik bileşenlerinin çoğunun glikozit bağlı veya matrise sıkı şekilde tutunmuş yapıda olması ve ekstrakte edilebilir fenolik fraksiyonunun sınırlı olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca DPPH yöntemi, antosiyaninler gibi bazı pigment fenoliklerine ABTS kadar duyarlı değildir; bu nedenle *Vitis labrusca* türlerinde doğal antosiyanin zenginliği DPPH değerlerinde tam anlamıyla yansımamaktadır (Lu vd., 2024).

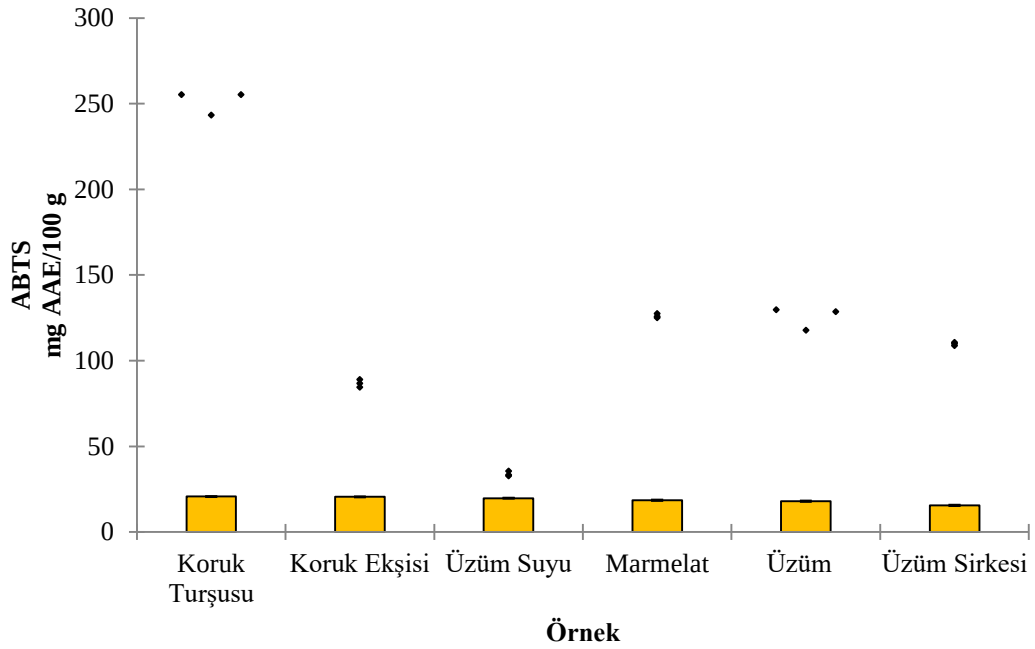
Üzüm sirkesi, ürünler arasında en düşük DPPH aktivitesini göstermiştir. Asetik fermentasyon aşaması, yükselen asidite ve oksidatif ortam nedeniyle özellikle **hidrojen atomu bağışlama kapasitesi yüksek** fenolik bileşiklerde belirgin bir degradasyona yol açmaktadır. Asetik asit bakterilerinin oksidatif metabolizması sırasında polifenollerin önemli bir kısmı parçalanır veya daha düşük antioksidan aktivite sergileyen türevlere dönüşür (Antoniewicz vd., 2021). Dolayısıyla sirkenin düşük DPPH aktivitesi, işlem kaynaklı polifenolik kayıpların bir sonucudur.

Genel sıralama **Marmelat > Koruk Turşusu > Koruk Ekşisi > Üzüm Suyu > Üzüm Sirkesi > Üzüm** şeklinde olup bu sıralama, ürünlerde uygulanan ısıtma işlemi, fermentasyon tipi, pH koşulları, oksidatif stres düzeyi, matris etkisi ve polifenollerin serbest/bağlı fraksiyon oranı gibi faktörlerin DPPH radikal süpürme aktivitesi üzerindeki belirleyici rolünü sistematik ve mekanistik biçimde ortaya koymaktadır.

3.8.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları

ABTS radikal süpürme aktivitesi, Tablo 4 ve Şekil 19'da gösterildiği üzere ürünler arasında 15.53–20.74 mg AAE/100 g aralığında değişmekte ve işleme tekniklerinin antioksidan profili üzerindeki etkilerini anlamak için önemli bir parametre oluşturmaktadır. ABTS yöntemi hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidan bileşenleri ölçebilmesi nedeniyle DPPH gibi yalnızca hidrofilik fraksiyona duyarlı yöntemlere kıyasla daha kapsayıcı bir radikal süpürme değerlendirmesi sunar (Floegel vd., 2011; Kim vd., 2002). Bu nedenle ürünler arasındaki farkların yalnızca fenolik bileşik miktarına değil, aynı zamanda organik asitler, askorbik asit, flavonoidler, karotenoidler ve ısıtma veya fermentatif işlemler sonucu açığa çıkan diğer indirgen bileşiklere de bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek ABTS değeri koruk turşusunda (20.74 mg AAE/100 g) belirlenmiştir. Laktik asit fermentasyonu sırasında polifenollerin β -glukosidaz ve esteraz gibi mikrobiyal enzimler aracılığıyla daha düşük molekül ağırlıklı aglikonlara dönüştüğü, bu dönüşümün ise antioksidan kapasitenin belirgin şekilde artmasını sağladığı bilinmektedir (Wu vd., 2021). Ayrıca koruk ürünlerinde doğal olarak yüksek olan malik, tartarik ve sitrik asit gibi organik asit içerikleri, ABTS•+ radikalinin indirgenme hızını artırarak test sonucunda ölçülen antioksidan kapasitenin yükselmesine katkı sağlamaktadır. Bu durum literatürde fermente meyve ürünlerinde ABTS değerlerinin ısıl işlem görmüş ürünlere göre daha yüksek çıktığını bildiren çalışmalarla da tutarlıdır (Wang vd., 2024; Chen vd., 2024).



Şekil 19. Toplam ABTS sütun grafiği

Üzüm suyunda elde edilen 19.70 mg AAE/100 g değeri, ısıl işlemin polifenol çözünürlüğünü ve ekstraksiyon verimini artırması nedeniyle beklenen bir sonuçtur. Kaynatma ve pastörizasyon işlemleri hücre duvarlarını parçalayarak fenoliklerin serbest faza geçişini kolaylaştırırken, ABTS testine duyarlı olan hidrofilik antioksidan fraksiyonun da yoğunluğunu artırmaktadır. Bu bulgu, termal pastörizasyonun üzüm suyunda antioksidan kapasiteyi artırdığını gösteren çalışmalarla uyumludur (Genova vd., 2016; Yıkmış vd., 2023).

Marmelatta ölçülen 18.55 mg AAE/100 g değeri yüksek olmakla birlikte TFK ve TFLK düzeylerindeki artış kadar belirgin değildir. Bunun nedeni, uzun süreli ısıl işlemin

bazı fenolik bileşiklerin yapısını değiştirerek ABTS•+ radikaline karşı reaktivitesini azaltmasıdır. Özellikle flavonoidlerin 3',4'-dihidroksifenil yapılarında meydana gelen ısıya degradasyon, ABTS testine duyarlı fraksiyonun bir bölümünün işlevini kaybetmesine yol açabilmektedir (Guler vd., 2018; Peron vd., 2017). Bununla birlikte marmelattaki yüksek toplam polifenol konsantrasyonu, ABTS değerinin yine de yüksek çıkmasını sağlamaktadır.

