

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahn Gbongué Elie Parfait DELI

**TERMOSONİKASYON UYGULAMALARININ BULANIK
KAJU ELMA NEKTARI ÜRETİMİNDE KALİTE
BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERMOSONİKASYON UYGULAMALARININ BULANIK KAJU ELMA NEKTARI ÜRETİMİNDE KALİTE BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Mahn Gbongué Elie Parfait DELI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
Yıl : 2020, Sayfa: 151
Jüri : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK

Isıl işlemin gıdalar üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak amacıyla uygulanan alternatif teknolojilerden biri ultrasonddur. Bu çalışmada, ultrasound ile ısıl işlem kombinasyonu olan termosonikasyon ile bulanık kaju elma nektarının kalitesi üzerinde minimum olumsuz etkiye sahip olabilecek optimum termosonikasyon parametreleri 300 J/g ve 60°C olarak belirlenmiştir. Termosonikasyon parametrelerinin (ultrasound enerji yoğunluğu (UEY) ve sıcaklık) polifenol oksidaz (PFO) inaktivasyonu (%83.1) ve bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi belirlenerek matematiksel modellerle ortaya konulmuştur. Aynı zamanda optimum termosonikasyon uygulaması gerçekleştirilen nektarların üç ay boyunca kalite parametrelerindeki değişim (kalıntı PPO aktivitesi, toplam fenolik ve karotenoid madde ve bileşenleri, askorbik asit içeriği, renk, mikrobiyolojik analizleri) takip edilmiştir. Depolama süresince (4°C, 90 gün) kalıntı PFO aktivitesi ve renk farkı (ΔE^* değeri) artarken, toplam fenolik, toplam karotenoid madde ve askorbik asit içerikleri önemli düzeyde azalmıştır. Depolamanın başlangıcında kalıntı PFO aktivitesi %21.7 iken, depolamanın sonu 90. günde ise % 58.4 olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda 3.055 mg/L olan toplam karotenoid miktarı, % 35 azalma göstermiştir. Gallik asit, şiranjik, kafeik, narinjenin ve klorojenik asit ise sırasıyla% 125, % 113, % 80, % 31.14 ve % 60 artış göstermiştir. Depolanan nektarlarda toplam mezofilik bakteri ve maya-küf yükü zamanla önemli düzeyde artmıştır. Optimum termosonikasyon uygulanan nektarlar, duyu özellikler bakımından ise kontrole kıyasla önemli düzeyde farklılık göstermemiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık kaju elması nektarı, polifenol oksidaz (PFO), optimizasyon, ultrasound, fenolik ve karotenoid bileşenler, depolama.

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION of THE EFFECTS of THERMOSONICATION APPLICATIONS on QUALITY PARAMETERS in CLOUDY CASHEW APPLE NECTAR PRODUCTION

Mahn Gbongué Elie Parfait DELI

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Asiye AKYILDIZ

Year: 2020, Page: 151

Jury : Assoc. Prof. Asiye AKYILDIZ

: Prof. Mehmet Sertaç ÖZER

: Prof. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK

One of the alternative technologies to reduce the effect of heat treatment on food is ultrasound. In this study, thermosonication which is a combination of temperature and ultrasound, optimum parameters that can have the minimum negative effect on the quality of cloudy cashew apple nectar were determined as 300 J/g and 60°C. The effects of thermosonication parameters (ultrasound energy density (UED) and temperature) on polyphenol oxidase (PPO) inactivation (83.1%) and some quality properties was determined and revealed by mathematical models. At the same time, the change in quality parameters (residual PPO activity, total phenolic, total carotenoid and compounds, ascorbic acid color, microbiology) of optimally thermosonicated nectars were evaluated during three months. During the storage (4°C , 90 days), while residual PPO activity and total color difference (ΔE^*) increased, total phenolic, total carotenoid and ascorbic acid content decreased significantly. Residual PPO activity was 21.7% at the beginning of storage, and 58.4% at the end of storage at the 90th day. The total amount of carotenoid which was 3.055 mg / L decreased by 35% at the end of storage. Gallic acid syringic, caffeic, delicate and chlorogenic acid increased respectively by 125%, 113%, 80%, 31.14% and 60%. Although the total mesophilic bacteria and yeast-mold load in the stored nectars increased significantly over time. Optimum thermosonication applied to nectars did not differ significantly in terms of sensory characteristics compared to the control.

Keywords: Cloudy cashew apple nectar, polyphenol oxidase (PPO), optimization, ultrasound, phenolic and carotenoid compounds, storage.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada, kaju elma nektarının kalite parametreleri üzerinde en az olumsuz etkiyi yaratmak için uygulanacak termosonikasyon parametrelerinin (ultrasound enerji yoğunluğu ve sıcaklık) optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Kaju elması nektarı kalitesi üzerinde termosonikasyonun etkisi ve kalite parametrelerinin stabilitesi araştırılmıştır.

Kaju nektarının üretiminde, kaju elma püresinin başlangıçtaki briks derecesi ve asitlikleri belirlenerek su, sitrik asit ve şeker ilaveleri ile şeker/asit dengeleri sağlanmıştır. Termosonikasyon parametrelerinin optimizasyonu amacıyla, 0.1 - 30 dakika ve 25 - 65 °C aralığında 15 farklı süre-sıcaklık kombinasyonu oluşturulmuştur. Uygulanan her koşul için, kaju elma nektarının kalite parametrelerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, optimum termosonikasyon parametreleri 60 °C ve 300 J/g'de belirlenmiştir.

Termosonikasyon parametrelerinin optimizasyonu sırasında elde edilen matematiksel modellerin geçerliliği, optimum koşullarda üretilen nektardan elde edilen verilerle bir doğrulama çalışması yapılarak araştırılmıştır. Optimum termosonikasyon ile nektarın polifenoloksidaz (PFO) inaktivasyonu, renk değişim farkı (ΔE^*), toplam fenolik (TF) ve askorbik asit (AA) içeriği sırasıyla % 83.1, 3.98, 141.342 ve 1027.60 mg / L olarak belirlenmiştir. Bu kalite özelliklerinin tamamı için elde edilen matematiksel modeller ile belirlenen değerlerde hata oranları %10'un altındadır.

Optimum termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) nektarlar karşılaştırarak duyusal analizleri gerçekleştirilmiştir. İki ürünün duyusal özellikleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı ortaya konulmuştur. Daha sonra 4 °C'de depolanan nektarların 0, 10, 20, 30, 60 ve 90. günlerde gerçekleştirilen analizlerle kalite parametrelerinin stabilitesi araştırılarak depolamanın kalite özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Depolama sırasında fenolik bileşiklerdeki değişimler belirlenmiştir. Askorbik asit ve karotenoidlerin de depolanma stabilitesi incelenmiştir.

Her iki termosonikasyon parametresindeki (sıcaklık ve ultrasound enerji yoğunluğu (UEY)) artış, PFO'nun inaktivasyonunu arttırmaktadır. Termosonikasyon, PFO'nun belli bir miktar inaktivasyonunu sağlamak için gereken sıcaklığın altındaki sıcaklıkları uygulayarak kaliteyi daha iyi korumak için kullanılabilir. Ilımlı sıcaklık ve UEY kombinasyonu

uygulamasý ile yüksek askorbik asit içeriĐine sahip nektar elde edilmektedir. Çok yüksek UEY ise AA miktarýnı olumsuz etkilemektedir. Yüksek sıcaklık ve düřük UEY ya da tam tersi kořullar uygulandıĐında toplam fenolik madde (TF) miktarý yüksek deĐerlerde belirlenmiřtir. 359 J / g civarında en yüksek TF miktarına ulařılmıřtır. Yaklařık 325 J/g UEY uygulamasý, hem TF miktarý hem de PPO inaktivasyonunun en yüksek seviyelerine ulařılmasını saĐlamıřtır. En yüksek toplam renk farkı, 475 J/g UEY için 65 °C sıcaklıkta gözlenmiřtir. UEY artıřının sadece yüksek sıcaklıklarda ΔE^* zerinde etkisi olduĐu belirlenmiřtir.

Depolama (4°C, 90 gün) süresi boyunca PFO inaktivasyon yüzdesi, pH değeri, TK, TF, AA, b^* azalmış, a^* değeri, titrasyon asitliği ve ΔE^* değeri artmıştır. Depolama sonunda ilk güne kıyasla fenolik bileşiklerden gallik asit, şirinjik asit, narinjenin miktarları önemli düzeyde artarken kafeik asit ve klorojenik asit miktarları azalmıştır. Kaju elmasında bulunan üç temel karotenoid bileşiği ise α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin olarak belirlenmiş ve depolama süresi sonunda sırasıyla % 58.8, % 40.24 ve % 53.3 oranında azalma göstermişlerdir. Lutein ise depolama süresi sonunda % 33 artışla termosonikasyondan olumlu yönde etkilenen bileşiktir.

Depolamanın ilk ayında mikroorganizma sayısında düşük düzeyde bir artış gözlenirken, 2. ve 3. aylarda ise mikroorganizma sayısında belirgin düzeyde artış olduğu gözlemlenmiştir. Depolama süresi boyunca mikrobiyal artış kabul edilebilir düzeydedir. Depolama sonunda kadar kaju elması nektarları mikrobiyolojik açıdan tüketilebilir durumdadır.

Bu alışma ile daha iyi kalitede kaju elması nektarının üretimine katkı sağlayacak olan ve validasyonu gerçekleştirilmiş matematiksel modeller ile optimum termosonikasyon koşulları ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, kaju elması nektarına termonikasyon uygulamaları gerçekleştirilmesinde ve ileriki meyve suyu çalışmalarda faydalı olacaktır. Aynı zamanda, üretilen kaju elmasının nektarlarının kalitesine depolama etkisinin belirlenmiş olması, ürün raf ömrü üzerine gerçekleştirilecek çalışmalar açısından da önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, beni yönlendiren, kendisi ile çalışma fırsatı veren, bilimsel farkındalığımı her daim attıran, sahip olduğu sonsuz anlayış ile motivasyonumu sürekli kılan, bu araştırmanın gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında her türlü konuda bana yol gösteren ve beni destekleyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ'a,

Tezim değerlendiren ve katkıda bulunan değerli tez jürisi hocalarım Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER ve Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e,

Tez çalışmam süresince bana yol gösteren ve desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam Ar. Gör. Dr. Erdal AĞÇAM'a,

Her ihtiyacım olduğunda ve yardımda bulunan Ar. Gör. Burcu DÜNDAR'a ve mikrobiyolojik analizlerin yapılmasında yardımlarını sunan Nuray İNAN ÇINKIR'a, ffdfff

Bugünlere gelmem için çok emek veren, en büyük desteklerim ve en değerli varlıklarım, annem By Eugenie GBONGUÉ ve rahmetli babam Antoine DELI'a,

Manevi destekleri için çok değerli arkadaşlarıma,

Destek ve katkılarından dolayı, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne,

Türkiye'ye gelebilmek ve Yüksek Lisans yapmayı projemini gerçekleştirebilmek için Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar (YTB)'ye,

Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGE DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Kaju.....	7
2.2. Kaju Elmasının Bileşimi	10
2.2.1. Askorbik asit içeriği	10
2.2.2. Diğer Bileşikler	12
2.2.3. Kaju Elmasının Sağlık Üzerine Etkileri	13
2.2.4. Kaju Elmasında Bulunan Fenolik Bileşenleri	14
2.2.5. Kaju Elmalarında Burukluk ve Esmerleşme	18
2.2.5.1 Burukluk.....	18
2.2.5.2. Kajudaki Bulunan Tanenlerin Özellikleri.....	19
2.2.5.3. Esmerleşme	21
2.2.6. Durultulmuş Kaju Elma Suyu Üretimi	22
2.2.7. Kaju Elmalarının Farklı Muhafaza Yöntemleri.....	23
2.2.8. Ultrasound Uygulamaları	27
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Materyal	31
3.2. Metod	32
3.2.1. Nektar Üretim Aşamaları	32

3.2.2. Ultrasound Uygulamaları (Termosonikasyon).....	33
3.2.2.1. Ultrases Uygulamalarının Deneme Desenleri ve Optimizasyonu.....	35
3.2.2.2. Modellerin Validasyonu	39
3.2.3. Uygulanacak Analizler	39
3.2.3.1. pH Tayini	40
3.2.3.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini	40
3.2.3.3. Titrasyon Asitliği Tayini.....	40
3.2.3.4. Renk Tayini.....	40
3.2.3.5. Askorbik Asit Tayini.....	42
3.2.3.6. Toplam Karotenoid Madde Tayini.....	42
3.2.3.7. Karotenoid Bileşenleri Belirlenmesi.....	43
3.2.3.8. Toplam Fenolik Madde Tayini	45
3.2.3.9. Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi.....	46
3.2.3.10. Enzim Ekstraksiyonu ve Kalıntı Polifenol Oksidaz Aktivitesi Tayini.....	48
3.2.3.11. Mikrobiyolojik Analizler	48
3.2.3.12. Duyusal Değerlendirme	49
3.2.3.13. İstatistiksel Değerlendirme	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	51
4.1. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonuna Ait Bulgular.....	51
4.1.1. Termosonikasyon Uygulamalarının Polifenol Oksidaz (PFO) İnaktivasyonu Üzerine Etkisi.....	51
4.1.2. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarının Toplam Fenolik Madde (TF) İçeriği Üzerine Etkisi.....	56
4.1.3. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarını Askorbik Asit (AA) İçeriği Üzerine Etkisi.....	60
4.1.4. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarının ΔE^* Değeri Üzerine Etkisi	64

4.1.5. Optimizasyon	68
4.2. Validasyon sonuçları	69
4.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarlarda Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	70
4.3.1. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Kalıntı Polifenol oksidaz Aktivitesi Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	70
4.3.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarların pH Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	72
4.3.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Titrasyon Asitliği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	74
4.3.4. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Suda Çözünür Kuru Madde Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	76
4.3.5. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının L* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .	78
4.3.6. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının a* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler..	80
4.3.7. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının b* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .	81
4.3.8. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Kroma (C*) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	83
4.3.9. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Hue* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	84

4.3.10. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının ΔE^* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	87
4.3.11. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Toplam Fenolik İçeriklerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	89
4.3.12. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Fenolik Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	91
4.3.13. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Toplam Karotenoid İçeriklerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	97
4.3.14. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elma Nektarlarının Karotenoid Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler	100
4.3.15. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Nektarların Askorbik Asit İçeriklerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler	106
4.3.16. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju elma Nektarların Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri ve Maya-Küf Sayısında Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	108
4.3.17. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Duyusal Değerlendirmesi	110
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	145
EKLER.....	146

ÇİZELGE DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Kaju elmasının bileşikleri	12
Çizelge 2.2. Fildişi Sahili'nde Yamoussoukro ve Korogho'da yetiştirilen kaju elma sularının fenolik profili	17
Çizelge 2.3. Fildişi Sahili'nde Yamoussoukro ve Korogho'da yetiştirilen kaju elma sularının fenolik asit içerikleri.....	26
Çizelge 3.1. Termosonikasyon uygulamasının bağımsız değişkenlerine ait kodlanan düzeyler ve asıl değerler.....	36
Çizelge 3.2. Termosonikasyonda uygulanan ultrasound enerji yoğunluğu ve sıcaklık değerleri	37
Çizelge 3.3. Karotenoid bileşikleri analizi için mobil faz gradient programı	44
Çizelge 3.4. Fenolik bileşen analizinin yürütücü faz oranları.....	479
Çizelge 4.1. Farklı termosonikasyon koşullarının polifenol oksidaz inaktivasyonu (%) üzerine etkisi.....	51
Çizelge 4.2. Kaju elması nektarlarının polifenol oksidaz inaktivasyon değerleri için ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerinin istatistik çıktıları	52
Çizelge 4.3. Farklı termosonikasyon koşullarının kaju elması nektarlarının toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisi	56
Çizelge 4.4. Kaju elması nektarlarının TF değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları	57
Çizelge 4.5. Farklı termosonikasyon koşullarının kaju elması nektarlarının AA üzerine etkisi	60
Çizelge 4.6. Kaju elması nektarlarının AA içerikleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları	61
Çizelge 4.7. Farklı termosonikasyon koşullarının ΔE^* değeri üzerine etkisi	64

Çizelge 4.8. Kaju elması nektarlarının ΔE^* değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları	65
Çizelge 4.9. Optimizasyon çalışması için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hedefleri	68
Çizelge 4.10. Termosonikasyon için belirlenen optimum çözümler ve istenebilirlik değerleri	69
Çizelge 4.11. Kaju elması nektarının (60°C, 300 J/g) farklı özellikleri için validasyon çalışması çıktıları	70
Çizelge 4.12. Kaju elması nektarına ait duyusal analiz sonuçları	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1.	Kaju elması görseli	7
Şekil 2.2.	Dünya'daki Kaju Hasadı Zaman	8
Şekil 2.3.	2017'ye kadar dünyanın kaju fıstığı üreten ülkeler ve miktarı.....	9
Şekil 2.4.	2017'de dünyanın kaju fıstığı üreten ana bölgeleri ve oranları	9
Şekil 2.5.	Afrika ülkelerinin kaju fıstığı üretim ve işleme oranı	10
Şekil 2.6.	Askorbik asidin olumsuz koşullarda parçalanma ürünleri	12
Şekil 2.7.	Fenolik bileşenlerin sınıflandırılması	15
Şekil 2.8.	Gallik (A) ve elajik (B) asitlerin kimyasal yapısı.....	20
Şekil 2.9.	Şekerlerin degradasyonu ve Maillard reaksiyonu sonucu esmer renkli bileşenlerin oluşumu	22
Şekil 2.10.	Durultulmuş kaju suyu üretim şeması	23
Şekil 3.1.	Kaju elma nektarı üretim akış şeması.....	33
Şekil 3.2.	Termosonikasyon uygulamalarına ait görsel.....	34
Şekil 3.3.	Uygulamalarda kullanılan ultrasound ekipmanının şematik gösterimi (1: Soğutucu, 2: Ultrasound ekipmanı, 3: Enerji ve sıcaklık ölçer).	35
Şekil 3.4.	Toplam fenolik madde analizinde uygulanan analiz yöntemi	46
Şekil 3.5.	Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi.....	47
Şekil 4.1.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında PFO inaktivasyonu (%) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler.....	54
Şekil 4.2.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler	59

Şekil 4.3.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında askorbik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler	63
Şekil 4.4.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elma nektarlarında ΔE^* değeri üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler	67
Şekil 4.5.	Kaju elma nektarlarının depolama süresince kalıntı polifenol oksidaz aktivitesi değerleri.....	71
Şekil 4.6.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca pH değerleri	73
Şekil 4.7.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri.....	75
Şekil 4.8.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca suda çözünür kuru madde (Briks, B°) değerleri	77
Şekil 4.9.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca L* değerleri.....	78
Şekil 4.10.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca a* değerleri	80
Şekil 4.11.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca b* değerleri	82
Şekil 4.12.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca kroma (C*) değerleri.....	83
Şekil 4.13.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca Hue açısı değerleri	85
Şekil 4.14.	Renk değerlerinin trigonometrik bölgelere göre ayırımı.....	86
Şekil 4.15.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca ΔE^* değerleri	88
Şekil 4.16.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca toplam fenolik içerikleri (mg/L)	90
Şekil 4.17.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca gallik asit içerikleri (mg/L)	92
Şekil 4.18.	Kaju elması nektarlarının depolama boyunca naringenin içerikleri (mg/L)	92

Şekil 4.19. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca <i>p</i> -kumarik asit içerikleri (mg/L)	94
Şekil 4.20. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca şiranjik asit içerikleri (mg/L)	94
Şekil 4.21. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca klorojenik asit içerikleri (mg/L).....	95
Şekil 4.22. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca kafeik asit içerikleri (mg/L)	95
Şekil 4.23. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca tanımlayamayan fenolik bileşen miktarları (mg/L)	97
Şekil 4.24. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca toplam karotenoid içerikleri (mg/L)	98
Şekil 4.25. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca lutein içerikleri (mg/L).....	101
Şekil 4.26. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca β -kriptoksantin içerikleri (mg/L)	102
Şekil 4.27. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca β -karoten içerikleri (mg/L).....	103
Şekil 4.28. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca α -karoten içerikleri (mg/L).....	105
Şekil 4.29. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca askorbik asit içerikleri (mg/L)	106
Şekil 4.30. Kaju elması nektarlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları	110
Şekil 4.31. Kaju elması nektarlarının duyu analizi sonuçlarına ait örümcek ağı diyagramı	112



SİMGELER VE KISALTMALAR

O ₂	: Oksijen
CO ₂	: Karbondoksit
°C	: Santigrat Derece
%	: Yüzde
mL	: Militre
kg	: Kilogram
g	: Gram
µg	: Mikro Gram
L	: Litre
TF	: Toplam Fenolik
PFO	: Polifenol oksidaz
dk	: Dakika
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Cm	: Santimetre
µL	: Mikro Litre
ppm	: Milyonda Bir Kısım
SÇKM	: Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde
UEY	: Ultrason Enerji Yoğunluğu
PFO	: Polifenol Oksidaz
AA	: Askorbik Asit
TF	: Toplam Fenolik
TK	: Toplam Karotenoid
ΔE *	: Toplam Renk Farkı



1. GİRİŞ

Kajunun kökeni Brezilya'nın tropikal bölgeleri olup, Hindistan ve bazı Afrika ülkelerine Portekizliler tarafından getirilmiştir (Anon, 2019). “Kaju” ismi “aca-yu” dan yani “Sarı Elma” anlamına gelen bir Hint kabilesi dilinden gelir. Bilimsel adı *Anacardium occidentale* L. olan kaju, mango gibi *Anacardiaceae* familyasına aittir (Lautié ve ark, 2001).

Kaju elmasının kalp şeklinde olması nedeniyle bilimsel adı “*Anacardium*” dur. Kabuk rengine bağlı olarak üç farklı türe (kırmızı, turuncu ve sarı) sahip olan kaju elmasının kabuğunun rengi ne olursa olsun eti daima sarıdır. Kuruyemiştten sonra ikinci planda görüldüğü için “Yarı-Meyve” olarak adlandırılabilir (Soro, 2008b).

Kaju fıstığı maksimum boyuta (30 ila 35 gün) ulaştığında, kaju elması sap kısmından oldukça hızlı bir şekilde oluşmaya ve büyümeye başlar. Kaju elması, bir süre sonra etli hale gelir ve sarı, kırmızı veya turuncu bir elmaya dönüşür. Fıstık ise zamanla nem kaybederek hacmini azaltır ve sertleşir. Her iki meyve türü de aynı anda olgunluğa ulaşır (Soro, 2008 b).

Ağacın yüksekliği (normal kaju ağacı kökünden dallara kadar 5 ila 12 m arasında ölçülebilir) ve yaprakların genişliği hasat işlemini zorlaştırdığından meyveler yere düştükten sonra elle toplanır (Anon, 2019).

Fildişi Sahili, dünyanın en büyük kaju üreticilerinden biridir. 2019 yılında 730.000 ton kaju fıstığı üretimi ile dünya üretiminin% 22'sini oluşturmuştur (Anon, 2020). Kaju elmasının ağırlığı ceviz ağırlığının 9 ila 10 katıdır (Soro, 2012) ve bu oran 7 milyon tondan fazla kaju elmasına karşılık gelmektedir. Ancak, bu üretimin neredeyse tamamı hasat yerlerinde kalır, çünkü burukluğu nedeniyle kaju elması Fildişi Sahili'nde endüstriyel olarak kullanılmamaktadır.

Kaju meyvesi aslında yüksek bir besin değeri sahiptir. C vitamini bakımından portakaldan 3 kat daha zengindir (Assunção ve Mercadante, 2003). Askorbik asit, insan vücudunda bir antioksidan görevi görür ve demirin emilimini

sağladığı gibi (Levine ve Wardlaw, 1999) bağışıklık sisteminde, kollajen biyosentezinde ve nitrozamin oluşumunun inhibisyonunda da rol oynar (Marchini ve ark, 1998). Ayrıca kaju elması polifenolik bileşikler açısından zengindir (Abreu ve ark, 2005; de Brito ve ark, 2007; Michodjehoun-Mestres, 2009; Michodjehoun-Mestres ve ark, 2009) ve çok çeşitli bir karotenoid profiline sahiptir (Assunção ve Mercadante, 2003; Pinto de Abreu, 2012; Boko ve Soumanou, 2014).

Kaju elması hızla bozulur ve en geç 2 günde bir toplanmalıdır (Soro, 2008a). Bu yüzden fıstığın ayrılmasından sonra düşük sıcaklıklarda (0 ila 2 °C) korunmalıdır. Kaju fıstığının elmadan ayrılması işlemi, elmaya zarar vermeyecek şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde meyvenin suyu kayba uğradığı gibi ayrıca fermentasyon da başlar (Soro, 2008a).

Fildişi Sahili'nde kaju fıstık üretiminin bir yan ürünü olan kaju elmasının da değerlendirilmesi, kaju ağaçlarından daha iyi yararlanılmasını sağlayarak yeni iş yaratarak ekonomik faaliyetleri ve işsizlikle mücadeleyi arttıracaktır. Son birkaç yıldır değerlendirme çalışmaları yapılan kaju elması, daha önceleri göz ardı edilip değerlendirilmemekteydi. Birçok meyvede olduğu gibi, dikkate alınması gereken en önemli geri kazanım yolu, meyve suyuna dönüşümdür (Soro, 2012).

Tanenlerin varlığından dolayı çok buruk bir tada sahip olan saf kaju suyu hakkında yapılan çoğu çalışmada fenolik bileşiklerinin büyük bir bölümünü, özellikle de meyve suyunu yumuşatmak için tanenleri azaltmak veya elimine etmek amaçlanmıştır. Bu nedenle, tanenlerin ayrılması için birçok teknik geliştirilmiştir. Tanenleri, tanen-protein kompleksleri oluşturarak ayırmak amacıyla Vietnam'ın Ho Chi Minh Üniversitesi'nde tanenler % 94.5 oranında kadar azaltılmıştır (N'guyen ve N'guyen, 1996). Jelatin uzun zamandan beri tanenleri, elma suyundan ve elma şirasından elimine etmek için kullanılmaktadır (Couture, 2003). Jelatin gibi, nişasta da kaju elma suyunun tanenleri ayırmak için kullanılmıştır. Nişasta, kıvam verici, jelleştirici, tanecikli formu bağlayıcı olarak yaygın olarak gıda sanayinde kullanılmaktadır. Boko ve Soumanou, (2014) pirinç nişastasını kullanarak 10 mL/L ham meyve suyunda tanen miktarını % 42.35'e

düşürmüştür.

Benin'de kaju elma suyu, 80°C'lik bir su banyosunda yaklaşık 20 - 30 dakika, tutularak üretilmektedir (Houssou ve ark, 2016). Bu ısı işlem sırasında, hoş bir karamel tadı gelişmekte ve meyve suyu kahverengileşerek renk değiştirmektedir (Boko ve Soumanou, 2014; Dedehou, ve ark, 2015). Bununla birlikte, Maillard reaksiyonu ve ısı işlemler sonucu bazı besin elementlerinin kaybı meydana gelmektedir. (Soro, 2012)'ya göre yüksek maliyetli 0.2 µm gözenek çapına sahip seramik membran üzerinde teğet mikrofiltrasyon ile başlangıçta kaju elma suyunda bulunan polifenollerin % 73 ila % 100'ü arasında elimine ettiğini bildirmiştir.

Günümüzde yüksek kaliteli, taze ve mikrobiyolojik olarak güvenli gıdalara yönelik tüketici talebi ve yeni teknolojilerin geliştirilmesine ilgi artmıştır. Bu nedenle, patojenik mikroorganizmaların sağlık için tehlike oluşturmayan bir seviyeye inaktivasyonu, düşük işlem sıcaklıkları kullanarak düşük enerji tüketimi sağlayarak beslenme ve duyu kaliteyi sürdürmesi önemlidir (Mosqueda-Melgar ve ark, 2008). Bu görüş bizi kaju elmasından bulanık nektar üretiminde termal olmayan yöntemlerin kullanımına yönlendirmiştir. Bunu başarmak için, uygulanan alternatif teknolojilerden biri, ultrasound yöntemidir.

Ultrasound (sonikasyon); saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgaları ile enerji meydana getirmesi olarak ifade edilmektedir. Uygulanan ses dalgasının büyüklüğüne ve kullanılan frekansa bağlı olarak bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etki gerçekleştirilebilmektedir (Dolatowski ve ark, 2007) . Ultrasound uygulamaları genellikle 20 kHz ila 10 MHz arasında değişen frekanslar kullanmaktadır. Ses gücü (W), ses yoğunluğu (W / m^2) ve ses enerjisi yoğunluğu ($W.s / m^3$), enerji miktarı ile karakterize edilir, bu yüzden ultrasound uygulamalarının sınıflandırılmasındaki en önemli ölçüttür (Dolatowski ve ark, 2007).

Genellikle ultrasound tekniği gıda teknolojisinde: hücre parçalanması, ekstraksiyon (hücre içi materyalin ekstraksiyonu, enzim üretimi), sıvı gıdalarda

enzimatik reaksiyonların aktivasyonu, fermantasyonun hızlandırılması, karıştırma, homojenizasyon, sıvı materyalin sıvılaştırılması, püskürtme, gazların ayrılması (gaz giderme), enzimlerin inaktivasyonu, Mikrobiyal inaktivasyon, kristalizasyon, et işlemleri ve kurutma gibi işlemlerinde tek veya bazen de yardımcı bir proses olarak kullanılmaktadır (Mason ve ark, 2005; Wu ve ark, 2008).

Dündar ve ark, (2019) çilek nektarında polifenoloksidaz inaktivasyonu sağlamak amacıyla termosonikasyon uygulamışlardır. Çalışmalarında artan sıcaklık ile, polifenol oksidaz (PFO) inaktivasyon seviyesini önemli ölçüde arttırdığını bildirilmiştir. PFO inaktivasyonu artarken, esmerleşme indeksi değerleri artan sıcaklıkta bile azaldığını ve ayrıca askorbik asit içeriği artan sıcaklıkta önemli bir değişim göstermediğini bildirmişlerdir.

Kaju nektarı üretiminde polifenol oksidasyonunu önlemek veya azaltmak için, şiddetli ısı işlem uygulamadan termosonikasyon uygulanmıştır.

Bu projede temel amaç, besin bileşenlerince zengin olan kaju elmasını termosonikasyon uygulamaları ile bulanık nektara işlemek ve depolama sırasında karşılaşılan değişimleri ve ultrasound uygulamalarının kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemektir. Bu amaçla, farklı ultrasound yoğunlukları ve uygulama sıcaklıkları kullanılarak nektarların kalıntı PFO aktivitesi ve özellikle fenolik ve karotenoid bileşenleri, renk, toplam fenolik ve karotenoid madde içerikleri belirlenerek uygulanan işlemlerin bu özellikler üzerine etkisi ortaya koyulmuştur. Aynı zamanda optimum işleme koşulları belirlenen nektarların üç ay süreyle depolanması yapılmış ve depolama süresince kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamındaki hedefler;

* Bulanık kaju elması nektar rengindeki değişiklikleri engellemek ve sağlık için önemli olan fenolik ve karotenoid bileşenler açısından zengin kaju elmasından yüksek kaliteli nektar üretmek için en uygun termosonikasyon parametrelerinin belirlenmesi;

* Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık ve ultrasound enerjisi yoğunluğunun, nektarın matematiksel modellerle kalite özellikleri üzerine etkilerini tanımlamak ve validasyon çalışması ile bu modellerin geçerliliğini kanıtlamak;

* Nektarları optimum termosonikasyon işleminden üç ay süreyle depolama (4°C) sırasında kalite parametrelerindeki değişikliklerin ortaya konulmasıdır.

