



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**NAR SUYU ÜRETİMİ YAN ÜRÜNLERİNDEN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER
İLE ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN NAR SUYUNUN BESİNSEL
OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI**

Merve AYDIN

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve AYDIN tarafından hazırlanan “Nar Suyu Üretimi Yan Ürünlerinden Yenilikçi Yöntemler ile Elde Edilen Ekstraktların Nar Suyunun Besinsel Olarak Zenginleştirilmesinde Kullanımı” adlı tez çalışması 01/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Mehmet AKBULUT

Danışman

Prof. Dr. Selman TÜRKER

Üye

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Üye

Doç. Dr. İsmail TONTUL

Üye

Doç. Dr. Elif YAVER

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 221419005 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Merve AYDIN

01/07/2024

ÖZET

DOKTORA TEZİ

NAR SUYU ÜRETİMİ YAN ÜRÜNLERİNDEN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER İLE ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN NAR SUYUNUN BESİNSEL OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI

Merve AYDIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selman TÜRKER

2024, 167 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Mehmet AKBULUT
Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU
Doç. Dr. İsmail TONTUL
Doç. Dr. Elif YAVER

Tüketicilerin sağlıklı gıda ürünlerine giderek artan ilgisi, gıda endüstrisi ve araştırmacıları biyoaktif özellikleri artırılmış ürünleri geliştirmeye yöneltmiştir. Ayrıca sürdürülebilirlik ve çevresel etkileri nedeniyle gıda işleme sırasında önemli miktarda açığa çıkan ve biyoaktif bileşenlerce zengin olan meyve yan ürünlerinin değerlendirilmesi de önem kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında önemli biyoaktif bileşenler içeren nar yan ürünlerinden, yenilikçi ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen fenoliklerle zenginleştirilmiş katma değeri yüksek nar suları üretilmiştir. Nar yan ürünlerinden en yüksek verime, toplam fenolik içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip ekstraktların eldesinde çözücü ekstraksiyon (Ç), homojenizatör destekli ekstraksiyon (H), enzimatik destekli ekstraksiyon (E) ve total sıvılaştırma (T) yöntemleri ayrı ayrı veya kombine (EÇ, TÇ, EÇH) halde kullanılmıştır. Elde edilen bu ekstraktlar nar sularının zenginleştirilmesi için eklendikten sonra örnekler iki farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C'de 60 gün) depolanarak, nar sularının bazı kalite özellikleri üzerine depolama sıcaklığı, depolama süresi ve uygulamaların etkileri gözlenmiştir.

Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktlar arasında en yüksek verim EÇ ve TÇ ekstraktlarında, en yüksek toplam fenolik madde miktarı EÇH ekstraktında (938.81 mg GAE/g) ve en yüksek DPPH antioksidan aktivite değeri ise EÇ ekstraktında (4317.09 mg TE/g) belirlenmiştir. Bu üç enzimatik ekstraksiyon uygulaması beraber değerlendirildiğinde diğer yöntemlere kıyasla ekstraktların verim, toplam fenolik madde ve antioksidan değerlerinde daha çok artışa neden olmuştur. Nar suyunda istenilen parlaklık ve kırmızılık renkleri en fazla sırasıyla kontrol ve EÇHNS örneklerinde belirlenirken, istenilmeyen sarılık ise ÇNS ile EÇNS örneklerinde bulunmuştur. Ön duyuşal değerlendirmeye göre en fazla oranda kullanılabilen Ç ekstraktı (%1.8) içeren örneğin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve hidrolize edilebilir tanen içerikleri ile antioksidan aktivitesi kontrole kıyasla sırasıyla %46.58, %49.40, %59.05 ve %89.29 daha yüksektir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek koku, tat, ağızda kalan tat ve genel beğeni puanları EÇNS örneğinde belirlenmiştir.

Ekstrakt ilavesi örneklerin bulanıklık, a^* , toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan aktivite değerlerinde artışa neden olurken; L^* değerinde, görünüş ve renk puanlarında ise düşüşe neden olmuştur. Depolama süresinin ve sıcaklığının artması örneklerin briks, bulanıklık, L^* , doygunluk, değerlerinde artış gösterirken, a^* , b^* , ton açısı, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, hidrolize edilebilir tanen ve toplam monomerik antosiyanin değerleri ile antioksidan aktivitesinde ise düşüşe neden olmuştur. Örneklerin tüm duyuşal özelliklerinde depolama boyunca azalma meydana gelmiştir.

Sonuçlar toplu olarak değerdendirildiğinde hem biyoaktif bileşenlerce zengin hem de duyusal olarak kabul edilebilir nar sularının üretimi sağlanabilmiştir. Zenginleştirilmiş nar sularının fonksiyonel özelliklerinin uzun süreli korunabilmesi üzerine 4°C sıcaklıkta depolanması daha uygun bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, depolama, enzimatik ekstraksiyon, fenolik madde, homojenizasyon, katma değerd, nar suyu, sürdürülebilirlik



ABSTRACT

Ph.D THESIS

THE USE OF EXTRACTS OBTAINED BY INNOVATIVE METHODS FROM BY-PRODUCTS OF POMEGRANATE JUICE PRODUCTION IN THE NUTRITIONAL ENRICHMENT OF POMEGRANATE JUICE

Merve AYDIN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FOOD ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Selman TÜRKER

2024, 167 Pages

Jury

**Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU
Prof. Dr. Mehmet AKBULUT
Assoc. Prof. Dr. İsmail TONTUL
Assoc. Prof. Dr. Elif YAVER**

Increasing consumer interest in healthy food products has led the food industry and researchers to develop products enriched with bioactive ingredients. In addition, due to their sustainability and environmental impacts, the evaluation of fruit by-products, which are released in significant amounts during food processing and are rich in bioactive components, has also gained importance. Within the scope of this study, high value-added pomegranate juices (PJ) enriched with phenolics obtained through innovative extraction methods from pomegranate by-products containing important bioactive components were produced. Solvent extraction (S), homogenizer-assisted extraction (H), enzymatic-assisted extraction (ES) and total liquefaction (TS) methods were used separately or in combination (ES, TS, ESH) to obtain extracts with the highest yield, total phenolic content and antioxidant activity from pomegranate by-products. After these extracts were added to enrich pomegranate juices, the samples were stored at two different temperatures (60 days at 4 and 25°C) and the effects of storage temperature, storage time and applications on some quality characteristics of pomegranate juices were observed.

Among the extracts obtained by different extraction methods, the highest yield in the ES and TS extracts, the highest total phenolic substance in the ESH extract (938.81 mg GAE/g), and the highest DPPH antioxidant activity value in the ES extract (4317.09 mg TE/g) were determined. When these three enzymatic extraction treatments were evaluated together, they caused a greater increase in the yield, total phenolic content and antioxidant activity values of the extracts compared to other methods. While the desired brightness and redness colors in pomegranate juice were determined mostly in the control and ESHPJ samples, respectively, the undesirable yellowness was found in the SPJ and ESPJ samples. According to the preliminary sensory evaluation, S extract was added to pomegranate juices at a higher rate (1.8%). The highest brix and turbidity of pomegranate juices enriched with extracts obtained by different methods were determined in the SPJ sample (pomegranate juice containing solvent extract). The highest L*, a*, b*, hue angle and chroma values were found in the control, ESHPJ, SPJ-ESPJ, control and SPJ-ESPJ samples, respectively. According to the preliminary sensory evaluation, the total phenolic substance, total flavonoid substance, hydrolyzable tannin contents and antioxidant activity of the sample containing the highest amount of S extract, which can be used at the highest rate, were determined as

46.58%, 49.40%, 59.05% and 89.29%, respectively, compared to the control. The odor, taste, aftertaste and general acceptance scores of the samples were highest in the ESPJ sample.

While the addition of extract caused an increase in the turbidity, a^* , phenolic substance, total monomeric anthocyanin and antioxidant values of the samples, it caused a decrease in the L^* value, appearance and color scores. As the storage time and temperature increased, the brix, turbidity, L^* and chroma values of the samples showed an increase, while a^* , b^* , hue angle, total phenolic substance, total flavonoid substance, hydrolysable tannin and total monomeric anthocyanin values and antioxidant activity caused a decrease. When the sensory analysis was evaluated, all the sensory characteristics of the samples decreased during storage.

Considering the results of the thesis in general, the production of pomegranate juices that are both rich in phenolic-antioxidant compounds and sensory acceptable has been achieved. Storage at 4°C was found to be more appropriate as the functional properties of enriched pomegranate juices can be preserved for a long time.

Keywords: Antioxidant, enzymatic extraction, homogenization, phenolic compound, pomegranate juice, storage, sustainability, temperature, value added.



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında bilgi ve tecrübeleri ile çalışmamın gerçekleştirilmesinde yol gösterici olan, doktora eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen ve tecrübelerinden faydalandığım değerli danışman hocam Prof. Dr. Selman TÜRKER'e

Tezimin değerlendirilmesine katkı sağlayan, laboratuvarını kullanmama imkan tanıyan ve engin vizyonu ile akademisyen olma yolunda yön gösteren sayın hocam Doç. Dr. İsmail TONTUL'a,

Tezimin değerlendirilmesi esnasında önerileri ve katkıları ile teze destek olan sayın hocalarım Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU'na, Prof. Dr. Mehmet AKBULUT'a ve Doç. Dr. Elif YAVER'e,

Laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen ve ihtiyacım olduğunda yardımına koşan kıymetli arkadaşlarım Nezahat OLCAY'a, Ayşegül MERAM'a ve Aslı AKTAŞ'a, destek personelimiz Hüseyin ALTINTAŞ'a,

Doktora eğitimim süresince YÖK 100/2000 Doktora Projesi kapsamında 100/2000 YÖK Doktora Bursu almama olanak tanıyan Yükseköğretim Kurulu'na (YÖK),

Çalışmamı maddi olarak destekleyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP, 221419005 nolu proje) ve çalışanlarına,

Hayatım boyunca, maddi ve manevi fedakarlık göstererek her zaman yanımda olan, beni bu noktaya taşıyan, her konuda anlayış ve sabır gösteren değerli anneme, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Merve AYDIN
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Meyve Yan Ürünleri	3
2.2. Nar.....	6
2.2.1. Narın bileşimi.....	6
2.2.2. Narın fonksiyonel özellikleri	8
2.3. Fenolik Bileşikler.....	8
2.4. Meyve-Sebze Yan Ürünlerinden Fenolik Bileşenlerin Eldesi	9
2.4.1. Ekstraksiyon yöntemleri	9
2.4.1.1. Çözücü ekstraksiyonu	10
2.4.1.2. Enzimatik ekstraksiyon.....	10
2.4.1.3. Total sıvılaştırma (Enzimatik sıvılaştırma).....	14
2.4.1.4. Homojenizatör destekli ekstraksiyon.....	15
2.5. Katma Değerli Meyve ve Sebze Suları Üzerine Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metot.....	21
3.2.1. Deneme deseni.....	21
3.2.2. Nar yan ürünlerinin eldesi ve fenolik bileşenlerinin eldesine hazırlanması .	26
3.2.3. Fenolik bileşenlerin eldesi aşaması.....	26
3.2.3.1. Çözücü ekstraksiyonu (Ç).....	26
3.2.3.2. Homojenizatör destekli ekstraksiyon (H)	26
3.2.3.3. Enzimatik ekstraksiyon - Çözücü ekstraksiyonu (EÇ)	27
3.2.3.4. Total sıvılaştırma (enzimatik sıvılaştırma) - Çözücü ekstraksiyon (TÇ)	27
3.2.3.5. Enzimatik ekstraksiyon - Çözücü ekstraksiyonu – Homojenizatör	28
destekli ekstraksiyon (EÇH)	28
3.2.4. Nar sularının nar yan ürün ekstraktları ile zenginleştirilmesi	28
3.2.5. Analizler.....	29
3.2.5.1. Ekstrakt verimi.....	29
3.2.5.2. Toplam çözünür katı madde (Briks)	29
3.2.5.3. Bulanıklık.....	29
3.2.5.4. Renk analizi.....	29
3.2.5.5. Antioksidan aktivite tayini	30

3.2.5.6. Toplam fenolik madde içeriği.....	30
3.2.5.7. Hidrolize edilebilir tanen içeriği	31
3.2.5.8. Toplam flavonoit madde içeriği.....	31
3.2.5.9. Toplam monomerik antosiyanin içeriği.....	31
3.2.5.10. Duyusal analiz.....	32
3.2.5.11. İstatistiki analizler.....	32
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	33
4.1. Ekstrakt Analizleri	33
4.1.1. Ekstraksiyon verimi	33
4.1.2. Ekstraktların renk değeri.....	34
4.1.3. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri...	35
4.2. Nar Suyu Analizleri	39
4.2.1. Toplam çözünür katı madde (Briks)	40
4.2.2. Bulanıklık.....	44
4.2.3. Renk analizi.....	50
4.2.4. Fenolik madde miktarı	74
4.2.5. Toplam monomerik antosiyanin içeriği	94
4.2.6. Antioksidan aktivite.....	101
4.2.7. Duyusal analiz.....	107
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	132
5.1. Sonuçlar	132
5.2. Öneriler	136
6. KAYNAKLAR	138

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
a^*	: (a+) kırmızı ve (a-) yeşil renk değeri
α	: Alfa
b^*	: (b+) sarı ve (b-) mavi renk değeri
cm	: Santimetre
Da	: Dalton
d/dk	: Devir/dakika
dk	: Dakika
g	: Gram
h/a	: Hacim/ağırlık
J/g	: Joule/gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
L^*	: (0-100) Parlaklık renk değeri
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
nm	: Nanometre
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
s	: Saniye
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AGU	: Amyloglucosidase Unit (Amiloglukosidaz Birimi)
BM	: Birleşmiş Milletler
DPPH	: 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
GRAS	: Generally Recognized As Safe (Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınan)
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
MMT	: Milyon Metrik Ton
NTU	: Nefelometrik Bulanıklık Birimi
PGNU	: Polygalacturonase units (Poligalakturonaz birimleri)
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Narın yan ürünleri ve yüzde bileşimi	6
Şekil 2.2. Bitki materyalinin birincil hücre duvarı yapısı arasında sıkışmış fitokimyasalların temsili gösterimi (Acosta-Estrada ve ark., 2014)	11
Şekil 2.3. Antioksidan bileşiklerin geri kazanımında değerlendirilen enzimatik süreçler (Soto-Maldonado ve ark., 2017)	12
Şekil 2.4. Bitki hücre duvarlarının enzimatik bozunması ile biyoaktif bileşiklerin salınması (Gligor ve ark., 2019).....	12
Şekil 2.5. Homojenizatörün hücre yapısını parçalamadaki etki mekanizması (Rotor: döner mil, stator: sabit kısım, shear gap: kesme boşluğu)	15
Şekil 3.1. Nar suyu yan ürünlerinden fenolik bileşenlerin eldesi	23
Şekil 3.2. Nar suyu yan ürün ekstraktlarının nar suyuna ilavesi ve depolanması.....	25
Şekil 4.1. Farklı ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen ekstraktların % verimleri.....	34
Şekil 4.2. Nar suyu örneklerinin briks değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	44
Şekil 4.3. Nar suyu örneklerinin bulanıklık değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	50
Şekil 4.4. Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	56
Şekil 4.5. Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	57
Şekil 4.6. Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	58
Şekil 4.7. Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	58
Şekil 4.8. Nar suyu örneklerinin a* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	61
Şekil 4.9. Nar suyu örneklerinin a* değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	61
Şekil 4.10. Nar suyu örneklerinin a* değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	62
Şekil 4.11. Nar suyu örneklerinin a* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	63
Şekil 4.12. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	64
Şekil 4.13. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	65
Şekil 4.14. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili "depolama süresi x nar suyu çeşidi" interaksyonu.....	66
Şekil 4.15. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	66
Şekil 4.16. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	68
Şekil 4.17. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	69
Şekil 4.18. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	70
Şekil 4.19. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili "sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi" interaksyonu.....	70

Şekil 4.20. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	72
Şekil 4.21. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	73
Şekil 4.22. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	73
Şekil 4.23. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	74
Şekil 4.24. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu	80
Şekil 4.25. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu	81
Şekil 4.26. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	82
Şekil 4.27. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	83
Şekil 4.28. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu	86
Şekil 4.29. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu	87
Şekil 4.30. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	88
Şekil 4.31. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	89
Şekil 4.32. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	91
Şekil 4.33. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	92
Şekil 4.34. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	93
Şekil 4.35. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	94
Şekil 4.36. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	98
Şekil 4.37. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	99
Şekil 4.38. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	100
Şekil 4.39. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	100
Şekil 4.40. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu	106
Şekil 4.41. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	106
Şekil 4.42. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	107
Şekil 4.43. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	113
Şekil 4.44. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	114

Şekil 4.45. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	114
Şekil 4.46. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	117
Şekil 4.47. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	117
Şekil 4.48. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	118
Şekil 4.49. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	119
Şekil 4.50. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	121
Şekil 4.51. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	121
Şekil 4.52. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu	122
Şekil 4.53. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	122
Şekil 4.54. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu.....	125
Şekil 4.55. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	126
Şekil 4.56. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu.....	126
Şekil 4.57. Nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu	128
Şekil 4.58. Nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu	128
Şekil 4.59. Nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu	130
Şekil 4.60. Nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu	131

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı meyve ve sebze çeşitlerine ait yan ürün oranları.....	5
Çizelge 2.2. Narın besin değeri (yenilebilir 100 g'ı için) (TURKOMP, 2024)	7
Çizelge 2.3. Meyve ve sebze sularına bitkisel ekstraktların ilavesi.....	18
Çizelge 4.1. Nar yan ürün ekstraktlarına ait renk içerikleri ¹	35
Çizelge 4.2. Nar yan ürün ekstraktlarına ait toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri ¹	36
Çizelge 4.3. Nar suyu örneklerine ait toplam çözünür katı madde (briks) sonuçları ¹	42
Çizelge 4.4. Nar suyu örneklerinin toplam çözünür katı madde (briks) miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.5. Nar suyu örneklerinin toplam çözünür katı madde (briks) miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	43
Çizelge 4.6. Nar suyu örneklerine ait bulanıklık sonuçları ¹	47
Çizelge 4.7. Nar suyu örneklerine ait bulanıklık sonuçları ¹	48
Çizelge 4.8. Nar suyu örneklerine ait renk sonuçları ¹	53
Çizelge 4.9. Nar suyu örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	54
Çizelge 4.10. Nar suyu örneklerinin renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	55
Çizelge 4.11. Nar suyu örneklerine ait toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen içerikleri sonuçları ¹	77
Çizelge 4.12. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	78
Çizelge 4.13. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	79
Çizelge 4.14. Nar suyu örneklerine ait toplam monomerik antosiyanin içeriği sonuçları (mg S3G/L) ¹	96
Çizelge 4.15. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	97
Çizelge 4.16. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	97
Çizelge 4.17. Nar suyu örneklerine ait DPPH antioksidan aktivite sonuçları (mg TE/mL) ¹	104
Çizelge 4.18. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivite miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	105
Çizelge 4.19. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivite miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	105
Çizelge 4.20. 4°C'de depolanan nar suyu örneklerine ait duyusal analiz sonuçları ¹	109
Çizelge 4.21. 25°C'de depolanan nar suyu örneklerine ait duyusal analiz sonuçları ¹ ..	110
Çizelge 4.22. Nar suyu örneklerinin duyusal sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları	111
Çizelge 4.23. Nar suyu örneklerinin duyusal analiz değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ¹	112

1. GİRİŞ

Son yıllarda tüketicilerin katma değerli gıda ürünlerine olan talebi giderek artmaktadır. İçecek sektörü de bu trendi yakalamak üzere ürünlerini biyoaktif bileşenlerle zenginleştirmeye odaklanmıştır (Shahidi, 2004). Bu amaçla daha çok ekonomik değeri düşük ve yüksek biyolojik aktivite gösteren meyve ve sebze yan ürünlerinden biyoaktif bileşenlerin geri kazanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Martínez ve ark., 2012).

Hoş tadı ve sağlığa faydalı özellikleri ile bilinen narın (*Punica granatum*), nar suyu, jöle, reçel ve renklendirici gibi ürünlere dönüştürülmesi süreci kabuk, çekirdek ve posa gibi önemli biyoaktif bileşikler içeren çok sayıda yan ürünle sonuçlanır. Bu yan ürünler, tüm meyve ağırlığının %40-50'sini oluşturur ve antosiyaninler, hidrolize olabilen tanenler (ellajitanenler ve gallotanenler), flavonoidler, lignanlar, triterpenoidler, fitosteroller, çoklu doymamış yağ asitleri ve fenolik asitler dahil olmak üzere birçok biyoaktif bileşik açısından zengindir (Andrade ve ark., 2019). Nar yan ürünlerinde yüksek miktarda bulunan fenolik bileşikler, antioksidan, antibakteriyel, antitümör, antiviral ve antimutajenik gibi fonksiyonel özellikleri nedeniyle insan sağlığı ve beslenmesinde önemli bir rol oynayan ikincil metabolitlerdendir (Dilas ve ark., 2009; Borges ve ark., 2010; Yahia, 2010; Abbas ve ark., 2017). Fenolik bileşenler çözünürlüklerine göre ekstrakte edilebilir (serbest) ve ekstrakte edilemez (bağlı) fenoller olmak üzere ikiye ayrılır (Pérez-Ramírez ve ark., 2018). Bağlı fenolikler genellikle bitki hücre duvarının pektin, selüloz ve diğer bileşenlerine kovalent olarak bağlanır. Sonuç olarak bu durum fenoliklerin ekstraksiyonunu zorlaştırır (Madeira ve ark., 2015; Singh ve ark., 2016). Bu yüzden mevcut araştırmaların çoğu, serbest fenoller içeren fraksiyonlara odaklanırken, bağlı fenoller üzerine araştırmalar genellikle yetersiz kalmıştır (Sun ve ark., 2021).

Bitki matrisindeki bazı biyoaktif bileşenlerin bağlı olması ve/veya büyük molekül yapısı nedeniyle bir çözücü yardımıyla ekstrakte edilememesi beklenen sağlığa faydalı etkilerini ve biyoyararlılığını azaltmaktadır. Aynı zamanda bu bileşenlerin ekstraksiyonunda geleneksel yöntemlerin kullanımı zaman, ekonomik boyut ve çevre açısından da çeşitli dezavantajlar sunmaktadır (Trigo ve ark., 2020a). Bu yöntemler ayrıca ısıya duyarlı bileşiklerin bozunmasına da neden olabilmektedir (Barba ve ark., 2016). Bu nedenle, son yıllarda gıda endüstrisinin ilgisi yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerine (ultrason destekli, darbeli elektrik alan destekli, enzim destekli,

mikrodalga destekli, homojenizatör destekli, süper kritik akışkan ve basınçlı sıvı ekstraksiyonu gibi) odaklanmıştır (Nawaz ve ark., 2006; Wen ve ark., 2019). Son yıllarda biyoaktif bileşiklerin eldesinde kullanılan yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri arasında en çok ilgiyi gören yöntemlerden birisi biyoteknolojik hidroliz (enzim destekli ekstraksiyon)'dir. Enzim destekli ekstraksiyon, gıda uygulamaları için yüksek stabilite ve antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için potansiyel bir biyolojik prosestir (Gómez-García ve ark., 2012). Ekstraksiyon sırasında selüloz, α -amilaz ve pektinaz gibi spesifik enzimlerin kullanılması meyve/sebzenin hücre duvarını parçalayarak hedeflenen bileşenleri serbest bırakır (Pui ve ark., 2022). Bir başka yenilikçi yöntem olan homojenizatör destekli ekstraksiyon ise sürdürülebilir, basit, etkili ve ekonomik olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ekstraksiyon yöntemi, numune ile çözücü arasında yüksek kesme hızı sağlayarak, ısıtmadan ve kısa sürede hücre duvarının parçalanmasına yardımcı olur (Pereira ve ark., 2017).

Meyve ve sebze yan ürünlerinden elde edilen fenolik bileşenlerin meyve ve sebze sularına ilavesi, giderek artan bir trend olmaya başlamıştır. Ancak bu fonksiyonel içeceklerin gıda pazarındaki konumu henüz istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Nar yan ürünlerinden fenolik bileşenlerin homojenizatör destekli, total sıvılaştırma ve enzimatik ekstraksiyon gibi yenilikçi yöntemler ile eldesi ve bu bileşenlerin nar sularına eklenmesi üzerine kapsamlı bir araştırmaya da rastlanılmamıştır. Ayrıca bu yöntemlerin optimum fenolik verimini sağlayacak şekilde bir arada kullanımıyla ilgili de bir çalışma yapılmamıştır.

Bu nedenle, bu çalışmada;

- Nar suyunun eldesinden açığa çıkan yan ürünlerden antioksidanca zengin fenolik bileşenlerin enzimatik ekstraksiyon, total sıvılaştırma ve homojenizatör destekli ekstraksiyon gibi yenilikçi yöntemler ile fonksiyonel ve verim açısından uygun şekilde elde edilmesi,
- Elde edilen fenolik bileşenleri nar suyuna ekleyerek antioksidan kapasitesi yüksek, fonksiyonel, duyuşal olarak beğenilen, sürdürülebilir ve katma değerli bir ürün üretilmesi,
- Zenginleştirilmiş nar sularının iki farklı sıcaklıkta (4-25°C) 60 gün boyunca fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Meyve Yan Ürünleri

Toplumsal beslenme eğilimleri dünya genelinde giderek daha benzer hale gelmektedir. Nitekim birçok toplumun diyetinde yüksek oranda işlenmiş ve boş kalorili gıdalar önemli bir yer kaplamaktadır. Bu durumun neden olduğu dengesiz ve yetersiz beslenme, çeşitli kronik hastalıkların artmasındaki ana nedenlerden birisidir. Bu nedenle, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), bulaşıcı olmayan hastalıklara yakalanma riskini azaltmaya yardımcı olacak ve günlük yeterli diyet lifi alımını karşılayacak düzeyde en az 400 g/gün veya beş porsiyon çeşitli meyve ve sebze (sırasıyla 2:3) tüketimini önermektedir. Bununla birlikte, tahmini meyve ve sebze tüketimi dünya genelinde değişkenlik (100-450 g/gün) göstermekte ve insanların büyük bir kısmı önerilen değerlere ulaşamamaktadır (Guilbert, 2003; Gómez ve ark., 2019; Rodríguez ve ark., 2021). 2015 yılı verilerine göre, dünya nüfusunun sadece %55'inin, DSÖ tarafından tavsiye edilen minimum düzeyin üzerinde ortalama meyve ve sebze tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir (Mason-D'Croz ve ark., 2019; Wallace ve ark., 2020; FAO, 2021).

Küresel olarak üretilen önemli miktardaki meyve çeşitleri arasında turuncgiller [124.73 milyon metrik ton (MMT)], muz (114.08 MMT), elma (84.63 MMT), üzüm (74.49 MMT), ananas (25.43 MMT) ve mango (mangosten ve guava ile birlikte 45.22 MMT) sayılabilmektedir (FAO, 2017). Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu, 2021 yılını Uluslararası Meyve ve Sebze Yılı olarak belirlemiş ve meyve ve sebzelerin gıda güvenliği, insan beslenmesi ve sağlığı üzerinde önemli bir rolünün olduğu bildirmiştir (FAO, 2021).

Meyve ve sebzeler beslenmemizde oldukça önemli bir role sahiptir. Bu nedenle artan dünya nüfusu ve değişen beslenme alışkanlıklarının bir sonucu olarak bu tür gıda ürünlerine olan talep de önemli ölçüde artmıştır (Schieber ve ark. 2001; Vilariño ve ark., 2017). Meyve ve sebzeler, fizyolojik süreçleri etkileyebilen, belirli hastalık risklerini azaltan ve genel sağlık durumunu iyileştiren biyoaktif bileşikler içerir (Molet-Rodríguez ve ark., 2018). Bunlar esas olarak vitaminler, mineraller, karotenoidler, polifenoller, lifler ve fitosterollerdir (Ignat ve ark., 2011; Saini ve ark., 2015).

Küresel olarak tarımsal gıda sektöründe büyük miktarlarda gıda atığı ve yan ürünleri açığa çıkmaktadır. Gıda atıkları genellikle hammaddelerin gıda maddesine dönüştürülmesi sırasında sıvı veya katı formda ortaya çıkan yüksek organik bileşen

içeren kalıntılardır. Bu maddelerin istenmeyen maddeler olarak üretim sürecinden uzaklaştırılması, çoğu Avrupa mevzuatında “atık” olarak tanımlanmaktadır (ECC, 442/1975; ECC, 689/1991). Ancak son zamanlarda, bilim dünyasında bu gıda atıklarının pazar değeri olan yeni ürünlerin geliştirilmesinde başlıca girdi olarak kullanılabilirliğini belirtmek amacıyla “gıda yan ürünleri” terimi kullanılmaktadır (Galanakis, 2012).

Tohum, küspe, kabuk veya posa gibi meyve ve sebze yan ürünleri, ham kütlenin %10-66’sını oluşturmaktadır (Majerska ve ark., 2019; Rao ve Rathod, 2019) (Çizelge 2.1). Bu yan ürünler hızla fermente olabilme özelliğine sahip olup günümüzde genellikle yem veya kompost olarak kullanılır (Dilucia ve ark., 2020). Ancak yan ürünler önemli miktarlarda pigmentler, fenolik bileşikler, vitaminler, diyet lifleri, şeker türevleri, organik asitler ve mineral bileşenleri içerir (Sagar ve ark., 2018). Nitekim bilimsel çalışmalar, limon, üzüm, elma ve portakal kabukları ile avokado ve mango tohumlarının, meyve etinden daha fazla polifenolik içeriğine sahip olduğunu göstermiştir (Gorinstein ve ark., 2001; Soong ve Barlow, 2004).

Çizelge 2.1. Bazı meyve ve sebze çeşitlerine ait yan ürün oranları

Meyve/Sebze	Yan ürünler	Yaklaşık atık (%)	Kaynaklar
Elma	Kabuk, posa, çekirdek	25-30	Ajila ve ark. (2012); Ferrentino ve ark. (2018); Li ve ark. (2020)
Yaban mersini	Posa	20-30	de Moraes Crizel ve ark. (2016); Avram ve ark. (2017)
Muz	Kabuk	35	Ajila ve ark. (2012)
Narenciye	Kabuk, albedo, çekirdek	50	Ajila ve ark. (2012); Singh ve ark. (2020)
Üzüm	Kabuk, sap, posa, çekirdek	20	Ajila ve ark. (2012); Peixoto ve ark. (2018); Kurek ve ark. (2019); Pasini ve ark. (2019)
Mango	Çekirdek, yaprak	45-60	Fernández-Ponce ve ark. (2015); Padayache ve ark. (2017); Adilah ve ark. (2019)
Nar	Kabuk, posa	40-49	Duarte ve ark. (2016); Singh ve ark. (2018); Andrade ve ark. (2019)
Patates	Kabuk	15	Ajila ve ark. (2012); Zhao ve ark. (2019)
Soğan	Kabuk	17	Dilucia ve ark. (2020)
Domates	Kabuk, meyvenin göbeği/çekirdek, tohum	20	Ajila ve ark. (2012); Nour ve ark. (2018)
Enginar	Çiçek yaprağı, yaprak, sap	66	Siheem ve ark. (2015); Dilucia ve ark. (2020)

Meyve ve sebze kayıpları sadece gıda ürünlerinin israfını kapsamayıp dolaylı olarak toprak, su, gübre, kimyasallar, enerji ve işgücü gibi kritik kaynakların da israfını kapsamaktadır. Bu bağlamda söz konusu kayıplar, çevresel, ekonomik ve sosyal sektörler üzerinde de etkilidir. Bu büyük miktarlardaki kayıp ve israfın yanı sıra meyve ve sebzelerin depolanması sırasında biyolojik parçalanmalardan kaynaklı oluşan sera gazları da önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır (Venkat, 2011; Vilariño ve ark., 2017). Kullanım potansiyeline sahip yan ürün miktarının her yıl milyonlarca ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle dünya ölçeğindeki şirketler ve bazı araştırmacılar bu değerli kaynakları düşük fiyatları, yüksek miktarları ve çok sayıda biyoaktif bileşen içeriklerinden dolayı yeniden kullanmak ve değerlendirmek için büyük çaba sarf etmektedir (Dilucia ve ark., 2020).

2.2. Nar

Nar (*Punica granatum* L., Punicaceae familyası), günümüze kadar popüleritesini koruyan eski bir meyvedir. Yazları uzun, sıcak, biraz kuru ve kışları soğuk geçen bölgelerde en iyi şekilde yetişir. En yaygın büyüme gösterdiği bölgeler Orta Doğu, Hindistan, Orta Asya, Kuzey Afrika ve Güney Avrupa'dır. Narın, dünya genelinde 1000'den fazla çeşidinin bulunduğu bilinmektedir. Nar ağacı, zorlu tarım koşullarına dayanıklılık, silvikültürel yönetim ve tıbbi özellikleri ile bilinen bir bitkidir (Ashton, 2006; Turrini ve ark., 2020).

2.2.1. Narın bileşimi

Narın ağırlıkça yaklaşık %46'sı meyve suyu, geri kalanı ise atıktır. Nar kabuğu, meyvenin ağırlıkça %43'ünü, tohum ise %11'ini oluşturur (Şekil 2.1) (Duarte ve ark., 2016; Ko ve ark., 2021). Nar %79.43 su, %10.21 toplam diyet lif, %9.29 karbonhidrat, %0.26 protein, %0.26 kül (mineral madde) ve %0.21 toplam yağ içerir (Çizelge 2.2). Nar suyu; %85.4 su, %10.6 şeker, %1.4 pektin, %0.2-1 polifenoller ve yağ asitleri, amino ve organik asitler, indol aminler, steroller, triterpenoitler ve alfa tokoferoller barındırır (Chaturvedula ve ark., 2011).



Şekil 2.1. Narın yan ürünleri ve yüzde bileşimi

Çizelge 2.2. Narın besin değeri (yenilebilir 100 g'ı için) (TURKOMP, 2024)

Bileşenler	Miktar	Bileşenler	Miktar
Enerji	61.00 kcal	Demir (Fe)	0.56 mg
Su	79.43 g	Magnezyum (Mg)	16.00 mg
Kül	0.59 g	Fosfor (P)	43.00 mg
Protein	0.26 g	Potasyum (K)	265.00 mg
Toplam yağ	0.21 g	Sodyum (Na)	6.00 mg
Karbonhidrat	9.29 g	Çinko (Zn)	0.26 mg
Toplam diyet lif	10.21 g	C vitamini	7.00 mg
Sakkaroz	0.01 g	L-askorbik asit	6.30 mg
Glukoz	4.21 g	Tiamin	0.024 mg
Fruktoz	4.08 g	Riboflavin	0.023 mg
Laktoz	0.00 g	Niasin	0.283 mg
Maltoz	0.00 g	Toplam B-6 vitamini	0.05 mg
Sorbitol	0.00 g	A vitamini	3 RE
D-mannitol	1.57 g	Beta-karoten	30 µg
Ksilitol	0.00 g	Likopen	0.00 µg
Tuz	14.00 mg	Lutein	3.00 µg
Kalsiyum (Ca)	12.00 mg		

Nar, flavonoidler (antosiyantinler, kateşinler vd.) ve tanenler (punikalajin, punikalın, pedunkulajin, gallik ve ellajik asit türevleri) gibi yüksek miktarda fenolik bileşik içerir. Nar için rapor edilen toplam fenolik içerik (gallik asit eşdeğerleri, GAE) kabuk ekstraktlarında 1775.4-3547.8 mg GAE/L, meyve sularında 784.4-1551.5 mg GAE/L ve çekirdeklerinde ise 117.0-177.4 mg GAE/L aralığında belirlenmiştir (Gözlekçi ve ark., 2011). Nar kabuklarının antioksidan içeriği, diğer kısımlara göre daha yüksektir (Pan ve ark., 2011). Bu nedenle, nar kabuğu, yenilebilir kısımdan daha yüksek miktarda potansiyel olarak biyoaktif bileşik içeriğine sahip bir meyvedir. Bu değerli atık tarımsal biyokütlenin mutlaka insan tüketimine sunulması gerekir (Akhtar ve ark., 2015).

Narın diğer kısımlarına kıyasla çekirdeği daha düşük oranda polifenol içerirken yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içermektedir (Singh ve ark., 2002). Nar çekirdeğinin karakteristik çoklu doymamış yağ asidi olan punisik asit (9-cis, 11-trans, 13-cis oktadekatrienoik asit) konjuge bir linolenik asit izomeridir. Nar çekirdeğinin punisik asit içeriği %64-83 aralığındadır (Kaufman ve Wiesman, 2007; Abbasi ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2015). Yapılan çalışmalar punisik asidin antioksidan (Singh ve ark., 2002), antikanser (Kohno ve ark., 2004), anti-enflamatuvar (Coursodon-Boyiddle ve ark., 2012) ve immünomodülatör (Yamasaki ve ark., 2006) gibi etkilerini ortaya koymuştur. Bu nedenle, güçlü bir fonksiyonel gıda ve/veya gıdalardaki nutrasötik bileşen olarak kullanımları giderek daha fazla araştırılmaktadır (de Melo ve ark., 2014).

2.2.2. Narın fonksiyonel özellikleri

Nar yan ürün ekstraktları, en güçlü yan ürün ekstraktları arasındadır. Son derece yüksek antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olması nedeniyle gıda ürünlerinde uygulamalar için muazzam bir potansiyel göstermektedir (Andrade ve ark., 2019). Narın üstün tedavi edici özellikleri hakkında insanların bilinçlenmesiyle birlikte üretimi ve tüketimi hızla artmaktadır (Kahramanoğlu ve Usanmaz, 2016).

Yapılan araştırmalar, narın antioksidan (Çam ve ark., 2009), antibakteriyel, anti-enflamatuvar, anti-alerjik (Panichayupakaranant ve ark., 2010), antikanser (Shirode ve ark., 2014), anti-hipertansif (Aviram ve Dornfeld, 2001), anti-diyabetik (Gautam ve Sharma, 2012; Banihani ve ark., 2013) ve kardiyovasküler hastalıkları (Al-Jarallah ve ark., 2013) önleyici etkisinin olduğunu göstermiştir. Bu biyoaktif özellikler, esas olaraknardaki yüksek ellajitanen içeriğinden kaynaklanmaktadır. Böylece bu yan ürünler, yeni gıda ürünlerinin ve/veya nutrasötiklerin geliştirilmesi için ingrediye olarak kullanılabilecek yüksek katma değerli bileşiklerin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır.

2.3. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, en büyük biyoaktif bileşik sınıflarından birisidir (Popa ve ark., 2008; Ignat ve ark., 2011). Bu bileşikler hem yapısal hem de fizyolojik açıdan bitkiler için önemlidir. Bitkilerde tozlaşma için böcekleri cezbetme, çiçekler ve meyvelerde pigmentasyona katkıda bulunma, antioksidan etki gösterme, UV ışığına karşı koruma sağlama, bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynama ve patojenlerin-yırtıcıların zararlarını önleme gibi etkilere sahiptir (Martins ve ark., 2011; Soto ve ark., 2011). Esas olarak şikimik asit, pentoz fosfat ve fenilpropanoit yolları tarafından sentezlenen çok sayıda suda çözünür madde (yaklaşık 8000 farklı molekül) içeren ikincil metabolitler olarak tanımlanır. Temel yapılarında bir veya daha fazla aromatik halka ile bir veya daha fazla hidroksil grubu içerir (Balasundram ve ark., 2006). Yapısal olarak daha karmaşık (dolayısıyla yüksek molekül ağırlıklı) fenoller, genellikle polifenoller olarak adlandırılır (Singh ve ark., 2017).

Meyve ve sebzelerin kabuğu, dış yüzeyi ve tohumları yüksek miktarda fenolik bileşik içerir (Friedman, 1997). Meyve ve sebze yan ürünlerinde bulunan başlıca fenol sınıfları flavonoidler (alt sınıflar: flavonoller, flavanonlar, flavonlar, flavanonoller, izoflavonlar, flavanoller, antosiyanidinler), fenolik asitler ve tanenlerdir (gallotanenler,

ellajitanenler, kompleks ve kondanse tanenler (Khanbabaee ve Ree, 2001; Robbins, 2003; Babbar ve Oberoi, 2014; Sieniawska ve Baj, 2017).

Doğada, fenolik asitler çoğunlukla çözünmeyen veya bağlı formlarda bulunurken, flavonoidler bir OH grubu (O-glikozitler) veya karbon-karbon bağları (C-glikozitler) yoluyla bağlı tek veya çoklu şeker kısımlarına sahip glikozitler olarak bulunur (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2006; Chandrasekara ve Shahidi, 2010). Bağlı fenolikler, gıda matrislerinde bulunan toplam fenoliklerin ortalama %24'ünü oluşturur (Adom ve Liu, 2002; Sun ve ark., 2002). Gerçekleştirilen çok sayıda *in vitro* antioksidan analizinde, çözünmeyen bağlı fenolikler, serbest ve çözünür konjuge fenolikler ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek bir antioksidan kapasite göstermiştir (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2006; Chandrasekara ve Shahidi, 2010). Ayrıca bağlı ve büyük molekül ağırlıklı fenolik bileşiklerin biyoyararlılığı da serbest olanlara göre daha düşük bulunmuştur (Chung ve ark., 1998). Bu bağlamda, bağlı fenolik bileşiklerin serbest forma ve büyük molekül yapıdakilerin ise daha basit yapılara dönüştürülerek daha etkin fonksiyonel bileşenler olarak kullanılabilmesi için yeni metodolojilerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

2.4. Meyve-Sebze Yan Ürünlerinden Fenolik Bileşenlerin Eldesi

2.4.1. Ekstraksiyon yöntemleri

Ekstraksiyon, bileşenleri ayırmak ve konsantre etmek için kullanılan hızlı ve etkili bir yöntemdir. Bu işlem, meyve ve sebze atıklarından/yan ürünlerinden biyoaktif polifenollerin eldesinde kullanılan başlıca yöntemdir (Khoddami ve ark., 2013). Uygulanan ekstraksiyon yöntemi, hedeflenen biyoaktif bileşiklere göre değişiklik gösterebilir (Hernandez ve ark., 2009). Etkili bir ekstraksiyon verimliliği için seçilen ekstraksiyon yöntemi başta olmak üzere, katı-sıvı oranı, çözücünün fizikokimyasal özellikleri, hammaddenin partikül boyutu, pH, süre ve sıcaklık gibi işlem koşullarının optimize edilmesi gereklidir (Handa, 2008; Poojary ve ark., 2017).

Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri (katı-sıvı ekstraksiyonu, sıvı-sıvı ekstraksiyonu ve diğer çözücü bazlı ekstraksiyon metotları); uzun ekstraksiyon süresi, fazla çözücü kullanımı ve düşük verimlilik gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (Trigo ve ark., 2020a; Cai ve ark., 2021). Bazı durumlarda yüksek sıcaklıklarda uygulanan bu yöntemler ayrıca ısıya dayanıklı bileşiklerin de bozulmasına neden olabilmektedir

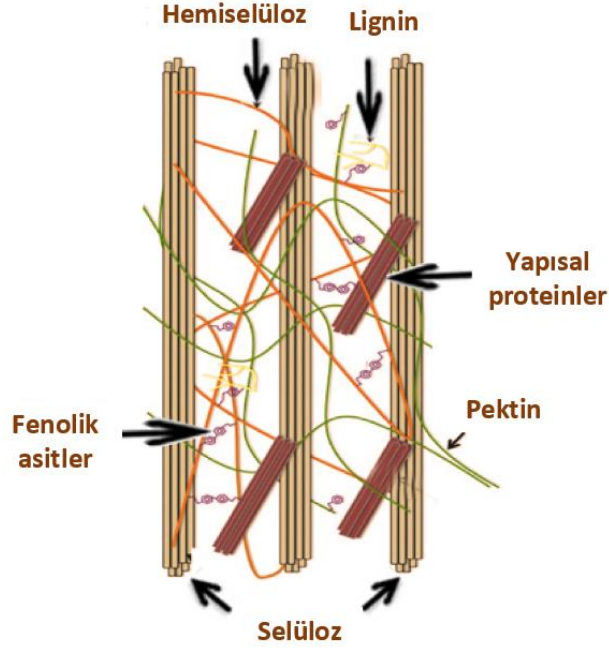
(Barba ve ark., 2016). Günümüzde diğer çevresel sorunların yanı sıra yüksek enerji maliyetleri ve CO₂ emisyonları nedeniyle etkili ve çevreci ekstraksiyon tekniklerinin geliştirilmesine olan ilgi artmıştır (Sharma ve ark., 2017). Bu problemlerin üstesinden gelmek için ultrason destekli, darbeli elektrik alan destekli, enzim destekli, mikrodalga destekli, homojenizatör destekli, süper kritik akışkan ve basınçlı sıvı ekstraksiyonu gibi ekstraksiyon teknikleri son zamanlarda gıda endüstrisinin daha da ilgisini çekmektedir (Nawaz ve ark., 2006; Ameer ve ark., 2017).

2.4.1.1. Çözücü ekstraksiyonu

Çözücü ekstraksiyonu, küçük boyutlara indirgenen bitki örneklerinden uygun bir çözücü yardımıyla (su, etanol, hekzan gibi) istenilen bileşenin eldesinde kullanılan düşük maliyetli ve yaygın bir geleneksel yöntemdir. Ekstraksiyon bir temaslı-denge işlemidir. Çözücü, hedef moleküllerin farklı fazlar (katı, sıvı ve buhar) arasına aktarılmasında fiziksel bir taşıyıcı görevi görür (Galanakis, 2012). Bu sayede bir veya daha fazla bileşen, içinde bulundukları materyalden bir çözücüye aktarılır. Daha sonra maddelerin sıvı fazdan ayrılması ve istenirse izole edilmesi gerekir (Sagar ve ark., 2018). Fenolik bileşenler, hidroalkolik karışımlar gibi polar protik çözücülerde kolaylıkla çözünmektedir. Çeşitli alkoller arasında etanol, ucuz ve GRAS (*Generally Recognized As Safe*, Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi'ne göre Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınan) olması sebebiyle en çok tercih edilen alkoldür (Galanakis, 2012).

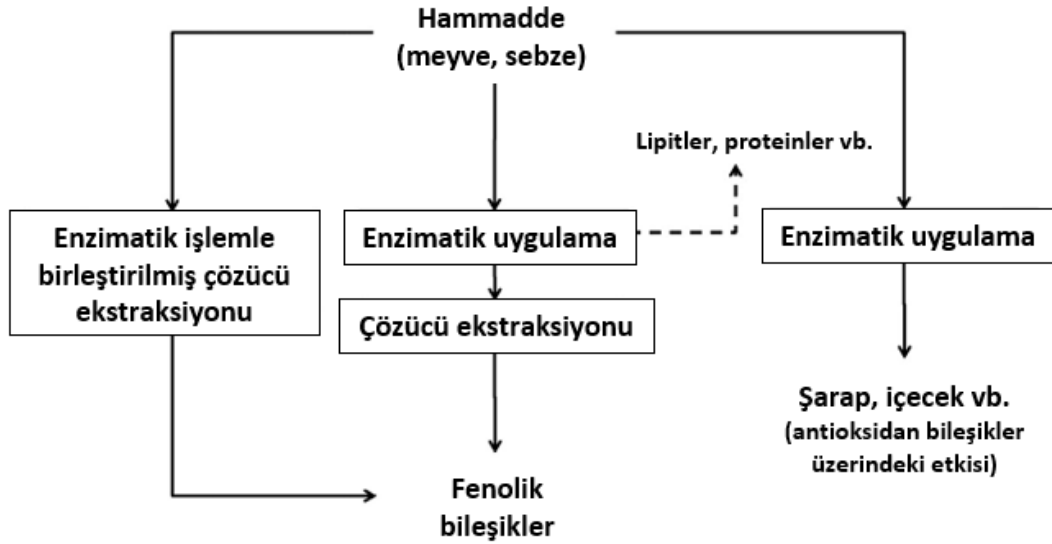
2.4.1.2. Enzimatik ekstraksiyon

Bitki matrislerindeki bazı fitokimyasallar hücre sitoplazmasında dağılırken, birçok diğer fitokimyasala, rutin bir ekstraksiyon işlemiyle çözücü ile erişilemez. Bu durum, bileşenlerin hidrojen veya hidrofobik bağ gibi çeşitli etkileşimler ile polisakkarit-lignin ağında tutulmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 2.2) (Rosenthal ve ark., 1996).



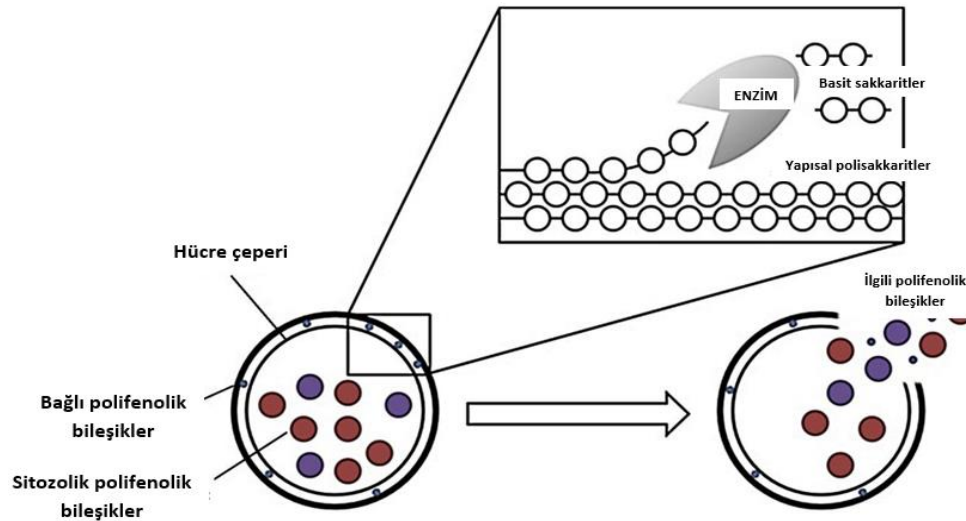
Şekil 2.2. Bitki materyalinin birincil hücre duvarı yapısı arasında sıkışmış fitokimyasalların temsili gösterimi (Acosta-Estrada ve ark., 2014)

Enzimatik ön-muamele, bağlı bileşiklerin serbest forma geçirilmesinin ve toplam verimi arttırmanın yeni ve etkili bir yolu olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.3) (Rosenthal ve ark., 1996; Singh ve ark., 2016). Pektinaz, selüloz, hemiselüloz, naringinaz, lakkaz, tannaz, amilaz, glukoz oksidaz gibi enzimler, gıda işleme endüstrilerinde geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ekstraksiyon sırasında selüloz, α -amilaz ve pektinaz gibi spesifik enzimlerin eklenmesi meyve/sebzenin hücre duvarını parçalar ve birçok bileşeni serbest bırakır. Bu nedenle özellikle meyve suyu üretimi sırasında enzim preparatları sıklıkla kullanılmaktadır. Meyve suyu eldesinde kullanılan bu enzimler; ürünün verimini artırır, işlem süresini kısaltır ve duyusal özellikleri geliştirir (Rosenthal ve ark., 1996; Mojssov, 2012).



Şekil 2.3. Antioksidan bileşiklerin geri kazanımında değerlendirilen enzimatik süreçler (Soto-Maldonado ve ark., 2017)

Ekstraksiyon işlemi özelliğinde incelendiğinde ise hücre duvarı polisakkaritlerinin hidrolizi, çeşitli polifenolik maddelerin salınmasına yardımcı olur. Bu durum fenoliklerin mevcudiyetini ve biyoaktivitesini artırır (Şekil 2.4) (Zheng ve ark., 2009; Chamorro ve ark., 2012).



Şekil 2.4. Bitki hücre duvarlarının enzimatik bozunması ile biyoaktif bileşiklerin salınması (Gligor ve ark., 2019)

Landbo ve Meyer (2001), siyah frenk üzümü (*Ribes nigrum*) posasından çeşitli enzimler kullanarak uygulanan ekstraksiyona göre fenolik maddelerin ekstraksiyonunda

enzim kullanılmadan yapılandan önemli miktarda artış sağlandığını bildirmiştir. Li ve ark. (2006a), beş narenciye kabuğundan (Yen Ben limon, Meyer limon, greyluft, mandalina ve portakal) fenolik bileşikleri farklı enzimler kullanarak ekstrakte etmişlerdir. Geri kazanımın en yüksek Celluzyme MX enzimi ile olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın diğer bir çıktısı da daha yüksek enzim konsantrasyonu ile antioksidan fenolik ekstraktının önemli ölçüde artması olmuştur. Maier ve ark. (2008), üzüm posasından biyoaktif bileşikleri (fenolik asitler, antosiyanin olmayan flavonoidler ve antosiyaninler) 2:1 oranında pektinolitik ve selüloolitik enzim karışımı veya sülfite destekli ekstraksiyon kullanarak elde etmişlerdir. Enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen biyoaktif bileşen veriminin, sülfite ekstraksiyona göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ahududu katı atıklarından antioksidan fenolik ekstrakt miktarı, kontrole kıyasla hidro-alkollü ekstraksiyonda enzim uygulanmasıyla artırılmıştır (Laroze ve ark., 2010).

Gómez-García ve ark. (2012), üzüm atıklarından fenolik bileşikleri serbest bırakmak için Celluclast® 1.5 L (selüloz), Pectinex® Ultra (pektinaz, hemiselüloz ve beta-glukanaz) ve Novoferm® (pektolitik enzim) gibi farklı ticari enzimleri kullanmışlardır. Kaydedilen en yüksek antioksidan aktiviteler, Novoferm®, Celluclast® 1.5 L ve Pectinex® Ultra için 12 saatte sırasıyla %90, 86.6 ve 82 olarak belirlenmiştir. Benzer olarak üzüm atıklarından fenolik eldesi üzerinde en güçlü etkiye Novoferm® enzimi sahip olurken, bunu Celluclast® 1.5 L ve Pectinex® Ultra enzimleri izlemiştir. Benzer bir çalışmada ise Dal Magro ve ark. (2016), iki enzimin [Pectinex Ultra Clear ve Lallzyme Beta (pektinaz, beta-glukosidaz, ramnosidaz, apiosidaz ve arabinofuranosidaz)] konkord üzüm suyunun ekstraksiyon verimi ve biyoaktif bileşiklerinin varlığı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, ekstraktın toplam fenolik bileşik içeriği 899 mg GAE/L'den 1140 mg GAE/L'ye, antioksidan aktivitesi ise 30.55'ten 36.06 mMTE'ye (ABTS yöntemine göre) yükseldiği gözlenmiştir. Battestin ve ark. (2008), yeşil çaydaki epigallocateşin gallatı tannaz enzimi ile pH 6.0'da, 40°C'de 30 dk inkübe ettikten sonra tamamen hidrolize etmişlerdir. Enzimatik reaksiyon ürünlerinin, epigallocateşin gallat ile karşılaştırıldığında daha yüksek radikal temizleme aktivitesi ve antioksidan kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir. Meini ve ark. (2019), üzüm posasından polifenollerin ekstraksiyonunda tannazın, galik asidi serbest bıraktığını, selüloz ise p-kumarik asidin ve malvidin-3-O-glukozidin salınımını desteklediğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ekstraktın antioksidan kapasitesinin %80 ve fenolik veriminin ise %66 oranında arttığını bulmuşlardır. Martins ve ark. (2020) ise benzer bir çalışmada *Moscato branco* üzüm kabukları, tohumları ve saplarından tannaz enzimi kullanımı ile kuersetin, galik asit ve trans-resveratrolün daha

fazla geri kazanılabildiğini rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise enzim destekli ekstraksiyonun (selülaz/ β -glukanaz/pektinaz), frenk üzümü pres kekinden fenoliklerin ve antosiyaninlerin geri kazanımını artırdığı tespit edilmiştir. Selülazın, antosiyaninleri ve diğer fenolik bileşenleri geri kazanmada en etkili enzim olduğu ve antioksidan aktiviteyi artırdığı belirlenmiştir (Granato ve ark., 2022).

2.4.1.3. Total sıvılaştırma (Enzimatik sıvılaştırma)

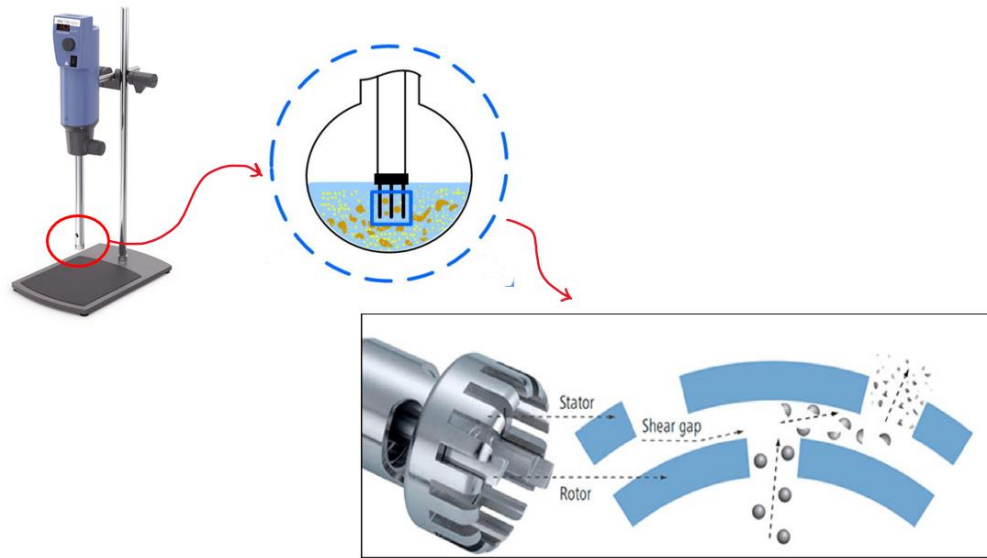
Bir başka enzimatik ekstraksiyon yöntemi olan total sıvılaştırma (enzimatik sıvılaştırma/maserasyon yöntemi), nektar ve posa üretimi için meyve ve sebzelerin işlenmesinde büyük öneme sahiptir. Maserasyon enzimleri, meyve ve sebzelerin çözünür pektin ve hücre duvarı bileşenlerini hidrolize eder. Böylece viskozitede azalmaya, meyve suyu veriminde artmaya ve berraklaşmasında iyileşmeye neden olur (Sreenath ve ark., 1995; Grabowski ve ark., 2006; Shavakhi ve ark., 2012). Aynı zamanda hidrolize hücre duvarı geçirgenliğinin artmasıyla polifenoller, karotenoidler ve aroma bileşikler gibi fonksiyonel bileşiklerin salınımını da artıran bu yöntem yeni bir yeşil tekniktir (Rodrigues, 2012; Nath ve ark., 2016).

Wong ve ark. (2015), ananas püresinin sıvılaştırılmasında Pectinex® Ultra SP-L ve Celluclast® 1.5 L enzimlerinin bir kombinasyonunu kullanmışlardır. Stoll ve ark. (2003), enzimatik sıvılaştırma ile havuç posasından karotenin geri kazanılması üzerine çalışmışlardır. Nath ve ark. (2016), kırmızı biberden karotenoid (sulu) bakımından zengin ekstrakt elde etmede Viscozyme L® (beta-glukanaz, pektinaz, hemiselülaz ve ksilanaz), pektinaz ve selülaz enzimlerini kullanarak total sıvılaştırma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Enzimatik sıvılaştırma ile elde edilen ekstraktın, sıvılaştırılmamış olana göre üç kat daha hızlı ekstrakte edildiği, artan karotenoid verimi ve toplam çözünür katı madde içeriği sağladığı rapor edilmiştir. Ayrıca Viscozyme L® veya pektinazın, selülozlara kıyasla daha yüksek karotenoid geri kazanımına imkan verdiği görülmüştür. Benzer bir çalışmada, Atencio ve ark. (2022), balkabağı suyu eldesinde püreden karotenoid transferini arttırmada enzimatik uygulamanın etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmaya göre enzimatik işlem uygulanmamış püredeki karotenoidlerin sadece %54-60'ı meyve suyuna aktarılmıştır. Pürelerin enzimatik destekle işlenmesi, meyve suyu verimini ve toplam çözünür katı miktarını önemli ölçüde arttırmıştır. Aynı zamanda püre karotenoidlerinin %72-90'ı balkabağı suyuna aktarılmıştır. Bir başka çalışmada ise Kobus ve ark. (2019), aronya (*Aronia melanocarpa*) meyve suyu eldesinde, meyveye presten önce dondurma-çözme ve

enzimatik sıvılaştırma ön işlemleri uygulamışlardır. Bu işlemler arasından enzimatik sıvılaştırma uygulanarak elde edilen meyve suyunun toplam fenolik içeriği daha yüksek bulunmuştur.