Koruk ekşisinde ABTS değerinin 20.54 mg AAE/100 g ile orta-yüksek düzeyde bulunması, hem fermentasyonun polifenol serbestleşmesini artırması hem de ürünün sahip olduğu güçlü organik asit profili ile açıklanmaktadır. Buna karşın taze üzümde ölçülen 18.00 mg AAE/100 g değeri, ürünün doğal fenolik yapısını yansıtırken işleme bağlı bir yoğunlaşma veya serbestleşme etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

En düşük ABTS değeri üzüm sirkesinde (15.53 mg AAE/100 g) saptanmıştır. Asetik asit fermentasyonu, fenolik bileşiklerin oksidatif degradasyonuna eğilimli olduğu uzun süreli aerobik bir süreçtir ve bu durum fenoliklerin radikal süpürme kapasitesini azaltmaktadır (Antoniewicz vd., 2021; Bakır vd., 2016). Ayrıca üretim sürecindeki yüksek asidite, bazı antioksidan bileşiklerin stabilitesini düşürmekte ve bu durum ABTS değerinin düşük çıkmasına katkı sağlamaktadır. Sirke üretimi sırasında antioksidan kapasitenin zamanla belirgin şekilde azaldığı birçok çalışma tarafından rapor edilmiştir (Gao vd., 2022).

Bu sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde ABTS sıralaması şu şekildedir: **Koruk Turşusu > Koruk Ekşisi > Üzüm Suyu > Marmelat > Üzüm > Üzüm Sirkesi.**

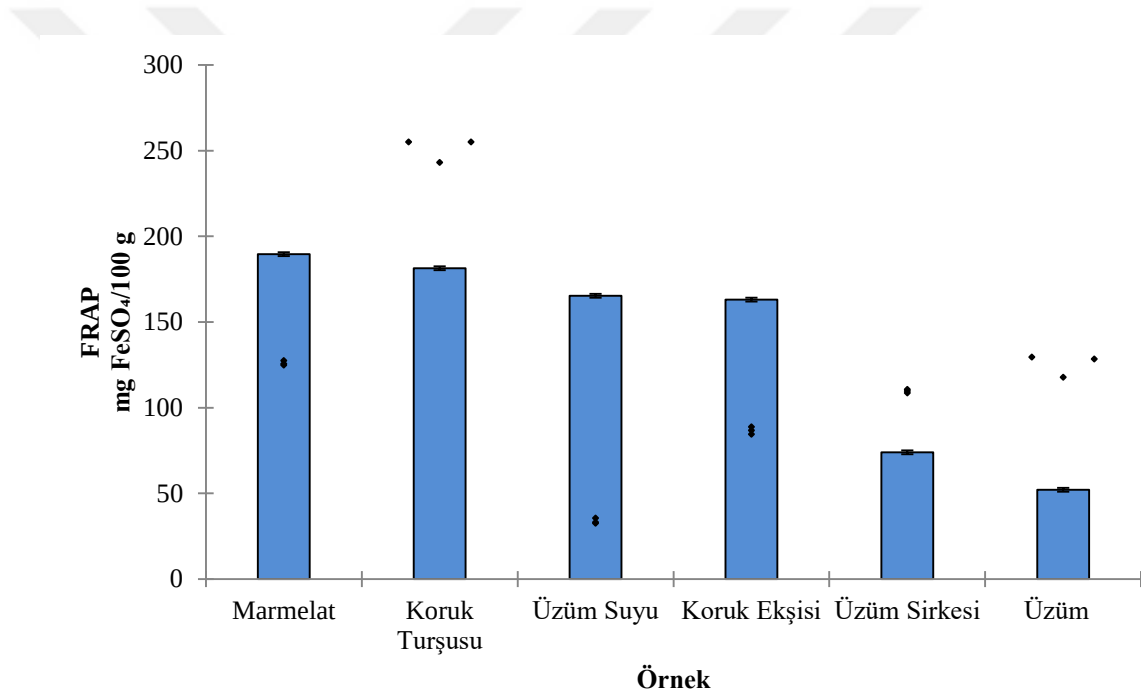
Genel olarak fermentasyonun özellikle laktik asit fermentasyonunun ABTS radikal süpürme kapasitesini artırdığı, buna karşın uzun süreli oksidatif süreçlerin (sirke üretimi gibi) antioksidan kapasiteyi azalttığı görülmektedir. Bu eğilim, üzüm ve üzüm türevlerinde antioksidan kapasitenin işleme tekniği, pH, oksidasyon düzeyi ve fenolik bileşiklerin kimyasal dönüşümleri tarafından belirlendiğini açıkça göstermektedir.

3.8.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları

FRAP analiz sonuçları Tablo 4 ve Şekil 20 incelendiğinde, örneklerin demir indirgeme kapasitesinin 52.15–189.60 mg FeSO₄/100 g arasında değiştiği görülmektedir. FRAP testi, temel olarak Fe³⁺ iyonlarının antioksidan bileşikler tarafından Fe²⁺ formuna indirgenmesine dayanan bir elektron transferi mekanizması ile çalışır ve özellikle fenolik hidroksil gruplarının elektron verme kapasitesine oldukça duyarlıdır. Bu nedenle, FRAP değeri gıda örneklerinde toplam fenolik yapı ile sıkı bir biçimde ilişkilidir. Literatürde de

FRAP değeri fenolik asitler, flavonoller, flavanonlar ve gallik asit türevleri ile yüksek pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmektedir (Csepregi vd., 2016; Gu vd., 2019).

Çalışmada en yüksek FRAP değeri marmelat örneğinde (189.60 mg FeSO₄/100 g) belirlenmiştir. Bu sonuç, marmelat üretiminde uygulanan ısıl işlemin hem polifenollerin çözünürlüğünü artırması hem de matrise bağlı (bound) fenoliklerin serbestleşmesini sağlamasıyla ilişkilidir. Isıya maruz kalan meyve ürünlerinde, özellikle gallik asit türevlerinin ve flavonollerin serbestleştiği, böylece daha güçlü bir indirgeme kapasitesine ulaştıkları pek çok çalışmada vurgulanmaktadır (Zhong vd., 2023). Ayrıca marmelatın yüksek TFK ve TFLK değerleri ile FRAP sonuçları arasındaki paralellik, elektron transferi mekanizmasına dayanan antioksidan testlerinin fenolik içeriğe duyarlılığını doğrulamaktadır.



Şekil 20. Toplam FRAP sütun grafiği

Koruk turşusu ve üzüm suyu örneklerinde FRAP değerlerinin görece yüksek bulunması, hem fermentasyonun hem de pastörizasyonun fenolik bileşenlerin çözünürlüğünü artırıcı etkisiyle açıklanabilir. Laktik asit fermentasyonu, polifenollerin düşük molekül ağırlıklı türevlere dönüşmesini kolaylaştırmakta ve bu fraksiyonlar FRAP testinde daha yüksek indirgeme kapasitesi göstermektedir (Yi vd., 2025). Pastörizasyon ise hücre duvarı yapılarının parçalanmasını kolaylaştırarak fenolik bileşiklerin meyve suyu matrisine daha fazla geçmesini sağlayabilir (Chang vd., 2017).

Koruk ekşisinin FRAP değeri (163.02 mg FeSO₄/100 g) orta düzeyde seyretmektedir. Bu ürünün yüksek asiditesi, bazı indirgen fenolik bileşiklerin stabilitesini azaltabilir. Özellikle flavonoid glikozitlerinin asidik ortamlarda hidrolize olabilmesi ve bazı fenoliklerin oksidasyona daha açık hale gelmesi, FRAP kapasitesinin bir miktar sınırlanmasına neden olabilir. Bu durum verjuice ve türevlerinde daha önceki çalışmalarla da doğrulanmıştır (Öncül vd., 2015).