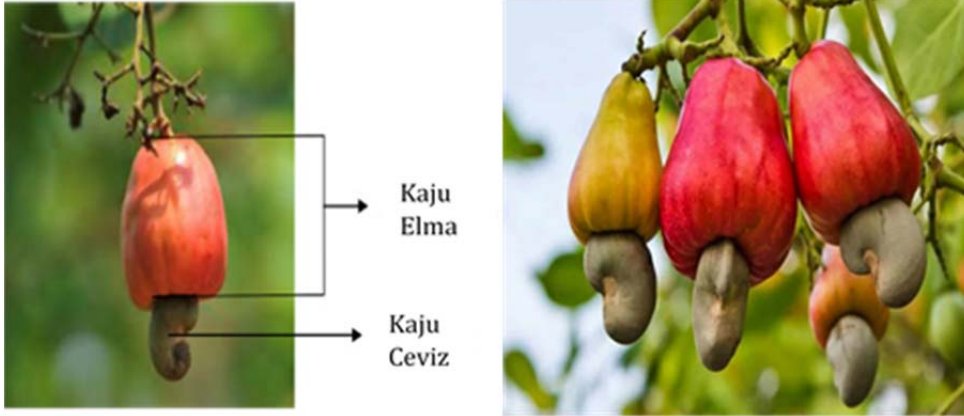




2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

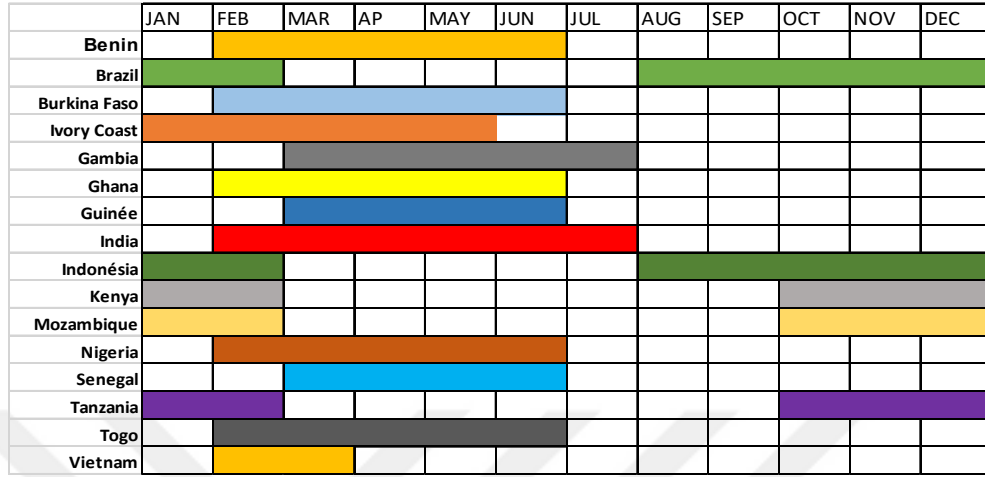
2.1. Kaju

Kaju özellikle hem kuru hem de yağışlı mevsimi olan tropik bölgelerde yetişmektedir. Kil içeriği %25 olan toprakları tercih etmekte ve 30 yıla kadar yaşayabilmektedir. Kökünden dallarına kadar normal kaju ağacının boyu 5 ila 12 m arasında değişmektedir (Anon, 2019). Ekiminden 3 ila 4 yıl sonra meyve vermeye başlar (Lautié ve ark, 2001). Kaju elması, üç renkte (sarı, turuncu ve kırmızı) bulunan klimakterik olmayan bir meyvedir. Soluk sarı renkli meyve etli olan kaju elması yaklaşık 75-80 g ağırlığında ve 6-10 cm boyutlarındadır. Kaju elması yoğun buruk lezzetli olmasına rağmen çiğ tüketilebilmektedir. Etli posası, yumuşak kabuğu, tohumuz oluşu, yüksek şeker içerikli oluşu ve güçlü egzotik aroması nedeniyle kullanılması mümkün olan bir meyvedir (Garruti ve ark, 2003).



Şekil 2.1. Kaju elması görseli

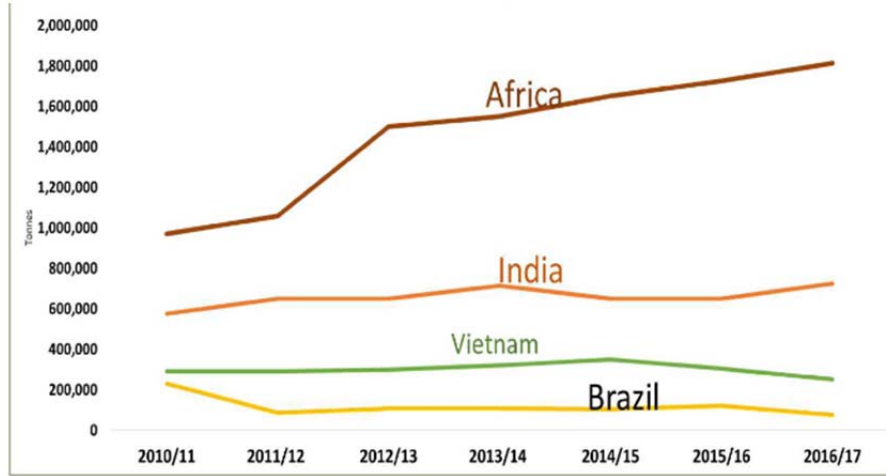
Afrika’da hasadı, Şubat ayından Haziran ayına kadar uzar ancak Fildişi Sahili’nde normal hasat Ocak ayındadır ve Mayıs ayında sona ermektedir (Şekil 2.2).Fıstık satışı Mart ve Haziran ayları arasında gerçekleşir (ACA, 2017).



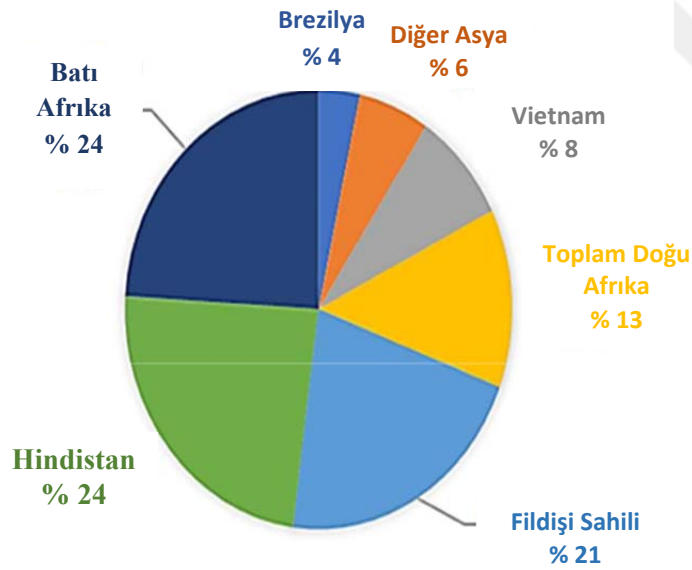
Şekil 2.2. Dünya'daki Kaju Hasadı Zaman (ACA, 2017).

Güney Amerika'nın kuzey bölgesinde de yetiştirilen kaju ağaçları, Brezilya, Hindistan, Vietnam, Endonezya ve çeşitli Afrika ülkeleri gibi dünyadaki tropik bölgelerde yüksek miktarda bulunmaktadır. Afrika kıtası dünyanın en büyük kaju üreticisidir. 2000 ve 2016 yılları arasında, Afrika'daki kaju üretimi, 2016 yılında 400.000 tondan yaklaşık 1.800.000 tona, 4.5 kat artmıştır (Şekil 2.3).

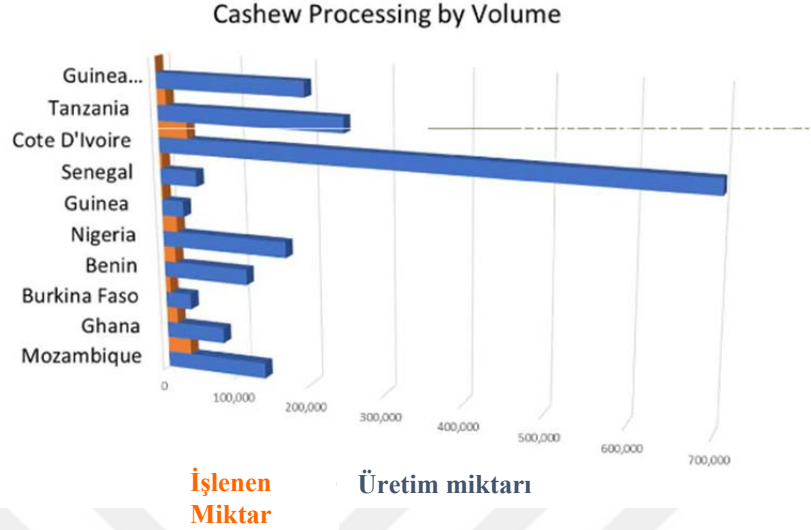
Fildişi Sahili ve Tanzania Afrika'da şu anda ana üreticilerdir. Fildişi Sahili şu anda dünyanın büyük kaju fıstığı üreticisi ülkelerden biridir (Şekil 2.4, 2.5) (Soro, 2012; Anon, 2020)



Şekil 2.3. 2017'ye kadar dünyanın kaju fıstığı üreten ülkeler ve miktarı (Anon, 2017).



Şekil 2.4. 2017'de dünyanın kaju fıstığı üreten ana bölgeleri ve oranları (Anon, 2017).



Şekil 2.5. Afrika ülkelerinin kaju fıstığı üretim ve işleme oranı (Anon, 2017)

2.2. Kaju Elmasının Bileşimi

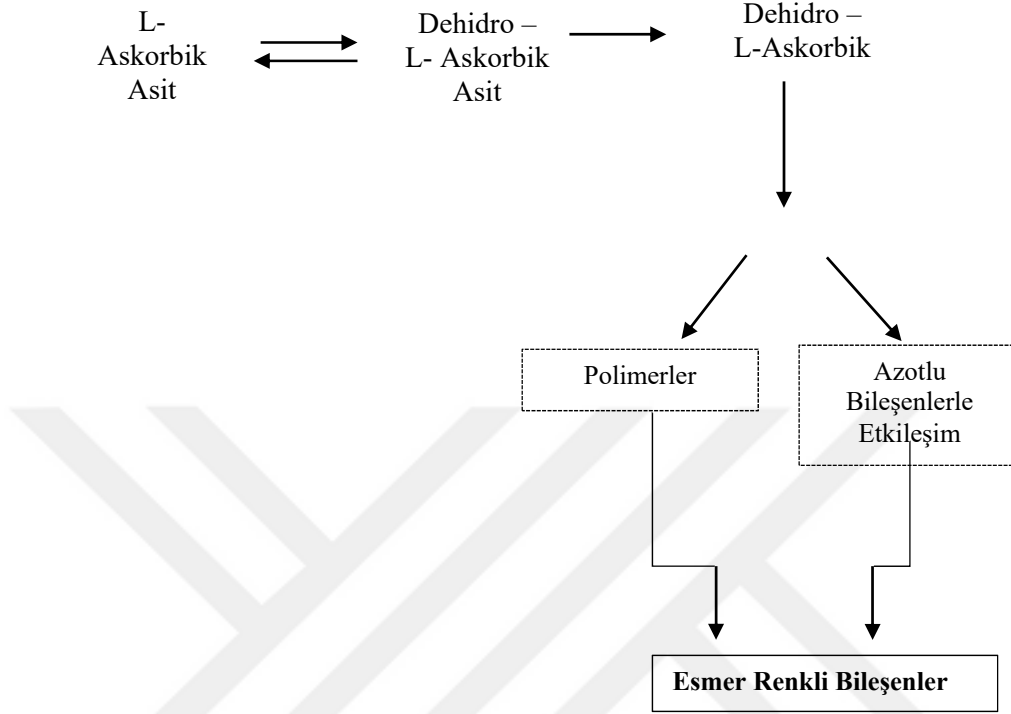
2.2.1. Askorbik asit içeriği

Kaju elmasının önemli bileşenlerinden biri askorbik asit yani C vitamini'dir. Bazı çalışmalar, kaju elma suyunun zenginliğinin sadece mineral içeriğinden değil, aynı zamanda portakal suyundan üç ila altı kat daha fazla C vitamini içermesinden dolayı olduğunu göstermiştir (Akinwale, 2000; Assunção ve Mercadante, 2003; Lautié ve ark, 2001; Marc ve ark, 2012; Moura, 1998; Price ve ark, 1975). Ayrıca ananas suyundan on kat daha fazla (Ohler ve ark, 1988) olduğu bildirilmiştir. Kaju elmasının olgunlaşması sırasında, askorbik asit oksidaz aktivitesindeki azalmayla 55 günlük meyvelerde maksimum askorbik asit içeriği gözlenmiştir (Chempakam, 1983). Brezilya'nın Kuzeydoğu ve Güneydoğu bölgelerinden toplanan uzun kırmızı ve sarı kaju meyvelerinin (114 mg/100 g), yuvarlak kırmızı olanlardan (104 mg/100 g) daha yüksek C vitamini içerdiği bulunmuştur (Assunção ve Mercadante, 2003). Kaju elmasındaki C vitamini, türlere, hasat alanına, toprak ve ağacın durumuna göre değişebilir. Genellikle kaju

elmaları 104 mg/100 mL (Assunção ve Mercadante, 2003) ile 372 mg/100 mL arasında C vitamini içerebilmektedir (Damasceno ve ark, 2008).

Askorbik asit çeşitli izomerlere sahiptir. L-askorbik asit, bu izomerler arasında en önemli ve bilinen izomerdir. L-askorbik asit kolaylıkla ve geri dönüşümlü olarak L-dehidroaskorbik aside okside olur. Bu oksidasyon ürünü L-dehidroaskorbik asit, aynı zamanda C vitamini aktivitesine sahiptir. Bununla birlikte, daha sonraki bir aşamada, L-dehidroaskorbik asit, L-diketoglukonik taraftan (2,3-diketoglukonik asit) geri dönüşü olmayan bir şekilde parçalanmaktadır (Şekil 2.6). L-diketoglukonik asit sonunda furfurala parçalanmaktadır. Furfural sadece kahverengi polimerize bileşikler oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda amino asitlerle reaksiyona girer ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonuna katılmaktadır. Aynı zamanda, enzimatik ve enzimatik olmayan renk esmerleşmelerine karşı kullanılan askorbik asidin, elverişsiz koşullarda özellikle yüksek sıcaklıklarda, esmerleşmelere neden olabileceği de bilinmektedir (Cemeroğlu, 2009).

Böylece, depolama sıcaklığı (donmuş, soğutma veya oda sıcaklığı) fiziko-kimyasal stabiliteyi farklı şekilde etkiler. Kaju elma suyunun 24 saat boyunca oda sıcaklığında, yedi gün boyunca soğutulması ve 120 gün boyunca dondurularak depolanması sırasında askorbik içerikleri araştırılmıştır. Taze kaju elma suyunda askorbik asit içeriğinin 147.29 ± 0.41 mg/100 mL olduğunu ve 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletildiğinde % 6.57 oranında azaldığı gözlenmiştir. Soğutulduğunda ve dondurulduğunda depolanan meyve suları için askorbik asidin azalma oranları sırasıyla % 1.16 / gün ve % 0.05 /gün olmuştur (Lavinias ve ark, 2006).



Şekil 2.6. Askorbik asidin olumsuz koşullarda parçalanma ürünleri

2.2.2. Diğer Bileşikler

Kaju elması, indirgen şekerler, vitaminler, mineraller, amino asitler, karotenoidler, fenolikler (kuersetin, anakardik asit, tanen), organik asitler ve antioksidanların iyi bir kaynağı olarak kabul edilmektedir (Cavalcante ve ark, 2005; De Carvalho ve ark, 2007; Trevisan ve ark, 2006; Vergara ve ark, 2010) (Çizelge 2.1). Çocuklar ve yetişkinler için yeterli bir günlük beslenme gereksinimi sağlayabilir (Lowor ve Agyente-Badu, 2009). Kaju elma suyu, C vitaminin yanı sıra tiamin, niasin, riboflavin ve A vitamini öncüllerini içermektedir. Kaju elma suyunun ayrıca bakır, çinko, sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, fosfor ve magnezyum gibi iyi mineral kaynağı olduğu bildirilmektedir (Lowor ve ark, 2009). Bu minerallere ek olarak, meyve suyu ayrıca kükürt, klor, alüminyum ve brom içermektedir (Marc ve ark, 2011).

Çizelge 2.1. Kaju elmasının bileşikleri (Runjala ve ark, 2017; Prommajak ve ark, 2014)

Bileşenler	Miktar	Kaynak
Toplam şeker	6.3 – 9.9 g / 100 g	(Azoubel ve ark, 2005)
İndirgen şekerler	6.24 – 9.8 g / 100 g	(Damasceno ve ark, 2008)
Glikoz	3.85 - 4.63 %	
Fruktoz	3.90 - 4.52 %	
Sakaroz	0.042 - 0.051 %	(Azevedo ve ark, 2000)
	126 – 372	(Damasceno ve ark, 2008)
Askorbik asit (mg / 100 mL)	104 - 293.5	
Ca, P, Fe	0.9 - 21.4 mg/100 g	
K	1.53 g/L	(Morton ve ark, 1987)
Mg, Zn, Na	16 – 105 g/L	
Ala, Phe, Ser, Leu, Glu, Asp, Pro, Tyr	0.88 - 3.36 mM	(Oliviera ve ark, 2002)
Tanenler	0.22 – 0.58 g /100 mL	(Gunjate ve ark, 1995; Price ve ark, 1975)
Protein	0.1–1.04 g / 100 g	(Osho, 1995; Price ve ark, 1975)
Karoten	0.03 – 0.74 mg/100g	(Morton ve ark, 1987)
pH	3.67 – 4.53	(Gunjate ve ark, 1995; Osho, 1995)

Ca-kalsiyum, P-fosfor, Fe-demir, K-potasyum, Mg-magnezyum, Zn-çinko, Na-sodyum, Ala-alanin, Phe-fenilalanin, Ca-kalsiyum, P-fosfor, Fe-demir, K-potasyum, Mg-magnezyum, Zn-çinko, Na-sodyum, Ala-alanin, Phe-fenilalanin, Ser-serine, Leu-leucine, Glu-glutamik asit, Asp-aspartik asit, Pro-prolin, Tyr-tirozin.

2.2.3. Kaju Elmasının Sağlık Üzerine Etkileri

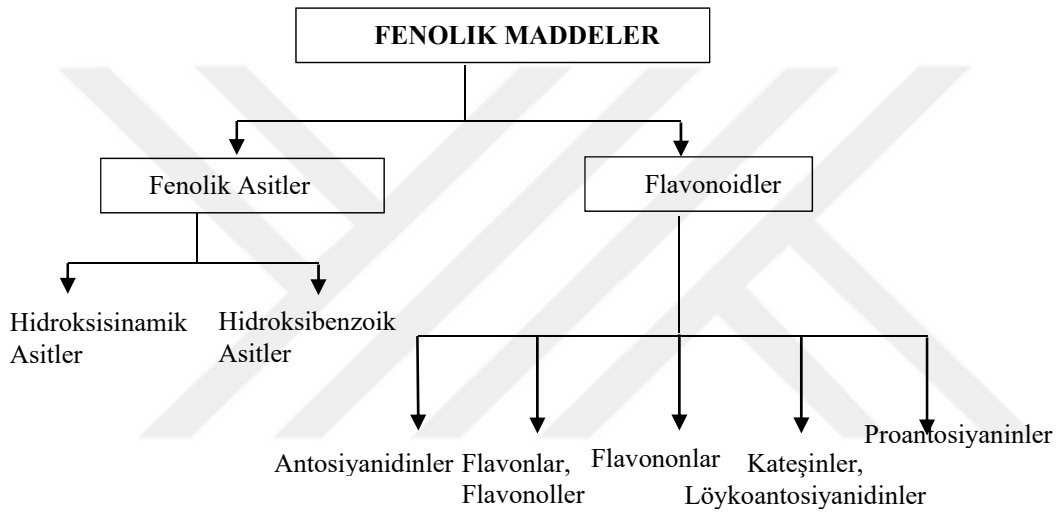
Geleneksel olarak, kaju elmaları, iskorbüt hastalığı, ishal, uterus şikayetleri, ödem, kolera ve romatizma gibi kronik hastalıkları tedavi etmek için kullanılır (Attri, 2009). Ayrıca mide bozukluğunu tedavide, Küba ve Brezilya'da boğaz enfeksiyonlarını tedavide ve Bolivya'da insan hafızasını geliştirmek için beyin uyarıcısı olarak alınmaktadır (Morton, 1961). Kaju elma suyunun antitümör, antimikrobiyal (Cavalcante ve ark, 2005; Kubo ve ark, 2011), üreaz inhibe edici (Ha ve Kubo, 2005; Kubo ve ark, 2006) içerdiği bildirilmiştir. Kaju elması, gastrik

hastalıklara neden olan gram negatif bakteri *Helicobacter pylori*'ye karşı etki etmektedir (Kubo ve ark, 2006). Anakardik asitler, birçok kişi tarafından *Streptococcus mutans*, *Brevibacterium ammoniagenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ve *Propionibacterium acnes* ve birkaç tümör hücre hattına karşı sitotoksik prensipler olarak karakterize edilmiştir (Kubo ve ark, 2006). Askorbik asit ve tannik asit, meyve suyunun genel antioksidan kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Kaju elmasının antioksidan aktivitesi, alkil fenollerin, anakardik asitlerin ve kardollerin miktarlarıyla iyi korelasyon göstermiştir. Hem doğal hem de işlenmiş meyve suları, serbest radikal yakalayıcı, mutajenik ve anti-mutajenik aktiviteye sahiptir ve bu özellikler, meyve sularının kimyasal bileşenleri ile ilişkili olabilir (Melo Cavalcante ve ark, 2003).

2.2.4. Kaju Elmasında Bulunan Fenolik Bileşenleri

Bitkilerin sekonder bileşenleri; terpenoidler, azot içeren bileşikler ve fenolik bileşikler olarak üç ana sınıfa ayrılırlar (Schofield ve ark, 1998). “Fenolik bileşik” terimini, yapısında genellikle bir aromatik halka ve bir veya birden fazla hidroksil grup içeren, bitkinin normal gelişimi sırasında sentez edilen ikincil metabolitler olarak tanımlayabiliriz (Öztan, 2006). Fenolik bileşik içeriğini; büyüme mevsimi, cins, çevresel ve iklimsel koşullar, bitki hastalıkları, toprak çeşidi, coğrafik bölge, olgunluk, uygulanan kültürel işlemler, bitki dokularının canlı olup olmaması gibi çeşitli etkenler etkilemektedir (Sellappan ve ark, 2002). Fenolik bileşikler, aromatik halka yapılarına bağlı olarak farklı antioksidan kapasitelerine ve besinsel özelliklere sahip olmalarının yanında (Manach ve ark, 2004) gıdada; lezzet, burukluk, renk gibi birden fazla duyusal özellikleri etkileyip, bitki kökenli birçok gıda ürününün tadına ve aromasına katkıda bulunurlar. Fenolik bileşiklerin aromaya olan katkısı başlıca uçucu fenollerin varlığına bağlıdır (Okcu ve ark, 2016).

Genellikle bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, ‘fenolik asitler’ ve ‘flavonoidler’ iki ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 2.7). Fenolik asitler gruptan 1) hidroksisinamik asitler, 2) hidroksibenzoik asitler olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar. Flavonoidler gruptan ise 1)antosiyanidinler, 2)flavonlar ve flavonoller, 3)flavononlar, 4) kateşinler ve lökoantosiyanidinler, 5)proantosiyaninler olmak üzere beş alt gruba ayrılmaktadır (Cemeroğlu, 2009).



Şekil 2.7. Fenolik bileşenlerin sınıflandırılması

Kaju elmaları zengin karbonhidrat, mineral, vitamin, amino asit kaynağıdır, ancak aynı zamanda önemli miktarda karotenoid, fenolik içermektedir (Talasila ve ark, 2012a). Besin değeri yüksek olmasına rağmen burukluk nedeniyle diğer meyveler gibi tüketilmesi zordur. Burukluk, kabuğun mum tabakasında bulunan polifenollere, özel olarak tanenlere (% 0.35) ve bazı yağlı maddelere (% 3) bağlıdır (Cormier, 2008; Michodjehoun-Mestres ve ark, 2009). Löykodelfinidin, ana polifenolik bileşik olup ve diğer fenolik asitler (gallik asit, protokateşik asit, konjuge ve serbest sinamik asit) kaju elma suyunda bulunanlardır (Attri, 2009; Queiroz ve ark, 2011).

Kaju elma suyunda, yaklaşık 0.6 mg tanen / 100 g içerir (Pinheiro ve ark, 2007). Tanenler, proteinler ve diğer makromoleküller ile güçlü kompleksler oluşturabilen bir fenolik bileşik grubudur. Tükürük proteini ve glikoprotein ile kompleksler oluştururlar, bu da burukluğa neden olur (Fontoin ve ark, 2008). Vücuda alınan tanenler, sindirim enzimlerini inhibe edebilir ve besinlerin kullanımını etkileyebilir (Chung ve ark, 1998).

Kaju elma suyu yaklaşık 0.6 mg / 100 g tanen içerir (Pinheiro ve ark, 2007). Tanenler, proteinler ve diğer makromoleküller ile güçlü kompleksler oluşturabilen bir fenolik bileşik grubudur. Tükürük proteini ve glikoprotein ile kompleksler oluştururlar, bu da burukluğa neden olur (Fontoin ve ark, 2008). Vücuda alınan tanenler, sindirim enzimlerini inhibe edebilir ve besinlerin kullanımını etkileyebilir (Chung ve ark, 1998).

Kaju elma suyunun fenol ve tanenlerin giderilmesi işlemi, burukluğu azaltılmasında ve durultulmuş meyve suyunun işlenmesinde önemli bir adımdır. Bazı araştırmacılar (Campos ve ark, 2002; Cormier, 2008; Jayalekshmy ve John, 2006), kaju elma suyundan tanenlerin azaltılması için mikrofiltrasyon, tannaz ve durultma yardımcı maddeleri (sago, jelatin, polivinil pirolidon, nişasta) etkinliğini araştırmışlardır. Augustin, (1982). kaju elma suyunu polivinil pirolidon (PVP) kullanılarak durulturken, Jayalekshmy ve John, (2006) sago (nişasta çözeltisi) 'nun etkili ve ekonomik bir durultucu madde olduğunu bildirmiştir.. Talasila ve ark, (2012b), 4 g/L konsantrasyonunda jelatinin, tanenleri % 37.36 oranında azalttığını, 4 g/L konsantrasyonunda PVPP'nin ise, tanenleri % 31.86 azalttığını bildirmişlerdir. Tanen ve fenol giderici maddelerin etkinliği, durultma maddesinin konsantrasyonuna ve bileşimine, tanenlerin özelliklerine (büyüklük, yapı ve heterojenite) ve etkileşimin koşullarına (pH, sıcaklık, meyve suyu bileşimi ve depolama süresi) bağlıdır (Augustin, 1982; Hagerman ve ark, 1992; Talasila ve ark, 2012b). Polifenolün yanı sıra, karotenoidler de, konsantrasyonları çeşitliliklerine ve coğrafi konumlarına göre değişen tüm kaju elma çeşitlerinde bulunmaktadır (Cecchi ve Amaya, 1981). Brezilya kaju elmalarında α -karoten, β -

karoten, ζ -karoten, cis- β -karoten, kriptoksantin ve aurosantin tanımlanmıştır. Assunção ve Mercadante, (2003) kaju elmalarının karotenoidlerini analiz etmiş ve violaksanthin, lutein, zeinoksantin ve cis- β -kriptoksantin bulunduğunu bildirmiştir. β -karoten, kaju elma suyunun tüm ticari ürünlerinde (konsantre meyve suyu, dondurulmuş püre, içmeye hazır içecek, nektar ve şekerli meyve suyu) bulunan başlıca karotenoid olmuştur (Assunção ve Mercadante, 2003).

Fildişi Sahili'nde sarı ve kırmızı olarak iki kaju türü yetişmektedir. Bölgeye göre, bu iki tür aşağıdaki Çizelge 2.2. ve Çizelge 2.3.'de görüldüğü gibi farklı fenolik profile sahiptir.

Çizelge 2.2. Fildişi Sahili'nde Yamoussoukro ve Korogho'da yetiştirilen kaju elma sularının fenolik profili (Marc ve ark, 2012)

Bölge	Elma rengi	Toplam fenolik (mg/L)	Toplam flavonoid (mg/L)	Toplam antosiyanin (mg/L)
Yamoussoukro	Kırmızı	2374.2 $\pm$ 3.4	479.8 $\pm$ 2.6	7.4 $\pm$ 0.8
	Sarı	2237.6 $\pm$ 5.5	410.2 $\pm$ 2.2b	TE
Korhogo	Kırmızı	1752.7 $\pm$ 4.2	327.6 $\pm$ 2.5	5.9 $\pm$ 0.8
	Sarı	1653.8 $\pm$ 2.3	298.6 $\pm$ 1.5	TE

TE: Tespit edilemedi

Çizelge 2.3. Fildişi Sahili'nde Yamoussoukro ve Korogho'da yetiştirilen kaju elma sularının fenolik asit içerikleri (Adou , 2012)

Bileşikler	Yamoussoukro		Korhogo	
	Kırmızı Elma (mg/L)	Sarı Elma (mg/L)	Kırmızı Elma (mg/L)	Sarı Elma (mg/L)
Kafeik asit	23.6 ± 1.3	22.5 ± 2.7	25.9 ± 4.6	20.2 ± 5.3
<i>p</i> -Kumarik asit	2.5 ± 0.9	7.9 ± 1.1	TE	TE
Ferulik asit	TE	TE	13.44 ± 1.7	4.6 ± 0.3
Gallik asit	1.9 ± 1.6	13.3 ± 3.40	4.4 ± 0.7	15.4 ± 2.2
Şirinjikasit	TE	TE	TE	TE
Narinjin	10.3 ± 2.9	5.3 ± 1.67	4.3 ± 0.7	10.3 ± 3.6
Kateşin	TE	TE	TE	TE
Kuercetin	7.9 ± 1.5	4.2 ± 0.34	3.7 ± 0.3	1.2 ± 0.3

TE: Tespit edilemedi

2.2.5. Kaju Elmalarında Burukluk ve Esmerleşme

Kaju elmasının hasat sonrası raf ömrü çok kısadır. Kısa zaman içinde işlenmesi gerekmektedir. Meyve suyunun kalitesi, fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik işlemlerden olumsuz etkilenebilir ve burukluk, bulanma, esmerleşmeye, bozulmaya neden olmaktadır (Talasila ve ark, 2015).