2.4.1.4. Homojenizatör destekli ekstraksiyon

Turboliz olarak da bilinen homojenizatör destekli ekstraksiyon, homojenleştirme işlemi sırasında meydana gelen mekanik etki ile hücre yapısının bozulmasına dayanan bir yöntemdir. Numune matrisi ile çözücü arasında yüksek kesme hızı sağlayarak hem daha kısa sürede hem de termal işleme gerek duymadan hücre duvarının parçalanmasına yardımcı olur. Özellikle doğal ürünler için sürdürülebilir, hızlı ve ekonomik bir yeşil ekstraksiyon tekniği olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Bilgin ve Şahin, 2013; Zuin ve ark., 2020) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Homojenizatörün hücre yapısını parçalamadaki etki mekanizması (*Rotor*: döner mil, *stator*: sabit kısım, *shear gap*: kesme boşluğu)

Yapılan son çalışmalar biyoaktif bileşiklerin verim ve zaman açısından ekstraksiyon etkinliğinin artırılmasında, homojenizatör destekli ekstraksiyonun iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir. Bilgin ve Şahin (2013), 30 saniyelik homojenizatör destekli ekstraksiyonun 90 dakikalık ultrason destekli ekstraksiyona kıyasla çok daha yüksek ekstrakt verimi ve toplam fenolik içerik sağladığını ortaya koymuşlardır. Benzer bir çalışmada, mango pulpundan karotenoidlerin ekstraksiyonunda homojenizatör destekli ekstraksiyonun manyetik karıştırma, ultrason destekli ekstraksiyon ve

mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Baria ve ark., 2019). Muz kabuğundan (Pereira ve ark., 2017), zeytin yapraklarından (Yazar ve ark., 2019), üzüm posasından (Eyiz ve ark., 2020) ve tatlı patates yapraklarından (Mesa ve ark., 2020) fitokimyasalların ekstraksiyonunda homojenizatör destekli ekstraksiyondan yararlanılmıştır.

2.5. Katma Değerli Meyve ve Sebze Suları Üzerine Çalışmalar

Meyve ve sebzeler, genel olarak taze olarak tüketimlerinin yanında kurutma, konserveleme veya presleme gibi çeşitli işlemler sonucunda farklı formlara işlenmektedir. Son yıllarda yaşam koşullarındaki değişiklikler ve sağlıklı beslenmedeki farkındalığın artması, toplumu meyve ve sebze ile bunlardan elde edilen içeceklerin tüketimine daha fazla yöneltmiştir (Molet- Rodríguez ve ark., 2018). Meyve ve sebze suları dünya çapında yaygın olarak tüketilen, az yağlı, alkolsüz, laktozsuz ve besleyici içeceklerdir (Ephrem ve ark., 2018). Esas olarak sudan (%70-93) oluşur ve karbonhidratlar (glikoz, fruktoz, nişasta, selüloz ve hemiselüloz), amino asitler, proteinler, lipitler, vitaminler, lifler, asitler, fenolik bileşikler, karotenoidler ve mineraller gibi birçok bileşik içerir (Barrett ve ark., 2010).

Sağlığı koruyucu ve hastalıkları azaltıcı özelliklere sahip biyoaktif bileşikler açısından doğal olarak zengin olan meyve ve sebze suları, insan beslenmesine de önemli katkılar sağlamaktadır. Meyve ve sebze sularındaki bu fitokimyasallar; antioksidan, antibakteriyel, antiviral, anti-mutajenik, antikanserojenik, anti-anjiyojenik ve anti-enflamatuvar aktivite gibi geniş fonksiyonel özellikler gösterir (McKay ve Blumberg, 2007; Côté ve ark., 2010; Del Rio ve ark., 2013). Ayrıca, normal kan basıncını, deriyi (Cosgrove ve ark., 2007), kemikleri (Trzeciakiewicz ve ark., 2010), kardiyovasküler (Chong ve ark., 2010) ve sinir sistemlerini (Vafeiadou ve ark., 2009) koruyucu özellikte olmak üzere çeşitli yararları bulunur. Bazı raporlar, meyve sularının Alzheimer hastalığının ilerlemesini ve kanser gelişimini yavaşlatmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Dai ve ark., 2006; Aune ve ark., 2017).

Biyoaktif bileşenlerce zengin meyve ve sebze yan ürünleri, sağlığa yararları nedeniyle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde önemli bir kullanım potansiyeline sahiptir (McCarthy ve ark., 2013; Adiamo ve ark., 2018). Birçok çalışmada çeşitli tıbbi aromatik bitkiler ile meyve ve sebze yan ürünlerinden farklı ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen fenolik bileşenler, meyve/sebze sularının fenolik içeriğini ve antioksidan

kapasitesini artırarak fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş, katma değerli içecekler üretiminde kullanılmıştır (Çizelge 2.3).



Çizelge 2.3. Meyve ve sebze sularına bitkisel ekstraktların ilavesi

Örnek	Ekstrakt	Depolama	Sonuç	Kaynak
Kırmızı erik nektarı	Erik kabuğu ekstraktı (%24)	5°C'de 3 ay	Daha yüksek toplam antioksidan kapasitesi	de Beer ve ark. (2014)
Ananas, portakal ve havuç suyu karışımı	Hibiskus ekstraktı (%26.3)	-	Daha yüksek toplam antioksidan kapasitesi	Ogundele ve ark. (2016)
Limonata	Limon mineçiçeği, mate, karanfil ve yeşil çay ekstraktı %5 (h/h), ıhlamur, funda, nane ve zencefil ekstraktı %10 (h/h)	25°C'de 3 ay	Daha yüksek toplam antioksidan kapasitesi, toplam fenolik ve askorbik asit içeriği	Tamer ve ark. (2017)
Havuç suyu	Yüksek basınçlı işlem ile elde edilen nar kabuğu ekstraktı (2.5 mg/mL)	4°C'de 42 gün	Daha yüksek toplam antioksidan kapasitesi, geliştirilmiş mikrobiyal güvenlik	Trigo ve ark. (2020b)
Portakal-elma-havuç-pancar smoothie	Pancar yaprağı ekstraktı (%30 h/h)	5°C'de 21 gün	Toplam fenolik içeriğinde (%50 oranında) ve antioksidan kapasitesinde artış	Fernandez ve ark. (2020)
Pastörize salatalık suyu	Tarçın, karanfil, nane ve zencefil ekstraktı (200 µg/mL)	Oda sıcaklığında 6 ay	Daha iyi duyuşsal nitelikler Daha yüksek toplam fenolik içerik ve flavonoid içeriği	Saad ve ark. (2021)
Karpuz-elma-muz smoothie	Nane yaprağı ekstresi (%8)	-	Yüksek A, C vitamini, flavonoid ve toplam fenolik içerik	Victor-Aduloju ve ark. (2020)
Kavun suyu	(-) Epikateşin (2.5 g/mL)	4°C'de 10 gün	Toplam fenolik içeriğinde artış	Rúa Aller ve ark. (2021)

Savatović ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, berraklaştırılmış elma suyuna sırasıyla 0.05, 0.1, 0.5 ve 1 g/L düzeyinde elma posası ekstraktı ilave etmiştir. 0.5 g/L ekstrakt eklenen zenginleştirilmiş elma suyunun, 0.05 g/L eklenen örneğe kıyasla 3.8 kat daha yüksek bir antioksidan aktivite gösterdiği bulunmuştur.

Frontela ve ark. (2011), ananas ve kırmızı meyve sularını, çam kabuğundan elde edilen standartlaştırılmış prosiyanidin açısından zengin bir ekstrakt olan Pycnogenol® (0.5 g/L) ile zenginleştirmiştir. Pycnogenol® ekstraktı ile zenginleştirilmiş örnekler, hem analiz edilen spesifik monomerik fenolik bileşiklerde hem de toplam fenolik içeriğinde artış göstermiştir. Bu nedenle, Pycnogenol® ekstraktının, stabilitesi nedeniyle meyve suyunda iyi bir fenolik bileşik kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Salgado ve ark. (2012), domates ve çilekli portakal sularını farklı oranlarda (%0.5, 1, 1.5 ve 2) kurutulmuş nar kabuğu ekstresi ile zenginleştirmeyi amaçlamıştır. Eklenen ekstrakt konsantrasyonuna orantılı olarak meyve sularının antioksidan aktivitesinde önemli bir artış gözlenmiştir. Daha yüksek oranda ekstrakt içeren numunelerin, nar kabuklarının karakteristik kekremsi tadı nedeniyle en düşük duyuşal puanları aldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, tüketiciler tarafından nar kabuğu ekstresi ilaveli meyve sularının daha fazla kabul görmesi için ekstre oranının maksimum %0.5 olması gerektiği bildirilmiştir.

Benzer bir çalışmada, kırmızı etli Japon eriği (*Prunus salicina* Lindl.) nektarına erik kabuğu ekstraktı (sulu) ilavesi, ürünün rengini, polifenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırmada başarılı bulunmuştur (de Beer ve ark., 2012).

Altunkaya ve ark. (2013), elma suyuna, farklı oranlarda (%0-2) nar kabuğu ekstraktı eklemenin, ürünün duyuşal beğeni ve toplam antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. %2 ekstrakt ilavesinin en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiği ancak en düşük duyuşal beğeniyi aldığı tespit edilmiştir. %0.5 ekstrakt ilavesi ise duyuşal açıdan en kabul edilebilir oran olarak bulunmuştur.

Barros ve ark. (2014), guava suyunu nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirdiği çalışmalarında, duyuşal değerlendirme sonucunda kontrol ve zenginleştirilmiş meyve suyu arasında hiçbir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Meyve suyunun fonksiyonel bileşiklerle zenginleştirilmesi ile ilgili başka bir çalışmada, mango suyuna farklı oranlarda demirhindi tohumu tozu ilavesi sonucu en yüksek antioksidan aktivite %2.5 oranı ile belirlenmiştir. Ancak duyuşal olarak kabul edilebilir bir meyve suyu için ilave edilecek demirhindi tozu oranının en fazla %1.5 olması gerektiği belirtilmiştir (Natukunda ve ark., 2016).

Bir başka çalışmada, taze sıkılmış ve konsantre portakal sularına ısıl işlemten sonra muz kabuğu ekstresi ilave edilmiştir. Ekstre ilave edilen örneklerin 30 gün boyunca soğukta (5°C) depolanması sonrasında antioksidan aktivitesinin, kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ortiz ve ark., 2017a).

Afkhami ve ark. (2018), misket limonu yan ürünlerinden hesperidini dondurarak kurutma yöntemi ile kapsülleyerek portakal suyuna ilave etmişlerdir. Sonuç olarak portakal suyunun besin değeri artmıştır. Ayrıca kapsülleme ile hem polifenolik bileşenin pastörizasyona ve depolamaya karşı stabilitesi sağlanmış hem de hesperidinin acı tadı maskelenmiştir.

Jana ve ark. (2018), üzüm pres yağı küspesinin etanolik ekstraktını dondurarak kuruttuktan sonra elma ve üzüm sularına 1 g/L eklemişlerdir. Sonuç olarak meyve sularının antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik içeriğinin 2 kat arttığını rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan narlar Konya’da bulunan meyve-sebze halinden satın alınmıştır. Nar konsantreleri Döhler Gıda Ltd. Şti. (Karaman)’den, Pectinex Ultra SP-L (pektinaz, hemiselülaz ve beta-glukanaz, 3300 PGNU/g) ve Viscozyme-L (beta-glukanaz, pektinaz, hemiselülaz ve ksilanaz, 300 AGU/mL) ticari enzimleri (Novozymes) ise Sinerji A.Ş. (Mersin)’den temin edilmiştir. Bu enzimlerden Pectinex Ultra SP-L® (Novozymes, Bagsvaerd, Danimarka) yüksek pektolitik aktiviteye sahip ticari bir pektinaz enzimidir (Pui ve ark., 2022). Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma ve Merck firmalarından satın alınmıştır.

3.2. Metot

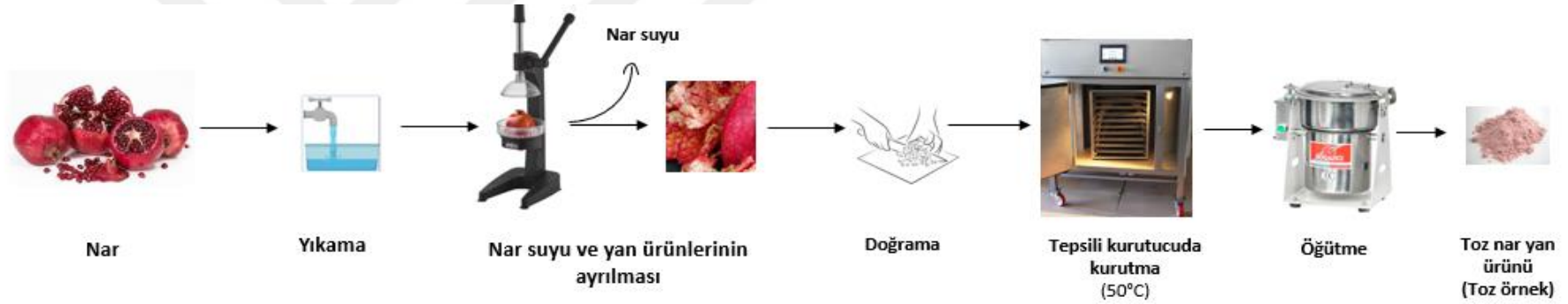
3.2.1. Deneme deseni

Çalışma üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında; tam ortadan ikiye bölünen narlar katı meyve sıkacağına sıkılarak suyu ayrıldıktan sonra geriye kalan yan ürünler (kabuk, posa ve çekirdek) ufak parçalara bölünerek derhal tepsili kurutucuda (50°C) kurutulmuştur. Kurutulan yan ürünler öğütülerek toz hale getirilmiş ve kullanılıncaya kadar derin dondurucuda (-18°C) muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1).

Çalışmanın ikinci aşamasında; toz nar yan ürünlerinden fenolik bileşikler aşağıda verilen 5 farklı yöntemle ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.1).

- (1) Çözücü ekstraksiyonu (Kontrol) (Ç)
- (2) Homojenizatör destekli ekstraksiyon (H)
- (3) Enzimatik ekstraksiyon + Çözücü ekstraksiyonu (EÇ)
- (4) Total sıvılaştırma + Çözücü ekstraksiyonu (TÇ)
- (5) Enzimatik ekstraksiyon + Çözücü ekstraksiyonu + Homojenizatör destekli ekstraksiyon (EÇH)



EKSTRAKSİYONLAR

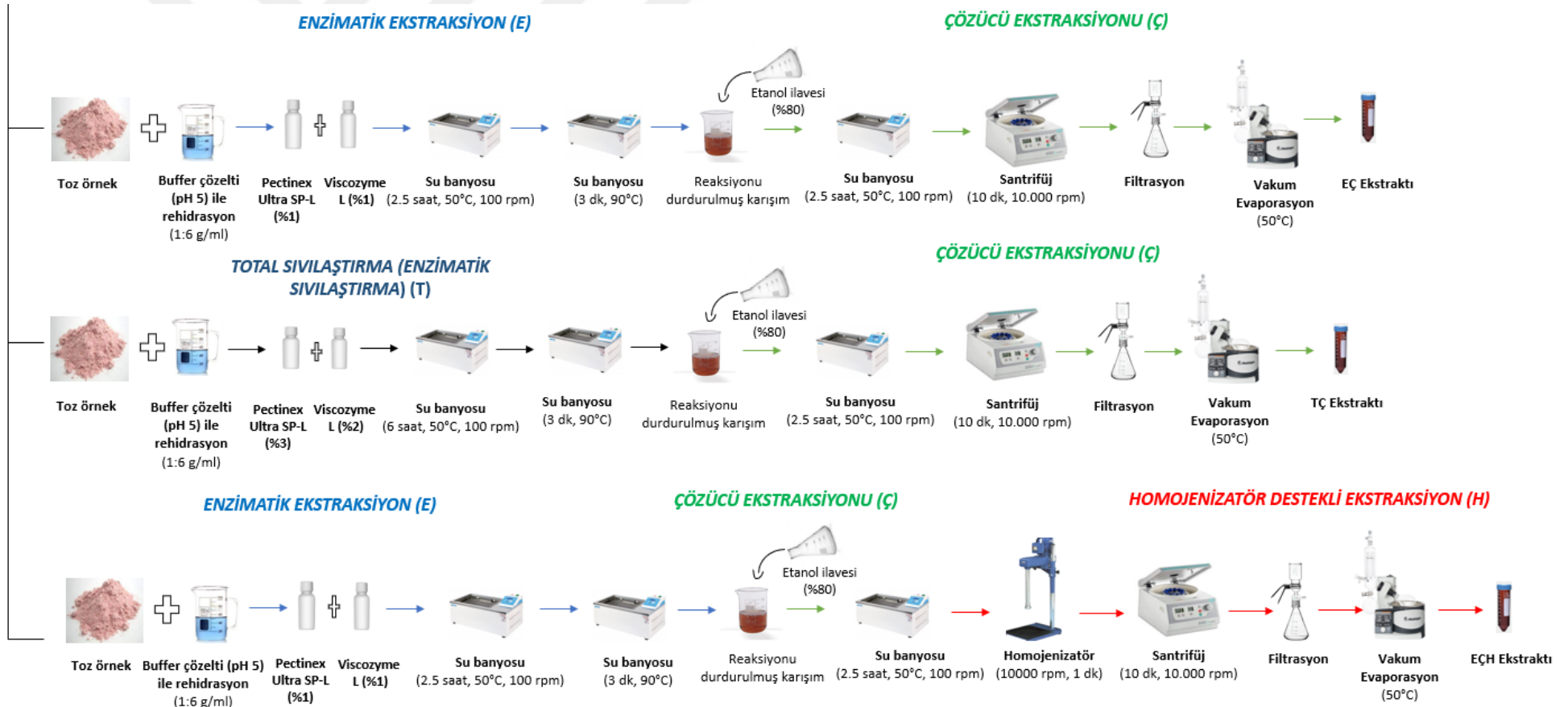
ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYONU (Ç)



HOMOJENİZATÖR DESTEKLİ EKSTRAKSİYON (H)



(Devam ediyor)



Şekil 3.1. Nar suyu yan ürünlerinden fenolik bileşenlerin eldesi

Çalışmanın üçüncü aşamasında; elde edilen 5 farklı fenolik ekstrakt, ön duyuşal değerdendirmelerde elde edilen sonuçlara göre ticari nar konsantresinin hacminin %6-10'u arasında olacak şekilde eklenmiştir. Sonrasında nar konsantresinin briksi yaklaşık 1:4.8 (h/h) oranında su ile 15'e ayarlanmıştır. Ardından nar suları yaklaşık 95°C'de 2 dk pastörize edilmiştir. Bu şekilde iki tekerrürlü hazırlanan nar suları 4°C ve 25°C'de 60 gün boyunca depolanmıştır. Örneklerin depolama süresince analizleri 15 gün aralıklarla iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).





Şekil 3.2. Nar suyu yan ürün ekstraktlarının nar suyuna ilavesi ve depolanması

3.2.2. Nar yan ürünlerinin eldesi ve fenolik bileşenlerinin eldesine hazırlanması

Yıkanan narlar ortadan ikiye kesilerek manuel meyve suyu sıkacağı ile sıkılmıştır. Nar suyu ayrıldıktan sonra fenolik bileşenlerin eldesinde kullanılacak olan arta kalan nar yan ürünleri (kabuk, posa, çekirdek) küçük parçalara doğrandıktan sonra 50°C’de 1 m/s hava hızında laboratuvar tipi tepsili kurutma sisteminde TK-LAB (Eksis, Isparta, Türkiye) $\leq$ %3 nem içeriğine kadar kurutulmuştur (Altunkaya ve ark., 2013; Machado ve ark., 2019). Kuruyan nar yan ürünler derhal çelik öğütücüde (Alveo, Türkiye) öğütüldükten sonra paslanmaz çelik elekten (2.8 mm) geçirilmiş ve analizleri yapılincaya kadar derin dondurucuda -18°C’de muhafaza altına alınmıştır.

3.2.3. Fenolik bileşenlerin eldesi aşaması

3.2.3.1. Çözücü ekstraksiyonu (Ç)

Çözücü ekstraksiyonu, Bosso ve ark. (2016)’nın metodundan yararlanılarak yapılmıştır. Toz nar yan ürünleri 1:10 (g/mL) oranında %80 sulu etanol ile bir araya getirilen kurutulmuş nar yan ürünleri su banyosunda (Daihan WisebathWSB-30, Gangwon, Güney Kore) (6 saat, 50°C, 100 d/dk) ekstrakte edilmiştir. Daha sonra 10000 d/dk’da 10 dk santrifüje (Z326K Hermle, Wehingen, Almanya) edilen örnekler filtre kağıdı (150 µm) kullanılarak vakum filtre ile süzölmüştür. Filtrat içerisinde kalan etanol 50°C’de vakum rotary evaporatör (Heidolph Hei-VAP Core, Schwabach, Almanya) ile uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar analizler yapılana kadar derin dondurucuda -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.2. Homojenizatör destekli ekstraksiyon (H)

Homojenizatör destekli ekstraksiyon Eyiz ve ark. (2020)’nın metodunun modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Toz nar yan ürünlerinin üzerine 1:15 (g/mL) oranında %80 sulu etanol çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından karışım ultratüraks (IKA T25 digital, Staufen im Breisgau, Almanya) ile 1 dk boyunca 10000 d/dk’da homojenize edilmiştir. Örnekler 10000 d/dk’da 10 dk santrifüj edildikten sonra vakum filtre ile süzölmüştür. Etanol filtrattan 50°C’de vakum rotary evaporatör kullanılarak

uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar analizler yapılana kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.3. Enzimatik ekstraksiyon - Çözücü ekstraksiyonu (EÇ)

Enzimatik ve çözücü ekstraksiyonu, Maier ve ark. (2008) ile Mushtaq ve ark. (2016)’nın metotlarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Toz nar yan ürünlerinin üzerine 1:6 (g/mL) oranında pH 5’e ayarlanmış tampon çözelti ilave edilmiştir. Ardından toz ürün 1 saat rehidre edilmiştir. Bu karışıma kuru ağırlık üzerinden %1 (h/a) Pectinex ve %1 (h/a) Viscozyme L enzimleri ilave edilmiştir. Sonrasında 2.5 saat 50°C’de su banyosunda (100 d/dk) inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun ardından reaksiyonu durdurmak için numuneler 3 dk 90°C’deki su banyosunda bekletilmiştir. Enzimatik işleme tabi tutulmuş örnekler, başlangıçtaki toz nar miktarı üzerinden 1:10 (g:ml) oranında etanol (%80) eklenerek 2.5 saat 50°C’deki su banyosunda (100 d/dk) ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Daha sonra karışım 10000 d/dk’da 10 dk santrifüj edildikten sonra vakum filtre ile süzölmüştür. Ardından filtrattaki etanol 50°C’de rotary evaporatör kullanılarak uzaklaştırılmıştır (Nag ve Sit, 2018). Elde edilen ekstraktlar analizler yapılana kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.4. Total sıvılaştırma (enzimatik sıvılaştırma) - Çözücü ekstraksiyon (TÇ)

Total sıvılaştırma ekstraksiyonu, Shavakhi ve ark. (2012)’nin metodunun modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Toz nar yan ürünlerinin üzerine 1:6 (g/mL) oranında olacak şekilde pH 5’e ayarlanmış tampon çözelti ilave edilmiştir. Toz ürün 1 saat rehidre edilmiştir. Bu karışıma kuru ağırlık üzerinden %3 (h/a) Pectinex ve %2 (h/a) Viscozyme L enzim karışımları ilave edilmiştir. Ardından 6 saat boyunca 50°C’deki su banyosunda (100 d/dk) inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda reaksiyonu durdurmak için örnekler 3 dk 90°C’deki su banyosunda bekletilmiştir. Enzimatik işleme tabi tutulmuş örnekler başlangıçtaki toz nar miktarı üzerinden 1:10 (g:ml) oranında etanol (%80) eklenerek 2.5 saat 50°C’deki su banyosunda (100 d/dk) ekstrakte edilmiştir. Bu karışım 10000 d/dk’da 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant süzölmüştür. Elde edilen filtratta kalan etanol 50°C’de rotary evaporatör kullanılarak uzaklaştırılmıştır (Nag ve Sit, 2018). Sonrasında ekstraktlar analizler yapılana kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.5. Enzimatik ekstraksiyon - Çözücü ekstraksiyonu – Homojenizatör destekli ekstraksiyon (EÇH)

Enzimatik ve çözücü ekstraksiyonu aşamaları Maier ve ark. (2008) ile Mushtaq ve ark. (2016)'nın metotlarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Toz nar yan ürünlerinin üzerine 1:6 (g/mL) oranında pH 5'e ayarlanmış tampon çözelti ilave edilerek 1 saat rehidre edilmiştir. Bu karışıma kuru ağırlık üzerinden %1 (h/a) Pectinex ve %1 (h/a) Viscozyme L enzimleri ilave edilmiştir. Sonrasında 2.5 saat 50°C'de su banyosunda (100 d/dk) inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyonun ardından reaksiyonu durdurmak için numuneler 3 dk 90°C'de su banyosunda bekletilmiştir. Enzimatik işleme tabi tutulmuş örnekler başlangıçtaki toz nar miktarı üzerinden 1:10 (g:ml) oranında sulu etanol (%80) ilave edilerek 2.5 saat 50°C'de su banyosunda (100 d/dk) ekstrakte edilmiştir. Ardından karışım ultratüraks ile 1 dk boyunca 10000 d/dk'da homojenize edilmiştir (Eyiz ve ark., 2020). Bu karışım 10000 d/dk'da 10 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatant süzölmüştür. Sonrasında filtrattan etanol 50°C'de rotary evaporatör kullanılarak uzaklaştırılmıştır (Nag ve Sit, 2018). Elde edilen ekstraktlar analizler yapılana kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Nar sularının nar yan ürün ekstraktları ile zenginleştirilmesi

Ticari bir firmadan temin edilen 60°Bx'lik nar konsantresinin briksi su ile 1.0:4.8 (h/h) seyreltme faktörü kullanılarak 15°Bx'e düşürölmüş ve kontrol örneğı olarak kullanılmıştır. Farklı yöntemlerle elde edilen ekstraktlar, ön duyusal değeriendirme sonuçlarına göre, nar konsantresine ilave edilmişlerdir. Buna göre nar konsantresine %6-10 (g/100 ml) aralığında ekstraktlar sırasıyla Ç: %10, EÇH: %8, EÇ: %7, TÇ: %7 ve H: %6 oranlarında eklenmiş ve daha sonra nar konsantreleri 15°Bx'e ayarlanmıştır. Sonrasında kontrol ve ekstrakt ile zenginleştirilmiş nar suyu örnekleri pastörize edilmiştir (95°C'de 2 dk). İki tekerrörlü hazırlanan nar suları ile ekstrakt eklenmemiş kontrol örnekleri iki farklı sıcaklıkta (4°C ve 25°C) 60 gün boyunca depolanmıştır (Salgado ve ark., 2012; Altunkaya ve ark., 2013). Örneklerin depolama süresince analizleri 15 gün aralıklarla iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).

3.2.5. Analizler

3.2.5.1. Ekstrakt verimi

Nar yan ürünlerinin ekstrakt verimi, elde edilen ekstrakt ağırlığının (g kuru madde) hammadde ağırlığına (g kuru madde) oranı olarak hesaplanmıştır (Topuz ve ark., 2014) (Eşitlik 3.1).

$$Ekstrakt\ verimi\ (\%) = \frac{Ekstrakt\ ağırlığı\ (g\ km)}{Nar\ yan\ ürün\ ağırlığı\ (g\ km)} \times 100 \quad (Eşitlik\ 3.1)$$

3.2.5.2. Toplam çözünür katı madde (Briks)

Örneklerin çözünür katı madde içeriği (°Bx) dijital refraktometre (Atago-Pal Alpha, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2006).

3.2.5.3. Bulanıklık

Oda sıcaklığına ulaşan nar suyu örneklerinin bulanıklığı türbidimetre (Hach 2100Q, Loveland, CO, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Örnek (çalkalanmış) cam tüpün çizgisine kadar doldurulduktan sonra tüpün ağzı kapatılmıştır. Okuma öncesi örnekte eşit karışmayı sağlamak için tüp iki kez yavaşça ters çevrilmiştir. Örneklerin bulanıklık düzeyi Nefelometrik Bulanıklık Birimi (NTU) olarak ölçülmüştür (Oziyci ve ark., 2013).

3.2.5.4. Renk analizi

Örneklerin renk değerleri Minolta CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonu, beyaz plaka okutulmasına, ayarlanması ise CIE Standard Illuminant C'ye göre yapılmıştır. Örnekler, cam petri kaplarına doldurulmuş ve beyaz zemin üzerinde farklı yerlerinden L* [0 siyah, 100 beyaz], a* [+ kırmızı, - yeşil] ve b* [+ sarı, - mavi] değerleri okunmuştur. Ton açısı (Hue, H°) değerleri (0° ve 360°, kırmızı; 90°, sarı; 180°, yeşil; 270°, mavi) gıda ürünlerinin niteliksel bir göstergesi olarak kabul edilir (Pathare ve ark., 2013).

Doygunluk (kroma, C^*) değeri (0 ila 100), rengin niceliksel bir özelliği olarak değerlendirilir. Doygunluk değerindeki artış, griden saf renge geçişi gösterir (Pathare ve ark., 2013; Xu ve ark., 2017). Ton açısı (Eşitlik 3.2) ve doygunluk değerleri (Eşitlik 3.3) ise aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır (Gómez-Plaza ve ark., 2006):

$$\text{Ton açısı (H}^\circ\text{)} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

$$\text{Doygunluk (C}^*\text{)} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eşitlik 3.3})$$

3.2.5.5. Antioksidan aktivite tayini

Örneklerin antioksidan kapasitesi, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) yöntemi kullanılarak ölçülmüştür (Tontul ve Topuz, 2017). Ekstraktlar saf su ile 7000 kat, nar suları ise 500 kat seyreltilmiştir. 50 μL örnek alınarak 1.5 mL ependorf tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 950 μL taze DPPH çözeltisi (metanolde hazırlanmış 60 μM) ilave edilmiştir. Elde edilen karışım vortekslendikten sonra 30 dk oda koşullarında karanlıkta bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözeltilerin absorbens değerleri 517 nm’de spektrofotometrede (Libra S60, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) köre karşı okunmuştur. Elde edilen absorbens değerleri, troloks ile hazırlanan eğri yardımıyla mg troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/mL cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5.6. Toplam fenolik madde içeriği

Örneklerin toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenmiştir. Ekstraktlar saf su ile 2000 kat, nar suları ise 100 kat seyreltilmiştir. 0.5 mL örnek, 2.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi (0.2 mol/L) ve 2 mL sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi (%7.5) ile karıştırılmıştır. Karışım vortekslendikten sonra 50°C’de 5 dk su banyosunda bekletilmiş ve sonrasında oda sıcaklığına soğutulmuştur. Örneklerin absorbens değerleri 760 nm’de spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Numunelerin toplam fenolik içeriği, farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltileri kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrisi ile gallik asit eşdeğeri (mg GAE/mL) şeklinde hesaplanmıştır (Eyiz ve ark., 2020).

3.2.5.7. Hidrolize edilebilir tanen içeriği

Hidrolize edilebilir tanen içeriği Saffarzadeh-Matin ve ark. (2017) metoduna göre belirlenmiştir. Saf su ile 10 kat seyreltilen örneklere (500 µL) 2.5 mL potasyum iyodat (KIO₃) solüsyonu (%2.5) ilave edilerek vortekslenmiştir. Oda sıcaklığında 2 dk beklendikten sonra örneklerin absorbansı spektrofotometrede 550 nm’de köre karşı okunmuştur. Standart olarak tannik asit kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Sonuçlar mg tannik asit eşdeğeri (TAE)/mL olarak ifade edilmiştir.

3.2.5.8. Toplam flavonoit madde içeriği

Örneklerin toplam flavonoit içeriği, Dinçer ve ark. (2012) tarafından bildirilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Saf su ile 10 kat seyreltilmiş 0.5 mL örnek üzerine 2.5 mL saf su ve 150 µL sodyum nitrit (NaNO₂) solüsyonu (%5) ilave edildikten sonra karışım vortekslenip 5 dk beklenmiştir. Daha sonra karışıma 300 µL alüminyum klorür (AlCl₃) solüsyonu (%10) ilave edilerek vortekslenip 5 dk beklenmiştir. Son olarak karışıma 1 mL sodyum hidroksit (NaOH) solüsyonu (1 M) eklenerek aynı şekilde vortekslenip 5 dk beklenmiştir. Karışımların absorbans değerleri köre karşı 510 nm’de spektrofotometrede okunmuştur. Örneklerin toplam flavonoit içeriği, mg rutin eşdeğeri (RE)/mL olarak hesaplanmıştır.

3.2.5.9. Toplam monomerik antosiyanin içeriği

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriği pH diferansiyel yöntemine göre belirlenmiştir. Örnekler, pH 1 ve pH 4.5 tamponları kullanılarak 5 kat seyreltilmiş ve karanlıkta 20 dk tutulmuştur. Süre sonunda, çözeltilerin absorbansı, saf suya karşı 518 ve 700 nm’de kaydedilmiştir. Toplam monomerik antosiyanin içeriği (TMA) aşağıdaki eşitliklerden (Eşitlik 3.4 ve 3.5) yararlanılarak mg siyanidin-3-glukozit (S3G)/mL olarak verilmiştir (Eyiz ve ark., 2020).

$$A = (A_{518} - A_{700})_{pH 1} - (A_{518} - A_{700})_{pH 4.5} \quad (\text{Eşitlik 3.4})$$

$$\text{TMA (mg S3G/mL)} = (A \times 449.2 \times S_f \times 1000)/26900 \quad (\text{Eşitlik 3.5})$$

Eşitlikte verilen A, absorbans farkını ve S_f ise seyreltme faktörünü ifade eder.

3.2.5.10. Duyusal analiz

Örneklerin duyusal analizleri, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde 25-55 yaşları arasındaki eğitimli ve deneyimli 25 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Farklı ekstraktlar ilave edilen nar suyu örnekleri, rastgele üç basamaklı bir sayı ile kodlanmış ve rastgele sıralanarak aynı anda (oda ve buzdolabı sıcaklığında olacak şekilde) servis edilmiştir. Panelistlerden, değerlendirilen numuneler arasındaki geçişlerde, damaklarını temizlemek için su ve tuzlu çubuk kraker kullanmaları istenmiştir. Örneklerin; görünüm, renk, koku, viskozite, tat, ağızda kalan tat ve genel kabul edilebilirliği 9 puanlık (1: hiç beğenmedim, 5: orta, 9: çok beğendim) bir hedonik ölçekte değerlendirilmiştir (Çizelge 3.1) (Leite ve ark., 2016).

Çizelge 3.1. Nar yan ürün ekstraktları ilave edilen nar sularının duyusal değerlendirme ölçeği

	Örnek	Görünüm	Renk	Koku	Viskozite	Tat	Ağızda kalan tat	Genel kabul edilebilirlik
4°C								
25°C								

(1: hiç beğenmedim, 5: orta, 9: çok beğendim)

3.2.5.11. İstatistiksel analizler

Analizler, iki tekerrür ve iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Veriler ortalama değerler ve standart sapmalar ile sunulmuştur. Veriler istatistiksel olarak SPSS v.21 programında varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan farklılıklar ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine ($p \leq 0.05$) göre karşılaştırılmıştır.

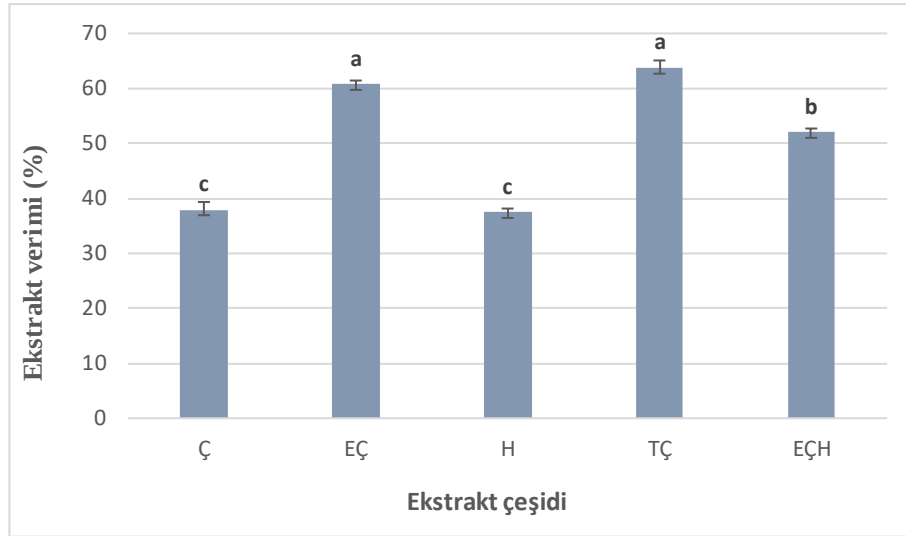
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Ekstrakt Analizleri

4.1.1. Ekstraksiyon verimi

Ekstraksiyon verimi, hedeflenen materyalden belirli bileşenleri ekstrakte etmek için kullanılan solvent verimliliğinin bir ölçüsüdür. Başlangıçta ekstrakte edilecek maddenin kuru miktarı ile karşılaştırıldığında kütle olarak kazanılan ekstrakt miktarı olarak tanımlanır (Zhang ve ark., 2007). Her ne kadar birçok çalışmada yüksek ekstraksiyon verimliliği hedeflense de yüksek ekstraksiyon veriminin elde edildiği proseslerde her zaman yüksek konsantrasyonda biyoaktif bileşenler sağlanamayabilir (Aspé ve Fernández, 2011). Bazı biyoaktif bileşenler oksijene ve ısıya karşı çok duyarlı olduğundan (Ishida ve ark., 2005), bunların oksidasyonunu ve termal bozulmasını önlemek için daha fazla özen gösterilmelidir. Bu nedenle ekstraksiyon verimi ve biyoaktif bileşen özellikleri ekstraksiyon yöntemi seçiminde dikkate alınmalıdır (Aspé ve Fernández, 2011).

Nar yan ürünlerinden çözücü ekstraksiyonu (Ç), enzimatik + çözücü ekstraksiyonu (EÇ), homojenizatör destekli ekstraksiyon (H), total sıvılaştırma + çözücü ekstraksiyonu (TÇ) ve enzimatik + çözücü + homojenizatör destekli ekstraksiyon (EÇH) sonucu elde edilen ekstraktların verimleri %36.92-64.17 aralığında değişmiştir (Şekil 4.1). En yüksek verim TÇ ve EÇ ekstraktlarında, en düşük verim ise Ç ve H ekstraktlarında belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, ekstraksiyon öncesi enzimatik işlem uygulanması ekstraksiyon veriminde önemli artışa ($p \leq 0.05$) neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Farklı ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen ekstraktların % verimleri

Ekstraksiyon öncesi enzimatik işlem, bitkisel materyalin hücre duvarlarını parçalar ve bağlı bileşenleri serbest bırakır. Böylece biyoaktif bileşenlerin salınımını ve dolayısıyla ekstraksiyon verimini artırır (Zhu ve ark., 2018; Jha ve Sit, 2022). Buna ilaveten, elde edilen sonuçlar EÇ, TÇ ve EÇH örneklerinde enzimin yanı sıra çözücü ekstraksiyon yönteminin de kullanılmasının, enzimatik ön işlem sonucu hasar gören hücre yapısından dolayı hedeflenen bileşenlere ulaşmayı daha da kolaylaştırdığını göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada üzüm posasının üç ticari enzim kombinasyonu ile yapılan ekstraksiyonda, çözünür katı verimin önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir (Costoya ve ark., 2010). Nar kabuklarına kombine enzim uygulamasının ekstraksiyon verimini (%65.89) geleneksel çözücü ekstraksiyonuna kıyasla üç kat artırdığı tespit edilmiştir (Mushtaq ve ark., 2016). Nar kabuğunun pektinaz ve selüloz ile ekstrakte edilmesi ile elde edilen sulu ekstraktın toplam ekstrakt verimi %40 olarak belirlenmiştir (Alexandre ve ark., 2019). Çalışma sonuçları literatür ile uyumlu bulunmuştur. Araştırmalar, ekstraksiyon verimindeki bu farklılıkların ekstraksiyon yöntemi, çözücü tipi, pH, inkübasyon sıcaklığı ve süresi, uygulanan enzim tipi ve oranı ile nar çeşidinden önemli düzeyde etkilendiği gözlenmiştir (Li ve ark., 2006a; Toledo-Merma ve ark., 2022).

4.1.2. Ekstraktların renk değerleri

Nar yan ürünlerine farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanması sonunda elde edilen ekstraktların L*, a* ve b* renk değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Ekstraktlar arasında en yüksek L*, a* ve b* değerleri Ç örneğinde belirlenmiştir. Ekstraktlara homojenizasyon ve enzimatik işlemlerin uygulanması tüm renk değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Enzimatik işlem uygulanan ekstraktlar arasında EÇ ekstraktı en düşük a* ve b* değerlerine sahip bulunmuştur. Ayrıca EÇ örneğine uygulanan homojenizasyon işlemi, L*, a* ve b* değerlerinde artışa neden olmuştur. Bu durumun homojenizasyon işlemi sırasında karıştırıcı marifetiyle ekstrakt içerisine aktarılan hava nedeniyle meydana geldiği değerlendirilmiştir. Ayrıca homojenizasyon işleminin büyük molekül ağırlıklı fenolik yapıları parçalayarak antosiyanin yapıları açığa çıkarmasının da kırmızılığın artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1. Nar yan ürün ekstraktlarına ait renk içerikleri¹

Ekstraktlar	L*	a*	b*
Ç ²	19.78±0.78 ^a	7.07±0.07 ^a	5.77±0.45 ^a
H ³	18.98±0.6 ^{ab}	6.23±0.08 ^b	3.73±0.06 ^{bc}
EÇ ⁴	19.14±0.01 ^{ab}	5.03±0.04 ^d	2.19±0.04 ^d
TÇ ⁵	19.61±0.11 ^{ab}	5.68±0.02 ^c	4.23±0.12 ^b
EÇH ⁶	18.28±0.10 ^b	5.79±0.06 ^c	3.17±0.13 ^c

¹ Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır (p≤0.05).

²Ç: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

³H: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁴EÇ: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁵TÇ: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁶EÇH: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

Palomero ve ark. (2007), kırmızı şarabın olgunlaştırılması sırasında enzim destekli otoliz için β-glukanaz (LALLZYME MMX) kullanımının toplam antosiyanin içeriğinde ve renk yoğunluğunda kontrole kıyasla büyük kayba neden olduğunu gözlemiştir. Ayrıca örneğin sarı tonunda da bir artış belirlenmiştir. Araştırmacılar bu durumu kullandıkları ticari enzimin az miktarda β-glukosidaz içermesi ve bu enzimin antosiyaninleri esterleştiren glikozu hidrolize ederek daha az stabil moleküllere dönüştürmesi ile açıklamışlardır (Wrolstad ve ark., 1994; Wightman ve Wrolstad, 1996). Çalışmada enzimlerin kullanıldığı örneklerde kırmızılığın azalması ilgili enzimlerin antosiyaninlerin yapısındaki bağları bozması ile açıklanabilir.

4.1.3. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri

Nar yan ürünlerine uygulanan farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktlar arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği EÇH örneğinde (938.81 mg

GAE/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). En düşük fenolik içerikli ekstrakt ise yalnızca çözücü ekstraksiyonu sonucunda elde edilmiştir. Yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri uygulanması sonucu toplam fenolik içeriği Ç örneğine kıyasla EÇH örneğinde 4.4 kat, TÇ ve EÇ örneklerinde 3.8 kat ve H örneğinde ise 2.6 kat artış göstermiştir. Ekstraktların toplam fenolik içerik sonuçları, verimleriyle paralellik göstermiştir.

Çizelge 4.2. Nar yan ürün ekstraktlarına ait toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri¹

Ekstraktlar	Toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/g)	DPPH Antioksidan aktivite (mg TE/g)
Ç ²	212.95±2.48 ^d	799.27±18.00 ^d
H ³	559.68±10.79 ^c	1848.00±13.50 ^c
EÇ ⁴	818.11±55.58 ^b	4317.09±143.99 ^a
TÇ ⁵	820.91±1.98 ^b	3884.36±251.99 ^{ab}
EÇH ⁶	938.81±29.77 ^a	3388.00±125.99 ^b

¹Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır (p≤0.05).

²Ç: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

³H: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁴EÇ: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁵TÇ: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

⁶EÇH: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstrakt.

İran narı yan ürünlerinin çözücü ekstraksiyonu (%60 etanol) sonucu toplam fenolik içeriği 230.42 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Saffarzadeh-Matin ve Khosrowshahi, 2017). Xu ve ark. (2014), pektinaz ve selülozün üzüm kabukları ve çekirdeklerinin selülozik matrislerine bağlı polifenoliklerin salınmasında etkili olduğunu belirlemiştir. Kırmızı ve beyaz üzüm posası karışımına pektinaz+selüloz enzimleri uygulanmasından sonra trans-resveratrol içeriğinde 8.5 kat artış bulunmuştur (Martins ve ark., 2016). Fenolik bileşikler açısından zengin bir kaynak olan nar kabuğundan bu bileşiklerin geri kazanım miktarları kullanılan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Mushtaq ve ark., 2015).

Hücre duvarı polisakkaritlerine (selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektin) bağlı formda bulunan çeşitli polifenol bileşiklerin hidrolizi, ortama serbest fenoliklerin salınmasına yardımcı olur. Bağlı formdaki bileşiklerin, enzimatik ekstraksiyonu sonucu salınması ile ortamdaki fenolik içeriğinde artış olması beklenen bir durumdur. Karmaşık bir ağ yapıda olan hücre duvarında özellikle lignin, hidroksisinamik asitler (p-kumarik ve ferulik asit), basit flavonoidler ve prosiyanidin B2 ile birlikte bulunur (Landbo ve Meyer, 2001; Pinelo ve ark., 2006). Bir çalışmada, enzim uygulaması sonucunda hidroksisinamik asitler ile lignin ayrışarak ortama p-kumarik asit ve ferulik asit bileşenleri salındığı tespit edilmiştir (Meyer ve ark., 1998). Polimerik yapıda olan

fenolik bileşiklerde ise benzer olarak enzim işlemi ile yapı basit moleküllere ayrışabilir. Klorojenik asit (3- veya 5 kafeoilkinik asit), kafeik asit ve kinik asidin ester bileşiğidir. Klorojenik aside karbonhidraz enzimi uygulaması ile kafeik asit içeriğinde artış olduğu belirlenmiştir (Renard ve ark., 2001; Benoit ve ark., 2006). Tannaz gibi bazı enzimler polifenollerini düşük moleküler ağırlıklı fenoliklere (tannik asit, epikateşin gallat, epigallokateşin gallat ve klorojenik asit gibi) hidrolize eder (Garcia-Conesa ve ark., 2001; Zheng ve ark., 2009; Chamorro ve ark., 2012). Dolayısıyla enzim uygulaması çeşitli mekanizmalar ile ekstrakttaki fenoliklerin mevcudiyetini ve biyoaktivitesini artırmaktadır.

Farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanan nar yan ürünlerinden elde edilen ekstraktlar arasında en yüksek DPPH antioksidan aktivite değeri EÇ örneğinde (4317.09 mg TE/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). EÇ ekstraktının antioksidan aktivitesi Ç ekstraktına göre 5.4 kat artış göstermiştir. Enzimatik ekstraksiyon uygulanması ekstraktların antioksidan aktivitesini çözücü ve homojenizatör uygulanmasına göre daha çok artırmıştır. Ekstraktların antioksidan aktivite sonuçları, verimleriyle uyumluluk göstermiştir. Ekstrakt veriminin artmasıyla antioksidan aktivite içeriğinde de artış gözlenmiştir.

Landbo ve Meyer (2001), çekirdeksiz siyah frenk üzümü (*Ribes nigrum*) pres kekinden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için farklı enzimleri (Grindamyl pektinaz, Macer8 FJ, Macer8 R, Pectinex BE ve Novozym 89 proteaz) kullanmıştır. Elde edilen bu ekstraktların antioksidan aktiviteleri enzim uygulanmamış ekstraktlara kıyasla 1.6-5 kat daha fazla bulunmuştur. Granato ve ark. (2022), frenk üzümü pres kekine pektinaz ve selüloz enzimleri uygulamanın örnekteki antioksidan bileşenlerin ekstraksiyonunu artırdığını belirlemiştir. Enzimatik ekstraksiyon süresinin artması daha yüksek antioksidan aktivite ile birlikte toplam fenolik içeriğini de artırmıştır (Granato ve ark., 2022). Tzulker ve ark. (2007), nar kabuğunun antioksidan aktivitesi (DPPH) ile toplam fenolik içeriği arasında önemli bir korelasyon gözlemiştir. Enzimle muamele edilmiş örneklerin kontrol ile karşılaştırıldığında daha yüksek radikal temizleme potansiyeli göstermesi, seçilen enzimlerin hidrolitik aktivitesinden dolayı bağlı ve serbest fenoliklerin serbest bırakılmasının artmasıyla ilişkilendirilebilir (Mushtaq ve ark., 2015).

Enzimatik ekstraksiyon uygulanan EÇH, EÇ ve TÇ ekstraktlarının toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktiviteleri kendi aralarında kıyaslandığında, EÇH ekstraktı en fazla fenolik içeriğine sahip olmasına rağmen en düşük DPPH radikal

süpürücü aktivite göstermiştir. Antioksidan kapasitesi mutlaka toplam fenol içeriği ile doğrudan orantılı değildir. Nitekim, bu durum ekstrakttaki her bir fenolün antioksidan aktivitesine ve bunların göreceli miktarına bağlıdır (Meini ve ark., 2019). Fenolik bileşenlerin antioksidan kapasitesi, bileşenin yapısına ve yapılan analize göre değişiklik göstermektedir. Fenolik asitler için halkadaki hidroksil (-OH) grupları ne kadar serbestse ABTS ve DPPH yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivitenin o kadar yüksek olacağı bildirilmiştir (Lien ve ark., 1999; Villaño ve ark., 2005; Wojdyło ve ark., 2007). Doğal flavonoidlerin ise antioksidan aktivitesinin aromatik -OH gruplarının sayısı ve konumuna bağlı olduğu rapor edilmiştir (Chen ve ark., 1996; Cao ve ark., 1997). Bazı fenolik bileşenlerin DPPH antioksidan aktivite değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, troloks eşdeğeri aktivite epigallocateşin gallat için 3.58 mM, rutin için 2.77 mM, gallik asit için 2.66 mM, kateşin için 2.16 mM, kafeik asit için 1.11 mM, ferulik asit için 0.60 mM ve resveratrol için 0.49 mM olarak belirlenmiştir (Villaño ve ark., 2005; Fernandez-Pancho ve ark., 2008). Bu antioksidan içeriğindeki farklılık bahsedildiği üzere -OH gruplarının sayısı ve pozisyonu gibi bileşenlerin kimyasal yapısı ile ilgili olabilmektedir. Çalışmadaki EÇH örneğinin içerdiği fenolik bileşenler her ne kadar yüksek miktarda olsa da bu bileşenler düşük antioksidan aktiviteye sahip kimyasal özelliklerde olduğundan dolayı en düşük DPPH radikal süpürücü aktiviteyi göstermiştir. Bu sonuçların netleştirilmesi için detaylı fenolik bileşen ve farklı antioksidan analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Abbès ve ark. (2013), geleneksel hurma şurubunun, enzimle işlem gören hurma şurubuna göre antioksidan aktivitesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Bu sonucun, hurma şuruplarının polifenol içerikleri ve diğer bileşenleri (peptitler, organik asitler ve Maillard reaksiyon ürünleri gibi) arasındaki farklılıktan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Daha uzun süre ve yüksek oranda enzim işlemi uygulanan TÇ ekstraktının toplam fenolik içeriğinin, kısa süre ve düşük oranda enzim uygulanan EÇ ekstraktına göre daha yüksek olması beklenirken aksine miktarsal fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uzun ekstraksiyon süresi genellikle yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalma veya oksidasyon süreçleri nedeniyle biyoaktif bileşiğin parçalanmasına neden olabilmektedir (Muniglia ve ark., 2014). Daha uzun ekstraksiyon süresinin, antosiyaninlerdeki kovalent bağların bölünmesine ve oksidasyonuna neden olarak bunların bozulmasına neden olabileceği de bildirilmiştir (Landbo ve Meyer, 2001; Tchabo ve ark., 2015). Strati ve Oreopoulou (2015), domates atıklarından karotenoid

ekstraksiyonunda enzimatik işlem süresinin, 180 dk'ya kadar bir artışa neden olduğunu, sonrasında karotenoit verimin muhtemelen bileşiklerin oksidatif bozunmasına bağlı olarak işlem süresiyle birlikte azaldığını tespit etmiştir.

EÇ ve TÇ ekstraktları aynı fenolik içeriğine sahip olmasına rağmen DPPH radikal süpürücü aktiviteleri ise farklı bulunmuştur. EÇ ekstraktının (kısa ekstraksiyon süresi, düşük oranda enzim) antioksidan aktivitesi, TÇ ekstraktına (uzun ekstraksiyon süresi, yüksek enzim oranı) göre daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum uzun enzimatik ekstraksiyon süresinde fenolik bileşenlerde meydana gelmiş olan kimyasal değişikliklerden kaynaklanmış olabilir. Nitekim, enzimatik işlem süresi antioksidan aktiviteyi etkileyebilecek faktörlerden birisidir. Bir çalışmada enzimatik ekstraksiyon sonrası üzüm çekirdeklerinden fenolik bileşenlerin 2 ila 4 kat daha fazla geri kazanıldığı ancak antioksidan aktivitenin artmadığı bildirilmiştir. Bu durumun muhtemelen bazı bileşiklerin daha az antioksidan aktiviteye sahip türevlere dönüşmesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Tobar ve ark., 2005; Soto-Maldonado ve Zúñiga-Hansen, 2017). Ekstraksiyon süresinin yanı sıra enzim miktarının da ekstraktın antioksidan kapasitesi üzerine etkisi bulunmaktadır. Toplam fenol içeriğinin genellikle enzim miktarıyla doğrusal orantılı olarak arttığı ancak antioksidan kapasitesinin ise yüksek enzim dozlarında doygunluğa ulaştığı gözlenmiştir. Ayrıca yüksek enzim konsantrasyonlarında antioksidanların kararsızlığı gibi diğer olguların da göz ardı edilememesi gerektiği vurgulanmıştır (Meini ve ark., 2019).

4.2. Nar Suyu Analizleri

Narın önemli miktarda (%62) açığa çıkan yan ürünleri (kabuk, çekirdek, posa gibi) fenolik bileşenlerce zengindir (Gözlekçi ve ark., 2011; Duarte ve ark., 2016; Ko ve ark., 2021). Bunlardan elde edilen fenolikçe zengin ekstraktlar eklendiği ürünün antioksidan ve fenolik içeriğini artıracaktır. Bundan dolayı bu çalışmada, nar sularının antioksidan ve fenolik bileşenlerce zenginleştirilmesi ve katma değerinin artırılması amacıyla içeriğine nar yan ürün ekstraktları eklenmiştir. Farklı ekstraksiyon (enzimatik ekstraksiyon, total sıvılaştırma ve homojenizatör destekli ekstraksiyon) yöntemleriyle elde edilen ekstraktlar nar konsantrelerine eklenirken her ikisinin de toplam fenolik içerikleri ve ekleme sonrası duyuşal olarak kabul edilebilirliği dikkate alınmıştır. Ekstraktlar, nar konsantrelerine %6-10 arası oranlarda ilave edilmiştir. Ardından her bir ekstrakt için farklı miktarda suyla briks ayarlaması yapılmıştır. Sonuç olarak nar suları

içerisinde ise %1.06-1.80 aralığında ekstrakt içeren fonksiyonel nar suları elde edilmiştir.

4.2.1. Toplam çözünür katı madde (Briks)

Farklı ekstraksiyon metotları ile elde edilen nar ekstraktları içeren ve 4 ve 25°C’de depolanan nar suyu örneklerinin briks değerleri Çizelge 4.3’te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4’te, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.5’te verilmiştir.

4°C’de depolanan nar sularının briks değerleri 14.80-15.30 aralığında, 25°C’de depolanan nar sularının briks değerleri ise 14.80-15.45 aralığında değişmiştir (Çizelge 4.3). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin briks değerleri üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi” interaksiyonunun $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktları içeren nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada ÇNS örneğinin en yüksek briks, kontrol örneğinin ise en düşük briks sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu farklılık örneklerin briksini ayarlama sırasındaki varyasyondan kaynaklanıyor olabilir.

Sıcaklık açısından yapılan değerlendirmede sıcaklığın 4°C’den 25°C’ye yükselmesi sonucunda briks değerlerinin de yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Lee ve Nagy (1988), greyfurt suyunu farklı sıcaklıklarda (10, 20, 30, 40 ve 50°C) 15 hafta boyunca depolamıştır. Sıcaklığın artması ile sakkarozun hidrolizinde artış gözlemiştir. Ortamdaki indirgeyici şekerler, sakkarozun hidrolizi ile uyumlu olarak artmıştır. Benzer bir çalışmada pastörize portakal suyunun briks içeriğinde depolama sıcaklığının (20, 28, 35 ve 42°C) artmasına bağlı olarak bir miktar artış gözlenmiştir. Bu durum, zamanın ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çözünebilir bozunma ürünlerinin oluşmasıyla açıklanmıştır. Sıcaklık yükselişi ile sakkarozun glikoz ve fruktoza hidrolizi artarak briks içeriğinde de artışa neden olmuştur (Wibowo ve ark., 2015). Çalışmada nar suyuna eklenen ekstraktların içeriklerinde sakkaroz ve bazı oligosakkaritlerin bulunması beklenmektedir. Nitekim depolama sıcaklığının yükselmesi, sakkaroz ve bu oligosakkaritlerin hidrolizini artırarak briks içeriğinde artışa neden olmuş olabilir.

Nar sularının briks içeriği depolama süresi boyunca artış göstermiştir (Çizelge 4.5). Sattar ve ark. (1989) pastörize içeceğin 32 günlük depolama süresi boyunca suda çözünür pektin fraksiyonlarının oluşması nedeniyle briks içeriğinin arttığını belirlemiştir. Rehman ve ark. (2014), mango, elma, guava ve şeftali sularının briks değerlerinin 4°C’de 30 günlük depolama süresi sonrasında artış gösterdiğini ve 10.00 ile 16.80 arasında değiştiğini bildirmiştir. Mgaya-Kilima ve ark. (2015), farklı oranlarda mango suyu ve hibiskus ekstraktı içeren karışımları 6 ay boyunca depolamaları sonucu briks içeriğinde artış gözlemiştir. Mango suyunun yüksek şeker içeriği, roselle ekstraktının ise düşük şeker içermesinden dolayı briks içeriğindeki artış mango suyunun miktarıyla ilişkilendirilmiştir. Bunun nedeni ise polisakkaritlerin oligosakkaritlere ve monosakkaritlere hidroliziyle açıklanmıştır. Wang ve ark. (2022), bulanık elma suyunu 0 ve 20°C’de 90 gün boyunca depolamıştır. Örneklerin briks içeriği, 0°C’de 15. günde artış gösterirken, 60 günde azalma göstermiştir. 20°C’deki depolamada ise 15. günde artış, sonrasındaki günlerde ise azalma belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu sonucun ilk 15 günde nişastanın hidrolizinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Birçok çalışmada depolama sırasında briksin artması, polisakkaritlerin monosakkaritlere hidrolizinden, dehidrasyon nedeniyle meyve suyu konsantrasyonundaki artıştan ve meyve suyunun pektik maddelerinin bozunmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Pareek ve ark., 2011; Chamorro ve ark., 2012). Çalışmada, ekstraktan kaynaklı bazı sakkaritlerin zamanla parçalanma eğiliminde olması briks içeriğinde artışına neden olmuş olabilir. Bunun yanı sıra nar suyunun fenolikçe zenginleştirilmesinde her ne kadar suda çözünür fenolik bileşenlerin ilave edileceği düşünülse de briks içeriği esas olarak toplam şeker içeriğine bağlıdır. İlaveten, eklenen bu bileşenler depolama süresince fenolik veya protein bileşikleriyle çözünmez yapılar oluşturabilir. Bu nedenle fenolik bileşiklerin briks içeriği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı düşünülmektedir. Bu literatür bulguları çalışmamızla uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.3. Nar suyu örneklerine ait toplam çözünür katı madde (briks) sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	Toplam çözünür katı madde (briks)
4	0	Kontrol	14.80±0.00
		ÇNS ²	15.00±0.00
		HNS ³	14.85±0.07
		EÇNS ⁴	14.90±0.00
		TÇNS ⁵	14.85±0.07
		EÇHNS ⁶	14.95±0.07
	15	Kontrol	14.85±0.07
		ÇNS	15.10±0.00
		HNS	14.90±0.00
		EÇNS	14.95±0.07
		TÇNS	15.00±0.00
		EÇHNS	15.05±0.07
	30	Kontrol	14.95±0.07
		ÇNS	15.15±0.07
		HNS	15.00±0.00
		EÇNS	15.05±0.07
		TÇNS	15.05±0.07
		EÇHNS	15.15±0.07
	45	Kontrol	15.10±0.00
		ÇNS	15.25±0.07
		HNS	15.15±0.07
		EÇNS	15.20±0.00
		TÇNS	15.20±0.00
		EÇHNS	15.30±0.00
	60	Kontrol	15.15±0.07
		ÇNS	15.30±0.00
		HNS	15.15±0.07
		EÇNS	15.20±0.00
		TÇNS	15.20±0.00
		EÇHNS	15.25±0.07
25	0	Kontrol	14.80±0.00
		ÇNS	15.00±0.00
		HNS	14.85±0.07
		EÇNS	14.90±0.00
		TÇNS	14.85±0.07
		EÇHNS	14.95±0.07
	15	Kontrol	14.90±0.00
		ÇNS	15.15±0.07
		HNS	14.95±0.07
		EÇNS	14.95±0.07
		TÇNS	15.05±0.07
		EÇHNS	15.05±0.07
	30	Kontrol	15.05±0.07
		ÇNS	15.30±0.00
		HNS	15.15±0.07
		EÇNS	15.20±0.00
		TÇNS	15.15±0.07
		EÇHNS	15.25±0.07
	45	Kontrol	15.15±0.07
		ÇNS	15.30±0.07
		HNS	15.20±0.00
		EÇNS	15.25±0.07
		TÇNS	15.25±0.07
		EÇHNS	15.30±0.00
	60	Kontrol	15.20±0.00
		ÇNS	15.45±0.07
		HNS	15.25±0.07
		EÇNS	15.30±0.00
		TÇNS	15.35±0.07
		EÇHNS	15.40±0.00

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Çizelge 4.4. Nar suyu örneklerinin toplam çözünür katı madde (briks) miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	Toplam çözünür katı madde (Briks)	
		KO	F
Sıcaklık (S)	1	0.127	43.457**
Depolama süresi (D)	4	0.594	203.600**
Nar suyu çeşidi (N)	5	0.118	40.349**
SxD	4	0.018	6.029**
SxN	5	0.001	0.394ns
DxN	20	0.002	0.577ns
SxDxN	20	0.001	0.251ns
Hata	60	0.004	

SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli. ** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli. ns: önemsiz.