Taze üzüm örneğinde ölçülen FRAP değeri (52.15 mg FeSO₄/100 g) çalışmadaki en düşük sonuçtur. Bunun temel nedeni, üzümde indirgen kapasitesi nispeten düşük olan polifenollerin (örneğin antosiyanin glikozitleri) baskın olmasıdır. FRAP testi özellikle elektron verme potansiyeli yüksek olan fenolik fraksiyonlara duyarlı olduğundan, antosiyanin ağırlıklı fraksiyonlara sahip meyvelerde düşük sonuç elde edilebilmektedir (Katalinić vd., 2010). Bu bağlamda taze üzümün FRAP değerinin düşük olması literatür ile tamamen uyumludur. Üzüm sirkesinde ise FRAP değeri çalışmadaki en düşük ikinci seviye olarak belirlenmiştir. Asetik fermentasyon, oksidatif enzim aktiviteleri ve uzun süreli mikrobiyal dönüşüm süreçleri nedeniyle polifenollerin önemli bir kısmı parçalanmakta veya oksidatif olarak modifiye olmaktadır. Bu nedenle sirkelerde indirgeme kapasitesi genellikle düşük seyretmektedir (Antoniewicz vd., 2021).

Genel olarak değerlendirildiğinde FRAP kapasitesinin sıralaması şu şekildedir: **Marmelat >> Koruk Turşusu ≈ Üzüm Suyu > Koruk Ekşisi > Üzüm Sirkesi > Üzüm.**

Bu sıralama, ürünlerdeki fenolik yoğunluğu, fenolik bileşiklerin yapısal özellikleri, işleme yöntemleri (ısıtma işlemi, fermentasyon, asidifikasyon) ve matristeki polifenollerin serbest/bağlı form oranları ile uyumlu bir biyokimyasal dağılım göstermektedir. Ayrıca FRAP testinin fenolik fraksiyonlara duyarlılığı ve antosiyanin glikozitleri gibi indirgen kapasitesi sınırlı bileşiklere düşük yanıt vermesi, test sonuçlarının ürün tiplerine göre anlamlı farklılıklar göstermesine neden olmuştur. Bu durum literatürde FRAP yönteminin sınırlılığı olarak belirtilmektedir (Csepregi vd., 2016).

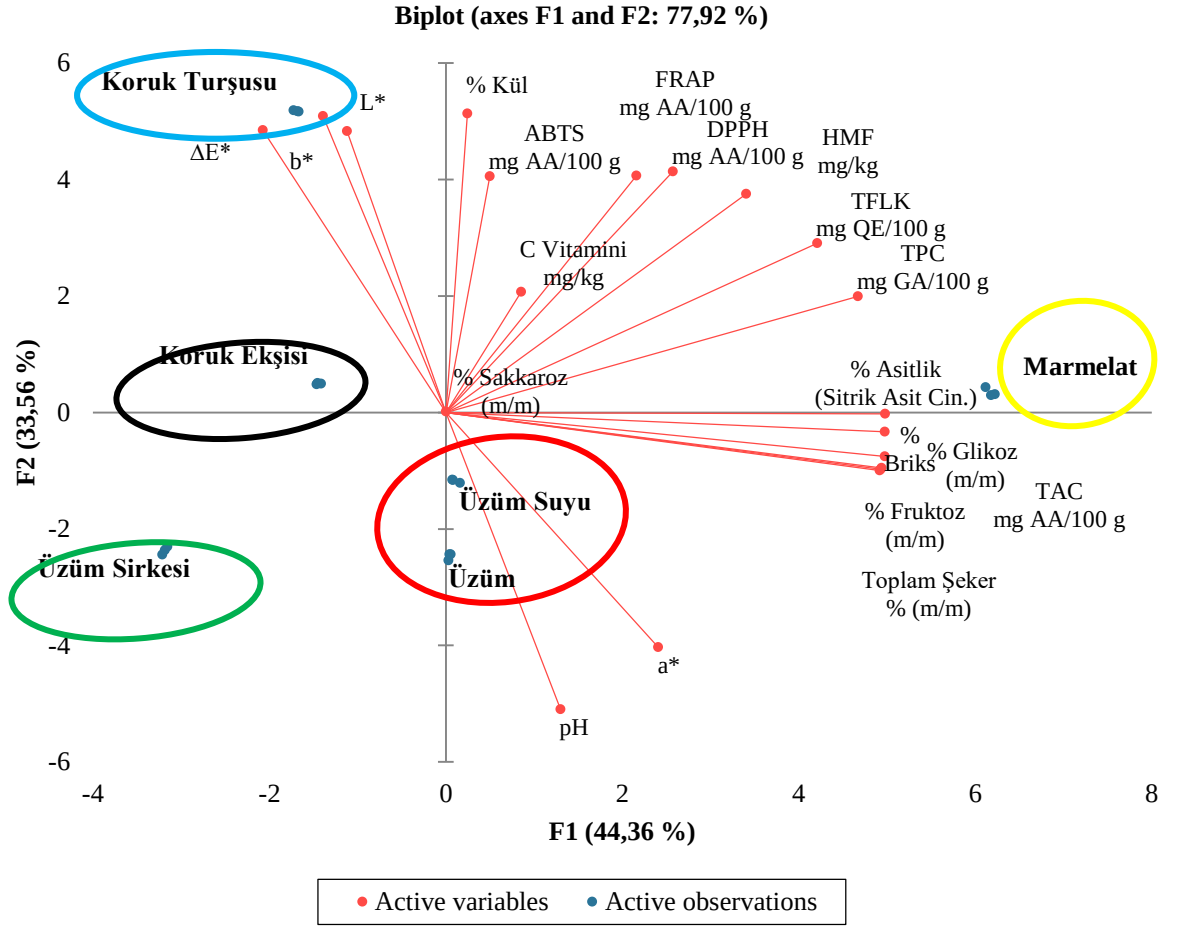
3.9. Analiz Sonuçlarının PCA Değerlendirmesi

Bu çalışmada incelenen fizikokimyasal bileşenler, şeker profili, renk parametreleri ve antioksidan kapasite verileri kullanılarak gerçekleştirilen Temel Bileşenler Analizi (PCA), üzüm ve üzüm türevli ürünlerde işleme yöntemlerine bağlı kimyasal farklılıkların çok boyutlu düzeyde güçlü bir biçimde ayrıştığını göstermiştir. PCA'ya ilişkin faktör yükleri Tablo 5'te, ürünlere ait faktör skorları ise Tablo 6'da sunulmuştur. Ayrıca yüklerin ve skorların iki boyutlu düzlemdeki dağılımını gösteren PCA çift yönlü diyagramı Şekil 20'de gösterilmiştir.

Birinci ana bileşende fruktoz, glikoz, toplam şeker, toplam fenolik madde (TPC) ve toplam antioksidan kapasite (TAC) değişkenlerinin yüksek pozitif yükler taşıması, bu bileşenin “konsantrasyon, fenolik yoğunlaşma ve redoks kapasitesi” eksenini temsil ettiğini ortaya koymuştur. Bu ekseninde marmelat örneklerinin belirgin şekilde pozitif yönde ayrışması, ısı konsantrasyonunun hücre matriksine bağlı fenolik bileşiklerin serbestleşmesini kolaylaştırdığı, çözünür şeker seviyelerini yükselttiği ve ürünün antioksidan profiline anlamlı katkı sağladığı yönündeki bulgularla uyumludur. Termal işlemin polifenol salınımını artırdığı, Maillard kökenli indirgen bileşikler ve melanoidin oluşumu sonucu antioksidan kapasitede artış sağlayabildiği birçok çalışmada rapor edilmiştir (Nayak vd., 2015; Wu vd., 2024). Bununla birlikte, aynı ürünlerde gözlenen yüksek HMF konsantrasyonları ile renk değişimi parametrelerindeki belirgin sapmalar (L^* azalışı, b^* ve ΔE^* artışı), yüksek sıcaklık uygulamalarının Maillard reaksiyonlarını hızlandırdığı ve özellikle su aktivitesinin düşük olduğu konsantrasyon aşamalarında HMF birikimi için elverişli bir ortam oluşturduğunu göstermektedir. Meyve suyu ve konsantrelerinde HMF oluşumu üzerine yapılan kinetik çalışmalar, sıcaklık artışının reaksiyon hız sabitlerini üstel olarak yükselttiğini bildirmektedir (Ağçam, 2022; Kroh, 1994).