2.2.5.1 Burukluk

Kaju elmasının kabul edilebilirliğini sınırlayan en önemli sorun burukluğudur. Meyveler son derece buruktur ve asitli bir tada sahiptir (Michodjehoun-Mestres, 2009). Bu tat, dil ve boğaz tahrişine neden olarak, yemekten sonra hoş olmayan ve ısırtıcı hissine yol açmaktadır. Polifenoller (% 35 tanen) ve anakardik asitler en çok buruk olmaya neden olan bileşiktir (Attri, 2009). Kaju elmalarının buharda pişirilmesi veya meyve suyuna berraklaştırıcı maddelerin

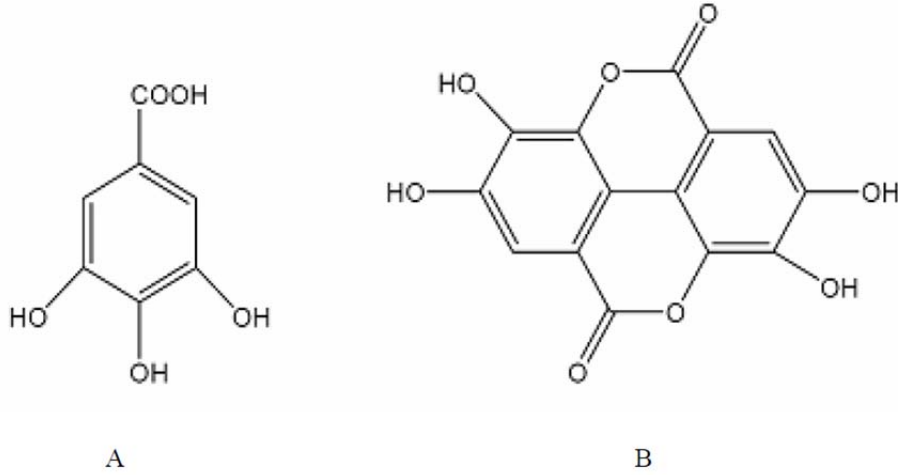
eklenmesi besin kalitesini korurken buruk olmayı etkili bir şekilde azaltmaktadır (Talasila ve ark, 2015).

2.2.5.2. Kajudaki Bulunan Tanenlerin Özellikleri

Tanenler, birçok meyve (üzüm, hurma, kahve, kakao vb.) ve çay yaprakları gibi birçok bitkide bulunan polifenollerdir. Bate-Smith, (1962) tanenleri “500 ile 3000 Da arasında kütleyle sahip suda çözünür fenolik bileşikler olarak tanımlarlar ve fenolik bileşiklerin olağan reaktivitesine ek olarak alkaloidleri, jelatini ve diğer proteinleri çökeltme kabiliyetine sahiptirler”. Proteinler ve diğer makromoleküller ile büyük kompleksler oluşturabilirler (Prommajakl ve ark, 2014). Tanenlerin çeşitli zararlı etkileri yani gıdanın sindirimini azaltması, mikro besinlerin zayıf biyoyararlanımını sağlaması ve karaciğer hasarı nedeniyle anti-besin maddeleri olduğu düşünülmektedir (Chung ve ark, 1998).

Kaju suyundaki tanen çok karmaşık bir polifenol grubudur (Nguyen ve ark, 1996). Kaju elma suyunda gallik asit, *p*-hidroksibenzoik asit ve protokateşinik asittir (Nguyen ve ark, 1996). Epigallokateşin ve epigallokateşin-*O*-gallate gibi tanenler kaju elmasının ana fenolik bileşikleridir ve daha az miktarda epikateşin ve epikateşin-3-*O*-gallat gelmektedir (Michodjehoun-Mestres, 2009). Kaju elmasında burukluğu gidermek için ısıtma (Akinwale, 2000) ve jelatin (Augustin, 1982) gibi işlemler uygulanır (Jangam, 2011). Tanenler proteinlerle kompleksler oluşturma yetenekleri sebebiyle şarapların, biraların ve meyve sularının durultulmasında kullanılmaktadır. Ayrıca tanenler, kanın pıhtılaşmasının hızlanması kan basıncının düşürülmesi, yanıkların tedavisi, antimikrobiyal ve antikarsinojenik özellikler olarak immün yanıtın modülasyonu gibi yararlı sağlık etkilerine de sahiptir (Prommajak ve ark, 2014). Yapılarına ve özelliklerine göre iki tür tanen vardır, bunlar hidrolize edilebilir tanenler ve yoğunlaştırılmış tanenlerdir.

Hidrolize edilebilir tanenler: gallik asit türevleridir; bir şekerin oligo veya poliesterleridir ve değişken sayıda fenolik asit içerirler (Şekil 2.8.).

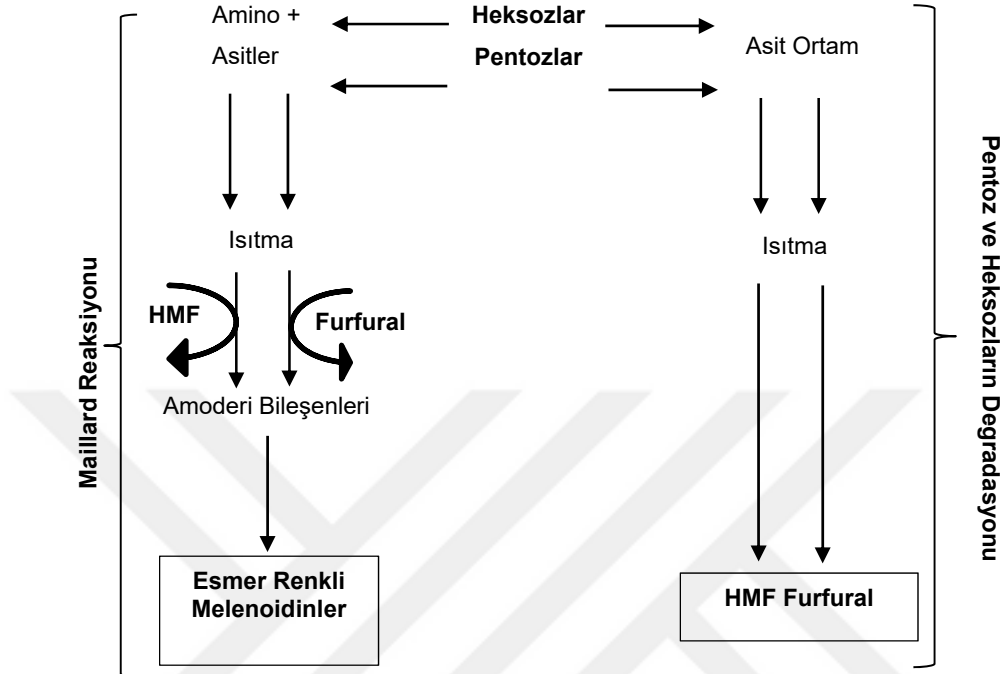


Şekil 2.8. Gallik (A) ve elajik (B) asitlerin kimyasal yapısı (Bruneton, 1993).

Kondense tanenler: Literatürde, kondense tanenler proantosiyanidinler veya yoğunlaşmış tanenler olarak da adlandırılabilir. Peronny (2005), yoğunlaşmış tanenler asidik bir ortamda ısıtıldığında antosiyanidine dönüştüklerinden proantosiyanidinler olarak tanımlamıştır. Hidrolize edilebilir tanenlerden temelde farklılık gösterirler çünkü moleküllerinde şeker yoktur ve yapıları flavonoidlerinkine benzer (Bruneton, 1999). Flavan-3-ols (kateşinler olarak da adlandırılır) ve flavan-3,4-diollerin (lökoantosiyanidin olarak adlandırılır) polimerleridir veya her ikisinin karışımıdır (Peronny, 2005; Nkhili, 2009). Bunlar aynı zamanda "kondense tanenler" olarak da adlandırılırlar ve yalnızca kuvvetli asidik koşullar altında hidrolize edilebilirler (Laughton, 1989). Kondense tanenler, en yaygın olarak 5000 Da olarak tanımlanan yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerdir (Peronny, 2005). Yoğunlaşmış tanenler hidrolize dirençlidir ve yalnızca güçlü kimyasal saldırılar bunların parçalanmasına izin verir. Böylece, sıcak bir asit muamelesiyle kırmızımsı pigmentlere dönüşürler ve bu nedenle proantosiyanidinler olarak adlandırılırlar (Macheix ve ark, 2006).

2.2.5.3. Esmerleşme

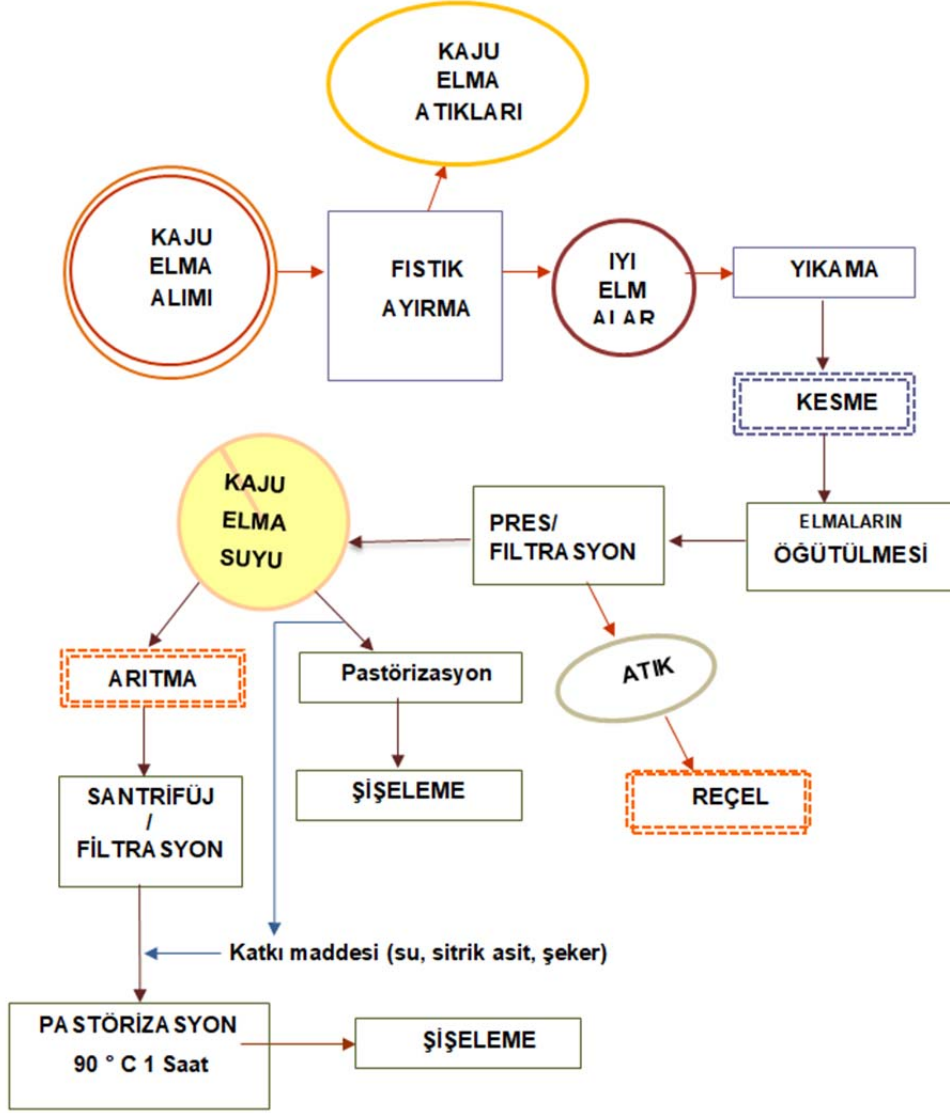
Meyve sularındaki esmerleşme reaksiyonları duyuşal özelliklerini değiştirir. Besin kalitesini düşürür ve tüketici kabulünü azaltır (Queiroz ve ark, 2011). Esmerleşme, Maillard reaksiyonu, karamelizasyon ve pigmentlerin ve askorbik asidin bozunmasının sonucudur (Akinwale, 2000; Damasceno ve ark, 2008). Çalışmalar esmerleşme ve askorbik asit konsantrasyonu arasında ters bir korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalarda depolama sırasında kaju elma suyunda askorbik asit kaybı olduğunu bildirilmiştir. Askorbik asit kaybı, tepe boşluğundaki oksijenin varlığına veya meyve suyu ve işlem sıcaklığındaki çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır. Askorbik asidin oksidasyonu furfural üretir ve bu da esmerleşmeye (Şekil 2.9) neden olmaktadır (Queiroz ve ark, 2011). Askorbik asidin kaybı, hava çıkarma ve düşük sıcaklıkta muhafaza etmek suretiyle askorbik asit oksidazı engelleyerek önlenabilir (Chempakam, 1983). da Silveira ve ark, (2003) tanenlerin kaju elma suyunda renkte koyulaşmaya neden olduğunu ve esmerleşmeyi azaltmak için meyve suyuna metabisülfite eklenmesini önermişlerdir. Kaju elma suyunun enzimatik olarak esmerleşmesi, polifenol oksidazların tanenler ile etkileşiminden kaynaklanmaktadır (De Carvalho ve ark, 2007). Pereira ve ark, (2008) fenolik bileşiklerin oksidasyonunun, lezzet kaybının oluşmasına ve dolayısıyla esmerleşmeye yol açacağını bildirmiştir



Şekil 2.9. Şekerlerin degradasyonu ve Maillard reaksiyonu sonucu esmer renkli bileşenlerin oluşumu

2.2.6. Durultulmuş Kaju Elma Suyu Üretimi

Kaju elması, burukluğundan dolayı gıda endüstrisi tarafından uzun süredir ihmal edilmiştir. Ancak son zamanlarda kaju elma suyu olmak üzere değerlemesi için birkaç çalışma yapılmıştır. Berraklaştırılmış kaju elma suyu üretme süreci Şekil 2.10.' da verilmiştir.



Şekil 2.10. Durultulmuş kaju suyu üretim şeması (Fransisco, 2013)

2.2.7. Kaju Elmalarının Farklı Muhafaza Yöntemleri

Meyve ve meyve sularının termal ve termal olmayan işlemlerle korunması için birçok teknik mevcuttur. Son yıllarda gıdalar, membran kullanımı, ultrasound, ısınlama, yüksek hidrostatik basınç (HHP) ve vurgulu elektrik alanları (PEF) gibi

teknolojiler ve atmosferi değiştirilmiş ortamlarda paketlenme (MAP) gibi yeni paketlenme sistemleri gibi bazı yeni koruma yöntemleri ile korunması üzerine odaklanmıştır. Bununla birlikte, belirli bir meyve türünün veya meyve suyunun korunma yöntemi, esas olarak meyvenin kalitesine ve bileşimine ve bozulma tipine bağlıdır.

Lopes ve ark, (2012) kaju elmasının depolama kararlılığını çalışmış ve örnekleri $5.03 \pm 1.30^{\circ}\text{C}$ altında depolanmıştır. Farklı işlemlere tabi tutulan elmasının hasat sonrası raf ömürleri 13 ila 20 gün arasında değişmiştir. Ambalajların içindeki karbon dioksit (CO_2) konsantrasyonunu artırarak daha düşük kütle kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. Birçok araştırmacı, kaju elma suyunu fiziksel olarak, mikro filtrasyon, sıcak dolum, aseptik ve yüksek basınçlı işlemlerle korumaya çalışmışlardır. Campos ve ark, (2002), kaju elma suyuna tannaz ve $0.3 \mu\text{M}$ gözenek büyüklüğünde membranlar kullanarak mikrofiltrasyon uygulamışlar ve raf ömrünü 2 aya kadar uzatmışlardır.

Agostini-Costa ve ark, (2003), kaju elma suyunu sıcak dolum ve aseptik işlemlerle 12 ay boyunca saklamışlar ve her iki işlemin de C vitamini dışındaki fiziko-kimyasal özellikleri stabilize etmede etkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Lavinas ve ark, (2006) kaju elma suyunu farklı koşullarda depolamışlar ve 1 gün oda sıcaklığında, 1 hafta soğuk depoda, 4 ay dondurularak depolanmıştır. C vitaminin sırasıyla % 6.57, % 1.16 ve % 0.05 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca, kaju elma suyunun mikrobiyolojik kalitesindeki değişiklikleri takip etmişlerdir. Lavinas ve ark, (2008) yüksek hidrostatik basıncın (3 dakika boyunca 400 MPa), soğutulan örneklerin 8 hafta boyunca kalitesini koruyan kaju elma suyunda mikroorganizmaların etkisizleştirilmesindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Muhafaza yöntemleri karşılaştırılarak Çizelge 2.4.'de sunulmuştur.

Isıl uygulama ile dayandırma sırasında, polifenoller kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara girerler ve esmerleşmeye neden olurlar. Polifenol oksidaz, esmer renkli bileşikler, melaninler üretmek için proteinler ve

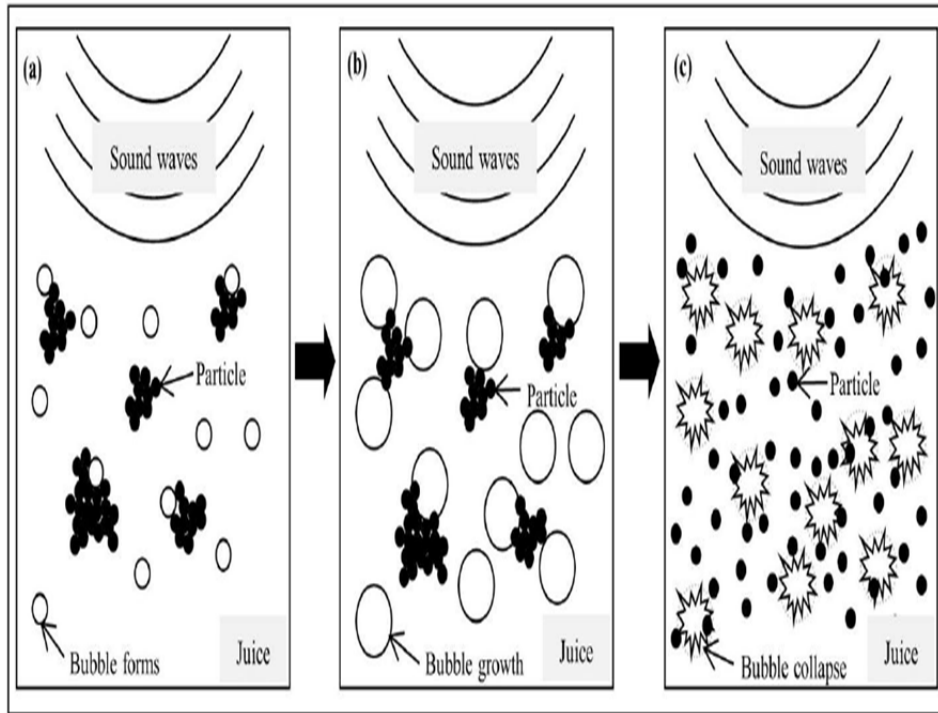
karbonhidratlarla enzimatik olmayan reaksiyonlara giren kinonlar, polifenollerin oksidasyonunu katalize ederler. Bazı esmerleşme reaksiyonları besin kalitesinde ve duyusal özelliklerinde değişime neden olur (Talasila ve ark, 2012b).



Çizelge 2.4. Farklı muhafaza yöntemlerinin karşılaştırılması (Talasila ve ark, 2015)

Koruma Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları	Süre	Kaynak
Sıcak dolun, Aseptik	Besin kalitesini ve az miktarda C vitamini koruyabilme	Pahalı, ısı işlem C vitamini ve şekerde bozulmaya yol açabilir	12 Ay	Costa ve ark, (2003)
Tannaz ile ön muamele ve ardından mikrofiltrasyon	İyi berraklık, daha az burlukluk ve daha iyi fiziksel stabilize	Tanaz ve mikrofiltratörler pahalı	2 Ay	Campos ve ark, (2002)
Yüksek basınçlı işlem (3-7 dak boyunca 250-400 MPa)	Bakteri, maya ve mantarlarda etkilidir	C vitamini ve tanenler analiz edilmedi	2 Ay	Lavinas ve ark, (2008)
<i>Aframomum danielli</i> soğuk ekstresi 6. % 8 ve % 10 (w / v) Hardal yağı	Doğal koruyucu, sediment pektinlerinde etkili	C vitamini ve şekerde azalma, renk değişikliği, mikrobiyel sayısında artış. Kısa raf ömrü.	114 Gün	Jatto ve Adegoke (2010)
Soğutma (4°C)/ Dondurucu	Mezofilik bakterilerde azalma, fiziko-kimyasal parametrelerde stabilize, düşük maya ve küf sayımı	Kalite stabil değil Ekonomik değil	77 Gün / 4Ay	Lavinas ve ark, (2006)

olay ile güçlendirilir (Oulahal ve ark, 2000). Kaviteasyon, bir sıvıda mikro-kabarcıkların oluşumudur. Ortama güçlü bir negatif basınç uygulandığında ortaya çıkar (Mason ve ark, 2005) ve sıvıda basınç, sıvının buhar basıncından daha düşüktür (Suslick ve ark, 1999). Şekil 2.11 bir meyve suyunda olan kaviteasyon olayı göstermektedir.



Şekil 2.11. Kaviteasyon Olayı, (a) ses dalgaları ile meyve suyunda kabarcık oluşumu; (b) kabarcıkların maksimum boyuta ulaşması ve (c) kabarcıkların çökmesi, ve partikül dispersiyonu ve hücre bozulması oluşumu (Abdullah ve Chin, 2014).

Ultrasound uygulamaları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kaviteasyonlar) oluşması, hücre çeperinin incelmesi, noktasal sıcaklık yükselişi, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler. Geleneksel ısıtma işlem uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyusal değişimlere neden

olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonunu sağlamaktadır (Chemat ve Hoarau, 2004; Piyasena ve ark, 2003).

Wu ve ark, (2008) domates suyunda pektinmetilesteraz (PME) aktivitesinde % 90 azalmayı, 60 ve 65°C'de sırasıyla 90.1 ve 23.5 dakikada sağladıklarını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, sıcaklık ve ultrasound beraber kullandıklarında (25 µm, 50 µm ve 75 µm; 60°C ve 65°C), sadece 41.8 ve 11.7 dakika sonra aynı azalma yüzdesini (% 90) bulmuşlardır

Taze doğranmış sebze ve meyvelerdeki kararma gıdanın tüketiciler tarafından kabul görmesi açısından önemli bir sınırlayıcı faktördür. Bir meyvenin veya sebzenin hücresel yapısı bozulduğunda (taze kesilmiş) ve enzim ve substrat gıdada bulunduğu, kararma işlemini başlar. PFO ve peroksidaz (POD) taze doğranmış meyve ve sebzelerdeki kararmadan sorumludur. Ultrasound ve askorbik asidin birlikte uygulanmasının taze kesilmiş elmada PFO ve POD inaktivasyonunda etkili olduğunu belirlenmiştir (Jang ve Moon, 2011). Cruz ve ark, (2008) ise termosonik işlemle (40-80 °C) su teresi kaynaklı POD aktivitesinde artış gözlemlerken, 82.5-92.5°C sıcaklık aralığında aynı enzimin aktivitesinde azalma belirlenmiştir. Bir de, enzim inaktivasyon hızının termosonik işlemde daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Besin öğelerinin çoğunun ısıya duyarlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ısı işlem, özellikle C vitamini gibi bazı bileşiklerin büyük kaybına neden olurken, ultrasonik uygulamalarında, kayıplar daha azdır (Knorr ve ark, 2004). Portakal suyuna termosonikasyon uygulamış ve askorbik asit parçalanmasının, sadece sıcaklık uygulanan örneklerle göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Termal ultrasound uygulamalarının çilek püresinin fizikokimyasal özellikleri ve bileşenleri üzerine etkileri araştırılmış ve ultrasound uygulanan pürelerde ısı işlem uygulananlara kıyasla biyoaktif bileşenlerinin ve rengin daha iyi korunduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ultrasonik uygulamalarının çilek püresi kalitesini geliştirebileceğini ısı işlemine göre daha iyi bir alternatif olabileceğini göstermiştir (Cheng ve ark, 2014).

Dündar ve ark, (2019) çilek nektarında termosonikasyon uygulamanın optimum koşullarını belirlemek için yaptığı çalışmada, kalitenin muhafaza edilebilmesi için gerekli optimum termosonikasyon şartlarını 59°C ve 455 J/g olarak belirlemişlerdir.



3. MATERYAL VE METOD**3.1. Materyal**

Materyal olarak Fildişi Sahili'(Abidjan / Ypopougou / pk 44)'ten temin edilen kaju elması (Şekil 3.1) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Nektar üretiminde kullanılan kaju elması görseli

Kaju elmaları bahçeden renkleri yeşilimsi sarımsı dönemde iken hasat edilerek, karton kutu içerisine aralarına kağıt yerleştirilerek ambalajlanmıştır. Daha sonra Abidjan'dan Adana'ya 9 saatlik bir uçuşla taşınarak Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü soğuk hava deposunda odasında 4 ° C'de nektar üretim işlemleri yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir.

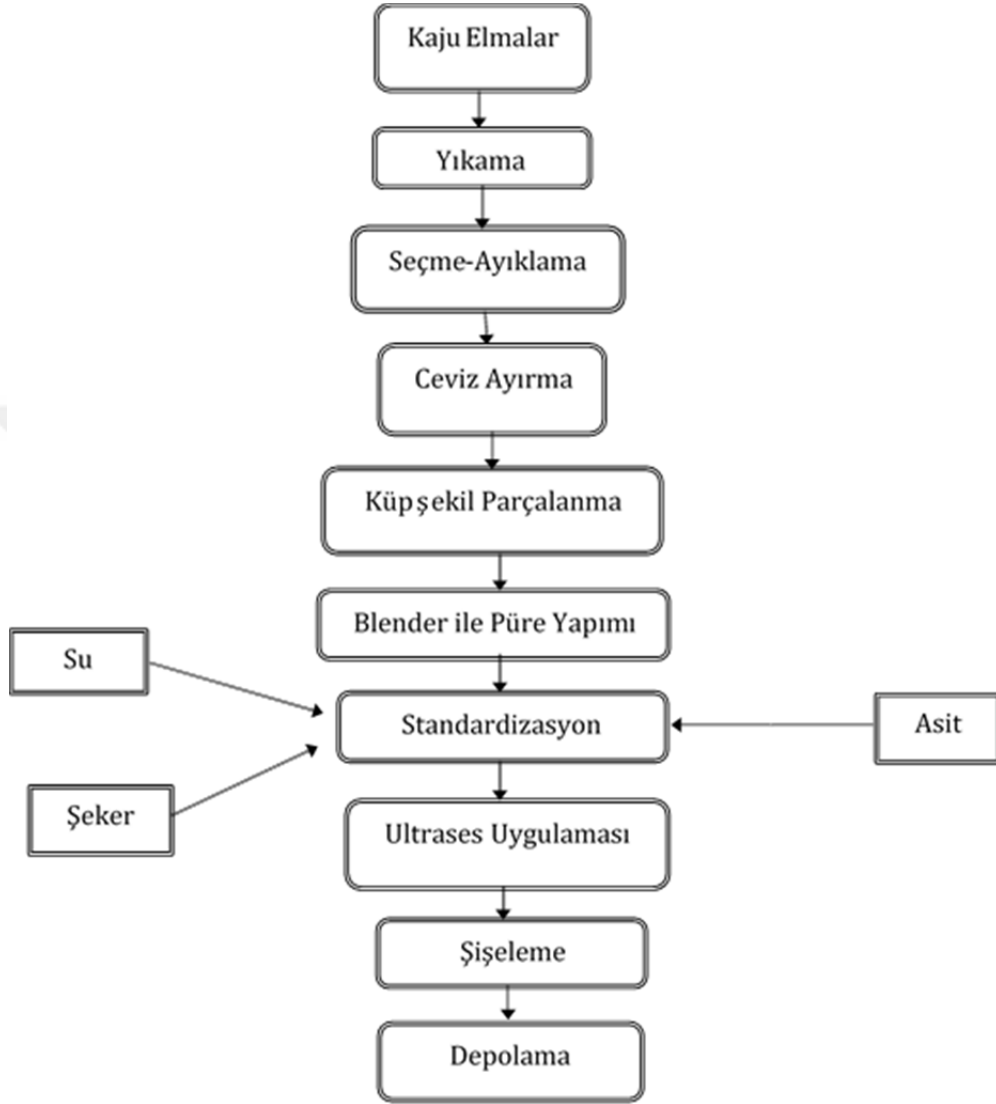
3.2. Metod

3.2.1. Nektar Üretim Aşamaları

Kaju elmalar kullanılarak meyve oranı en az % 40, °Briksi en az 9 ve asitliği maksimum %0.7 (sitrik asit) olan kaju elması nektarları hazırlanıp ön duyusal değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Nektarın formüle edilmesi sırasında şeker, sitrik asit ve su kullanılmıştır. Duyusal değerlendirmede 10, 11 ve 12 °Briks ve %0.70 olan aside sahip nektarlar genel beğeni bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmada, meyve oranı %50, asitlik %0.70 ve suda çözünür kuru maddesi 12 °Brikse sahip olan nektar en yüksek beğeni almış olduğundan ana denemeler bu nektar formülasyonunda gerçekleştirilmiştir.

Ultrasound uygulanacak nektarların üretimi amacıyla kaju elmalarına Şekil 3.2.'de görülen işlemler uygulanmıştır. Kaju elmaları yıkama işlemi uygulandıktan sonra olgunlaşmamış ya da ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş meyveler uzaklaştırılmıştır. Kaju elmasından fıstık kısmı ayrılmıştır. Meyveler önce küp bir şekilde parçalanmış sonra blender (Waring, ABD) ile püre yapılmıştır. Elde edilen kaju elma püresinden bulanık nektar üretmek için ön duyusal değerlendirme sonuçlarına göre nektar formülasyonunu yapılmış ve bu nektar formülasyonu üzerinde diğer uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Kaju elması nektarlarına, aşağıda detayları verilen ultrasound uygulamaları yapıldıktan sonra uygulamaların kaju elması nektarı kalitesi üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi araştırılmıştır. Optimum koşullarda üretilen nektarlar amber renkli 200 mL'lik şişelerde üç ay süresince 4°C'de depolanmıştır. Depolamanın 0, 10, 20, 30, 60 ve 90 günlerinde kontrol olarak bazı kimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Depolanan örneklerin üretimi 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Kaju elma nektarı üretim akış şeması

3.2.2. Ultrasound Uygulamaları (Termosonikasyon)

Ultrasound uygulamaları, S14 probu kullanılarak UP200S (Hielscher, Almanya) cihazı ile 24 kHz'lik bir frekansta gerçekleştirilmiştir (Şekil3.3).