Çizelge 4.5. Nar suyu örneklerinin toplam çözünür katı madde (briks) miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	Toplam çözünür katı madde (Briks)
Nar suyu çeşidi		
Kontrol	20	15.00±0.03 ^e
ÇNS ²	20	15.21±0.03 ^a
HNS ³	20	15.05±0.03 ^d
EÇNS ⁴	20	15.09±0.03 ^c
TÇNS ⁵	20	15.10±0.04 ^c
EÇHNS ⁶	20	15.17±0.04 ^b
Sıcaklık (°C)		
4	60	15.07±0.02 ^b
25	60	15.13±0.03 ^a
Depolama süresi (Gün)		
0	24	14.89±0.02 ^e
15	24	14.99±0.02 ^d
30	24	15.12±0.02 ^c
45	24	15.23±0.02 ^b
60	24	15.27±0.02 ^a

¹Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

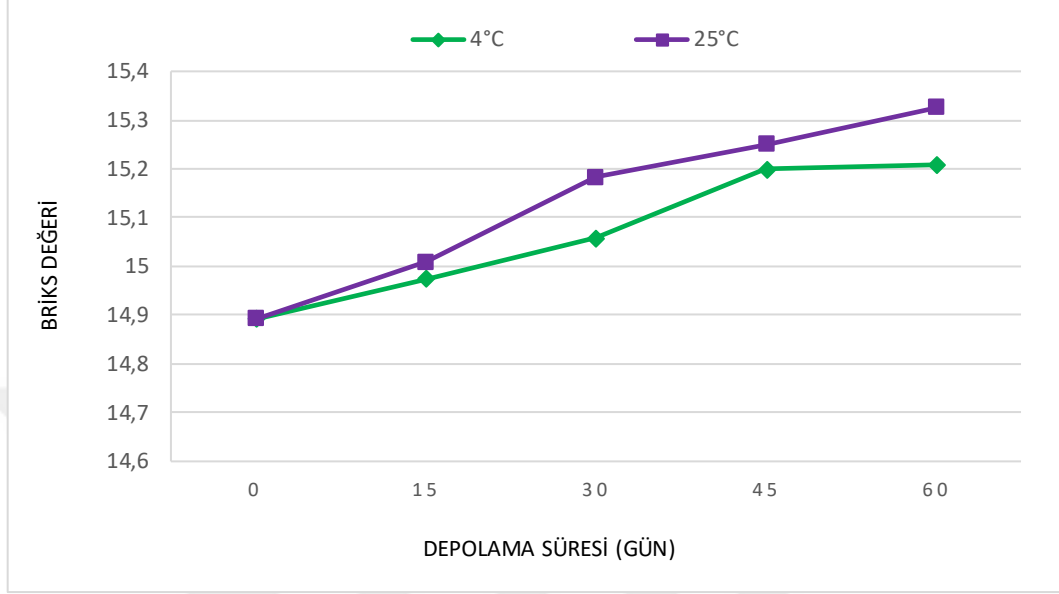
⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Farklı metotlarla elde edilen ekstraktlar ile zenginleştirilmiş nar suyu çeşitlerinin briks değerleri üzerinde etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde hem depolama süresi hem de her iki sıcaklık değerlerindeki artışın nar suyu örneklerinin briks değerini önemli şekilde artırdığı görülmektedir. Ancak 25°C’deki eğrinin eğimi 4°C’ye kıyasla daha yüksek olduğundan dolayı briks artışına neden olan reaksiyon bu sıcaklıkta daha hızlıdır. Bu durum,

sıcaklık artışı ile örneklerin içinde bulunan di- ve oligosakkaritlerin monosakkaritlere hidroliz reaksiyonunun hızlanması ve suda çözünür bileşenlerin miktarının artması ile açıklanabilir.



Şekil 4.2. Nar suyu örneklerinin briks değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

4.2.2. Bulanıklık

Bulanıklık, depolama sırasında meyve suyunun kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (Li ve ark., 2009). Bulanıklık, bir çözelti içinde asılı duran kolloidal veya daha büyük parçacıklar tarafından ışığın saçılması sonucu oluşur (Siebert, 2006).

Farklı ekstraksiyon metotları kullanılarak elde edilen nar ekstraktları eklenerek 4 ve 25°C’de depolanan nar suyu örneklerinin bulanıklık değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Nar suyu örneklerinin depolama boyunca bazı bulanıklık değerleri ölçüm sınırı üstünde çıktığı için istatistik analizi sadece 0. günde yapılarak Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Örneklerin bulanıklık değerleri üzerinde etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu ise Şekil 4.3’te verilmiştir.

4°C’de depolanan ve ölçüm aralığında bulanıklık değerine sahip nar sularının bulanıklık değerleri 376.50-989.75 NTU aralığında, 25°C’de ise 376.50-987.25 NTU aralığında değişmiştir (Çizelge 4.6). 4°C’de 60 günlük depolama süresince kontrol, ÇNS, HNS ve TÇNS örneklerinin bulanıklık değerleri ölçüm sınırı altında kalırken, EÇNS ve EÇHNS örneklerinin değerleri ise 30. günün sonunda ölçüm sınırının üzerine

çıkıştır. Ancak 25°C’de depolama sırasında TCNS örneğinin bulanıklığı da ölçüm sınırı üzerine çıkmıştır. EÇNS ve EÇHNS örneklerinin bulanıklığının ölçüm sınırı üzerine çıkması için 4°C 45 gün depolama gerekirken, bu örneklerle ilaveten TCNS örneğinin bulanıklığı 25°C’de sadece 15 günde ölçüm sınırı üzerine çıkmıştır. Dolayısıyla depolama sıcaklığının artışı bulanıklık düzeyini artırıcı etki göstermiştir.

Çizelge 4.7’de farklı ekstraksiyon metotları kullanılarak elde edilen nar ekstraktlarının eklendiği nar suyu çeşitlerinin 0. gününe ait bulanıklık değerleri verilmiştir. Örnekler arasında yapılan kıyaslamada en yüksek bulanıklık değeri en yüksek oranda ekstrakt (%1.8) içeren ÇNS örneğinde, en düşük bulanıklık değeri ise kontrol örneğinde belirlenmiştir. Ekstraksiyon yönteminden bağımsız olarak nar suyuna ekstrakt eklenmesi, kontrol örneğine kıyasla bulanıklığın artmasına neden olmuştur. Enzimatik işlem uygulanan ekstraktların eklendiği örneklerin bulanıklık değeri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Meyve suyunun bulanıklığını etkileyen birçok faktör olmasına rağmen esas olarak polifenol, pektin ve proteinlerin varlığının etkili olduğu belirlenmiştir (Beveridge ve Wrolstad, 1997; Beveridge ve Weintraub, 1997; Rinaldi ve ark., 2013). Ellajitanenler meyve suyunda bulanıklık ve tortu oluşumu gibi ciddi problemlere neden olabilmektedir (Bakkalbaşı ve ark., 2008). Pektin varlığının ise meyve suyunun pus oluşumunu veya çökmesini hızlandırdığı ortaya konmuştur (Beveridge ve Wrolstad, 1997). Bu nedenler arasında en sık görüleni ise protein-polifenol etkileşimidir (Siebert, 2006). Protein ve fenolik bileşiklerin üretim sonrası etkileşimleri çözünür yapılar oluştururken, depolama süresince çözünmez ve büyük kompleksler oluşturarak bulanıklığa neden olur. Bazı durumlarda, parçacıklar daha da büyüyerek çökelti oluşturabilir (Dadic ve Belleau, 1980; Siebert ve ark., 1981). Çalışmada elde edilen ekstraktların bileşiminde fenolik maddelerin yanı sıra kullanılan çözücü (etanol-su), enzim kalıntıları ve homojenizasyon sonucunda karbonhidrat ve protein yapılarının da olması beklenmektedir. Böylelikle nar yan ürün ekstraktlarının kullanılan yöntemle göre ellajik asit (Andrade ve ark., 2019), diğer fenolik bileşenler ve çözünebilir katı bileşen içeriklerince zengin olması ve bu ekstraktların nar sularına eklenmesi ile sonradan bulanma (gecikmiş bulanma) arasında ilişki bulunmuştur. Sonradan bulanma probleminin nedenleri arasında fenolik bileşenler önemli rol oynamaktadır. Bulanıklığa neden olan başlıca kateşin ve prosiyanidinlerin oksidasyonu sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı yapılar meydana gelmektedir. Bu yapıların polimerizasyonu

bulanıklık oluşturacak düzeyde büyük parçacıklar açığa çıkmakta ve zamanla tortu oluşmaktadır (Beveridge ve ark., 1997; Tetik ve ark., 2007).



Çizelge 4.6. Nar suyu örneklerine ait bulanıklık sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	Toplam çözünür katı madde (briks)
4	0	Kontrol	376.50±44.54
		ÇNS ²	757.00±27.57
		HNS ³	623.50±43.13
		EÇNS ⁴	507.50±14.85
		TÇNS ⁵	506.00±0.70
		EÇHNS ⁶	495.75±15.20
	15	Kontrol	475.25±3.89
		ÇNS	785.00±7.07
		HNS	671.25±5.30
		EÇNS	752.75±3.89
		TÇNS	730.25±6.72
		EÇHNS	828.25±7.42
	30	Kontrol	557.00±5.66
		ÇNS	856.25±3.89
		HNS	704.25±39.24
		EÇNS	872.25±7.42
		TÇNS	786.75±8.13
		EÇHNS	989.75±1.06
	45	Kontrol	570.75±10.96
		ÇNS	878.50±9.19
		HNS	864.75±18.03
		EÇNS	*
		TÇNS	965.75±6.01
		EÇHNS	*
	60	Kontrol	608.00±13.44
		ÇNS	911.75±1.77
		HNS	864.50±4.24
		EÇNS	*
		TÇNS	984.25±4.60
		EÇHNS	*
25	0	Kontrol	376.50±44.54
		ÇNS	757.00±27.57
		HNS	623.50±43.13
		EÇNS	507.50±14.85
		TÇNS	506.00±0.70
		EÇHNS	495.75±15.20
	15	Kontrol	707.75±7.42
		ÇNS	884.25±2.48
		HNS	760.50±10.61
		EÇNS	*
		TÇNS	*
		EÇHNS	*
	30	Kontrol	746.50±5.66
		ÇNS	905.25±3.89
		HNS	785.75±5.30
		EÇNS	*
		TÇNS	*
		EÇHNS	*
	45	Kontrol	862.50±0.71
		ÇNS	909.00±37.48
		HNS	821.50±7.78
		EÇNS	*
		TÇNS	*
		EÇHNS	*
	60	Kontrol	888.25±1.77
		ÇNS	987.25±6.72
		HNS	842.50±5.66
		EÇNS	*
		TÇNS	*
		EÇHNS	*

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

*sınırın üstünde.

Çizelge 4.7. Nar suyu örneklerine ait bulanıklık sonuçları¹

Nar suyu çeşidi	Bulanıklık
Kontrol	376.50±44.54 ^d
ÇNS ²	757.00±27.57 ^a
HNS ³	623.50±43.13 ^b
EÇNS ⁴	507.50±14.84 ^c
TÇNS ⁵	506.00±0.70 ^c
EÇHNS ⁶	495.75±15.20 ^c

¹Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

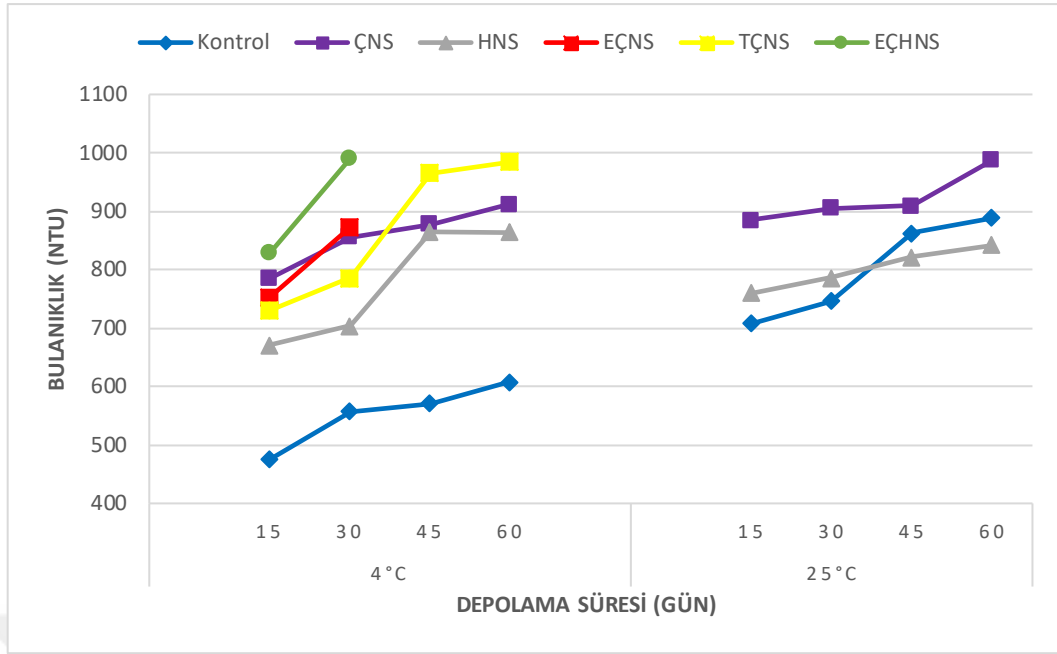
⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

25°C’de depolanan kontrol örneğinin bulanıklık değerindeki artış 4°C’ye kıyasla önemli düzeyde yüksek olmuştur. Enzim işlemi uygulanan örneklerin depolanmasında ise 4°C’deki bulanıklık artış hızının EÇHNS>EÇNS>TÇNS sıralamasında olduğu, 25°C’de ise bu örneklerin bulanıklık değerlerinin 15. gün içinde sınır üstünde çıktığı görülmektedir (Şekil 4.3). Depolama sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde, Oziyici ve ark. (2013), 15°C’de depolanan nar sularının bulanıklık değerlerinin, 5°C’de depolananlara göre daha hızlı artış gösterdiğini bulgulamıştır. Garrido ve ark. (1993), 1.5°C’de depolanan muskadin üzüm suyunda ellajik asit tortusunun oluşumunun 25 ve 40°C’de depolamaya kıyasla çok yavaş gerçekleştiğini belirlemiştir. Ellajik asidin suda tamamen çözünmemesinden dolayı, ellajik asitçe zengin ekstraktların eklendiği içeceklerde bulanıklık probleminin oluşabileceği bildirilmiştir (López Más ve ark., 2009). Yüksek sıcaklıkta (25 ve 35°C) artan bulanıklık oluşumu, bulanıklığa yol açan moleküllerin düşük sıcaklığa (5°C) kıyasla daha yüksek moleküler hareketliliğine ve/veya reaktivitesine atfedilir. Böylece bileşikler arasında daha fazla etkileşim gerçekleşir (Tajchakavit ve ark., 2001; Muche ve ark., 2018).

Çalışmada sıcaklık artışı ile beraber enzim işlemi uygulanan örneklerin bulanıklık artışı (EÇHNS>EÇNS>TÇNS) değerlendirildiğinde (Şekil 4.3) EÇH ve EÇ ekstraktlarında enzimatik uygulama (enzim miktarı ve süresi) TÇ ekstraktına göre daha kısıtlıdır. Enzimatik ekstraksiyon sırasında aşırı enzim kullanımının, sonrasında polifenollerle ve diğer proteinlerle bulanıklığa neden olan yapılara neden olabileceği bildirilmiştir (Tajchakavit ve ark., 2001). Meyve sularında bulunan polifenoloksidaz gibi enzim kalıntıları depolama ile birlikte aktifleşerek bazı bileşenleri oksidasyona

uğrattır ve bu nedenle bulanıklığa yol açabilir (Gao ve ark., 1997; Tetik ve ark., 2007). Örneklerden gelebilecek enzim kalıntısının yanı sıra polifenol-protein etkileşiminden kaynaklı sonradan bulanıklık oluşumu da dikkate alındığında örneklerin fenolik içeriği de oldukça önemlidir. Enzimatik işlem uygulanmış ekstraktların eklendiği nar suları için toplam fenolik içeriği ise EÇHNS>EÇNS>TÇNS şeklinde belirlenmiştir. Bu sıralama bulanıklık oluşum hızı ile paralellik göstermektedir. EÇHNS örneğinin bulanıklık hızının yüksek olması, enzim kalıntısının yanı sıra daha yüksek fenolik içeriğiyle, TÇNS örneğinde ise her ne kadar yüksek enzim kalıntısı beklense de bulanıklık hızının düşük olması düşük fenolik içeriğiyle açıklanabilir. Nitekim, protein ve polifenol oranının bulanıklık üzerinde etkisi önemlidir (Siebert, 1999). Bahsedilen örneklerde fenolik bileşenlerden, proteinlerden ve protein-fenolik kompleksinden kaynaklı sonradan bulanıklık oluşumuna daha çok fenolik içeriğinin katkısının olduğu protein-polifenol etkileşiminin yol açtığı öne sürülebilir. Çalışmada depolama süresine ve sıcaklık artışına bağlı olarak örneklerde protein-fenolik yapının büyüklüğünün artması bulanıklığa neden olmuş olabilir.

HNS örneğinin fenolik madde içeriği, kontrole kıyasla daha yüksek olmasına rağmen bulanıklık değeri 25°C’de 45. gün itibariyle daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.3). Depolama ile oluşan bulanıklığın nedenlerinden birisi de fenoliklerin kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan daha büyük yapıli moleküllerdir (Cerreti ve ark., 2016; Yemiş ve Gül Arslantürk, 2016). Ortamda bu gibi bulanıklık aktif bileşenleri arasındaki etkileşimlerin artması hızlı bir şekilde bulanıklığın oluşmasına neden olur. Bulanıklık gelişimi, bulanıklık oluşturmak üzere bağlanacak aktif molekül öncüleri veya bağlanma bölgeleri kalmayınca sona erer (Beveridge ve ark., 1997; Siebert, 2006; Muche ve ark., 2018). Böylelikle, gerçekleşmesi beklenen kondenzasyon reaksiyonunun HNS örneğinin fenolik kompozisyonundan dolayı 45. gün itibariyle kontrol örneğine kıyasla yavaş arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Nar suyu örneklerinin bulanıklık değeri üzerine etkili “sıcaklık $\times$ depolama süresi $\times$ nar suyu çeşidi” interaksyonu

4.2.3. Renk analizi

Renk, genel olarak tüketici ile ürün arasındaki ilk etkileşimi temsil eden ve dolayısıyla satın alma eylemini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir (Mena ve ark., 2011). Renk ayrıca depolama sırasında oluşan olası kusurlar ve değişimler hakkında da bilgi vermektedir (Garcia-Hernandez ve ark., 2020). Bu nedenle nar suyu gibi meyve sularının kalite kontrolünde önemli bir etkindir.

Farklı ekstraksiyon metotlarından elde edilen nar ekstraktlarını içeren ve 4 ve 25°C’de depolanan nar suyu örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk) Çizelge 4.8’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.10’da verilmiştir.

4°C’de depolanan nar sularının L^* değerleri 44.40-69.78 arasında, 25°C’de depolanan nar sularının L^* değerleri ise 44.40-74.40 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin L^* değerleri üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık $\times$ depolama süresi”, “sıcaklık $\times$ nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık $\times$ depolama süresi $\times$ nar suyu çeşidi” interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde, “depolama süresi $\times$ nar suyu çeşidi” interaksiyonunun ise $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre en yüksek L* (parlaklık) değerine kontrol örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. ÇNS, EÇNS ve EÇHNS örnekleri istatistiksel olarak benzer ve diğer örneklerle göre daha düşük L* değerlerine sahip olmuştur (Çizelge 4.10). Bir çalışmada, ekstrakt ilavesi kontrol örneğine kıyasla L* değerinde azalmaya neden olmuştur. Enzimatik sıvılaştırılma ile üretilmiş cempedak (*Artocarpus integer*) suyunun, kontrole kıyasla daha koyu renge (dolayısıyla daha düşük L* değerine) sahip olduğu belirlenmiştir (Pui ve ark., 2022). Renkteki bu değişim, bitki hücre duvarının maserasyon enzimleri tarafından parçalanması sonucu ortaya çıkan koyu renkli bileşiklerle ilişkilendirilmiştir (de Farias ve ark., 2020).

Elma sularına nar ekstraktlarının (%0.5, 1 ve 2) ilave edildiği bir çalışmada, ekstrakt ilavesi konsantrasyona bağlı olarak L* değerinde azalma gözlenmiştir (Altunkaya ve ark., 2013). Benzer şekilde, Kayapınar (2021), şalgam suyuna tanen ilavesinin konsantrasyona bağlı olarak L* değerini düşürdüğünü rapor etmiştir. Başka bir çalışmada, üzüm yan ürün ekstraktının ilave edildiği üzüm suyunun rengi, kontrol meyve suyundan daha koyu bulunmuştur (Al Bittar ve ark., 2013).

Bazı araştırmacılar meyve ve sebzeler ile bunlardan elde edilen ürünlerin renginin, toplam fenolik bileşik içeriği ve/veya antioksidan aktivitesi ile ilişkili olduğunu bildirmektedir (Muzolf-Panek ve Waśkiewicz, 2022). Genel olarak koyu renk, daha yüksek toplam fenolik içeriğiyle bağdaştırılır (Samoticha ve ark., 2018; Ivanišová ve ark., 2019). Muzolf-Panek ve Waśkiewicz (2022), yüksek düzeyde toplam antosiyanin içeren kırmızı üzüm kabuklarının (3.48–5.83 mg/g) düşük L* değerine (47.80–53.00) sahip olduğunu belirlemiştir. Çalışmada ayrıca, kırmızı üzüm kabuğunun renk parametreleri ile kuersetin, hesperidin, mirisetin, rutin, resveratrol ve antosiyanin gibi bazı fenolik bileşikler arasında yüksek ilişki gözlenmiştir. Literatürle uyumlu olarak çalışmada en düşük toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve toplam monomerik antosiyanin içeriği gösteren kontrol örneğinin L* değeri en yüksek belirlenmiştir. Bu durumun aksine HNS örneği yüksek fenolik madde içeriğine sahipken daha parlak, EÇNS örneği ise düşük fenolik madde içerirken daha koyu renk göstermiştir. Bu sonuçlar ekstraktların a* değerleriyle (Ç>EÇ>EÇH>TÇ>H) uyumlu bulunmuştur.

Örneklerin L* değerleri depolama sıcaklığı açısından karşılaştırıldığında, sıcaklığın artması ile L* değerlerinde artış gözlenmiştir (Çizelge 4.10). Sadilova ve ark. (2007), saflaştırılmış mürver (194.09 mg/L), siyah havuç (185.66 mg/L) ve çilek (171.35 mg/L) antosiyanin çözeltilerinin termal antosiyanin bozunmasından dolayı pigment içeriğinin azaldığını ve L* değerlerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Bunun

yanında araştırmacılar, antosiyanin içeriği yüksek olan çözetilerin parlaklık değerlerinin daha fazla arttığını gözlemiştir. Benzer bir çalışmada, jamun (*Eugenia jambolana*) meyve pulpu, ekstraktlar (antosiyenin ve antosiyanidin) ile zenginleştirilerek üç farklı sıcaklıkta (-20, 5 ve 30°C) 12 ay boyunca depolanmıştır (Sharma ve ark., 2016). Sıcaklık artışı ile zenginleştirilmiş örneğin pigmentlerinin daha fazla bozunduğu belirlenmiştir. Bu bozunma kontrole kıyasla ekstraktlarda daha yüksek miktarda bulunmuştur. Bu durum, antosiyaninlerle zenginleştirme sırasında fenolik asitlerin ve diğer stabilize edici faktörlerin (metal pigmentasyon kompleksi ve kopigmentasyon gibi) kaybıyla ilişkilendirilmiştir (Boulton, 2001). Başka bir çalışmada Oziyci ve ark. (2013), 15°C'de depolanan nar sularının neredeyse tamamının L* değerlerinde artış gözlemiştir. Qu ve ark. (2013) ise nar kabuğu sıvı ekstraktlarını depolamasında sıcaklığının renk özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirlemiştir. L* değerinde gözlenen bu artışlar, meyve suyunda kararsız ve asılı parçacıkların kısmi çökmesiyle de ilgili bulunmuştur (Lee ve Coates, 2003).

Depolama süresi boyunca nar sularının L* değerlerinde kademeli artış gözlenmiştir. Trigo ve ark. (2020a), nar kabuğu ekstraktı ilave ettikleri havuç suyunu 4°C 42 gün boyunca depolamıştır. Depolamanın ilk haftasında tüm örneklerin L* değerlerinde bir artış gözlenirken, 7. günden itibaren L* sabit kalmıştır ($p > 0.05$). Depolamaya bağlı olarak fenolik bileşiklerin polimerizasyonu sonucunda şarap renginin etkilendiği bildirilmiştir (Atanasova ve ark., 2002). Bu çalışmaya kıyasla, örneklerimizin depolama boyunca fenolik madde miktarlarında ve toplam monomerik antosiyanin içeriklerinde düşüş gözlenmesi parlaklıklarını etkilemiştir.

Çizelge 4.8. Nar suyu örneklerine ait renk sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	L*	a*	b*	Ton açısı	Doygunluk
4	0	Kontrol	56.05±1.82	26.20±2.72	25.80±2.17	44.60±0.57	36.78±3.46
		ÇNS ²	45.32±0.18	35.10±0.28	32.96±0.78	43.20±0.91	48.17±0.36
		HNS ³	50.16±1.65	34.18±0.20	29.20±1.03	40.53±1.13	44.98±0.49
		EÇNS ⁴	47.27±0.91	33.11±0.15	31.68±0.82	43.76±0.64	45.83±0.68
		TÇNS ⁵	51.93±0.39	24.68±1.45	28.50±0.57	49.14±2.23	37.71±0.52
		EÇHNS ⁶	44.40±1.23	35.63±0.66	32.48±1.35	42.34±1.74	48.22±0.42
	15	Kontrol	57.50±0.47	21.70±0.14	32.63±1.63	56.36±1.15	39.20±1.43
		ÇNS	51.54±0.17	28.70±0.44	33.62±0.10	49.52±0.52	44.21±0.21
		HNS	63.06±2.02	18.83±1.06	30.65±0.42	58.42±1.76	35.99±0.19
		EÇNS	49.88±3.52	28.77±2.60	34.25±0.34	50.02±2.28	44.75±1.93
		TÇNS	60.29±0.08	21.41±0.69	32.00±0.14	56.30±0.84	38.52±0.48
		EÇHNS	48.70±2.67	27.18±3.33	35.00±1.39	52.56±4.98	44.68±0.54
	30	Kontrol	58.02±0.35	14.78±1.15	34.23±0.46	66.65±1.92	37.30±0.03
		ÇNS	52.75±3.05	20.56±1.60	34.88±0.46	59.51±2.30	40.51±0.40
		HNS	67.54±1.41	15.43±1.92	35.40±0.08	66.51±2.62	38.66±0.73
		EÇNS	67.54±1.68	21.77±0.72	35.80±0.36	58.70±1.11	41.91±0.07
		TÇNS	53.91±1.61	19.70±1.34	35.47±0.84	61.02±2.17	40.61±0.07
		EÇHNS	63.20±0.81	25.33±2.73	35.82±0.58	54.83±2.45	43.90±2.05
	45	Kontrol	60.48±3.41	8.48±0.97	36.04±1.39	76.75±1.96	37.04±1.12
		ÇNS	56.53±0.62	14.62±1.88	35.37±0.87	67.58±2.11	38.29±1.53
		HNS	68.02±0.29	12.79±0.27	36.33±0.40	70.61±0.59	38.52±0.30
		EÇNS	54.37±3.92	17.15±0.92	36.06±0.14	64.59±1.27	39.94±0.27
		TÇNS	64.06±0.91	15.80±0.49	36.21±0.09	66.43±0.70	39.52±0.10
		EÇHNS	54.96±2.93	16.73±0.66	36.96±0.68	65.66±0.46	40.57±0.88
	60	Kontrol	60.70±1.70	7.89±0.28	37.39±0.95	78.09±0.70	38.22±0.88
		ÇNS	56.22±1.60	13.16±0.63	36.63±0.46	70.26±0.66	38.94±0.66
		HNS	69.78±3.57	11.56±0.69	37.10±0.71	72.68±1.28	38.87±0.47
		EÇNS	55.51±1.82	15.92±0.31	37.08±0.11	66.78±0.47	40.35±0.01
		TÇNS	66.19±0.91	14.95±0.19	37.44±0.40	68.25±0.03	40.32±0.44
		EÇHNS	59.71±0.65	13.47±1.02	37.79±0.64	70.41±1.05	40.12±0.95
25	0	Kontrol	56.05±1.82	26.20±2.72	25.81±2.17	44.60±0.57	36.78±3.46
		ÇNS	45.32±0.18	35.10±0.28	32.96±0.78	43.20±0.91	48.17±0.36
		HNS	50.16±1.65	34.18±0.20	29.20±1.03	40.53±1.13	44.98±0.49
		EÇNS	47.27±0.91	33.11±0.15	31.68±0.82	43.76±0.64	45.83±0.68
		TÇNS	51.93±0.39	24.68±1.45	28.50±0.57	49.14±2.23	37.71±0.52
		EÇHNS	44.40±1.23	35.63±0.66	32.48±1.35	42.34±1.74	48.22±0.42
	15	Kontrol	58.76±0.80	15.03±0.65	38.02±0.28	68.44±0.71	40.89±0.50
		ÇNS	48.98±2.45	19.84±0.91	41.26±0.68	64.33±1.37	45.81±0.17
		HNS	51.96±0.71	17.95±0.40	40.10±0.39	66.35±0.27	44.76±0.52
		EÇNS	52.41±1.94	14.92±2.96	37.72±1.10	68.41±4.44	40.62±0.06
		TÇNS	52.70±0.57	16.19±0.37	40.75±0.14	68.33±0.38	43.85±0.27
		EÇHNS	54.17±0.17	14.99±0.75	40.61±0.65	69.75±0.64	43.29±0.87
	30	Kontrol	64.85±0.48	11.37±1.40	45.31±0.18	75.91±1.71	46.74±0.17
		ÇNS	55.16±2.11	10.43±1.72	46.26±0.12	77.29±2.06	47.45±0.27
		HNS	57.43±1.43	15.61±1.62	45.23±0.49	71.00±1.60	47.88±1.00
		EÇNS	55.01±1.75	12.83±0.49	42.52±2.38	73.18±1.49	44.42±2.13
		TÇNS	56.39±2.74	9.88±0.24	45.19±1.16	77.67±0.00	46.26±1.19
		EÇHNS	57.73±0.64	13.24±0.50	45.15±0.07	73.66±0.56	47.05±0.20
	45	Kontrol	70.32±0.84	8.23±1.51	50.89±1.11	80.80±1.86	51.57±0.86
		ÇNS	60.53±2.28	6.82±0.28	49.89±1.13	82.22±0.15	50.36±1.16
		HNS	61.18±0.37	8.93±1.21	48.55±0.40	79.59±1.30	49.37±0.61
		EÇNS	61.15±1.28	8.37±0.84	45.74±0.43	79.64±0.91	46.51±0.58
		TÇNS	60.48±0.36	6.15±1.14	48.73±0.66	82.82±1.22	49.12±0.80
		EÇHNS	62.26±0.95	9.53±1.68	48.75±1.17	78.95±1.66	49.69±1.48
	60	Kontrol	74.40±3.46	4.23±1.71	55.10±1.94	85.57±1.92	55.28±1.80
		ÇNS	67.76±1.62	3.28±0.75	53.14±0.37	86.46±0.85	53.26±0.32
		HNS	62.72±0.82	5.21±0.79	53.71±0.69	84.46±0.76	53.96±0.76
		EÇNS	64.36±1.53	6.67±0.24	49.20±1.15	82.26±0.47	49.66±1.10
		TÇNS	62.97±1.41	3.97±0.03	51.78±0.04	85.62±0.03	51.93±0.04
		EÇHNS	65.86±1.32	5.95±0.31	51.78±1.37	83.44±0.52	52.12±1.30

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Çizelge 4.9. Nar suyu örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	L*		a*		b*		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	1	40.80	13.95**	1044.71	644.16**	2360.48	2706.67**	3364.66	1340.78**	1215.14	1107.47**
Depolama süresi (D)	4	803.63	274.81**	1932.36	1191.47**	796.78	913.63**	4376.15	1743.86**	47.45	43.24**
Nar suyu çeşidi (N)	5	241.10	82.45**	89.77	55.35**	10.30	11.81**	65.78	26.21**	46.72	42.58**
SxD	4	45.99	15.73**	68.14	42.01**	206.23	236.48**	213.06	84.90**	185.55	169.11**
SxN	5	148.44	50.76**	35.79	22.07**	9.70	11.13**	47.68	19.00**	26.52	24.17**
DxN	20	6.12	2.09*	16.70	10.29**	8.04	9.23**	15.07	6.00**	20.47	18.66**
SxDxN	20	13.32	4.55**	7.18	4.43**	1.83	2.09*	8.37	3.33**	4.63	4.22**
Hata	60	2.92		1.62		0.87		2.51		1.10	

SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. *p≤0.05 düzeyinde önemli. **p≤0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.10. Nar suyu örneklerinin renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	L*	a*	b*	Ton açısı	Doygunluk
Nar suyu çeşidi						
Kontrol	20	61.71±1.39 ^a	14.41±1.74 ^e	38.12±2.14 ^b	67.78±3.21 ^a	41.98±1.51 ^c
ÇNS ²	20	54.01±1.53 ^d	18.76±2.45 ^b	39.7±1.64 ^a	64.36±3.38 ^{cd}	45.52±1.09 ^a
HNS ³	20	60.19±1.64 ^b	17.47±2.12 ^c	38.63±1.83 ^b	65.07±3.22 ^c	43.80±1.25 ^b
EÇNS ⁴	20	54.11±1.24 ^d	19.26±2.11 ^{ab}	38.17±1.29 ^b	63.11±3.03 ^e	43.98±0.71 ^b
TÇNS ⁵	20	59.01±1.19 ^c	15.74±1.59 ^d	38.46±1.76 ^b	66.47±2.82 ^b	42.56±1.10 ^c
EÇHNS ⁶	20	54.38±1.60 ^d	19.77±2.31 ^a	39.68±1.48 ^a	63.39±3.20 ^{de}	45.79±0.87 ^a
Sıcaklık (°C)						
4	60	56.65±0.88 ^b	20.52±1.01 ^a	34.36±0.38 ^b	59.73±1.39 ^b	40.75±0.44 ^b
25	60	57.82±0.94 ^a	14.62±1.25 ^b	43.23±1.04 ^a	70.32±1.90 ^a	47.12±0.58 ^a
Depolama süresi (Gün)						
0	24	49.18±0.86 ^e	31.48±0.93 ^a	30.10±0.56 ^e	43.93±0.59 ^e	43.61±1.00 ^{bc}
15	24	54.16±0.97 ^d	20.46±1.07 ^b	36.46±0.79 ^d	60.73±1.57 ^d	42.21±0.63 ^d
30	24	57.80±1.02 ^c	15.91±1.00 ^c	40.10±1.03 ^c	67.99±1.61 ^c	43.56±0.75 ^c
45	24	61.19±0.99 ^b	11.13±0.82 ^d	42.46±1.34 ^b	74.64±1.43 ^b	44.21±1.13 ^b
60	24	63.84±1.13 ^a	8.85±0.93 ^e	44.84±1.62 ^a	77.86±1.53 ^a	46.09±1.42 ^a

¹Aynı varyasyon kaynağı için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

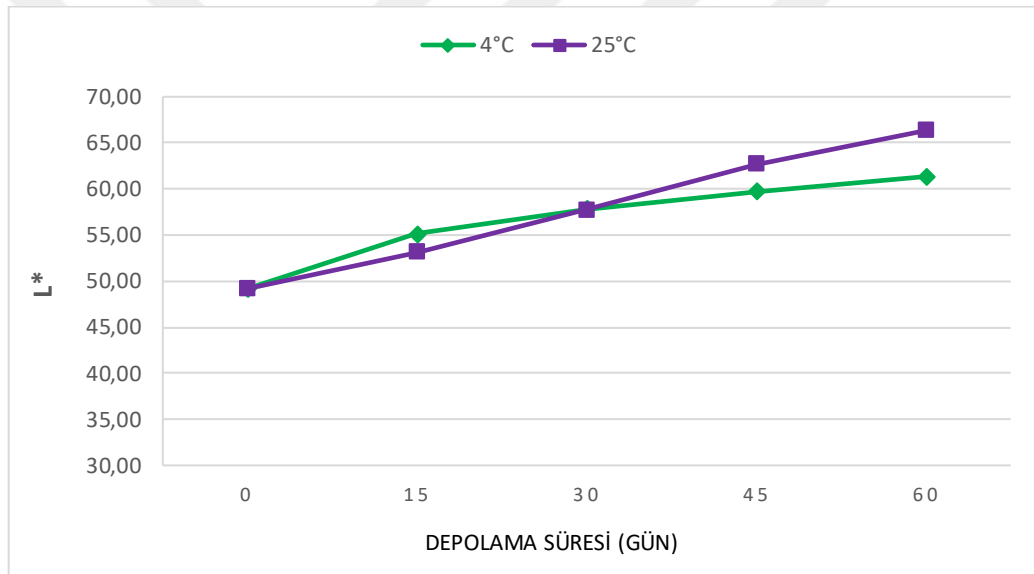
³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

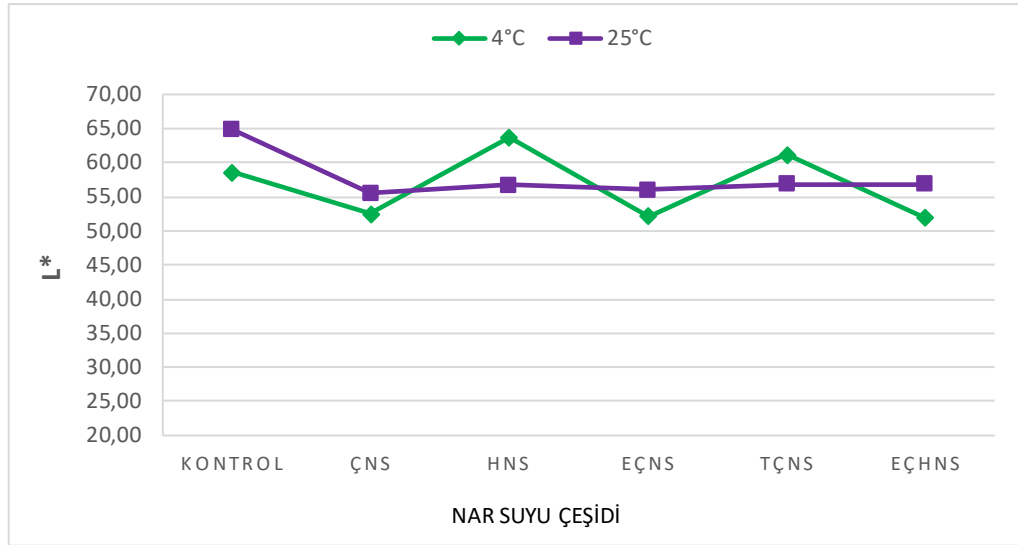
⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Nar suyu örneklerinin L^* değeri üzerinde etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.4’te verilmiştir. Her ne kadar ilk 15 gündeki L^* değeri değişim hızı 4°C’de daha yüksek olsa da daha sonraki periyotta 25°C’deki değişim 4°C’ye göre daha hızlı gerçekleşmiştir. Sıcaklık, reaksiyon hızını etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Pigmentlerin (betasiyanin, betaksantin, antosiyanin ve karotenoid gibi) degradasyonunun sıcaklık artışı ile hızlandığı bildirilmiştir (Goh ve ark., 2012; Muche ve ark., 2018; Kayın ve ark., 2019). Tobolková ve ark. (2020), elma-kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) suları karışımının L^* değerinin depolama süresi ve sıcaklığının artması ile önemli artış gösterdiğini belirlemiştir. Sonuç olarak, L^* değerindeki artış ile meyve suyu, başlangıçta içerdiği renk bileşenlerinin bozulmasıyla daha parlak ve şeffaf özellikler kazanır (Santhirasegaram ve ark., 2015).



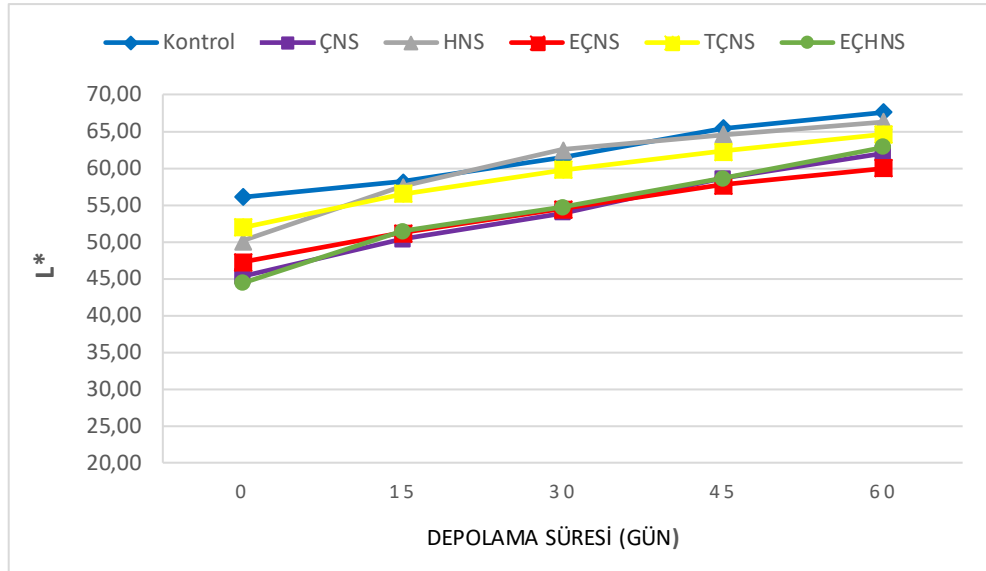
Şekil 4.4. Nar suyu örneklerinin L^* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin L^* değerleri üzerinde etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonuna Şekil 4.5’te yer verilmiştir. İki sıcaklıkta da nar suyu çeşitlerinin L^* değerleri arasında fark bulunmuştur. L^* değerleri kontrol, ÇNS, EÇNS ve EÇHNS örneklerinde 25°C’de daha yüksek iken, HNS ve TÇNS örneklerinde ise 4°C’de daha yüksek bulunmuştur.



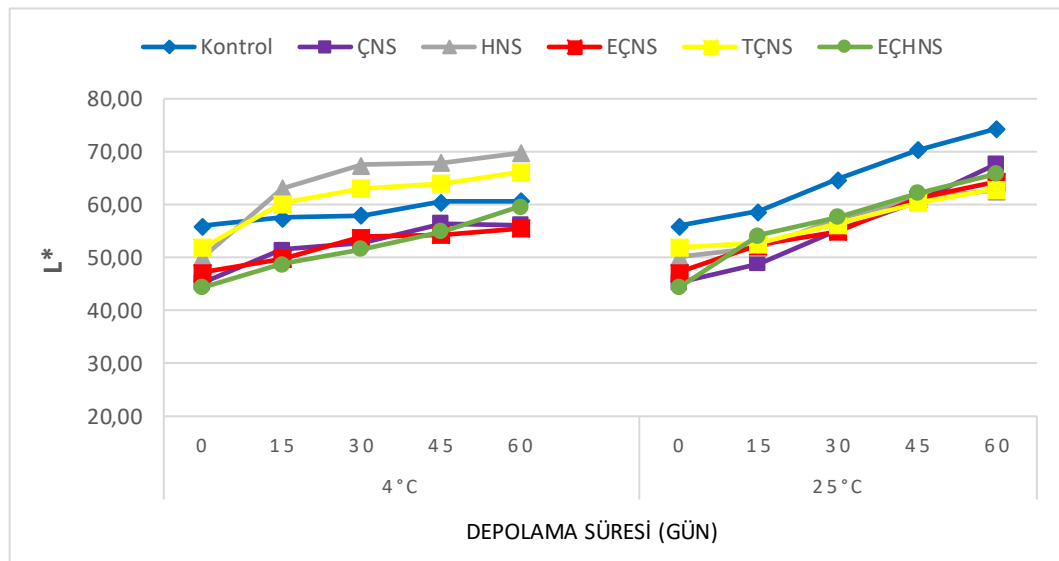
Şekil 4.5. Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin L* değeri üzerinde etkili ($p \leq 0.05$) “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.6’da verilmiştir. İnteraksiyon değerlendirildiğinde depolama süresince örneklerin L* değerleri artmış ve en yüksek değer kontrol örneğinde belirlenmiştir. 60 gün boyunca EÇNS örneğinin L* değerlerindeki değişim hızı diğer örneklere kıyasla daha düşük iken ÇNS ve EÇHNS örneklerinin L* değeri değişim hızı ise birbirine yakın bulunmuştur. Depolama boyunca 30. güne kadar en yüksek L* değerlerinin değişim hızı HNS örneğinde belirlenmiştir. HNS örneğinin, yöntemle bağlı olarak daha fazla safsızlık unsuru içerdiği ve bunlarda meydana gelen reaksiyonların başlangıçta hızlı seyrettiği ancak 30. günden sonra durağan faza geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Nar suyu örneklerinin L^* değeri üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksiyonu

Nar suyu örneklerinin L^* değeri üzerinde etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksiyonu Şekil 4.7’de verilmiştir. 4 ve 25°C’de depolanan örneklerin depolama süresince L^* değerlerinde artış gözlenmiştir. 4°C’de depolanan örnekler arasında HNS örneğinin L^* değeri depolama boyunca en fazla artışı göstermiştir. 25°C’de depolanan örneklerden ise kontrol örneği en yüksek artışı sergilemiştir.



Şekil 4.7. Nar suyu örneklerinin L^* değeri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksiyonu

Nar suyunun depolanması sırasındaki berraklığının yanı sıra kırmızı renk nüansı da çekici kalite parametreleri arasındadır (Cerreti ve ark., 2016). 4°C’de depolanan nar sularının a* değerleri 7.89-35.63 arasında, 25°C’de depolanan nar sularının a* değerleri ise 3.28-35.63 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin a* değerleri üzerinde tüm faktörler ve tüm interaksiyonları $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli etki göstermiştir (Çizelge 4.9).

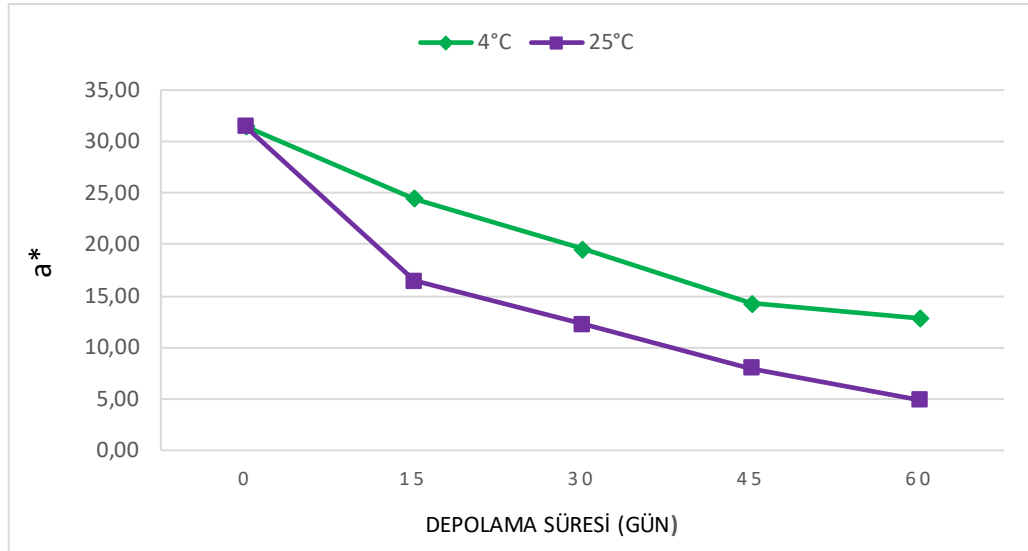
Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada kontrol örneğinin en düşük, EÇHNS örneğinin ise en yüksek a* değerine sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.10). Örneklere ekstrakt ilavesi a* değerlerinin artmasına neden olmuştur. Benzer şekilde, elma sularına nar ekstraktı (Altunkaya ve ark., 2013) veya üzüm suyuna üzüm yan ürün ekstraktı (Al Bittar ve ark., 2013) eklenmesinin a* değerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Kayapınar (2021), kontrol şalgam suyunun kırmızılık değerinin (+a*), tanen ilaveli şalgam sularına göre daha düşük olduğunu rapor etmiştir. Muzolf-Panek ve Waśkiewicz (2022), kırmızı üzüm kabuklarının a* değerlerinin DPPH antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği ile ilişkili olduğunu gözlemişlerdir. Çalışmada en düşük toplam fenolik, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivite içeriklerine sahip olan kontrol örneğinin de a* değeri en düşük bulunmuştur. Enzimatik işlem uygulanan örneklerin a* ve toplam fenolik madde değerleri beraber incelendiğinde, her iki özellik için de sıralama EÇHNS>EÇNS>TÇNS olarak belirlenmiştir. Bu örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriği ise EÇNS>TÇNS>EÇHNS olarak ortaya konmuştur. Dolayısıyla, örneklerin a* değeri ile fenolik içeriği uyumlu bulunmuştur. Ekstraktların a* değerlerine bakıldığında sıralama EÇ>TÇ>EÇH olarak belirlenmiştir. Ancak bu ekstraktlar nar suyuna eklendikten (H: %1.06, EÇ: %1.24, TÇ: %1.25, EÇH: %1.42) sonra bu sıralama değişkenlik göstermiştir. EÇH ekstraktı diğer enzim işlemi uygulanmış ekstraktlara kıyasla en düşük a* değerine sahipken, nar suyuna ilavesinden sonra en yüksek a* değerini göstermiştir. Bu farklılık ekstraktın ilave oranı, fenolik ve antosiyanin kompozisyonu ile ilgili olabilir. Aynı zamanda nar suyuna fenolik bileşen ilavesiyle gerçekleşmesi muhtemel fenolik-antosiyanin kopigmentasyonu da a* değerlerinin artışını etkilemiş olabilir. Bir çalışmada, ferulik asit, sinapik asit ve şiringik asitten oluşan üç kopigmentin, Çin defne meyvesi antosiyaninlerinin rengini artırması üzerinde önemli etkilere sahip olduğu bulunmuştur. Kopigmentasyon sonrası antosiyanin sulu çözeltisinin a* değerinde artış belirlenmiştir. Sinapik asit/antosiyanin kompleksinin test edilen fenolik asitler arasında en kararlı olan olduğu doğrulanmıştır (Zhu ve ark., 2020).

Benzer bir çalışmada ise antosiyaninlerin (malvin, pelargonidin 3-glukozit ve monardein), renksiz fenolik bileşiklerle (klorojenik asit, kafeik asit ve rutin) kopigmentasyonunun incelendiği bir çalışmada malvin çözeltileri en büyük kopigmentasyon etkisi göstermiştir. Malvin-kafeik asit ve pelargonidin 3-glukozit-kafeik asit kompleksleri, klorojenik asit bazlı komplekslerden daha önemli kopigmentasyon etkide bulunmuştur (Davies ve Mazza, 1993). Sonuç olarak ECHNS örneğinin içeriğinde kırmızı rengi veren kopigmente bileşenlerin daha fazla olduğu değerlendirilmiştir.

Örneklerin a^* değerleri depolama sıcaklığının artması ile düşüş göstermiştir (Çizelge 4.10). Benzer bir çalışmada nar suyunun depolaması karanlıkta 4 ve 20°C’de ve ışık altında 20°C’de gerçekleştirilmiştir. Özellikle 20°C’de ve ışıklı koşullarda depolama sonucunda önemli antosiyanin bozunmasının gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu nedenle örneklerin renginin kahverengimsi tonlara dönüştüğü ve a^* değerlerinde azalma olduğu ortaya konmuştur (Fischer ve ark., 2011). Oziyici ve ark. (2013), 15°C’de depoladıkları nar sularının neredeyse tamamının a^* değerlerinde düşüş gözlemiştir. Bu nedenle, araştırmacılar depolama sıcaklığının renk özelliklerine olumsuz etkisinin dikkate alınması gerektiğini ve nar kabuğu ekstraktlarının canlı renk özelliklerini koruyabilmesi için düşük sıcaklıkta saklanması gerektiğini vurgulamıştır. (Qu ve ark., 2013). 25°C saklanan örneklerin daha düşük a^* değeri göstermesi literatür ile uyumlu bulunmuştur.

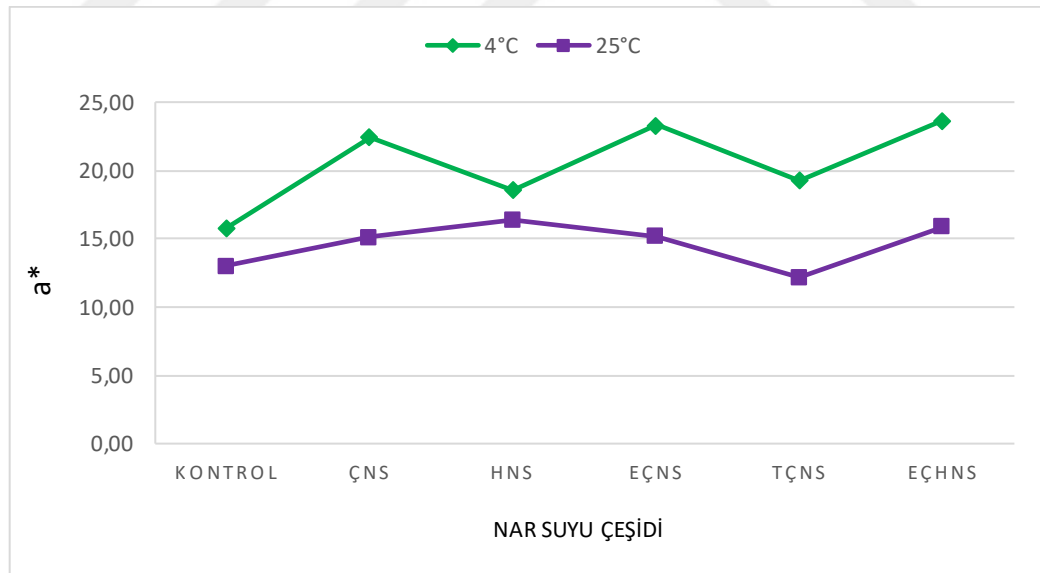
Nar sularının a^* değerleri depolama süresinin uzamasına bağlı olarak azalış göstermiştir. En yüksek a^* değeri 0. günde (31.48) belirlenirken, en düşük a^* değeri ise 60. günde (8.85) belirlenmiştir (Çizelge 4.10). İki farklı çalışmada nar sularının 14 günlük ve 5 ay depolanmaları boyunca a^* değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Cerreti ve ark., 2016; Skrt ve ark., 2022). Kayapınar (2021), tanen ilave ettikleri şalgam suyunun 6 aylık depolaması sonucunda a^* değerlerinde azalış belirlemiştir. Bu durum esas olarak antosiyaninlerin bozunması ve sarı ton artışı ile açıklanmıştır (Cerreti ve ark., 2016; Skrt ve ark., 2022). Benzer olarak şarapların renginin, yıllandırma sırasında antosiyaninlerin polimerizasyon reaksiyonları ve kopigmentasyonları nedeniyle koyu kırmızıdan kahverengi kırmızıya değiştiği bildirilmiştir (Atasanova ve ark., 2002; Garcia-Hernandez ve ark., 2020). Elde edilen sonuçlar literatüre uyum göstermiştir.

Nar suyu örneklerinin a^* değerleri üzerinde etkili olan “sıcaklık x depolama süresi” interaksiyonuna Şekil 4.8’de yer verilmiştir. Beklendiği üzere, 25°C’de depolanan örneklerin a^* değerlerindeki azalış hızı, 4°C’de depolanan örneklere göre daha yüksektir.



Şekil 4.8. Nar suyu örneklerinin a^* değeri üzerine etkili “sıcaklık $\times$ depolama süresi” interaksyonu

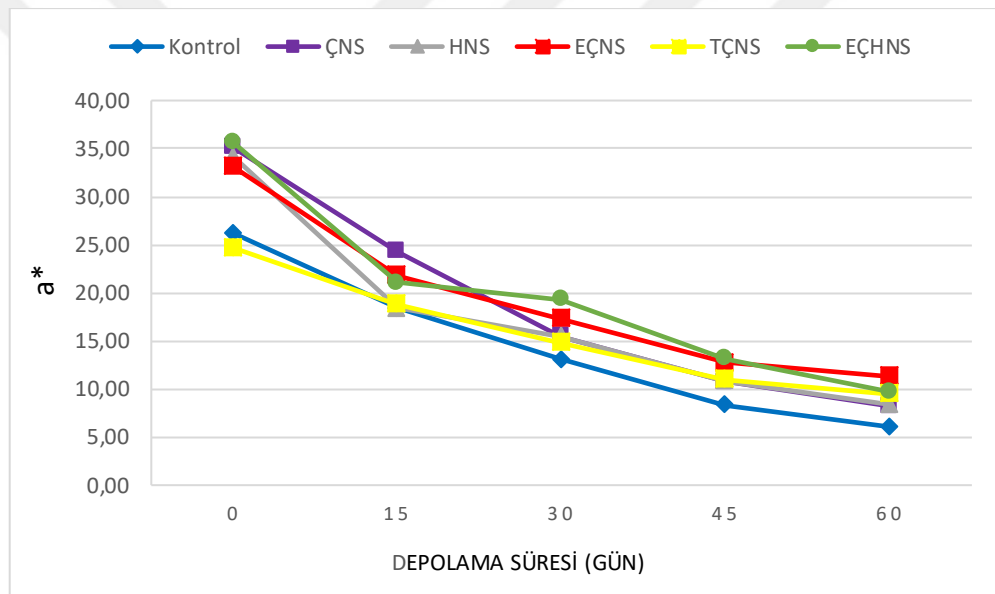
Nar suyu örneklerinin a^* değerleri üzerinde etkili olan “sıcaklık $\times$ nar suyu çeşidi” interaksyonuna Şekil 4.9’da yer verilmiştir. Her iki sıcaklıkta kontrol ve HNS örneklerinin arasında a^* değerleri farkı diğer örneklere kıyasla az bulunmuştur. Bu örneklerde sıcaklığa bağımlı reaksiyon hızı düşük gerçekleşmiştir.