İkinci ana bileşende kül, L^* , b^* , ΔE^* ve HMF değişkenlerinin yüksek pozitif yükler taşıması, bu bileşenin “renk dönüşümü, pigment degradasyonu ve esmerleşme eğilimi” ile ilişkili bir kalite eksenini olduğunu göstermektedir. Koruk turşusu örneklerinin bu ekseninde yüksek skorlar alması, düşük pH’nın doğal pigmentlerin (antosiyantinler, flavonoller) stabilitesini azaltması, metal iyonları ve organik asitler ile gerçekleşen kompleksleşmenin renk sapmalarını hızlandırması ve fermantasyon sürecinin oksidatif-enzimatik mekanizmaları tetiklemeyle ilişkilendirilebilir. Literatür, düşük pH ortamlarında Maillard türevi furfural bileşiklerinin ısı uygulanmaksızın da oluşabileceğini, özellikle de asidik matrislerde asit katalizli dehidrasyon reaksiyonlarının HMF üretimini artırdığını göstermektedir (Gao vd., 2024).

Üçüncü ana bileşenin C vitamini üzerinde taşıdığı yüksek yük değeri, bu bileşenin “tazelik göstergesi ve askorbik asit stabilitesi” eksenini temsil ettiğini göstermiştir. Taze üzüm örneklerinin bu ekseninde pozitif ayrışması, askorbik asidin termal degradasyona son derece duyarlı olmasıyla tutarlıdır. Isıl işleme maruz kalan üzüm suyu ve koruk ekşisi örneklerinde gözlenen negatif skorlar, askorbik asidin oksidatif parçalanması, dehidroaskorbik aside dönüşmesi ve metal iyonları ile katalizlenen oksidasyon süreçleriyle açıklanabilir (Lee ve Kader, 2000; Aguilar vd., 2017).



Şekil 21. PCA grafiği

D  r  nc   ana bileşende sakkaroz değişkeninin baskın y  k taşıması, bu bileşenin ürünlerde sakkarozun işlem sırasında geçirdiği kimyasal d  n    mleri; özellikle asit hidrolizi ile glikoz ve fruktoza ayrışmayı ve fermentasyon sürecine bağlı metabolik parçalanmayı temsil ettiğini göstermektedir. Koruk turşusu   neklerinin bu eksende pozitif skorlar alması, d    k pH ve laktik asit bakterilerinin sakkarolitik aktivitesi altında sakkarozun daha hızlı hidrolize uğramasıyla örtüşmektedir. Literatürde fermentatif sistemlerde sakkarozun invertaz aktivitesi ve asit katalizli hidroliz yoluyla hızla parçalandığı, monosakkaritlerin daha sonra mikrobiyal metabolizmaya yönlendirildiği geniş şekilde tanımlanmıştır (Qian vd., 2005). Bu nedenle F4,   r  nlerin fermentasyon veya salamura işlemlerine özgü şeker d  n    mlerinin ayırt edilmesinde kritik bir eksen olarak değerlendirilebilir.

Tablo 5. Faktör Yükleme (Değişkenlerin Faktörlerle İlişkisi)

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5
pH	0,258	-0,879	0,149	-0,012	-0,102
% Briks	0,987	-0,057	0,089	-0,047	-0,100
% Asitlik (Sitrik Asit Cin.)	0,987	-0,004	0,078	-0,050	-0,104
% Kül	0,048	0,885	0,406	-0,053	-0,100
HMF mg/kg	0,675	0,647	0,084	-0,125	-0,236
% Fruktoz (m/m)	0,979	-0,164	0,087	-0,019	-0,046
% Glikoz (m/m)	0,975	-0,172	0,105	-0,015	-0,039
% Sakkaroz (m/m)	0,000	0,003	-0,040	0,921	-0,387
Toplam Şeker % (m/m)	0,978	-0,168	0,095	-0,017	-0,043
C Vitamini mg/kg	0,169	0,357	0,893	0,075	0,136
L*	-0,222	0,833	0,478	0,067	0,109
a*	0,477	-0,695	0,266	0,165	0,364
b*	-0,276	0,877	0,391	0,010	-0,013
ΔE^*	-0,412	0,836	-0,118	-0,138	-0,313
TPC mg GAE/100 g	0,926	0,344	-0,141	0,001	0,036
TFLK mg QE/100 g	0,835	0,501	-0,145	0,064	0,011
TAC mg AA/100 g	0,987	-0,130	0,071	0,027	0,055
ABTS mg AA/100 g	0,099	0,700	-0,242	0,315	0,584
FRAP mg AA/100 g	0,428	0,702	-0,529	0,019	0,106
DPPH mg AA/100 g	0,510	0,713	-0,469	-0,030	0,025

Beşinci ana bileşende ABTS radikal süpürme kapasitesinin pozitif yük taşıması, bu bileşenin antioksidan bileşiklerin yapısal çeşitliliğine ve özellikle antosiyanin gibi polifenolik kromoforların elektron transfer mekanizmalarına duyarlı olduğunu göstermektedir. Üzüm suyu örneklerinin F5'te pozitif ayrışması, bu ürünlerde antosiyaninlerin daha yüksek oranda korunmuş olması ve ABTS testinin özellikle antosiyanin-glikozit türevlerine duyarlı olmasıyla açıklanabilir.

Literatürde ABTS ve DPPH testlerinin antosiyanin yoğun ürünlerde güçlü cevap verdiği ve renk parametrelerinin antioksidan kapasite ile yüksek korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Prior vd., 2005; Muzolf-Panek vd., 2022).

Tablo 6. Faktör Skorları (Örneklerin Faktörlere Göre Konumu)

Örnekler	F1	F2	F3	F4	F5
Üzüm	0,031	-2,540	2,420	1,712	0,152
Üzüm	0,055	-2,437	2,521	-0,225	1,029
Üzüm	0,040	-2,438	2,496	-0,228	1,011
Marmelat	6,118	0,435	-0,429	1,090	-1,040
Marmelat	6,181	0,297	-0,173	-1,079	-0,591
Marmelat	6,224	0,315	-0,229	-0,950	-0,376
Koruk Turşusu	-1,727	5,188	0,968	1,241	-0,714
Koruk Turşusu	-1,683	5,170	1,112	-0,675	0,163
Koruk Turşusu	-1,669	5,168	1,125	-0,683	0,146
Üzüm Suyu	0,159	-1,213	-1,106	1,692	0,391
Üzüm Suyu	0,072	-1,155	-1,014	-0,333	1,113
Üzüm Suyu	0,082	-1,158	-1,061	-0,268	1,233
Koruk Ekşisi	-1,414	0,495	-2,063	1,559	0,097
Koruk Ekşisi	-1,465	0,482	-1,995	-0,425	0,873
Koruk Ekşisi	-1,452	0,505	-1,997	-0,391	0,937
Üzüm Sirkesi	-3,155	-2,306	-0,283	0,658	-1,948
Üzüm Sirkesi	-3,212	-2,443	-0,124	-1,375	-1,297
Üzüm Sirkesi	-3,185	-2,364	-0,167	-1,319	-1,182

Genel olarak PCA, ürünleri kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine göre dört ana kümeye ayırmıştır: (i) ısıtıl işlem kaynaklı fenolik yoğunlaşma, yüksek şeker ve belirgin HMF birikimi gösteren marmelatlar; (ii) düşük pH ve fermentasyonun etkisiyle renk dönüşümü ve pigment degradasyonu baskın olan koruk turşuları; (iii) askorbik asit içeriği yüksek taze üzüm örnekleri; ve (iv) fermentatif dönüşümlerin belirleyici olduğu, düşük şeker ve düşük antioksidan kapasiteyle karakterize edilen üzüm sirkeleri. Bu ayrışma, PCA'nın işleme yöntemlerinin kimyasal yapılar üzerindeki etkilerini bütüncül olarak değerlendirmede güçlü bir analitik araç olduğunu ve ürünlerin karakterizasyonunda yüksek ayırım gücü sağladığını göstermektedir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında, Trabzon yöresinde yetiştirilen İsabella (*Vitis labrusca* L.) üzümünden elde edilen beş farklı ürünün meyve suyu, marmelat, turşu, sirke ve koruk ekşisinin temel fizikokimyasal özellikleri, şeker profili, askorbik asit miktarı, renk parametreleri, toplam fenolik madde (TPC), toplam flavonoid madde (TFLK), farklı antioksidan aktiviteler (DPPH, FRAP, ABTS, TAC) ve HMF içerikleri bütüncül olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, ürünlerin işleme yöntemine bağlı olarak belirgin kimyasal ve fonksiyonel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur.