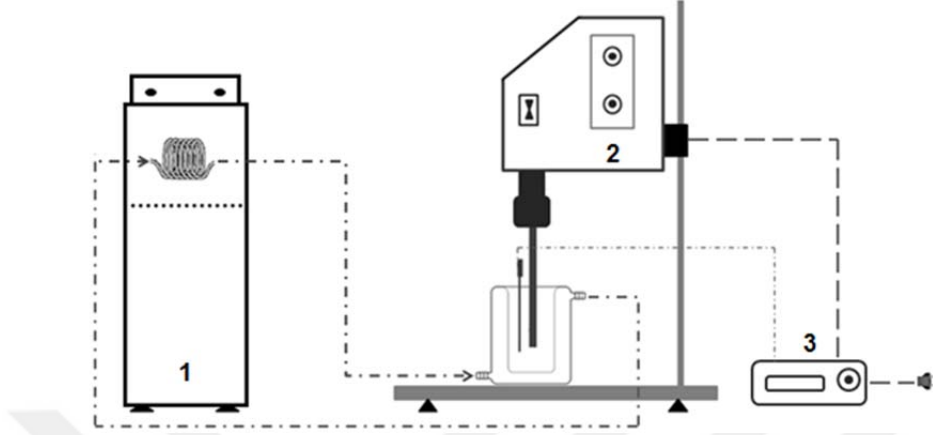


Şekil 3.2. Termosonikasyon uygulamalarına ait görsel

Ultrasound uygulamaları sırasında, sıcaklık, süre ve cihazın nektara ilettiği enerji, önemli faktörlerdir. Uygulama süresince elde edilen olan ortalama ultrasound gücü (P, W), işlemin süresi (t, s) ve örnek miktarı (M, g) kullanılarak, uygulamaların şiddeti, ultrasound enerji yoğunluğu (J/g) cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\text{Ultrasound Enerji Yoğunluğu } (J/g) = \frac{P \cdot t}{M}$$

Bu çalışmada çift cidarlı cam behere 250 g kaju elması nektarı örnek aktarılmış ve deneme desenlerine göre belirlenmiş olan sıcaklık ve sürelerde ultrasound cihazıyla işlenmiştir. Sıcaklığın istenen değerde kalmasını sağlamak için, işlem süresince soğutmalı/ısıtmalı su sirkülatörünü de içermekte olan ultrasound ekipmanı kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Uygulamalarda kullanılan ultrasound ekipmanının şematik gösterimi (1: Soğutucu, 2: Ultrasound ekipmanı, 3: Enerji ve sıcaklık ölçer).

3.2.2.1. Ultrases Uygulamalarının Deneme Desenleri ve Optimizasyonu

Çalışmamızın amacı, termosonikasyon uygulamalarının kaju elması nektarının kalitesi üzerine etkisini belirlemek ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi de takip etmektir. Bunun için Design-Expert bilgisayar programının cevap yüzey yöntemi (CYY) merkezi kompozit tasarımı (MKT) kullanılmıştır. Termosonikasyon süresi ve uygulama sıcaklığı bağımsız değişkenler ve gerçekleştirilecek analiz sonuçları bağımlı değişkenler olacak şekilde deneme desenleri oluşturulmuştur. Uygulamalar gerçekleştirildiğinde kullanılan toplam elektriksel güç de belirlendiğinden ultrasound süresi yerine ultrasound enerji yoğunluğu modellemeler sırasında kullanılmıştır.

Çizelge 3.1’de deneme desenlerinin düzeyleri verilmiştir ve bağımsız değişkenlerden ultrasound süresi için 0.1 – 30 dk, sıcaklık için ise 25 – 65°C değerleri alt ve üst limitler olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan Design-Expert programı (Version 10.0. 147 Stat-Ease. Inc., Minneapolis. USA) ile belirlenen toplam 15 uygulamanın düzeyleri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Merkez

koşulları 5 kez, faktöriyel koşullu deneyler 3. eksen konulu deneyler ise 2 kez tekrar edilecek şekilde düzenleme yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Termosonikasyon uygulamasının bağımsız değişkenlerine ait kodlanan düzeyler ve asıl değerler

Bağımsız değişkenler	Kodlanan Düzeyler				
	-1.682	-1	0	+1	+1.682
Ultrasound süresi (t, dk)	0.1	6.2	15	23.9	30
Sıcaklık (T, °C)	25	33.1	45	56.9	65

Çalışmada kullanılacak olan ve Design-Expert programının belirlediği toplam 15 uygulamanın düzeyleri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu deneylerden elde edilen örneklere çalışma kapsamındaki analizler uygulanmıştır ve sonuçlardan matematiksel modeller elde edilmiştir. Bu modeller vasıtasıyla depolama çalışması için gerekli olan optimum işlem koşulları hesaplanmıştır. Burada kısıt koşulları; istenen kalite özellikleri için maksimum, istenmeyenler içinse minimum olması şeklinde optimizasyon çalışması uygulanmıştır.

Çizelge 3.2. Ultrasound işleminde uygulanan ultrasound enerji yoğunluğu ve sıcaklık değerleri

Run	Ultrasound süresi (t, dk)	Sıcaklık (T, °C)
1	23.9	33.1
2	23.9	56.9
3	6.2	56.9
4	23.9	33.1
5	15	45
6	0.1	45
7	15	45
8	15	25
9	15	65
10	15	45
11	6.2	33.1
12	30	45
13	6.2	56.9
14	6.2	33.1
15	23.9	56.9

Termosonikasyon parametrelerinin deneme desenlerinde aldıkları değerler programın ürettiği α -değeri ile kodlanmış ve istatistiki analizler bu kodlanmış değer üzerinden gerçekleştirilmiştir. Modellerin ve modelleri oluşturan terimlerin önem derecesi varyans (ANOVA) analizine göre belirlenmiştir. Modellere ilişkin terimlerden p-değeri > 0.1 olanlar için terim azaltma işlemi uygulanıp tekrar istatistiki analiz yapılmıştır. Araştırılan tekniklerin matematik modelleri belirlenirken performans çıktıları olan R^2 , $düzeltilmiş-R^2$ ve $tahmini-R^2$ değerlerinin en yüksek ve ayrıca uyum eksikliği test sonucu önemsiz olan ($p>0.05$) modeller

tercih edilmiştir. Lineer, karşılıklı etkileşim (2FI) ve ikinci dereceden denklemlerin genel formülü aşağıda verilmiştir.

$$\begin{array}{c}
 \text{İkinci dereceden} \\
 \underbrace{Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i < j}^2 \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2}_{\text{Lineer}} \\
 \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Karşılıklı}}
 \end{array}$$

Bu eşitlikteki X_i ve X_j araştırılan faktörlere ilişkin bağımsız değişken olup Y ise bağımlı değişkendir. β_0 , β_i , β_{ij} ve β_{ii} sırasıyla, sabit, lineer, karşılıklı etkileşim ve ikinci dereceden terimlerin katsayılarını tanımlamaktadır. Son olarak n modellemeye kullanılan faktör sayısını ifade etmektedir.

İşlem koşullarının optimizasyonu aşamasında birden çok cevabın kısıt koşulu tanımlandığından en uygun işlem koşulunun seçiminde istenebilirlik değerine bakılmıştır. İstenebilirlik değeri 0-1 arasında değişmekte olup 1 veya 1'e en yakın olması optimizasyon çalışmalarında aranan bir durumdur. Cevap için tanımlanan hedef tam sağlandığında istenebilirlik değeri söz konusu cevap için 1 olmaktadır. Bu nedenle optimizasyon çalışmasında 1'e en yakın olan çözüm noktaları işlem koşulları için optimum nokta olarak seçilmiştir. Genel istenebilirlik değeri (D) optimizasyon çalışmasında dahil edilen her bir cevap için hesaplandıktan (d) sonra bu değerlerin geometrik ortalaması alınarak belirlenmektedir.

$$D = (d_1 d_2 \dots d_m)^{\frac{1}{m}} = \left(\prod_{i=1}^m d_i \right)^{\frac{1}{m}}$$

D: Genel istenebilirlik değeri

d : Cevap için hesaplanan bireysel istenebilirlik değeri

m : Optimizasyona dahil edilen cevap sayısı

Deneylerden elde edilen örneklerle çalışma kapsamındaki analizler uygulanmış ve sonuçlardan matematiksel modeller elde edilmiştir. Bu modeller vasıtasıyla depolama çalışması için gerekli olan optimum işlem koşulları hesaplanmıştır. Burada kısıt koşulları; istenen kalite özellikleri için maksimum, istenmeyenler içinse minimum olacak şekilde optimizasyon çalışması uygulanmıştır.

3.2.2.2. Modellerin Validasyonu

Çalışmada termosonikasyon koşullarına ait üretilmiş olan matematiksel modellerin validasyonu, saptanan optimum koşullarla deney tekrarlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel veriler ile matematiksel modellerden üretilen tahmini değerler karşılaştırılarak modele ait hata düzeyleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Hata (\%) = \left| \frac{Y_{tahmini} - Y_{deneysel}}{Y_{deneysel}} \right| \times 100$$

$Y_{deneysel}$: Bağımlı değişkenin deneysel değeri

$Y_{tahmini}$: Bağımlı değişkenin tahmini değeri

Hata düzeyinin %10'dan küçük olması durumunda kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir (Bimacr ve ark, 2013).

3.2.3. Uygulanacak Analizler

Analizde kullanılan kimyasallar yüksek saflıktadır ve sertifikalıdır ve Sigma-Aldrich(USA) ve Merck (Germany) şirketlerinden temin edilmiştir.

3.2.3.1. pH Tayini

Kaju elma nektarı örneklerinde pH tayini, cam elektrotlu WTW marka pH metre kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

3.2.3.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Kaju elma nektarlarındaki çözünen kuru madde taşınabilir refraktometre (Refracto 30PX, Mettler Toledo) ile 20°C’ de ölçülmüştür. Sonuçlar °Briks (°B) olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

3.2.3.3. Titrasyon Asitliği Tayini

pH metre kullanılarak, 0.1 N NaOH ile 10 mL Kaju elma nektarı pH 8.1’e kadar titre edilecektir. Sonuçlar, taze ağırlığın her 100 gramı için sitrik asit cinsinden (%) gram olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V \cdot f \cdot E \cdot 100}{M}$$

V : Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, mL

f : Titrasyonda kullanılan baz çözeltisinin faktörü (durumumuzda 1.05364)

E : 1 mL 0.1 N NaOH’in eşdeğeri asit miktarı, g (sitrik asit için 0.006404)

M : Titre edilen örneğin gerçek miktarı, mL.

3.2.3.4. Renk Tayini

Hunter Lab renk ölçüm cihazı (ColorQuest XE Hunter Lab (Virginia, USA) ile kaju nektarı rengini ölçülmüştür. 50 mL Kaju elma nektarı örneği 20 mm Glass Optical Cell Light Path küvetine aktarılıp cihazı ile ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde 4 filtre kullanılarak L^* , a^* , b^* renk değerleri elde edilmektedir. L^* , a^* , b^* değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde L^* değeri dikey eksenle parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken $+a^*$ kırmızılığa, $-a^*$

yeşillığe, $+b^*$ sarılığa, $-b^*$ ise maviliğe gidişi göstermektedir. Bu ölçümlere ilave olarak C^* , Hue^* ve ΔE^* değerleri hesaplanmıştır (Lee ve ark, 2001).

Kroma değeri (C^*) rengin doygunluğunu tanımlamaktadır. Bir örneğe ait L^* değeri sabitken C^* değerinin artışı rengin daha canlı hal almasına neden olmaktadır. C^* değeri, matematiksel olarak trigonometrik renk düzlemlerinde a^* ve b^* değerlerinin oluşturduğu çemberin yarıçapını ifade etmekte Hue^* değeri ise bu değerlere ilişkin eğim çizgisinin sahip olduğu derece cinsinden açıyı ifade etmektedir. Örneğin Hue^* değeri a^* ve b^* trigonometrik renk düzleminde bir nesnenin hangi temel renge (kırmızı, sarı, yeşil ya da mavi) daha yakın olduğunu göstermektedir. C^* ve Hue^* değerlerinin kesiştiği nokta analiz edilen örneğin renginin düzlemdeki koordinatlarını vermektedir. C^* ve Hue^* değerlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıdaki gibidir:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$Hue^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

ΔE^* değeri, iki farklı rengin karşılaştırılmasında kullanılan ve aralarındaki toplam renk farkını ifade eden bir renk parametresidir. Gıdalara uygulanan işlemler sonrasında ve depolama boyunca ΔE^* değeri artış göstermektedir. Bu çalışmada hem farklı termosonikasyon uygulamaları sonrasında hem de optimum termosonikasyon uygulanan örneklerin depolanması süresince ΔE^* aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3.2.3.5. Askorbik Asit Tayini

Kaju elma nektarı örneğinden 5 mL alınarak test tüpüne aktarılıp üzerine 5 mL % 2.5 M-fosforik (Merck, Germany) asit çözeltisi eklenmiştir. Karışım + 4°C' de 6500 x g' de 10 dakika süre ile santrifüjlenmiştir(Heraeus Bofuge Primo R, Germany). Santrifüj tüpündeki berrak kısımdan 0.5 mL alınmış ve % 2.5'lik M-fosforik çözeltisi ile 10 mL' ye tamamlanmıştır. Bu karışım 0.45 µm' lik teflon filtreden (Millipore, Munich, Germany) filtre edilerek HPLC (Shimadzu. LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) cihazına enjekte edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

Kromatografi koşulları;

Kolon: XTERRA C 18 5 µM 4.6X250

Kolon sıcaklığı: 25°C

Hareketli faz: % 2 KH₂PO₄ (pH 2.4), izokratik akış

Hareketli faz akışı: 0.5 mL/dk

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Elüsyon Süresi: 15 dk

Dalga Boyu: 244 nm

3.2.3.6. Toplam Karotenoid Madde Tayini

Kaju elma nektarının toplam karotenoid miktarları için (Lee ve ark, 2001)'nin daha önce belirtmiş olduklar yöntem laboratuvarımız koşullarına uygun hale getirilerek kullanılmıştır. Bunun için 4 mL kaju elma nektarı teflon bir tüpe (Millipore, Munich, Germany) aktarılıp üzerine 8 mL ekstraksiyon çözeltisi (Hekzan:aseton:metanol/50:25:25, %0.1BHT içerikli) ilave edilmiştir. Bu işlemi takiben bir karıştırma işlemi uygulandıktan hemen sonra santrifüjleme işlemine (4000 rpm, 10 dk, 4°C) geçilmiştir. Santrifüjleme sonrası vakit kaybetmeden 450 nm'de absorbans ölçülmüştür. Toptan karotenoid β-karoten cinsinden ifade edilmekte olup hesaplamada ekstinksiyon katasyısı ($E^{1/2}$) 2505 olarak alınmıştır.

$$\text{Toplam Karotenoid } \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}} \right) = \left(\frac{\text{Absorbans} * SF}{E_{1/2}} \right) * 1000$$

SF: Seyreltme Faktörü

$E_{1/2}$: Ekstinksiyon katsayısı (2505).

3.2.3.7. Karotenoid Bileşenleri Belirlenmesi

Karotenoid bileşen analizi için (Meléndez-Martínez ve ark, 2007) tarafından geliştirilen ekstraksiyon yöntemi temel alınmıştır. Bu yöntemle göre ekstraksiyon koşulları Şekil 3.5’de ve bileşenlerin HPLC ile analizi sırasında ön denemelerle en uygun sonuç veren akış profili çizelge 3.3’te verilmiştir. Bu ekstraksiyon yönteminde dikkat edilmesi gereken unsurlardan biri sabunlaştırma aşamasıdır. Bu aşama doğru uygulanmadığı vakit karotenoidler önemli düzeyde kayba uğrar ve hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir. Sabunlaştırma işlemin temel amacı analizi etkileyebilecek klorofil ve lipitleri uzaklaştırmaktır. Böylece yanlış maddelerin tanımlanmasının önüne geçilebileceği gibi kolonun ömrü de uzatılabilir (Rodriguez-Amaya, 2001).

Kromatografi koşulları;

Kolon: ProntoSIL C30

Kolon sıcaklığı: 20°C

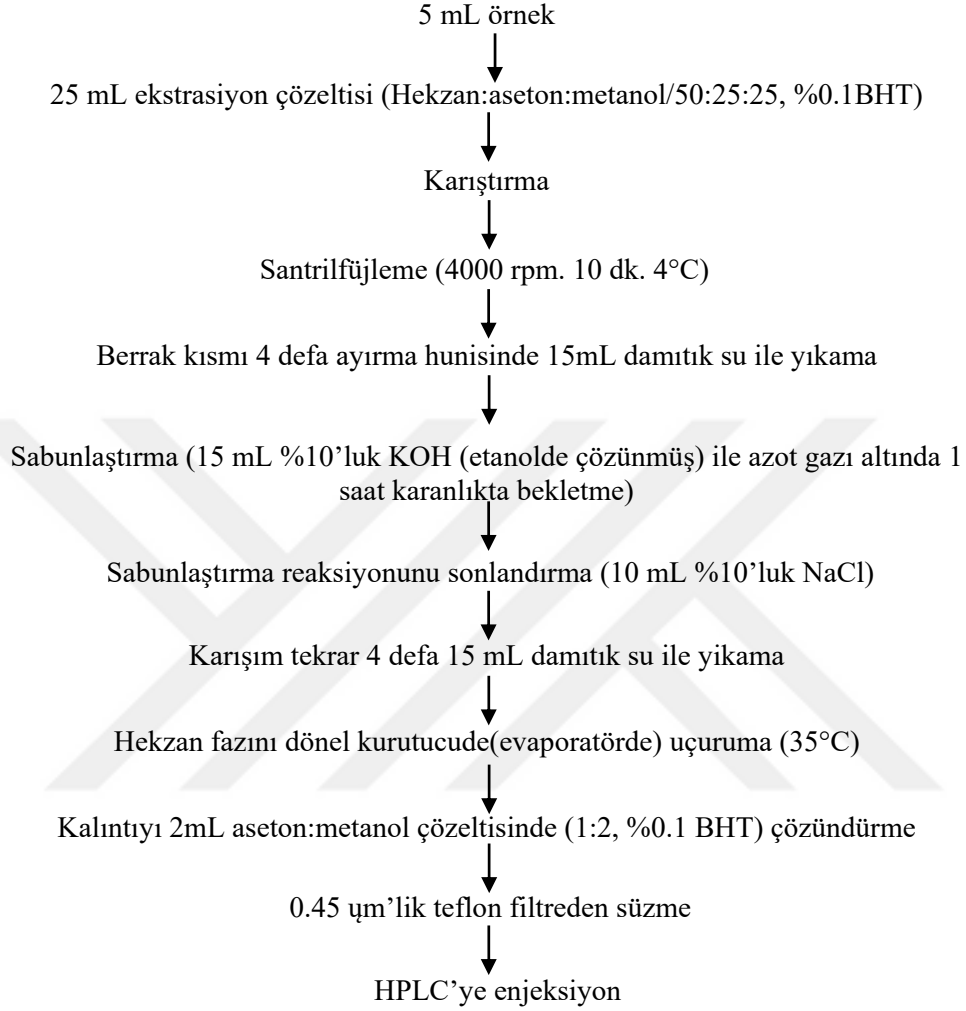
Hareketli faz: MeOH (A), MTBE (B), Su (C), gradient akış (MTBE ve MeOH %0.1 BHT ve % 0.02 amonyum asetat içerikli)

Hareketli faz akışı: 1 mL/dk

Enjeksiyon hacmi: 50 µL

Elüsyon Süresi: 65 dk

Dalga Boyu: 450 nm



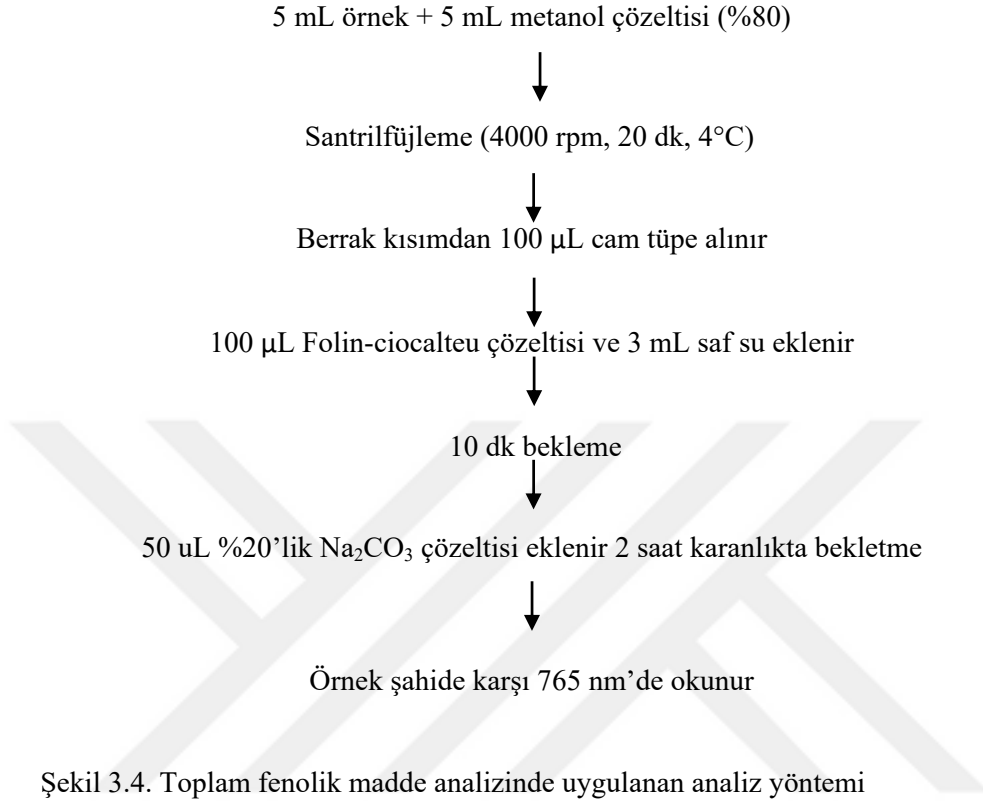
Şekil 3.5. Karotenoid bileşen analizi için uygulanan ekstraksiyon yöntemi

Çizelge 3.3. Karotenoid bileşikleri analizi için mobil faz gradient programı

Süre (dak)	MeOH (A)	MTBE (B)	Su (C)
0.01	90	5	5
5	95	5	0
40	75	25	0
55	55	45	0
60	90	5	5
65	90	5	5

3.2.3.8. Toplam Fenolik Madde Tayini

Abdullakasıim ve ark, (2007) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır (Şekil 3.6). Bu yöntem, fenolik maddelerin Folin-Ciocalteu çözeltisinin fosfomolibdik-fosfotungistik çözeltisini indirgeyerek mavi bir kompleks oluşturmaları ve mavi rengin kolorimetrik olarak ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. Örneklerde ölçülen absorbands değerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı, gallik asit ile hazırlanmış olan standart eğrinin denkleminde hesaplanmıştır. Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı “mg gallik asit/L” cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.4. Toplam fenolik madde analizinde uygulanan analiz yöntemi

3.2.3.9. Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi

Araştırmada, HPLC (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) ile fenolik bileşenlerin tayini yapılmıştır. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunda %80'lik metanol kullanılmıştır. Bunun için, 5 mL örnek 15 mL'lik santrifüj tüpüne aktarılıp üzerine 5 mL %80 metanol ilave edilerek karıştırılmıştır. Örnek karışımları santrifüjlendikten sonra (6000 rpm, 10 dak., 4 °C) elde edilen berrak kısım 0.45 µm'lik teflon membran filtreden geçirilerek enjeksiyona hazır hale getirilmiştir (Agcam ve Akyıldız, 2015; Agcam ve ark, 2014). Fenolik bileşiklerin analizi sırasında uygulanan ekstraksiyon yöntemi Şekil 3.7'de verilmiştir.

5 mL örnek + 10 mL metanol çözeltisi (%80)



Santrifüjleme (4000 rpm, 10 dk, 4°C)



0.45 µm teflon filtreden filtre edilir



HPLC Cihazına enjekte edilir

Şekil 3.5. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi

Kromatografi koşulları;

Kolon: XTERRA RP 18 5 µM 4.6X250

Kolon sıcaklığı: 25 °C

Hareketli faz: % 5 formik asit (solvent A) ve % 100 asetonitril: solvent A (60:40 v/v) (solvent B), gradient akış

Hareketli faz akışı: 1 mL/dk

Dedektör: FotoDiyod Düzen Dedektör (PDA)

Enjeksiyon: 20 µl

Dalga Boyu: 280-320 nm, 520 nm (antosiyenin bileşenleri için)

Elüsyon profili, Çizelge 3.4.'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Fenolik bileşen analizinin yürütücü faz oranları (Kelebek ve ark, 2008)

Süre	Solvent A konsantrasyonu (%)	Solvent B konsantrasyonu (%)
0-10 dk	100	0
30 dk	100-95	0-5
18 dk	95-85	5-15
14 dk	85-75	15-25
31 dk	75-50	25-50
3 dk	50-0	50-100

3.2.3.10. Enzim Ekstraksiyonu ve Kalıntı Polifenol Oksidaz Aktivitesi Tayini

Dalmandi ve ark, (2006), tarafından enzim ekstraksiyonu amacıyla kullanan yöntem, Sulaiman ve ark, (2015a)'na göre modifiye edilerek kullanılmıştır. Örnekler (10 g), 20 mL 0.2M sodyum fosfat tamponu ve %1 (hacim/hacim) Triton X-100 ilaveli %4 (ağırlık/hacim) PVPP (polivinilpoliprolidon) ve 50 µL 1 M NaCl ile 3 dk boyunca karıştırılmıştır. Homojenatlar 1.5 mL santrifüj tüpleri içerisinde 30 dk 6000 rpm'de santrifüj edilmiştir. PFO içeren üst faz alınmış ve PFO aktivitesi, spektrofotometrik olarak 420 nm dalga boyunda, 15 dk içindeki absorbans artışı kaydedilerek hesaplanmıştır. Örnek küvetine ise 0.07 M (pH 5.8) fosfat tamponu içerisinde 3 mL kateşol substratı ve 100 µL meyveden elde edilmiş PFO ekstraktı ilave edilmiştir. Fosfat tamponunun pH değeri 5.8 olarak ayarlanmıştır. Şahit olarak, 100 µL distile su ve 3 mL fosfat tamponu (pH 5.8) içindeki kateşol çözeltisi karışımı hazırlanmıştır. Kullanıldığımız tüm kimyasallar (kateşol, polivinilpoliprolidon (PVPP) ve Triton X-100) analitik saflıktadır. Zamana (dk) karşı absorbans (mAbs) grafiğinin doğrusal kısmından hesaplanan ve mAbs/dk birimiyle ifade edilen eğimler aşağıdaki formülde görüldüğü gibi oranlanarak nektarlara ait kalıntı PPO aktiviteleri belirlenmiştir (Sulaiman ve ark, 2015b).

$$\text{Kalıntı PPO aktivitesi (\%)} = \frac{A_t}{A_0} \times 100$$

A_t : Termosonikasyon uygulanan örnekler için eğim (mAbs/dk)

A_0 : Kontrol örneğine ait eğim (mAbs/dk).

3.2.3.11. Mikrobiyolojik Analizler

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ve maya-küf sayımı, sırasıyla Plate Count Agar (PCA) ve Potato Dextrose Agar (PDA) besiyeri kullanılarak belirlenmiştir. Kontrol örneği için dilüsyonlar serum fizyolojik sıvı (8.5 g NaCl/L) kullanarak 10^{-6} ya, termosonikasyon uygulanmış örnekler için 10^{-2} ye kadar yapılmıştır. Kaju elması nektarı örneklerinden hazırlanan 1/10 ardışık

dilüsyonlardan 1 mL alınarak dökme kültür yöntemiyle petri kutularına ekim yapılmıştır. Ekimi yapılan petri kutularının inkübasyonu; bakteriler için 30 °C' de 48 saat, maya-küfler için 25 °C' de 3-5 gün yapılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (İrkilmez, 2017).

3.2.3.12. Duyusal Değerlendirme

Depolanmak üzere optimum koşullar kullanılarak gerçekleştirilen termosonikasyon uygulamasından sonra kaju elması nektarlarının tat, koku, görünüm, renk ve genel beğeni açısından duyusal özellikleri değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal olarak değerlendirilmesinde, her bir özellik için grafik skala yöntemi kullanılmış (EK 1) ve sonuçlar örümcek ağı diyagramında gösterilerek değerlendirilmiştir.

3.2.3.13. İstatistiksel Değerlendirme

Analiz sonuçları, SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulup ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları t testi karşılaştırılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonuna Ait Bulgular

4.1.1. Termosonikasyon Uygulamalarının Polifenol Oksidaz (PFO) İnaktivasyonu Üzerine Etkisi

Kaju elması nektarına, 30 - 65 ° C arasında değişen farklı sıcaklıklar ve 2.0 ile 598 J/g arasında değişen ultrasound enerji yoğunluğu (UEY) uygulanmıştır. Farklı termosonikasyon koşullarının polifenol oksidaz inaktivasyonu (%) üzerine etkisi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. PFO inaktivasyon oranları % 53 ile % 96 arasında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı termosonikasyon koşullarının polifenol oksidaz inaktivasyonu (%) üzerine etkisi

Deneme	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	Cevap	
			PPO (%)	
			Gerçek	Öngörülen
1	33.1	477	87	85.61
2	56.9	477	92	90.95
3	56.9	123	74.6	74.63
4	33.1	477	84.7	85.61
5	45.0	300	76.3	78.54
6	45.0	2.0	53.9	55.62
7	45.0	300	78	78.54
8	25.0	300	80.9	82.96
9	65.0	300	96.2	94.52
10	45.0	300	81	78.54
11	33.1	123	67.9	66.22
12	45.0	598	87	85.66
13	56.9	123	74.7	74.63
14	33.1	123	67.6	66.22
15	56.9	477	87.4	90.95

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Bulanık kaju elması nektarlarının termosonikasyon uygulanmasından çıkan PFO inaktivasyon değerleri farklı matematiksel modeller ile test edilmiştir. Analiz sonucunda PFO inaktivasyonu sonuçları için en uygun modelin ikinci dereceden model ($p < 0.001$) olduğu belirlenmiştir. Modele ait R^2 , $düzeltilmiş-R^2$ ve $tahmini-R^2$ değerleri sırasıyla 0.9735, 0.9588, ve 0.9174'dir ve uyum eksikliği testi sonucu ise önemsiz bulunmuştur ($p=0.347$).

Termosonikasyon uygulanan kaju nektarlarında belirlenen PFO aktivitesi değerleri için ikinci dereceden model parametrelerine ait istatistik çıktıları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çizelge 4.2'de de görülebileceği gibi tüm terimler istatistiki açıdan önemlidir ($p < 0.1$) ve PFO inaktivasyonunun termosonikasyon koşulları kullanılarak hesaplanması için gerekli matematiksel eşitlikte yerini almaktadır.