Şekil 4.9. Nar suyu örneklerinin a^* değeri üzerine etkili “sıcaklık $\times$ nar suyu çeşidi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin a^* değerleri üzerinde etkili olan “depolama süresi $\times$ nar suyu çeşidi” interaksyonuna Şekil 4.10’da yer verilmiştir. HNS örneği depolamanın ilk 15 gününde a^* değerinde en büyük düşüşü göstermiştir. TÇNS örneği ise depolama başlangıcında en düşük a^* değerine sahip iken 60 gün sonunda en yüksek üçüncü a^*

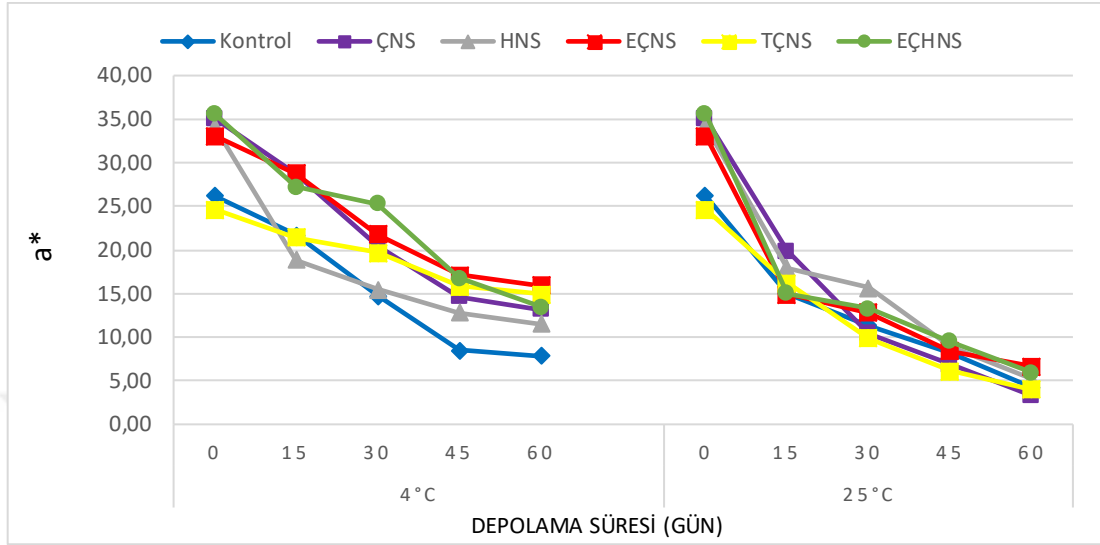
değerine ulaşmıştır. Kırmızı meyve sularının renk değişiminin ardındaki sorumlu reaksiyonlar arasında polimerizasyon, antosiyaninlerin bozulması ve enzimatik olmayan esmerleşme sayılabilir (Maskan, 2006). Antosiyanin stabilitesi ile ilgili olarak, monoglukozitler daha hızlı bir bozunma gerçekleştirirken, diglukozitler (özellikle delfinidin-3,5 diglukozit ve siyanidin 3,5-diglukozit) en stabil nar antosiyaninleri olarak belirlenmiştir (Pérez-Vicente ve ark., 2004; Alighourchi ve ark., 2008). TÇNS örneğinde depolamayla beraber kopigmentasyondan kaynaklı antosiyanin parçalanma hızının azalmaya başlaması ile a^* değeri diğer örneklerden yüksek çıkmış olabilir. Bunun yanı sıra TÇ ekstraktında diğer enzimatik işlemlere kıyasla enzim kalıntısının fazla olmasından dolayı antosiyaninler ile arasında oluşan polimerik bileşenlerinin de a^* değerinin artışına neden olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.10. Nar suyu örneklerinin a^* değeri üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

Nar sularının a^* değerleri üzerinde etkili olan “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonuna Şekil 4.11’de yer verilmiştir. 25°C’deki örneklerin a^* değerleri ilk 15 günde keskin bir düşüş göstermiştir. Sıcaklık artışı ile ortamdaki düşük stabiliteli antosiyaninlerin bozunma reaksiyonları hızlanmış ve antosiyanin içeriğinin giderek azalmasıyla bu reaksiyon da biraz daha yavaşlamıştır. İlk 15 günde 4 ve 25°C’de HNS örneğinde keskin bir azalış meydana gelmiştir. Bu durum, düşük stabiliteye sahip antosiyanin içeriği ve gerçekleşmesi muhtemel kopigmentasyonun az düzeyde oluşumu ile açıklanabilir. TÇNS örneğinin ise 4°C’de a^* değeri parçalanma

hızının daha yavaş gerçekleşmesi ile diğer örneklerden daha başarılı bulunmuştur. Bu durum, TÇNS örneğinin kopigmente bileşenlerinin ve antosiyanin kompozisyonunun düşük sıcaklıkta daha stabil olmasına bağlanabilir.



Şekil 4.11. Nar suyu örneklerinin a* değeri üzerine etkili "sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi" interaksyonu

4°C'de depolanan nar sularının b* değerleri 25.80-37.79 arasında, 25°C'de depolanan nar sularının b* değerleri ise 25.80-55.10 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin b* değerleri üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile "sıcaklık x depolama süresi", "sıcaklık x nar suyu çeşidi" ve "depolama süresi x nar suyu çeşidi" interaksyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde, "sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi" interaksyonunun ise $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

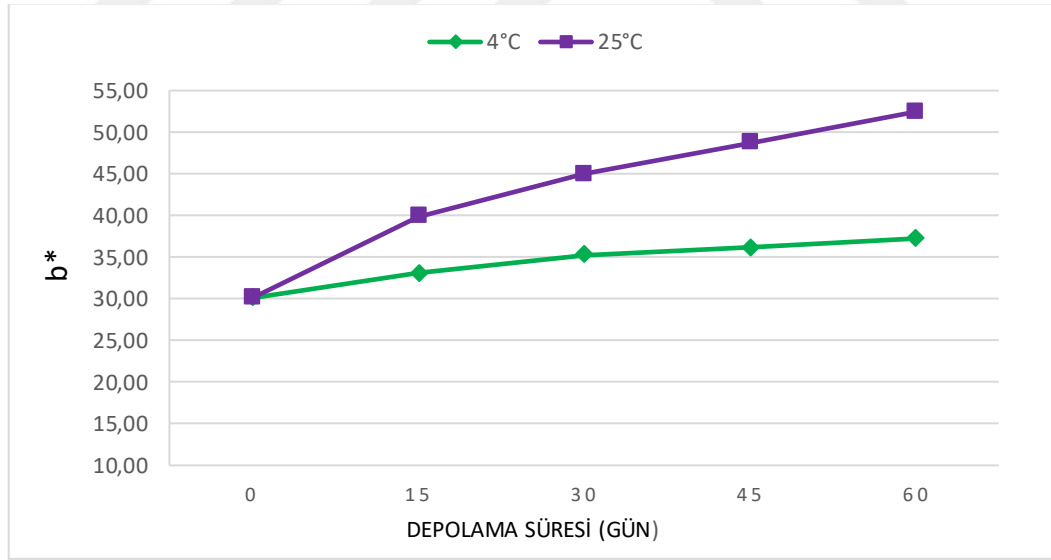
Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktlarının ilave edildiği nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada, kontrol örneğine kıyasla ÇNS ve EÇHNS örneklerinin b* değerleri diğer örneklerle göre daha yüksek ($p \leq 0.05$) bulunurken, kontrol, HNS, EÇNS ve TÇNS örneklerinin b* değerleri ise istatistiksel olarak benzer ($p > 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu durum, nar suyuna eklenen Ç (%1.8) ve EÇH (%1.42) ekstraktlarının oranlarının ve b* değerlerinin diğerlerine göre yüksek olmasıyla açıklanabilir.

Örneklerin b* değerleri depolama sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde, sıcaklığın artması ile b* değerlerinde artış gözlenmiştir (Çizelge 4.10). Oziyici ve ark. (2013), nar suyunun 15°C'de depolanması sırasında neredeyse tüm örneklerin b*

değerlerinde artış belirlemiştir. Araştırmacılar, örneklerde görsel olarak kahverengi renk gözlemleyip, b^* değerlerindeki değişikliklerin 5°C 'de saklanan örneklerde daha stabil olduğunu bulmuştur. Antosiyaninler kararsız bileşenler olduğu için ısıtma işlemlerinin etkisi altında degrade olması ile renkleri turuncudan mavi formda sarıya veya renksiz kalkonlara dönüşür ve son olarak da kahverengi polimerler oluşur (Gumienna ve ark., 2016). Çalışmada sıcaklık etkisi ile b^* değerlerindeki artış antosiyaninlerin degradasyonu ile açıklanabilir.

Depolama süresi boyunca nar sularının b^* değerleri artmıştır (Çizelge 4.10). Garcia-Hernandez ve ark. (2020), şarabın yaşlandırılması sırasında b^* değerinin arttığını bildirmiştir. Bu durumu, depolama süresi boyunca antosiyaninlerin bozunması ile kırmızılık değerinin azalması sonucu sarılık değerinin artması ile açıklamıştır (Cerreti ve ark., 2016; Skrt ve ark., 2022).

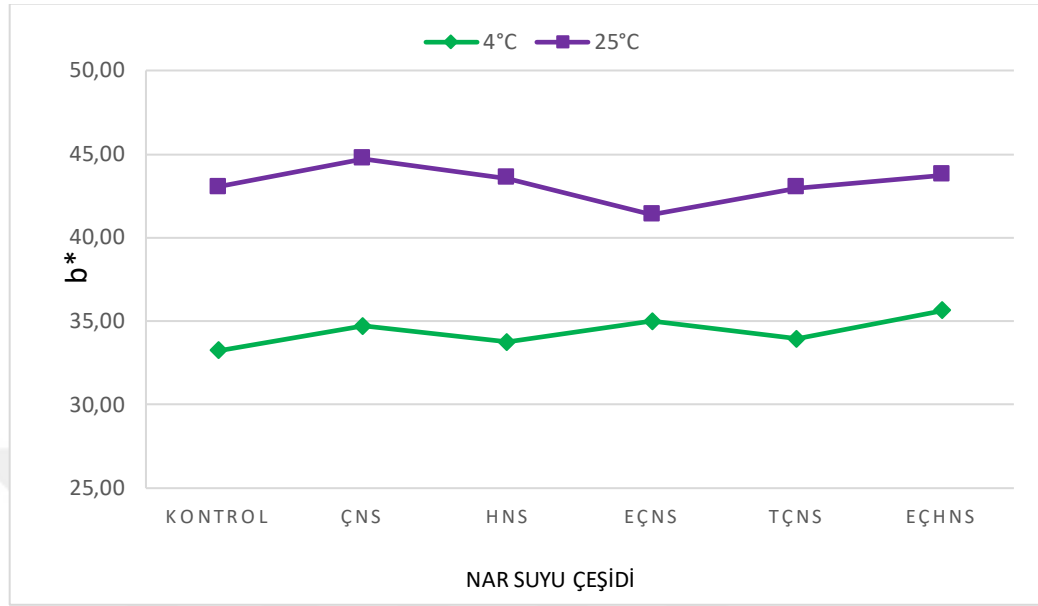
Nar suyu örneklerinin b^* değeri üzerinde etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.12’de verilmiştir. Beklendiği üzere, 4°C ’de depolanan örneklerin depolama süresince b^* değerlerinin değişim hızının, 25°C ’de depolamaya kıyasla daha yavaş olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 4.12. Nar suyu örneklerinin b^* değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

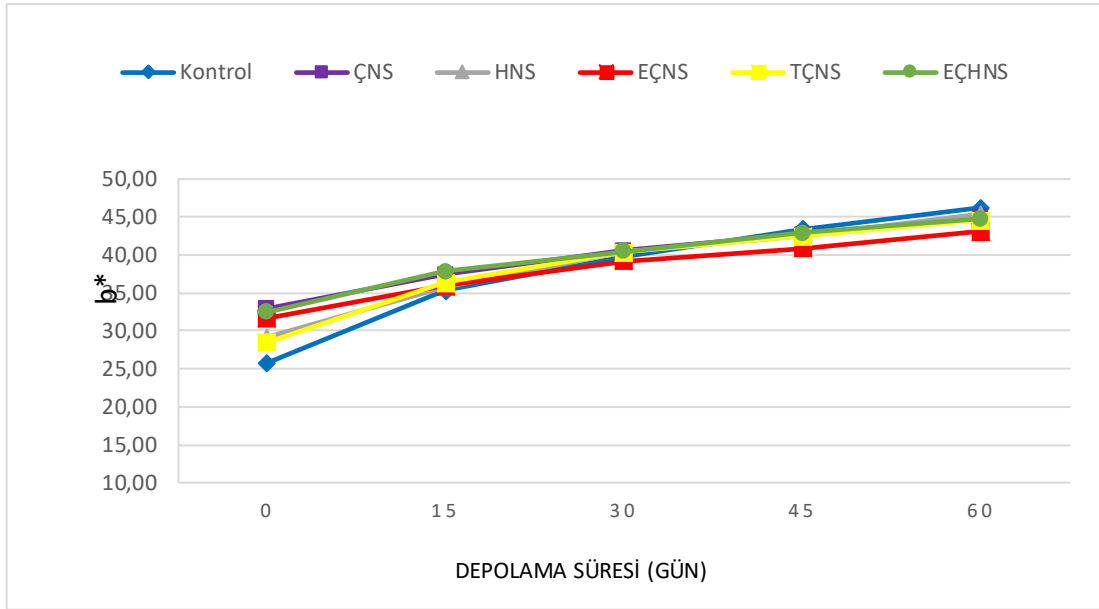
Nar suyu örneklerinin b^* değeri üzerinde etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.13’te verilmiştir. EÇNS örneğinin b^* değeri 4°C ’de yüksek iken 25°C ’de en düşük bulunmuştur. Örneğin sıcaklık artışı ile reaksiyon hızı diğer örneklerle kıyasla daha yavaş gerçekleşerek b^* değeri korunmuştur. Bu durum, içeriğindeki

fenolik ve antosiyanin bileşenlerin kompozisyonundan ve açığa çıkan hidroliz ürünlerinden kaynaklı olabilir.



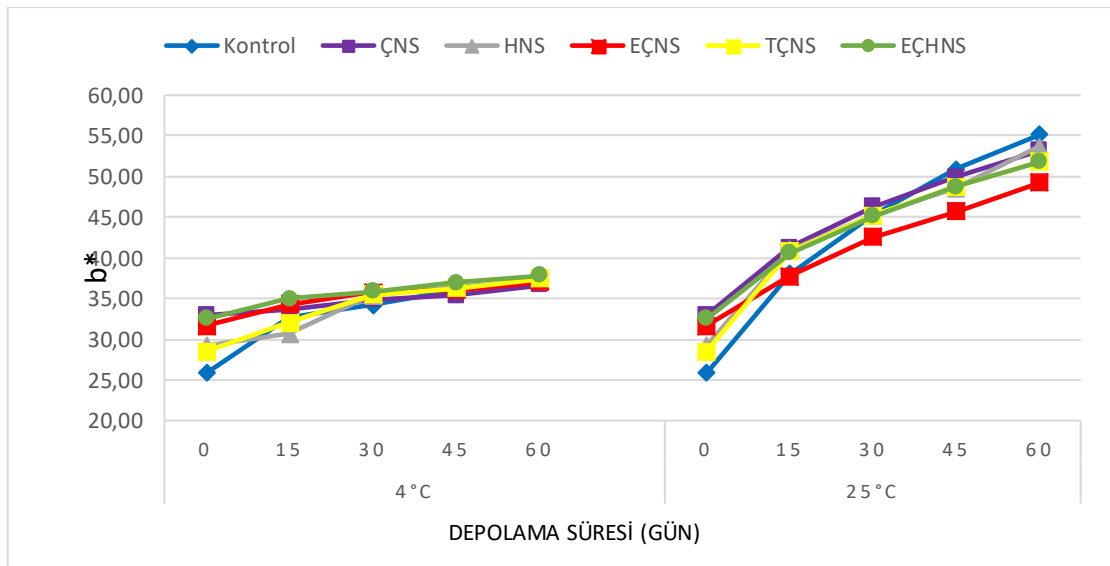
Şekil 4.13. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Şekil 4.14’te verilen nar suyu örneklerinin b* değeri üzerinde etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu, depolama başlangıcında farklı b* değerlerine sahip örneklerin ilk 15 günde gerçekleşen değişimler sonucunda benzer b* değerine sahip olduğunu göstermiştir. Depolamanın 15. gününden sonraki periyodunda örneklerin b* değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Ayrıca, depolamanın 30. gününden sonraki periyotta en düşük b* değerleri EÇNS örneğinde gözlenmiştir.



Şekil 4.14. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili "*depolama süresi x nar suyu çeşidi*" interaksyonu

Şekil 4.15'te verilen nar suyu örneklerinin b* değeri üzerinde etkili "*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*" interaksyonu ($p \leq 0.05$), EÇNS ve EÇHNS örneklerinin 25°C'de depolama süresince b* değerlerindeki değişimin diğer örneklere kıyasla sınırlı olduğunu göstermiştir. a* değeri için benzer interaksyon grafiğinde de bu örneklerin değerleri daha yüksek belirlenmiştir. Böylece örneklerin daha fazla kopigmente olma özelliklerinden dolayı a* değerleri korunurken b* değerlerindeki artışın da sınırlandığı söylenebilir.



Şekil 4.15. Nar suyu örneklerinin b* değeri üzerine etkili "*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*" interaksyonu

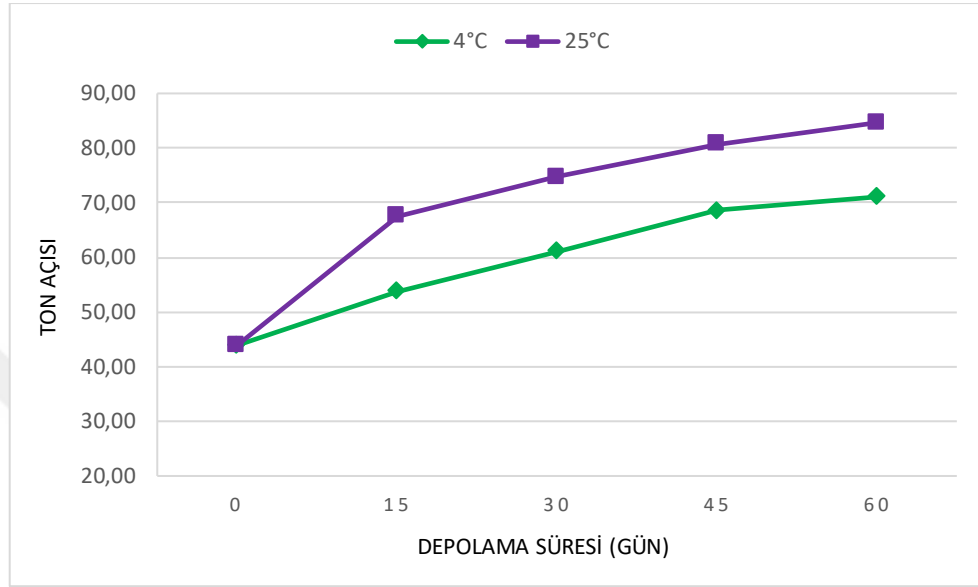
4°C’de depolanan nar sularının ton açısı (H°) değerleri 40.53-78.09 arasında, 25°C’de depolanan nar sularının ton açısı değerleri ise 40.53-86.46 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin ton açısı değerleri üzerinde tüm faktörler ve interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktlarının ilave edildiği nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada kontrol örneğinin ton açısı değeri (67.78) en yüksek, EÇNS örneğinin ton açısı değeri (63.11) ise en düşük olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Nar sularına ekstrakt ilavesi, örneklerin ton açısı değerlerinde azalmaya ve değerlerin 0° ’ye yaklaşmasına neden olmuştur. Ton açısı değeri 0° ’ye yaklaştığında kırmızı renk tonu artmaktadır (Pathare ve ark., 2013). Bu nedenle örneklerle ekstrakt ilavesi kırmızı renkte artışa neden olmuştur. Bu artışa, Ç ve EÇ ekstraktlarının diğer örneklerle kıyasla a^* değerlerinin yüksek olması ve nar sularına eklenmeleri sonunda kırmızı rengi veren kopigmente bileşenler neden olmuş olabilir. Dolayısıyla bu değişim ton açısı değerlerindeki fazla düşüşle ilişkilendirilmiştir.

Örneklerin ton açısı değerleri üzerine depolama sıcaklığının etkisi incelendiğinde, sıcaklığın artması ile ton açısı değerlerinde artış gözlenmiştir (Çizelge 4.10). Depolama sıcaklığının artmasıyla ton açısının (70.32) sarılığı ifade eden 90° ’ye yaklaştığı belirlenmiştir. Kırmızı meyve sularının renk değişiminden polimerizasyon, antosiyanin parçalanması ve enzimatik olmayan esmerleşme gibi reaksiyonlar sorumludur (Maskan, 2006). Bir çalışmada, tanen ilave edilen şalgam suyunun depolama sıcaklığının artması sonucunda a^* değerinin azalması, antosiyanin parçalanması ile sarılık değerinin artmasına bağlanmıştır (Cerreti ve ark., 2016; Kayapınar, 2021; Skrt ve ark., 2022). Benzer bir çalışmada ise nar suyu, karanlıkta 4 ve 20°C’de ve ışık altında 20°C’de depolanmıştır. 20°C’de ve ışıklı ortamda depolama antosiyanin parçalanmasına yol açarak örneklerin a^* değerlerinde azalmaya neden olmuştur (Fischer ve ark., 2011). Bu bulgulara bağlı olarak çalışmada ton açısı değerlerinin artması antosiyanin parçalanmasıyla açıklanabilir.

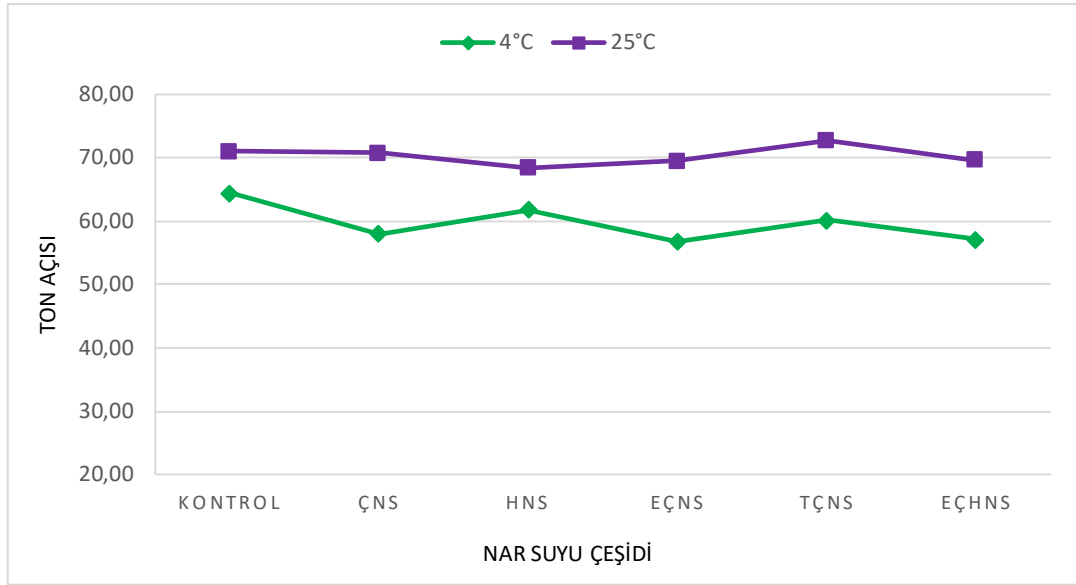
Nar sularının ton açısı değerleri depolama süresinin uzamasıyla artmıştır. En düşük ton açısı değeri 0. günde (43.93) belirlenirken, en yüksek ton açısı değeri ise 60. günde (77.86) belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Örneklerin depolamaya bağlı olarak ton açısının 90° ’ye yaklaşmasıyla sarı tonu artmıştır. Benzer şekilde Garcia-Hernandez ve ark. (2020), şarabın yaşlandırılması sırasında ton açısının arttığını bildirmiştir.

Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi*” interaksyonu Şekil 4.16’da verilmiştir. 25°C’de depolama özellikle ilk 15 günde ton açısı değerinde keskin bir artışa neden olmuştur. Ancak devam eden depolama sırasında her iki sıcaklıkta benzer artış oranları gerçekleşmiştir.



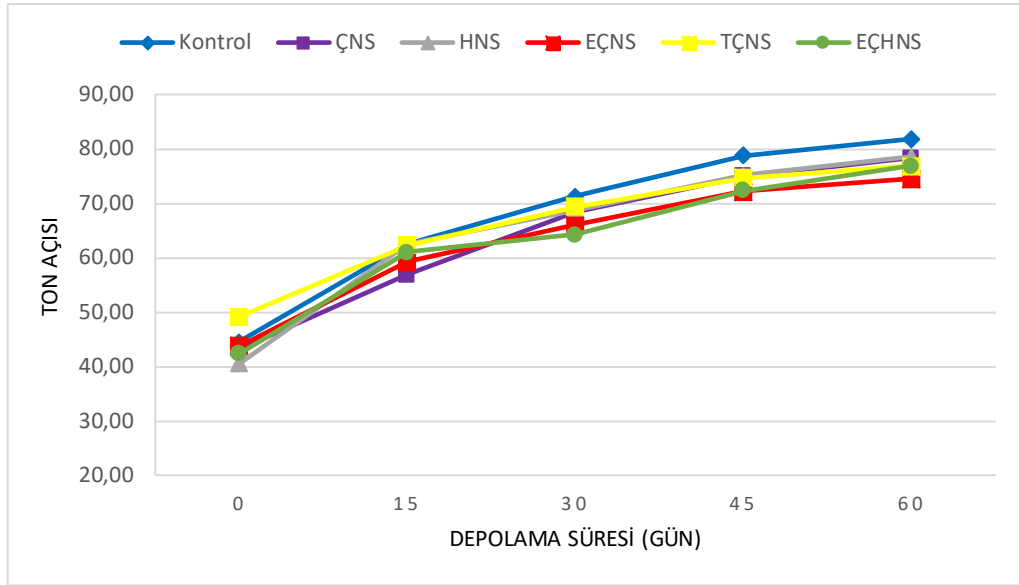
Şekil 4.16. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi*” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “*sıcaklık x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.17’de verilmiştir. 4 ve 25°C’de depolama boyunca nar sularının ton açısı değerleri arasındaki fark en az kontrol ve HNS örneklerinde görülmektedir. Aynı örneklerin a* değerlerinin “*sıcaklık x nar suyu çeşidi*” interaksyonundaki değişim de benzer bulunmuştur.



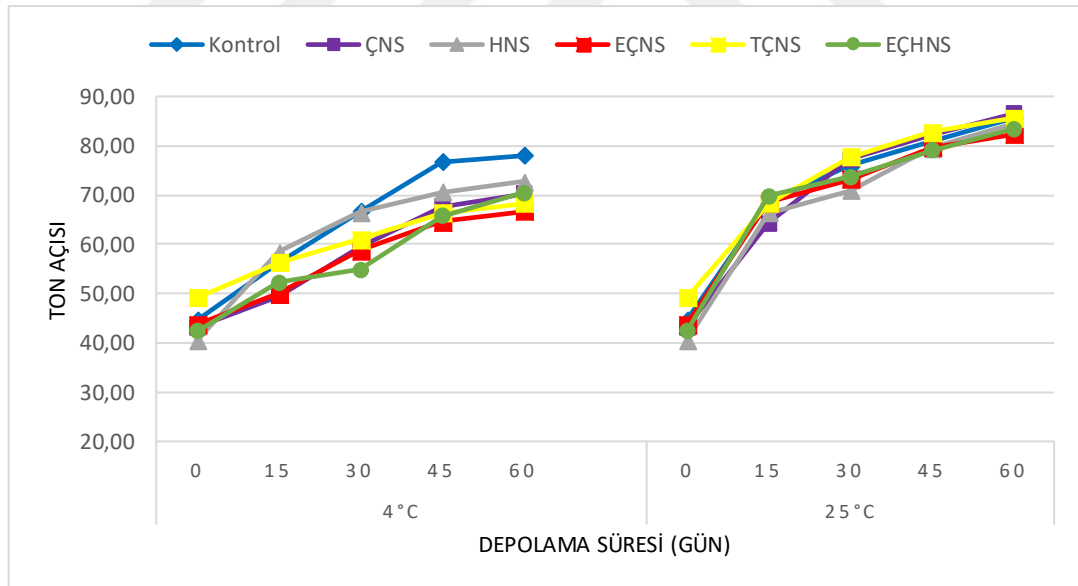
Şekil 4.17. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin ton açısı değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.18’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek ton açısı değerine sahip TÇNS örneği, 15. gün ve sonrasında diğer bazı örneklerden daha düşük değere sahip olmuştur. Benzer şekilde EÇNS örneğinin ton açısı değeri artış hızı 15. gün sonrasında azalış göstererek depolama sonunda en düşük ton açısına sahip olmuştur. Kontrol örneği ise depolamanın ilk 15 günü hızlı bir artış gösterip depolama sonunda da en yüksek ton açısına sahip bulunmuştur. Sonuç olarak kontrol örneği renginin sarılığa daha çok yaklaştığı ve kırmızılığının azaldığı söylenebilir. Enzimatik işlem uygulanmış ekstraktları içeren örnekler arasında TÇNS ve EÇNS örneklerinin stabil, kopigmente ve/veya polimerize antosiyaninleri daha fazla içermesi dolayısıyla reaksiyon hızının düşük olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.18. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin ton açısı değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Nar suyu örneklerinin ton açısı değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Renkliliğin niceliksel özelliği olarak kabul edilen doygunluk, bir renk tonunun aynı açıklığa sahip gri bir renkle arasındaki farkın derecesini belirlemek için kullanılır. Doygunluk değerleri ne kadar yüksek olursa, insanlar tarafından algılanan renk yoğunluğu da o kadar yüksek olur (Pathare ve ark., 2013). Nar sularının farklı depolama

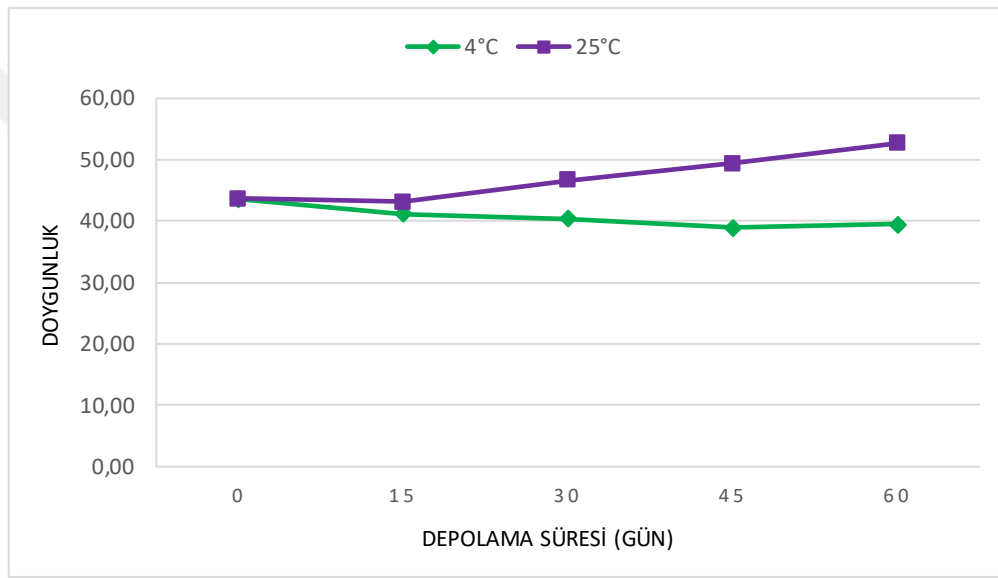
sıcaklıklarındaki doygunluk değerlerine bakıldığında 4°C’de depolanan örneklerin doygunluk değerleri 35.99-48.22 aralığında, 25°C’de depolanan örneklerin değerleri ise 36.78-55.28 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin doygunluk değerleri üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi”, “sıcaklık x nar suyu çeşidi”, “depolama süresi x nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre kontrol ve farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktlarının ilave edildiği nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada en yüksek doygunluk değerine sahip örnekler ÇNS ve EÇHNS olmuştur (Çizelge 4.10). Örnekler arasında en yüksek b^* değeri ÇNS ve EÇHNS örneklerinde belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ÇNS örneğinin en yüksek fenolik ve antosiyanin içeriklerine, EÇHNS örneğinin ise en yüksek a^* değerine sahip olması da örneklerin doygunluk değerlerinde artışa neden olmuş olabilir. Bir çalışmada, çilek antosiyanini stabilize etmek amacıyla kopigment olarak fenolik asitlerin eklenmesinin renk yoğunluğunu arttırdığı gözlenmiştir (Wilska-Jeszka ve Korzuchowska, 1997; Rein ve Heinonen, 2004).

Örneklerin doygunluk değerleri depolama sıcaklığının artması ile artış göstermiştir (Çizelge 4.10). Qu ve ark. (2013), nar kabuğundan elde edilen sıvı ekstraktlara termal sterilizasyon işlemi uygulandıktan sonra 6 ay boyunca 25°C, 37°C ve 40°C’de depolamıştır. Araştırmacılar, 37°C’de örneklerin doygunluk değerlerinin arttığını belirlemiştir.

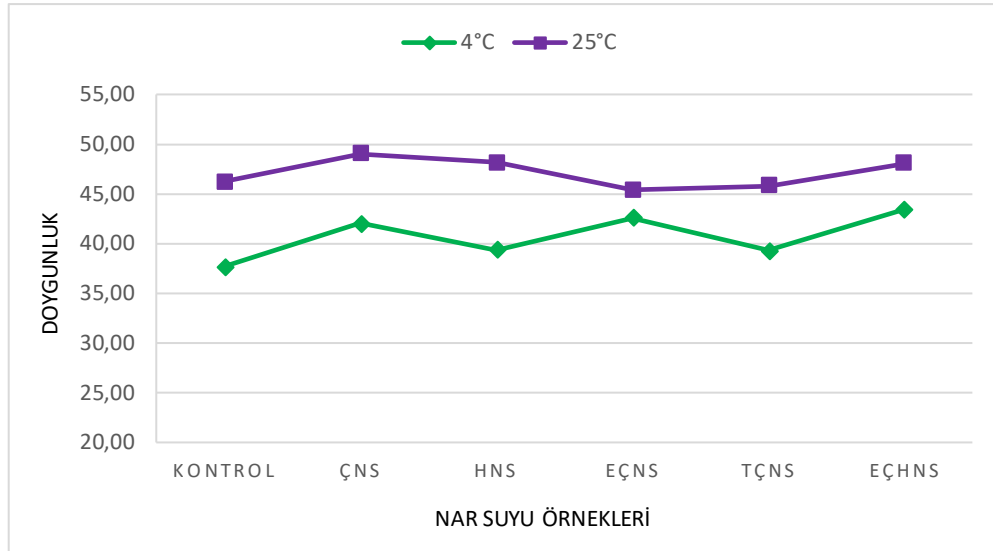
Depolama süresi boyunca değerlendirilen nar sularının doygunluk değerleri, 15. günden sonra artış gösterip en yüksek doygunluk değerine 60. günde ulaşmıştır (Çizelge 4.10). Eiro ve Heinonen (2002), beş antosiyanin [pelargonidin 3-glukozit, siyanidin 3-glukozit, malvidin 3-glukozit, antosiyanin monoglukozitler ve siyanidin 3-(2"-ksikosil-6"-glukozil)-galaktosil] ve beş fenolik asit (gallik asit, kafeik asit, ferulik asit, klorojenik asit ve rosmarinik asit) ile oluşturdukları pigment-kopigment komplekslerinin stabilitesini 6 aylık bir depolama süresi boyunca incelemiştir. Renk yoğunluğundaki artış, pelargonidin 3-glukozit ile karşılaştırıldığında siyanidin 3-glukozit ile daha belirgin bulunmuştur. Monoglikozidik antosiyaninlerin kopigmentasyonunda kullanılan ferulik ve kafeik asitler ise depolama süresi boyunca renk yoğunluğunu artırmıştır.

Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerinde etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.20’de verilmiştir. Depolama süresince 15. günden itibaren 25°C’de depolanan örneklerin doygunluk değerlerinde artış gözlenirken, 4°C’de depolanan örneklerde ise az miktarda azalma görülmüştür. Isıl işlem antosiyaninlerin aglikon (antosiyanidin) ve şekere hidroliz hızını önemli ölçüde etkilemektedir. Nar suyunun farklı sıcaklıklarda bekletilmesi sonucunda, 5°C’de antosiyanin degradasyonunun yavaş olmasından dolayı düşük renk yoğunluğu, 20 ve 37°C’de ise artan degradasyondan dolayı yüksek renk yoğunluğu (kahverengileşme) belirlenmiştir (Hafizov ve Hafizov, 2021).



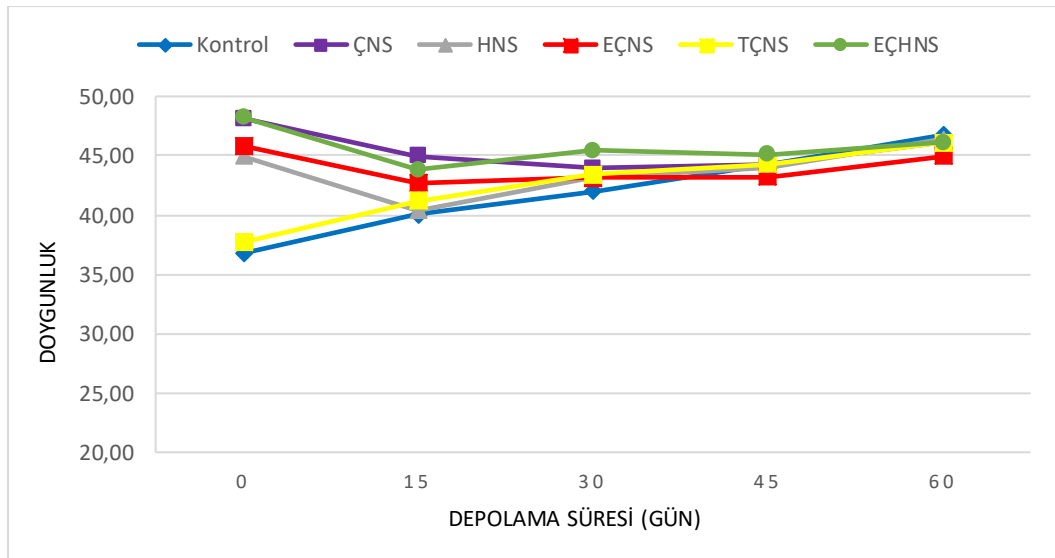
Şekil 4.20. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerinde etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.21’de verilmiştir. EÇNS öneği dışındaki örneklerin her birinin 4 ve 25°C’de depolanmalarında doygunluk değerleri arasında fark görülmektedir. EÇNS örneğinin ise her iki sıcaklıktaki doygunluk değeri birbirine çok yakın bulunmuştur. Nar suyu antosiyaninlerinin ısıtılma sonucu azalmasının kroma (doygunluk) değişimiyle iyi bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (Mena ve ark., 2013). Nitekim, EÇNS örneğinin kopigmente antosiyanin bileşenleri fazla miktarda içermesinden dolayı sıcaklık değişimine karşı yüksek renk stabilitesi göstermiş olabilir.



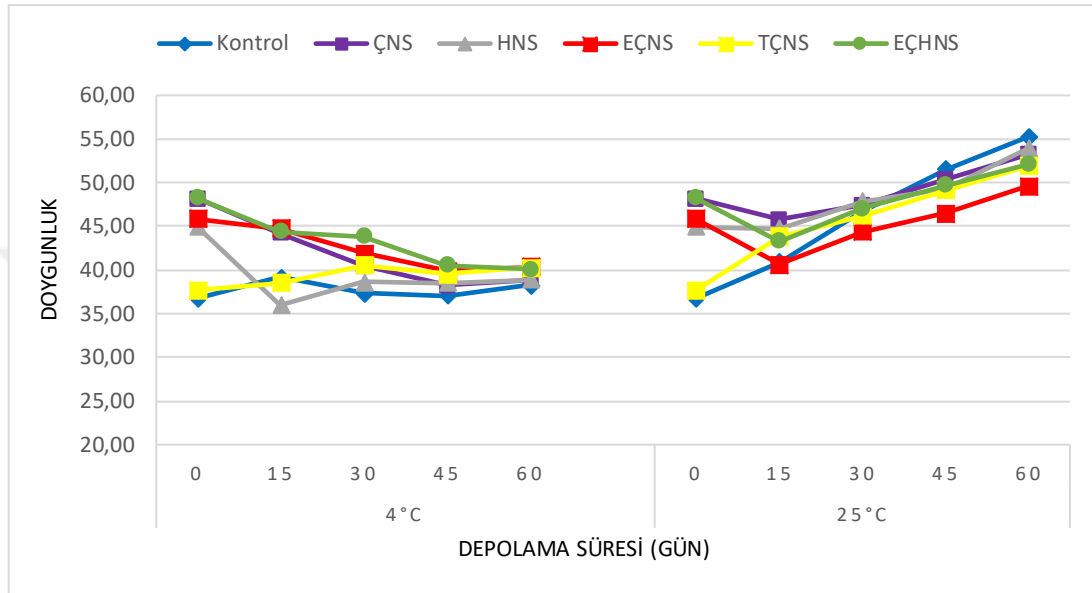
Şekil 4.21. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin doygunluk değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.22’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında kontrol ve TÇNS örneklerinin doygunluk değerleri diğer örneklere kıyasla daha düşük bulunmuştur. 15. güne kadar doygunluk değeri kontrol ve TÇNS örneklerinde hızlı artarken, ÇNS, HNS, EÇNS ve EÇHNS örneklerinde ise hızlı şekilde düşmüştür. Depolamanın 15. gününden itibaren depolama boyunca örneklerin doygunluk değerlerinde önemli bir değişim görülmeyp, örnekler de kendi aralarında birbirlerine yakın değerler göstermiştir.



Şekil 4.22. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.23’te verilmiştir. 4°C’de depolanan örneklerin doygunluk değerleri depolama başlangıcına kıyasla depolama bitiminde azalmıştır. 4°C’deki örneklerin doygunluk değerleri 30. günden sonrasında birbirine yaklaşmıştır. 25°C’de depolanan örneklerin doygunluk değerleri ise 15. günden itibaren artış göstermiş ve örnekler arasında değerler birbirlerine yakın bulunmuştur.



Şekil 4.23. Nar suyu örneklerinin doygunluk değeri üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

4.2.4. Fenolik madde miktarı

Farklı ekstraksiyon metotları sonucunda elde edilen nar ekstraktları ile zenginleştirilmiş ve 4 ve 25°C’de depolanan nar suyu örneklerine ait fenolik madde miktarları (toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen) Çizelge 4.11’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.13’te verilmiştir.

4°C’de depolanan nar sularının toplam fenolik madde değerleri 4.15-6.80 mg GAE/mL arasında, 25°C’de depolanan nar sularının toplam fenolik madde değerleri ise 3.56-6.80 mg GAE/mL arasında değişmiştir (Çizelge 4.11). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin toplam fenolik madde miktarı üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi”, “sıcaklık x nar suyu çeşidi”, “depolama süresi x nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi”

interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktlarının ilave edildiği nar suyu çeşitleri arasında yapılan karşılaştırmada toplam fenolik içeriği en yüksek ÇNS örneğinde (6.23 mg GAE/mL), en düşük ise kontrol örneğinde (4.25 mg GAE/mL) belirlenmiştir. Nar ekstraktı ilavesi örneklerin toplam fenolik içeriğinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %46.58, HNS örneğinde %38.11, EÇHNS örneğinde %36.94, EÇNS örneğinde %36 ve TÇNS örneğinde ise %30.11 artışa neden olmuştur (Çizelge 4.13). Nar sularına ilave edilen ekstrakt miktarı ön duyuşal değerlendirmeye göre belirlenmiştir. Ekstraktlar arasından Ç ekstraktının en düşük toplam fenolik içeriğine sahip olması, tat olarak en yüksek kabul edilebilirliği göstermesine neden olmuştur. Böylece nar suyuna diğer ekstraktlardan daha fazla oranda (%1.8) eklenebilmiştir.

Literatürde çeşitli nar sularının toplam fenolik içerikleri 0.78-9.47 mg/mL aralığında bulunmuştur (Gözlekçi ve ark., 2011; Rinaldi ve ark., 2013; Lantzouraki ve ark., 2015; Hmid ve ark., 2017; Turrini ve ark., 2020). Nar suyunun toplam fenolik içeriği çeşit, hasat şekli, hammadde depolama süresi, sıkılma yöntemi (meyvenin tümünden veya tanelerinden sıkılmasına) ve berraklaştırma işlemine göre değişiklik göstermektedir (Akhavan ve ark., 2013). Bu nedenle kontrol örneğinin toplam fenolik içeriği (4.25 mg GAE/mL) literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen nar kabuk ekstraktının, nar suyundan yaklaşık 5.9 kat daha yüksek toplam fenolik içeriğe, çekirdek ekstraktının ise nar suyundan 2.1 kat daha fazla toplam fenolik içeriğe sahip olduğu bildirilmiştir (Orak ve ark., 2012). Ticari domates ve çilekli portakal sularının farklı oranlarda (%0.5, 1, 1.5 ve 2) kurutulmuş nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesi örneklerin toplam fenolik içeriklerinde artış sağlamıştır (Salgado ve ark., 2012). Bir başka çalışmada, 50 g/L nar albedo homojenatı eklenen nar suyunun toplam fenolik içeriğinde %47 oranında artış ortaya konmuştur (Vázquez-Araújo ve ark., 2011). Yüksek basınçla ekstrakte edilen nar kabuğu ekstraktının (5 mg/mL) eklendiği havuç suyunun toplam fenolik içeriği, kontrol örneğine kıyasla 3.2 kat artış göstermiştir (Trigo ve ark., 2020a). Toplam fenolik içeriğindeki bu artış nar kabuğunda mevcut olduğu bilinen fenolik asitler gibi diğer fenolik bileşik alt gruplarının varlığıyla açıklanabilir (Al-Rawahi ve ark., 2014). Benzer çalışmalarda üzüm yan ürün ekstraktlarının üzüm suyuna eklenmesi sonucunda toplam fenolik içeriklerinde 1.31 kat (Al Bittar ve ark., 2013) ve 2 kat (Jana ve ark., 2018) artış

gözlenmiştir. Mevcut çalışmanın amacı duyuşal kabul edilebilirliği değiştirmeden nar suyunun fenolik madde içeriğini arttırmaktır. Bu nedenle çalışma sonuçları literatürle uyumlu bulunmuştur.

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri depolama sıcaklığının artması ile düşüş göstermiştir (Çizelge 4.13). Kayapınar (2021), 4 ve 20°C’de depoladıkları şalgam suyunun fenolik madde içeriğinde meydana gelen kaybın yüksek sıcaklıkta depolanan örnekte daha fazla olduğunu belirlemiştir. 30°C’de depolanan çilek sularında flavonoit glikozitler, 4°C’ye göre çok daha fazla parçalanmıştır (Oszmiański ve ark., 2009).

Nar sularının toplam fenolik madde değerleri depolama boyunca azalmıştır (Çizelge 4.13). Örneklerin depolanması boyunca 60. gün sonunda toplam fenolik içeriklerinde %15.57 oranında kayıp meydana gelmiştir. Qu ve ark. (2013), nar kabuğu sıvı ekstraktlarını 4 ve 37°C’lerde 180 gün boyunca depolamaları sonucunda örneklerin toplam çözünür fenolik içeriklerinde sırasıyla %33 ve %44 oranında kayıp tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada şarabın yıllandırılması sırasında meydana gelen fenolik maddelerin polimerizasyonu nedeniyle fenolik içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Garcia-Hernandez ve ark., 2020). Fernandez ve ark. (2020), pancar yaprağı ekstraktı (%30 h/h) ilave ettikleri smoothie’yi 5°C’de 21 gün depolamaları sonucunda örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinde %14.12 oranında azalma belirlemiştir.

Çizelge 4.11. Nar suyu örneklerine ait toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen içerikleri sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	Toplam fenolik madde (mg GAE/mL)	Toplam flavonoit madde (mg RE/mL)	Hidrolize edilebilir tanen (mg TAE/mL)
4	0	Kontrol	4.57±0.06	2.87±0.04	8.14±0.17
		ÇNS ²	6.80±0.11	4.09±0.03	13.05±0.35
		HNS ³	6.24±0.05	4.02±0.03	11.66±0.34
		EÇNS ⁴	6.18±0.07	3.83±0.06	11.42±0.11
		TÇNS ⁵	5.98±0.10	3.80±0.05	11.08±0.23
		EÇHNS ⁶	6.04±0.31	3.93±0.05	11.21±0.30
	15	Kontrol	4.50±0.01	2.78±0.03	7.94±0.12
		ÇNS	6.70±0.08	4.00±0.06	12.92±0.21
		HNS	6.20±0.04	4.00±0.08	11.49±0.16
		EÇNS	6.14±0.03	3.75±0.01	11.39±0.16
		TÇNS	5.94±0.03	3.70±0.03	10.94±0.21
		EÇHNS	6.00±0.02	3.79±0.05	10.96±0.23
	30	Kontrol	4.41±0.02	2.55±0.10	7.21±0.34
		ÇNS	6.55±0.00	3.60±0.01	11.71±0.16
		HNS	6.18±0.01	3.70±0.03	10.74±0.46
		EÇNS	6.12±0.03	3.47±0.02	10.92±0.21
		TÇNS	5.87±0.04	3.57±0.03	10.63±0.11
		EÇHNS	5.96±0.04	3.39±0.04	10.55±0.25
	45	Kontrol	4.24±0.14	2.51±0.09	6.62±0.14
		ÇNS	5.99±0.06	3.57±0.03	11.35±0.25
		HNS	5.52±0.00	3.36±0.02	10.64±0.33
		EÇNS	5.34±0.14	3.41±0.04	10.34±0.16
		TÇNS	5.04±0.10	3.45±0.06	8.89±0.26
		EÇHNS	5.88±0.07	3.31±0.06	10.09±0.33
	60	Kontrol	4.15±0.14	2.37±0.02	6.36±0.08
		ÇNS	5.79±0.02	3.51±0.05	11.12±0.07
		HNS	5.39±0.00	3.31±0.01	10.46±0.08
		EÇNS	5.29±0.03	3.35±0.01	10.11±0.13
		TÇNS	4.89±0.05	3.28±0.02	8.76±0.13
		EÇHNS	5.71±0.04	3.22±0.01	9.91±0.08
25	0	Kontrol	4.57±0.06	2.87±0.04	8.14±0.18
		ÇNS	6.80±0.11	4.09±0.03	13.05±0.35
		HNS	6.24±0.05	4.02±0.03	11.66±0.34
		EÇNS	6.18±0.07	3.83±0.06	11.43±0.11
		TÇNS	5.98±0.10	3.80±0.05	11.09±0.23
		EÇHNS	6.04±0.31	3.93±0.05	11.21±0.30
	15	Kontrol	4.48±0.04	2.38±0.07	7.67±0.04
		ÇNS	6.50±0.05	3.81±0.02	12.17±0.07
		HNS	6.13±0.05	3.63±0.04	11.47±0.07
		EÇNS	6.13±0.06	3.41±0.07	11.30±0.35
		TÇNS	5.93±0.04	3.38±0.00	10.75±0.14
		EÇHNS	5.98±0.00	3.51±0.01	10.80±0.21
	30	Kontrol	4.25±0.04	2.27±0.02	7.23±0.09
		ÇNS	6.01±0.05	3.71±0.03	10.00±0.78
		HNS	6.10±0.03	3.51±0.09	10.31±0.48
		EÇNS	6.06±0.05	3.29±0.03	9.83±0.37
		TÇNS	5.87±0.07	3.36±0.04	10.31±0.20
		EÇHNS	5.93±0.07	3.34±0.04	10.47±0.11
	45	Kontrol	3.77±0.09	2.27±0.04	6.57±0.14
		ÇNS	5.78±0.00	3.62±0.03	9.91±0.13
		HNS	5.50±0.07	3.37±0.05	10.19±0.54
		EÇNS	5.25±0.13	3.27±0.10	9.75±0.14
		TÇNS	4.95±0.10	3.13±0.02	10.40±0.23
		EÇHNS	5.42±0.07	3.28±0.03	10.09±0.04
	60	Kontrol	3.56±0.02	2.24±0.03	6.42±0.07
		ÇNS	5.36±0.03	3.49±0.01	9.79±0.05
		HNS	5.21±0.02	3.26±0.01	10.25±0.18
		EÇNS	5.14±0.00	3.18±0.02	9.63±0.11
		TÇNS	4.81±0.06	3.06±0.05	9.79±0.21
		EÇHNS	5.18±0.00	3.20±0.01	10.14±0.18

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Çizelge 4.12. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam fenolik madde (mg GAE/mL)		Toplam flavonoit madde (mg RE/mL)		Hidrolize edilebilir tanen (mg TAE/mL)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	1	0.70	98.05**	0.525	260.30**	1.60	26.12**
Depolama süresi (D)	4	4.20	593.40**	1.56	771.68**	13.72	224.58**
Nar suyu çeşidi (N)	5	9.51	1343.74**	3.88	1924.46**	45.16	739.24**
SxD	4	0.102	14.40**	0.08	38.73**	0.30	4.97**
SxN	5	0.05	7.73**	0.03	15.79**	1.13	18.50**
DxN	20	0.07	10.34**	0.01	5.59**	0.34	5.58**
SxDxN	20	0.19	2.70**	0.01	2.69**	0.18	2.95**
Hata	60	0.00		0.00		0.06	

SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli. ** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli.

Çizelge 4.13. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoit madde ve hidrolize edilebilir tanen miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	Toplam fenolik madde (mg GAE/mL)	Toplam flavonoit madde (mg RE/mL)	Hidrolize edilebilir tanen (mg TAE/mL)
Nar suyu çeşidi				
Kontrol	20	4.25±0.08 ^e	2.51±0.06 ^e	7.23±0.16 ^e
ÇNS ²	20	6.23±0.11 ^a	3.75±0.05 ^a	11.50±0.29 ^a
HNS ³	20	5.87±0.09 ^b	3.62±0.07 ^b	10.88±0.14 ^b
EÇNS ⁴	20	5.78±0.10 ^c	3.48±0.05 ^{cd}	10.61±0.17 ^c
TÇNS ⁵	20	5.53±0.11 ^d	3.45±0.06 ^d	10.21±0.19 ^d
EÇHNS ⁶	20	5.82±0.07 ^c	3.49±0.06 ^c	10.57±0.11 ^c
Sıcaklık (°C)				
4	60	5.66±0.01 ^a	3.45±0.06 ^a	10.29±0.03 ^a
25	60	5.50±0.01 ^b	3.32±0.06 ^b	10.05±0.03 ^b
Depolama süresi (Gün)				
0	24	5.97±0.14 ^a	3.76±0.09 ^a	11.09±0.31 ^a
15	24	5.88±0.14 ^b	3.51±0.10 ^b	10.81±0.31 ^b
30	24	5.78±0.14 ^c	3.31±0.09 ^c	9.99±0.28 ^c
45	24	5.22±0.13 ^d	3.21±0.08 ^d	9.55±0.30 ^d
60	24	5.04±0.13 ^e	3.12±0.08 ^e	9.39±0.30 ^e

¹Aynı sütunda varyasyon kaynağı için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

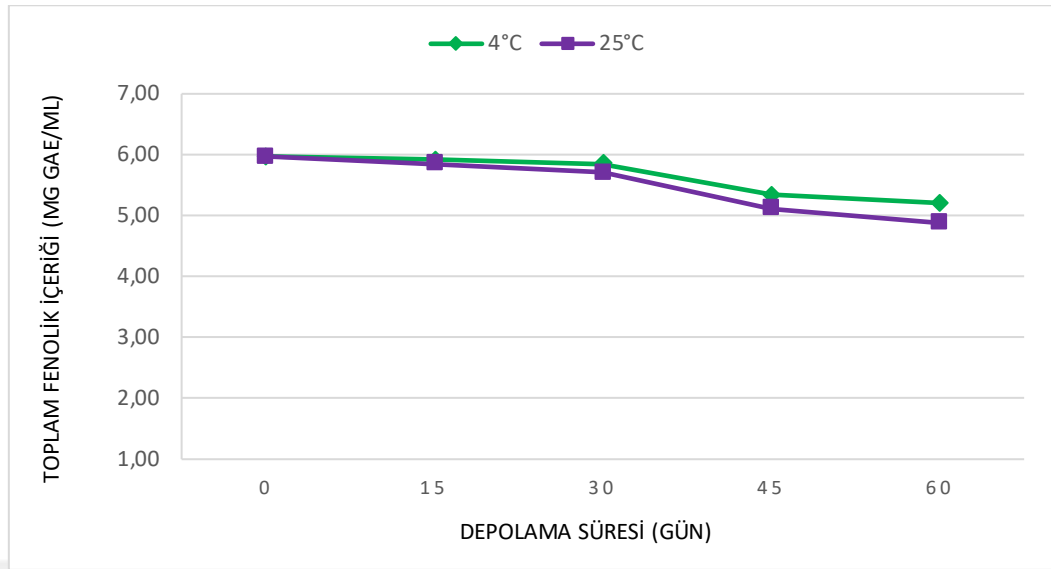
⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Vrhovsek ve ark. (2004), polifenollerin önerilen günlük alımını 1 g/gün olarak belirtmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında nar yan ürün ekstraktları ilave edilen nar suları ile kontrol nar suyunun bu düzeyde fenolik sağlamak için tüketilmesi gereken miktarları da hesaplanmıştır. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi tablosunda (Çizelge 4.13) verilen sonuçlara göre örneklerin günlük önerilen tüketim miktarları Kontrol için 236.5 mL, ÇNS için 161.3 mL, HNS için 171.2 mL, EÇNS için 173.9 mL, TÇNS için 181.7 mL ve EÇHNS için ise 172.7 mL olarak hesaplanmıştır.

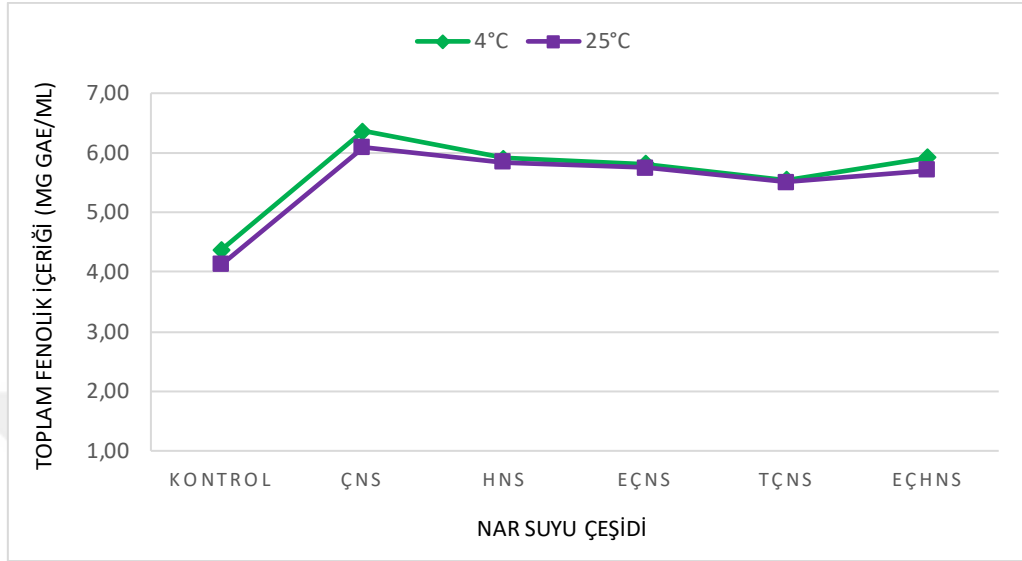
Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.24’te verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde, 25°C’de depolanan örneklerinin toplam fenolik değerlerinde azalma oranı, 4°C’ye kıyasla tüm depolama periyotlarında daha yüksek olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.24. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.25’te verilmiştir. HNS, EÇNS ve TÇNS örneklerinin toplam fenolik madde miktarları her iki sıcaklıkta birbirine benzer bulunmuştur. Dolayısıyla bu örneklerde depolama sıcaklığının toplam fenolik madde miktarları değişimi üzerine etkisinin daha kısıtlı olduğu gözlenmiştir. Örneklerde gerçekleşen kopigmentasyonun sıcaklık değişimine karşı stabilite sağlayarak fenolik bileşen içeriğini koruduğu değerlendirilmiştir. Stabilizasyonun sağlanmasında fenolik bileşen kompozisyonu kadar miktarları da önemlidir. Kopjar ve Piližota (2009), frenk üzüm suyu antosiyaninlerinin kopigmentasyonu üzerine farklı fenolik bileşikler (katekol, 4-metil katekol, (+)-kateşin ve gallik asit) arasında gallik asidin en düşük bozunmayı gösterdiği ve molar konsantrasyonu arttıkça kopigmentasyon etkisinin de arttığını bildirmiştir. Kateşin molar konsantrasyonundaki artışın ise antosiyanin azalmasına neden olduğu gözlenmiştir. Başka bir çalışmada ise ferulik asit, sinapik asit ve şiringik asit ile kopigmente edilen Çin defne meyvesi antosiyaninlerinin termal stabilitesi üzerine en iyi etkiye sinapik asit/antosiyanin kompleksinin sahip olduğu belirlenmiştir (Zhu ve ark., 2020). Çalışmada örnekler arasında, HNS, EÇNS ve TÇNS örneklerinin diğerlerine kıyasla daha stabil olması fenolik asit, flavonoit ve antosiyanin içeriğindeki farklılıklar ve miktarı ile açıklanabilir. Bunun yanı sıra bu örneklerde sıcaklığa bağlı olarak hidrolize edilebilir tanen içeriklerinde azalma gözlenmiştir. Bu nedenle tanenlerin düşük molekül ağırlıklı fenolik bileşenlere parçalanarak fenolik içeriğinin

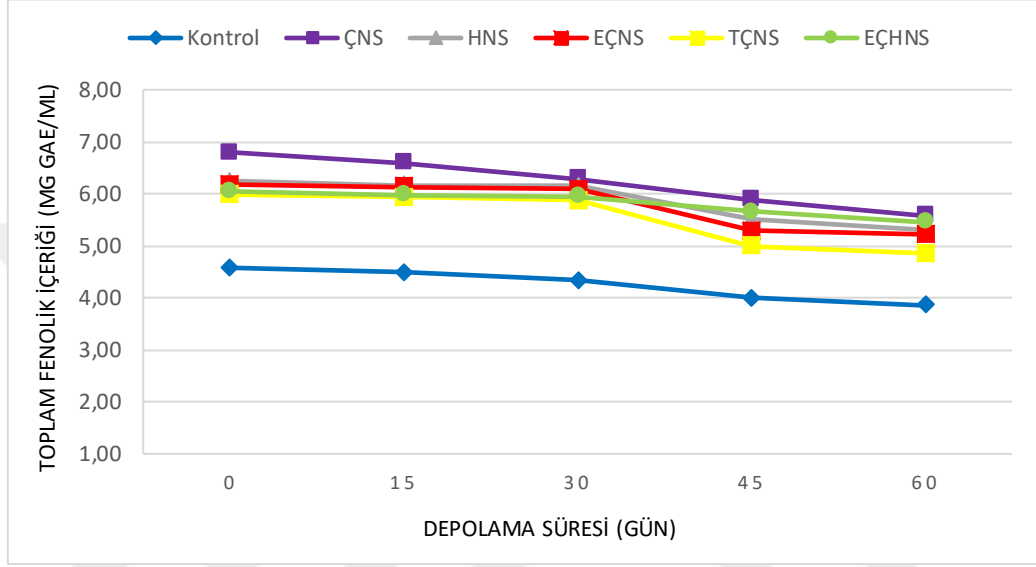
korunmasını sağladığı da düşünülmektedir. Benzer şekilde, Zafrilla ve ark. (2001), kırmızı ahududu reçelinin ellajik asit içeriğindeki artışı ısı ile işlemle ellajitanenlerden ellajik asidin salınması ile açıklamıştır.