Ürünlerin pH, titrasyon asitliği ve kül içerikleri karşılaştırıldığında, İsabella üzümünden fermente edilen sirke ve koruk turşusunun daha yüksek asiditeye sahip olduğu, buna karşılık meyve suyu ve marmelat örneklerinde asitliğin daha düşük seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir. Bu durum, özellikle fermantasyon sırasında ortaya çıkan organik asit birikimi ve ısıl işlemde yaşanan uçucu asit kayıplarıyla tutarlıdır. °Brix değerleri, beklenen şekilde en yüksek marmelat örneğinde kaydedilmiş; bu bulgu yoğunlaştırma sürecinin çözünabilir kuru maddeyi artırdığına işaret etmektedir.

Şeker profiline ilişkin analizler, glikoz ve fruktozun doğal hammaddeye bağlı olarak yüksek konsantrasyonda bulunduğunu; sakkarozun ise işlem türüne göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle koruk turşusunda sakkaroz değerlerinin düşük olması, mikrobiyal fermantasyon sırasında sakkarozun invertaz etkisiyle glikoz ve fruktoza parçalanmasıyla açıklanabilir. HMF değerleri, ısıl işlemin etkisini doğrudan yansıtmış; yalnızca ısıl işlem uygulanarak hazırlanan marmelat örneğinde HMF'nin belirgin derecede arttığı, buna karşılık fermente ürünlerde çok düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir.

Askorbik asit (C vitamini) içeriği bakımından en yüksek değer taze üzümde gözlenmiş; ısıl işlem ve depolama koşullarına bağlı olarak meyve suyu ve marmelatta daha düşük değerler elde edilmiştir. Fermantasyonla üretilen sirke ve turşu örneklerinde ise askorbik asidin neredeyse tamamen parçalandığı görülmüştür. Bu bulgu, askorbik asidin oksidasyona ve fermantatif süreçlere yüksek duyarlılığıyla uyumludur.

Ürünlerin antioksidan kapasitesi incelendiğinde, özellikle TPC, TFLK, ABTS, DPPH, FRAP ve TAC değerleri bakımından önemli farklılıklar saptanmıştır. Marmelat ve meyve suyu örnekleri, fenolik bileşik bakımından zengin olmaları nedeniyle genel olarak daha yüksek antioksidan aktivite sergilemiş; fermente ürünlerde (sirke, turşu) ise fenolik profil daha düşük seviyelerde bulunmuştur. Bununla birlikte, koruk ekşisinin bazı

antioksidan testlerinde (ABTS, FRAP) nispeten yüksek değerler göstermesi, koruk matrisindeki organik asitlerin redoks mekanizmalarına olan katkısıyla açıklanabilir.

Renk parametreleri (L^* , a^* , b^*), ürünlerin işleme yöntemine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Fermente ürünlerde özellikle a^* değerlerinin azalması, antosiyaninlerin oksidatif parçalanmasına işaret etmektedir. Marmelatta ise ΔE^* değerinin yüksek bulunması, ısıl işlemin Maillard reaksiyonlarını tetiklediğini ve ürün renginde belirgin bir koyulaşmaya neden olduğunu göstermektedir.

Tüm değişkenlerin çok boyutlu ilişkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan Temel Bileşenler Analizi (PCA), ürünler arasındaki ayrışmayı net bir biçimde ortaya koymuştur. PCA'ya ait faktör yükleri Tablo 5'te, ürünlere ait faktör skorları Tablo 6'da, iki boyutlu PCA dağılım grafiği ise Şekil 20'de sunulmuştur. Analiz sonuçları;

- F1'in "şeker içeriği ve fenolik zenginlik",
- F2'nin "renk değişimi – HMF ilişkisi",
- F3'ün "askorbik asit ve tazelik",
- F4'ün "sakkaroz–işlem ilişkili dönüşümler",
- F5'in ise "ABTS duyarlılığı ve antosiyanin ilişkisi"

eksenlerini temsil ettiğini göstermiştir. Ürün grupları, PCA uzayında dört temel kümede ayrılmıştır:

1. Marmelat, yüksek şeker ve fenolik zenginlik ekseninde;
2. Koruk turşusu, düşük pH ve belirgin renk dönüşümü ekseninde;
3. Taze üzüm, askorbik asit ekseninde;
4. Sirke, düşük şeker–düşük antioksidan ekseninde konumlanmıştır.

Bu sonuçlar, İsabella üzümünün işleme yöntemine bağlı olarak kimyasal kompozisyonunun önemli ölçüde farklılaştığını ve fenolik bileşiklerin korunumu ile ürün kalitesi arasındaki ilişkinin kritik olduğunu göstermektedir. Ayrıca geleneksel üretim yöntemlerinin fenolik bileşiklerin korunumu açısından optimizasyon gerektirdiği anlaşılmaktadır.

Genel olarak, İsabella üzümünden elde edilen ürünler yüksek fonksiyonel potansiyel taşımakta olup, özellikle marmelat ve üzüm suyu antioksidan kapasite açısından öne çıkmıştır. Fermente ürünlerin ise farklı aroma profili ve düşük şeker içeriğiyle alternatif fonksiyonel ürün niteliği taşıdığı sonucuna varılmıştır. Bu bulguların, bölgesel ürün standardizasyonu, fonksiyonel gıda geliştirme ve ticari ölçekli üretim için bilimsel temel oluşturduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Acuner, E. ve Keskin, E. (2022). Gastronomi Turizmi Kapsamında Lezzetin İzinde Kokulu Üzüm. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1.
- Acuner, E. ve Keskin, E. (2022). Gastronomi turizmi kapsamında lezzetin izinde kokulu üzüm. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*.
- Agçam, E. (2022). A kinetic approach to explain hydroxymethylfurfural and furfural formations induced by Maillard, caramelization, and ascorbic acid degradation reactions in fruit juice-based mediums. *Food Analytical Methods*, 15(5), 1286-1299.
- Aguilar, K., Garvín, A., Ibarz, A. ve Augusto, P. E. (2017). Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. *Ultrasonics sonochemistry*, 37, 375-381.
- Ahmed, D., Khan, M. M. ve Saeed, R. (2015). Comparative analysis of phenolics, flavonoids, and antioxidant and antibacterial potential of methanolic, hexanic and aqueous extracts from *Adiantum caudatum* leaves. *Antioxidants*, 4(2), 394-409.
- Almeida Sousa Cruz, M. A., de Barros Elias, M., Calina, D., Sharifi-Rad, J. & Teodoro, A. J. (2024). Insights into grape-derived health benefits: a comprehensive overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 91.
- Antoniewicz, J., Jakubczyk, K., Kwiatkowski, P., Maciejewska-Markiewicz, D., Kochman, J., Rębacz-Marón, E., ... Janda-Milczarek, K. (2021). Analysis of antioxidant capacity and antimicrobial properties of selected polish grape vinegars obtained by spontaneous fermentation. *Molecules*, 26(16), 4727.
- Antoniewicz, J., Janda, K., Szkup, M., Antoniewicz, A., Brodkiewicz, A., Brodowski, J., ve Gutowska, I. (2022). Analysis of selected minerals in homemade grape vinegars obtained by spontaneous fermentation. *Biological Trace Element Research*, 200(2), 910-919. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02671-9>
- Arcanjo, N. M. D. O., Neri-Numa, I. A., Bezerra, T. K. A., Silva, F. L. H. D., Pastore, G. M., ve Madruga, M. S. (2017). Quality evaluation of red wines produced from the Isabella and Ives cultivar (*Vitis labrusca*): physicochemical parameters, phenolic composition and antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 37, 184-192.
- Aydın, S. ve Demir Gökışık, C. (2019). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity of home-made Isabella grape (*Vitis labrusca* L.) vinegar. *International Journal of Chemistry and Technology*, 3(1), 11-16. <https://doi.org/10.32571/ijct.471953>