Çizelge 4.2. Kaju elması nektarlarının polifenol oksidaz inaktivasyon değerleri için ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerinin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
Model	1529.29	5	305.86	66.15	< 0.0001	Önemli
T	168.31	1	168.31	36.40	< 0.0002	
E	1041.60	1	1041.60	225.29	< 0.0001	
ET	6.36	1	6.36	1.38	0.2709	
E ²	67.77	1	67.77	14.66	0.0040	
T ²	127.86	1	127.86	27.66	0.0005	
Kalıntı	41.61	9	4.62			
Uyum Eksikliği	16.70	3	5.57	1.34	0.3466	Önemli değil
Saf Hata	24.91	6	4.15			
Düzeltilmiş Toplam	1570.90	14				

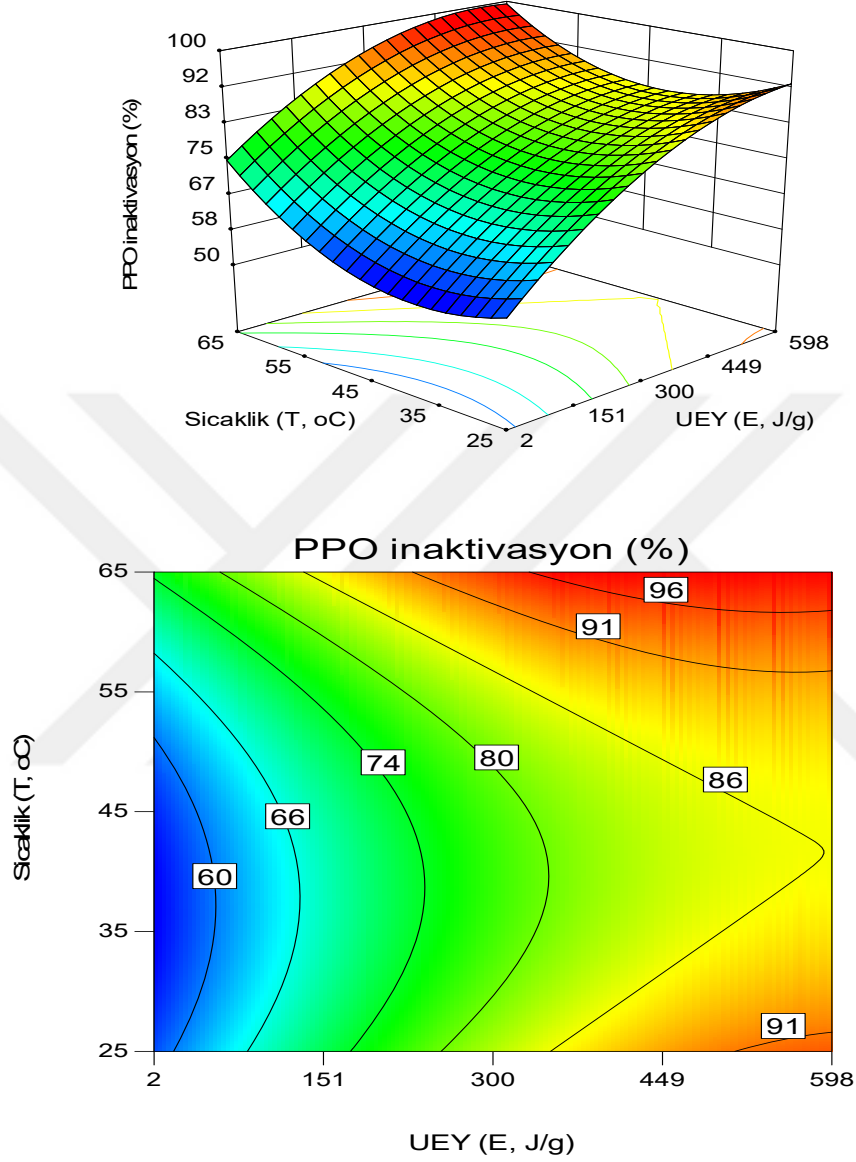
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Söz konusu eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \textbf{PFO inaktivasyon (\%)}: &+ 88.77216 + 0.11849 * E - 1.86884 * T \\ &- 4.23487 \times 10^{-4} * E * T - 8.35875 \times 10^{-5} * E^2 \\ &+ 0.025456 * T^2 \end{aligned}$$

**T: Sıcaklık, UEY: ultrasound enerji yoğunluğu*

Elde edilen eşitlik yardımıyla oluşturulan, PFO inaktivasyonu ile termosonikasyon koşulları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan 2 ve 3 boyutlu grafikler Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında PFO inaktivasyonu (%) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Şekil 4.1.'deki grafiğe baktığımızda hem sıcaklık hem de UEY arttığında 598 J/g UEY için 65°C' de maksimum % 96 inaktivasyonla PFO inaktivasyon oranının da arttığı görülmektedir. Düşük bir sıcaklığa (25 °C) rağmen yüksek bir UEY'de (598 J / g) % 90 gibi yüksek bir inaktivasyon oranı belirlenmiştir. Sabit bir sıcaklıkta PFO'nun inaktivasyonunun UEY değerinin artmasıyla etkili bir şekilde artması söz konusudur (Şekil 4.1).

Bununla birlikte, PFO ısıya duyarlı olduğu için sıcaklık aktivasyon seviyesini belirlemede önemli bir faktördür. Queiroz ve ark, (2011) kaju elmasının mekanik yaralanma ve 24 saat boyunca saklanması etkisi üzerine yaptığı çalışmada, düşük sıcaklıkta ve 27 ° C'de tutulan meyvelerde beş kat daha yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir. Ancak 40 °C civarında daha yüksek sıcaklıkta düşük aktivite gözlemlenmiştir. Çalışmamızda da benzer durum düşük sıcaklıklarda belirlenmiştir. Bu nedenle işlem sıcaklığındaki artış (daha yüksek sıcaklık) PFO'nun inaktivasyonu üzerinde ve ayrıca UEY'nun etkisinin artması üzerinde olumlu etkiye sahip olabilmektedir. Ultrasound, yüksek sıcaklıkla birleştirildiğinde enzimleri inaktive edebilmektedir. Dündar ve ark, (2019) ultrasound işlemi ve 75 ° C gibi yüksek sıcaklık kombinasyonunu (540 J / g UEY) ile çilek nektarında PFO enzimini %90 düzeyinde inaktive hale getirebileceğini bildirmişlerdir. Kaju nektarında ise maksimum PFO inaktivasyonuna (%96) 65 °C'de 300 J/g UEY uygulaması ile ulaşılabilmektedir.

Ultrasound işlemi sırasında suyun sonolizi söz konusudur. Mekanik etkiler ve ısı nedeniyle van der Waals ve hidrojen bağları parçalanarak serbest radikaller oluşmaktadır. Anaya-Esparza ve ark, (2017) amino asidi enzimlerden oksitleyebileceğini ve bunun da protein denatürasyonuna neden olduğunu ve böylece enzim aktivitesinin kaybını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca sıcaklık ve serbest radikal üretimi ile inaktivasyon aralığı arttıkça (Vercet ve ark, 1997) sonoliz tarafından üretilen serbest radikallerin ana rol oynamadığını, dolayısıyla ısı ve mekanik hasarın uygun enzim inaktivasyonuna yol açtığını belirtmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

4.1.2. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarının Toplam Fenolik Madde (TF) İçeriği Üzerine Etkisi

Bulanık kaju nektallarına uygulanan farklı termosonikasyon parametreleri sonucunda elde edilen TF değerleri 270.7mg/L (45.0°C – 2.0 J/g kombinasyonu) ve 466.6 mg/L (56.9°C – 477 J/g) aralığında belirlenmiştir (Çizelge 4.3.). Bu sonuçlardan anlaşıldığı gibi sıcaklık değişiminin TF miktarı üzerindeki etkisi büyüktür.

Çizelge 4.3. Farklı termosonikasyon koşullarının kaju elması nektarlarının toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisi

Deneme	Bağımsız değişkenler		Cevap	
	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	Toplam Fenolik (TF) (mg/L)	
			Gerçek	Öngörülen
1	33.1	477	342.2	344.3
2	56.9	477	360.8	344.3
3	56.9	123	415.0	411.1
4	33.1	477	313.8	318.5
5	45.0	300	274.2	275.1
6	45.0	2.0	270.7	275.1
7	45.0	300	330.5	322.3
8	25.0	300	396.0	384.5
9	65.0	300	312.3	318.5
10	45.0	300	387.8	384.4
11	33.1	123	323.7	318.5
12	45.0	598	312.3	318.5
13	56.9	123	342.8	358.0
14	33.1	123	313.8	318.5
15	56.9	477	466.6	470.4

Farklı modellerin uyum eksikliği testi sonuçları değerlendirildiğinde ikinci dereceden modelin kaju nektarında termosonikasyon koşulları ile TF değişimini açıklamak için en uygun model olduğuna karar verilmiştir. İkinci dereceden model

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

için belirlenen uyum eksikliği önemsizdir ($p = 0.1072$). R^2 , $düzeltilmiş-R^2$ ve $tahmini-R^2$ değerleri ise sırasıyla 0.9770, 0.9642 ve 0.9177'dir.

İkinci dereceden modelin ve modele ait terimlerin istatistik analizi sonuçları Çizelge 4.4.'da görülmektedir. E ve E^2 terimleri $p < 0.1$ düzeyinde önemsiz bulunurken diğer terimler önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Kaju elması nektarlarının TF değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
Model	40184.82	5	8036.96	76.35	< 0.0001	Önemli
T	1540.64	1	1540.64	251.46	< 0.0001	
E	26470.40	1	26470.40	14.64	0.0041	
ET	4600.23	1	4600.23	43.70	< 0.0001	
T²	575.97	1	575.97	71.01	< 0.0001	
E²	7475.48	1	7475.48	5.47	0.0441	
Kalıntı	947.41	9	105.27			
Uyum Eksikliği	580.06	3	193.35	3.16	0.1072	Önemli değil
Saf Hata	367.35	6	61.23			
Düzeltilmiş Toplam	41132.24	14				

Bulanık kaju elması nektarında TF içeriğine etkisini açıklayan matematiksel eşitlik aşağıdaki gibidir:

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

$$TF \left(\frac{mg}{L} \right) = +396.36570 + 0.42632 * E - 10.40147 * T - 1,1388 * E * T \\ + 2.43673 \times 10^{-4} * E^2 + 0.19464 * T^2$$

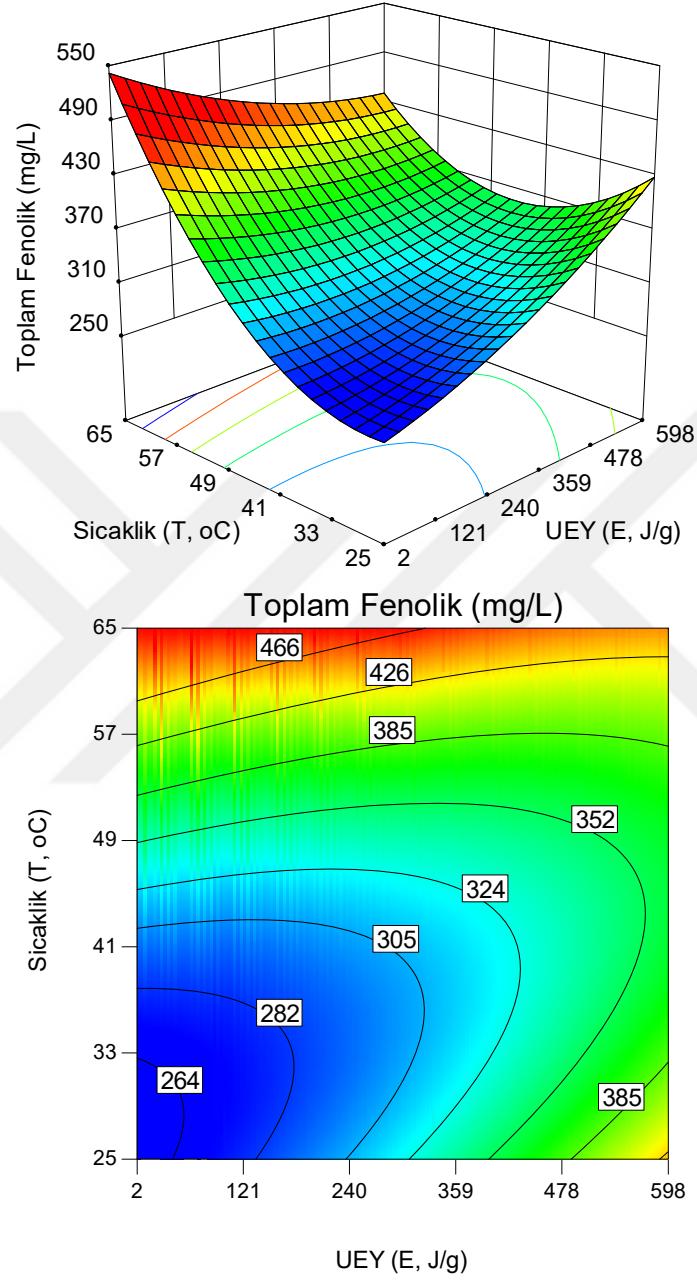
* TF: Toplam Fenolik Madde, T: Sıcaklık

Elde edilen eşitlik yardımıyla oluşturulan, TF ile termosonikasyon koşulları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan 2 ve 3 boyutlu grafikler Şekil 4.2.'de görülmektedir.

Şekil 4.2.'de de görüldüğü gibi aynı TF miktarına düşük bir UEY için yüksek sıcaklıkta (121 J / g'de 55 °C için yaklaşık 385 mg / L TF) veya düşük bir sıcaklıkta yüksek UEY (25 °C'de 595 j/g için yaklaşık 385 mg / L TF) uygulaması ile ulaşılabilir.

Literatürde de bazı araştırmacılar tarafından düşük sıcaklıkta yüksek TF içeriği elde edileceği bildirilmiştir. Dünder ve ark, (2019) çilek nektarındaki TF içeriğinin sabit bir UEY'deki sıcaklık artışından olumsuz etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Termosonikasyon düşük sıcaklıkta iken TF üzerine az bir etkiye sahipken Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi daha yüksek UEY ile artış göstermiştir. Fenolik bileşikler meyve sularının karakteristik renginin ve lezzetin gelişmesinde önemli bir rol oynayan ikincil bitki metabolitleridir (Saputra ve ark, 2013). Ultrasonikasyonun fenolik madde üzerindeki bu olumlu etkisi, ultrasonik kaviteasyon ve hücre duvarındaki bozulma ile bağlı pigmentlerin hücre dışına salınması ile ilişkili olabilir (Bhat ve ark, 2011). Orta UEY değeri için daha yüksek sıcaklıkta daha yüksek fenolik içerik gözlemlenmiştir.

Fransisco ve ark, (2013) buharda pişirmenin lahanada çeşitlerinde % 5 ila %30 arasında fenolik bileşik kaybının azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda da yüksek sıcaklıkta yüksek TF içeriğinin belirlenmesinin nedeni de benzer bir durum olabilir.



Şekil 4.2. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler

4.1.3. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarını Askorbik Asit (AA) İçeriği Üzerine Etkisi

Bulanık kaju elması nektarına farklı termosonikasyon işleminden sonra askorbik asit içeriği 791.2 mg/L'den 1172.9 mg/L'ye değişim göstermiştir (Çizelge 4.5). En yüksek AA içeriği 65.0°C-300 J/g kombinasyonunda, en düşük AA içeriği ise 33.1°C-477 J/g kombinasyonu uygulandığında elde edilmiştir. Bu nedenle sabit ultrasound enerji yoğunluğu uygulanırken sıcaklık arttırıldığında, AA miktarının daha yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.5. Farklı termosonikasyon koşullarının kaju elması nektarlarının AA üzerine etkisi

Deneme	Bağımsız değişkenler		Cevap	
	Sıcaklık (T. °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	Askorbik Asit (AA) (mg/L)	
			Gerçek	Öngörülen
1	33.1	477	858.8	827.86
2	56.9	477	1081.2	1101.86
3	56.9	123	952.9	964.98
4	33.1	477	791.2	827.86
5	45.0	300	905.7	930.23
6	45.0	2.0	898.0	934.03
7	45.0	300	900.7	930.23
8	25.0	300	968.0	983.53
9	65.0	300	1172.9	1173.96
10	45.0	300	970.8	930.23
11	33.1	123	1054.4	1012.84
12	45.0	598	913.3	893.58
13	56.9	123	1005.8	964.98
14	33.1	123	1012.4	1012.84
15	56.9	477	1104.5	1101.86

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Elde edilen deneysel sonuçlar matematik model belirlenmesi için analize tabi tutulmuş ve termosonikasyon parametreleriyle kaju elması nektarının AA içeriği arasındaki ilişkinin ikinci dereceden modelle en iyi şekilde açıklanabileceği belirlenmiştir. İkinci dereceden modele ait R^2 , düzeltilmiş- R^2 , tahmini- R^2 değerleri sırasıyla 0.9212, 0.8774 ve 0.7737'dir.

İkinci dereceden model ve terimleri için istatistiki çıktılar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Modelin önem derecesinin yüksek olduğu ($p < 0.001$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Kaju elması nektarlarının AA içerikleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
Model	1.323E+005	5	26467.70	21.05	0.0001	Önemli
T	43650.97	1	43650.97	34.71	0.0002	
E	1974.84	1	1974.84	1.57	0.2417	
ET	51792.10	1	51792.10	41.16	0.0001	
T²	27150.91	1	27150.91	21.59	0.0012	
E²	332.79	1	332.79	0.26	0.6194	
Kalıntı	11318.73	9	1257.64			
Uyum Eksikliği	3426.80	3	1142.27	0.87	0.5073	Önemli değil
Saf Hata	7891.93	6	1315.32			
Düzeltilmiş Toplam	1.437E+005	14				

Sonuçlar doğrultusunda elde edilen matematiksel eşitlik ise aşağıda verilmiştir:

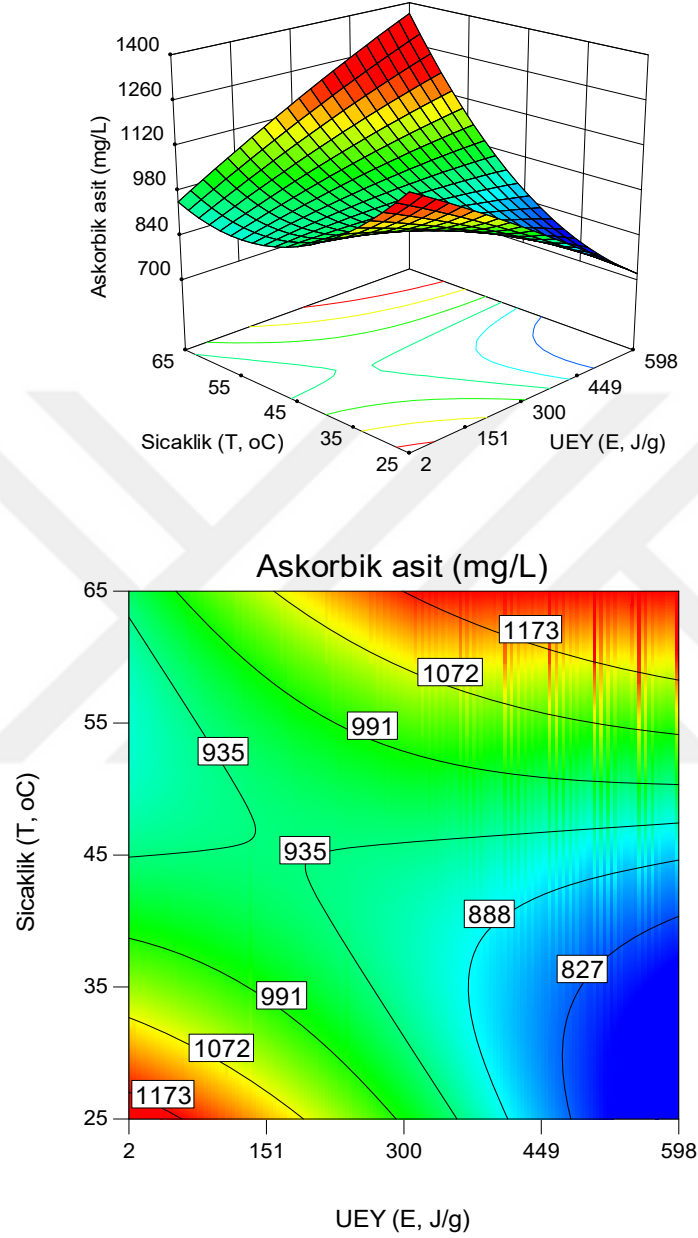
$$AA \left(\frac{mg}{L} \right) = +1986.64123 - 1.67628 * E - 40.08549 * T + 0.038209 * E * T - 1.85224 \times 10^{-4} * E^2 + 0.37094 * T^2$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi askorbik asit içeriği yaklaşık 27 °C'de 100 J / g için 1171 mg / L'lik bir değere sahiptir. Askorbik asit ısıya karşı oldukça duyarlıdır. Bununla birlikte ısıнын ötesinde doğrudan veya dolaylı olarak askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz, polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi bazı enzimler askorbik asit kaybından sorumludur (Andrés ve ark., 2016). Yaklaşık 35 °C'de minimum AA içeriğinin (778 mg/L) görülmesi düşük sıcaklıkta termosonikasyondan sonra askorbik asit oksidaz gibi enzimlerin aktivitesi ile parçalanmanın meydana gelebildiği şeklinde yorumlanabilir. AA bozulmasının ana yollarından birinin ısı olduğunun çok iyi bilinmesine rağmen bu çalışma sırasında sıcaklık arttıkça askorbik asit içeriğinin arttığı da belirlenmiştir (Şekil 4.3). Bu yüksek sıcaklıklarda enzimlerin inaktive edildiği veya yok edildiği gerçeğiyle açıklanabilir. Bu nedenle enzimin aktivitesi, askorbik asit kaybında daha etkili olarak kabul edilebilir (Bhat ve ark, 2011). Ultrasonikasyondan sonra meyve suyunda AA içeriğinin arttığı bildirilmiştir.

Ancak Dünder ve ark, (2019) çilek nektarında yüksek sıcaklık ve UEY'nın artmasıyla AA içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum askorbik asit aynı özellik ve aktiviteye sahip olan L-dehidroaskorbik haline kolayca oksitlenebildiği bildirilmiştir (Cemeroğlu, 2009).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.3. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun kaju elması nektarında askorbik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler

4.1.4. Termosonikasyon Uygulamalarının Kaju Elması Nektarının ΔE^* Değeri Üzerine Etkisi

Bulanık kaju nektarlarına uygulanan farklı termosonikasyon işlemlerinin parametreleri ve 3.4-6.4 aralığında değiştiği görülen ΔE^* değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir. En yüksek ΔE^* değeri (6.4), sıcaklık 45°C-598 J/g kombinasyonu en düşük ΔE^* değeri (0.5) ise 45°C-2.0 J/g kombinasyonu uygulandığında elde edilmiştir. Aynı ultrasound enerji yoğunluğu uygulanan nektarlarda daha yüksek sıcaklık uygulamasının renkteki değişimin de artmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı termosonikasyon koşullarının ΔE^* değeri üzerine etkisi

Deneme	Bağımsız değişkenler		Cevap	
	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	ΔE^*	
			Gerçek	Öngörülen
1	33.1	477	4.1	4.23
2	56.9	477	6	5.69
3	56.9	123	2.5	2.49
4	33.1	477	3.7	4.23
5	45.0	300	3.4	3.36
6	45.0	2.0	0.5	0.67
7	45.0	300	3.5	3.36
8	25.0	300	2.2	2.13
9	65.0	300	4.4	4.59
10	45.0	300	2.9	3.36
11	33.1	123	1.2	1.03
12	45.0	598	6.4	6.05
13	56.9	123	2.5	2.49
14	33.1	123	1.4	1.03
15	56.9	477	5.7	5.69

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Kaju elması nektarlarına uygulanan termosonikasyonun ΔE^* değeri üzerine etkisi ikili faktör etkileşim modeli ile açıklanmıştır. Bu modele ait istatistiki veriler Çizelge 4.8’de verilmiştir. İkili faktör etkileşim modeline ait R^2 , düzeltilmiş- R^2 , tahmini- R^2 değerleri sırasıyla 0.9838, 0.9794 ve 0.9715’tir. Modele ait uyum eksikliği ise önemsiz bulunmuştur ($p=0.5073$).

Çizelge 4.8. Kaju elması nektarlarının ΔE^* değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
Model	42.49	3	14.16	222.76	< 0.0001	Önemli
T	7.32	1	7.32	115.13	< 0.0001	
E	34.92	1	34.92	549.09	< 0.0001	
ET	0.26	1	0.26	4.04	0.0695	
Kalıntı	0.70	11	0.064			
Uyum Eksikliği	3426.80	3	1142.27	0.87	0.5073	Önemli değil
Saf Hata	0.36	6	0.060			
Düzeltilmiş Toplam	43.19	14				

Sonuçlar doğrultusunda elde edilen matematiksel eşitlik ise aşağıda verilmiştir:

$$\Delta E^* = -0.96888 + 5.19924 \times 10^{-3} * E + 0.036049 * T + 8.51218 \times 10^{-5} * E * T$$

Cserhalmi ve ark, (2006)’na göre gıdanın ΔE^* değeri 1.5 - 3.0 arasında olduğunda renk değişiminin fark edilebilir olduğunu, 6.0’den daha yüksek olduğunda ise olumsuz duyuşsal etkiye neden olduğu kabul edilmektedir. Choi ve

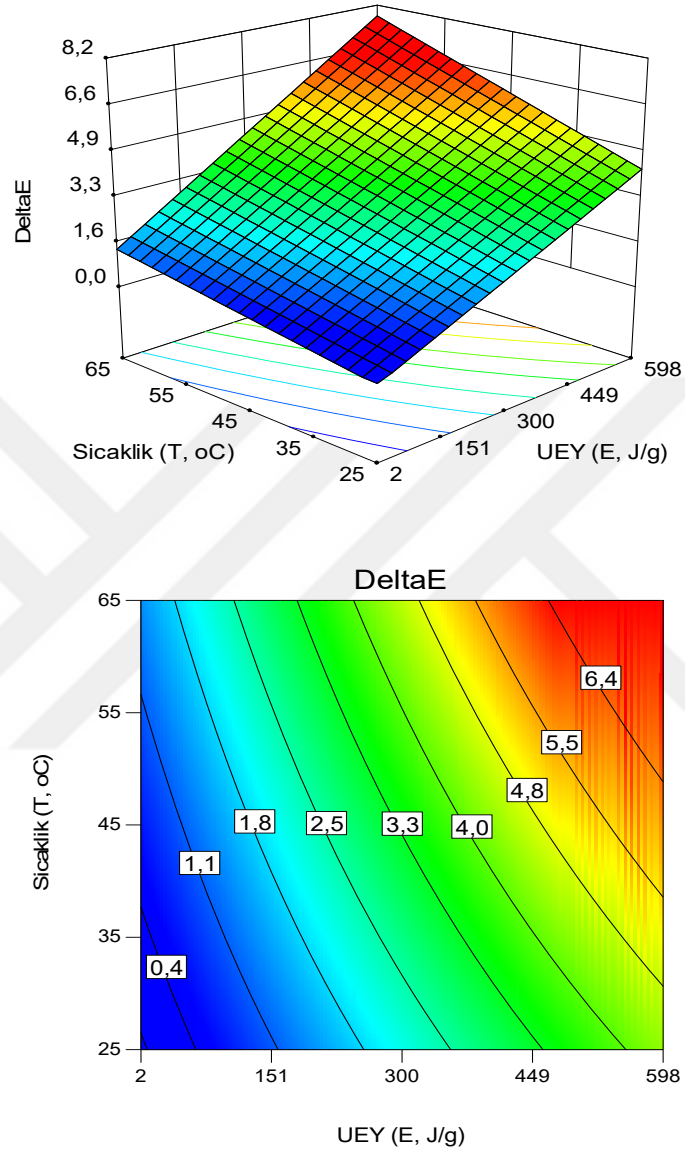
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

ark, (2002) ise toplam renk değişimi 2'den büyükse tüketici tercihlerinin etkilenebileceğini bildirmiştir.

Bu çalışmada toplam renk farkının sıcaklıkla arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.4'de, en yüksek renk değişikliğinin 475 J/g UEY için 65 °C sıcaklıkta gerçekleştiği görülmektedir. Bununla birlikte aynı yüksek UEY değeri (598 J/g) için sıcaklığın 33 °C'ye kadar düşürüldüğünde renk değişiminin de 4.7'ye düştüğü görülmüştür. Sabit bir UEY'de (240 J/g) sıcaklığın 30 °C'den 60 °C'ye çıkarılması ile rengin 2.0'dan 3.8'e kadar değişebileceği belirlenmiştir. Sabit bir orta sıcaklıkta (45°C) UEY'in artışı ΔE^* değerinde küçük bir değişiklik meydana getirmekte ve sıcaklığı (50 - 65 °C) arttırdığımızda ΔE^* değeri yükselmektedir (Şekil 4.4). Bu durum sıcaklığın artmasının ΔE^* değerini UEY'den çok daha fazla etkilediğini göstermektedir. Dünder ve ark, (2019) çilek nektarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

ΔE^* değişimi PFO aktivitesi ile ilişkili olabilir çünkü PFO aktivitesi kahverengi bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır (De Carvalho ve ark, 2007). Şekil 4.4'de düşük sıcaklıkta ve UEY'de PFO inaktivasyonu minimumdur. Dolayısıyla, ΔE^* değerinin, PFO aktivitesi nedeniyle esmerleşme reaksiyonu ile artmış olması mümkündür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.4. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun çkaju elma nektarlarında ΔE^* değeri üzerine etkisini gösteren 2 (A) ve 3 (B) boyutlu grafikler

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

4.1.5. Optimizasyon

Çizelge 4.9’da bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait hedefler ve kısıt koşulları bulanık kaju nektarına uygulanacak optimum termosonikasyon parametrelerinin belirlenmesi için verilmiştir. Çalışmamızda bağımlı değişkenler bazı kalite özellikleri, bağımsız değişkenler ise uygulanan UEY ve sıcaklıktır. UEY için denemeler olurken belirlenen aralık olan 2 – 598 J/g kullanılmış, sıcaklık için ise belirlenen aralık 30 – 65°C yapılmıştır. Bağımlı değişkenlerden pH, TA, °Briks, L*, a* ve b* değerleri için herhangi bir kısıtlayıcı koşul tanımlanmamıştır. Termosonikasyon sonrasında nektar kalitesinde en az değişme neden olmak için TF, TK ve AA değerleri için en yüksek değerler, ΔE^* için ise en düşük değer hedeflenmiştir. Polifenol oksidaz için ise % 65 – 100 aralığında bir aktivasyon oranı uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Optimizasyon çalışması için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hedefleri

Değişken Tipi	Değişken	Hedef
Bağımsız	UEY (E, J/g)	2 - 598 J/g aralığında
	Sıcaklık (T, °C)	30 - 60 °C aralığında
Bağımlı	PFO İnaktivasyonu (%)	80 - 100 aralığında/En yüksek
	TF	En yüksek
	AA	En yüksek
	ΔE^*	En düşük

Optimizasyon için belirlenen hedefler doğrultusunda, optimum parametreler için farklı çözümler ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda en yüksek istenebilirlik değerlerin sahip beş farklı çözüm sırasıyla Çizelge 4.10’da verilmiştir. Termosonikasyon ile bulanık kaju nektarı üretiminde optimum koşullar 300 J/g UEY ve 60°C (birinci çözüm) olarak belirlenmiştir.

Bulunan optimum koşullar UEY ve sıcaklık ters bir bir şekilde kullanılmasının uygun olduğunu fark edilmiştir. Aslında uygun sonuç bulabilmek

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

için yüksek sıcaklık kullanırken düşük bir UEY kullanılması gözlenilmiştir. Sulaiman ve ark, (2015b) çilek üzerine çalışmada %75 oranında PFO inaktive edebilmek için 780 J/g ve 32°C bir sıcaklık kullanırken Dünder ve ark, (2019) ise 455 J/g daha düşük bir UEY ve 59°C sıcaklık uygulanarak aynı % 75 oranında PFO inaktive edebilmiştir.