Şekil 4.25. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

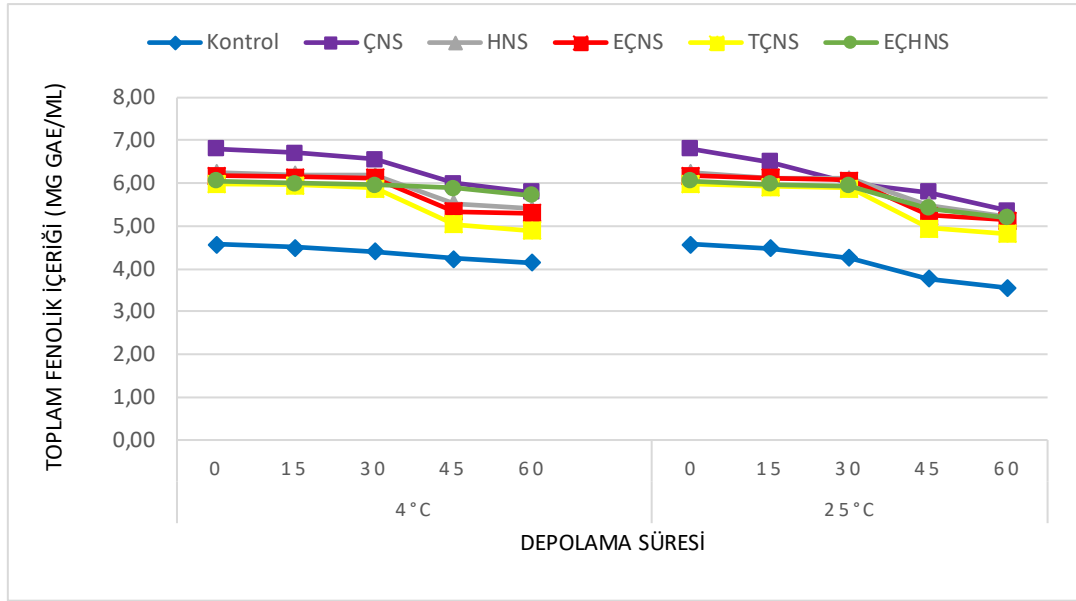
Örneklerin toplam fenolik içerikleri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.26’da verilmiştir. Buna göre, Kontrol ve ÇNS örneklerinde depolama süresince kademeli bir azalış gözlenirken diğer örneklerde 30 gün boyunca önemli bir değişim olmamış, ancak 30. günden itibaren sonra keskin bir düşüş meydana gelmiştir. Depolamanın başlangıcına kıyasla 60. günde örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde TÇNS için %18.72, ÇNS için %18.08, kontrol için %15.93, EÇNS için %15.53, HNS için %15.04 ve EÇHNS için ise %9.91 oranında azalma gözlenmiştir. HNS, EÇNS, TÇNS ve EÇHNS örneklerinin 30 gün boyunca toplam fenolik içeriğinde önemli değişiklik olmamıştır. Bu durum fenolik kompozisyonu ve kopigmente bileşen miktarıyla ilişkilendirilebilir. Örneklerde kopigmentasyon ile fenolik bileşenlerin bozulması 30 gün boyunca kısıtlanmış olabilir. Bunun yanı sıra depolama süresince örneklerdeki fenolik bileşen stabilitelelerinin de değişkenlik gösterdiği düşünülmektedir. Bir çalışmada, nar sularının depolama süresince benzer toplam fenolik miktar göstermesi, polimerik antosiyaninlerin oluşumuna veya antosiyaninlerle karşılaştırıldığında çok daha yüksek antosiyanin olmayan fenolik içeriğine atfedilmiştir (Fischer ve ark., 2011). Bunların yanı sıra HNS, EÇNS, TÇNS ve EÇHNS örneklerinin toplam fenolik içeriklerinin 30 gün boyunca

azalış göstermemesi, örneklerin hidrolize edilebilir tanen içeriklerinin depolamaya bağlı parçalanmasıyla açığa çıkan düşük molekül ağırlıklı fenolik bileşenlerden (ellajik asit, gallik asit, punikalın gibi) kaynaklı olabilir. Nar sularının depolanması sonrasında, ellajitanen grubundaki punikalajin izomer içeriğinin genel bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Mena ve ark., 2013). Ellajik asit artışları, ellajitanenin depolimerizasyonu ile bağlantılı bulunmuştur (Zafrilla ve ark., 2001).



Şekil 4.26. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi

Örneklerin toplam fenolik içerikleri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi Şekil 4.27’de verilmiştir. EÇHNS örneğinde 4°C’de herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Bu nedenle özellikle soğukta depolama süresince bu örnekteki fenolik değişiminin sınırlandırıldığı söylenebilir.



Şekil 4.27. Nar suyu örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

4°C’de depolanan nar sularının toplam flavonoit madde içeriği 2.37-4.09 mg RE/mL arasında, 25°C’de depolanan nar sularının toplam flavonoit madde içeriği ise 2.27-4.09 mg RE/mL arasında değişmiştir (Çizelge 4.11). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin toplam flavonoit madde değerleri üzerinde, tüm faktörler ve interaksyonları $p \leq 0.01$ düzeyinde etki göstermiştir (Çizelge 4.12).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre nar suyu çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoit içeriği ÇNS örneğinde, en düşük ise kontrol örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Nar ekstraktı ilavesi örneklerin toplam flavonoit içeriklerinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %49.40, HNS örneğinde %44.22, EÇHNS örneğinde %39.04, EÇNS örneğinde %38.64 ve TÇNS örneğinde ise %27.45 artışa neden olmuştur (Çizelge 4.13). Nar suyuna ekstraktların ilavesi toplam fenolik içeriğinde de gözlemlendiği gibi örneklerin toplam flavonoit içeriklerinde artışa neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar, ekstraktların örneklere ilave miktarları ve toplam fenolik içeriğiyle orantılı bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda nar kabuğunun toplam flavonoit içeriği nar suyuna göre daha yüksek tespit edilmiştir (Li ve ark., 2006b; Elfalleh ve ark., 2009). Orak ve ark. (2012), nar kabuğu ekstraktının toplam flavonoit içeriğini nar suyuna kıyasla yaklaşık 12 kat daha yüksek belirlemiştir. Havuç suyuna yüksek basınçla ekstrakte edilen nar kabuğu ekstraktı (5 mg/mL) eklenmesi, kontrol örneğine kıyasla ürünün toplam flavonoit içeriğinde ortalama 7 kat artış sağlamıştır (Trigo ve ark., 2020a). Çalışmada

ekstraktların toplam flavonoit içerikleri kendi aralarında değerlendirildiğinde, enzimatik işlem uygulanmış ekstrakt ilaveli örneklerde flavonoit artışı diğer örneklerle kıyasla daha az belirlenmiştir. TÇNS örneğinin flavonoit artışı ise tüm örnekler arasında en düşük bulunmuştur. Bu durum kullanılan enzimlere (Pectinex Ultra SP-L; pektinaz, hemiselülaz ve beta-glukanaz ve Viscozyme-L; beta-glukanaz, pektinaz, hemiselülaz ve ksilanaz) bağlı olarak flavonoit yapısının bozulması ile ilişkilendirilmiştir.

Hücre duvarını hidrolize eden enzimler (selülaz, hemiselülaz, β -glukosidaz, ksilanaz, β -glukanaz ve pektinaz), hücre duvarı polisakkaritlerini depolimerize ederek hücre duvarının yapısını bozmaya yardımcı olur ve istenilen bileşikler serbest bırakır (Joana Gil-Chávez ve ark., 2013; Shin ve Lee, 2021). Ayrıca flavonoit glikozitleri de aglikonlara dönüştürülür (Soon-Cheol ve ark., 2005). Başlıca flavonoit glikozitler, çoğunlukla aglikona α -1,4 veya β -1,4 bağlantısı yoluyla bağlanan glikoz, arabinoz, ramnoz ve galaktoz içerir (Tripoli ve ark., 2007). Endo- β -1,3(4)-glukanaz, (1,3)- veya (1,4)-bağındaki glikozidik bağları rastgele parçalayarak ve glikoz ve selo-oligosakkaritlerin salınmasını sağlayarak selülozun parçalanmasına etki eder (Yang ve ark., 2010). Bir çalışmada, Viscozyme® L ile hidroliz sırasında olgunlaşmamış narenciye hücre duvarı polisakkaritlerinin bozulduğu ve fenolik bileşiklerin serbest bırakıldığı belirlenmiştir. Ayrıca flavonoit glikozitteki şekerin ayrıştırılarak aglikon bileşikler, hesperetin ve naringenine dönüştürüldüğü rapor edilmiştir (Shin ve Lee, 2021). Benzer bir çalışmada ise Kore narenciye kabuğundaki flavonoit glikonları, aglikonlara dönüştürmek için ticari AMG 300 L, Pectinex 100 L ve Viscozyme L enzimleri kullanılmıştır (Soon-Cheol ve ark., 2005). Çalışmada enzim miktarındaki artış ile flavonoitlerin aglikonlara parçalanması artacağından dolayı flavonoit içeriği düşük ekstraktlar elde edilmiştir. Bu nedenle sonuçlar literatürle uyumlu bulunmuştur.

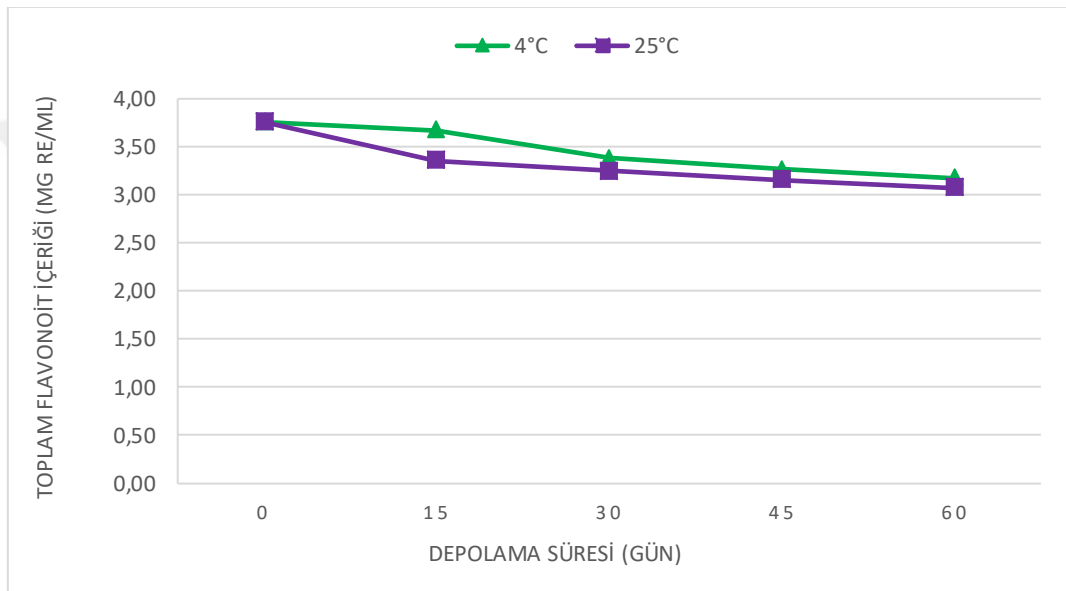
Örneklerin toplam flavonoit madde içerikleri depolama sıcaklığının artması ile azalış göstermiştir (Çizelge 4.13). Polifenolik bileşiklerin stabiliteleri, moleküler yapılarındaki doymamış bağların varlığı nedeniyle sıcaklık, ışık ve oksijen gibi faktörlerden etkilenerek bozunma gösterir (Zheng ve ark., 2011). Bu durum, çalışmada ısıya duyarlı flavonoitlerin depolama sıcaklığı artışı ile azalmasını açıklamaktadır. Bir çalışmada, muskadin üzüm şarabının ve meyve suyunun polifenol içeriği (antosiyantinler + ellajik asit + flavonoller) depolama sıcaklığının artmasıyla daha fazla azalış göstermiştir. Bu azalış 20°C’de %45-63 iken 37°C’de %75-79 oranında belirlenmiştir (Talcott ve Lee, 2002). Benzer olarak, karpuz suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında sıcaklık artışının flavonoit yapısını değiştirmesi nedeniyle örneğin toplam

flavonoit içeriğinde kayıp olduğu ortaya koyulmuştur (Mohamad Salin ve ark., 2022). Bir başka çalışmada, 6 farklı flavonoidin (rutin, meskuitol, naringin, eriodisitol, luteolin ve luteolin 7-O glukozit) termal stabilitesi (30, 50, 70, 90, 100, 110, 120 ve 130°C) araştırılmıştır. İncelenen tüm flavonoidlerin ısıya duyarlı olduğu, bozunmanın ısı işlemi artmasıyla uyum gösterdiği ve flavonoidler arasındaki termal stabilitelerin farklı olduğu belirlenmiştir (Chaaban ve ark., 2017). Kuersetin arabinopiranosit ve kuersetin arabinosit gibi kuersetin glikozitlerinin meyve sularında önemli ölçüde daha az stabil olduğu belirlenmiştir (van der Sluis ve ark., 2005; White ve ark., 2011). Literatür incelendiğinde, sıcaklık artışına bağlı olarak azalış gösteren flavonoit yapıların yanı sıra artış gösteren yapılara da rastlanılmıştır. Isıl işlem sonrası nar sularının flavonoit içeriğindeki artışların polimerik fenoliklerin parçalanmasıyla bağlantılı bulunmuştur (Mena ve ark., 2013). Sıcaklık uygulamasının, tanen içeriğini dolayısıyla proantosiyanın içeriğini azalttığı, buna karşın sıcaklık artışının ise kateşin, epikateşin ve epigallokateşin içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca flavonoit maddelerin yapısının ısı işlem sırasında değişebildiği ve flavonoit içeriğindeki artışın nedeninin bundan kaynaklı olabileceği belirlenmiştir (Chandrasekara ve Shahidi, 2011). Zhang ve ark. (2020), püskürterek kurutulmuş kıvılcık meyve suyu tozunda depolama sıcaklığı arttıkça bazı bileşenlerin korunumunun arttığını da bildirmiştir. Örneklerin hem protokateşik asit hem de kuersetin içeriği 4 ve 25°C’de 8 haftalık depolamanın (toplam 12 hafta) ardından hafif bir artış göstermiş, ancak 45°C’de depolamada sırasıyla 3-5 kat ve 9-16 kat daha fazla artmıştır. Bu sonuçlar neticesinde, daha yüksek sıcaklığın (45°C) protokateşik asit ve kuersetin salınımını kolaylaştırabileceği öne sürülmüştür. Yine aynı çalışmada kuersetin ve glikozitlerinin içeriğinin 8. haftada artması bazı kararsız glikozitlerin dönüşümüyle açıklamıştır. Ayrıca, ekstraksiyon sırasında sıcaklığın artması ile kuersetin-3-O-rutinosit gibi kuersetin glikozitlerinin hidrolizi sonucu kuersetin salındığı rapor edilmiştir (Ravber ve ark., 2015). Bununla birlikte çalışmada, ekstraktların düşük stabilitede farklı flavonoit profiline sahip olduğu ve eklendiği örneklerde sıcaklık artışına karşı düşüş eğiliminde olduğu savunulabilir.

Depolama süresi boyunca nar sularının toplam flavonoit madde miktarları azalmıştır (Çizelge 4.13). Polifenoller, işleme ve depolama koşullarında bozunma eğilimlidir (Zheng ve ark., 2011). Zafrilla ve ark. (2001), ahududu reçeli üretimi ardından 20°C’de 6 aylık depolama süresince kuersetin 3-glukozit kaybını %40, kaempferol 3 glukozit kaybını ise %50 olarak belirlemiştir. Benzer bir çalışmada, taze nar kabuğunda en baskın flavonoit olarak tanımlanan rutin 4 aylık soğukta depolama

sırasında %65 oranında azaldığı bildirilmiştir (Mphahlele ve ark., 2017). Bir başka çalışmada, pastörize salatalık suyuna ayrı ayrı bitkisel ekstraktlar (tarçın, karanfil, nane ve zencefil - 200 µg/mL) ilave edilerek oda sıcaklığında 6 ay depolanmıştır. Depolama sonunda tüm içeceklerin toplam flavonoit içeriklerinde azalma gözlenmiştir (Saad ve ark., 2021).

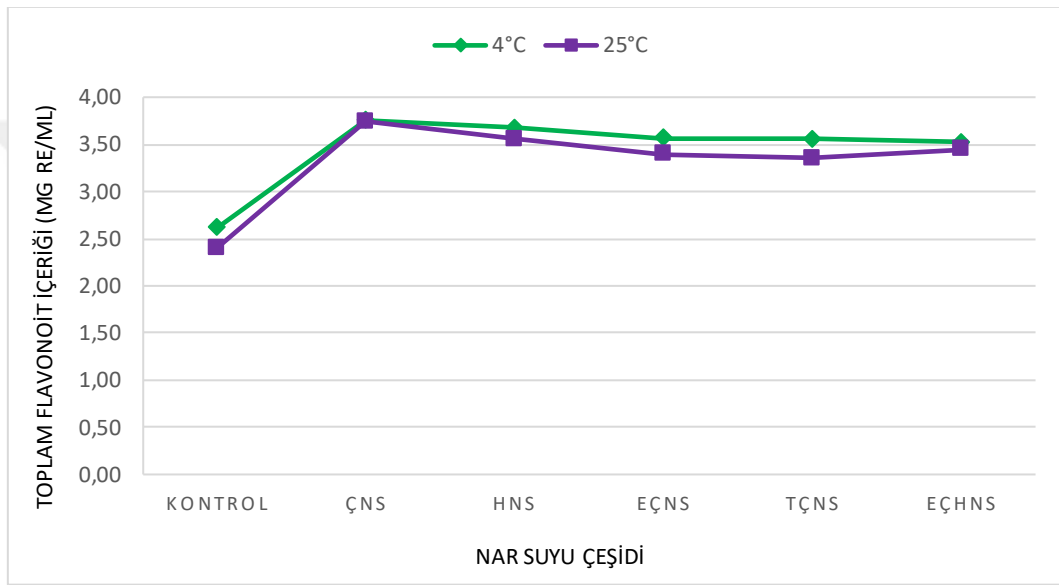
Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit madde içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.28’de verilmiştir. Depolama sıcaklığının özellikle ilk 15 günlük depolama süresince farklı etkiler gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 4.28. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

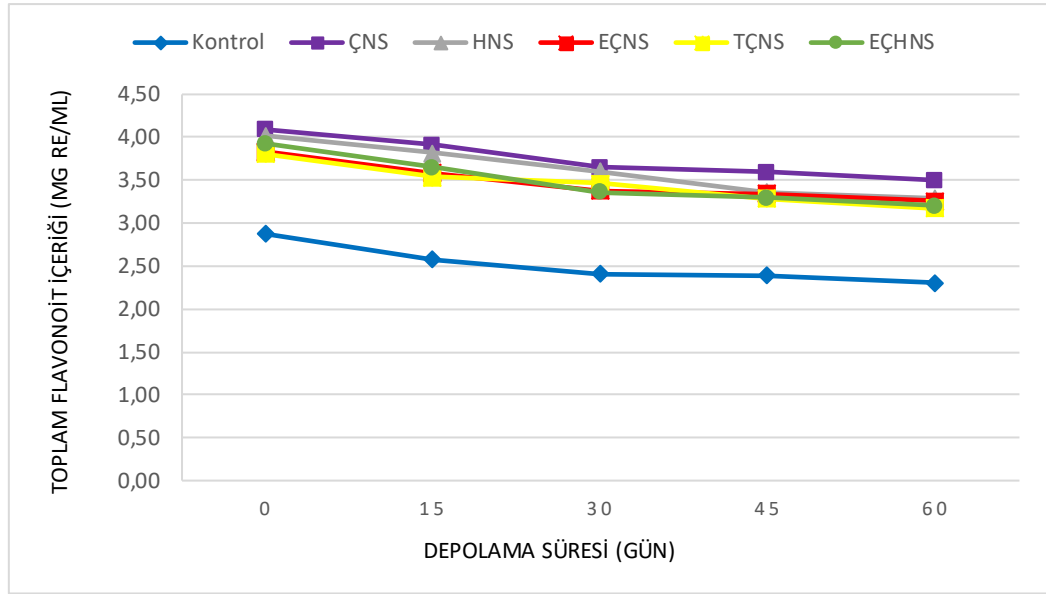
Nar suyu örneklerinin toplam flavonoit içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.29’da verilmiştir. ÇNS örneğinin toplam flavonoit içeriği her iki sıcaklıkta benzer olarak bulunmuştur. Örnekler arasında en yüksek toplam flavonoit içeriğine sahip ÇNS örneğindeki bu durumun, flavonoitlerin kendi aralarında veya diğer bileşenlerle etkileşerek stabilite kazanmasından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Bir çalışmada, vişne püresi smoothiesine çiçekli ayva suyu ilavesinin depolama sırasında antosiyanin değişimini kısıtladığı bildirilmiştir. Bunun nedeninin ise proantosiyanidinlerle kopigmentasyondan kaynaklı olabileceği ortaya konulmuştur (Nowicka ve ark., 2016). Benzer olarak, vişne suyu konsantrelerine nar kabuğu ve yeşil çay ekstraktları ilavesinin antosiyanin stabilitesini %119 kat artırdığı tespit edilmiştir. Bunun nedenleri arasında ekstrakttaki antosiyaninler ve kopigmentler

(fenolik asitler, flavonoidler gibi) arasındaki etkileşimin kaynaklı olabileceği vurgulanmıştır (Navruz ve ark., 2016). Kopigment kaynaklarının eklenmesi 4 ve 20°C’de depolama süresince bireysel antosiyaninlerin stabilitesini önemli olarak etkilemiştir. Bilindiği gibi antosiyanin yapısı, kopigment yapısı ve antosiyanin konsantrasyonunun kopigmente göre konsantrasyonu gibi kopigmentasyonu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır (Eiro ve Heinonen, 2002). Çalışmada ÇNS örneğinin her iki sıcaklıkta da oldukça stabil olması, flavonoid içeriğinin antosiyaninler ile kopigmentasyonunun diğer örneklerle kıyasla daha uygun olması ile açıklanabilir.



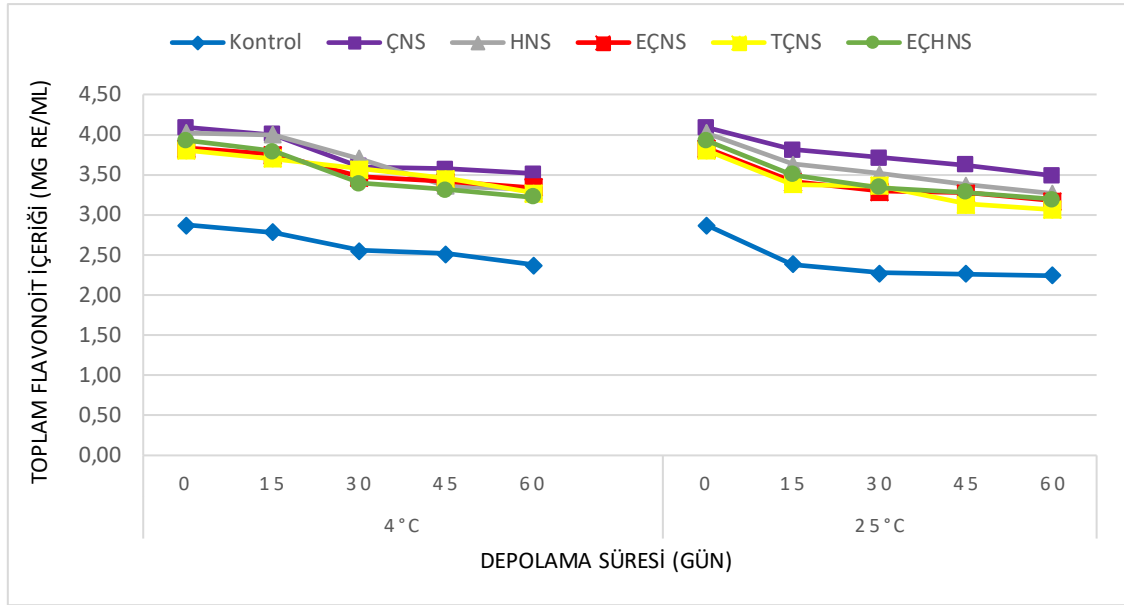
Şekil 4.29. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoid içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin toplam flavonoid içerikleri üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.30’da verilmiştir. ÇNS örneği depolama süresince en yüksek toplam flavonoid içeriğine sahip olmuştur. Depolama başlangıcında en yüksek ikinci toplam flavonoid içeriğine sahip olan HNS örneğinde 30. günden sonra keskin bir azalış meydana gelmiş ve sonraki periyotta enzim uygulanmış zenginleştirilmiş nar sularına benzer toplam flavonoid içeriğine sahip olmuştur.



Şekil 4.30. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoid içeriği üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi

Örneklerin toplam flavonoid içerikleri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi Şekil 4.31’de verilmiştir. HNS örneğinde 4°C’de özellikle 15. günden itibaren toplam flavonoid içeriğinde hızlı bir azalış meydana gelmiş ve depolama sonunda 25°C’de depolananla benzer değere sahip olmuştur. Bu nedenle bu örnekte bulunan flavonoidlerin soğukta depolama sırasında bile depolamaya hassas olduğu söylenebilir. Antosiyaninlerin yapı stabilitelerine bakıldığında, monoglukozitlerin daha hızlı bir bozunma gerçekleştirirken, diglukozitlerin ise (özellikle delfinidin-3,5 diglukozit ve siyanidin 3,5-diglukozit) oldukça stabil oldukları belirlenmiştir (Pérez-Vicente ve ark., 2004; Alighourchi ve ark., 2008). Häkkinen ve ark. (2000), -20°C’de 9 aylık depolama sonrasında yaban mersini ve kekreyemişin kuersetin içeriğinin belirgin şekilde (%40) azaldığını, mirisetin ve kaempferol içeriğinin ise kuersetinden daha duyarlı olduğu bulmuştur. Bu durum, HNS örneğinin düşük stabiliteli bileşenleri daha fazla içerdiğini düşündürmüştür.



Şekil 4.31. Nar suyu örneklerinin toplam flavonoid içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

4°C’de depolanan nar sularının hidrolize edilebilir tanen içeriği 6.36-13.05 mg TAE/mL arasında, 25°C’de depolanan nar sularının hidrolize edilebilir tanen içeriği ise 6.42-13.05 mg TAE/mL arasında değişmiştir (Çizelge 4.11). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi”, “sıcaklık x nar suyu çeşidi”, “depolama süresi x nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksiyonlarından önemli $p \leq 0.01$ düzeye etkilenmiştir (Çizelge 4.12).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre nar suyu çeşitleri arasında en yüksek hidrolize edilebilir tanen içeriği ÇNS örneğinde, en düşük ise kontrol örneğinde belirlenmiştir. Ekstraktın nar suyuna eklenmesi, ürünün hidrolize edilebilir tanen içeriğinde artış göstermiştir. Nar ekstraktı ilavesi örneklerin hidrolize edilebilir tanen içeriklerinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %59.05, HNS örneğinde %50.48, EÇNS örneğinde %46.75, EÇHNS örneğinde %46.20 ve TÇNS örneğinde ise %41.21 artışa neden olmuştur (Çizelge 4.13). ÇNS örneğinin belirlenen en yüksek hidrolize edilebilir tanen içermesi, Ç ekstraktının diğerlerine kıyasla en yüksek miktarda kullanımı ile ilişkilendirilebilir.

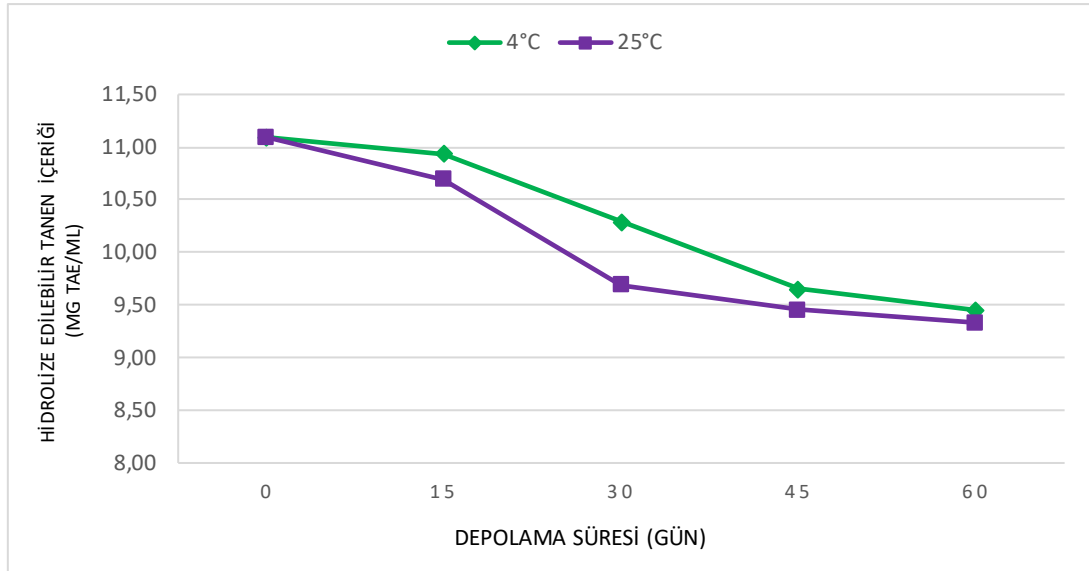
Nar kabuğunun ve mezokarpının yüksek konsantrasyonda hidrolize edilebilir tanen içerdiği bildirilmiştir (Fischer ve ark., 2013). Bir çalışmada, nar kabuğu ekstraktının, nar suyu ekstraktından yaklaşık 16.6 kat daha fazla, tohum ekstraktının ise nar suyundan 4.5 kat daha fazla toplam tanen içerdiği belirlenmiştir (Orak ve ark.,

2012). Havuç suyuna yüksek basınçla ekstrakte edilen nar kabuğu ekstraktı (5 mg/mL) eklenmesi sonucunda ürünün hidrolize edilebilir içeriğinde artış gözlenmiştir (Trigo ve ark., 2020a).

Depolama sıcaklığının artması ile örneklerin hidrolize edilebilir tanen içeriklerinde düşüş gözlenmiştir (Çizelge 4.13). Polifenolik stabiliteyi etkileyen önemli faktörlerden birisi de sıcaklıktır. Teknolojik işlemler veya depolama sırasında uygulanan yüksek sıcaklığın polifenollerin bozunmasına yol açtığı genel olarak bilinmektedir (Sójka ve ark., 2019). Teleszko ve ark. (2016), bulanık çilek suyunun 4 ve 20°C’de depolanması sürecinde, 20°C’de depolanan örneğin depolamanın başlangıcına kıyasla daha yüksek serbest ellajik asit konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, ellajitanenin hidrolizinden dolayı ellajik asitlerin salınması ile açıklamıştır (Zafrilla ve ark., 2001).

Nar sularının hidrolize edilebilir tanen miktarları depolama boyunca azalmıştır (Çizelge 4.13). Ellajitanenlerin depolama sırasında ellajik asit monomerlerine hidrolize olduğu bildirilmiştir (Bakkalbaşı ve ark., 2008). Hidrolize edilebilir tanenler, gallik asit (gallotanenler) ve ellajik asit (ellajitanenler) ile ester bağları yoluyla oluşturulur. Düşük pH değerlerinde, enzimatik olmayan veya enzimatik hidroliz yoluyla daha küçük molekül ağırlıklı fenolik asit ve flavonoidlere parçalanırlar (Aguilar ve ark., 2007).

Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi*” interaksyonu Şekil 4.32’de verilmiştir. Buna göre, 25°C sıcaklıkta depolama özellikleri ilk 30 günde hidrolize edilebilir tanen içeriğinde 4°C’ye kıyasla daha hızlı azalmaya neden olmuştur. İlerleyen depolama periyodunda iki sıcaklık arasındaki hidrolize edilebilir tanen içeriği azalış hız farkı kapanmıştır.



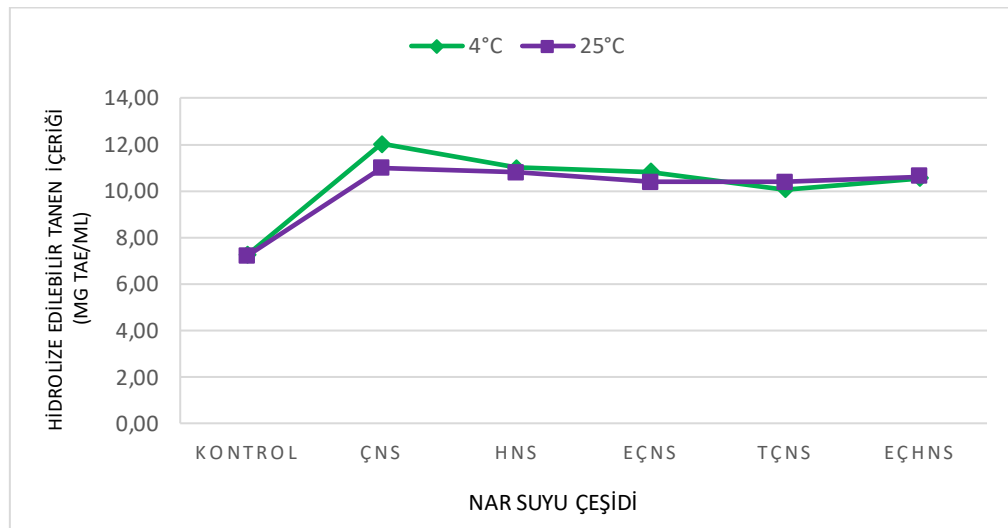
Şekil 4.32. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.33’te verilmiştir. İlginç bir şekilde nar suyu çeşitlerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği sıcaklığa bağlı olarak 3 farklı davranış göstermiştir. Beklendiği üzere ÇNS, HNS ve EÇNS örneklerinde daha yüksek sıcaklıkta depolamada daha az hidrolize edilebilir tanen içeriği sağlamıştır. Ancak kontrol ve EÇHNS örneklerinde hidrolize edilebilir tanen içeriği sıcaklıktan bağımsız bulunmuştur. Öte yandan, TÇNS örneğinde soğukta depolama daha düşük hidrolize edilebilir tanen içeriği sağlamıştır. Polifenolik stabiliteyi etkileyen bir diğer önemli faktör sıcaklıktır. Gallotanenin asidik veya bazik çözeltilerde ellajitanenlerden daha stabil olduğu bildirilmiştir (Tuominen ve Sundman, 2013). Bir çalışmada, 4 ve 20°C’de depolanan bulanık çilek suyunun 20°C’de daha yüksek serbest ellajik asit içermesi (Teleszko ve ark., 2016), ellajitanenlerin depolimerizasyonu sonucu ellajik asitlerin salınması ile açıklamıştır (Zafrilla ve ark., 2001). Çalışmada, depolama sıcaklığının artmasına bağlı olarak ÇNS, HNS ve EÇNS örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriğinin azalması, içeriğindeki düşük stabiliteli tanenler ile açıklanabilir.

Mena ve ark. (2013) çalışmasında, iki farklı tür nar suyu ve nar suyu+limon suyu karışımını yüksek sıcaklıkta kısa süre (90°C, 5 sn) ve düşük sıcaklıkta uzun süre (65°C, 30 sn) pastörizasyon işlemlerinden sonra 5 ve 25°C’de depolamıştır. Yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörize edilen kontrol nar suyunun her iki depolama sıcaklığında da punikalajin içeriğinin önemli bir değişiklik göstermediği, özellikle 25°C stabilitesini daha iyi koruduğu belirlenmiştir. 25°C’de iki farklı nar suyu karışımının punikalajin

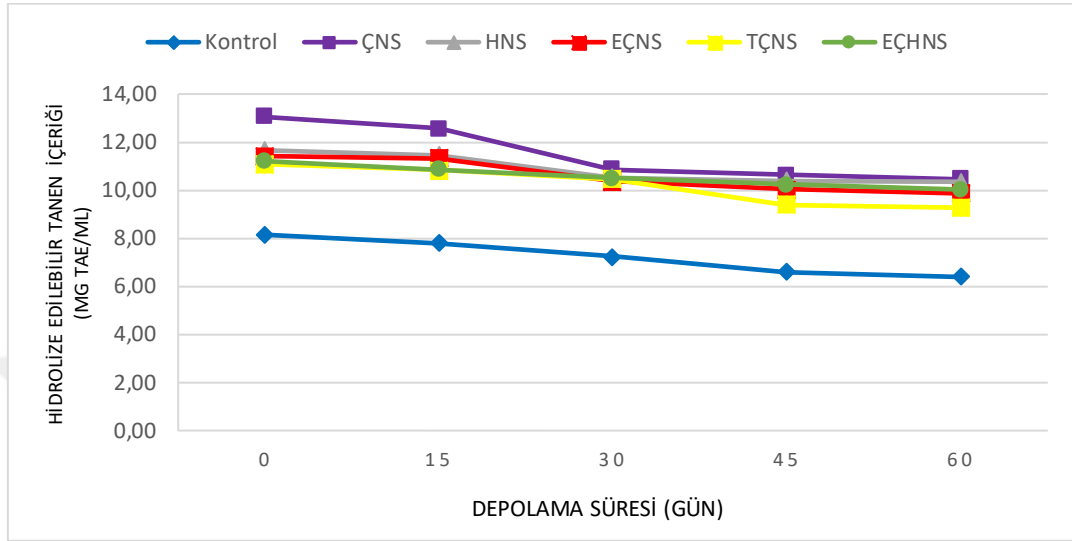
içeriği düşük hızda artarken, nar suyu+limon suyu karışımı değişiklik göstermeyip belli bir süreden sonra azalmıştır. Genel olarak ısı işlemlerin, punikalajin izomerleri dışında, ellajitanenleri kayda değer ölçüde değiştirmedeği bildirmiştir. Başka bir çalışmada, dondurulmuş böğürtlenin ellajitanen içeriğinin depolama boyunca çok stabil olması, ellajitanenlerde nispeten hiçbir bozulma veya depolimerizasyon olmaması ile ilişkilendirilmiştir (Hager ve ark., 2010). Çalışmada, EÇHNS örneğinde hidrolize edilebilir tanenlerin stabilitesinin sıcaklıktan bağımsız bulunması stabilitelerinin yüksek olduğuyla ilgili olabilir.

Bir çalışmada, kondanse tanen olan proantosiyanidin içeriğinin azalmasının büyük olasılıkla antosiyaninlerle polimerizasyon reaksiyonlarından ve/veya proantosiyanidinlerin proteinlere ve hücre duvarı polisakkaritlerine bağlanmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Teleszko ve ark., 2016). Tanenin aromatik halkası ile protein yapısındaki hidrofobik bölgeler arasındaki hidrofobik etkileşimler sonucu tanen ile protein arasında kompleks oluşur (Wang ve ark., 2016). Tanen-protein kompleksinin stabilitesi, bağlı tanenlerin ve tekrarlanan amino asit dizilerinin sayılarına bağlıdır (Lamy ve ark., 2011). Çalışmada, TÇ ekstraktına uygulanan enzim miktarının diğer enzim işlemi uygulanmış ekstraktlara kıyasla daha fazla olmasından dolayı protein kalıntısı daha fazladır. Nitekim TÇNS örneğinde hidrolize edilebilir tanen-protein kompleksi oluşum ihtimalinden dolayı ortamda hidrolize edilebilir tanen içeriği azalacağından düşük sıcaklıkta tanen miktarı az bulunmuştur. Öte yandan, sıcaklığın artması ile bu yapının bozulması tanen içeriğinde artış gösterecektir.



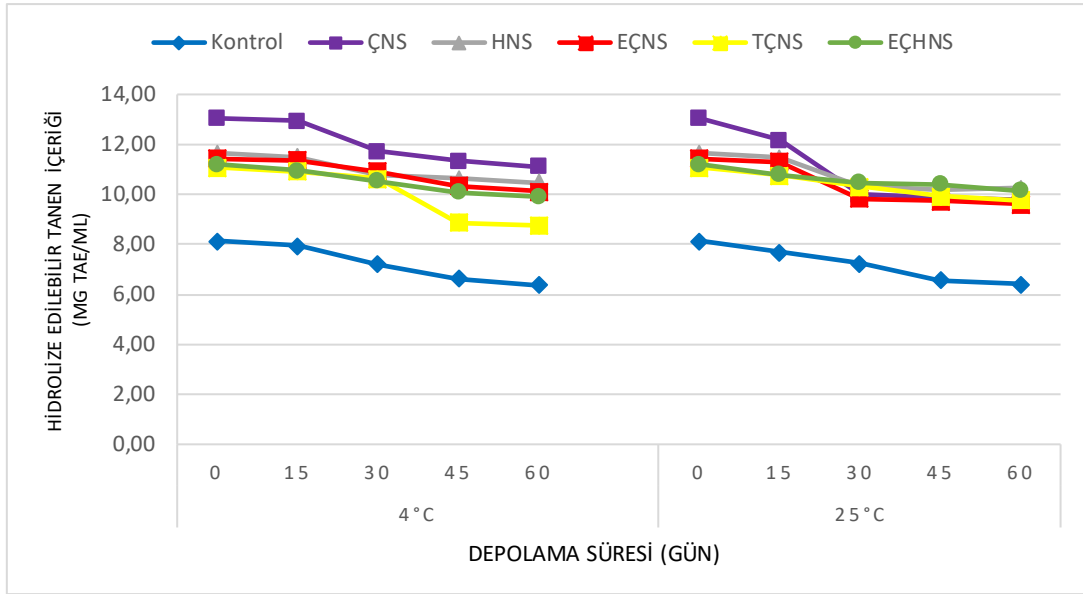
Şekil 4.33. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin hidrolize edilebilir tanen içerikleri üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.34’te verilmiştir. Hidrolize tanen içeriği azalış hızı en düşük olan örneğin EÇHNS olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.34. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

Örneklerin hidrolize edilebilir tanen içerikleri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.35’te verilmiştir. TÇNS örneğinin hidrolize edilebilir tanen içeriği 25°C’de depolama sırasında kademeli azalış gösterirken, 4°C’de depolama sırasında özellikle 30. günden sonra keskin bir düşüş göstermiştir.



Şekil 4.35. Nar suyu örneklerinin hidrolize edilebilir tanen içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

4.2.5. Toplam monomerik antosiyanin içeriği

Nar ve nar suyunun ticari değerini belirleyen en önemli kriter, yapısında doğal olarak bulunan monomerik antosiyanin içeriğidir (Konczak ve Zhang, 2004). Antosiyaninler flavonoit grubunun üyesi olup bitkilerin turuncu, kırmızı ve mor renklerinden sorumludur (Andrade ve ark., 2019; Ko ve ark., 2021). Esas olarak antosiyanin miktarı ve bileşiminden kaynaklanan renk, tüketici seçimini güçlü bir şekilde etkiler. Bu nedenle meyve suyunun işlenmesi ve depolanması sırasında antosiyaninlerin stabilitesi büyük önem taşır (Cerreti ve ark., 2016).

Nar suyu örneklerine ait toplam monomerik antosiyanin madde değerleri Çizelge 4.14’te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15’te Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.16’da verilmiştir.

4°C’de depolanan nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin madde değerleri 25.00-59.70 mg S3G/L arasında, 25°C’de depolanan örneklerin ise 0.00-59.70 mg S3G/L arasında değişmiştir (Çizelge 4.14). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin madde değerleri üzerinde tüm faktörler ve interaksyonları önemli ($p \leq 0.01$) düzeyde etki göstermiştir (Çizelge 4.15).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre nar suyu örnekleri arasında toplam monomerik antosiyanin içeriği en yüksek ÇNS örneğinde (30.31 mg S3G/L), en düşük ise kontrol örneğinde (24.58 mg S3G/L) belirlenmiştir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.16).

Fenolik madde içerikleri sonuçlarına benzer olarak, ÇNS örneği en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Ç ekstraktı her ne kadar en düşük toplam fenolik içeriğine sahip olsa da duyuşsal olarak en yüksek kabul edilebilirliğe sahip olmuştur. Bundan dolayı diğer ekstraktlara kıyasla fazla oranda kullanılabilmesi, eklendiği örneğin en yüksek fenolik ve antosiyanin içeriğine sahip olmasını sağlamıştır. Mevcut çalışmada nar örneklerine ekstrakt ilavesi örneklerin toplam antosiyanin içeriklerinde artışa neden olmuştur. De Beer ve ark. (2014), kırmızı erik nektarına kırmızı erik kabuğu ekstraktı ilavesinin örneğin toplam antosiyanin içeriğinde artışa neden olduğunu belirlemiştir.

Nar sularının toplam monomerik antosiyanin madde içerikleri depolama sıcaklığının artması ile azalmıştır (Çizelge 4.16). Fischer ve ark. (2011), 4°C ve 20°C’de 6 ay boyunca depoladıkları nar sularının toplam antosiyanin içeriklerinde azalma gözlemiştir. Benzer şekilde, 4°C depolamada antosiyanin kaybı 20°C’ye kıyasla daha az gerçekleşmiştir. Şalgam suyunun antosiyanin içeriğinde, yüksek sıcaklıkta (20°C) gerçekleştirilen depolamada daha fazla kayıp olduğu tespit edilmiştir. Nitekim, yüksek sıcaklıkta depolamanın antosiyanin parçalanmasını hızlandırdığı bilinen bir olgudur (Kırca ve ark., 2007; Alighourchi ve ark., 2008; Kayapınar, 2021).

Depolama süresi boyunca nar sularının toplam monomerik antosiyanin madde miktarları ortalama olarak %75 oranında azalmıştır (Çizelge 4.16). Martí ve ark. (2002), nar sularının 5°C’de 150 gün saklanması antosiyaninlerde >%60 üzerinde kayba neden olduğunu tespit etmiştir. Brownmiller ve ark. (2008), berraklaştırılmamış yaban mersini suyunun antosiyanin içeriğinin, 25°C’de ve karanlıkta altı ay depolamanın ardından %68 oranında azaldığını belirlemiştir. Nar suyunun 18°C’de 5 ay boyunca depolanmasından sonra delfinidin-3-O-glukozitlerin ve siyanidin-3-O-glukozitlerin sırasıyla %91.7 ve %92.3 oranında bozunduğu bildirilmiştir (Skrut ve ark., 2022). Bir başka çalışmada siyah ahududunun ve nar suyunun depolanmaları boyunca antosiyanin içeriklerinde benzer kayıplar gözlenmiştir (Hager ve ark., 2010, Fischer ve ark., 2011). Bu nedenle, çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Nar suyu örneklerine ait toplam monomerik antosiyanin içeriği sonuçları (mg S3G/L)¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (gün)	Nar suyu çeşidi	Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/L)
4	0	Kontrol	49.26±2.13
		ÇNS ²	59.70±0.65
		HNS ³	55.46±0.50
		EÇNS ⁴	54.58±0.97
		TÇNS ⁵	54.06±0.30
		EÇHNS ⁶	57.28±0.65
	15	Kontrol	45.11±1.21
		ÇNS	52.91±0.15
		HNS	46.88±0.89
		EÇNS	46.26±0.89
		TÇNS	46.99±0.09
		EÇHNS	47.93±1.71
	30	Kontrol	32.54 ±0.38
		ÇNS	40.31±2.45
		HNS	38.95±1.54
		EÇNS	35.15±1.83
		TÇNS	35.78±3.90
		EÇHNS	34.75±0.62
	45	Kontrol	30.50±0.71
		ÇNS	37.32±0.18
		HNS	34.73±0.35
		EÇNS	30.41±3.39
		TÇNS	31.58±0.62
		EÇHNS	33.28±0.40
	60	Kontrol	25.01±3.42
		ÇNS	28.91±0.27
		HNS	27.24±0.38
		EÇNS	28.08±1.74
		TÇNS	25.86±0.74
		EÇHNS	27.51±0.18
25	0	Kontrol	49.26±2.13
		ÇNS	59.70±0.65
		HNS	55.46±0.50
		EÇNS	54.58±0.97
		TÇNS	54.06±0.30
		EÇHNS	57.28±0.65
	15	Kontrol	12.46±2.51
		ÇNS	20.96±1.42
		HNS	18.29±0.41
		EÇNS	17.47±1.45
		TÇNS	22.15±1.09
		EÇHNS	16.55±0.21
	30	Kontrol	1.69±0.032
		ÇNS	3.28±0.32
		HNS	2.40±1.15
		EÇNS	3.65±0.86
		TÇNS	1.84±0.41
		EÇHNS	4.74±0.38
	45	Kontrol	0.00±0.00
		ÇNS	0.00±0.00
		HNS	0.00±0.00
		EÇNS	0.00±0.00
		TÇNS	0.00±0.00
		EÇHNS	0.00±0.00
	60	Kontrol	0.00±0.00
		ÇNS	0.00±0.00
		HNS	0.00±0.00
		EÇNS	0.00±0.00
		TÇNS	0.00±0.00
		EÇHNS	0.00±0.00

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Çizelge 4.15. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/L)	
		KO	F
Sıcaklık (S)	1	18179.90	12209.87**
Depolama süresi (D)	4	6998.01	4699.96**
Nar suyu çeşidi (N)	5	68.36	45.91**
SxD	4	1175.12	789.22**
SxN	5	9.87	6.63**
DxN	20	7.64	5.13**
SxDxN	20	4.24	2.85**
Hata	60	1.49	

SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli. ** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli.

Çizelge 4.16. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	Toplam monomerik antosiyanin (mg S3G/L)
Nar suyu çeşidi		
Kontrol	20	24.58±4.37 ^d
ÇNS ²	20	30.31±5.16 ^a
HNS ³	20	27.94±4.79 ^b
EÇNS ⁴	20	27.02±4.63 ^b
TÇNS ⁵	20	27.23±4.64 ^{bc}
EÇHNS ⁶	20	27.93±4.83 ^c
Sıcaklık (°C)		
4	60	39.81±1.37 ^a
25	60	15.19±2.75 ^b
Depolama süresi (Gün)		
0	24	55.06±0.69 ^a
15	24	32.83±3.16 ^b
30	24	19.59±3.51 ^c
45	24	16.49±3.46 ^d
60	24	13.55±2.84 ^e

¹Aynı varyasyon kaynağı için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

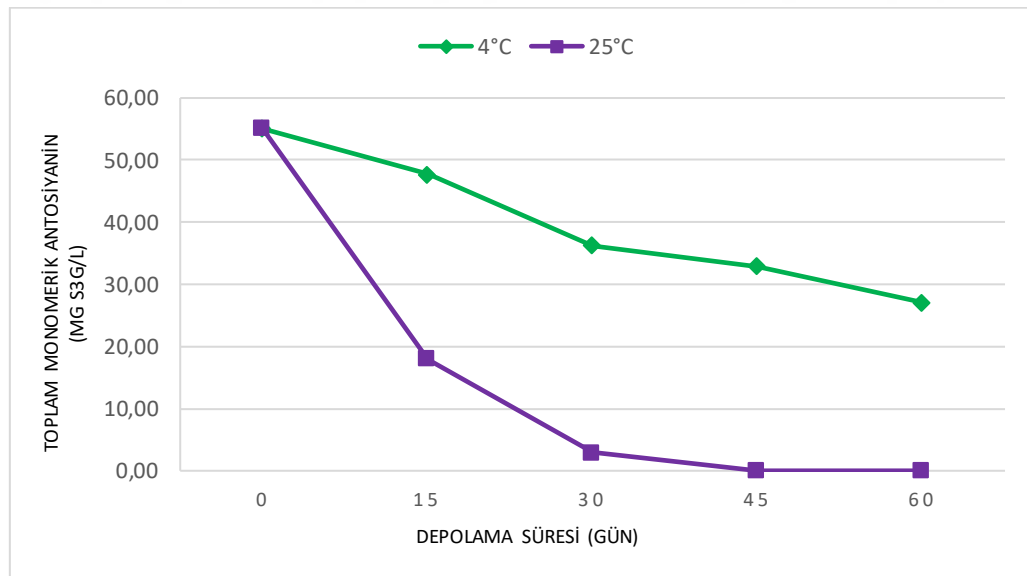
⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Kararsız bileşikler olan antosiyaninlerin kaybının, antosiyaninlerin flavan-3-oller veya fenolik asitler gibi diğer fenolik bileşenlerle yoğunlaşma reaksiyonlarının bir sonucu olabileceği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra antosiyaninlerin oksidasyonunun ve oluşan polimerizasyon reaksiyonlarının bir sonucu olabileceği de ortaya konmuştur

(Reed ve ark., 2005). Antosiyanin bozunması yüksek sıcaklıklarda ve ışıklı ortamda depolama ile hızlanır. Böylece renksiz veya istenmeyen kahverengimsi bileşikler oluşabilir (Kırca ve ark., 2007). Kayapınar (2021), tanen ilave ettikleri şalgam suyunun 6 aylık depolaması sonucunda tanen miktarı ile toplam monomerik antosiyanin miktarı arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Şalgam suyuna eklenen tanenlerin antosiyaninler ile kopigmentasyon gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Şalgam suyunun renk sonuçlarını da değerlendirerek tanen ilavesinin antosiyanin stabilizasyonuna yardımcı olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise şarabın yaşlandıkça, antosiyaninlerin hem bozunabileceği hem de diğer bileşiklerle (özellikle tanenlerle) etkileşerek daha stabil hale gelebileceği ortaya konmuştur (Ginjom ve ark., 2010). Sonuç olarak mevcut çalışmadaki antosiyanin kayıplarının oksidasyon kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir.

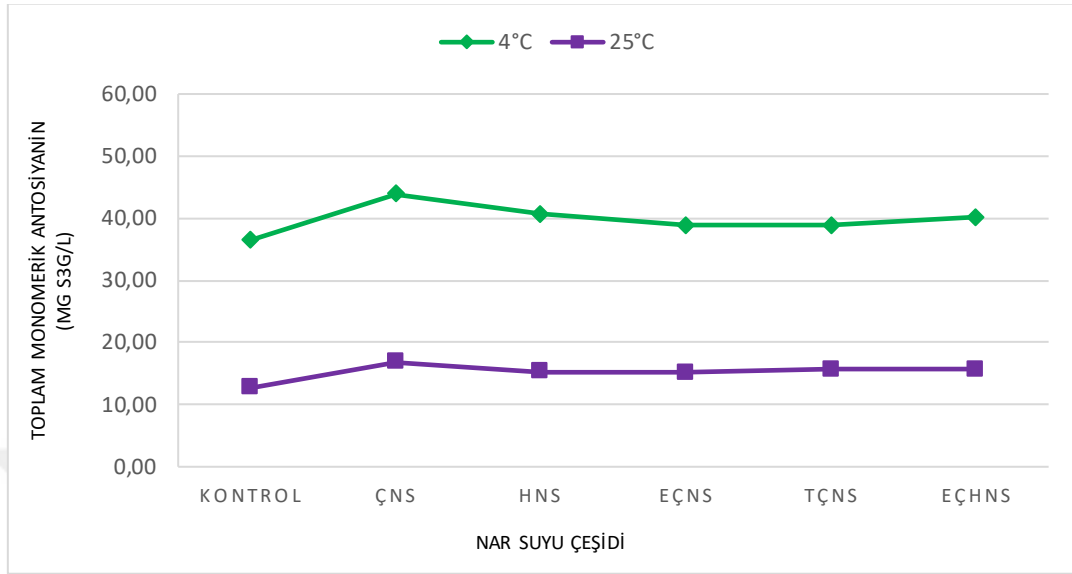
Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.36’da verilmiştir. 25°C’de depolanan örneklerin antosiyanin içeriği 45. günde sıfıra düşmüştür. Bir çalışmada, 5°C’de 77 ila 233 gün, 25°C’de ise 8 ila 15 gün arasında depolama ile antosiyaninlerin %90’ının bozunduğu belirlenmiştir (Mena ve ark., 2013).



Şekil 4.36. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

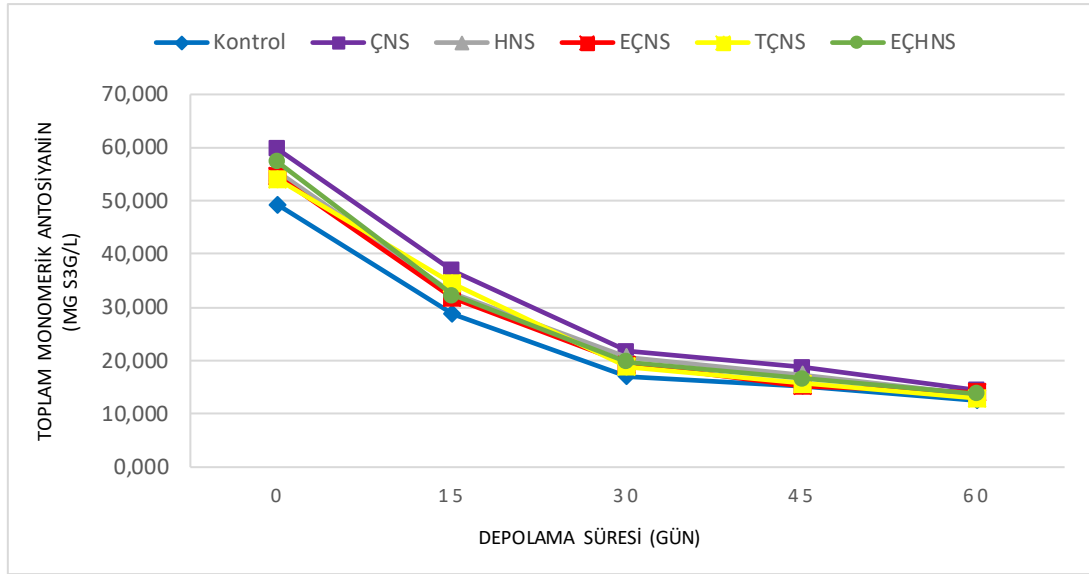
Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.37’de verilmiştir. 4 ve 25°C’deki depolamada nar sularının toplam monomerik antosiyanin içerikleri arasında önemli

düzeyde fark görülmektedir. 25°C’de depolanan örneklerin antosiyanin değerleri 4°C’ye kıyasla birbirine daha yakın bulunmuştur.