- Bakır, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J. ve Capanoglu, E. (2016). Fruit antioxidants during vinegar processing: Changes in content and in vitro bio-accessibility. *International journal of molecular sciences*, 17(10), 1658.
- Baltacı, C. ve Akşit, Z. (2016). Validation of HPLC method for the determination of 5-hydroxymethylfurfural in pestil, köme, jam, marmalade and pekmez. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 3(2), 91-97.
- Baltacı, C., Şidim, M. ve Akşit, Z. (2022). Effects of spray and freeze-drying methods on aroma compounds, sensory characteristics, physicochemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of instant Sage (*Salvia Rosifolia* Sm.) tea. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 4(1), 19-30.
- Blancquaert, E. H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J. M. ve Deloire, A. J. (2019). Grape flavonoid evolution and composition under altered light and temperature conditions in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 10, 1062.
- Capuano, E. ve Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT-food science and technology*, 44(4), 793-810.
- Chang, Y. H., Wu, S. J., Chen, B. Y., Huang, H. W. ve Wang, C. Y. (2017). Effect of high-pressure processing and thermal pasteurization on overall quality parameters of white grape juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10), 3166-3172.
- Chanivet, M., Es-sbata, I., Astola, A., Durán-Guerrero, E. ve Castro, R. (2024). Thermotolerant acetic acid bacteria in the production of a red wine vinegar by surface culture at different temperatures: volatile and polyphenolic composition. *European Food Research and Technology*, 250(11), 2849-2862.
- Chen, Y., Jiang, J., Li, Y., Xie, Y., Cui, M., Hu, Y., ... Gao, F. (2024). Enhancing physicochemical properties, organic acids, antioxidant capacity, amino acids and volatile compounds for 'Summer Black' grape juice by lactic acid bacteria fermentation. *LWT*, 209, 116791.
- Chung, C., Rojanasasithara, T., Mutilangi, W. ve McClements, D. J. (2016). Stabilization of natural colors and nutraceuticals: Inhibition of anthocyanin degradation in model beverages using polyphenols. *Food Chemistry*, 212, 596-603.
- Csepregi, K., Neugart, S., Schreiner, M. ve Hideg, É. (2016). Comparative evaluation of total antioxidant capacities of plant polyphenols. *Molecules*, 21(2), 208.

- da Silva, M. J. R., Paiva, A. P. M., Souza, J. F. D., Padilha, C. V. D. S., Basílio, L. S. P., Lima, M. D. S., ... Tecchio, M. A. (2022). Phytochemical profile of Brazilian grapes (*Vitis labrusca* and hybrids) grown on different rootstocks. *Plos one*, 17(10).
- Demirkol, M. (2016). *Kokulu kara üzüm (Vitis labrusca L.) posası katkılı yoğurtların depolama süresince bazı fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.*
- Dirak, M. (2009). *İzabella Üzüm Çeşidinin Tekirdağ Koşullarında Yetiştirilme Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.*
- dos Santos Lima, M., Dutra, M. D. C. P., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Pereira, G. E., de Oliveira, D., ... Ninow, J. L. (2015). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. *Food Chemistry*, 188, 384-392.
- dos Santos Lima, M., Silani, I. D. S. V., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Biasoto, A. C. T., Pereira, G. E., ... Ninow, J. L. (2014). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food chemistry*, 161, 94-103.
- Dutra, M. D. C. P., Soares, J. M., Pinto, M. S. ve Pereira, G. E. (2020). Whole, concentrated and reconstituted grape juice: Impact of processes on phenolic composition, aromas, organic acids and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 302, 125326. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125326>
- El-Kaderi, B., El-Aswad, A. ve Hassan, S. (2020). Effect of thermal processing time on the physicochemical and sensory properties of Tfayfiha verjuice variety. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(10), 4125–4136. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02787-3>
- Fidan, M. S., Baltacı, C., Öz, M., and Akar, Z. (2023). Chemical Composition of *Pistacia terebinthus* L. and its Phytochemical and Biological Properties. *BioResources*, 18(4). <https://doi.org/10.15376/biores.18.4.6862-6881>
- Fidan, M. S., C. Baltacı, M. Öz and Akar, Z. (2023). Chemical composition of *Pistacia terebinthus* L. and its phytochemical and biological properties. *BioResources* 18, 6862-6881.
- Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I. ve Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of food composition and analysis*, 24(7), 1043-1048.

- Franco, W., Benavides, S., Valencia, P., Ramirez, C. ve Urtubia, A. (2021). Native yeasts and lactic acid bacteria isolated from spontaneous fermentation of seven grape cultivars from the maule region (Chile). *Foods*, 10(8), 1737.
- Gao, Q., Song, Y., Liang, Y., Li, Y., Chang, Y., Ma, R. ve Wang, S. (2022). Dynamics of physicochemical properties, functional compounds and antioxidant capacity during spontaneous fermentation of *Lycium ruthenicum* murr. (qinghai–tibet plateau) natural vinegar. *Foods*, 11(9), 1344.
- Gao, Q., Wang, Y., Li, Y., Hou, J., Liang, Y. ve Zhang, Z. (2024). Investigation of the formation of furfural compounds in apple products treated with pasteurization and high pressure processing. *Food Research International*, 190, 114546.
- Genova, G., Tosetti, R. ve Tonutti, P. (2016). Berry ripening, pre-processing and thermal treatments affect the phenolic composition and antioxidant capacity of grape (*Vitis vinifera* L.) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 664-671.
- Gu, C., Howell, K., Dunshea, F. R. ve Suleria, H. A. (2019). LC-ESI-QTOF/MS characterisation of phenolic acids and flavonoids in polyphenol-rich fruits and vegetables and their potential antioxidant activities. *Antioxidants*, 8(9), 405.
- Guler, A., TOKUŞOĞLU, Ö. ve Artik, N. (2018). Alterations on phenolic compounds and antioxidant activity during sour grape juice concentrate processing. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 33(2), 136-144.
- Güler, A., Şen, I. ve Kara, S. (2020). Determination of physicochemical characteristics, organic acid and sugar profiles of Turkish grape juices. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 13(1), 59–66.
- Güler, E., Kan, E. ve Ünal, M. S. (2023). The diversity in grapes of *Vitis labrusca* grown in Bolu (Türkiye) assessed by multivariate approaches. *Genes*, 14(7), 1491.
- Kamış Y. E., Akar, B. ve Baltacı, C. (2022) Determination of physical, chemical and antioxidant properties of pomegranate sauces sold in Turkish markets. *Turk J Anal Chem* 4(2):67–75. <https://doi.org/10.51435/turkjac.1127473>
- Kamış, Y. E., Akar, B. ve Baltacı, C. (2022). Determination of physical, chemical and antioxidant properties of pomegranate sauces sold in Turkish markets. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 4(2), 67-75.
- Karakütük, İ. A. (2021). *Kokulu üzüm (Vitis labrusca L.) meyvesi ve yaprağının bazı fizikokimyasal özellikleri, antioksidan kapasitesi ve fenolik madde profili. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.*