Çizelge 4.10. Termosonikasyon için belirlenen optimum çözümler ve istenebilirlik değerleri

Çözüm	UEY	Sıcaklık	Askorbik Asit	PPO inaktivasyon	Toplam Fenolik	DeltaE	İstenebilirlik
1	303.69	60	1087.0	88.8	416.2	4.32	0.549
2	318.99	60	1094.6	89.5	414.4	4.48	0.545
3	333.56	60	1101.9	90.0	413.7	4.63	0.541
4	389.10	25	907.7	78.3	412.0	2.78	0.408
5	396.69	25	901.2	87.6	336.3	2.84	0.408

4.2. Validasyon sonuçları

Optimum termosonikasyon uygulanan (60°C, 300 J/g) kaju elması nektarı örneklerine uygulanan analizler sonucunda, optimizasyon çalışmasında elde edilen modellerin validasyonuna ait veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Nektarların araştırılan tüm özelliklerinde, model tarafından tahminlenen ve deneysel olarak belirlenen değerlerin karşılaştırılması için hesaplanan hata değerleri (%) 1.28 ve 7.40 aralığında değişim göstermiştir. Literatürde hata değerinin %10’dan az olması durumunda, modelin kabul edilebilir nitelikte olduğu bildirilmiştir (Bimacr ve ark, 2013). Bu nedenle nektarın araştırılan tüm kalite özellikleri için oluşturulan modellerin geçerliliği ispatlanmıştır ve termosonikasyon parametreleri ile ilişkili bulanık kaju nektarı kalite özellikleri yüksek doğrulukla tahmin edilebilecektir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Çizelge 4.11. Kaju elması nektarının (60°C, 300 J/g) farklı özellikleri için validasyon çalışması çıktıları

Özellikler	Cevaplar		Hata (%)
	Tahmini	Deneyssel	
Polifenol oksidaz inaktivasyonu (%)	88.7	83.1	6.7
ΔE^*	4.28	3.98	7.5
Toplam Fenolik Madde (mg/L)	416.2	442.2	5.9
Askorbik Asit (mg/L)	1085.1	1027.6	5.6

4.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarlarda Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

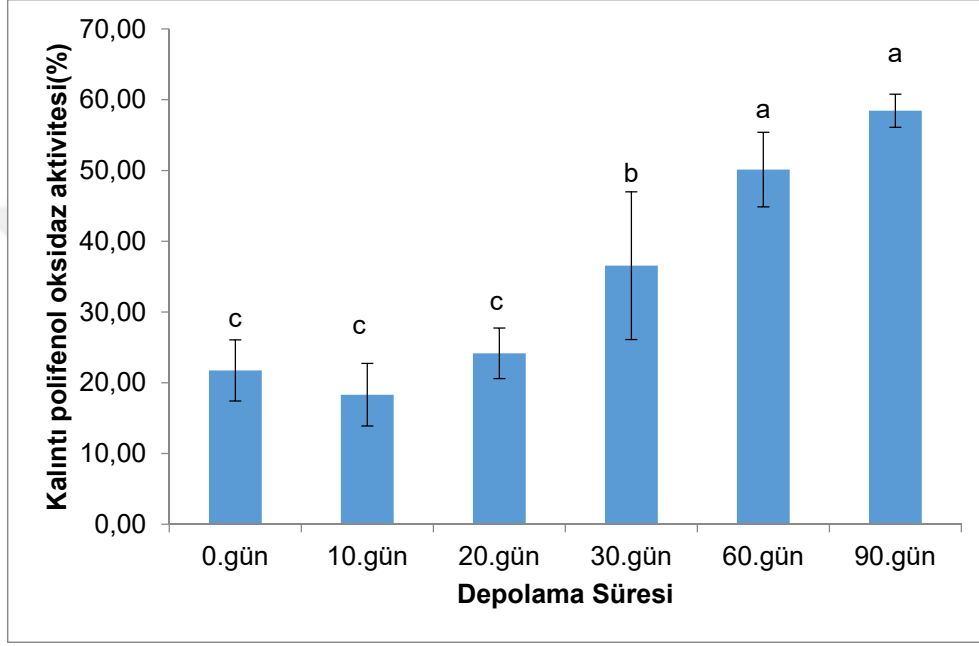
Optimizasyon yaptıktan sonra farklı termosonikasyon uygulamalarının kaju elması nektarı kalitesi üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi araştırılmıştır. 4°C sıcaklığında 90 gün boyunca depolanan kaju elması nektarlarına, polifenol oksidaz aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, toplam suda çözünür kuru madde, toplam karotenoid, toplam fenolik, karotenoid bileşenleri, fenolik bileşenleri, askorbik asit, renk (L^* , a^* , b^* , hue^* , C^* ve ΔE^*) ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır.

4.3.1. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Kalıntı Polifenol oksidaz Aktivitesi Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum koşullar olan 60°C ve 300 J/g UEY koşulları uygulanarak üretilen kaju elması nektarlarının 4°C’de 90 gün boyunca depolanması süresince kalıntı polifenol oksidaz (PFO) aktivitesi değerleri Şekil 4.5’de verilmiştir. Depolama boyunca PFO aktivitesinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artma görülmüştür ($p < 0.05$). En düşük kalıntı PFO aktivitesi (%21.7) depolamanın başlangıcında, en yüksek kalıntı PFO aktivitesi ise (%58.4) depolamanın sonu 90.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

günde belirlenmiştir. Nektar örneklerinde kalıntı PFO aktivitesi artış gösterdiği söylenebilir. Depolamanın 20. gününde kalıntı PFO aktivitesi 10. güne kıyasla %31.94 oranında artarken 90. gününde yaklaşık 3 kat artış göstermiştir.



Şekil 4.5. Kaju elma nektarlarının depolama süresince kalıntı polifenol oksidaz aktivitesi değerleri

Bulanık elma suyuna süperkritik CO² uygulaması (55 °C’de 60 dk, 8, 15, 22 ve 30 MPa) ile PFO kalıntı aktivitesinin uygulanan basınç seviyesine bağlı olarak reaktivasyon gösterdiğini bildirilmiştir (Gui ve ark, 2006). Kalıntı PFO aktivitesindeki artışın 1.ile 2. hafta arasında olduğunu sonrasında önemli artış olmadığını bildirmişlerdir. 30 MPa’da işlenmiş örneklerde artış olmadığı da belirtilmiştir. Benzer durum yüksek basınç CO₂ uygulanarak 2 hafta donmuş halde saklanan patateslerde PFO’ın, orijinal aktivitenin% 28’ini geri kazandığı ifade edilmiştir (Chen ve ark, 1992).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

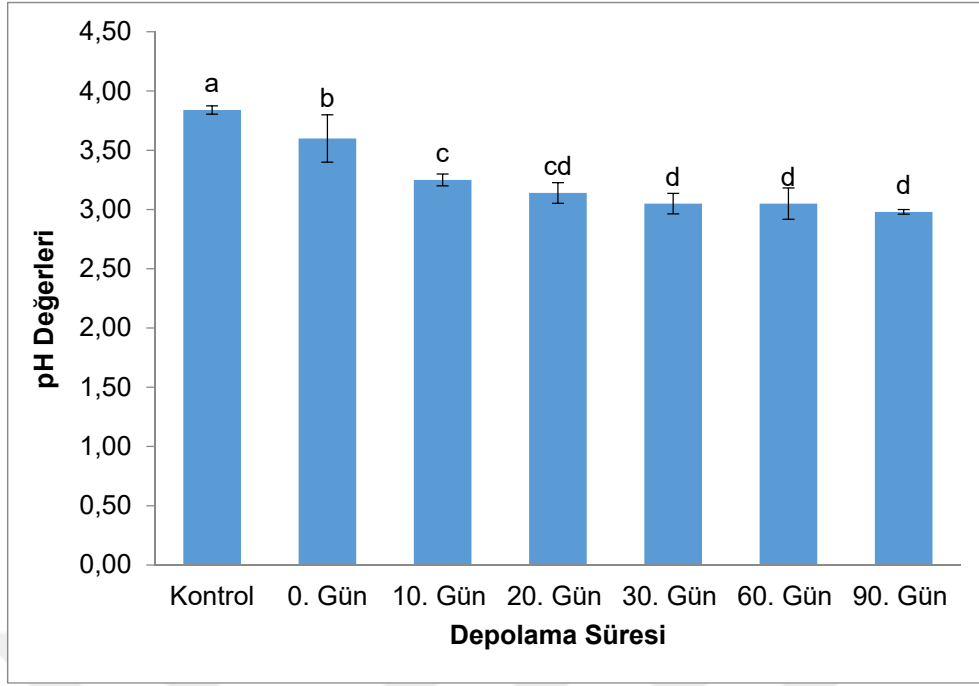
Altındağ ve ark. (2017) SO₂ uygulaması ve depolamanın kuru kayısı üzerine etkilerini araştırmışlardır. SO₂ uygulanmayan örneklerde 30°C’de depolanan örneklerde PFO aktivitesi artarken 4 ve 20°C’de depolanan örneklerde PFO aktivitesi düşüş göstermiştir.

Dündar ve ark, (2019) termosonikasyon uygulanan çilek nektarının kalıntı PFO aktivitesini araştırmışlardır. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarların 4°C’de 90 gün boyunca depolandığı sırada kalıntı aktivitesinin %54’e kadar azaldığını ifade etmişlerdir.

Chang ve ark, (2017) yüksek basınç uygulaması ve termal pastörizasyonun 20 gün boyunca buzdolabı koşullarında depolanan beyaz üzüm suyu kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda depolama süresinin artışıyla PFO aktivitesinin her uygulamada azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.3.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarların pH Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju nektarlarına uygulanan farklı termosonikasyon işlemlerinin optimizasyonunda en iyi sonucu veren işlem ile elde edilen bulanık kaju nektarlarının 4°C’de 90 günlük depolama süresince pH değerlerindeki değişim Şekil 4.6.’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca pH değerleri

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek pH değeri 3.84, en düşük pH değeri ise 2.98 olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu termosonikasyon uygulanmamış kaju elması nektarını ifade etmektedir. Termosonikasyon işlemi uygulanan örnekelerde depolamanın başlangıcında yüksek olan pH (3.60) değerinde, zaman artıkça önemli seviyelerde azalmalar gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Bu azalma depolamanın ilk gününden beri fark edilmiştir. Bu durum Kaju elması nektarında bulunan asit karakterli organik maddelerin termosonikasyon işlemiyle daha fazla üretildiğini göstermektedir. Çünkü pH, asitlerin ortama verdikleri H^+ iyonunun konsantrasyonu hakkında bilgi vermektedir. Depolamanın 30. gününden itibaren pH değerlerinde önemli ölçüde değişim olmuştur. Bu durumun muhtemel nedeni kaju nektarlarda mikrobiyolojik gelişme göstermesi olabilir. Termosonikasyon uygulaması ile mikroorganizmalar yeterli seviyede inaktive olmamış olabilir.

Dündar ve ark, (2019) yaptıkları çalışmada termosonikasyon işlemi uyguladıkları çilek nektarlarını 90 gün boyunca buzdolabı koşullarında depolamışlardır. Depolamada çilek nektarlarının pH değerinde özellikle 60. gününden itibaren önemli azalma bildirmiştir. Aynı şekil’de pastörizasyon için ısıt

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

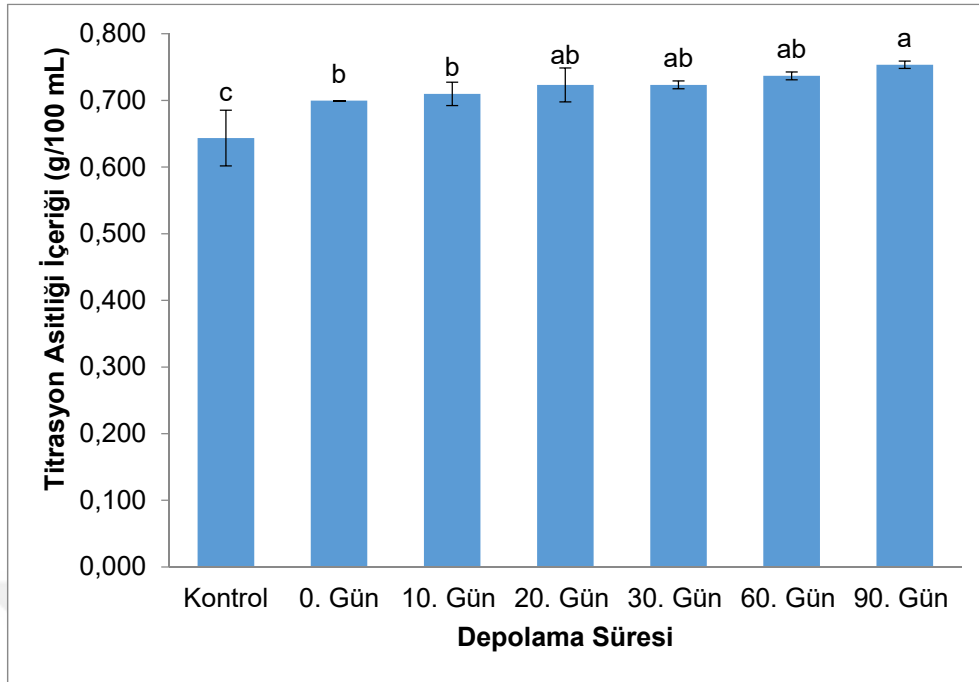
olmayan metotlar kullanarak (Cortés ve ark, 2008b) PEF uygulanmış portakal suyu kontrol örneklerinde pH değerlerinin azaldığını görmüşlerdir.

Akande ve ark, (2013) 6 haftalık depolama boyunca karpuz ve ananas suyu karışımının (9:1 oranında) üzerine biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Sonuçlara göre pH değerleri 4.46 seviyesinden 2.92'ye önemli bir düşüş göstermiştir. Bu düşüşün muhtemel nedeninin etanol oluşumu ile sonuçlanan biyokimyasal reaksiyonların olabileceği söylenmiştir. Meyve suyunda pH düşüşü ile ürünün raf ömrünün uzayabilmektedir. Bu çalışmada depolama boyunca meydana gelen pH düşüşü de benzer şekilde açıklanabilir.

Aday ve ark, (2013) farklı ultrasound güçleri (30, 60 ve 90 W) ve uygulama sürelerinin (5 ve 10 dk) çilek kalitesi üzerine etkisini araştırmış ve çilekleri 1 ay süreyle depolamışlardır. Depolama süresinde 30 ve 60 W ultrasound gücü uygulanan örnekler hariç, tüm uygulamalarda pH değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. 30 ve 60 W ultrasound gücü uygulanan örneklerde pH değerlerinin daha düşük olmasının nedeninin diğer örneklerin paketlerinde yüksek oranda CO₂ birikimi ile ilgili olabileceği ifade edilmiştir. CO₂ birikiminin yüksek oluşu solunumun ve organik asitlerinin parçalanma miktarının fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

4.3.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Titrasyon Asitliği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju elması nektarına optimim termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra 90 gün boyunca titrasyon asitliği değişimi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri

Elde edilen sonuçlara göre termosonikasyon uygulanan örneklerde en yüksek titrasyon asitliği içeriği % 0.753, en düşük titrasyon asitliği içeriği ise %0.700 olarak belirlenmiştir. Depolama süresince titrasyon asitliği içeriğinde istatistiki açıdan önemli değişimler olmuş ve depolama ile artış eğilimi gözlenmiştir ($p < 0.05$). 0. güne göre 10. günde % 1.41, 20 ve 30 günde % 3.33, 60.günde % 5.26 ve 90. günde ise % 7.64 oranında artış olmuştur. Bu artışın sebebi mikrobiyolojik olarak bir gelişimin söz konusu olabileceği ile ilgili olabilir. Nektarların pH değerindeki düşüş, titre edilebilir asitlik değerinin artmasına neden olacağı için sonuçlar birbirlerini desteklemektedir.

Dündar ve ark, (2019) optimum termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra 3 ay boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarının pH düşerken % 0.58-0.64 titrasyon asitliği zamanla artış belirlenmiştir.

Martínez-Flores ve ark, (2015) havuç suyuna 24 kHz. 120 μ m'de ve. 50-54-58°C,'de 10 dk uygulanan termosonikasyonun biyoaktif bileşikler ve raf ömrüne etkisini araştırmışlardır. Termosonikasyon uygulanan örnekleri 20 gün

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

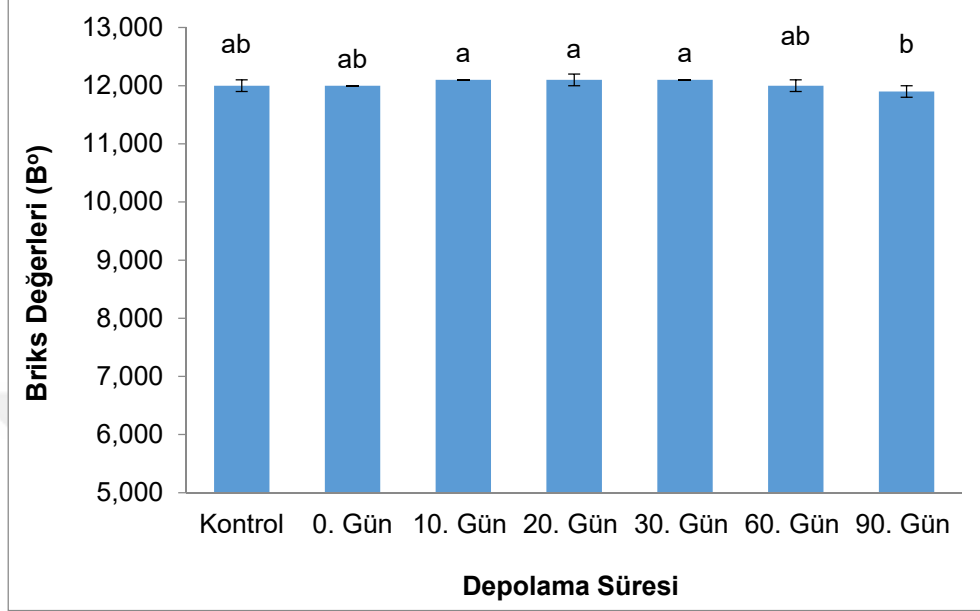
boyunca 4°C’de depolamışlar, titrasyon asitliğinde önemli düzeyde artış fark etmişlerdir.

Literatüre göre kaju elma suyunun titrasyon asitliği değerini 0.42 – 0.64 g/100 mL arasında bulunmuştur (Azevedo ve ark, 2000). Çalışmamızda nektar üretmeden önce yapılan kaju puresinin suyunu ise titrasyon asitliği %0.64 bulunmuştur. Fakat bu çalışmada nektar üretim aşamasında ise titrasyon asitliği değeri %0.70 olarak ayarlanarak sitrik asit ekleyerek titrasyon asitliği yükseltilmiş ve depolama ile de artış göstermiştir. Bu artışın sebebi, meyve suyunda bulunan şekerlerin yeterince inaktive edilmeyen mikroorganizmalar tarafından kullanılarak laktik asit gibi asitleri oluşturması ile asitliğin artmasına neden olması olabilir. Çalışmamızda da titrasyon asitliği değerinin artmasının muhtemel nedeni mikroorganizma faaliyetleri olabilir.

4.3.4. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Suda Çözünür Kuru Madde Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju elması nektarı optimim termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra 4°C’de 3 ay boyunca suda çözünür kuru madde (Briks, B°) değişimi Şekil 4.8.’de görülmektedir. Depolama boyunca briks değerlerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde fark olmamıştır. Kaju elmasında nektarı depolama boyunca % 11.98 – 12.10 aralığında değişim fark edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.8. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca suda çözünür kuru madde (Briks, B°) değerleri

Şekil 4.8'den de görülebileceği gibi depolama sırasında bazı değişiklikler briks değerini etkilemiştir. Depolama başlangıç ve süresince (0. gün ve 60. gün) briks değerlerinin değişmeden korunduğu tespit edilmiştir. 10. günden 30. güne kadar depolama SCKM artışı kaydedilmiştir. Termosonikasyon uygulandıktan sonra kaju nektarında 30. güne kadar depolama boyunca bu artışın muhtemel nedeni; ultrasound sırasıyla ses gücü hücre zarının parçalanması sonucunda hücre içi suda çözünür maddelerin hücre dışına zamanla akışı ile açıklanabilir. Agcam ve ark, (2014) PEF enerjisi ile işlenmiş portakal suyu örnekler 60 günlük depolama periyodu sonrasında briks artışını da fark etmişlerdir.

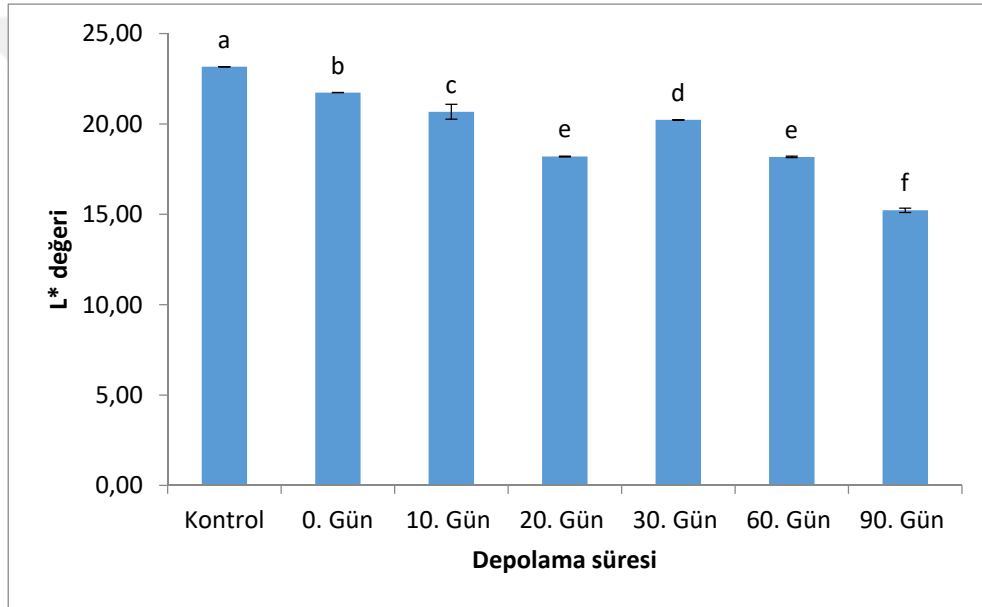
90. gününde briks değerlerinin % 12.10' dan %11.98'e düşüş gösterdiği görülmektedir ($p<0.05$). Bu sonuca göre, uygulanan termosonikasyon işleminin yeterince mikrobiyolojik stabiliteyi sağlamadığını göstermektedir. Aslında mikrobiyolojik inaktivasyon yeterli olmayınca, şekerler fermantasyona uğrayarak

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

briks değerinde bir azalışa neden olabilir (Ağçam ve ark, 2018) portakal suyunda aynı durum ile karşılaşmışlardır.

4.3.5. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının L* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Bulanık kaju nektarı optimum termosonikasyon koşullarıyla işlenip 3 ay boyunca 4°C’de depolanan örneklerin L* değerleri Şekil 4.9.’de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca L* değerleri

Elde edilen veriler, L* değerleri üzerine depolama süresinin etkisinin önemli olduğunu işaret etmektedir ($p < 0.05$).

L* renk değeri, rengi ölçülen nesnenin matlığı ve parlaklığı hakkında bilgilendiren bir parametredir. L* değeri, parlaklık miktarına bağlı olarak 0 ile 100 arasında bir değer alabilmektedir. Aslında L* değeri 100 olduğunda nesnenin aşırı parlak veya beyaz bir renge sahip olduğu, 0 olduğunda ise aşırı mat veya siyah

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

olduğu anlaşılr. Çalışmamızda en yüksek L* değeri (23.16) kontrol örneklerinde ölçülmüş ve en düşük L* değeri (15.22) ise 90. gün’de ölçülmüştür.

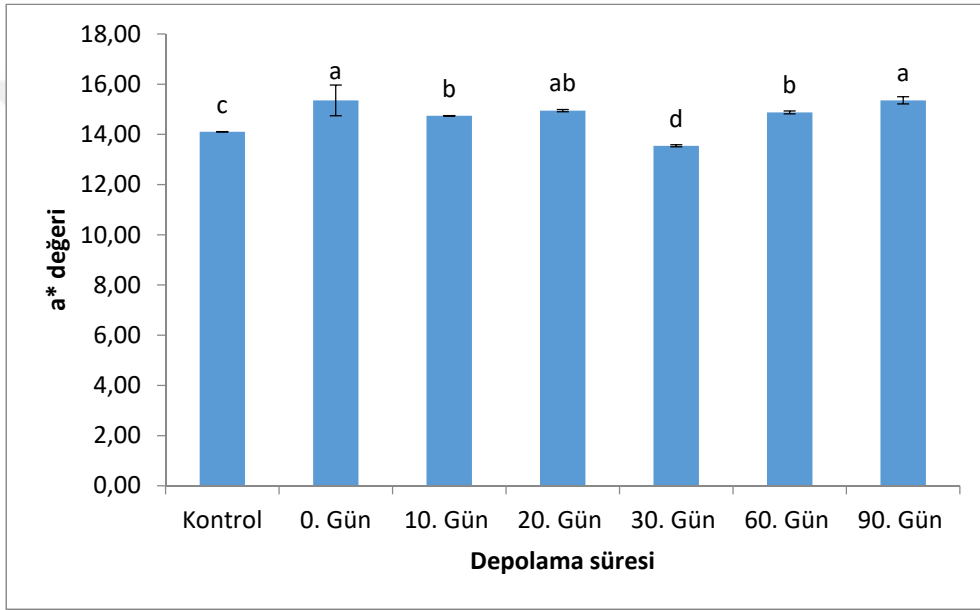
Kaju elması nektarı termosonikasyon uygulandıktan sonra 0. ve 30. günde sırasıyla 21.74 ve 20.22 olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kontrole kıyasla L* değerinde termosonikasyon sonrasında azalma meydana gelmiştir.

Lee ve ark, (2001) kan rengi portakallar üzerine çalışmalarında başlangıç L* değeri 40.22 olan portakal suyunun, ısıt pastörizasyon sonrasında 41.22’e yükseldiğini ve artışın önemli olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde (Cortés ve ark, 2008a) taze portakal suyu, ısıt pastörizasyon ve PEF uygulanmış örneklerin renk değerlerini kıyaslamışlardır. Taze portakal suyundan 51.36 olan L* değerini, PEF ve ısıt pastörize edildikten sonra sırasıyla 52.23 ve 52.41 olarak belirlemişlerdir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kaju elması nektarının L* değerlerinin zamanla azalma gösterdiği belirlenmiştir. 90. gün’de önemli bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşük sonuçları tespit edilmesini nedeni termosonikasyon işlemi sırasında oluşan esmer renkli bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bileşenler ise askorbik asit veya fenolik bileşenlerin parçalanmasının yanı sıra termosonikasyon işleminde de oluşan esmer renkli bileşenlerin birikimi ile açıklanabilir. Bu durum portakal suyunu üzerine çalışan (Ağçam ve ark, 2014), PEF uygulanan örneklerinin L* değerlerinin depolamayla birlikte azaldığını ve depolama sonunda en düşük değeri gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

4.3.6. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının a* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju elma nektarı örnekleri optimum termosonikasyon uygulamasından sonra 4°C'de 90 gün boyunca örneklerinin a* değerleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Elde edilen veriler, depolama süresinin a* değerleri üzerine olan etkisinin önemli olduğunu işaret etmektedir ($p < 0.05$).



Şekil 4.10. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca a* değerleri

a*değeri, nesnenin yeşilliği ve kırmızılığı hakkında bilgi veren bir renk parametresidir. a*değeri (-) olduğunda yeşilliği, (+) olduğunda ise kırmızılığı tanımlar. Elde edilen bulgulara göre, termosonikasyondan sonra a* değeri 0. ve 20. gün'de sırasıyla 15.35 ve 14.95 değerlerine kadar yükselmiş, 30.günde ise 13.55'e kadar düşüş göstermiştir ($p < 0.05$).

Renk parametrelerinden a* değerinin 14.02'den 15.35'e doğru değişimi, rengin zamanla daha kırmızı (daha koyu) hale geldiği anlamına gelmektedir. Bu durum kaju elması nektarının ana rengi sarı olduğundan, renk maddeleri

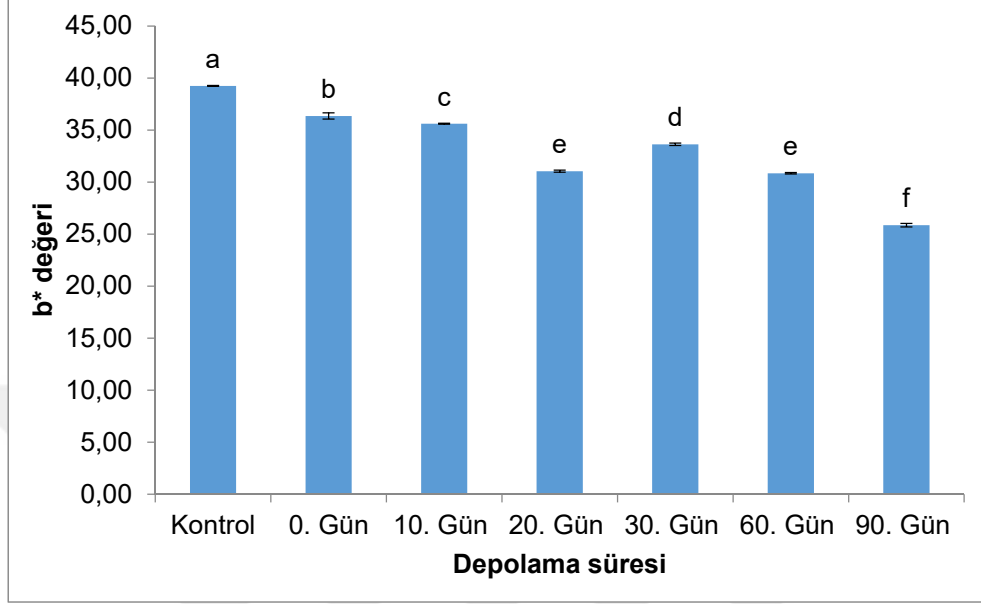
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

parçalanması ve rengin esmerleşmesinden dolayı karamel gibi sarıdan daha kırmızı renge geçmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde Biçgel, (2008) Kozan Misket çeşidi portakalından meyve suyunun ısıtıl pastörizasyon sonrasında a^* renk değerleri 0.68'den 1.51'e arttığını bildirmiştir. Dündar ve ark, (2019) depolanmış çilek nektarı örneklerinin ise zamanla a^* değerlerinde 42.98'den 40.64'e kadar azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.7. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının b^* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju nektarları üretiminde optimum termosonikasyon uygulandıktan sonra 4°C'de 90 gün depolama boyunca elde edilen b^* değerleri Şekil 4.11.'de verilmiştir. b^* değeri rengi ölçülen nesnenin sarılığı ve maviliği hakkında bilgi veren bir renk parametresidir. b^* değeri (-) olduğunda maviliği, (+) olduğunda ise sarılığı tanımlar. Depolama süresinin, kaju elması nektarının b^* değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Depolama boyunca kaju elması nektarı örneklerinin b^* değerlerinde genel olarak azalış olduğu tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.11. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca b* değerleri

Şekil 4.11.'de verilen sonuçlara göre nektarlara ait b* değerleri 25.86-39.25 aralığında değişmiştir ($p < 0.05$). Termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra ve 30 günde b* değerleri sırasıyla 36.36 ve 33.64 olarak belirlenmiştir. Genel olarak kaju elması nektarları depolama süresince b* değerlerinde azalma göstermiştir. Bu durum karotenoidlerin yapısında meydana gelen değişikliklerle açıklanabilir. b* renk değerinin depolama ile azalmasında en büyük sebep karotenoidlerin zamanla parçalanmasıdır. Çünkü karotenoidler, çeşitleri ve konsantrasyonlarına göre ortama kırmızı, turuncu veya sarı renk kazandırabilme özelliğine sahiptir.