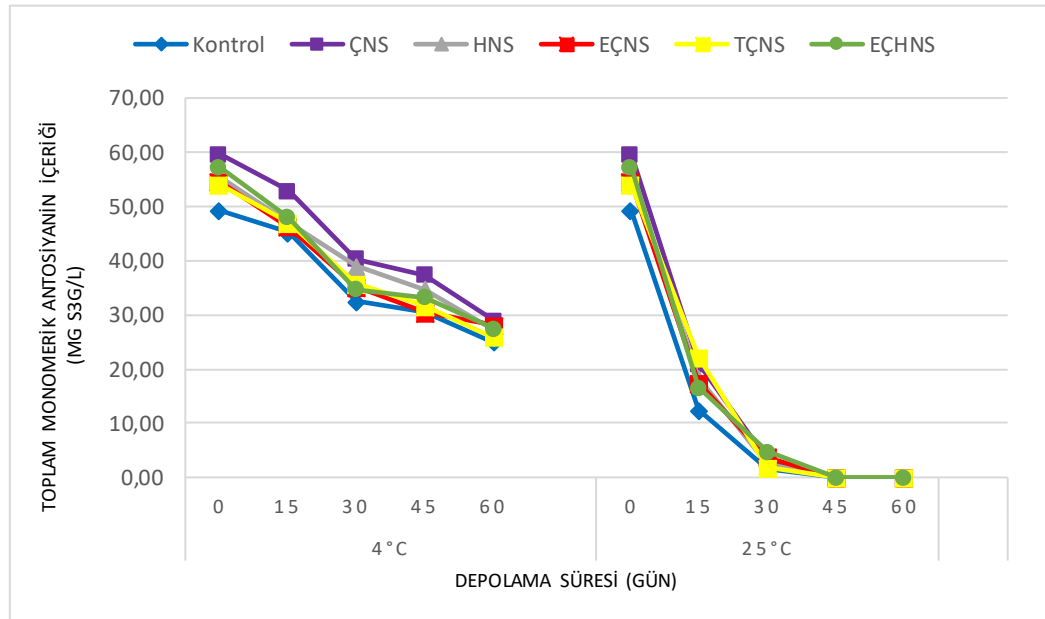
Şekil 4.37. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin içerikleri üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.38’de verilmiştir. Örneklerin toplam monomerik antosiyanin içerikleri arasında depolamanın başlangıcında fark bulunurken 30. günden itibaren değerler birbirlerine yaklaşmıştır. De Beer ve ark. (2014), kırmızı erik kabuğu ekstraktı ilave ettikleri kırmızı erik nektarını 3 ay boyunca depolamaları sonucunda zenginleştirilmiş örneğin toplam antosiyanin içeriğinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Bu durum fenolik bileşenler arasında gerçekleşen kopigmentasyon ile ilişkilendirilmiştir. Mevcut çalışmada bu durum gözlenmemiş olup, antosiyanin bozulmasının oksidasyon temelli olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.38. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin içerikleri üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi Şekil 4.39’da verilmiştir. 4 ve 25°C’de depolanan örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriği depolama süresince azalmıştır. Her iki sıcaklıkta da 30. güne kadar en düşük toplam monomerik antosiyanin içeriğine kontrol örneği sahip olmuştur.



Şekil 4.39. Nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” etkileşimi

4.2.6. Antioksidan aktivite

Nar suyu örneklerine ait antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.17’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.19’da verilmiştir.

4°C’de depolanan nar suyu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri 14.89-35.29 mg TE/mL arasında, 25°C’de depolanan örneklerin antioksidan aktivite değerleri ise 11.03-35.29 arasında değişmiştir (Çizelge 4.17). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin antioksidan aktivitesi üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi”, “sıcaklık x nar suyu çeşidi” ve “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre nar suyu örnekleri arasında en yüksek antioksidan aktivite ÇNS örneğinde, en düşük ise kontrol örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Nar sularına, nar ekstraktı ilavesi örneklerin antioksidan aktivite içeriklerinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %89.29, EÇHNS örneğinde %70.58, HNS örneğinde %67.93, TÇNS örneğinde %64.73 ve EÇNS örneğinde ise %59.60 ve artışa neden olmuştur (Çizelge 4.18). Beklendiği üzere, en yüksek fenolik içeriğine sahip ÇNS örneği en yüksek antioksidan aktiviteye, en düşük fenolik içeriği ile kontrol örneği ise en düşük antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. ÇNS örneğinin en yüksek antioksidan aktivite göstermesi, Ç ekstraktının nar suyuna en yüksek oranda ilavesi ile açıklanabilir.

Önceki çalışmalar, nar kabuğunun ve çekirdeklerinin toplam fenolik içeriği ile DPPH radikal süpürücü aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir (Wang ve ark., 2011; Orak ve ark., 2012). Nar suyunun antioksidan aktivitesinin büyük oranda nar kabuğundan gelen hidrolize edilebilir tanenler (ellajitanenler ve gallotanenler), ellajik asit, antosiyaninler (siyanidin, delfinidin ve pelargonidin glikozitler) ve diğer flavonoit bileşiklerden (kuersetin, kamferol ve luteolin glikozitler) kaynaklandığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra antioksidan aktiviteye yalnızca polifenollerin değil aynı zamanda kabukta bulunan diğer fitokimyasalların da katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür (Rinaldi ve ark., 2013).

Bazı araştırmalarda meyve sularına nar kabuğu ekstraktı eklemenin örneklerin antioksidan kapasitelerinde artışa neden olabileceği bildirilmiştir. Ticari domatesli ve çilekli portakal sularının farklı oranlarda (%0.5, 1, 1.5 ve 2) nar kabuğu ekstresi ile

zenginleştirilmesi sonucu antioksidatif aktivitede artış görülmüştür (Salgado ve ark., 2012). Altunkaya ve ark. (2013) elma suyunu nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirmiş (10-20 mg/mL) ve ürünün antioksidan aktivitesinde 1.4 ila 2.1 kat artış belirlemiştir. Nar kabuğu ekstraktı (%80 etanol) ile zenginleştirilmiş guava suyunda ekstrakt oranı arttıkça antioksidan aktivite değerinde de artış gözlenmiştir (Barros ve ark., 2014). Havuç suyuna yüksek basınçlı işlem ile elde edilen nar kabuğu ekstraktı ilavesi (2.5 mg/mL) ürünün antioksidan değerinde artış göstermiştir (Trigo ve ark., 2020b). Jana ve ark. (2018), üzüm pres yağı küspesinin etanolik ekstraktını dondurarak kuruttuktan sonra elma ve üzüm sularına 1 g/L konsantrasyonda eklemiştir. Sonuç olarak meyve sularının antioksidan aktivitesi 2 kat artmıştır. Antioksidan değeri arttırılmış benzer ürünler olarak; kurutulmuş ahududu posası ekstraktı ile zenginleştirilmiş meyve püresi (Bobinaité ve ark., 2016), muz kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmiş taze portakal suyu (Ortiz ve ark., 2017b), portakal kabuğu ve posa ekstraktı ile zenginleştirilmiş havuç suyu (Adiamo ve ark., 2017) çalışılmıştır.

Nar sularının antioksidan aktivite değerleri depolama sıcaklığının artması ile azalmıştır (Çizelge 4.19). Bu sonuç depolama sıcaklığının artmasına bağlı olarak örneklerin toplam fenolik, toplam flavonoit ve hidrolize edilebilir tanen içeriklerinin azalmasıyla uyumluluk göstermiştir. Sıcaklığın polifenollerin stabiliteelerini etkilemesinden dolayı antioksidan aktivitelerini de azaltması beklenen bir sonuçtur (Zheng ve ark., 2011). Bir çalışmada, nar kabuğu sıvı ekstraktları termal sterilizasyon işleminden sonra 6 ay boyunca 4, 25 ve 37°C'de depolanmıştır. Daha yüksek depolama sıcaklığı, ekstraktların antioksidan aktivitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur. 4°C'de 6 ay depolanan örneğin başlangıçtaki radikal temizleme aktivitesinin %58'ini koruduğu bildirilmiştir. Bu nedenle araştırmacılar, kalite özelliklerini korumak için sıvı ekstraktların düşük sıcaklıkta depolanmasını önermiştir (Qu ve ark., 2013).

Depolama boyunca nar sularının antioksidan aktivite değerleri azalmıştır (Çizelge 4.19). Örneklerin antioksidan aktiviteleri başlangıca kıyasla 60. günün sonunda %28.5 oranında düşüş göstermiştir. Bu azalış örneklerdeki antioksidan aktivite sergileyen bileşenlerin azalmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim depolama süresinin uzaması sonucunda örneklerin toplam fenolik, toplam flavonoit ve hidrolize edilebilir tanen içeriklerinde azalma gözlenmiştir. Qu ve ark. (2013), nar kabuğundan elde edilen sıvı ekstraktın 37°C'de 6 ay boyunca depolanması ile radikal temizleme aktivitesinde %40 oranında azalış tespit etmiştir. Düşük sıcaklıklarda (4 ve 25°C) depolanan örnekler için de benzer azalışlar gözlenmiştir. Bir başka çalışmada, nar kabuğu ekstraktı ilave

edilen havuç suyunun depolanması boyunca antioksidan kapasitesinde azalış belirlenmiştir (Trigo ve ark., 2020b). Fernandez ve ark. (2020), pancar yaprağı ekstraktı (%30 h/h) ilave ettikleri smoothie'yi 5°C'de 21 gün depolamaları sonucunda örneklerin DPPH radikal süpürücü kapasitesinde %26.17 oranında azalma bulmuşlardır. Benzer bir çalışmada ise Saad ve ark. (2021), pastörize salatalık suyuna ayrı ayrı tarçın, karanfil, nane ve zencefil ekstraktları (200 µg/mL) ilave ederek oda sıcaklığında 6 ay depolamıştır. Depolama sonunda tüm içeceklerin DPPH antioksidan aktivitelerinde azalma gözlenip bu durum polifenol ve flavonoit içeriklerinin azalması ile ilişkilendirilmiştir.



Çizelge 4.17. Nar suyu örneklerine ait DPPH antioksidan aktivite sonuçları (mg TE/mL)¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	DPPH antioksidan aktivite (mg TE/mL)
4	0	Kontrol	19.20±0.00
		ÇNS ²	35.29±0.30
		HNS ³	30.56±0.84
		EÇNS ⁴	29.69±0.54
		TÇNS ⁵	29.36±0.85
		EÇHNS ⁶	32.35±0.16
	15	Kontrol	18.87±1.23
		ÇNS	34.36±0.08
		HNS	29.42±0.30
		EÇNS	27.95±0.08
		TÇNS	29.03±0.54
		EÇHNS	31.42±0.39
	30	Kontrol	17.78±0.16
		ÇNS	31.05±0.62
		HNS	28.00±0.16
		EÇNS	27.24±0.47
		TÇNS	28.71±0.10
		EÇHNS	27.35±0.78
	45	Kontrol	16.97±0.35
		ÇNS	30.47±0.18
		HNS	26.89±0.09
		EÇNS	26.10±0.10
		TÇNS	26.36±0.65
		EÇHNS	25.84±0.09
	60	Kontrol	14.89±0.09
		ÇNS	24.47±0.37
		HNS	23.89±0.64
		EÇNS	23.37±0.28
		TÇNS	23.62±0.83
		EÇHNS	24.54±1.20
25	0	Kontrol	19.20±0.00
		ÇNS	35.29±0.30
		HNS	30.56±0.84
		EÇNS	29.69±0.54
		TÇNS	29.36±0.85
		EÇHNS	32.35±0.16
	15	Kontrol	16.86±0.70
		ÇNS	33.76±1.07
		HNS	28.60±0.08
		EÇNS	26.48±0.80
		TÇNS	28.93±0.08
		EÇHNS	30.77±0.38
	30	Kontrol	14.68±1.77
		ÇNS	30.77±0.23
		HNS	27.51±2.08
		EÇNS	25.72±0.16
		TÇNS	27.30±0.84
		EÇHNS	26.26±0.31
	45	Kontrol	13.05±1.20
		ÇNS	28.97±0.65
		HNS	25.58±0.92
		EÇNS	23.56±0.37
		TÇNS	25.44±0.09
		EÇHNS	24.15±0.64
	60	Kontrol	11.03±1.11
		ÇNS	23.17±1.11
		HNS	21.93±0.83
		EÇNS	19.58±0.83
		TÇNS	19.58±1.39
		EÇHNS	22.19±1.01

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

Çizelge 4.18. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivite miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	DPPH antioksidan aktivite (mg TE/mL)	
		KO	F
Sıcaklık (S)	1	60.76	115.52**
Depolama süresi (D)	4	256.42	487.50**
Nar suyu çeşidi (N)	5	490.30	932.15**
SxD	4	7.06	13.42**
SxN	5	2.34	4.44**
DxN	20	3.98	7.57**
SxDxN	20	0.418	0.79ns
Hata	60	0.526	

SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli. ** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli. ns: önemsiz.

Çizelge 4.19. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivite miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	DPPH antioksidan aktivite (mg TE/mL)
Nar suyu çeşidi		
Kontrol	20	16.25±0.62 ^e
ÇNS ²	20	30.76±0.93 ^a
HNS ³	20	27.29±0.63 ^b
EÇNS ⁴	20	25.93±0.68 ^d
TÇNS ⁵	20	26.77±0.70 ^c
EÇHNS ⁶	20	27.72±0.82 ^b
Sıcaklık (°C)		
4	60	26.50±0.65 ^a
25	60	25.08±0.78 ^b
Depolama süresi (Gün)		
0	24	29.40±1.04 ^a
15	24	28.04±1.06 ^b
30	24	26.03±0.99 ^c
45	24	24.45±0.97 ^d
60	24	21.02±0.85 ^e

¹Aynı varyasyon kaynağı için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$).

²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

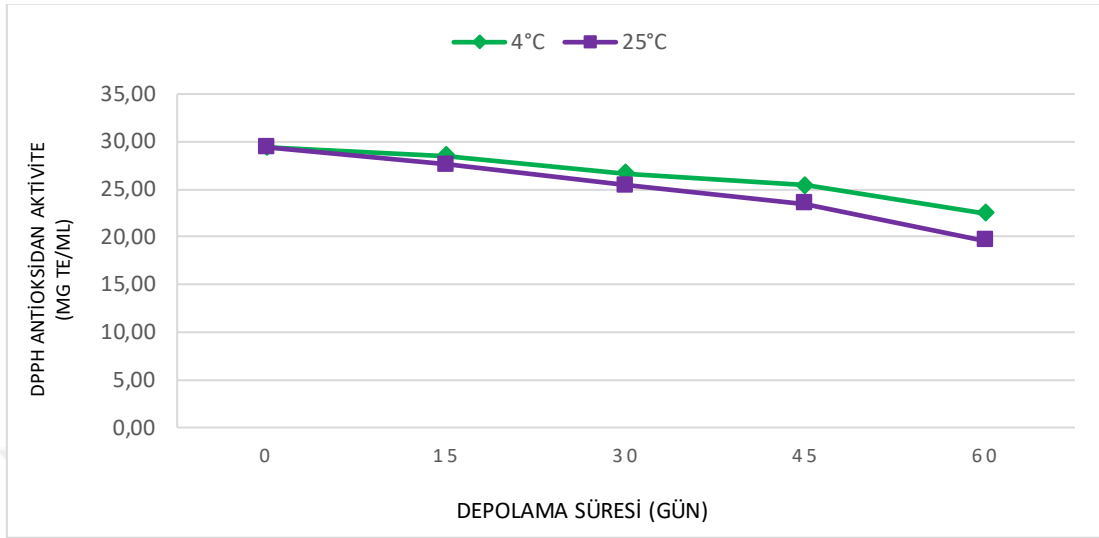
⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu.

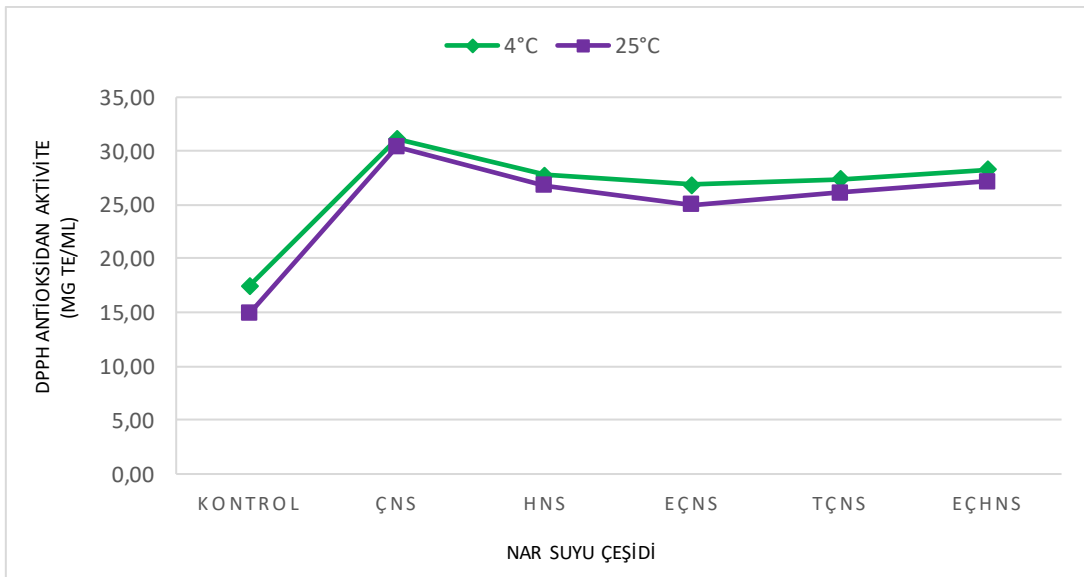
Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.40’ta verilmiştir. 4 ve 25°C’de

depolanan örneklerin DPPH antioksidan aktivitesi depolama boyunca azalış göstermiş olup, azalış hızı 25°C’de daha yüksek olarak bulunmuştur.



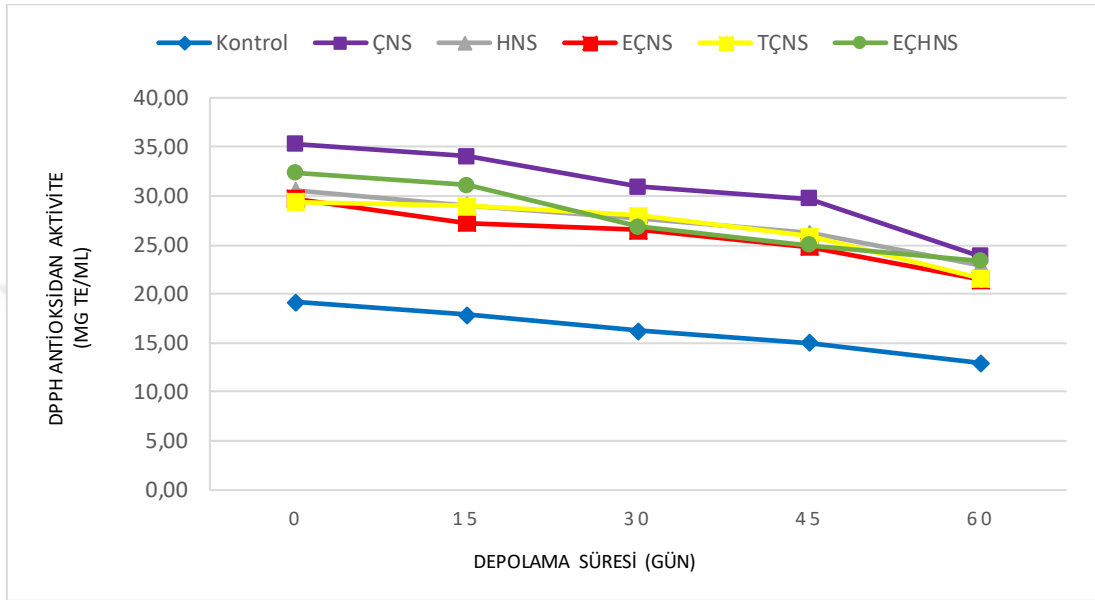
Şekil 4.40. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksiyonu

Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksiyonu Şekil 4.41’de verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda depolanan ÇNS örneklerinin antioksidan aktivite değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Diğer örneklerde ise anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.



Şekil 4.41. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksiyonu

Örneklerin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.42’de verilmiştir. Buna göre HNS ve TÇNS örneklerinin antioksidan aktivitesinde ilk 30 günde önemli bir değişim gözlenmezken, devam eden periyotta keskin azalışlar gözlenmiştir. Diğer örneklerde ise azalış depolama süresince kademeli olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.42. Nar suyu örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesi üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

4.2.7. Duyusal analiz

4 ve 25°C’de depolanan nar suyu örneklerine ait duyusal analiz (görünüş, renk, koku, viskozite, tat, ağızda kalan tat ve genel beğeni) sonuçları Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Nar yan ürün ekstraktlarının ilave edildiği nar sularının görünüş puanları 4°C depolanma sırasında 3.63-9.00 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolanma sırasında ise 1.00-9.00 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçları değerlendirmesine göre nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “*sıcaklık x depolama süresi*” ve “*sıcaklık x nar suyu çeşidi*” interaksyonları $p \leq 0.01$ düzeyinde ve “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu ise $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Görünüş puanları açısından kontrol örneği en yüksek puana sahip olmuş ancak HNS örneğinin görünüş puanı ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur (Çizelge 4.23). Bu nedenle genel olarak ekstrakt ilavesinin duyuusal görünüş puanını olumsuz etkilediği söylenebilir. Bu durum ekstraktlarda bulunan bileşenlerin nar suyunda bulanıklık ve mat bir görüntü oluşturmaları ile açıklanabilir. Dalabasmaz (2013), elma suyuna ve kayısı nektarına ekinezya ekstraktı ilave etmenin kontrol örneklerine kıyasla görünüş puanlarında düşüşe neden olduğunu belirlemiştir. Bu durum ekstrakt partiküllerinden kaynaklı bulanıklık sorunu ile ilişkilendirilmiştir.

Depolama sıcaklığının artması sonucunda örneklerin görünüş puanları düşüş göstermiştir (Çizelge 4.23). Sıcaklık artışı görünüş puanının azalmasının yüksek sıcaklıklarda örneklerin brikslerinde ve bulanıklık değerlerinde artış gözlenmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama süresinin uzaması ile beraber örneklerin görünüş puanlarında azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.23). Bu değişimin, depolama boyunca örneklerin renk değişimine ve bulanıklık değerlerinin artmasına bağlı olduğu düşünülmüştür. Mokhtar ve ark. (2020), guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktlarını içeren guava nektarlarının depolanmaları (6 ay, oda sıcaklığında) sonucunda örneklerin görünüş beğenilerinin azaldığını bulmuştur. Ancak mevcut çalışmanın aksine, kontrol örneğine kıyasla ekstrakt içeren nektarlarda görünüş puanının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, nar kabuğu ve guava yaprağı ekstraktlarının doğal bir antioksidan kaynağı olmasından dolayı eklendiği guava nektarının özelliklerini iyileştirdiği ve depolama sırasında nektarın kalitesinin bozulmasını geciktirmede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.20. 4°C’de depolanan nar suyu örneklerine ait duyuusal analiz sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	Görünüş	Renk	Koku	Viskozite	Tat	Ağızda kalan tat	Genel beğeni
4	0	Kontrol	9.00±0.00	9.00±0.00	8.50±0.00	8.50±0.00	6.87±0.18	6.46±0.30	7.29±0.06
		ÇNS ²	8.25±0.35	8.25±0.35	8.13±0.18	8.50±0.00	6.37±0.53	5.69±0.98	7.25±0.35
		HNS ³	8.25±0.35	8.25±0.35	8.38±0.53	8.50±0.00	6.50±0.00	6.00±0.00	7.00±0.00
		EÇNS ⁴	8.50±0.35	8.38±0.18	8.88±0.18	8.50±0.00	8.00±1.41	7.50±0.71	8.25±0.35
		TÇNS ⁵	8.75±0.00	8.22±0.31	8.47±0.04	8.50±0.00	6.50±0.00	5.50±0.00	7.63±0.18
		EÇHNS ⁶	8.29±0.06	8.58±0.12	8.65±0.03	8.58±0.12	7.50±0.71	6.75±0.35	7.50±0.71
	15	Kontrol	7.63±0.18	7.50±0.71	8.25±0.35	8.50±0.00	6.25±0.35	5.87±0.18	7.25±0.71
		ÇNS	7.88±0.18	8.13±0.53	7.75±0.35	8.38±0.53	6.12±0.53	4.75±0.35	6.75±0.00
		HNS	8.00±0.00	8.13±0.53	7.88±0.53	8.50±0.00	5.25±0.35	4.75±0.35	6.63±0.18
		EÇNS	7.75±0.35	8.25±0.35	8.38±0.18	8.50±0.35	7.58±0.25	7.32±0.60	7.58±0.25
		TÇNS	7.75±0.35	8.00±0.71	8.00±0.71	8.25±0.35	6.38±0.18	5.37±0.53	7.25±0.35
		EÇHNS	7.50±0.00	7.25±0.35	8.38±0.88	8.50±0.00	6.00±1.41	6.00±1.41	7.13±0.88
	30	Kontrol	6.63±0.53	6.38±0.18	6.88±0.18	7.75±0.35	5.75±0.35	5.00±0.71	6.25±0.35
		ÇNS	7.13±0.18	6.50±0.00	7.25±0.35	8.13±0.18	5.13±0.18	3.75±0.35	6.63±0.18
		HNS	7.13±0.53	7.38±0.18	7.38±0.18	8.38±0.18	5.13±0.53	4.25±0.35	6.00±0.71
		EÇNS	5.88±0.53	6.00±0.71	7.38±0.18	8.25±0.00	7.25±0.35	7.00±0.00	7.13±0.53
		TÇNS	6.25±0.35	7.25±0.35	7.25±0.35	7.75±0.35	6.00±0.70	4.87±0.18	6.25±0.35
		EÇHNS	6.13±0.53	6.63±0.18	7.63±0.53	7.88±0.18	5.63±0.18	5.62±0.18	6.38±0.18
	45	Kontrol	5.50±0.00	5.13±0.53	6.50±0.71	7.38±0.18	3.25±0.35	4.50±0.71	5.88±0.53
		ÇNS	5.38±0.18	4.13±0.53	5.50±0.71	7.38±0.53	3.88±0.88	2.75±0.35	6.38±0.88
		HNS	5.00±0.71	4.25±0.35	5.88±0.18	7.50±0.00	4.88±0.88	4.12±0.53	4.75±0.35
		EÇNS	4.38±0.53	4.50±0.00	5.75±0.35	7.50±0.71	6.50±0.71	6.38±0.18	6.00±0.71
		TÇNS	4.38±0.18	4.88±0.53	6.00±0.71	7.25±0.00	4.75±0.35	3.75±0.35	6.50±0.00
		EÇHNS	4.00±0.71	4.13±0.18	5.88±0.18	7.38±0.53	5.50±0.00	4.50±0.71	5.00±0.71
	60	Kontrol	5.25±1.06	4.63±0.53	5.25±0.35	7.25±0.35	2.75±0.35	4.25±0.35	4.00±0.71
		ÇNS	5.13±0.53	3.88±0.18	5.38±0.35	7.13±0.18	2.88±0.18	2.25±0.35	3.75±0.35
		HNS	4.88±0.53	3.75±0.35	4.63±0.18	7.25±0.35	3.88±0.18	2.75±0.35	3.50±0.71
		EÇNS	4.13±0.53	4.25±0.35	4.75±0.35	7.00±0.71	5.50±0.71	5.25±0.35	5.50±0.71
		TÇNS	3.88±0.53	4.63±0.88	5.25±0.35	7.13±0.18	3.50±0.71	3.13±0.18	4.25±0.35
		EÇHNS	3.63±0.18	3.75±0.35	4.38±0.18	7.25±0.35	4.25±0.35	3.50±0.71	4.13±0.18

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir. ²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. 1 puan: hiç beğenmedim, 5 puan: orta, 9 puan: çok beğendim.

Çizelge 4.21. 25°C’de depolanan nar suyu örneklerine ait duyuusal analiz sonuçları¹

Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama süresi (Gün)	Nar suyu çeşidi	Görünüş	Renk	Koku	Viskozite	Tat	Ağızda kalan tat	Genel beğeni
25	0	Kontrol	9.00±0.00	9.00±0.00	8.50±0.00	8.50±0.00	6.87±0.18	6.46±0.30	7.29±0.06
		ÇNS	8.25±0.35	8.25±0.35	8.13±0.18	8.50±0.00	6.37±0.53	5.69±0.98	7.25±0.35
		HNS	8.25±0.35	8.25±0.35	8.38±0.53	8.50±0.00	6.50±0.00	6.00±0.00	7.00±0.00
		EÇNS	8.50±0.35	8.38±0.18	8.88±0.18	8.50±0.00	8.00±1.41	7.50±0.71	8.25±0.35
		TÇNS	8.75±0.00	8.22±0.31	8.47±0.04	8.50±0.00	6.50±0.00	5.50±0.00	7.63±0.18
		EÇHNS	8.29±0.06	8.58±0.12	8.65±0.03	8.58±0.12	7.50±0.71	6.75±0.35	7.50±0.71
	15	Kontrol	5.75±0.35	6.00±0.71	7.75±0.35	8.00±0.71	5.82±0.45	5.69±0.27	6.63±0.18
		ÇNS	5.25±0.35	6.50±0.00	7.88±0.18	8.38±0.18	5.75±0.00	5.13±0.18	6.38±0.18
		HNS	6.00±0.00	6.00±0.71	8.13±0.53	8.50±0.00	4.63±0.53	5.63±0.18	6.75±0.71
		EÇNS	5.25±1.06	6.25±0.35	7.75±1.06	8.38±0.18	6.63±0.53	6.63±0.88	7.13±0.88
		TÇNS	4.50±0.00	5.25±0.35	8.00±0.00	8.38±0.18	5.88±0.53	5.25±0.35	6.50±0.35
		EÇHNS	4.88±0.53	5.25±0.35	7.94±0.09	8.19±0.27	5.75±0.35	6.38±0.18	7.38±0.18
	30	Kontrol	3.50±0.00	2.88±0.53	3.38±0.18	7.63±0.18	2.50±0.00	2.31±0.09	3.13±0.18
		ÇNS	2.63±0.18	2.75±0.35	6.50±0.71	7.50±0.71	1.88±0.53	1.50±0.71	2.88±1.60
		HNS	3.25±0.35	3.25±0.35	5.50±0.71	7.50±0.00	2.38±0.18	2.37±0.18	3.25±0.35
		EÇNS	4.00±0.35	4.38±0.18	6.38±0.18	7.50±0.00	2.88±0.18	2.50±0.00	3.38±0.18
		TÇNS	2.25±0.35	2.75±0.35	3.25±0.35	7.13±0.53	3.63±0.53	3.37±0.53	4.88±0.53
		EÇHNS	2.69±0.09	2.94±0.44	4.56±0.27	7.56±0.09	2.88±0.18	3.37±0.53	3.75±0.00
	45	Kontrol	2.38±0.18	1.75±0.35	3.25±0.35	7.38±0.18	2.36±0.18	1.50±0.00	2.75±0.35
		ÇNS	1.50±0.00	2.38±0.53	2.50±0.00	7.25±1.06	1.50±0.00	1.38±0.53	1.88±0.53
		HNS	2.25±0.35	1.75±0.35	1.75±0.35	7.00±0.71	2.13±0.18	2.25±0.35	2.88±0.53
		EÇNS	2.38±0.53	2.25±0.35	3.38±0.53	6.63±0.18	2.63±0.18	2.38±0.18	2.63±0.53
		TÇNS	1.50±0.71	1.50±0.71	1.75±0.35	6.88±0.18	3.50±0.00	2.87±0.53	3.38±0.18
		EÇHNS	1.25±0.35	2.25±0.35	1.25±0.35	7.25±0.35	2.50±0.00	3.25±0.35	3.25±0.35
	60	Kontrol	1.50±0.00	1.25±0.35	1.75±0.35	7.50±0.71	1.25±0.35	1.38±0.18	1.00±0.00
		ÇNS	1.00±0.00	1.00±0.00	1.75±0.35	6.75±0.35	1.25±0.35	1.13±0.18	1.00±0.00
		HNS	1.00±0.00	1.25±0.35	1.25±0.35	6.63±0.18	1.13±0.18	1.00±0.00	1.25±0.35
		EÇNS	1.25±0.35	1.00±0.00	1.75±0.35	6.50±0.71	1.50±0.71	1.50±0.71	1.50±0.71
		TÇNS	1.25±0.35	1.25±0.35	1.25±0.35	6.50±0.71	1.75±0.35	1.50±0.71	1.50±0.71
		EÇHNS	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	6.50±0.00	1.25±0.35	1.25±0.35	1.50±0.71

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir. ²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. 1 puan: hiç beğenmedim, 5 puan: orta, 9 puan: çok beğendim.

Çizelge 4.22. Nar suyu örneklerinin duyuşal sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Görünüş		Renk		Koku		Viskozite		Tat		Ağızda kalan tat		Genel beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	1	177.32	1136.97**	147.12	910.40**	111.63	701.38**	2.55	19.31**	85.46	322.18**	53.86	233.03**	98.37	383.77**
Depolama süresi (D)	4	131.97	846.22**	143.05	885.20**	130.11	817.48**	11.29	85.54**	76.18	287.18**	65.50	283.41**	91.14	355.55**
Nar suyu çeşidi (N)	5	1.91	12.21**	0.30	1.82ns	0.80	5.02**	0.12	0.92ns	6.44	24.26**	9.54	41.28**	2.12	8.28**
SxD	4	11.97	76.77**	11.14	68.94**	18.18	114.20**	0.30	2.28ns	10.92	41.16**	9.84	42.56**	13.83	53.96**
SxN	5	0.73	4.70**	0.58	3.61**	0.98	6.14**	0.09	0.67ns	1.44	5.44**	2.45	10.62**	0.97	3.77**
DxN	20	0.23	1.50ns	0.36	2.20*	0.84	5.25**	0.08	0.59ns	0.52	1.96*	0.37	1.61ns	0.21	0.83ns
SxDxN	20	0.30	1.89*	0.31	1.94*	0.461	2.90**	0.07	0.53ns	0.33	1.26ns	0.33	1.42ns	0.35	1.35ns
Hata	60	0.16		0.16		0.16		0.13		0.27		0.23		0.26	

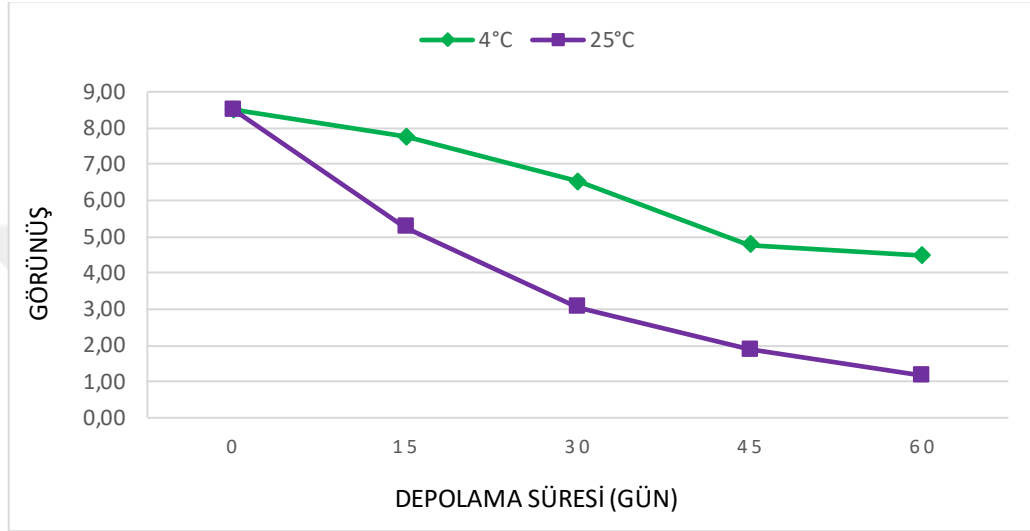
SD: Serbestlik derecesi. KO: Kareler ortalaması. * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli. ** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli. ns: önemsiz.

Çizelge 4.23. Nar suyu örneklerinin duysal analiz değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları¹

Varyasyon Kaynakları	n	Görünüş	Renk	Koku	Viskozite	Tat	Ağızda kalan tat	Genel beğeni
Nar suyu çeşidi								
Kontrol	20	5.61±0.57 ^a	5.35±0.61 ^a	6.00±0.54 ^{bc}	7.84±0.12 ^a	4.37±0.47 ^c	4.34±0.43 ^c	5.15±0.50 ^{cd}
ÇNS ²	20	5.24±0.60 ^b	5.18±0.59 ^{ab}	6.08±0.51 ^{ab}	7.79±0.16 ^a	4.11±0.46 ^c	3.40±0.41 ^e	5.01±0.53 ^d
HNS ³	20	5.40±0.57 ^{ab}	5.23±0.60 ^{ab}	5.91±0.58 ^{bc}	7.83±0.16 ^a	4.24±0.40 ^c	3.91±0.38 ^d	4.90±0.46 ^d
EÇNS ⁴	20	5.20±0.55 ^b	5.36±0.56 ^a	6.33±0.53 ^a	7.73±0.19 ^a	5.65±0.54 ^a	5.40±0.52 ^a	5.73±0.54 ^a
TÇNS ⁵	20	4.93±0.62 ^c	5.19±0.60 ^{ab}	5.77±0.61 ^c	7.63±0.17 ^a	4.84±0.46 ^b	4.11±0.31 ^{cd}	5.58±0.45 ^{ab}
EÇHNS ⁶	20	4.76±0.60 ^c	5.04±0.58 ^b	5.83±0.64 ^{bc}	7.77±0.16 ^a	4.88±0.47 ^b	4.74±0.42 ^b	5.35±0.47 ^{bc}
Sıcaklık (°C)								
4	60	6.41±0.22 ^a	6.33±0.24 ^a	6.95±0.18 ^a	7.91±0.08 ^a	5.52±0.19 ^a	4.99±0.18 ^a	6.19±0.17 ^a
25	60	3.97±0.35 ^b	4.12±0.36 ^b	5.02±0.38 ^b	7.62±0.10 ^b	3.84±0.29 ^b	3.65±0.28 ^b	4.38±0.32 ^b
Depolama süresi (Gün)								
0	24	8.51±0.07 ^a	8.45±0.07 ^a	8.50±0.06 ^a	8.51±0.01 ^a	6.96±0.16 ^a	6.32±0.16 ^a	7.49±0.10 ^a
15	24	6.51±0.28 ^b	6.88±0.24 ^b	8.01±0.09 ^b	8.37±0.06 ^a	6.00±0.17 ^b	5.73±0.18 ^b	6.94±0.11 ^b
30	24	4.79±0.38 ^c	4.92±0.39 ^c	6.11±0.32 ^c	7.74±0.09 ^b	4.25±0.36 ^c	3.83±0.32 ^c	4.99±0.33 ^c
45	24	3.32±0.33 ^d	3.24±0.28 ^d	4.11±0.40 ^d	7.23±0.09 ^c	3.61±0.31 ^d	3.30±0.29 ^d	4.27±0.34 ^d
60	24	2.82±0.37 ^e	2.64±0.33 ^e	3.20±0.37 ^e	6.95±0.10 ^d	2.57±0.30 ^e	2.41±0.28 ^e	2.74±0.33 ^e

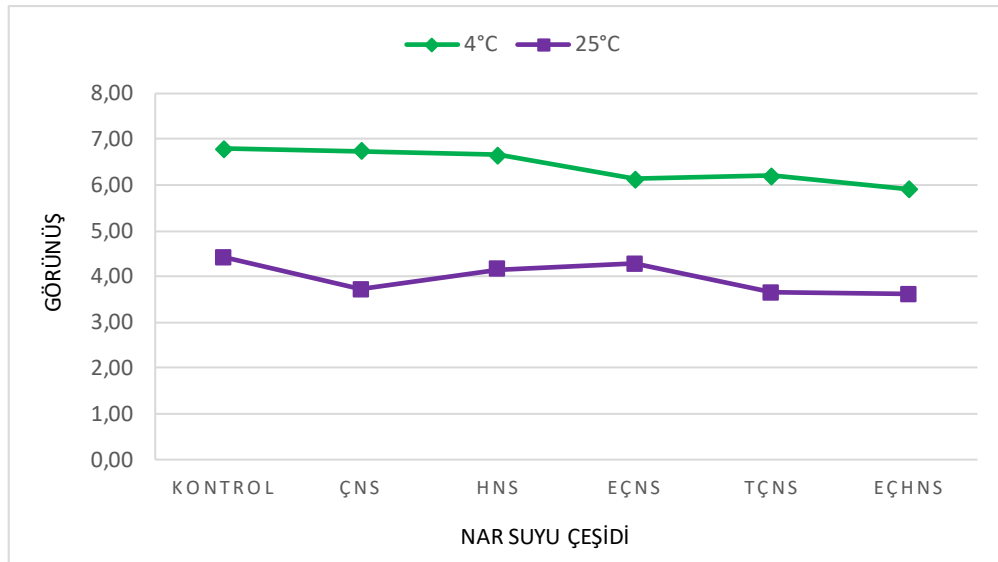
¹Aynı varyasyon kaynağı için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark vardır ($p \leq 0.05$). ²ÇNS: Çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ³HNS: Homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁴EÇNS: Enzimatik ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁵TÇNS: Total sıvılaştırma ve çözücü ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. ⁶EÇHNS: Enzimatik, çözücü ve homojenizatör destekli ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlı nar suyu. 1 puan: hiç beğenmedim, 5 puan: orta, 9 puan: çok beğendim.

Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.43’te verilmiştir. İnteraksiyon değerlendirildiğinde, 25°C’de depolanan örneklerin depolama sırasında görünüş puanı değişimi giderek azalan bir hızda gerçekleşmiştir. 4°C sıcaklıkta ilk 45 günde giderek artan bir hızla gerçekleşmiş ancak bu periyottan sonra değişim hızında keskin bir düşüş gözlenmiştir.



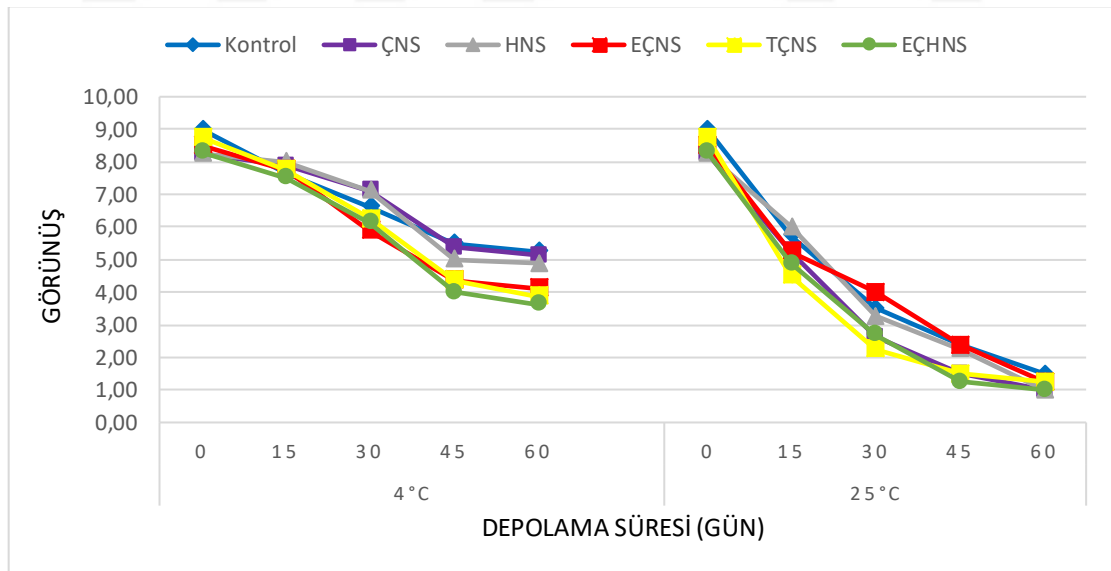
Şekil 4.43. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.44’te verilmiştir. EÇNS örneği 4°C’de depolama sırasında örnekler arasında en düşük görünüş puanlarından birine sahipken, 25°C’de en yüksek puanlardan birine sahip olmuştur.



Şekil 4.44. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin görünüş puanları üzerine etkili ($p \leq 0.05$) “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.45’te verilmiştir. 25°C’de depolanmış EÇNS örneğinin görünüş puanı değişimi diğer örneklerden farklı bir seyir izlemiştir. Bu örnekte 15. günden sonra doğrusal bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.45. Nar suyu örneklerinin görünüş puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Nar yan ürün ekstraktlarının ilave edildiği nar sularının renk puanları 4°C depolanması sırasında 3.75-9.00 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolanması sırasında ise 1.00-9.00 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçlarına göre nar

suyu örneklerinin renk puanları üzerinde, sıcaklık ve depolama süresi ile “sıcaklık x depolama süresi” ve “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonları $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli, “depolama süresi x nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonları $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli etki göstermiştir. Nar suyu çeşidi ise örneklerin rengi üzerinde etkisiz bulunmuştur (Çizelge 4.22).

EÇNS ve kontrol örneklerinin en yüksek renk puanına sahip oldukları ($p > 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Nar sularının diğer ekstraktlar ile zenginleştirilmesi ise renk puanında azalışa neden olmuştur. Bir çalışmada mango suyuna demirhindi tozu eklenmesi örneğin renk puanlarında azalmaya neden olmuştur (Natukunda ve ark., 2016). Renk puanında gözlenen bu azalmanın örneğin görünüşüyle ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Nitekim ekstrakt ilavesi yapılan örneklerin görünüş puanları da azalma göstermiştir.

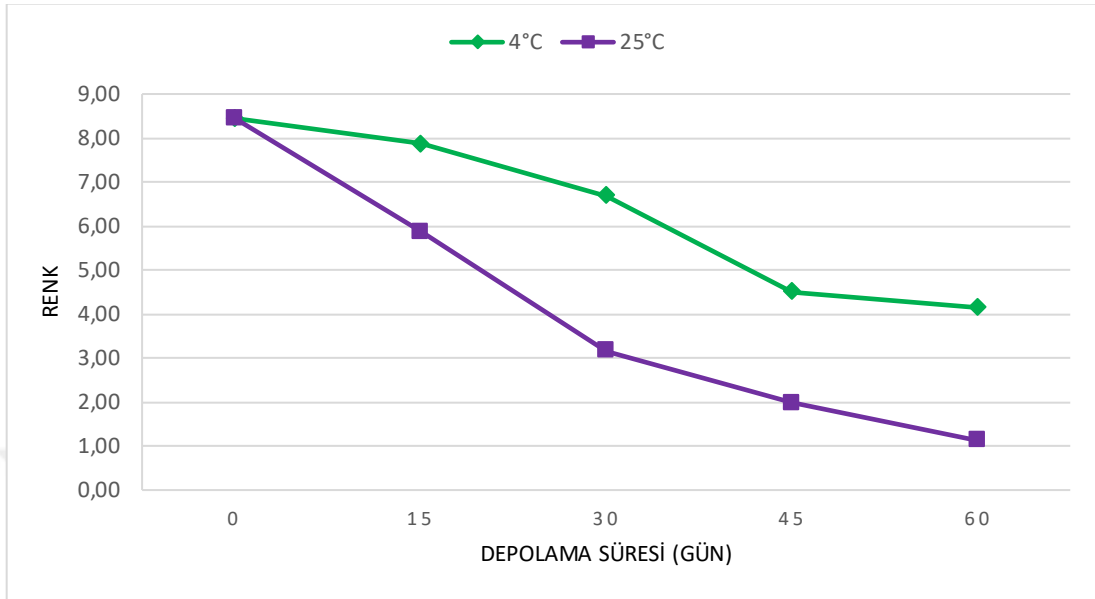
Depolama sıcaklığına bağlı olarak sıcaklığın artması sonucunda örneklerin renk puanları düşüş göstermiştir (Çizelge 4.23). 25°C’de depolanan örneklerde enstrümental olarak da gözlenen sarımsı-kahverengimsi renk oluşumu, örneklerin rengini nar suyunun doğal renginden farklılaştırdığı için tüketiciler tarafından daha az beğenilmiştir. Nar suyunun sıcak ve ışıklı ortamda depolanması, antosiyanin bozunmasının hızlanmasına neden olur. Böylece renksiz veya kahverengi renge sahip bileşikler oluşur (Kırca ve ark., 2007). Peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularının 12-25°C ve 4-7°C sıcaklıklarda depolandığı bir çalışmada, yüksek sıcaklıkta depolanan örneklerin renk puanlarında daha fazla azalma belirlenmiştir. Bu azalmanın üründe kahverengi pigmentlerin oluşumuna yol açan kimyasal reaksiyonlardan kaynaklı olabileceği değerlendirilmiştir (Sharma ve ark., 2019). Qu ve ark. (2013) ise depolama sıcaklığının nar kabuğu sıvı ekstraktlarının renk özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olduğunu ve sıcaklık yükselmesinin örneğin parlaklığında artışa yol açtığını belirlemiştir. Bunların yanı sıra, çalışmada kullanılan pastörize nar sularının 25°C’de depolanmaları süresince 4°C’ye kıyasla mikrobiyal bozulmaya daha eğilimli olması da örneklerin renginin bozulmasına neden olmuş olabilir. İşlem görmemiş nar suyunda doğal olarak oluşan mikroorganizmalar, düşük pH’lı ortamlarda hayatta kalma ve büyüme kapasitelerinden dolayı çoğunlukla maya ve küflerdir (Tournas ve ark., 2006). Bu mikroorganizmalar üzerinde pastörizasyon işlemleri önemli inaktivasyon etkisiyle sonuçlanır (Vegara ve ark., 2013). Bir çalışmada, Vegara ve ark. (2013), pastörizasyon işlemi uyguladıkları nar sularını 5 ve 25°C’de 120 gün boyunca depolamıştır. 5°C’de depolanan pastörize nar sularında mikrobiyal büyümenin önlenildiği bildirilmiştir.

25°C’de depolanan örneklerde 5°C’de depolamaya kıyasla, daha yüksek ve daha hızlı bir kırmızı renk kaybı belirlemiştir. Bu nedenle, 25°C’de depolanan örneklerin renginin daha az beğenilmesi literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Depolama süresinin uzması örneklerin renk puanlarını kademeli olarak azaltmıştır (Çizelge 4.23). Bu durum enstrümental olarak belirlenen L*, a* ve b* renk değişimleri ile korelasyon göstermiştir. Nitekim depolama boyunca örneklerin a* değerleri azalış, L* ve b* değerleri de artış sergilemiştir. Antosiyanin içeren meyve suları, monomerik antosiyaninlerin degradasyonu, polimerizasyon ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları nedeniyle orijinal renklerini kaybederler (Maskan, 2006; Boranbayeva ve ark., 2014). Mokhtar ve ark. (2020), guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktlarını içeren guava nektarlarının 6 ay depolanmaları sırasında örneklerin renk puanlarının azaldığını tespit etmiştir. Bal ve ark. (2014), guava nektarının renk puanlarında 8 aylık depolama sonucu azalma belirlemiştir. Bu azalmayı, örneklerde kahverengileşmeye neden olan ve hidrolitik reaksiyonu arttıran asitlik etkisi ile Maillard reaksiyonuna bağlamıştır. Sharma ve ark. (2019), peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularını 60 gün boyunca depolamaları sonucunda örneklerin renk puanlarında azalma belirlemiştir. Bu renk beğenisindeki azalışı, üründe kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşabilecek kahverengi pigmentler ile ilişkilendirmiştir (Sharma ve ark., 2019). Bir başka çalışmada, mürver suyunu oda sıcaklığında depolama, toplam monomerik antosiyanin içeriğinde güçlü bir azalmaya ve buna eşlik eden polimerik renk değerlerinde artışa neden olmuştur (Neves ve ark., 2021). Kayapınar (2021), tanen ilave ettikleri şalgam suyunun 6 aylık depolaması sonucunda a* değerlerinde azalış belirlemiştir. Bu durum esas olarak antosiyaninlerin bozunması ve buna bağlı olarak ağarma ile açıklanmıştır (Cerreti ve ark., 2016; Skrt ve ark., 2022). Benzer bir başka çalışmada, şarabın yaşlandırılması sırasında b* değerinin arttığı tespit edilmiştir (Garcia-Hernandez ve ark., 2020). Bu durum, depolama süresince antosiyaninlerin bozunması ile kırmızılık değerinin azalması ve sarılık değerinin artması ile açıklanmıştır (Cerreti ve ark., 2016; Skrt ve ark., 2022). Nitekim nar sularının kırmızı çekici renginden antosiyaninlerinin sorumlu olması ve narın yüksek antosiyanin içermesinden kaynaklı olarak çalışmada depolamaya bağlı renk azalması antosiyaninlerin degradasyonu ile açıklanabilir.

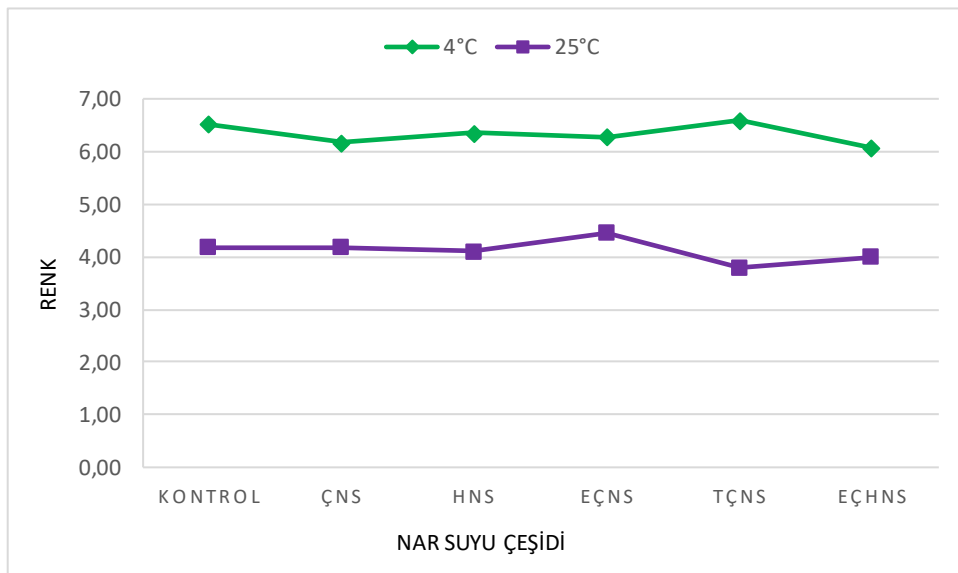
Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.46’da verilmiştir. İnteraksiyon değerlendirildiğinde, 25°C’de depolama sırasında renk puanı değişimi giderek azalan

bir hızda gerçekleşmiştir. 4°C sıcaklıkta ilk 45 günde giderek artan bir hızla gerçekleşmiş ancak bu periyottan sonra değişim hızında keskin bir düşüş gözlenmiştir.



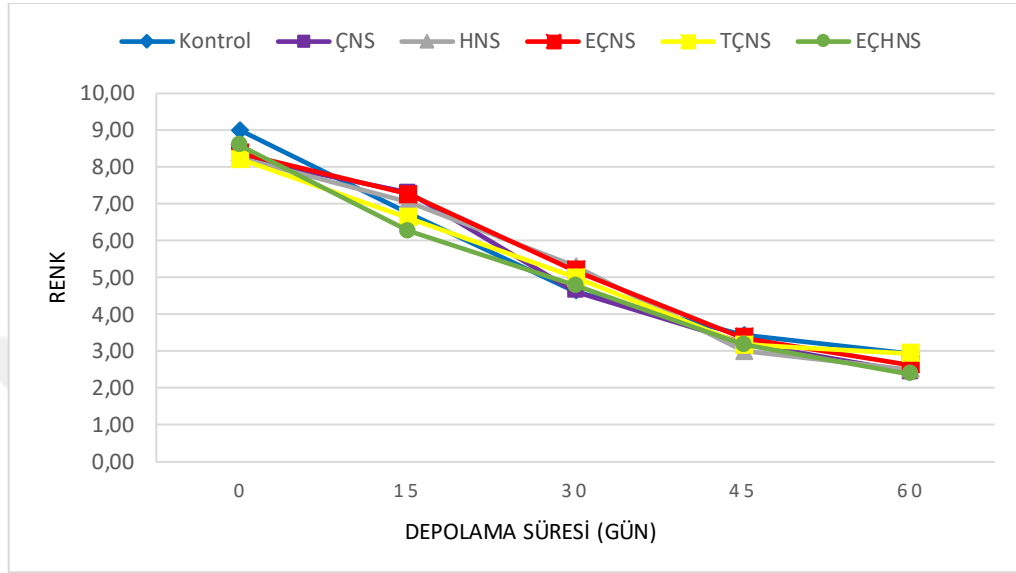
Şekil 4.46. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.47’de verilmiştir. 4°C’de depolanmış zenginleştirilmiş örnekler arasından en yüksek renk puanına sahip TÇNS örneği, 25°C’de en düşük renk puanına sahip olmuştur. TÇNS örneğinin 25°C’de depolamada en düşük a* değerine ve en yüksek ton açısına sahip olması daha az beğenilmesine neden olmuş olabilir.



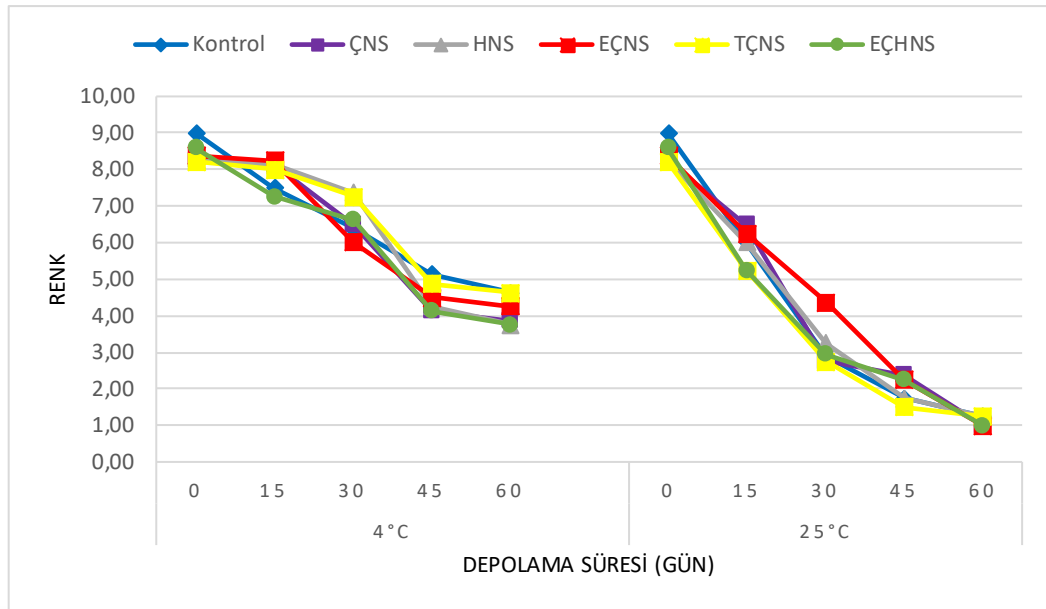
Şekil 4.47. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin renk puanları üzerine etkili ($p \leq 0.05$) “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.48’de verilmiştir. ÇNS, HNS ve EÇNS örneklerinin renk puanında ilk 15 günlük depolama süresince diğer örneklerle kıyasla daha az değişim meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.48. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

Örneklerin renk puanları üzerine etkili ($p \leq 0.05$) “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.49’da verilmiştir. 4°C’de depolanan HNS ve TÇNS ile ÇNS örneklerinin renk puanı değişimi diğer örneklerle göre depolama süresince farklı bir seyir izlemiştir. 25°C’de ise EÇNS örneğinde renk puanı azalışı doğrusal şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.49. Nar suyu örneklerinin renk puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” etkileşimi

Nar sularının koku puanları 4°C depolanması sonucu 4.38-8.88 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolanması sonucu ise 1.00-8.88 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin koku puanları üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık x depolama süresi”, “sıcaklık x nar suyu çeşidi”, “depolama süresi x nar suyu çeşidi” ve “sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi” etkileşimleri $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

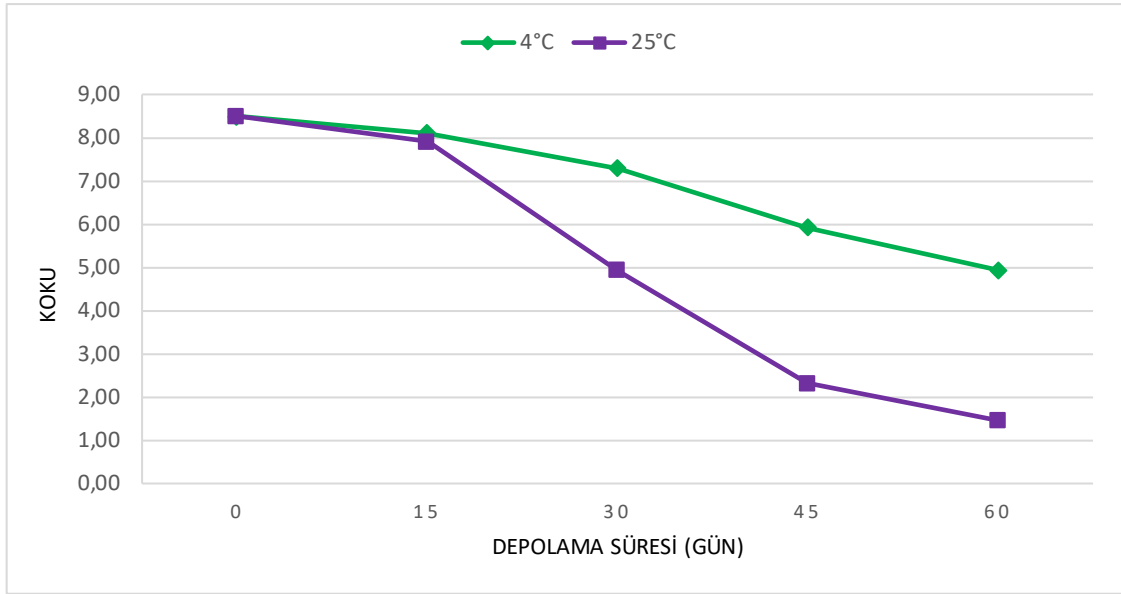
Örnekler arasında en yüksek koku puanı EÇNS örneğinde, en düşük koku puanı TÇNS örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Dalabasmaz (2013), elma suyuna ve kayısı nektarına ekinezya ekstraktı ilave etmesi sonunda örneklerin koku puanlarının kontrol örneklerine kıyasla azaldığını belirlemiştir. Ekstrakt ilavesi sonucu kayısı nektarının kendine öz kokusunun baskılandığı belirtilmiştir. Mevcut çalışmada kullanılan ekstraktların koku puanı üzerine düşük etkisinin ekstraktın nar kaynaklı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama sıcaklığının artması sonucunda örneklerin koku puanları azalış göstermiştir (Çizelge 4.23). Bu durum düşük sıcaklıkta koku bileşenlerinin parçalanma hızının yavaş olması ile ilişkilendirilebilir. Nar sularında bulunan uçucu bileşikler, terpenler (limonen, mirsen ve γ -terpinen), aldehytler (dekanal, nonanal ve oktanal), esterler (oktil asetat, etil asetat ve etil dekanolat) ve alkoller (1-bütanol ve 2-metil-1-bütanol) olmak üzere dört ana grupta toplanabilir (Calín-Sánchez ve ark., 2011;

Vázquez-Araújo ve ark., 2011). Bir çalışmada, şarabın 20°C’de depolanmasıyla monoterpen içeriği 10°C’de depolanmaya kıyasla azalmıştır (Rapp ve Guntert, 1985). Başka bir çalışmada ise pastörize portakal suyunun 20 ve 28°C’de depolanması süresince terpen alkol (linalool) miktarının azaldığı gözlenmiştir (Wibowo ve ark., 2015).