- Karakütük, İ. A. (2021). Kokulu Üzüm (*Vitis labrusca* L.) Meyvesi ve Yapragının Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Antioksidan Kapasitesi ve Fenolik Madde Profili, 40-69.
- Karaman T., Yuksel Kuskü H., Söylemezoğlu D., G. ve Çelik, H. (2022). Phenolic compound and antioxidant capacity contents of *Vitis labrusca* L. genotypes. *Journal of Tekirdag Agriculture Faculty-Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2).
- Kasangana, P. Haddad P.S. ve Stevanovic T., (2015). Study of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of *Myrianthus Arboreus* (Cecropiaceae) Root Bark Extracts, *Antioxidants (Basel)*, 4,9-21, 410–426
- Kasangana, P., Haddad, P. S. ve Stevanovic, T. (2015). Study of polyphenol content and antioxidant capacity of *Myrianthus arboreus* root bark extracts. *Antioxidants*, 4(2), 410–426.
- Katalinić, V., Možina, S. S., Skroza, D., Generalić, I., Abramović, H., Miloš, M., ... Boban, M. (2010). Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia). *Food chemistry*, 119(2), 715-723.
- Kavgacı, M. (2019). *İzabella üzümünün (Vitis labrusca L.) resveratrol ve fenolik kompozisyonu ile antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Trabzon.*
- Kavgacı, M. (2019). İzabella Üzümünün (*Vitis labrusca* L.) Resveratrol ve Fenolik Kompozisyonu ile Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi, 3, 14-19,
- Kawahigashi, H., Guangcheng, S., Takanishi, J. ve Fukuoka, S. (2013). Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties. *Grassland Science*, 59(1), 1–7.
- Keskin, N., Bilir Ekbiç, H., Kaya, O. ve Keskin, S. (2021). Antioxidant activity and biochemical compounds of *Vitis vinifera* L. (cv. ‘Katikara’) and *Vitis labrusca* L. (cv. ‘İsabella’) grown in Black Sea Coast of Turkey. *Erwerbs-Obstbau*. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00588-0>
- Keskin, N., Kaya, O., Ates, F., Turan, M. ve Gutiérrez-Gamboa, G. (2022). Drying grapes after the application of different dipping solutions: Effects on hormones, minerals, vitamins, and antioxidant enzymes in Gök Üzüm (*Vitis vinifera* L.) raisins. *Plants*, 11(4), 529. <https://doi.org/10.3390/plants11040529>

- Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J. ve Lee, C. Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 50(13), 3713-3717.
- Kim, J. S. ve Lee, Y. S. (2008). The effect of pH on the formation of furfural compounds in the glucose and fructose with amino acid enantiomers in maillard reaction. *Journal of Food Science and Nutrition*, 13(1), 54-59.
- Kliwer, W. M. (1966). Sugars and organic acids of *Vitis vinifera*. *Plant physiology*, 41(6), 923-931.
- Koby HN, Baltaci, C. ve Karpuz, O. (2024) Physicochemical properties of chestnut honey vinegars enriched with pollen and propolis, and their analyses of mineral, colour, and antioxidant activity. *Int Food Res J* 31(5). <https://doi.org/10.47836/ifrj.31.5.09>
- Kroh, L. W. (1994). Caramelisation in food and beverages. *Food chemistry*, 51(4), 373-379.
- Kunter, B., Unal, O. B., Keskin, S., Hatterman-Valenti, H. ve Kaya, O. (2024). Comparison of the sugar and organic acid components of seventeen table grape varieties produced in Ankara (Türkiye): a study over two consecutive seasons. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1321210.
- Lago-Vanzela, E. S., Da-Silva, R., Gomes, E., García-Romero, E. ve Hermosin-Gutierrez, I. (2011). Phenolic composition of the edible parts (flesh and skin) of Bordô grape (*Vitis labrusca*) using HPLC–DAD–ESI–MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(24), 13136-13146.
- Lee, H. S. ve Nagy, S. (1990). Relative reactivities of sugars in the formation of 5-hydroxymethylfurfural in sugar-catalyst model systems 1. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14(3), 171-178.
- Lee, S. K. ve Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20(3), 207-220.
- Lu, X. Q., Li, J., Wang, B. ve Qin, S. (2024). Computational insights into the radical scavenging activity and xanthine oxidase inhibition of the five anthocyanins derived from grape skin. *Antioxidants*, 13(9), 1117.
- Miele, A., Rizzon, L. A., Queiroz, S. C. D. N. D. ve Gianello, C. (2015). Physicochemical composition, minerals, and pesticide residues in organic grape juices. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1), 120-126.

- Mirmohammadi, R., Zamindar, N., Razavi, S. H., Mirmohammadi, M., ve Paidari, S. (2021). Investigation of the possibility of fermentation of red grape juice and rice flour by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei*. *Food Science and Nutrition*, 9(10), 5370–5378. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2461>
- Muzolf-Panek, M. ve Waśkiewicz, A. (2022). Relationship between phenolic compounds, antioxidant activity and color parameters of red table grape skins using linear ordering analysis. *Applied Sciences*, 12(12), 6146.
- Nayak, B., Liu, R. H. ve Tang, J. (2015). Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(7), 887-918.
- Neira-Ospina, E., Rojas, J., Santa-Gonzalez, G. A. ve Gil Garzón, M. A. (2024). Phenolic compounds in grapes (genus *Vitis*): A review of their antioxidant activity, antiproliferative capacity, and cytotoxic effect on colorectal cancer. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 14(6), 71–89. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.169381>
- Oğuz, M., Akar, B. ve Baltacı, C. (2023). Physicochemical Analysis of Pomegranate Sours Produced by Traditional Method in Türkiye and The Investigation of Antioxidant Properties. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 10(2), 125-134.
- Oliveira, N. S., Silva, D. R. ve Costa, L. H. (2022). Development of a non-titration potentiometric method for determination of acidity in vinegar. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4241237>
- Öncül, N., Karabiyikli, Ş. ve Var, I. (2015). *Factors affecting the quality attributes of unripe grape functional food products*. *Journal of Food Biochemistry*, 39(6), 702–713.
- Öz M., Baltacı C., Fidan, M. S. ve Karataş S. M. (2023) Antimicrobial, antioxidant, and phytochemical activities of *Rhus coriaria* L. and its phenolic compounds and volatile component analyses. *BioResources* 18:6842–6861. <https://doi.org/10.15376/biores.18.4.6842-6861> oz
- Özkan, K. (2022). *Kokulu Üzümün Biyokaktif Bileşenleri ve Biyoerişilebilirliği Üzerine Farklı Kurutma Yöntemlerinin Etkisi, 12. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.*
- Pereira, P., Palma, C., Ferreira-Pêgo, C., Amaral, O., Amaral, A., Rijo, P., Gregório, J., ... Nicolai, M. (2020). Grape pomace: A potential ingredient for the human diet. *Foods*, 9(12), 1772. <https://doi.org/10.3390/foods9121772>