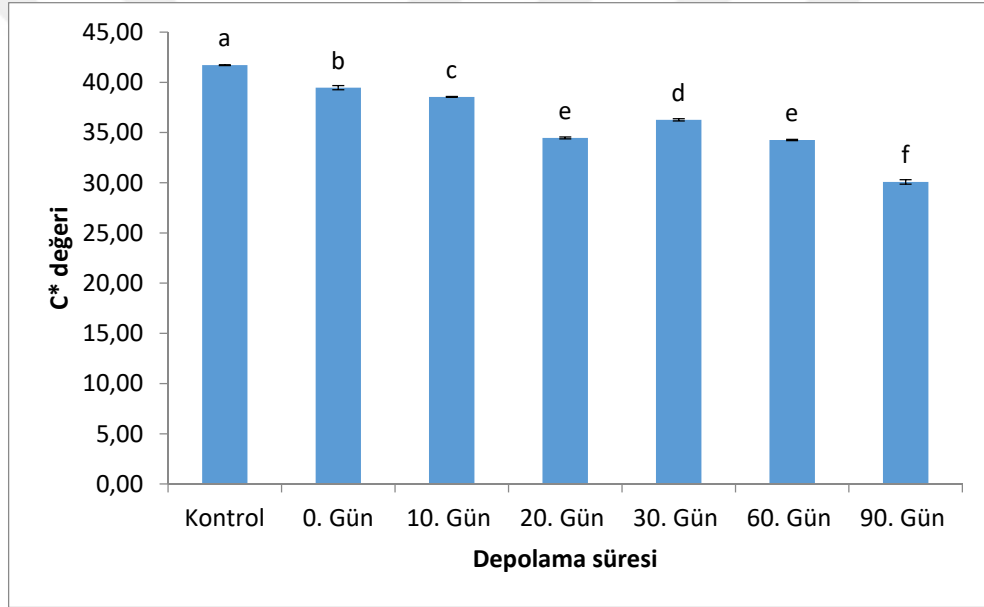
Ağçam ve ark, (2014) portakal suyunun üzerine çalışmalarında PEF ile işlenmiş örnekler b* değerleri depolama sürece azaldığını fark etmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan materyali olan kaju elması nektarı karotenoid bakımından zengin olduğundan sarı renktedir. Bu açıklamayı destekleyen bir diğer sonuç depolamayla karotenoidlerin önemle düzeyde azalmış olması ve ayrıca en

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

düşük b^* değerlerinin en yüksek karotenoidin parçalanması belirlenen örneklerde tespit edilmiş olmasıdır.

4.3.8. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Kroma (C^*) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Bulanık kaju elması nektarı optimum koşullarla termosonikasyon uygulanan örnekleri 4°C 'de 90 gün depolama boyunca belirlenen kroma (C^*) değerleri Şekil 4.12.'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca kroma (C^*) değerleri

C^* değeri rengi sahip olduğu yoğunluğu bir başka deyişle tonunu ifade eden renk parametresidir. Matematiksel olarak a^* ve b^* renk değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alındığında elde edilen değerdir.

Şekil 4.12'den anlaşılacağı gibi kaju elması nektarının kroma (C^*) değeri üzerine depolama süresinin etkisi önemli olmuştur ($p < 0.05$). Kroma değeri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

depolamanın ilk gününde en yüksek değere (39.47) zamanla azalmıştır. Depolama sonunda ise en düşük değer (30.08) tespit edilmiştir.

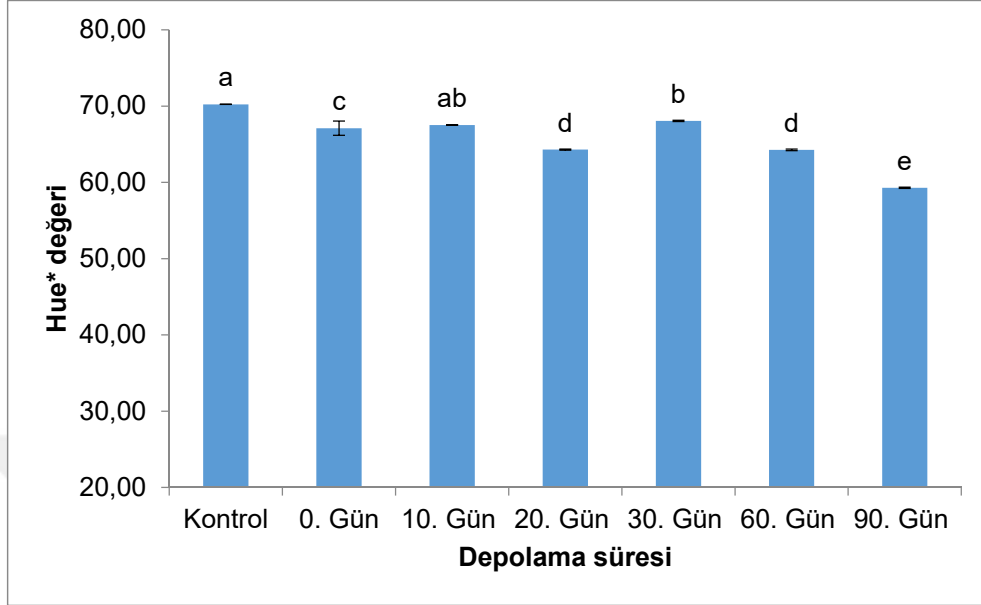
Işık, (2008) Kozan Yerlisi portakalından farklı pastörizasyon koşullar uygulanarak meyve suyu üretimi yapmıştır. Bulunan sonuçlara göre taze örnekte C* değerini 37.55 bulmuş ve ısıt pastörizasyona önerilerde C* değerini yükselterek 39.23 olarak belirlemiştir.

Fakat çalışmamızın genel anlamda C* değerleri zamanla azalmıştır. Bunun nedeni karotenoid maddelerini parçalanması olabilir. Depolama ile birlikte azalan b* değerleri düşünüldüğünde, C* değerlerin de azalması beklenen bir durumdur. Dündar ve ark, (2019) da termosonikasyon uygulanan bulanık çilek nektarını örneklerinde depolama sırasında kroma (C*) değerlerinde zaman gittikçe azalma belirlemişlerdir. Aynı şekilde (Cortés ve ark, 2008a), taze portakal suyunun C* değerini 57.63, PEF ile işlenmiş portakal suyu örneğinin C* değeri 53.70 bulunmuş yani %1.07 azalmış, ısıt pastörizasyona ile 50.93 bulunmuş yani % 1.13 azalma olmuştur.

4.3.9. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Hue* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

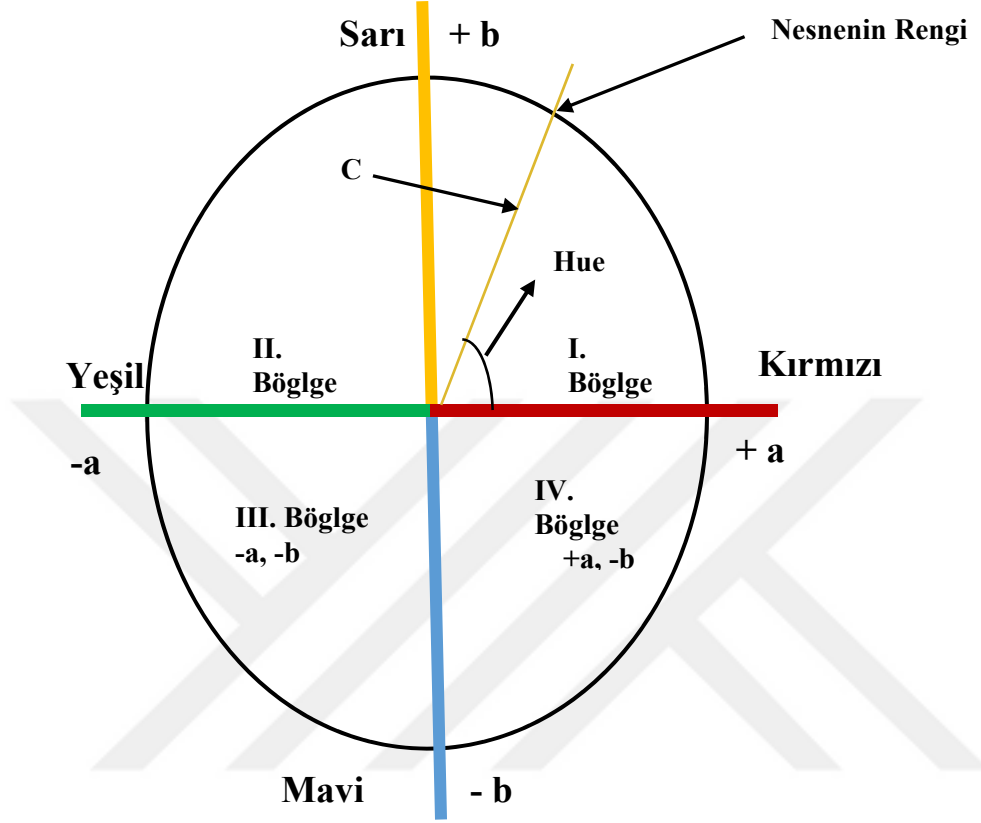
Optimum termosonikasyon uygulanan kaju elması nektarlarının 4°C’de 90 gün depolama boyunca belirlenen hue* değerleri Şekil 4.13.’de verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.13. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca Hue açısı değerleri

Hue açısı, rengi analiz edilen nesneni sahip olduğu rengin hangi temel renge daha yakın olduğunu ifade eden değerdir. Hue açısı dört temel renk (kırmızı, sarı, yeşil, mavi) vasıtasıyla trigonometrik bölgelere ayrılarak açıklanabilir. 0° kırmızılığı (a^+), 90° sarılığı (b^+), 180° yeşilliği (a^-) ve 270° maviliği ($-b$) ifade etmektedir. Burada renge dayalı trigonometrik fonksiyonlarda $0-90^\circ$ I.bölgeyi (a^+, b^+), $90-180^\circ$ II. bölgeyi ($-a, +b$), $180-270^\circ$ III. bölgeyi ($-a, -b$) ve son olarak $270-360^\circ$ IV. bölgeyi ($+a, -b$) ifade etmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Renk değerlerinin trigonometrik bölgelere göre ayrımı

Şekil 4.13'e göre örneklerin depolama süresince hue* değerlerindeki değişimin önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra, 0. gün hue* değerinin 67.11 en yüksek olduğu fark edilmiştir. Depolama süresince 30. gün hariç zamanla azalma gözlenmiş ve 90. günde ise değerin 59.30° ile en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin a* ve b* renk değerleri incelendiğinde, tüm örneklerde a* ve b* değerinin pozitif (+) olduğu gözlenmiştir. Bu durum kaju elması nektarı örneklerinin hue* açısı değerlerinin I. bölgede olacağını işaret etmektedir. Nitekim elde edilen sonuçlara bakıldığında hue* açısı değerlerinin 59.30°-70.79° arasında değiştiği fark edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaju elması nektarı örneklerinin sarı renge daha yakın olduğu tespit

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

edilmektedir. Hue değeri ve karotenoidler arasında bir ilişki kurulacak olursa, I. bölge karotenoidlerin sorumlu olduğu sarı-turuncu-kırmızı rengini sınırları barındıran bölge olduğundan dolayı, karotenoid bakımından zengin gıdaların Hue değerinin I. bölge sınırlarında çıkması gerekir (Ağçam ve ark, 2014). Böylece uygulanmış termosonikasyon işleminin hue* renk değerini koruduğu söylenebilir.

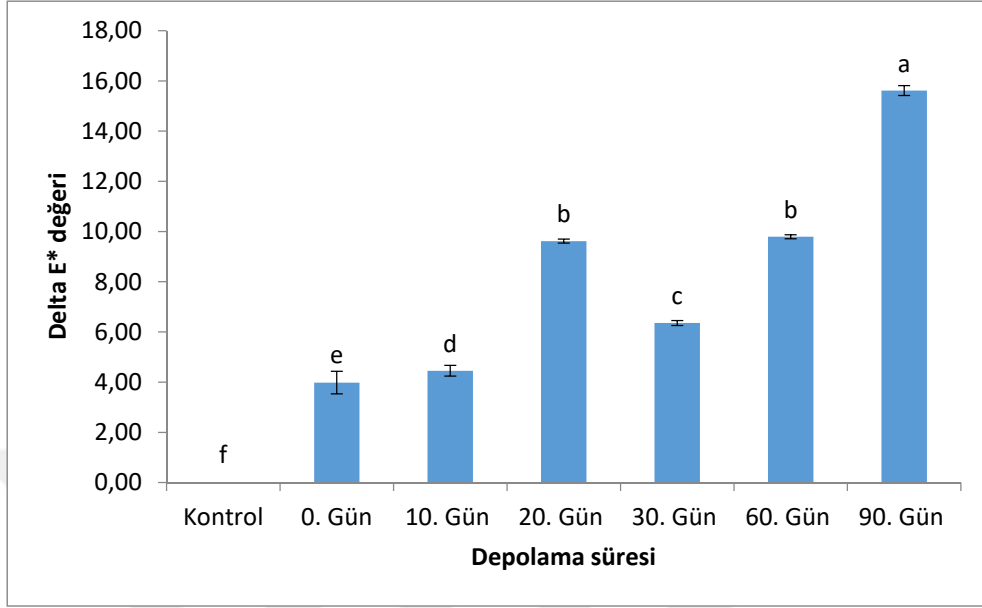
30. Gün hariç kaju nektarı örneklerinde hue* açısı değerleri depolama süresince azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Aynı durumla Tomadoni ve ark, (2017) karşılaştı ve 2 gün depolanan ultrasound uygulanmış kivi sularının hue* değerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Kaju nektarı örneklerinde bu azalışın nedenini karotenoidlerdeki değişime bağlanabilir. Bir de a*'nın depolama süresince değerinde bir artış olduğu, b'nin ise depolama süresince değerinde bir azalış olduğu tespit edilmiştir. Hue değerinin de azalması beklenen bir durumdur.

4.3.10. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının ΔE^* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum koşullarla termosonikasyon uygulanmış kaju elma nektarı örnekleri depolama boyunca ΔE^* değerleri Şekil 4.15.'te verilmiştir. Nektarlara ait ΔE^* değerleri, 0 – 15.62 aralığında değişmiştir.

Depolama başlangıcında en düşük ΔE^* değerine (0.65) sahip olan nektarlar, 90. güne kadar en yüksek değere (15.62) ulaşarak önemli düzeyde artış göstermiştir ($p < 0.05$). Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde ΔE^* değerinin zamanla arttığı belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.15. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca ΔE^* değerleri

Literatürde kimyasal, fiziksel ve biyolojik reaksiyonların oluşumuna sebep olan kavitasyonlar renkteki değişimlerin sorumlu olabileceği bildirilmiştir. Kavitasyonlar nedeniyle kimyasal reaksiyonların hızlanması, difüzyon hızının artması, enzimlerin ve mikroorganizmaların inaktivasyonu söz konusu olmakta bu durum da renk değişimini etkilemektedir (Adekunte ve ark, 2010).

Dündar ve ark, (2019) ultrasound uygulanan çilek nektari örneklerinde depolamanın ilk 10 gününde, başlangıca kıyasla %23 artan ΔE^* değerinin, 60. gün sonunda %116 oranında arttığını belirlemişlerdir.

Tomadoni ve ark, (2017) ultrasound uygulamasıyla kivi suyu üretmişler, ΔE^* değerinde 7 gün süren depolama boyunca artış meydana geldiğini ve artışın ilk 2 günde daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde (Abid ve ark, 2015) ultrasound uygulanan elma sularının depolama boyunca ΔE^* değerlerinde önemli miktarda artış olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). Kavitasyon, depolama sıcaklığı ve yine yüksek sıcaklık gibi fiziksel koşulların karotenoid izomerizasyonunu

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

hızlandırması nedeniyle renkte değişimin meydana gelmiş olabileceği ifade edilmiştir.

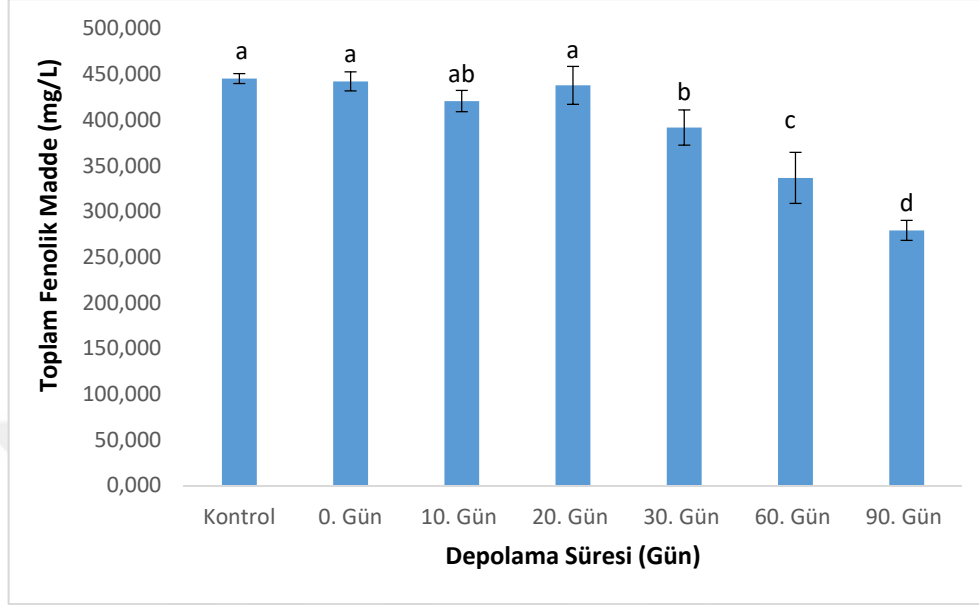
Wang ve ark, (2015) çilek nektarında da renk açısından pH değeri de önemli olduğunu söylemişlerdir. Aslında pH değerinde küçük bir değişimin çilek suyunun renginde olduğu kadar sıcaklık uygulamasına karşı rengin duyarlılığının artmasında da etkili olduğu açıklamıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde depolama boyunca ΔE^* değeri ile L^* , a^* ve b^* değerindeki değişim ile ilgili olduğu bilinmektedir. Aslında kırmızı renkli maddeleri temsil eden a^* değerleri zamanla artarken, b^* sarı renk değerleri yükselmektedir. Bu nedenle ΔE^* değerindeki değişimin temel olarak yukarıda değinilen nedenlerle kaju elmasına rengini veren karotenoidlerin parçalanmasına bağlı olduğu söylenebilir.

4.3.11. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Toplam Fenolik İçeriklerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca kaju nektarlarında toplam fenolik içeriklerindeki değişiklik mg/L gallik asit eşdeğeri cinsinden Şekil 4.16.'de gösterilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.16. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca toplam fenolik içerikleri (mg/L)

Elde edilen veriler uygulanan termosonikasyon ve depolama süresinin toplam fenolik miktarları üzerine olan etkisinin önemli olduğunu işaret etmektedir ($p < 0.05$). Depolama başladıktan sonra sonuna kadar, zaman arttıkça toplam fenolik değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek değeri 442.155 mg/L olarak 0. günde, en düşük toplam fenolik değeri 279.179 g/L olup 90. günde belirlenmiştir. Depolama sürece, 10.gün'den 20.güne 420.631 mg/L'den 437.821 mg/L'ye artış fark edilmektedir. Fakat bunun dışından, genel anlamda depolama süresince termosonikasyon uygulanan kaju elma nektarı örneklerinde toplam fenolik açısından azalma gözlenmiştir. Depolama süresi boyunca, 0.gün'den 90 güne kadar %37.3'lük azalma fark edilmiştir. 30.güne kadar kayıp ise yaklaşık %11.43 düzeyinde kayıp olmuştur. Bu durum uygulanan termosonikasyon koşulları gören kaju elma nektarı örneklerinin 3 aya kadar bir depolama ile fenolik bileşenlerinin hızlı parçalanmayacağını bir ispatıdır. Ağçam ve ark, (2014)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

çalışmalarda ılımlı koşullardaki PEF uygulamalarını portakal sularının toplam fenolik değerleri depolama süresince iyi korunduğunu tespit etmiştir.

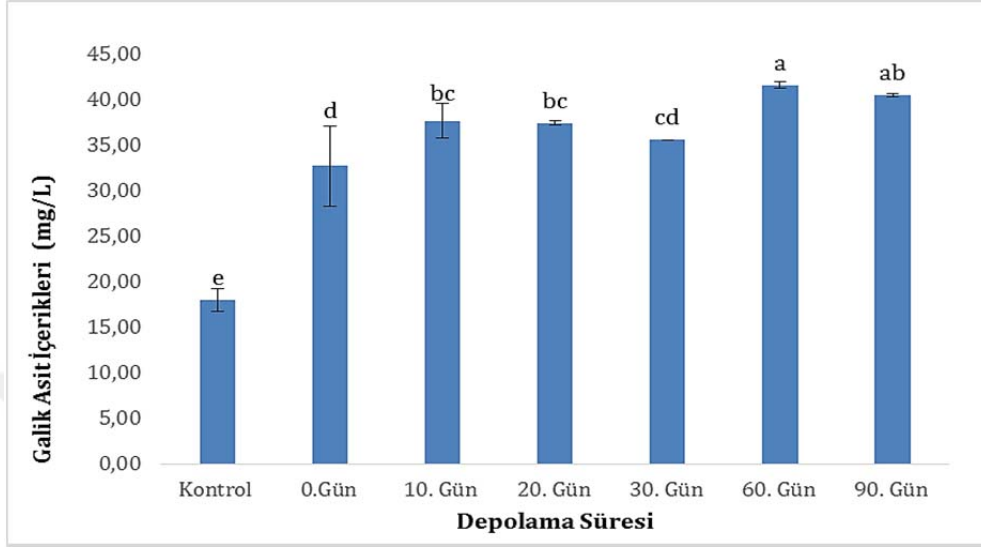
4.3.12. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Fenolik Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju elma nektarına yapılan fenolik bileşen analizi sonucu fenolik asitlerin bir alt grubu olan hidroksi benzoik asitlerden 1 adet (gallik asit), flavanonlardan 1 adet (narinjenin), hidroksi sinamik asitlerden 4 adet (şiranjik asit, kafeik asit, klorojenik asit ve *p*-kumarik asit) tespit edilmiştir. Ayrıca fenolik asitlerden büyük bir tanımlanamayan pik fark edilmiştir. EK 2 ve 3’de fenolik bileşenlere ait HPLC kromotogramı verilmiştir.

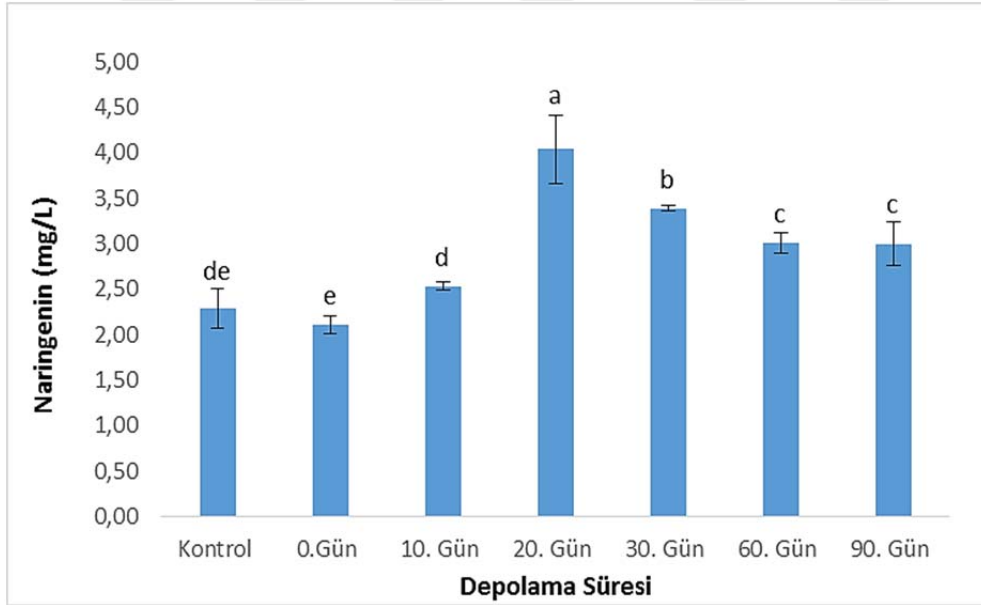
Depolama süresinde gallik asit miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kaju elma nektarı örneklerinin depolama sonundaki konsantrasyonları 17.97 – 41.56 mg/L’dir. Depolama ile örneklerin gallik asit içerikleri zaman gittikçe artış göstermiştir. Termosonikasyon uygulandıktan sonra, depolama başlangıcında (0.gün) artış (%81.80) fark edilmiştir. İlk 20 gün gallik asidin miktarı stabil olduğunu gözlenmiştir. Fakat 10.günden 30.güne kadar değişimler çok önemli olmasa da ve 30.gün’den 60.güne ve 90.güne kadar artışlar önemli olmuştur ($p<0.05$) (Şekil 4.17).

Flavonon grubundan narinjenin hesaplanmış (Şekil 4.18) venarinjenin depolama sırasındaki konsantrasyonları 2.10 – 4.04 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Depolama süresinde narinjenin miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolama ile örneklerin narinjenin içerikleri artış ve azalmalar göstermiştir. Termosonikasyon uygulandıktan sonra, depolama başlangıcında (0. gün) 2.10 mg/L olan narinjenin, 20.güne kadar artış göstermiş en yüksek değer 4.04 mg/L’ye çıkmıştır. 20. günden sonra 60. güne kadar azalma gözlenmiştir. Bunu nedeni, fenoliklerin zamanla bazı reaksiyonlar sonucunda (polikondensasyon veya parçalanma) bazı bileşenler artarken bazı bileşenlerin azalabilmesi olabilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.17. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca gallik asit içerikleri (mg/L)



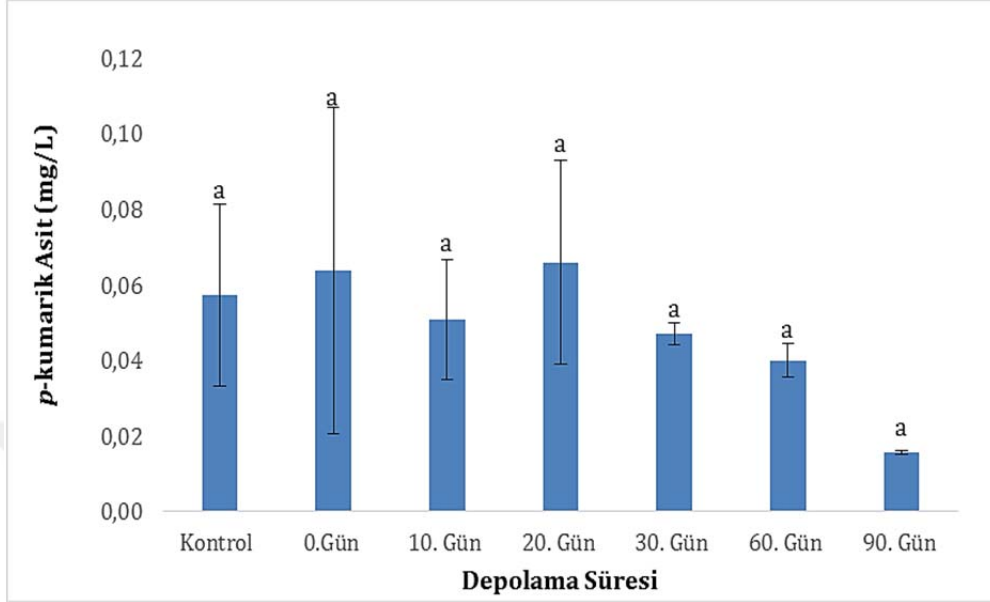
Şekil 4.18. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca naringenin içerikleri (mg/L)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

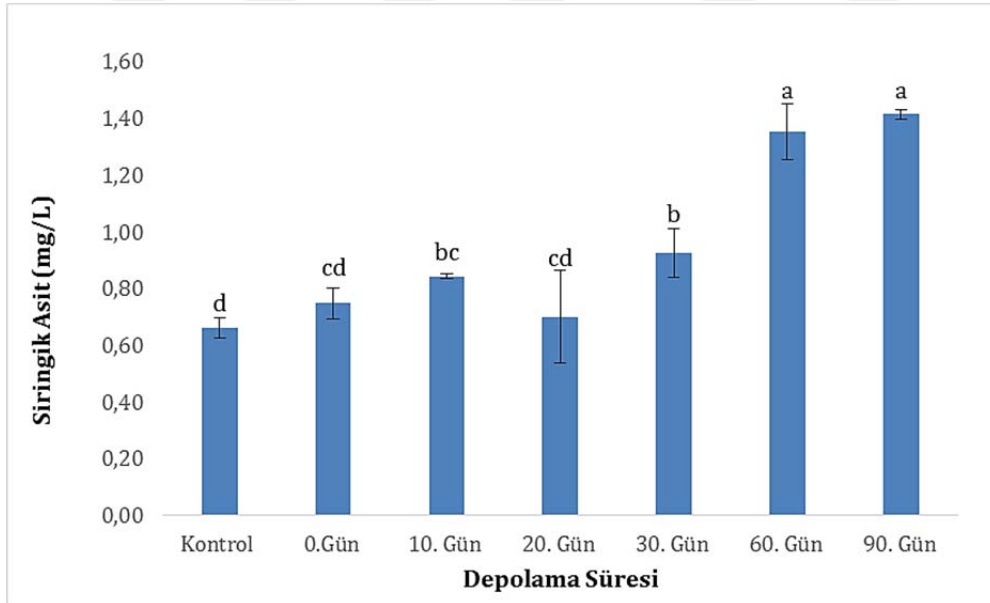
Kaju nektarında bulunan hidroksisinamik grubundan fenolik asitler şirinjik asit, kafeik asit, klorojenik asit ve *p*-kumarik asidin (Şekil 4.19) depolama sırasındaki konsantrasyonları sırasıyla 0.66 – 1.41; 0.05 – 0.11; 0.30 – 0.48; 0.02 – 0.06 mg/L arasında değişmiştir. Genel bakımda *p*-kumarik asit hariç diğer hidroksisinamik asitlerin (şirinjik, kafeik ve klorojenik) kaju nektarına termosonikasyon uygulandıktan sonra 0. günde artışı gözlenmiştir. Artışın sebebi, fenolik bileşenlerin hücre içinde stoplazmada yer alması ve termosonikasyonla hücre duvarının parçalanmasıyla fenoliklerin hücre dışına çıkışı ile açıklanabilir. Depolama sırasında kafeik, klorojenik ve *p*-kumarik asitte azalma artışlar gözlenmiş. Fakat *p*-kumarik asidin depolama sırasındaki değişimler istatistiksel açıdan farkın önemli olmadığı bulunmuştur. Şirinjik asit (Şekil 4.20) ise zamanla artış gözlenmiştir. Klorojenik asit (Şekil 4.21), 20.günden itibaren azalmış, kafeik (Şekil 4.22) asitte ise 30.günden itibaren artış olmuştur.