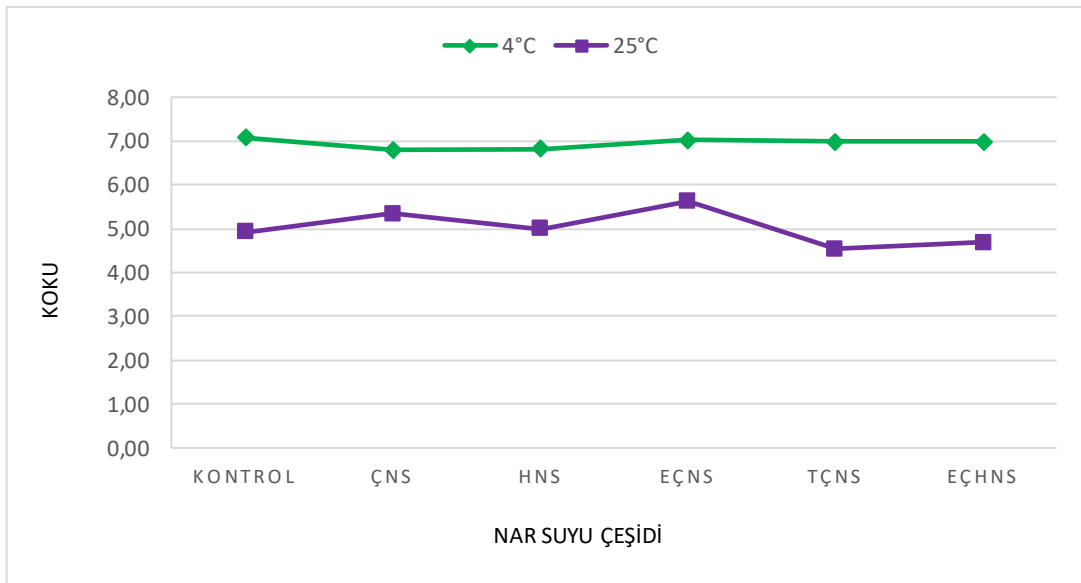
Depolama süresinin uzaması ile beraber örneklerin koku puanlarında düşüş gözlenmiştir (Çizelge 4.23). Mokhtar ve ark. (2020), guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktlarını içeren guava nektarlarını depolamaları (6 ay, oda sıcaklığında) sonucunda örneklerin koku puanlarının azaldığını bulmuştur. Koku puanlarındaki bu azalma, uçucu bileşiklerin olası kaybına atfedilmiştir. Cadwallader ve ark. (2010), taze nar suyunun karakteristik aroma bileşenlerinin buzdolabında depolama süresince azaldığını tespit etmiştir. Bir başka çalışmada ise pastörize nar sularının 4 ve 25°C depolanması sonrasında uçucu bileşenlerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir (Beaulieu ve Obando-Ulloa, 2017). Uçucu bileşen olan monoterpenler nar suyunda serbest veya glikozidik formda bulunur. Depolama veya işleme sırasında glikozidik olarak bağlı aroma bileşikleri serbest kalır (Tripathi ve ark., 2014). Wibowo ve ark. (2015), pastörize portakal suyunu depolamaları sonrasında α -pinen gibi monoterpen hidrokarbonlarının azaldığını tespit etmiştir. Uçucu tat-aroma bileşiklerindeki değişkenlik, depolama koşullarına önemli şekilde bağlıdır (Calín-Sánchez ve ark., 2011).

Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi*” interaksyonu Şekil 4.50’de verilmiştir. İnteraksiyon değerlendirildiğinde, her iki sıcaklıkta da örneklerin koku puanları 15. günde benzer iken, ilerleyen depolama sürecinde 25°C’de daha hızlı şekilde azalmıştır.



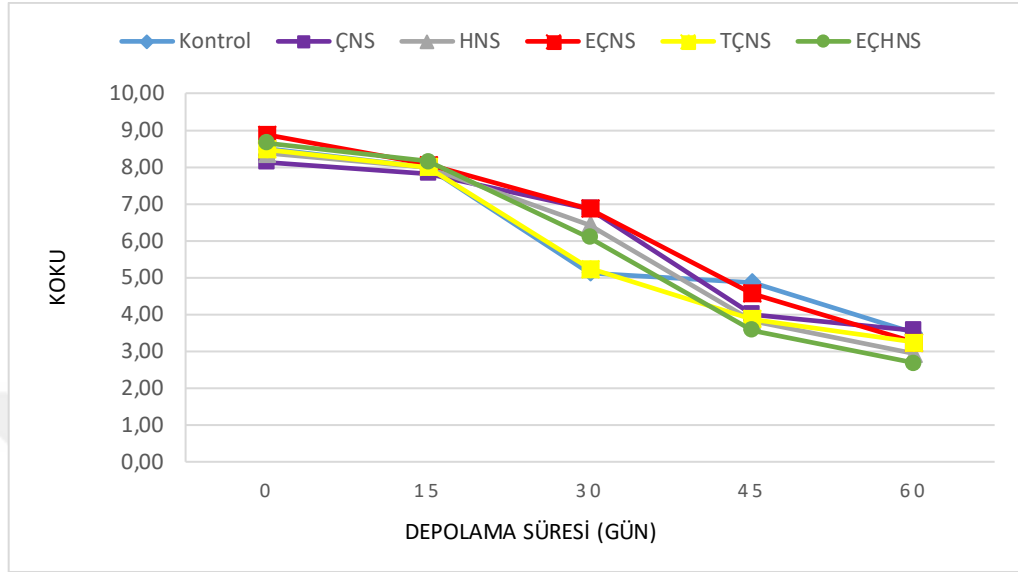
Şekil 4.50. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.51’de verilmiştir. 4°C’de depolanan örneklerin koku puanları birbirine yakın bulunmuştur. Daha yüksek sıcaklıkta depolama EÇNS ve ÇNS örneklerinin koku puanında daha az etkide bulunmuştur. TÇNS ve EÇHNS örneklerinin koku özelliklerinin yüksek sıcaklığa karşı daha hassas olduğu da belirlenmiştir.



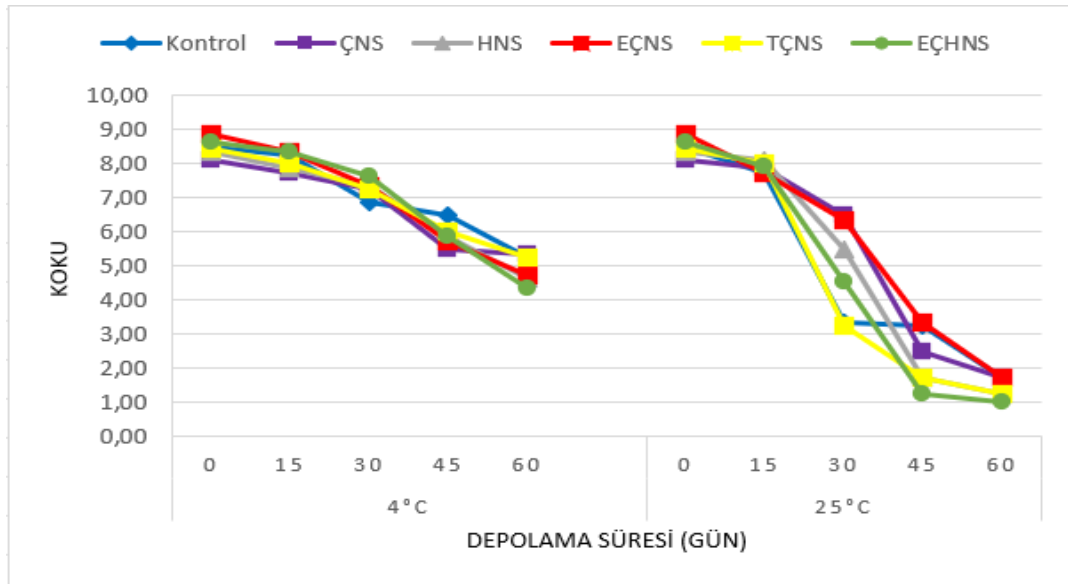
Şekil 4.51. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin koku puanları üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.52’de verilmiştir. İnteraksiyona göre TÇNS ve kontrol örneklerinin koku puanları diğer örneklere göre daha farklı şekilde azalış göstermiştir.



Şekil 4.52. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “*depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

Örneklerin koku puanları üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu Şekil 4.53’te verilmiştir. Kontrol örneklerindeki koku puanı değişimi 30 ile 45. gün arasında oldukça kısıtlı bulunmuştur.



Şekil 4.53. Nar suyu örneklerinin koku puanları üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi x nar suyu çeşidi*” interaksyonu

Nar sularının viskozite puanları 4°C depolanması sonucu 7.00-8.50 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolanması sonucu ise 6.50-8.50 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin viskozite puanları üzerinde, sadece sıcaklık ve depolama süresi önemli ($p \leq 0.01$) etki göstermiştir (Çizelge 4.22).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre depolama sıcaklığının artması ve depolama süresinin uzaması viskozite puanlarını düşürmüştür (Çizelge 4.23). Benzer bir çalışmada Sharma ve ark. (2019), peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularının 60 gün boyunca depolanmaları sırasında örneklerin kıvam puanlarında düşüş belirlemiştir. Bu azalma, kopolimerizasyon, fenolikler arasındaki etkileşim, kolloidal partiküllerin ve proteinin bozulmasının yanı sıra depolama sırasında pektin ve fenoliklerle kompleks oluşumu ile açıklanmıştır (Wilson ve Burns, 1983; Sharma ve ark., 2019).

Nar yan ürün ekstraktlarını içeren nar sularının tat puanları 4°C depolama sırasında 2.75-8.00 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolama sırasında ise 1.13-8.00 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin tat puanları üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık $\times$ depolama süresi” ve “sıcaklık $\times$ nar suyu çeşidi” interaksiyonları $p \leq 0.01$ düzeyinde ve “depolama süresi $\times$ nar suyu çeşidi” interaksiyonu $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

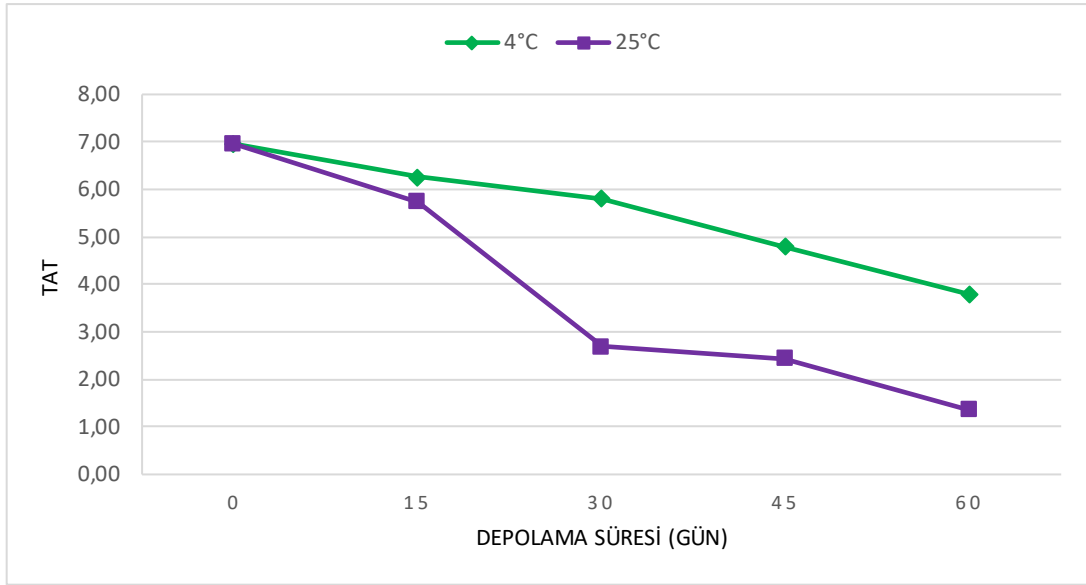
Örnekler arasından EÇNS örneği en yüksek tat puanına sahip bulunmuştur. Enzimatik ekstraksiyonla elde edilen örneklerin tatları kontrol örneğine göre daha çok beğenilmiştir. ÇNS ve HNS örneklerinin tatları ise kontrol örneği ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.23). Bitkisel ürünün yapısal bütünlüğünü bozmak ve böylece istenen tat bileşenlerinin ekstraksiyonunu arttırmak için çeşitli enzim kombinasyonları kullanılmaktadır (Sowbhagya ve Chitra, 2010). Pektinaz, selüloz ve ksilanaz enzimlerin varlığının, mango mezokarpından izole edilmiş hücre duvarlarından nötr şekerlerin salınımını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Brito ve ark., 2012). Benzer bir çalışmada pektinaz ile nar kabuğundan suda çözünür polisakkaritin ekstraksiyonu sağlanmıştır (Zhai ve ark., 2018). Bazı araştırmacılar, elma ve çarkıfelek gibi meyve sularının lezzet yoğunluğunun, enzimatik sıvılaştırma sırasında arttığını fark etmişlerdir (Jenniskens ve ark., 1991; Drider ve ark., 1994). Bu durum, ekstraksiyon sırasında polisakkaritlere bağlı terpenollerin serbest bırakan α -glükosidaz gibi enzimlerin kullanımıyla ilişkilendirilmiştir (Vaillant ve ark., 1999). Nar

kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmiş guava suyunun duyusal değerlendirmesinde kontrol ve zenginleştirilmiş meyve suyunun tat beğenileri arasında herhangi bir fark görülmemiştir (Barros ve ark., 2014). Mevcut çalışmanın aksine Al Bittar ve ark. (2013), kontrol üzüm suyunun tadının üzüm yan ürün ekstraktı eklenen üzüm suyundan daha çok beğenildiğini belirlemiştir. Narın kendine has spesifik buruk, acımtırak ve ekşimsi tadı genel olarak tercih edilebilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle nar suları, yoğun aroması nedeniyle diğer meyve suları ile karıştırılmaktadır (Bakkalbaşı ve ark., 2008). Bu yüzden çalışmada nar suyuna eklenen ekstraktlardan enzimatik işlem uygulanmış olanlar fenoliklerin yanı sıra beraberinde serbest şekerleri de içerdiğinden dolayı kontrol örneğinin tadını iyileştirmiş olabilir.

Depolama sıcaklığının artması sonucunda örneklerin tat puanları düşmüştür (Çizelge 4.23). Benzer bir çalışmada, peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularının iki farklı sıcaklık aralığında (12-25°C ve 4-7°C) depolanmaları sonucunda yüksek sıcaklıkta depolanan örneklerin lezzet puanlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Lezzet puanlarındaki düşüşün olası nedeni, depolama sırasında uçucu aromatik maddelerin olası kaybına bağlanmıştır (Sharma ve ark., 2019).

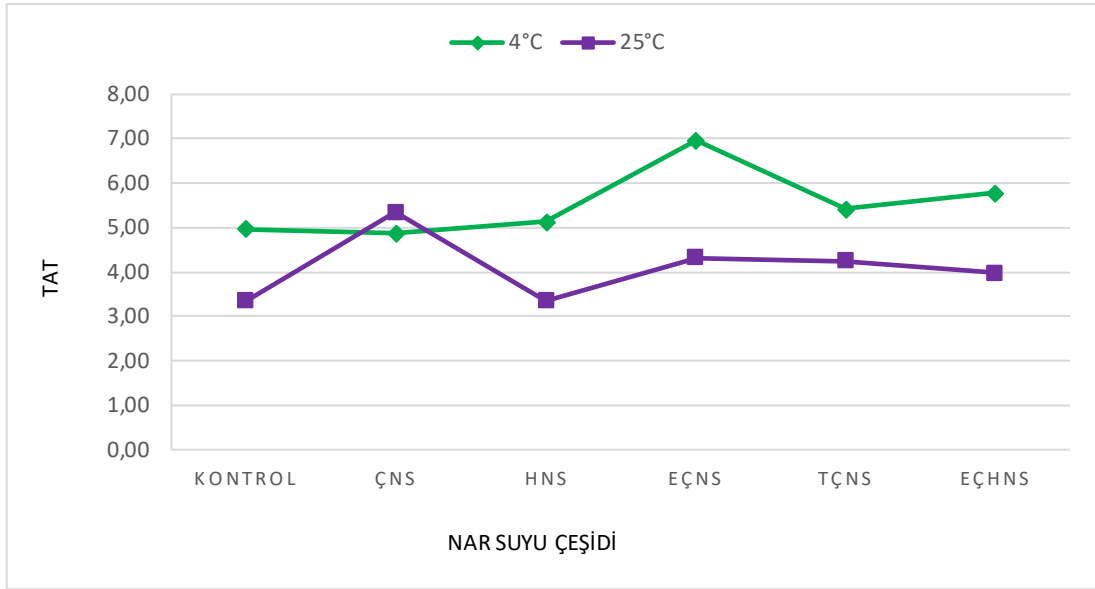
Depolama süresinin uzaması örneklerin tat puanlarında azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.23). Ayrıca örnek renklerinin kırmızıdan giderek açık renklere dönmesi ve görünüşlerinin ise bulanık ve tortulu olması da tat beğenisini olumsuz etkilemiş olabilir. Mokhtar ve ark. (2020), guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktlarını ayrı olarak ilave ettiği guava nektarını 6 ay boyunca oda sıcaklığında depolamaları sonucunda örneklerin tat beğenilerinin azaldığını belirlemiştir.

Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “*sıcaklık x depolama süresi*” interaksyonu Şekil 4.54’te verilmiştir. İnteraksiyonda görüldüğü gibi 4°C’de depolanan örneklerin tat puanlarında kademeli bir azalma gözlenmiştir. 25°C’deki örneklerin tat puanlarında ise 15. ve 30. günler arasında keskin bir düşüş gözlenmiştir.



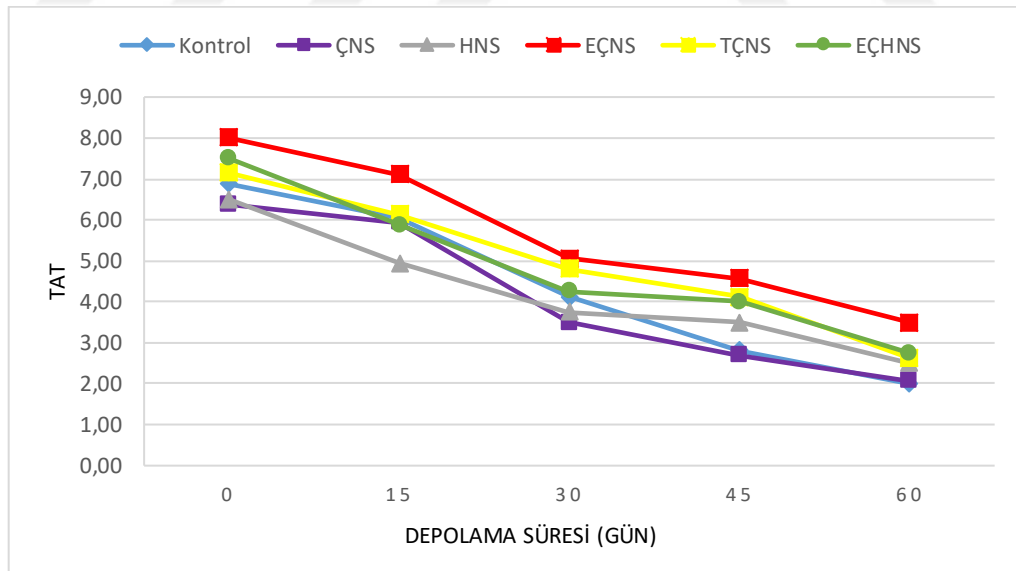
Şekil 4.54. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.55’te verilmiştir. 4 ve 25°C’deki depolamada nar suyu çeşitlerinden ÇNS örneği dışındakilerin tat puanları arasında önemli fark görülmüş ve 4°C’deki örneklerin tat puanları daha yüksek belirlenmiştir. 4°C’de depolanan örneklerden EÇNS örneği, 25°C’de depolananlardan ise ÇNS örneği en yüksek tat puanına sahip olmuştur. ÇNS örneğinin 25°C’de toplam fenolik madde içeriği en yüksek belirlenmiştir. Dolayısıyla yüksek sıcaklıkta ÇNS örneği kompleks flavonoidlerinin daha iyi lezzet profilinden sorumlu oldukları basit bileşiklere parçalanması nedeniyle daha çok beğenilmiş olabilir (Basak ve Chakraborty, 2022; Pravallika ve ark., 2023).



Şekil 4.55. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Örneklerin tat puanları üzerine etkili ($p \leq 0.05$) “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.56’da verilmiştir. Örneklerin depolama boyunca tat puanları önemli düzeyde azalmıştır. Örnekler arasından depolama süresince en yüksek tat puanına EÇNS örneği sahip olmuştur.



Şekil 4.56. Nar suyu örneklerinin tat puanları üzerine etkili “depolama süresi x nar suyu çeşidi” interaksyonu

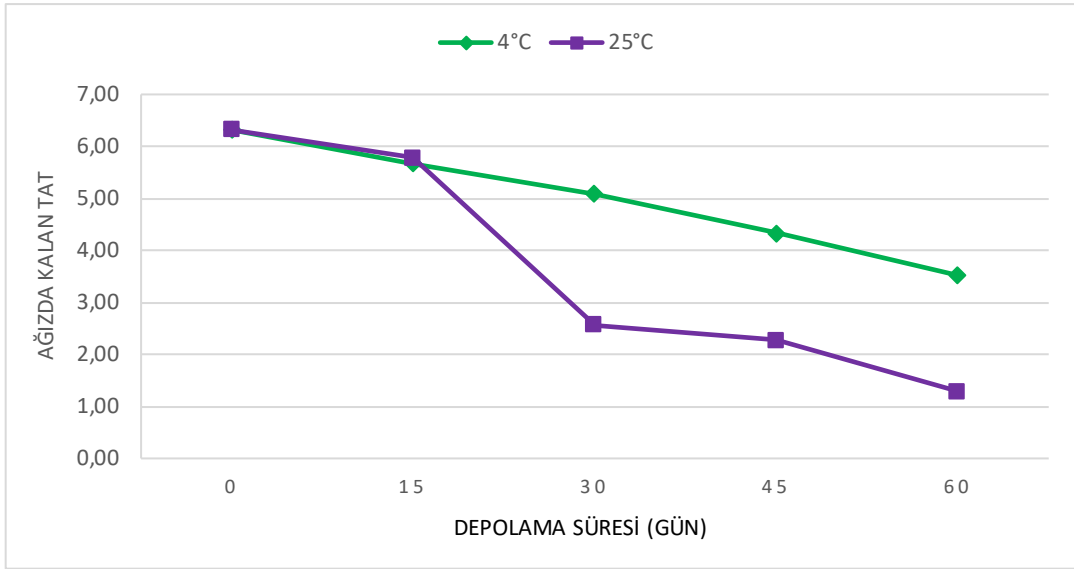
Nar sularının ağızda kalan tat puanları 4°C depolama sonucu 2.25-7.50 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolama sonucu ise 1.00-7.50 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçlarına göre nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları

üzerinde sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “sıcaklık $\times$ depolama süresi” ve “sıcaklık $\times$ nar suyu çeşidi” interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Ağızda kalan tat açısından EÇNS örneği en yüksek puana sahip iken ÇNS örneği ise en düşük puana sahip bulunmuştur (Çizelge 4.23). ÇNS örneğinin en düşük ağızda kalan tat puanını alması, fenolik madde içeriğinin yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir. Fenolik madde içeriği; gıdanın burukluk, acılık ve tat gibi duysal özellikleriyle yüksek oranda ilişkilidir (Mousavinejad ve ark., 2009). Yüksek düzeyde fenolik ve tanen içeriğine sahip gıdalar, olumsuz tüketici tepkilerine neden olabilir (Drewnowski ve Gomez-Carneros, 2000). Nitekim, nar kabuğundaki tanenlerin tükürük proteinlerine bağlanmaları sonucunda ağızda burukluk oluşturduğu bilinmektedir (Dinnella ve ark., 2009). Bu durumda ÇNS örneğinin burukluk hissiyatının diğer örneklerle kıyasla fazla olmasından dolayı ağızda istenmeyen tat bıraktığı değerlendirilmiştir. Salgado ve ark. (2012), ticari domates ve çilekli portakal sularını farklı oranlarda (%0.5, 1, 1.5 ve 2) nar kabuğu ekstresi ile zenginleştirmesi sonucunda, ekstrakt oranı arttıkça nar kabuklarının karakteristik büzücü hissi nedeniyle örneklerin duysal beğenisinin azaldığı bildirilmiştir.

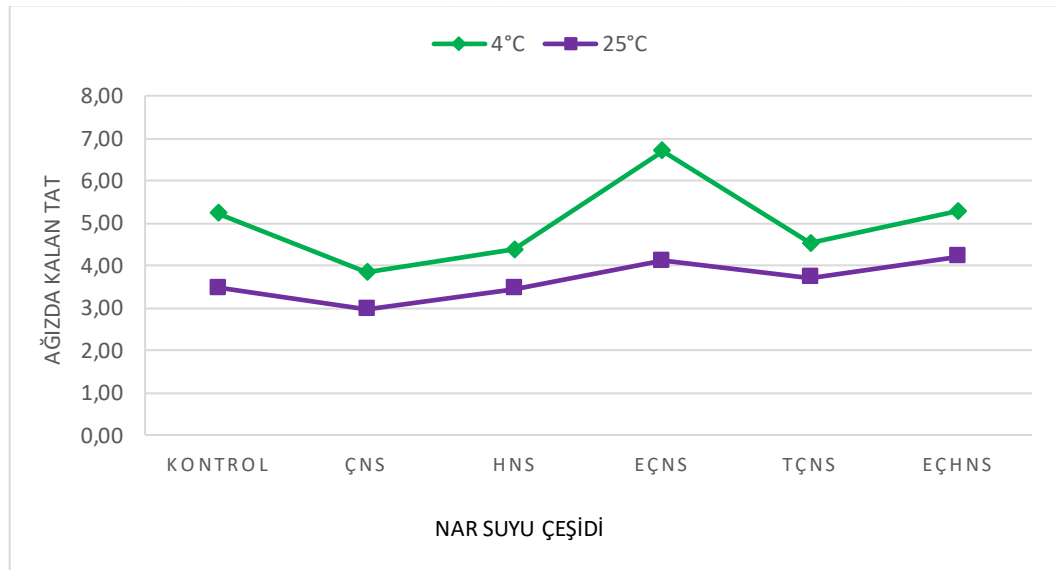
Depolama sıcaklığının artması ve depolama süresinin uzamasına bağlı olarak örneklerin ağızda kalan tat puanları düşüş göstermiştir (Çizelge 4.23). Mokhtar ve ark. (2020), guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktlarını içeren guava nektarlarını 6 ay depolamaları sonucunda örneklerin ağız hissi beğenisinde azalma belirlemiştir.

Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık $\times$ depolama süresi” interaksiyonu Şekil 4.57’de verilmiştir. 4°C’de depolanan örneklerin ağızda kalan tat puanlarında kademeli azalma belirlenmiştir. 25°C’de depolama sırasında ilk 15 gün kısıtlı bir değişim meydana gelmişken, ikinci 15 günlük sürede keskin bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.57. Nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.58’de verilmiştir. 4 ve 25°C’de depolamada nar suyu çeşitlerinin ağızda kalan tat puanları arasında en büyük fark EÇNS örneğinde görülürken diğer örneklerin ağızda kalan tat puanları birbirlerine yakın bulunmuştur.



Şekil 4.58. Nar suyu örneklerinin ağızda kalan tat puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

Nar sularının genel beğeni puanları 4°C depolama sırasında 3.50-8.25 arasında (Çizelge 4.20), 25°C depolama sonucu ise 1.00-8.25 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21). Varyans analizi sonuçları değerlendirmesine göre nar suyu örneklerinin genel beğeni

puanları üzerinde, sıcaklık, depolama süresi ve nar suyu çeşidi ile “*sıcaklık x depolama süresi*” ve “*sıcaklık x nar suyu çeşidi*” interaksiyonlarının $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

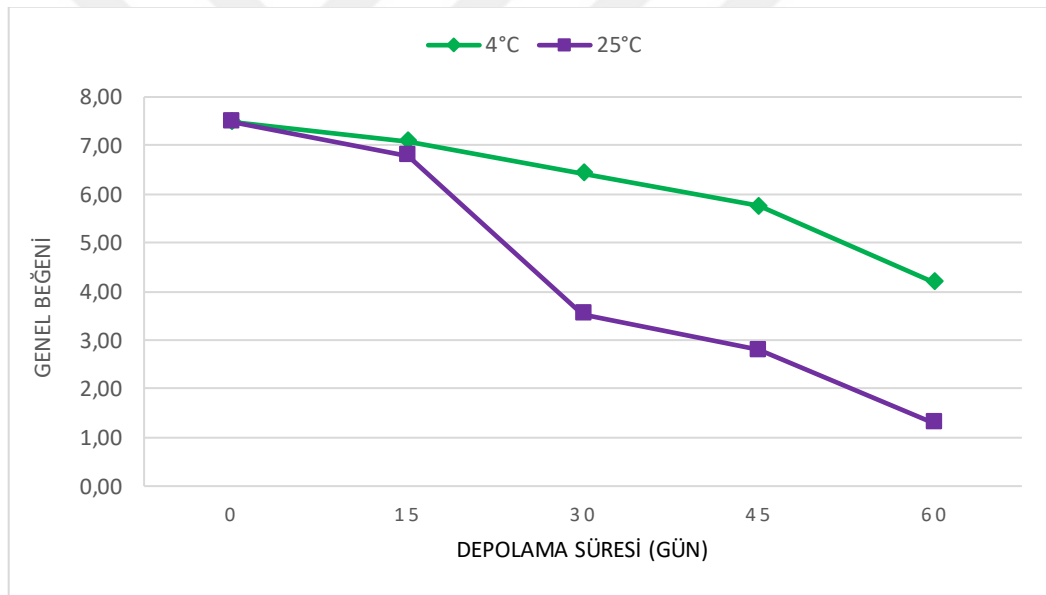
Genel beğeni puanı açısından örnekler arasında en yüksek puanı EÇNS örneği alırken, ÇNS ve HNS örnekleri ise en düşük puanları almıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.23). Örneklerin genel beğenisi, tat ve ağızda kalan tat sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Genel olarak ekstrakt ilavesinin kabul edilebilirliği olumsuz etkilemediği söylenebilir. Enzimatik işlem uygulanmış ekstraktları içeren nar suları, diğer örneklerle kıyasla daha çok beğenilmiştir. Nar suyunun spesifik tadı, eklenen ekstraktların tatlarını baskılayarak belli oranlara kadar eklenmesine izin vermiştir. Hücre duvarının yapısal polisakkaritlerinin parçalanmasına yardımcı olan enzimlerin (esas olarak pektinaz) etkisiyle polifenollerin ve monosakaritlerin serbest bırakılmasının şarabın duyu özelliklerine katkıda bulunacağı bildirilmiştir (Chamorro ve ark., 2012). Nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmiş guava suyunun genel beğeni puanı kontrol örneği ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur (Barros ve ark., 2014). Benzer bir çalışmada, Mokhtar ve ark. (2020), farklı oranlarda (%0.1, 0.2 ve 0.3) guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktları ekledikleri guava nektarlarının genel beğenisini incelemiştir. Nektara, %0.3 nar kabuğu ekstraktı ilavesi ile kontrol örneğinden daha çok fazla beğenilen bir ürün elde edilmiştir. Sonuç olarak duyu özellikler değerlendirildiğinde, ekstrakt ilavesi istatistiksel olarak kontrole kıyasla önemsiz bulunmuş ve zenginleştirilmiş örneklerin tüketilebilirliği kontrolden farklı bulunmamıştır.

Depolama sıcaklığının artması sonucunda örneklerin genel beğeni puanlarında azalış gözlenmiştir (Çizelge 4.23). Örneklerin duyu analizindeki tüm parametrelerin sıcaklıkla azalması bu sonucu desteklemektedir. Benzer bir çalışmada, peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularının iki farklı sıcaklık aralığında (12-25°C ve 4-7°C) depolanmaları sonucunda düşük sıcaklıkta depolanan örneklerin genel beğenilerinin kabul edilebilir aralıkta olduğu bulunmuştur (Sharma ve ark., 2019).

Depolama süresinin uzaması örneklerin genel beğeni puanlarında düşüşe neden olmuştur (Çizelge 4.23). Benzer şekilde, guava yaprağı ve nar kabuğu ekstraktları eklenen guava nektarlarının 6 ay depolanmaları sonucunda genel beğenileri azalmıştır (Mokhtar ve ark., 2020). Sharma ve ark. (2019), peynir altı suyu ve bitkisel ekstrakt içeren elma sularını 60 gün boyunca depolamaları sonucunda örneklerin genel beğenilerinde azalma belirlemiştir. Depolama sırasında içeceklerin renk, kıvam ve lezzet puanlarındaki kayıpların genel kabul edilebilirlik puanlarının da düşmesine neden

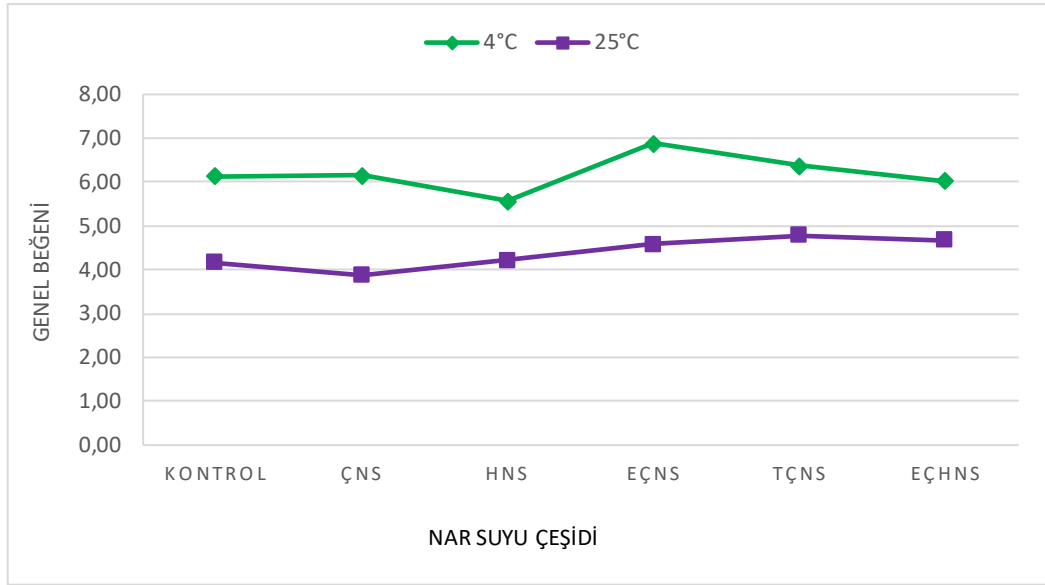
olabileceği belirtilmiştir. Genel beğeni puanlarındaki bu azalma, pektin ve fenolikler ile komplekslerin oluşumunun yanı sıra kahverengi pigmentlerin oluşumuna, polisakkaritlerin parçalanmasına, uçucu bileşiklerin kaybına ve kolloidal parçacıklar ile proteinin bozulmasına yol açan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına atfedilebilir (Bal ve ark., 2014; Sharma ve ark., 2019; Mokhtar ve ark., 2020). Mevcut çalışmada da duyuşsal özelliklerdeki değişimin bu nedenlerden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Zenginleştirilmiş nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu Şekil 4.59’da verilmiştir. 4°C’de depolanan örneklerin genel beğeni puanlarında kademeli azalma belirlenmiştir. 25°C’de depolama sırasında ilk 15 gün kısıtlı bir değişim meydana gelmişken, ikinci 15 günlük sürede keskin bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.59. Nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x depolama süresi” interaksyonu

Nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu Şekil 4.60’da verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda depolanan HNS, TÇNS ve EÇNS örneklerinin genel beğeni puanları arasında fark diğer örneklere göre daha kısıtlı bulunmuştur. Bu nedenle bu örneklerin genel beğeni puanlarının sıcaklığa bağımlılığı daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.60. Nar suyu örneklerinin genel beğeni puanları üzerine etkili “sıcaklık x nar suyu çeşidi” interaksyonu

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez kapsamında nar yan ürünlerinden elde edilen antioksidanca zengin fenolik bileşenlerce zenginleştirilmiş ve duyusal olarak kabul edilebilir nar suyu üretimi hedeflenmiştir. Bu amaçla başlangıçta nar yan ürünlerinden farklı yenilikçi ekstraksiyon yöntemleriyle fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Nar suyunun fonksiyonel ve katma değer özelliklerini artırmak üzere elde edilen ekstraktlar duyusal ön değerlendirme çalışmalarına göre belirlenen miktarlarda nar suyuna eklenmiştir. Son olarak bu ürünlerde 4 ve 25°C’de 60 gün depolama boyunca oluşan fizikokimyasal değişimler 15’er günlük periyotlarla izlenmiştir. Çalışma süresince elde edilen bulgulara aşağıda maddeler halinde yer verilmiştir;

- Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktların verimleri karşılaştırıldığında en yüksek verim TÇ ve EÇ ekstraktlarında belirlenmiştir. Ekstraksiyon öncesi enzimatik uygulamalar örneklerin verimini artırmıştır.
- Ekstraktlar arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği EÇH ekstraktında (938.81 mg GAE/g) bulunmuştur. Geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen Ç ekstraktına kıyasla yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen herbir ekstraktın toplam fenolik içerikleri daha yüksek olmuştur. Buna göre EÇH ekstraktında 4.4 kat, TÇ ve EÇ ekstraktlarında 3.8 kat ve H ekstraktında ise 2.6 kat artış göstermiştir.
- Ekstraktlar arasında en yüksek DPPH antioksidan aktivite değeri EÇ ekstraktında (4317.09 mg TE/g) bulunmuştur. EÇ ekstraktının antioksidan aktivitesinde Ç ekstraktına kıyasla 5.4 kat artış belirlenmiştir.
- Ekstraktların verimlilikleri, toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri üzerine enzimatik işlem uygulanmasının, çözücü ve homojenizatör uygulanmasına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.
- Nar suları arasında ÇNS örneği en yüksek brikse ve bulanıklık değerlerine, kontrol ise en düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Enzimatik işlem uygulanan ekstraktları içeren örneklerin bulanıklık değeri ise istatistiksel olarak benzer çıkmıştır. Nar sularına ekstrakt ilavesinin bulanıklık değerlerinde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

- 60. gün depolama sonucunda 4°C'ye kıyasla 25°C'deki kontrol örneğinin bulanıklık değerindeki artış önemli düzeydedir. Enzim işlemi uygulanan örneklerin 25°C'de depolanması sırasında bulanıklık değerleri hızlı bir şekilde ölçüm sınırı üstüne çıkmıştır. Genel olarak bütün örneklerde depolama sıcaklığının ve süresinin artması ile briks ve bulanıklık değerlerinde artış belirlenmiştir.
- 4°C'de EÇNS ve EÇHNS örneklerinin bulanıklık değerleri 30 günden sonra, 25°C'de ise EÇNS, TÇNS ve EÇHNS örneklerinin bulanıklığı 15 gün içinde sınırın üstüne çıkmıştır.
- L* değeri açısından en yüksek değere kontrol örneği sahip bulunurken ekstrakt ilavesi sonucunda L* değerlerinde azalma belirlenmiştir.
- a* değeri açısından kontrol örneği en düşük değere sahip iken EÇHNS örneği ise en yüksek değere sahip bulunmuştur. Örneklerle ekstrakt ilavesi a* değerlerinde artışa neden olmuştur.
- 4°C'de TÇNS örneğinin a* değeri parçalanma hızının diğer örneklerle kıyasla daha yavaş olduğu bulunmuştur.
- Nar sularının b* değerleri kıyaslandığında ÇNS ve EÇHNS örneklerinin değerleri kontrol örneğine kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.
- Ton açısı değeri en yüksek kontrol örneğinde, en düşük ise EÇNS örneğinde tespit edilmiştir.
- Örneklerin doymuluk değerleri kıyaslandığında en yüksek değere ÇNS ve EÇHNS örnekleri sahip olmuştur.
- Depolama süresince ve sıcaklığın artması ile bütün örneklerin L*, b*, ton açısı ve doymuluk değerlerinde artış, a* değerinde ise azalış gözlenmiştir.
- Nar suları arasında en yüksek toplam fenolik içeriği, ön duyuşal değerlendirmeye göre en fazla oranda Ç ekstraktı (%1.8) eklenen ÇNS örneğinde (6.23 mg GAE/mL) belirlenmiştir. Ekstrakt ilavesi örneklerin toplam fenolik içeriğinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %46.58, HNS örneğinde %38.11, EÇHNS örneğinde %36.94, EÇNS örneğinde %36 ve TÇNS örneğinde ise %30.11 artışa neden olmuştur.
- Depolama sıcaklığı ve süresindeki artış ile örneklerin toplam fenolik değerlerinde azalma belirlenmiştir. 60. günün sonunda %15.57 oranında kayıp meydana gelmiştir.

- 4°C’de depolama süresince, EÇHNS örneğinin toplam fenolik içeriğindeki değişim sınırlı kalmıştır.
- Günlük önerilen miktarda (1 g) fenolik alımı için tüketilmesi gereken nar suyu miktarları; kontrol için 236.5 ml, ÇNS için 161.3 ml, HNS için 171.2 ml, EÇNS için 173.9 ml, TÇNS için 181.7 ml ve EÇHNS için ise 172.7 ml olarak hesaplanmıştır.
- Zenginleştirilmiş nar sularının toplam flavonoit içeriği en yüksek ÇNS örneğinde belirlenmiştir. Ekstrakt ilavesi örneklerin toplam flavonoit içeriklerinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %49.40, HNS örneğinde %44.22, EÇHNS örneğinde %39.04, EÇNS örneğinde %38.64 ve TÇNS örneğinde ise %27.45 artış sağlamıştır. Örneklerin toplam flavonoit içerikleri depolama sıcaklığı ve süresindeki artışa bağlı olarak azalış göstermiştir.
- Hidrolize edilebilir tanen içeriği açısından değerlendirildiğinde ÇNS örneği en yüksek değere sahip bulunmuştur. Nar ekstraktı ilavesi örneklerin hidrolize edilebilir tanen içeriklerinde kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %59.05, HNS örneğinde %50.48, EÇNS örneğinde %46.75, EÇHNS örneğinde %46.20 ve TÇNS örneğinde ise %41.21 oranında artış sağlamıştır. Depolama sıcaklığının artışı ve süresinin uzaması örneklerin değerlerinde düşüşe neden olmuştur.
- TÇNS örneğinin hidrolize edilebilir tanen içeriği 4°C’de depolama sırasında özellikle 30. günden sonra keskin bir düşüş göstermiştir.
- Çalışmada, zenginleştirilmiş nar suları arasından sadece en yüksek fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesine sahip örnek en fazla miktarda ekstrakt ilave edilen ÇNS örneği olarak belirlenmiştir.
- Farklı metotlarla elde edilen nar ekstraktlarının eklendiği nar suyu örnekleri arasından toplam monomerik antosiyanin içeriği en yüksek ÇNS örneğinde (30.31 mg S3G/L) bulunmuştur. Nar sularına ekstraktların ilavesi ile toplam monomerik antosiyanin içeriklerinde artış gözlenmiştir. Depolama sıcaklığı ve süresindeki artış sonucunda bu değerlerde azalma belirlenmiştir. 4°C’de depolama sonrasında ortalama %50.78, 25°C’de depolama sonrasında ise ortalama %100 oranında azalış gözlenmiştir.
- Antioksidan aktivite değerlendirmesine göre zenginleştirilmiş nar suyu örnekleri arasında fenolik madde içeriğinde de olduğu gibi en yüksek değer ÇNS

örneğinde belirlenmiştir. Ekstrakt ilavesi kontrol örneğine kıyasla ÇNS örneğinde %89.29, EÇHNS örneğinde %70.58, HNS örneğinde %67.93, TÇNS örneğinde %64.73 ve EÇNS örneğinde ise %59.60 artış sağlamıştır. Örneklerin depolama sıcaklığının artması ile antioksidan aktivite değerlerinde azalış belirlenmiştir. Benzer olarak 60 gün depolama sonunda da antioksidan değerlerinde %28.5 oranında düşüş gözlenmiştir.

- HNS ve TÇNS örneklerinin antioksidan aktivitesinde ilk 30 günde önemli bir değişim gözlenmemiştir.
- Zenginleştirilmiş nar sularının fenolik madde içerikleri, antosiyanin miktarları ve antioksidan aktivitelerindeki azalmanın depolama şartlarından (sıcaklık, oksijen ve ışık gibi) dolayı örnekte oluşan kimyasal değişimlerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.
- Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre kontrol örneğinin görünüş puanı, ekstrakt ile zenginleştirilen nar sularına göre daha çok beğenilmiştir. Ekstrakt ilavesi ile örneklerin görünüş ve renk puanlarında azalma belirlenmiştir.
- Örneklerin koku, tat, ağızda kalan tat ve genel beğeni değerlendirmelerine göre enzimatik ekstraksiyon işlemi uygunlanan ekstraktların ilave edildiği örnekler diğerlerine kıyasla daha kabul edilebilirken, aralarından EÇNS örneği en yüksek puanı almıştır. Ayrıca örneklerin vizkosite değerleri de istatistiksel olarak önemsiz ($p \leq 0.05$) bulunmuştur.
- Depolama sıcaklığı ve süresindeki artışa bakıldığında örneklerin görünüş, renk, koku, viskozite, tat, ağızda kalan tat ve genel beğeni puanlarında azalma gözlenmiştir.
- Çalışma kapsamında nar suyuna farklı yöntemlerle elde edilmiş ekstraktların eklenmesi duyusal özelliklerde çok büyük değişimlere neden olmadan örneklerin biyoaktif bileşen içeriğini ve antioksidan aktivitesini geliştirmiştir.
- Ekstrakt ekleme oranının düşüklüğü (Ç ekstraktından %41.5, EÇH'den %25.9, TÇ'den %15.2 ve EÇ'den %14.5 daha az) ve ekstraksiyon süresinin kısalığı (TÇ ekstraksiyonundan 570 kat, EÇH'den 361 kat, EÇ ve Ç'den ise 360 kat daha hızlı) dikkate alınarak, H ekstraktının kullanılması kimyasal, fiziksel ve duyusal açıdan olduğu gibi ekonomik açıdan da daha uygun bulunmuştur.

- Tüm analiz sonuçları değerlendirildiğinde, 4°C’de depolama fizikokimyasal ve duyuşal değişimleri 25°C’ye kıyasla daha çok kısıtladığından dolayı düşük sıcaklıkta depolama kabul edilebilir bulunmuştur.
- Tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre nar yan ürünlerine uygulanan kombine yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerin diğer yöntemlere kıyasla ekstraktların verimliliklerinde, fenolik içeriklerinde ve antioksidan kapasitelerinde daha çok artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu ekstraksiyon yöntemlerinin ekstraktların duyuşal özelliklerini olumlu düzeyde etkilemesinden dolayı duyuşal olarak kabul edilebilir düzeyde katma değerli nar sularının üretimi gerçekleştirilmiştir.

5.2. Öneriler

Mevcut yaşam tarzının ve kötü beslenme alışkanlıklarının insan sağlığını olumsuz yönde etkilemesi tüketicilerin giderek sağlıklı beslenmesine ve fonksiyonel gıdalar konusunda daha da bilinenmesine neden olmuştur. Böylelikle fonksiyonel içeceklerin geliştirilmesi ve tüketiminin artması giderek önem kazanan bir konu haline almıştır. Bu bağlamda tez çalışmasında tüketicilerin fiziksel ve zihinsel refahını iyileştirmek üzere fenolik bileşenlerce zenginleştirilmiş, sürdürülebilir ve duyuşal olarak kabul edilebilir bir fonksiyonel içecek alternatifi üretilmiştir.

Narın doğrudan tüketimi ve işlenmesi sırasında büyük miktarda açığa çıkan yan ürünlerin önemli miktarda antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşenler içermesi, içeceklerin dışarıdan bir biyoaktif bileşenle zenginleştirilmesi ihtiyacını ortadan kaldırarak tüketicilere doğal bir bileşen seçeneği sunmuştur.

Ülkemizde henüz ticari olarak yeterince değerlendirilemeyen ve gıdalarda kullanılmayan meyve ve sebze yan ürünlerinin, yenilikçi yöntemler ile ticari ürünler olarak işlenmesi ülke ekonomisine ve istihdamına katkı sağlayacaktır. Yan ürünlerin değerlendirilmesi, gıdalara sağlayacağı katkının yanı sıra evre üzerinde oluşturacağı olumsuzlukların da önüne geçilmesinde önem arz eden bir adımdır.

İleriki çalışmalarda fenolik bileşence zengin farklı yan ürünlerin denenmesi, farklı enzim eşitleri ve miktarlarının kullanımı ve farklı yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri ile kombinasyon çalışmaları yürütölmelidir. Farklı model gıdalar (meyve suyu olarak vişne ve kırmızı pancar suları gibi) üzerinde de duyuşal olarak kabul edilebilirliği artırılmış en yüksek düzeyde fenolik bileşen içeren katma değerli ürünler

çalışılmalıdır. Ayrıca fenolik bileşenlerden kaynaklı olumsuzlukları önlemek adına bunların enkapsüle edilerek meyve sularına ilavesini gerçekleştiren çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın gıda endüstrisine entegre edilmesinin öncesinde, büyük ölçekli yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri ile ekstraktların elde edilmesi ve nar sularına ilavesi sonucunda tüketici panelleri ile değerlendirilmesi, çalışmanın endüstriye uygulanabilirliğini kolaylaştıracaktır.



6. KAYNAKLAR

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M. S., Ishtiaq, A., Hussain, S. and Suleria, H. A. R., 2017, Natural polyphenols: An overview, *International Journal of Food Properties*, 20 (8), 1689-1699.
- Abbasi, H., Rezaei, K. and Rashidi, L., 2008, Extraction of essential oils from the seeds of pomegranate using organic solvents and supercritical CO₂, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85 (1), 83-89.
- Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H. and Besbes, S., 2013, Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup, *Industrial Crops and Products*, 44, 634-642.
- Acosta-Estrada, B. A., Gutiérrez-Uribe, J. A. and Serna-Saldívar, S. O., 2014, Bound phenolics in foods, a review, *Food Chemistry*, 152, 46-55.
- Adiamo, O. Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E. E. and Ahmed, I. A. M., 2018, Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts, *Food Chemistry*, 245, 79-88.
- Adiamo, O. Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Mohamed Ahmed, I. A. and Babiker, E. E., 2017, Effects of thermosonication and orange by-products extracts on quality attributes of carrot (*Daucus carota*) juice during storage, *International Journal of Food Science & Technology*, 52 (9), 2115-2125.
- Adilah, Z. M. and Hanani, Z. N., 2019, Storage stability of soy protein isolate films incorporated with mango kernel extract at different temperature, *Food Hydrocolloids*, 87, 541-549.
- Adom, K. K. and Liu, R. H., 2002, Antioxidant activity of grains, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (21), 6182-6187.
- Afkhami, R., Goli, M. and Keramat, J., 2018, Functional orange juice enriched with encapsulated polyphenolic extract of lime waste and hesperidin, *International Journal of Food Science and Technology*, 53 (3), 634-643.
- Aguilar, C. N., Rodríguez, R., Gutiérrez-Sánchez, G., Augur, C., Favela-Torres, E., Prado-Barragan, L. A., Ramírez-Coronel, A. and Contreras-Esquivel, J. C., 2007, Microbial tannases: advances and perspectives, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 76, 47-59.
- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M. and Prasada Rao, U. J. S., 2012, Sustainable solutions for agro processing waste management: An overview, in: A. M. Grohmann and E. Grohmann (Eds.), *In environmental protection strategies for sustainable development*, 1sted. Springer Dordrecht, the Netherlands pp. 66–99.
- Akhavan, H., Barzegar, M., Weidlich, H. and Zimmermann, B. F., 2015, Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction, *Journal of Chemistry*, 2015, 1-7.

- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternale, D. and Sestili, P., 2015, Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features, *Food Chemistry*, 174, 417-425.
- Al Bittar, S., Périno-Issartier, S., Dangles, O. and Chemat, F., 2013, An innovative grape juice enriched in polyphenols by microwave-assisted extraction, *Food Chemistry*, 141 (3), 3268-3272.
- Alexandre, E. M., Silva, S., Santos, S. A., Silvestre, A. J., Duarte, M. F., Saraiva, J. A. and Pintado, M., 2019, Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts performed by high pressure and enzymatic assisted extraction, *Food Research International*, 115, 167-176.
- Alighourchi, H., Barzegar, M. and Abbasi, S., 2008, Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties and their variation after cold storage and pasteurization, *European Food Research and Technology*, 227 (3), 881-887.
- Al-Jarallah, A., Igdoura, F., Zhang, Y., Tenedero, C. B., White, E. J., Mac Donald, M. E., Igdoura, S. A. and Trigatti, B. L., 2013, The effect of pomegranate extract on coronary artery atherosclerosis in SR-BI/APOE double knockout mice, *Atherosclerosis*, 228 (1), 80-89.
- Al-Rawahi, A. S., Edwards, G., Al-Sibani, M., Al-Thani, G., Al-Harrasi, A. S. and Rahman, M. S., 2014, Phenolic constituents of pomegranate peels (*Punica granatum* L.) cultivated in Oman, *European Journal of Medicinal Plants*, 4 (3), 315-331.
- Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Harholt, J., Brimer, L., Gökmen, V. and Skibsted, L. H., 2013, Palatability and chemical safety of apple juice fortified with pomegranate peel extract, *Food and Function*, 4 (10), 1468-1473.
- Ameer, K., Shahbaz, H. M. and Kwon, J. H., 2017, Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (2), 295-315.
- Andrade, M. A., Lima, V., Silva, A. S., Vilarinho, F., Castilho, M. C., Khwaldia, K. and Ramos, F., 2019, Pomegranate and grape by-products and their active compounds: Are they a valuable source for food applications?, *Trends in Food Science and Technology*, 86, 68-84.
- AOAC, 2006, Official methods of analysis of AOAC International, AOAC International, Arlington, VA.
- Ashton, R., Baer, B. and Silverstein, D., 2006, The incredible pomegranate, in: A. Z., Tempe (Ed.), Third Millennium Publishing, pp. 18-24.
- Aspé, E. and Fernández, K., 2011, The effect of different extraction techniques on extraction yield, total phenolic, and anti-radical capacity of extracts from *Pinus radiata* Bark, *Industrial Crops and Products*, 34 (1), 838-844.

- Atanasova, V., Fulcrand, H., Cheynier, V. and Moutounet, M., 2002, Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making, *Analytica Chimica Acta*, 458 (1), 15-27.
- Atencio, S., Verkempinck, S. H., Bernaerts, T., Reineke, K., Hendrickx, M. and Van Loey, A., 2022, Impact of processing on the production of a carotenoid-rich *Cucurbita maxima* cv. Hokkaido pumpkin juice, *Food Chemistry*, 380, 132191.
- Aune, D., Giovannucci, E., Boffetta, P., Fadnes, L. T., Keum, N., Norat, T., Greenwood, D. C., Riboli, E., Vatten, L. J. and Tonstad, S., 2017, Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies, *International Journal of Epidemiology*, 46 (3), 1029–1056.
- Aviram, M. and Dornfeld, L., 2001, Pomegranate juice consumption inhibits serum angiotensin converting enzyme activity and reduces systolic blood pressure, *Atherosclerosis*, 158 (1), 195-198.
- Avram, A. M., Morin, P., Brownmiller, C., Howard, L. R., Sengupta, A. and Wickramasinghe, S. R., 2017, Concentrations of polyphenols from blueberry pomace extract using nanofiltration, *Food and Bioproducts Processing*, 106, 91-101.
- Babbar, N. S. and Harinder, O., 2014, Potential of agro-residues as sources of bioactive compounds, in: K. B. Satinder, S. D. Gurpreet, and R. S. Carlos (Eds.), In biotransformation of waste biomass into high value biochemicals, New York, Springer, pp. 261–295.
- Bakkalbaşı, E., Menteş, Ö. and Artik, N., 2008, Food ellagitannins—occurrence, effects of processing and storage, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49 (3), 283-298.
- Bal, L. M., Ahmad, T., Senapati, A. K. and Pandit, P. S., 2014, Evaluation of quality attributes during storage of guava nectar cv. Lalit from different pulp and TSS ratio, *Journal of Food Processing and Technology*, 5 (3), 329-334.
- Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S., 2006, Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses, *Food Chemistry*, 99 (1), 191-203.
- Banihani, S., Swedan, S. and Alguraan, Z., 2013, Pomegranate and type 2 diabetes, *Nutrition Research*, 33 (5), 341-348.
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S. and Orlie, V., 2016, Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 49, 96-109.

- Baria, B., Upadhyay, N., Singh, A. K. and Malhotra, R. K., 2019, Optimization of 'green' extraction of carotenoids from mango pulp using split plot design and its characterization, *LWT-Food Science and Technology*, 104, 186-194.
- Barrett, D.M., Beaulieu, J.C. and Shewfelt, R., 2010, Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: Desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (5), 369-389.
- Barros, Z. M. P., Salgado, J. M., Melo, P. S. and de Oliveira Biazotto, F., 2014, Enrichment of commercially-prepared juice with pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract as a source of antioxidants, *Journal of Food Research*, 3 (6), 179.
- Basak, S. and Chakraborty, S., 2022, The potential of nonthermal techniques to achieve enzyme inactivation in fruit products, *Trends in Food Science and Technology*, 123, 114-129.
- Battestin, V., Macedo, G. A. and De Freitas, V. A. P., 2008, Hydrolysis of epigallocatechin gallate using a tannase from *Paecilomyces variotii*, *Food Chemistry*, 108 (1), 228-233.
- Beaulieu, J. C. and Obando-Ulloa, J. M., 2017, Not-from-concentrate pilot plant 'Wonderful' cultivar pomegranate juice changes: Volatiles, *Food Chemistry*, 229, 553-564.
- Benoit, I., Navarro, D., Marnet, N., Rakotomanomana, N., Lesage-Meessen, L., Sigoillot, J. C., Asther, M. and Asther, M., 2006, Feruloyl esterases as a tool for the release of phenolic compounds from agro-industrial by-products, *Carbohydrate Research*, 341 (11), 1820-1827.
- Beveridge, T. and Weintraub, S. E., 1997, Protein extraction during production of varietally derived apple juices using a "mascerase" enzyme, *Food Research International*, 30 (3-4), 231-234.
- Beveridge, T. and Wrolstad, R. E., 1997, Haze and cloud in apple juices, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (1), 75-91.
- Beveridge, T., Harrison, J. E. and Weintraub, S. E., 1997, Procyanidin contributions to haze formation in anaerobically produced apple juice, *LWT-Food Science and Technology*, 30 (6), 594-601.
- Bilgin, M. and Şahin, S., 2013, Effects of geographical origin and extraction methods on total phenolic yield of olive tree (*Olea europaea*) leaves, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44 (1), 8-12.
- Bobinaitė, R., Viskelis, P., Bobinas, Č., Mieželienė, A., Alenčikienė, G. and Venskutonis, P. R., 2016, Raspberry marc extracts increase antioxidative potential, ellagic acid, ellagitannin and anthocyanin concentrations in fruit purees, *LWT-Food Science and Technology*, 66, 460-467.