- Perez Locas, C., & Yaylayan, V. A. (2008). Isotope labeling studies on the formation of 5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde (HMF) from sucrose by pyrolysis-GC/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(15), 6717-6723.
- Peron, D. V., Fraga, S. A. R. A. ve Antelo, F. (2017). Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from juçara (*Euterpe edulis* Martius) and “Italia” grapes (*Vitis vinifera* L.), and the effect of heating on the antioxidant capacity. *Food chemistry*, 232, 836-840.
- Pinto, E. P., Perin, E. C., Schott, I. B., Düsman, E., da Silva Rodrigues, R., Lucchetta, L., ... Rombaldi, C. V. (2022). Phenolic compounds are dependent on cultivation conditions in face of UV-C radiation in ‘Concord’ grape juices (*Vitis labrusca*). *Lwt*, 154, 112681.
- Prior, R. L., Wu, X. ve Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- Qian, X., Nimlos, M. R., Johnson, D. K. ve Himmel, M. E. (2005). Acidic sugar degradation pathways: An ab initio molecular dynamics study. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 124(1), 989-997.
- Reisch, B. I., Owens, C. L., ve Cousins, P. S. (2011). *Grape In Fruit breeding*. Boston, MA: Springer US.
- Rizzon, L. A., Miele, A. ve Meneguzzo, J. (2002). Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Ciencia Rural*, 32(1), 91–94. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100015>
- Rodríguez, H., Curiel, J. A., Landete, J. M., De Las Rivas, B., de Felipe, F. L., Gómez-Cordovés, C., ... Muñoz, R. (2009). Food phenolics and lactic acid bacteria. *International journal of food microbiology*, 132(2-3), 79-90.
- Shahidi, F. (2012). Nutraceuticals, functional foods and dietary supplements in health and disease. *Journal of food and drug analysis*, 20(1), 78.
- Silva, G. V. D., Machado, B. A. S., Oliveira, W. P. D., Silva, C. F. G. D., Quadros, C. P. D., Druzian, J. I., ... Umsza-Guez, M. A. (2020). Effect of drying methods on bioactive compounds and antioxidant capacity in grape skin residues from the new hybrid variety “BRS Magna”. *Molecules*, 25(16), 3701.
- Simsek, A., Poyrazoglu, E. S., Karacan, S., ve Velioğlu, Y. S. (2007). Response surface methodological study on HMF and fluorescent accumulation in red and white grape juices and concentrates. *Food Chemistry*, 101(3), 987-994.

- Sözbir, H. D. (2021). *Isabella Üzüm (Vitis Labrusca L.) Suyu ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yulaf Sütü İçeceği Üretimi ve Depolama Süresince Probiyotik Bakterilerin Canlılığının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.*
- Sturm, A. ve Tang, G. Q. (1999). The sucrose-cleaving enzymes of plants are crucial for development, growth and carbon partitioning. *Trends in plant science*, 4(10), 401-407.
- Subedi, T. (2023). An assessment of mineral contents in fruits. *Prithvi Academic Journal*, 6(1), 21–31. <https://doi.org/10.3126/paj.v6i1.54603>
- Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P. J. ve O'donnell, C. P. (2010). Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 17(3), 598-604.
- TS 1125, 2002. Meyve ve Sebze Ürünleri- Titrasyon Asitliği Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 1466, 2011 Domates Salçası ve Püresi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 1728 ISO 1842, (2001). Meyve ve Sebze Ürünleri- pH Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 2104, (1975). *Belirteçler – Belirteç çözeltileri hazırlama yöntemleri* (Indicators – Methods of preparation of indicator solutions). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 545, (2020). Ayarlı çözeltilerin hazırlanması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS ISO 3696/T1 (TS EN ISO 3696), (1997). Su – Analitik laboratuvarlarında kullanılan suyun özellikleri ve deney metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Usta, T. (2022). *Kokulu kara üzüm (Vitis labrusca L.) meyvesinin farklı tekniklerle kurutularak bisküvi üretiminde kullanımı. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*
- Usta, T. (2022). Kokulu Kara Üzüm (*Vitis labrusca L.*) Meyvesinin Farklı Tekniklerle Kurutularak Bisküvi Üretiminde Kullanımı, 17-21.
- Üneş, D. (2016). *İzabella üzümü (Vitis labrusca L.) meyvesinin fenolik bileşenleri ve antioksidan etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.*
- Vélez, M. D., Llano-Ramirez, M. A., Ramón, C., Rojas, J., Bedoya, C., Arango-Varela, S., ... Gil, M. (2023). Antioxidant capacity and cytotoxic effect of an optimized extract of isabella grape (*Vitis labrusca*) on breast cancer cells. *Heliyon*, 9(6), 1-24.
- Viesser, J. A., de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Rogez, H., Góes-Neto, A., Azevedo, V., ... Soccol, C. R. (2021). Co-culturing fructophilic lactic acid

- bacteria and yeast enhanced sugar metabolism and aroma formation during cocoa beans fermentation. *International journal of food microbiology*, 339, 109015.
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M. S., Moyá, M. L., Troncoso, A. M. ve García-Parrilla, M. C. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71(1), 230-235.
- Wang, H., He, X., Li, J., Wu, J., Jiang, S., Xue, H. ... Wang, R. (2024). Lactic acid bacteria fermentation improves physicochemical properties, bioactivity, and metabolic profiles of *Opuntia ficus-indica* fruit juice. *Food Chemistry*, 453, 139646.
- Wu, B., Liu, J., Yang, W., Zhang, Q., Yang, Z., Liu, H. ... Jiao, Z. (2021). Nutritional and flavor properties of grape juice as affected by fermentation with lactic acid bacteria. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 906-922.
- Wu, B., Liu, J., Yang, W., Zhang, Q., Yang, Z., Liu, H., ... Jiao, Z. (2021). Nutritional and flavor properties of grape juice as affected by fermentation with lactic acid bacteria. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 906–922. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1942041>
- Wu, Y., Liu, Y., Jia, Y., Feng, C. H., Zhang, H., Ren, F., ... Zhao, G. (2024). Effects of thermal processing on natural antioxidants in fruits and vegetables. *Food Research International*, 192, 114797.
- Yang, X., vd. (2024). Individual phenolic compounds in grape juice prepared using different extraction systems. *Semina: Ciências Agrárias*, 45(2), 429-448
- Yıkımsı, S., Demirok, N. T., Levent, O. ve Apaydın, D. (2023). Impact of thermal pasteurization and thermosonication treatments on black grape juice (*Vitis vinifera* L): ICP-OES, GC–MS/MS and HPLC analyses. *Heliyon*, 9(9), e19314. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19314>
- Yıkımsı, S., Demirok, N. T., Levent, O. ve Apaydın, D. (2023). Impact of thermal pasteurization and thermosonication treatments on black grape juice (*Vitis vinifera* L): ICP-OES, GC–MS/MS and HPLC analyses. *Heliyon*, 9(9), e19314
- Yılmaz, K., Baltacı C., Ozturk S. ve Karpuz, O. (2023) Bioactive properties of vinegars produced from *Prunus laurocerasus* L. varieties. *J Berry Res* 13:227–243. <https://doi.org/10.3233/JBR-230006>
- Yi, J., Han, Y., Li, X., Gao, Y., Liu, W., Duan, X., ... Wei, X. (2025). Dynamic changes in the phenolic profile, enzymatic, and antioxidant activity of grape skin during solid-state fermentation by *Eurotium cristatum*. *Journal of Food Science*, 90(3), e70095.

- Zhang, R. L., Zhang, M. M., Pu, Y. F. ve Zhu, L. X. (2022). Evolution of nonenzymatic browning during the simulated Msalais-production process in models of grape juice. *Food Science ve Nutrition*, 10(7), 2132-2140.
- Zhong, H., Yadav, V., Wen, Z., Zhou, X., Wang, M., Han, S., ... Wu, X. (2023). Comprehensive metabolomics-based analysis of sugar composition and content in berries of 18 grape varieties. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1200071.



ÖZGEÇMİŞ

Abdullah DANIŞMAZ 2010’ da Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünü bitirdi. 2014 yılına kadar özel sektörde çalıştıktan sonra, 2014 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı Ağrı İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nde gıda mühendisi olarak görev yapmaya başladı. 4 yıl burada çalıştıktan sonra 2018 yılında Trabzon İl Tarım ve Orman Müdürlüğüne tayin oldu. Yaklaşık bir yıl burada çalıştıktan sonra Araklı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü’ne tayin oldu. Halen daha aynı kurumda görev yapmakta olup evli ve iki çocuk babasıdır.