- Boranbayeva, T., Karadeniz, F. and Yılmaz, E., 2014, Effect of storage on anthocyanin degradation in black mulberry juice and concentrates, *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1894-1902.
- Borges, G., Mullen, W. and Crozier, A., 2010, Comparison of the polyphenolic composition and antioxidant activity of European commercial fruit juices, *Food and Function*, 1 (1), 73-83.
- Bosso, A., Guaita, M. and Petrozziello, M., 2016, Influence of solvents on the composition of condensed tannins in grape pomace seed extracts, *Food Chemistry*, 207, 162-169.
- Boulton, R., 2001, The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review, *American Journal of Enology and Viticulture*, 52 (2), 67-87.
- Brito, B. and Vaillant, F., 2012, Enzymatic liquefaction of cell-walls from kent and tommy atkins mango fruits, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2, 76-84.
- Brownmiller, C., Howard, L. R. and Prior, R. L., 2008, Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products, *Journal of Food Science*, 73 (5), H72-H79.
- Cadwallader, K. R., Tamamoto, L. C. and Sajuti, S. C., 2010, Aroma components of fresh and stored pomegranate (*Punica granatum* L.) juice. in: N. C. da Costa and R. J. (Eds.), *Cannon Flavors in noncarbonated beverages*, American Chemical Society, pp. 93-101.
- Cai, H., You, S., Xu, Z., Li, Z., Guo, J., Ren, Z. and Fu, C., 2021, Novel extraction methods and potential applications of polyphenols in fruit waste: a review, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 3250-3261.
- Calín-Sánchez, Á., Martínez, J. J., Vázquez-Araújo, L., Burló, F., Melgarejo, P. and Carbonell-Barrachina, Á. A., 2011, Volatile composition and sensory quality of Spanish pomegranates (*Punica granatum* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (3), 586-592.
- Cao, G., Sofic, E. and Prior, R. L., 1997, Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships, *Free Radical Biology and Medicine*, 22 (5), 749-760.
- Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I. and Esti, M., 2016, The effect of pectinase and protease treatment on turbidity and on haze active molecules in pomegranate juice, *LWT- Food Science and Technology* 73, 326-333.
- Chaaban, H., Ioannou, I., Chebil, L., Slimane, M., Gérardin, C., Paris, C., Charbonnel, C., Chekir, L. and Ghoul, M., 2017, Effect of heat processing on thermal stability and antioxidant activity of six flavonoids, *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (5), e13203.

- Chamorro, S., Viveros, A., Alvarez, I., Vega, E. and Brenes, A., 2012, Changes in polyphenol and polysaccharide content of grape seed extract and grape pomace after enzymatic treatment, *Food Chemistry*, 133 (2), 308-314.
- Chandrasekara, A. and Shahidi, F., 2010, Content of insoluble bound phenolics in millets and their contribution to antioxidant capacity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (11), 6706-6714.
- Chandrasekara, N. and Shahidi, F., 2011, Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (9), 5006-5014.
- Chaturvedula, V., P. Sai, and P. Indra. 2011. Bioactive chemical constituent from pomegranate (*Punica granatum*) juice, seed and peel-a review, *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 1 (1), 1–18.
- Chen, Z. Y., Chan, P. T., Ho, K. Y., Fung, K. P. and Wang, J., 1996, Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups, *Chemistry and Physics of Lipids*, 79 (2), 157-163.
- Chong, M. F. F., Macdonald, R. and Lovegrove, J. A., 2010, Fruit polyphenols and CVD risk: A review of human intervention studies, *British Journal of Nutrition*, 104 (S3), S28-S39.
- Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W. and Lin, Y., 1998, Tannins and human health: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38 (6), 421-464.
- Cosgrove, M. C., Franco, O. H., Granger, S. P., Murray, P. G. and Mayes, A. E., 2007, Dietary nutrient intakes and skin-aging appearance among middle-aged American women, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86 (4), 1225-1231.
- Costoya, N., Sineiro, J., Pinelo, M., Rubilar, M. and Nuñez, M. J., 2010, Enzyme-aided extraction of polyphenols from grape pomace, *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9 (4), 696-705.
- Côté, J., Caillet, S., Doyon, G., Sylvain, J. F. and Lacroix, M., 2010, Bioactive compounds in cranberries and their biological properties, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (7), 666-679.
- Coursodon-Boydiddle, C. F., Snarrenberg, C. L., Adkins-Rieck, C. K., Bassaganya-Riera, J., Hontecillas, R., Lawrence, P., Brenna, J. and Dvorak, B., 2012, Pomegranate seed oil reduces intestinal damage in a rat model of necrotizing enterocolitis, *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 303 (6), G744-G751.
- Çam, M., Hışıl, Y. and Durmaz, G., 2009, Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods, *Food Chemistry*, 112 (3), 721-726.

- Dadic, M. and Belleau, G., 1980, Beer hazes. I. Isolation and preliminary analysis of phenolic and carbohydrate components, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 38, 154–158
- Dai, Q., Borenstein, A. R., Wu, Y., Jackson, J. C. and Larson, E. B., 2006, Fruit and vegetable juices and Alzheimer's disease: The Kame Project, *The American Journal of Medicine*, 119 (9), 751–759.
- Dal Magro, L., Dalagnol, L., Manfroí, V., Hertz, P., Klein, M. and Rodrigues, R., 2016, Synergistic effects of pectinex ultra clear and lallzyme beta on yield and bioactive compounds extraction of concord grape juice, *LWT-Food Science and Technology*, 72, 157-165.
- Dalabasmaz, S., 2013, *Echinacea purpurea* kullanımı ile fonksiyonel meyve suyu ve nektarlarının geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Davies, A. J. and Mazza, G., 1993, Copigmentation of simple and acylated anthocyanins with colorless phenolic compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41 (5), 716-720.
- de Beer, D., Joubert, E., Steyn, N. and Muller, M., 2014, Shelf life stability of red-fleshed plum nectars: role of polyphenol fortification on quality parameters, *International Journal of Food Science and Technology*, 49 (10), 2307-2314.
- de Beer, D., Steyn, N., Joubert, E. and Muller, N., 2012, Enhancing the polyphenol content of a red-fleshed Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) nectar by incorporating a polyphenol-rich extract from the skins, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (13), 2741-2750.
- de Farias, V. L., da Silva Araújo, Í. M., da Rocha, R. F. J., dos Santos Garruti, D. and Pinto, G. A. S., 2020, Enzymatic maceration of Tabasco pepper: Effect on the yield, chemical and sensory aspects of the sauce, *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109311.
- de Melo, I. L. P., de Carvalho, E. B. T. and Mancini-Filho, J., 2014, Pomegranate seed oil (*Punica granatum* L.): a source of punicic acid (conjugated α -linolenic acid), *Journal of Human Nutrition and Food Science*, 2 (1), 1-11.
- de Moraes Crizel, T., Hermes, V. S., de Oliveira Rios, A. and Flôres, S. H., 2016, Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder, *Journal of Food Science and Technology*, 53 (11), 4067-4075.
- Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G. and Crozier, A., 2013, Dietary (poly) phenolics in human health: Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases, *Antioxidants and Redox Signaling*, 18 (14), 1818-1892.

- Dilas, S., Čanadanović-Brunet, J. and Četković, G., 2009, By-products of fruits processing as a source of phytochemicals, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, 15 (4), 191-202.
- Dilucia, F., Lacivita, V., Conte, A. and Del Nobile, M. A., 2020, Sustainable use of fruit and vegetable by-products to enhance food packaging performance, *Foods*, 9 (7), 857.
- Dinçer, C., Topuz, A., Sahin-Nadeem, H., Ozdemir, K. S., Cam, I. B., Tontul, I., Göktürk, R.S and Ay, S. T., 2012, A comparative study on phenolic composition, antioxidant activity and essential oil content of wild and cultivated sage (*Salvia fruticosa* Miller) as influenced by storage, *Industrial Crops and Products*, 39, 170-176.
- Dinnella, C., Recchia, A., Fia, G., Bertuccioli, M. and Monteleone, E., 2009, Saliva characteristics and individual sensitivity to phenolic astringent stimuli, *Chemical Senses*, 34 (4), 295-304.
- Drewnowski, A. ve Gomez-Carneros, C., 2000, Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (6), 1424-1435.
- Drider, D., Janbon, G., Chemardin, P., Arnaud, A. and Galzy, P., 1994, Enzymatic hydrolysis of monoterpene glycosides of passion fruit and mango with a β -glucosidase from yeast, *Bioresource Technology*, 49 (3), 243-246.
- Duarte, A. P., Luís, Â. and Domingues, F. C., 2016, Pomegranate (*Punica granatum*): A natural approach to combatoxidative stress-related diseases, in: L. R. da Silva and B. Silva (Eds.), In natural bioactive compounds from fruits and vegetables as health promoters part I, Sharjah: Bentham Science Publishers B.V., pp. 143–79.
- EEC (Commission Regulation) 442, 1975, Waste, *Official Journal of European Community*, L194, 39e41.
- EEC (Commission Regulation) 689, 1991, Hazardous waste, *Official Journal of European Community*, L377, 20e27.
- Eiro, M. J. and Heinonen, M., 2002, Anthocyanin color behavior and stability during storage: Effect of intermolecular copigmentation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), 7461-7466.
- Elfalleh, W., Nasri, N., Marzougui, N., Thabti, I., M'rabet, A., Yahya, Y., Lachiheb, B., Guasmi, F. and Ferchichi, A., 2009, Physico-chemical properties and DPPH-ABTS scavenging activity of somelocal pomegranate (*Punica granatum*) ecotypes, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup2), 197–210
- Ephrem, E., Najjar, A., Charcosset, C. and Greige-Gerges, H., 2018, Encapsulation of natural active compounds, enzymes, and probiotics for fruit juice fortification,

- preservation, and processing: An overview, *Journal of Functional Foods*, 48, 65-84.
- Eyiz, V., Tontul, I. and Turker, S., 2020, Optimization of green extraction of phytochemicals from red grape pomace by homogenizer assisted extraction, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 39-47.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), 2021, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International year of fruits and vegetables, <https://www.fao.org/fruits-vegetables-2021/en/> (Erişim Tarihi: Ocak.2023)
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), 2017, FAO Statistics Data 2014, <https://www.fao.org/3/cc4267en/cc4267en.pdf> (Erişim Tarihi: Eylül 2023).
- Fernandes, L., Pereira, J. A., López-Cortés, I., Salazar, D. M., Ramalhosa, E. and Casal, S., 2015, Fatty acid, vitamin E and sterols composition of seed oils from nine different pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain, *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 13-22.
- Fernandez, M. V., Bengardino, M., Jagus, R. J. and Agüero, M. V., 2020, Enrichment and preservation of a vegetable smoothie with an antioxidant and antimicrobial extract obtained from beet by-products, *LWT- Food Science and Technology*, 117, 108622.
- Fernandez-Panchon, M. S., Villano, D., Troncoso, A. M. and Garcia-Parrilla, M. C., 2008, Antioxidant activity of phenolic compounds: from in vitro results to in vivo evidence, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48 (7), 649-671.
- Fernández-Ponce, M. T., Casas, L., Mantell, C. and de la Ossa, E. M., 2015, Use of high-pressure techniques to produce *Mangifera indica* L. leaf extracts enriched in potent antioxidant phenolic compounds, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 94-106.
- Ferrentino, G., Morozova, K., Mosibo, O. K., Ramezani, M. and Scampicchio, M., 2018, Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction, *Journal of Cleaner Production*, 186, 253-261.
- Fischer, U. A., Carle, R. and Kammerer, D. R., 2011, Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MSn, *Food Chemistry*, 127 (2), 807-821.
- Fischer, U. A., Jaksch, A. V., Carle, R. and Kammerer, D. R., 2013, Influence of origin/source, different fruit tissue and juice extraction methods on anthocyanin, phenolic acid, hydrolysable tannin and isolariciresinol contents of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits and juices, *European Food Research and Technology*, 237, 209–221.

- Friedman, M., 1997, Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A review, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (5), 1523-1540.
- Frontela, C., Ros, G., Martínez, C., Sánchez-Siles, L. M., Canali, R. and Virgili, F., 2011, Stability of Pycnogenol® as an ingredient in fruit juices subjected to in vitro gastrointestinal digestion, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (2), 286-292.
- Galanakis, C. M., 2012, Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications, *Trends in Food Science and Technology*, 26 (2), 68-87.
- Gao, L., Beveridge, T. and Reid, C. A., 1997, Effects of processing and packaging conditions on haze formation in apple juices, *LWT-Food Science and Technology*, 30 (1), 23-29.
- Garcia-Conesa, M. T., Ostergaard, P., Kauppinen, S. and Williamson, G., 2001, Hydrolysis of diethyl diferulates by tannase from *Aspergillus oryzae*, *Carbohydrate Polymers*, 44, 319–324
- Garcia-Hernandez, C., Salvo-Comino, C., Martin-Pedrosa, F., Garcia-Cabazon, C. and Rodriguez-Mendez, M. L., 2020, Analysis of red wines using an electronic tongue and infrared spectroscopy. Correlations with phenolic content and color parameters, *LWT- Food Science and Technology*, 118, 108785.
- Garrido, V. M., Sims, C. A., Marshall, M. R. and Bates, R. P., 1993, Factors influencing ellagic acid precipitation in muscadine grape juice during storage, *Journal of Food Science*, 58 (1), 193-196.
- Gautam, R. and Sharma, S. C., 2012, Effect of *Punica granatum* Linn. (peel) on blood glucose level in normal and alloxan-induced diabetic rats, *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 5 (2), 226-227.
- Ginjom, I. R., D'Arcy, B. R., Caffin, N. A. and Gidley, M. J., 2010, Phenolic contents and antioxidant activities of major Australian red wines throughout the winemaking process, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (18), 10133-10142.
- Gligor, O., Mocan, A., Moldovan, C., Locatelli, M., Crişan, G. and Ferreira, I. C., 2019, Enzyme-assisted extractions of polyphenols—A comprehensive review, *Trends in Food Science and Technology*, 88, 302-315.
- Goh, S. G., Noranizan, M., Leong, C. M., Sew, C. C. and Sobhi, B., 2012, Effect of thermal and ultraviolet treatments on the stability of antioxidant compounds in single strength pineapple juice throughout refrigerated storage, *International Food Research Journal*, 19 (3), 1131-1136.
- Gómez, G., Fisberg, R. M., Nogueira Previdelli, Á., Hermes Sales, C., Kovalskys, I., Fisberg, M., Herrera-Cuenca, M., Cortés Sanabria, L. Y., Yépez García, M. C., Pareja Torres, R. G., Rigotti, A., Guajardo, V., Zimberg, I. Z., Chinnock, A., Murillo, A. G., Brenes, J. C. and ELANS Study Group, 2019, Diet quality and

- diet diversity in eight Latin American countries: results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS), *Nutrients*, 11 (7), 1605.
- Gómez-García, R., Martínez-Ávila, G. C. and Aguilar, C. N., 2012, Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenolics from grape (*Vitis vinifera* L.) residues, *3 Biotech*, 2 (4), 297-300.
- Gómez-Plaza, E., Miñano, A. ve López-Roca, J. M., 2006, Comparison of chromatic properties, stability and antioxidant capacity of anthocyanin-based aqueous extracts from grape pomace obtained from different vinification methods, *Food Chemistry*, 97 (1), 87-94.
- Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., Číž, M., Caspi, A., Libman, I. and Trakhtenberg, S., 2001, Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits, *Food Chemistry*, 74 (3), 309-315.
- Gözlekçi, Ş., Saraçoğlu, O., Onursal, E. ve Özgen, M., 2011, Total phenolic distribution of juice, peel, and seed extracts of four pomegranate cultivars, *Pharmacognosy Magazine*, 7, 161.
- Grabowski, J. A., Truong, V. D. and Daubert, C. R., 2006, Spray drying of amylase hydrolyzed sweet potato puree and physicochemical properties of powder, *Journal of Food Science*, 71, E209–E217.
- Granato, D., Fidelis, M., Haapakoski, M., dos Santos Lima, A., Viil, J., Hellström, J., Zharkovsky, A. and Pap, N., 2022, Enzyme-assisted extraction of anthocyanins and other phenolic compounds from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) press cake: from processing to bioactivities, *Food Chemistry*, 133240.
- Guilbert, J., 2003, The world health report 2002–reducing risks, promoting healthy life, *Education for Health*, 16 (2), 230 230.
- Gumienna M., Szwengiel A., and Górna B., 2016, Bioactive components of pomegranate fruit and their transformation by fermentation processes, *European Food Research and Technology*, 242, 631-640.
- Hafizov, S. G. and Hafizov, G. K., 2021, Effect of heat treatment and pH factor on phenolic components of pomegranate juice, *Journal of Hygienic Engineering & Design*, 33, 87-94.
- Hager, T. J., Howard, L. R. and Prior, R. L., 2010, Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (3), 689-695.
- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Mykkänen, H. M. and Törrönen, A. R., 2000, Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (7), 2960-2965.

- Handa, S. S., 2008, An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants, in: S. S. Handa, S. P. S. Khanuja, G. Longo, D. D. Rakesh (Eds.), *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants*, Trieste, Italy: ICS-UNIDO, pp. 29.
- Hernández, Y., Lobo, M. G. and González, M., 2009, Factors affecting sample extraction in the liquid chromatographic determination of organic acids in papaya and pineapple, *Food Chemistry*, 114 (2), 734-741.
- Hmid, I., Elothmani, D., Hanine, H., Oukabli, A. and Mehinagic, E., 2017, Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco, *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2675-S2684.
- Ignat, I., Volf, I. and Popa, V. I., 2011, A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables, *Food Chemistry*, 126 (4), 1821-1835.
- Ishida, Y., Kitagawa, K., Goto, K. and Ohtani, H., 2005, Solid sampling technique for direct detection of condensed tannins in bark by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry, *Rapid Communications in Mass Spectrometry: An International Journal Devoted to the Rapid Dissemination of Up-to-the-Minute Research in Mass Spectrometry*, 19 (5), 706-710.
- Ivanišová, E., Terentjeva, M., Kántor, A., Francáková, H. and Kačániová, M., 2019, Phytochemical and antioxidant profile of different varieties of grape from the small carpathians wine region of Slovakia, *Erwerbs-Obstbau*, 61.
- Jana, K., Mantana, B., Josef, B., Pavel, H., Jan, T. and Naděžda, V., 2018, Juices enriched with phenolic extracts from grapes, *Czech Journal of Food Sciences*, 36 (3), 261-267.
- Jenniskens, L. D., Voragen, A. J., Pilnik, W. and Posthumus, M. A., 1991, Effects of the treatment of apple pulp with liquefying enzymes on the aroma of apple juice, *LWT- Food Science and Technology*, 24 (1), 86-92.
- Jha, A. K. and Sit, N., 2022, Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 119, 579-591.
- Joana Gil-Chávez, G., Villa, J. A., Fernando Ayala-Zavala, J., Basilio Heredia, J., Sepulveda, D., Yahia, E. M. and González-Aguilar, G. A., 2013, Technologies for extraction and production of bioactive compounds to be used as nutraceuticals and food ingredients: An overview, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (1), 5-23.
- Kahramanoglu, I. and Usanmaz, S., 2016, Pomegranate production and marketing, CRC Press, 148.

- Kaufman, M. and Wiesman, Z., 2007, Pomegranate oil analysis with emphasis on MALDI-TOF/MS triacylglycerol fingerprinting, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (25), 10405-10413.
- Kayapınar, C., 2021, Şalgam suyu üretiminde tanen ilavesinin ve depolama sıcaklığının fenol bileşikleri ve renk stabilitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayın, N., Atalay, D., Türken Akçay, T. And Erge, H. S., 2019, Color stability and change in bioactive compounds of red beet juice concentrate stored at different temperatures, *Journal of Food Science and Technology*, 56, 5097-5106.
- Khanbabaei, K. and Van Ree, T., 2001, Tannins: classification and definition, *Natural Product Reports*, 18 (6), 641-649.
- Khoddami, A., Wilkes, M. A. and Roberts, T. H., 2013, Techniques for analysis of plant phenolic compounds, *Molecules*, 18 (2), 2328-2375.
- Kırca, A., Özkan, M. and Cemeroğlu, B., 2007, Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins, *Food Chemistry*, 101 (1), 212-218.
- Ko, K., Dadmohammadi, Y. and Abbaspourrad, A., 2021, Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: A review, *Foods*, 10 (3), 657.
- Kobus, Z., Nadulski, R., Wilczyński, K., Kozak, M., Guz, T. and Rydzak, L., 2019, Effect of the black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) juice acquisition method on the content of polyphenols and antioxidant activity, *Plos One*, 14 (7), e0219585.
- Kohno, H., Suzuki, R., Yasui, Y., Hosokawa, M., Miyashita, K. and Tanaka, T., 2004, Pomegranate seed oil rich in conjugated linolenic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats, *Cancer Science*, 95 (6), 481-486.
- Konczak, I. and Zhang, W., 2004, Anthocyanins-more than nature's colours, *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 239-240.
- Kopjar, M. and Piližota, V., 2009, Copigmentation effect of phenolic compounds on red currant juice anthocyanins during storage, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 1 (2), 16-20.
- Kurek, M., Hlupić, L., Garofulić, I. E., Descours, E., Ščetar, M. and Galić, K., 2019, Comparison of protective supports and antioxidative capacity of two bio-based films with revalorised fruit pomaces extracted from blueberry and red grape skin, *Food Packaging and Shelf Life*, 20, 100315.
- Lamy, E., Rawel, H., Schweigert, F. J., Capela e Silva, F., Ferreira, A., Costa, A. R., Antunes, C., Almeida, A. M., Coelho, A. V. and Sales-Baptista, E., 2011, The

effect of tannins on Mediterranean ruminant ingestive behavior: The role of the oral cavity, *Molecules*, 16 (4), 2766-2784.

- Landbo, A. K. and Meyer, A. S., 2001, Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (7), 3169-3177.
- Lantzouraki, D. Z., Sinanoglou, V. J., Zoumpoulakis, P. G., Glamočlija, J., Ćirić, A., Soković, M., Heropoulos, G. and Proestos, C., 2015, Antiradical–antimicrobial activity and phenolic profile of pomegranate (*Punica granatum* L.) juices from different cultivars: a comparative study, *Rsc Advances*, 5 (4), 2602-2614.
- Laroze, L., Soto, C. and Zúñiga, M. E., 2010, Phenolic antioxidants extraction from raspberry wastes assisted by-enzymes, *Electronic Journal of Biotechnology*, 13 (6), 11-12.
- Lee, H. S. and Coates, G. A., 2003, Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments, *LWT-Food Science and Technology*, 36 (1), 153-156.
- Lee, H. S. and Nagy, S., 1988, Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage, *Journal of Food Science*, 53, 168-172.
- Leite, C. J. B., de Sousa, J. P., da Costa Medeiros, J. A., da CONCEIÇÃO, M. L., dos Santos Falcão-Silva, V. and de Souza, E. L., 2016, Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella Enteritidis* by *Cymbopogon citratus* DC Stapf. Essential oil in pineapple juice, *Journal of Food Protection*, 79 (2), 213-219.
- Li, B. B., Smith, B. and Hossain, M. M., 2006a, Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method, *Separation and Purification Technology*, 48 (2), 189-196.
- Li, J., Miao, S. and Jiang, Y., 2009, Changes in quality attributes of longan juice during storage in relation to effects of thermal processing, *Journal of Food Quality*, 32 (1), 48-57.
- Li, W., Yang, R., Ying, D., Yu, J., Sanguansri, L. and Augustin, M. A., 2020, Analysis of polyphenols in apple pomace: A comparative study of different extraction and hydrolysis procedures, *Industrial Crops and Products*, 147, 112250.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. and Cheng, S., 2006b, Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract, *Food Chemistry*, 96 (2), 254–260.
- Lien, E. J., Ren, S., Bui, H. H. and Wang, R., 1999, Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants, *Free Radical Biology and Medicine*, 26 (3-4), 285-294.

- Liyana-Pathirana, C. M. and Shahidi, F., 2006, Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (4), 1256-1264.
- López Más, J. A., Streitenberger, S. A., Mellado, M. P., López, Y. P. and Ortiz, P. M., 2009, Nutritional products comprising pomegranate extracts containing ellagitannins and their use, *European Patent Office*, EP2033526A1.
- Machado, A. P. D. F., Sumere, B. R., Mekaru, C., Martinez, J., Bezerra, R. M. N. and Rostagno, M. A., 2019, Extraction of polyphenols and antioxidants from pomegranate peel using ultrasound: Influence of temperature, frequency and operation mode, *International Journal of Food Science and Technology*, 54 (9), 2792–2801.
- Madeira Junior, J. V., Teixeira, C. B. and Macedo, G. A., 2015, Biotransformation and bioconversion of phenolic compounds obtainment: An overview, *Critical Reviews in Biotechnology*, 35 (1), 75-81.
- Maier, T., Göppert, A., Kammerer, D. R., Schieber, A. and Carle, R., 2008, Optimization of a process for enzyme-assisted pigment extraction from grape (*Vitis vinifera* L.) pomace, *European Food Research and Technology*, 227 (1), 267-275.
- Majerska, J., Michalska, A. and Figiel, A., 2019, A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products, *Trends in Food Science and Technology*, 88, 207-219.
- Martí, N., Pérez-Vicente, A. and García-Viguera, C., 2002, Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (2), 217-221.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A. and Viuda-Martos, M., 2012, Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate, *Food Chemistry*, 135 (3), 1520-1526.
- Martins, I. M., Macedo, G. A. and Macedo, J. A., 2020, Biotransformed grape pomace as a potential source of anti-inflammatory polyphenolics: Effects in Caco-2 cells, *Food Bioscience*, 35, 100607.
- Martins, I. M., Roberto, B. S., Blumberg, J. B., Chen, C. Y. O. and Macedo, G. A., 2016, Enzymatic biotransformation of polyphenolics increases antioxidant activity of red and white grape pomace, *Food Research International*, 89, 533-539.
- Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N. and Teixeira, J. A., 2011, Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review, *Biotechnology Advances*, 29 (3), 365-373.

- Maskan, M., 2006, Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics, *Journal of Food Engineering*, 72 (3), 218-224.
- Mason-D'Croz, D., Bogard, J. R., Sulser, T. B., Cenacchi, N., Dunston, S., Herrero, M., and Wiebe, K., 2019, Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: An integrated modelling study, *The Lancet Planetary Health*, 3 (7), e318–e329.
- McCarthy, A. L., O'Callaghan, Y. C., Neugart, S., Piggott, C. O., Connolly, A., Jansen, M. A., FitzGerald, R. J. and O'Brien, N. M., 2013, The hydroxycinnamic acid content of barley and brewers' spent grain (BSG) and the potential to incorporate phenolic extracts of BSG as antioxidants into fruit beverages, *Food Chemistry*, 141 (3), 2567-2574.
- McKay, D. L. and Blumberg, J. B., 2007, Cranberries (*Vaccinium macrocarpon*) and cardiovascular disease risk factors, *Nutrition Reviews*, 65 (11), 490-502.
- Meini, M. R., Cabezudo, I., Boschetti, C. E. and Romanini, D., 2019, Recovery of phenolic antioxidants from Syrah grape pomace through the optimization of an enzymatic extraction process, *Food Chemistry*, 283, 257-264.
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D. and Martí, N., 2011, Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (10), 1893-1906.
- Mena, P., Martí, N., Saura, D., Valero, M. and García-Viguera, C., 2013, Combinatory effect of thermal treatment and blending on the quality of pomegranate juices, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3186-3199.
- Mesa, J., Hinestroza-Córdoba, L. I., Barrera, C., Seguí, L., Betoret, E. and Betoret, N., 2020, High homogenization pressures to improve food quality, functionality and sustainability, *Molecules*, 25 (14), 3305.
- Meyer, A. S., Jepsen, S. M. and Sørensen, N. S., 1998, Enzymatic release of antioxidants for human low-density lipoprotein from grape pomace, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (7), 2439-2446.
- Mgaya-Kilima, B., Remberg, S. F., Chove, B. E. and Wicklund, T., 2015, Physiochemical and antioxidant properties of roselle-mango juice blends; effects of packaging material, storage temperature and time, *Food Science and Nutrition*, 3 (2), 100-109.
- Mohamad Salin, N. S., Md Saad, W. M., Abdul Razak, H. R. and Salim, F., 2022, Effect of storage temperatures on physico-chemicals, phytochemicals and antioxidant properties of watermelon juice (*Citrullus lanatus*), *Metabolites*, 12 (1), 75.

- Mojsov, K., 2012, Microbial α -amylases and their industrial applications: a review, *International Journal of Management, IT and Engineering*, 2 (10), 583-609.
- Mokhtar, S. M. and Ibrahim, I. M. A., 2020, Physicochemical, antioxidant and sensorial properties of pasteurized guava nectar incorporated with pomegranate peel and guava leaf extracts, *World Journal of Food Science and Technology*, 4 (1), 8-16.
- Molet-Rodríguez, A., Salvia-Trujillo, L. and Martín-Belloso, O., 2018, Beverage emulsions: key aspects of their formulation and physicochemical stability, *Beverages*, 4 (3), 70.
- Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K. and Khodaparast, M. H. H., 2009, Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars, *Food Chemistry*, 115 (4), 1274-1278.
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Makunga, N. P. and Opara, U. L., 2017, Functional properties of pomegranate fruit parts: Influence of packaging systems and storagetime, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11 (4), 2233–2246.
- Muche, B. M., Speers, R. A. and Rupasinghe, H. V., 2018, Storage temperature impacts on anthocyanins degradation, color changes and haze development in juice of “Merlot” and “Ruby” grapes (*Vitis vinifera*), *Frontiers in Nutrition*, 5, 100.
- Muniglia, L., Claisse, N., Baudalet, P.H. and Ricochon, G., 2014, Enzymatic aqueous extraction (EAE), in: F. Chemat and M. Vian (Eds.), *In Alternative Solvents for Natural Products Extraction*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 167–204.
- Mushtaq, M., Sultana, B., Akram, S., Adnan, A., Apenten, R. K. and Nigam, P. S. N., 2016, Enzyme-assisted extraction of polyphenols from pomegranate (*Punica granatum*) Peel, *Research and Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology*, 5 (2), 27-34.
- Mushtaq, M., Sultana, B., Anwar, F., Adnan, A. and Rizvi, S. S., 2015, Enzyme-assisted supercritical fluid extraction of phenolic antioxidants from pomegranate peel, *The Journal of Supercritical Fluids*, 104, 122-131.
- Muzolf-Panek, M. and 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.
- Nag, S. and Sit, N., 2018, Optimization of ultrasound assisted enzymatic extraction of polyphenols from pomegranate peels based on phytochemical content and antioxidant property, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (3), 1734-1743.

- Nath, P., Kaur, C., Rudra, S. G. and Varghese, E., 2016, Enzyme assisted extraction of carotenoid-rich extract from red capsicum (*Capsicum annuum*), *Agricultural Research*, 5 (2), 193–204.
- Natukunda, S., Muyonga, J. H. and Mukisa, I. M., 2016, Effect of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed on antioxidant activity, phytochemicals, physicochemical characteristics, and sensory acceptability of enriched cookies and mango juice, *Food Science and Nutrition*, 4 (4), 494-507.
- Navruz, A., Türkyılmaz, M. and Özkan, M., 2016, Colour stabilities of sour cherry juice concentrates enhanced with gallic acid and various plant extracts during storage, *Food Chemistry*, 197, 150-160.
- Nawaz, H., Shi, J., Mittal, G. S. and Kakuda, Y., 2006, Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultrafiltration, *Separation and Purification Technology*, 48 (2), 176-181.
- Neves, C. M., Pinto, A., Gonçalves, F. and Wessel, D. F., 2021, Changes in elderberry (*Sambucus nigra* L.) juice concentrate polyphenols during storage, *Applied Sciences*, 11 (15), 6941.
- Nour, V., Panaite, T. D., Ropota, M., Turcu, R., Trandafir, I. and Corbu, A. R., 2018, Nutritional and bioactive compounds in dried tomato processing waste, *CyTA-Journal of Food*, 16 (1), 222-229.
- Nowicka, P., Wojdyło, A., Teleszko, M. and Samoticha, J., 2016, Sensory attributes and changes of physicochemical properties during storage of smoothies prepared from selected fruit, *LWT-Food Science and Technology*, 71, 102-109.
- Ogundele, O. M., Awolu, O. O., Badejo, A. A., Nwachukwu, I. D. and Fagbemi, T. N., 2016, Development of functional beverages from blends of *Hibiscus sabdariffa* extract and selected fruit juices for optimal antioxidant properties, *Food Science and Nutrition*, 4 (5), 679-685.
- Orak, H. H., Yagar, H. and Isbilir, S. S., 2012, Comparison of antioxidant activities of juice, peel, and seed of pomegranate (*Punica granatum* L.) and inter-relationships with total phenolic, Tannin, anthocyanin, and flavonoid contents, *Food Science and Biotechnology*, 21, 373-387.
- Ortiz, L., Dorta, E., Gloria Lobo, M., González-Mendoza, L. A., Díaz, C. ve González, M., 2017b, Use of banana (*Musa acuminata* Colla AAA) peel extract as an antioxidant source in orange juices, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 60-66.
- Ortiz, L., Dorta, E., Lobo, M. G., González-Mendoza, L. A., Díaz, C. and González, M., 2017a, Use of banana peel extract to stabilise antioxidant capacity and sensory properties of orange juice during pasteurisation and refrigerated storage, *Food and Bioprocess Technology*, 10 (10), 1883-1891.

- Oszmiański, J., Wojdyło, A. and Kolniak, J., 2009, Effect of enzymatic mash treatment and storage on phenolic composition, antioxidant activity, and turbidity of cloudy apple juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (15), 7078-7085.
- Oziyici, H. R., Karhan, M., Tetik, N. ve Turhan, I., 2013, Effects of processing method and storage temperature on clear pomegranate juice turbidity and color, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (5), 899-906.
- Padayachee, A., L. Day, K. Howell and M. J. Gidley, 2017, Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (1), 59–81.
- Palomero, F., Morata, A., Benito, S., González, M. C. and Suárez-Lepe, J. A., 2007, Conventional and enzyme-assisted autolysis during ageing over lees in red wines: Influence on the release of polysaccharides from yeast cell walls and on wine monomeric anthocyanin content, *Food Chemistry*, 105 (2), 838-846.
- Pan, Z., Qu, W., Ma, H., Atungulu, G. G. and McHugh, T. H., 2011, Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 1249–1257.
- Panichayupakaranant, P., Tewtrakul, S. and Yuenyongsawad, S., 2010, Antibacterial, anti-inflammatory and anti-allergic activities of standardised pomegranate rind extract, *Food Chemistry*, 123 (2), 400-403.
- Pareek, S., Paliwal, R. and Mukherjee, S., 2011, Effect of juice extraction methods and processing temperature-time on juice quality of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) during storage, *Journal of Food Science and Technology*, 48, 197-203.
- Pasini, F., Chinnici, F., Caboni, M. F. and Verardo, V., 2019, Recovery of oligomeric proanthocyanidins and other phenolic compounds with established bioactivity from grape seed by-products, *Molecules*, 24 (4), 677.
- Pathare, P. B., Opara, U. L. and Al-Said, F. A. J., 2013, Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review, *Food Bioprocess Technology*, 6 (1), 36–60.
- Peixoto, C. M., Dias, M. I., Alves, M. J., Calhella, R. C., Barros, L., Pinho, S. P. and Ferreira, I. C., 2018, Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties, *Food Chemistry*, 253, 132-138.
- Pereira, G. A., Molina, G., Arruda, H. S. and Pastore, G. M., 2017, Optimizing the homogenizer-assisted extraction (HAE) of total phenolic compounds from banana peel, *Journal of Food Process Engineering*, 40 (3), e12438.
- Pérez-Ramírez, I. F., Reynoso-Camacho, R., Saura-Calixto, F. and Pérez-Jiménez, J., 2018, Comprehensive characterization of extractable and nonextractable phenolic compounds by high-performance liquid chromatography–electrospray

- ioization–quadrupole time-of-flight of a grape/pomegranate pomace dietary supplement, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (3), 661-673.
- Pérez-Vicente, A., Serrano, P., Abellán, P. and García-Viguera, C., 2004, Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (7), 639–644.
- Pinelo, M., Arnous, A. and Meyer, A. S., 2006, Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release, *Trends in Food Science and Technology*, 17 (11), 579-590.
- Poojary, M. M., Putnik, P., Kovačević, D. B., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Dias, D. A. and Shpigelman, A., 2017, Stability and extraction of bioactive sulfur compounds from *Allium* genus processed by traditional and innovative Technologies, *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 28-39.
- Popa, V. I., Dumitru, M., Volf, I. and Anghel, N., 2008, Lignin and polyphenols as allelochemicals, *Industrial Crops and Products*, 27 (2), 144-149.
- Pui, L. P., Kong, I., Karim, R., Yusof, Y. A., Wong, C. W. and Mohd Ghazali, H., 2022, Optimization of juice production from “cempedak” (*Artocarpus integer*) fruit pulp liquefied with the aid of enzymes, *British Food Journal*, 124 (10), 3083-3093.
- Qu, W., Li, P., Hong, J., Liu, Z., Chen, Y., Breksa III, A. P. and Pan, Z., 2013, Thermal stability of liquid antioxidative extracts from pomegranate peel, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (5), 1005-1012.
- Rao, P. and Rathod, V., 2019, Valorization of food and agricultural waste: a step towards greener future, *The Chemical Record*, 19 (9), 1858-1871.
- Rapp, A. and Güntert, H. 1985, Changes in aroma substances during the storage of white wines in bottles, In *The Shelf Life of Foods and Beverages*, Proceedings of the 4th International Flavor Conference, Rhodes, Greece, in: G. Charalambous (Eds.) Elsevier Science Publishers: Amsterdam: The Netherlands, pp. 141– 167.
- Ravber, M., Knez, Ž. and Škerget, M., 2015, Optimization of hydrolysis of rutin in subcritical water using response surface methodology, *The Journal of Supercritical Fluids*, 104, 145-152.
- Reed, J. D., Krueger, C. G. and Vestling, M. M., 2005, MALDI-TOF mass spectrometry of oligomeric food polyphenols, *Phytochemistry*, 66 (18), 2248-2263.
- Rehman, M. A., Khan, M. R., Sharif, M. K., Ahmad, S. and Shah, F. U. H., 2014, Study on the storage stability of fruit juice concentrates, *Pakistan Journal of Food Sciences*, 24 (1s), 101-107.

- Rein, M. J. and Heinonen, M., 2004, Stability and enhancement of berry juice color, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3106–3114.
- Renard, C. M., Baron, A., Guyot, S. and Drilleau, J. F., 2001, Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences, *International Journal of Biological Macromolecules*, 29 (2), 115-125.
- Rinaldi, M., Caligiani, A., Borgese, R., Palla, G., Barbanti, D. and Massini, R., 2013, The effect of fruit processing and enzymatic treatments on pomegranate juice composition, antioxidant activity and polyphenols content, *LWT-Food Science and Technology*, 53 (1), 355-359.
- Robbins, R. J., 2003, Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (10), 2866-2887.
- Rodrigues, S., 2012, Enzyme maceration, in: S. Rodrigues, F. A. Narciso Fernandes (Eds.), *Advances in Fruit Processing Technologies*, CRS Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 235-246.
- Rodríguez, L. G. R., Gasga, V. M. Z., Pescuma, M., Van Nieuwenhove, C., Mozzi, F. and Burgos, J. A. S., 2021, Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds, Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages, *Food Research International*, 140, 109854.
- Rosenthal, A., Pyle, D. L. and Niranjana, K., 1996, Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction, *Enzyme and Microbial Technology*, 19 (6), 402-420.
- Rúa Aller, J., González González, S., Sanz Gómez, J., del Valle Fernandez, M. P. and García-Armesto, M. R., 2021, Assessment of (-) epicatechin as natural additive for improving safety and functionality in fresh “Piel de Sapo” melon juice, *Food Science and Nutrition*, 9 (6), 2925-2935.
- Saad, A. M., Mohamed, A. S., El-Saadony, M. T. and Sitohy, M. Z., 2021, Palatable functional cucumber juices supplemented with polyphenols-rich herbal extracts, *LWT- Food Science and Technology*, 148, 111668.
- Sadilova, E., Carle, R. and Stintzing, F. C., 2007, Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity, *Molecular Nutrition and Food Research*, 51 (12), 1461-1471.
- Saffarzadeh-Matin, S. and Khosrowshahi, F. M., 2017, Phenolic compounds extraction from Iranian pomegranate (*Punica granatum*) industrial waste applicable to pilot plant scale, *Industrial Crops and Products*, 108, 583–597.
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M. and Lobo, M. G., 2018, Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17 (3), 512-531.

- Saini, R. K., Nile, S. H. and Park, S. W., 2015, Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities, *Food Research International*, 76, 735-750.
- Salgado, J. M., Ferreira, T. R. B., de Oliveira Biazotto, F. and dos Santos Dias, C. T., 2012, Increased antioxidant content in juice enriched with dried extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel, *Plant Foods for Human Nutrition*, 67 (1), 39-43.
- Samoticha, J., Jara-Palacios, M. J., Hernández-Hierro, J. M., Heredia, F. J. and Wojdyło, A., 2018, Phenolic compounds and antioxidant activity of twelve grape cultivars measured by chemical and electrochemical methods, *European Food Research and Technology*, 244, 1933-1943.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, D. S. and Somasundram, C., 2015, Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice, *Food and Bioprocess Technology*, 94, 313-321.
- Sattar, A., Durrani, M. J., Khan, R. N. and Hussain, B. H., 1989, Effect of packaging materials and fluorescent light on HTST-pasteurized orange drink, *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung*, 188 (5), 430-433.
- Savatović, S. M., Tepić, A. N., Šumić, Z. M. and Nikolić, M. S., 2009, Antioxidant activity of polyphenol-enriched apple juice, *Acta Periodica Technologica*, 40, 95-102.
- Schieber, A., Stintzing, F. C. and Carle, R., 2001, By-products of plant food processing as a source of functional compounds—recent developments, *Trends in Food Science and Technology*, 12 (11), 401-413.
- Shahidi, F., 2004, Functional foods: Their role in health promotion and disease prevention, *Journal of Food Science*, 69 (5), R146-R149.
- Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H. and Lee, Y. R., 2017, Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmentally friendly approaches, *Nutrition*, 34, 29-46.
- Sharma, R. J., Gupta, R. C., Singh, S., Bansal, A. K. and Singh, I. P., 2016, Stability of anthocyanins-and anthocyanidins-enriched extracts, and formulations of fruit pulp of *Eugenia jambolana* ('jamun'), *Food Chemistry*, 190, 808-817.
- Sharma, R., Choudhary, R., Thakur, N. S. and Thakur, A., 2019, Development and quality of apple-whey based herbal functional ready-to-serve beverage, *Journal of Applied and Natural Science*, 11 (2), 291-298.
- Shavakhi, F., Boo, H. C., Osman, A. and Ghazali, H. M., 2012, Effects of enzymatic liquefaction, maltodextrin concentration, and spray-dryer air inlet temperature on pumpkin powder characteristics, *Food and Bioprocess Technology*, 5 (7), 2837-2847.

- Shin, K. S. and Lee, J. H., 2021, Optimization of enzymatic hydrolysis of immature citrus (*Citrus unshiu* Marcov.) for flavonoid content and antioxidant activity using a response surface methodology, *Food Science and Biotechnology*, 30 (5), 663-673.
- Shirode, A. B., Kovvuru, P., Chittur, S. V., Henning, S. M., Heber, D. and Reliene, R., 2014, Antiproliferative effects of pomegranate extract in MCF-7 breast cancer cells are associated with reduced DNA repair gene expression and induction of double strand breaks, *Molecular Carcinogenesis*, 53 (6), 458-470.
- Siebert, K. J., 1999, Effects of protein– polyphenol interactions on beverage haze, stabilization, and analysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (2), 353-362.
- Siebert, K. J., 2006, Haze formation in beverages, *LWT-Food Science and Technology*, 39 (9), 987-994.
- Siebert, K. J., Stenroos, L. E. and Reid, D. S., 1981, Characterization of amorphous-particle haze, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 39, 1–11.
- Sieniawska, E., and Baj, T., 2017, Tannins, in: S. B. McCreath and R. Delgoda (Eds.), *In pharmacognosy*, Cambridge, MA: Academic Press, pp. 199–232.
- Sihem, D., Samia, D., Gaetano, P., Sara, L., Giovanni, M., Hassiba, C., Laura, G. and Nouredine, H. A., 2015, *In vitro* antioxidant activities and phenolic content in crop residues of Tunisian globe artichoke, *Scientia Horticulturae*, 190, 128-136.
- Singh, A., Sharma, V., Banerjee, R., Sharma, S. and Kuila, A., 2016, Perspectives of cell-wall degrading enzymes in cereal polishing, *Food Bioscience*, 15, 81-86.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N., 2017, Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review, *Food Research International*, 101, 1-16.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N., 2018, Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review, *Food Chemistry*, 261, 75-86.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N., 2020, Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel, *Food Research International*, 132, 109114.
- Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N. and Jayaprakasha, G. K., 2002, Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (1), 81-86.
- Skrt, M., Albreht, A., Vovk, I., Constantin, O. E., Râpeanu, G., Sežun, M., Črnivec, I. O., Zalar, U. and Poklar Ulrih, N., 2022, Extraction of polyphenols and

- valorization of fibers from Istrian-grown pomegranate (*Punica granatum* L.), *Foods*, 11 (18), 2740.
- Sójka, M., Janowski, M. and Grzelak-Błaszczak, K., 2019, Stability and transformations of raspberry (*Rubus idaeus* L.) ellagitannins in aqueous solutions, *European Food Research and Technology*, 245, 1113-1122.
- Soon-Cheol, Min-Soo, K., Sun-Hi, L., Ju-Hyung, K., Bo-Hye, K., Won-Keun, O. and Jong-Seog, A., 2005, Increase of bioactive flavonoid aglycone extractable from korean citrus peel by carbohydrate-hydrolysing enzymes, *Microbiology and Biotechnology Letters*, 33 (4), 288-294.
- Soong, Y. Y. and Barlow, P. J., 2004, Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds, *Food Chemistry*, 88 (3), 411-417.
- Soto, M. L., Moure, A., Domínguez, H. and Parajó, J. C., 2011, Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review, *Journal of Food Engineering*, 105 (1), 1-27.
- Soto-Maldonado, C. and Zúñiga-Hansen, M. E., 2017, Enzyme-assisted extraction of phenolic compounds, in: H. Domínguez González and M. Jesús González Muñoz (Eds.), *Water extraction of bioactive compounds: From plants to Drug development* (1st ed.), Elsevier, pp. 369-384.
- Sowbhagya, H. B., Srinivas, P. and Krishnamurthy, N. J. F. C., 2010, Effect of enzymes on extraction of volatiles from celery seeds, *Food Chemistry*, 120 (1), 230-234.
- Sreenath, H. K., Krishna, K. S. and Santhanam, K., 1995, Enzymatic liquefaction of some varieties of mango pulp, *LWT-Food Science and Technology*, 28 (2), 196-200.
- Stoll, T., Schweiggert, U., Schieber, A. and Carle, R., 2003, Process for the recovery of a carotene-rich functional food ingredient from carrot pomace by enzymatic liquefaction, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4 (4), 415-423.
- Strati, I. F. and Oreopoulou, V., 2015, Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste, *Food and Bioprocess Processing*, 94, 668-674.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X. and Liu, R. H., 2002, Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), 7449-7454.
- Sun, S., Huang, S., Shi, Y., Shao, Y., Qiu, J., Sedjoah, R. C. A. A., Yan, Z., Ding, L., Zou, D. and Xin, Z., 2021, Extraction, isolation, characterization and antimicrobial activities of non-extractable polyphenols from pomegranate peel, *Food Chemistry*, 351, 129232.

- Tajchakavit, S., Boye, J. I. and Couture, R., 2001, Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice, *Food Research International*, 34 (5), 415-424.
- Talcott, S. T. and Lee, J. H., 2002, Ellagic acid and flavonoid antioxidant content of muscadine wine and juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (11), 3186-3192.
- Tamer, C. E., Yekeler, F. Z., Çopur, Ö. U., Incedayi, B. and Suna, S., 2017, A study of fortification of lemonade with herbal extracts, *Food Science and Technology*, 37, 45-51.
- Tchabo, W., Ma, Y., Engmann, F. N. and Ye, H., 2015, Effect of enzymatic treatment on phytochemical compounds and volatile content of mulberry (*Morus nigra*) must by multivariate analysis, *Journal of Food and Nutrition Research*, 54 (2), 128.
- Teleszko, M., Nowicka, P. and Wojdyło, A., 2016, Effect of cultivar and storage temperature on identification and stability of polyphenols in strawberry cloudy juices, *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 10-19.
- Tetik, N., Turhan, İ. ve Karhan, M., 2007, Berrak elma suyu ve konsantrelerinde protein ve polifenollerden kaynaklanan bulanıklık, *Dünya Gıda*, 2007, 69-73.
- Tobar, P., Moure, A., Soto, C., Chamy, R. and Zúñiga, M. E., 2005, Winery solid residue revalorization into oil and antioxidant with nutraceutical properties by an enzyme assisted process, *Water Science and Technology*, 51 (1), 47e52.
- Tobolková, B., Polovka, M., Daško, L., Belajová, E. and Durec, J., 2020, Evaluation of qualitative changes of apple-beetroot juice during long-term storage at different temperatures, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 3381-3388.
- Toledo-Merma, P. R., Cornejo-Figueroa, M. H., Crisosto-Fuster, A. D. R., Strieder, M. M., Chañi-Paucar, L. O., Náthia-Neves, G., Rodríguez Papuico, H., Rostagno, M. A., Meireles, M. A. A. and Alcázar-Alay, S. C., 2022, Phenolic compounds recovery from pomegranate (*Punica granatum* L.) by-products of pressurized liquid extraction, *Foods*, 11 (8), 1070.
- Tontul, I. and Topuz, A., 2017, Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties, *Trends in Food Science and Technology*, 63, 91–102.
- Topuz, A., Dinçer, C., Torun, M., Tontul, I., Nadeem, H. Ş., Haznedar, A. and Özdemir, F., 2014, Physicochemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38 (2), 233-241.
- Tournas, V. H., Heeres, J. and Burgess, L., 2006, Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices, *Food Microbiology*, 23 (7), 684-688.

- Trigo, J. P., Alexandre, E. M., Oliveira, A., Saraiva, J. A. and Pintado, M., 2020b, Fortification of carrot juice with a high-pressure-obtained pomegranate peel extract: chemical, safety and sensorial aspects, *International Journal of Food Science and Technology*, 55 (4), 1599-1605.
- Trigo, J. P., Alexandre, E. M., Silva, S., Costa, E., Saraiva, J. A. and Pintado, M., 2020a, Study of viability of high-pressure extract from pomegranate peel to improve carrot juice characteristics, *Food and Function*, 11 (4), 3410-3419.
- Tripathi, J., Chatterjee, S., Gamre, S., Chattopadhyay, S., Variyar, P. S. and Sharma, A., 2014, Analysis of free and bound aroma compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.), *LWT-Food Science and Technology*, 59 (1), 461-466.
- Tripoli, E., La Guardia, M., Giammanco, S., Di Majo, D. and Giammanco, M., 2007, Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review, *Food Chemistry*, 104 (2), 466-479.
- Trzeciakiewicz, A., Habauzit, V., Mercier, S., Lebecque, P., Davicco, M. J., Coxam, V., Demigne, C. and Horcajada, M. N., 2010, Hesperetin stimulates differentiation of primary rat osteoblasts involving the BMP signalling pathway, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21 (5), 424-431.
- Tuominen, A. and Sundman, T., 2013, Stability and oxidation products of hydrolysable tannins in basic conditions detected by HPLC/DAD–ESI/QTOF/MS, *Phytochemical Analysis*, 24 (5), 424-435.
- TURKOMP, 2024, <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/food-369>, (Erişim Tarihi: Nisan 2024).
- Turrini, F., Boggia, R., Donno, D., Parodi, B., Beccaro, G., Baldassari, S., Signorello, M. G. Catena, S., Alfei, S. and Zunin, P., 2020, From pomegranate marcs to a potential bioactive ingredient: A recycling proposal for pomegranate-squeezed marcs, *European Food Research and Technology*, 246, 273-285.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R. 2007, Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9559–9570.
- Vafeiadou, K., Vauzour, D., Lee, H. Y., Rodriguez-Mateos, A., Williams, R. J. and Spencer, J. P., 2009, The citrus flavanone naringenin inhibits inflammatory signalling in glial cells and protects against neuroinflammatory injury, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 484 (1), 100-109.
- Vaillant, F., Millan, P., O'Brien, G., Dornier, M., Decloux, M. and Reynes, M., 1999, Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction, *Journal of Food Engineering*, 42 (4), 215-224.

- van der Sluis, A. A., Dekker, M. and van Boekel, M. A., 2005, Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 3, Stability during storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (4), 1073-1080.
- Vázquez-Araújo, L., Chambers IV, E., Adhikari, K. and Carbonell-Barrachina, A. A., 2011, Physico-chemical and sensory properties of pomegranate juices with pomegranate albedo and carpellar membranes homogenate, *LWT-Food Science and Technology*, 44 (10), 2119-2125.
- Vegara, S., Martí, N., Mena, P., Saura, D. and Valero, M., 2013, Effect of pasteurization process and storage on colour and shelf-life of pomegranate juices, *LWT-Food Science and Technology*, 54 (2), 592-596.
- Venkat, K., 2011, The climate change and economic impacts of food waste in the United States, *International Journal on Food System Dynamics*, 2 (4), 431-446.
- Victor-Aduloju, A. T., Nwanja, N. M., Ezegebe, C. C., Okocha, K. S. and Aduloju, T. A., 2020, Phytochemicals and vitamin properties of smoothie flavoured with mint leaves extract, *International Journal of Biochemistry Research and Review*, 29 (7), 24-30.
- Vilariño, M. V., Franco, C. and Quarrington, C., 2017, Food loss and waste reduction as an integral part of a circular economy, *Frontiers in Environmental Science*, 5, 21.
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M. S., Troncoso, A. M. and García-Parrilla, M. C., 2005, Comparison of antioxidant activity of wine phenolic compounds and metabolites in vitro, *Analytica Chimica Acta*, 538 (1-2), 391-398.
- Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D. and Mattivi, F., 2004, Quantitation of polyphenols indifferent apple varieties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6532-6538.
- Wallace, T. C., Bailey, R. L., Blumberg, J. B., Burton-Freeman, B., Chen, C. O., Crowe-White, K. M., Drewnowski, A., Hooshmand, S., Johnson, E. and Lewis, R., 2020, Fruits, vegetables, and health: A comprehensive narrative, umbrella review of the science and recommendations for enhanced public policy to improve intake, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (13), 2174-2211.
- Wang, H., Yuan, J., Chen, L., Ban, Z., Zheng, Y., Jiang, Y., Jiang, Y. and Li, X., 2022, Effects of fruit storage temperature and time on cloud stability of not from concentrated apple juice, *Foods*, 11 (17), 2568.
- Wang, Y. H., Wan, Z. L., Yang, X. Q., Wang, J. M., Guo, J. and Lin, Y., 2016, Colloidal complexation of zein hydrolysate with tannic acid: Constructing peptides-based nanoemulsions for alga oil delivery, *Food Hydrocolloids*, 54, 40-48.

- Wang, Z., Pan, Z., Ma, H. and Atungulu, G. G., 2011, Extract of phenolics from pomegranate peels, *The Open Food Science Journal*, 5 (1), 17-25.
- Wen, L., Zhang, Z., Rai, D., Sun, D. W. and Tiwari, B. K., 2019, Ultrasound-assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from coffee silverskin: Impact on phenolic content, antioxidant activity, and morphological characteristics, *Journal of Food Process Engineering*, 42 (6), e13191.
- White, B. L., Howard, L. R. and Prior, R. L., 2011, Impact of different stages of juice processing on the anthocyanin, flavonol, and procyanidin contents of cranberries, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (9), 4692-4698.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J. S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M. and Van Loey, A., 2015, Quality changes of pasteurised orange juice during storage: A kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability, *Food Chemistry*, 187, 140-151.
- Wightman, J. D. and Wrolstad, R. E., 1996, β -glucosidase activity in juiceprocessing enzymes based on anthocyanin analysis, *Journal of Food Science*, 61, 544–552.
- Wilska-Jeszka, J. and Korzuchowska, A., 1997, Anthocyanins and chlorogenic acidcopigmentation – influence on the colour of strawberry and chokeberry juices, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung*, 203, 38–42.
- Wilson, E. L. and Burns, D. J., 1983, Kiwifruit juice processing using heat treatment techniques and ultrafiltration, *Journal of Food Science*, 48 (4), 1101-1105.
- Wojdyło, A., Oszmiański, J. and Czemerys, R., 2007, Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs, *Food Chemistry*, 105 (3), 940-949.
- Wong, C. W., Pui, L. P. and Ng, J. M. L., 2015, Production of spray-dried Sarawak pineapple (*Ananas comosus*) powder from enzyme liquefied puree, *International Food Research Journal*, 22 (4), 1631-1636.
- Wrolstad, R. E., Wightman, J. D. and Durst, R. W., 1994, Glycosidase activity of enzyme preparations used in fruit processing, *Food Technology*, 11, 90–98.
- Xu, C., Yagiz, Y., Borejsza-Wysocki, W., Lu, J., Gu, L., Ramírez-Rodrigues, M. M. and Marshall, M. R., 2014, Enzyme release of phenolics from muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) skins and seeds, *Food Chemistry*, 157, 20-29.
- Xu, Y. Q., Zou, C., Gao, Y., Chen, J. X., Wang, F., Chen, G. S. and Yin, J. F., 2017, Effect of the type of brewing water on the chemical composition, sensory quality and antioxidant capacity of Chinese teas, *Food Chemistry*, 236, 142–151.
- Yahia, E. M., 2010, The contribution of fruits and vegetables to human health, in: L., De la Rosa, E. Alvarez-Parrilla and G. Gonzalez-Aguilar (Eds.), *Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability*, Ames, Iowa: Wiley-Blackwell Publishing, 3–51.

- Yamasaki, M., Kitagawa, T., Koyanagi, N., Chujo, H., Maeda, H., Kohno-Murase, J., Imamura, J., Tachibana, H. and Yamada, K., 2006, Dietary effect of pomegranate seed oil on immune function and lipid metabolism in mice, *Nutrition*, 22 (1), 54-59.
- Yang, Y. C., Li, J., Zu, Y. G., Fu, Y. J., Luo, M., Wu, N. and Liu, X. L., 2010, Optimisation of microwave-assisted enzymatic extraction of corilagin and geraniin from *Geranium sibiricum* Linne and evaluation of antioxidant activity, *Food Chemistry*, 122 (1), 373-380.
- Yazar, S., Kurtulbaş, E., Ortaboy, S., Atun, G. and Şahin, S., 2019, Screening of the antioxidant properties of olive (*Olea europaea*) leaf extract by titanium based reduced graphene oxide electrode, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36, 1184-1192.
- Yemiş, O. ve Arslantürk, H. G., 2016, Berrak nar suyu ve konsantrelerinde bulanıklık oluşumu, *Akademik Gıda*, 14 (3), 275-283.
- Zafrilla, P., Ferreres, F. and Tomás-Barberán, F.-A., 2001, Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (8), 3651–3655.
- Zhai, X., Zhu, C., Li, Y., Zhang, Y., Duan, Z. ve Yang, X., 2018, Optimization for pectinase-assisted extraction of polysaccharides from pomegranate peel with chemical composition and antioxidant activity, *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 244-253.
- Zhang, J., Zhang, C., Chen, X. and Quek, S. Y., 2020, Effect of spray drying on phenolic compounds of cranberry juice and their stability during storage, *Journal of Food Engineering*, 269, 109744.
- Zhang, S. Q., Bi, H. M. and Liu, C. J., 2007, Extraction of bio-active components from *Rhodiola sachalinensis* under ultrahigh hydrostatic pressure, *Separation and Purification Technology*, 57 (2), 277-282.
- Zhao, Y. and Saldaña, M. D., 2019, Use of potato by-products and gallic acid for development of bioactive film packaging by subcritical water technology, *The Journal of Supercritical Fluids*, 143, 97-106.
- Zheng, H. Z., Hwang, I. W. and Chung, S. K., 2009, Enhancing polyphenol extraction from unripe apples by carbohydrate-hydrolyzing enzymes, *Journal of Zhejiang University Science B*, 10 (12), 912-919.
- Zheng, X., Liu, B., Li, L. and Zhu, X., 2011, Microwave-assisted extraction and antioxidant activity of total phenolic compounds from pomegranate peel, *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (6), 1004–1011.

- Zhu, Y., Chen, H., Lou, L., Chen, Y., Ye, X. and Chen, J., 2020, Copigmentation effect of three phenolic acids on color and thermal stability of Chinese bayberry anthocyanins, *Food Science and Nutrition*, 8 (7), 3234-3242.
- Zhu, Z., Li, S., He, J., Thirumdas, R., Montesano, D. and Barba, F. J., 2018, Enzyme-assisted extraction of polyphenol from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot: Ultrafiltration performance and HPLC-MS2 profile, *Food Research International*, 111, 291-298.
- Zuin, V. G., Segatto, M. L. and Zanotti, K., 2020, Towards a green and sustainable fruit waste valorisation model in Brazil: optimisation of homogenizer-assisted extraction of bioactive compounds from mango waste using a response surface methodology, *Pure and Applied Chemistry*, 92 (4), 617-629.