Termosonikasyon uygulaması ile kaju elma nektarı örneklerinin tüm fenolik bileşenlerinde artış olmasına rağmen *p*-kumarik asit içeriğinde artış olmamıştır. Depolama süresince en baskın hidroksisinamik asit şirinjik asit olmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

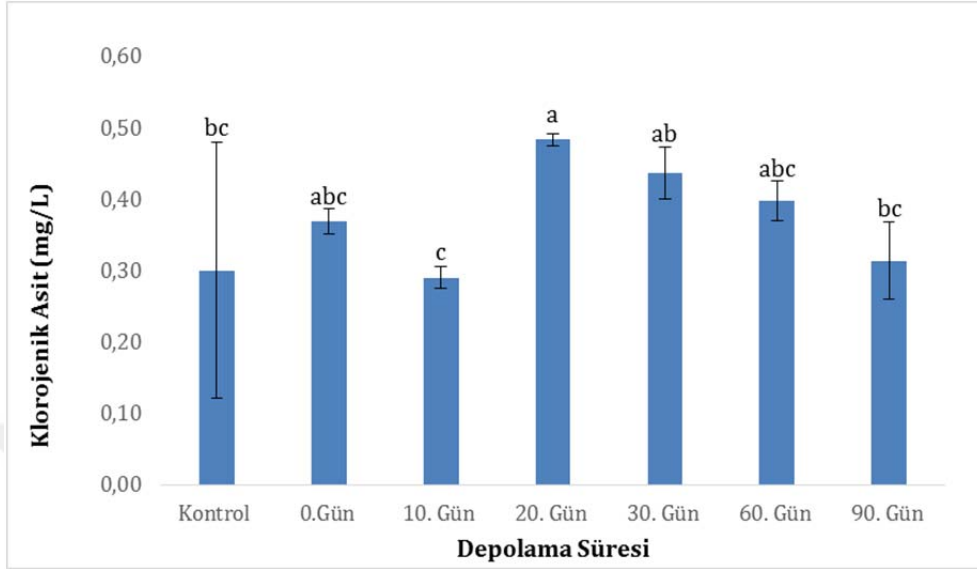


Şekil 4.19. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca *p*-kumarik asit içerikleri (mg/L)

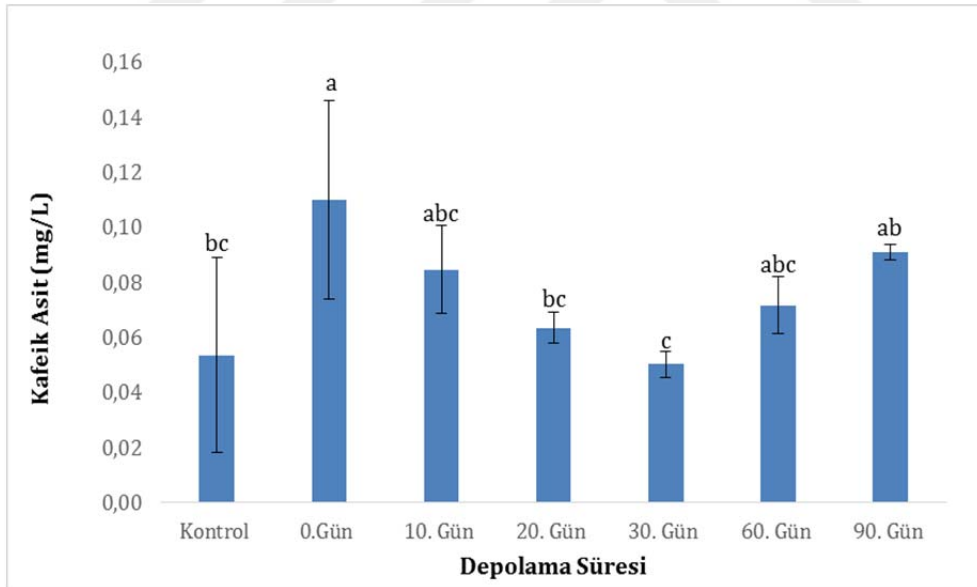


Şekil 4.20. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca şiringik asit içerikleri (mg/L)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.21. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca klorojenik asit içerikleri (mg/L)



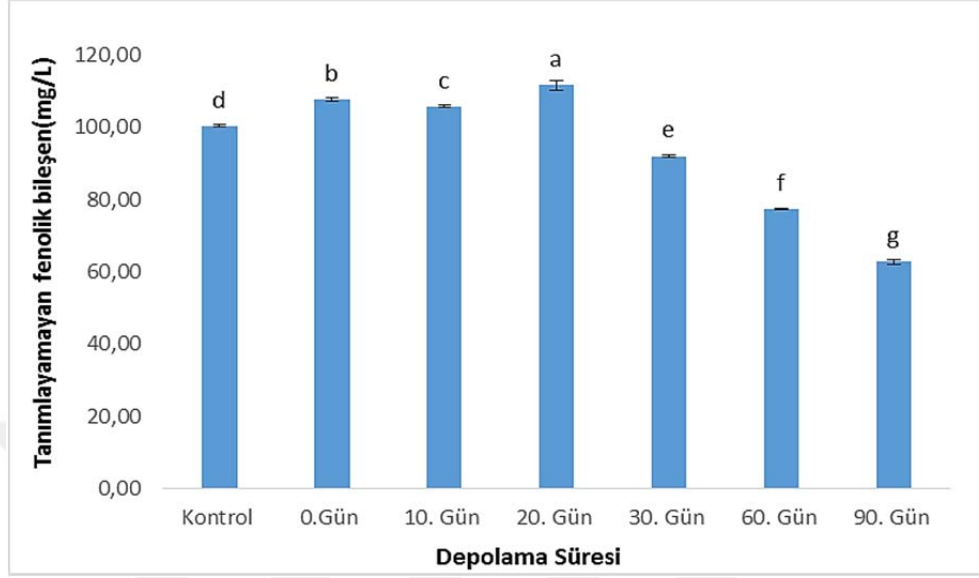
Şekil 4.22. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca kafeik asit içerikleri (mg/L)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Depolama boyunca, fenolik bileşenlerin analizinde, diğer bileşenlerden daha yüksek miktarda tanımlayamayan bir pik (HPLC’de, UV bölgede 280 nm’de) (EK 2) fark edilmiştir. Tanımlayamayan bu bileşen, tüm depolama süresinde önemli farklılıklar olmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 0.gününde 107.75 mg/L olan konsantrasyonu 30.günde 111.73 mg/L’a çıkmış ve 90. günde 62.81 mg/L’a düşmüştür (Şekil 4.23).

Bu bileşen kaju nektarında en büyük bileşen olduğunu tespit edilmiştir. Gordon ve ark, (2012) kaju elma suyu üzerine çalışırken, fenolik bileşenlerin tanımlanması sırasında benzer bir büyük pik de bulmuşlar ama aynı de tanımlayamamışlardır.

Amarowicz ve ark, (2017) 279 nm’de maksimuma sahip bileşiklerin flavanol monomerleri ve prosiyanidin oligomerleri olarak karakterize edildiğini bildirmişlerdir. Literatüre göre genelde meyve ve sebzelerde en fazla bulunan fenolik bileşenleri ve yaklaşık 280 nm’de (275 – 285 nm) kateşin galat, digalat prosiyanidin dimer, epikateşin, galat prodelfinidin dimer, epikateşin glukosid ve prosiyanidin galat olduğunu ifade etmişlerdir.



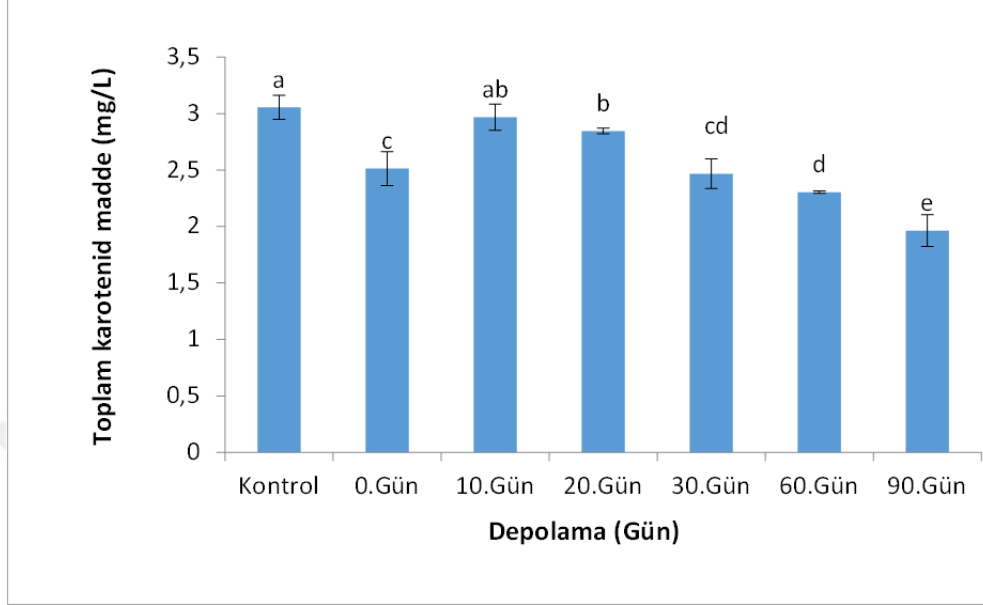
Şekil 4.23. Kaju elması nektarlarının depolama boyunca tanımlayamayan fenolik bileşen miktarları (mg/L)

Bitki kökenli fenolik bileşikler, antioksidan potansiyelleri nedeniyle yiyeceklerde ve vücutta oksidasyonu engelleyebilen veya geciktirebilen bileşikler olarak bilinir (Amarowicz ve ark, 2017). Epidemiyolojik çalışmalar fenolik yönden zengin gıdaların tüketiminin birçok kronik hastalığa karşı koruyucu etkisini göstermiştir (Kris-Etherton ve ark, 2002). Kaju elmasından doğal fenolik bileşen ekstraksiyonu ve antioksidan üretimi konusunda gıda sanayi için iyi bir fırsat olabilir.

4.3.13. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Toplam Karotenoid İçeriklerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca kaju elması nektarlarında toplam karotenoid içerikleri Şekil 4.24.'de gösterilmiştir. Elde edilen veriler uygulanan termosonikasyon ve depolama süresinin toplam karotenoid miktarları üzerine olan etkisinin önemli olduğunu işaret etmektedir ($p < 0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.24. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca toplam karotenoid içerikleri (mg/L)

En yüksek toplam içeriği, taze kaju elması nektarını temsil eden kontrol ve 10. günün örneklerinde sırasıyla 3.055 ve 2.968 mg/L olarak tespit edilmiştir. Kaju elması nektarını termosonikasyon uygulamasıyla üretildikten sonra, toplam karotenoid içeriğinde azalma ve 10. günde artış olduğu belirlenmiştir. 10. günden depolama sonuna kadar ise karotenoid içerikleri azalmıştır. En düşük toplam karotenoid içeriği 90.günde (1.963 mg/L) tespit edilmiştir. Bilindiği gibi, toplam karotenoid analizi, karotenoid bileşenlerin spektrofotometrede toplam olarak miktarını vermektedir. Karotenoid bileşenlerin bazılarının parçalanması, oksitlenme veya izomerasyon durumlarına göre farklılık göstermektedir.

Karotenoidlerin meyve ve sebzelerin ambalajlanması, taşınması, normal koşullarda depolanması ve ısıtma işlemi sırasında kayba uğrayabildiği ve bu kaybın, izomerizasyon ve oksidasyondan kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Oksidasyon oksijen, metal iyonları, enzimler, doymamış yağlar, prooksidan madde, ışık, karotenoidin tipi ve fiziksel durumu, uygulanan işlemin şiddeti, ambalaj materyali

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir. Karotenoidlerin oksidasyona uğraması yapılarındaki çift bağlardan kaynaklanmakta ve oksidasyon sonucu ilk olarak epoksit ve apokarotenoidler oluşmaktadır. Epoksit oluşumu genellikle karotenoid zincirinin sonunda meydana gelmektedir. Provitamin A karotenoidlerinin halka yapısında epoksit oluşumu, provitamin A aktivitelerinde kayba neden olmaktadır. İleri oksidasyonu aşamasında ise karotenoid renginde açılma ve kayıplarda artış görülmektedir. Oksidasyonun son aşamasında düşük molekül ağırlığındaki bileşikler meydana gelmektedir. Karotenoidlerin oksidasyona duyarlılığı, ortam koşullarına bağlı olup dokudaki fiziksel zararlanma veya ekstraksiyon gibi işlemlerle artmaktadır. Gıdalara değişik amaçlarla uygulanan parçalama, öğütme, ısıl işlem, haşlama, pişirme, kurutma, dondurma, ışınlama, depolama gibi işlemler esnasında karotenoid kayıpları ortaya çıkmaktadır (Ersus Bilek ve Özkan, 2012)

Kontrolle kıyasla 0. güne ait örneklerin karotenoidler değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğu fark edilmiştir. Bunun nedeni termosonikasyonun enerjisi veya gücü yüksek olmasından dolayı karotenoidleri doğrudan substrat olarak seçen enzimler ile oluşan serbest radikallerin uygulama esnasında bile karotenoidleri hızlıca parçalanması olabilir (Ağçam ve ark, 2014). Ayrıca karotenoidlerin kaybı işleme sırasında fiziksel ayrımlar (soyma), izomerizasyon ve enzimatik veya enzimatik olmayan oksidasyon yoluyla meydana gelir (Rodriguez-Amaya, 1999). Karotenoidler oldukça doymamış yapı gösterirler ve bu nedenle izomerizasyon ve oksidasyona eğilimlidirler. Trans-karotenoidlerin cis-izomerlere izomerizasyonu, asitlerle teması, ısıl işlem ve ışığa maruz bırakılmasıyla desteklenir ve bir miktar renk kaybına ve biyolojik aktivitenin değişmesine neden olur (Rodriguez-Amaya, 2001). Zepka ve ark, (2009) kaju elma suyu üzerine ısıl teknikleri etkisini araştırırken 60°C’de işlenen kaju elma suyunda sadece numunede zaten mevcut olan cis izomerlerinin artışı değil, aynı zamanda iki yeni cis izomerinin (cis-lutein ve 15-cis- β -karoten) ve dört epoksit türevinin (auroxanthin, mutatoxanthin, 5,6-epoksi- β -kriptoksantin ve 5,8-epoksi- β -karoten) oluşumunu bildirmiştir. Bu izomerlerin

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

oluşumu toplam karotenoid miktarının azalmasını açıklayabilir. Karotenoidlerin parçalanması, kroma parametrelerinin değişimi de göstermiştir.

Depolama başlangıcı ve 10. günü arasında gözlenen artışı karotenoid maddelerin polimerize olması ile açıklanabilir. 10.gün'den itibaren depolama sonuna kadar karotenoid değerlerinde azalma gözlenmesinin nedeni ise karotenoidlerin parçalanması olabilir.

4.3.14. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elma Nektarlarının Karotenoid Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Kaju elma nektarına yapılan karotenoid bileşen analizi sonucunda en büyük 4 pik hesaplanmıştır. Bunlar Lutein, β -kriptoksantin, β -karoten ve α -karotendir. Ek 4'te karotenoid bileşenlere ait HPLC kromatogramı verilmiştir.

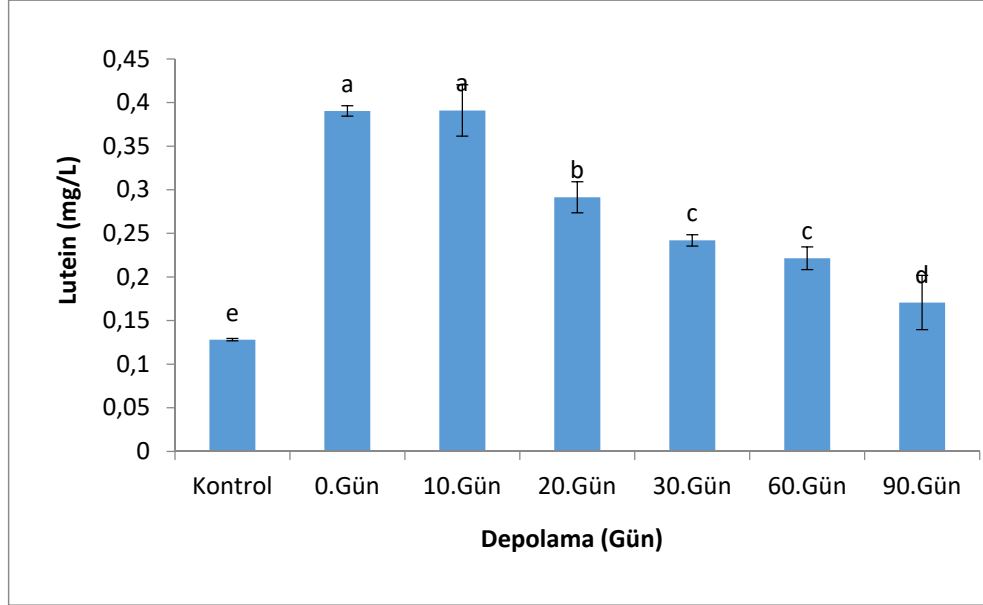
Kaju elma suyu ve taze meyvesinde başlıca karotenoidlerin all-trans- β -kriptoksantin (% 57.4) ve all-trans- β -karoten (% 22.0) olduğu bildirilmiştir. Geri kalanını % 20'si ise diğer tüm trans karotenoidler (örneğin, lutein, β -karoten ve zeaksantin) ve hem β -kriptoksantin hem de β -carotene mono-cis izomerlerinden (esas olarak 9-, 90-, 13- veya 130-) oluşturmuştur (Azevedo-Meleiro ve ark., 2007).

Elde edilen sonuçlara göre, kaju nektarında karotenoid bileşenleri depolama boyunca arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kaju nektarındaki lutein ve β -Kritosantin karotenoid bileşenleri termosonikasyon uygulandıktan sonra gözlenmiştir. Lutein içeriğinde %134 artış ve β -kriptoksantin içeriğinde %2.5 bir artışı fark edilmiştir. 20. günden depolama sonuna kadar lutein ve β -kriptoksantin azamaya başlamıştır. β -Karoten ve α -Karoten ise termosonikasyon sonrasında azalmış ancak 10.günden 20 güne kadar artmış ve sonrasında azalmıştır.

Şekil 4.25'ye anlaşılabileceği üzere lutein miktarlarının 10.gün'den depolama sonuna azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kaju nektarında lutein miktarları depolama boyunca arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Fakat

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

işlem görmeyen nektarındaki lutein miktarı termosonikasyon ile yaklaşık 3 kat artmıştır. Bunun nedeni olarak, meyve hücre duvarının daha iyi parçalanmasıyla luteinin daha iyi ekstrakte edilebildiği düşünülmüştür. Aynı zamanda, luteinin termosonikasyon uygulanması ile karotenoid bileşenleri parçalayabilecek enzimlerin inaktivasyonu sayesinde daha stabil kaldığı depo sonunda elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. Depolama sonunda lutein başlangıç konsantrasyonunun yaklaşık % 43'ü korunmuştur. Provesi ve ark, (2011) bu durumun tersine 80 °C'de pişmiş kabak suyunda lutein (% 81.9) ve violaxanthin (% 72.5) önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir.



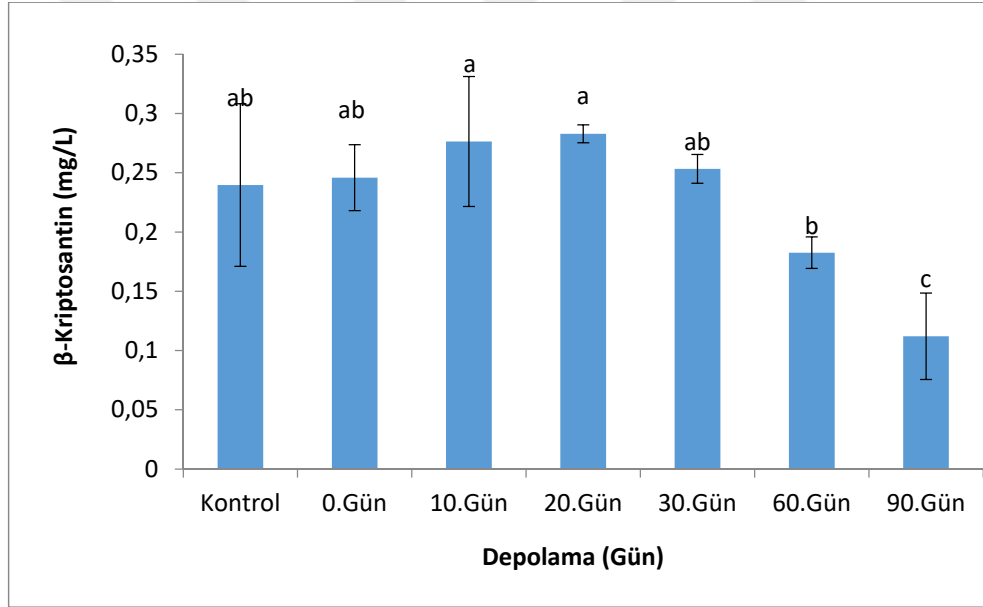
Şekil 4.25. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca lutein içerikleri (mg/L)

Depolama boyunca β -kriptoksantin değerlerinde değişimler Şekil 4.26'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, depolama boyunca kaju elması nektarındaki β -kriptoksantin miktarları önemli düzeyde değişim göstermiştir ($p<0.05$). Şekile göre termosonikasyon uygulanmasından sonra 20.güne kadar β -kriptosantin

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

miktarı yükselmişsonrasında azalmaya başlamıştır. Bunun birçok sebebinin olabileceği daha önce bahsedilmiştir. Depolamada yaklaşık %53 düzeyinde bir azalma göstermiştir. Ancak β -kriptoksantin konsantrasyonun termosonikasyon uygulanmasıylaörneklerde tamamen azalma engellenmiştir.

Zepka ve ark, (2009) Kaju elma suyunun ısıl işleminin renk üzerine etkisi konusunda yaptığı çalışmada, kaju suyunun sarılık ölçüsü (b *) ile β -kriptosantin miktarının azaldığını bildirmiştir. Aslında β -karoten ve β -kriptoksantin, kaju suyunda bulunan en bol pigmentlerdir ve sarımsı karotenoidlerdir; sonuç olarak, bunların degradasyonu, a * değerlerine kıyasla b *'de daha yüksek etki yaratmıştır.



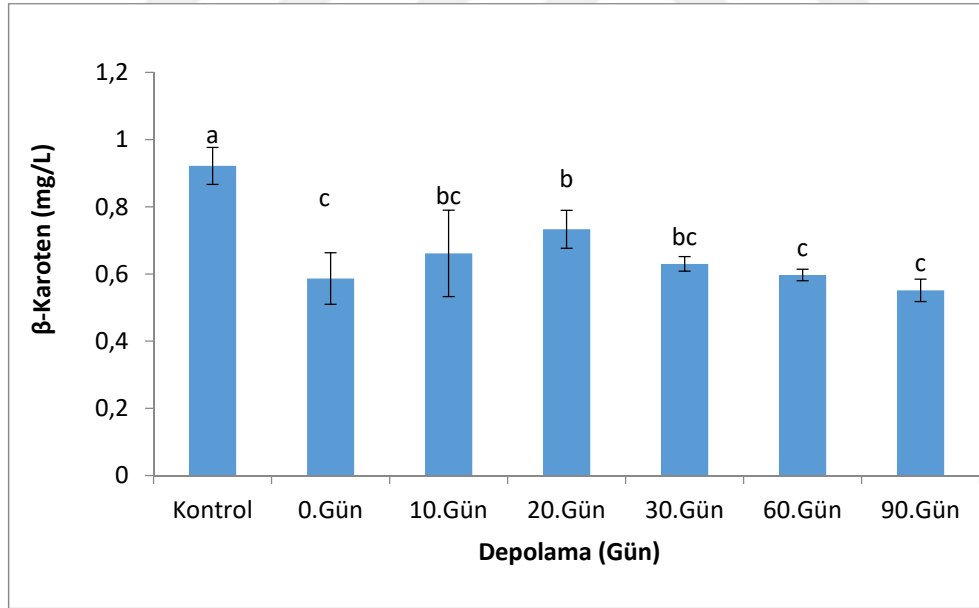
Şekil 4.26. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca β -kriptoksantin içerikleri (mg/L)

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca kaju nektarlarında β -karoten miktarında değişiklikler Şekil 4.27.'de gösterilmiştir. Elde edilen veriler uygulanan termosonikasyon ve depolama süresinin β -karoten miktarları üzerine olan etkisinin önemli düzeyde olduğunu işaret etmektedir ($p <$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

0.05). Kaju nektarında en fazla miktarda bulunan karotenoid bileşen β -karotendir (taze nektarında 0.922 mg/L). Bu miktar termosonikasyon işleminden sonra % 36 oranında azalmıştır. Ancak depolamanın 10. ve 20. gününde β -karoten miktarı arttıktan sonra depolama sonuna kadar azalmaya devam etmiştir. Depolama sonunda β -karoten en düşük düzeyde (0.551 g/L) tespit edilmiş ve başlangıca kıyasla % 40 oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Ancak depolama sonunda da diğer karotenoid maddelerinin miktarlarından daha yüksek düzeydedir.

30 °C'nin altındaki sıcaklıklarda depolama ve ışıktan korunma da karotenoidlerin stabilitesi için önemli faktörlerdir. Diğer yayınlanmış çalışmalar da, gıda saklama sırasında karotenoidlerin, özellikle de α -karoten ve β -karoten gibi provitamin karotenin nispi stabilitesi, numunede çözünen artık oksijene, ışığın yoğunluğuna ve depolama sırasındaki sıcaklığa bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir (Calvo ve ark, 2008; Vásquez-Caicedo ve ark, 2007).

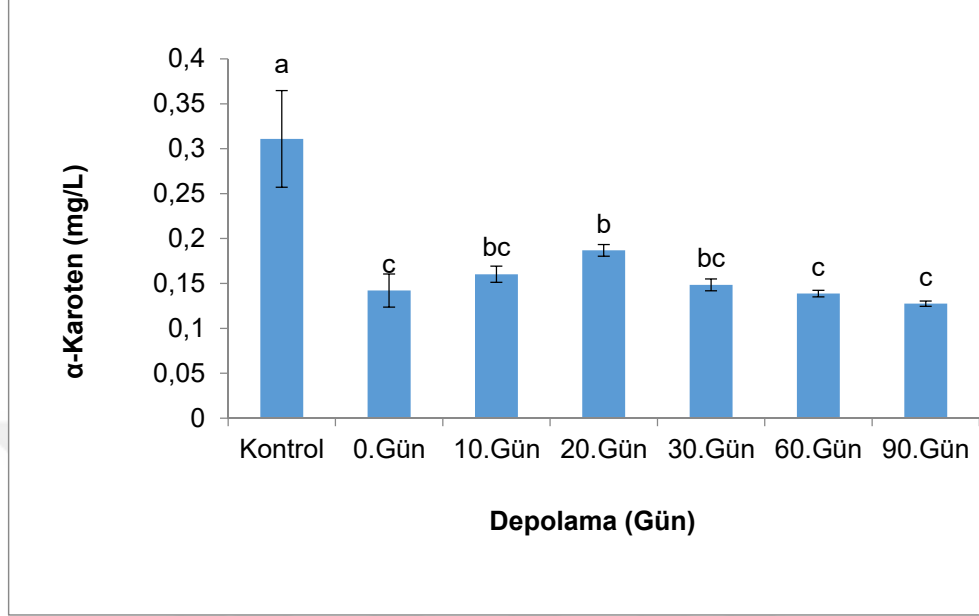


Şekil 4.27. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca β -karoten içerikleri (mg/L)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca kaju elması nektarlarının α -karoten içeriklerindeki değişimler Şekil 4.28’de verilmiştir. Elde edilen veriler uygulanan termosonikasyon ve depolama süresinin α -karoten miktarları üzerine olan etkisinin önemli olduğunu işaret etmektedir ($p < 0.05$). Genel olarak değerlendirildiğinde, α -karoten içeriğinin depolama süresince azaldığı görülmektedir. Depolama başlamadan en yüksek α -karoten miktarı 0.311mg/L, depolama sonundaki en düşük α -karoten miktarı 0.128 mg/L’dir. Depolama boyunca α -karoten miktarında yaklaşık % 58 oranında azalma olduğu fark edilmiştir. Fakat genel anlamda α -karoten’in depolama boyunca korunduğunu ifade edilebilir. Çünkü depolamanın başlangıcı ve sonundaki örneklerin α -karoten içeriği bakımından önemli düzeyde farklı olmadığı belirlenmiştir.

C. moschata 'Menina Brasileira' (kabak) püresinde olduğu gibi f-karoten, α -karoten, all-trans- β -karoten ve cis-izomerlerinin konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik kaydedilmemiştir. *C. maxima* 'Exposição' püresinde bulunan all-trans- β -karoten ve cis-izomerleri tüm saklama süresi boyunca stabilitesini korumuşlardır (Provesi ve ark, 2011).



Şekil 4.28. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca α -karoten içerikleri (mg/L)

Öte yandan, diğer çalışmalarda (Chen ve ark, 1996) işleme ve / veya depolama (Lin ve ark, 2005) sırasında daha yüksek karotenoid kayıpları göstermiştir. Aslında, gıdalardaki karotenoidlerin stabilitesi değişkendir. Bu sadece ısı işlemin şiddeti (Pott ve ark, 2003), ışığın varlığı veya yokluğu, depolama sıcaklığı (Rodriguez-Amaya, 1999), paketlenme gibi dış faktörlerden dolayı değil, aynı zamanda gıda matrislerinin kimyasal bileşimleri, numunelerde çözünen oksijen, partiküllerin büyüklüğü ve gıdalardaki karotenoidin fiziksel durumu gibi özellikleridir (Vásquez-Caicedo ve ark, 2007). Örneğin, karotenoidleri havuç suyunda kristalin formda olduğu gibi, yüksek stabilite gösterme eğilimindeyken, yağ damlalarında çözünmüş formda daha büyük bir izomerizasyon oluşma potansiyeli vardır (Pott ve ark, 2003). Dolayısıyla, karotenoidin fiziksel formunun da kontrol edilmesi gerekir, çünkü depolama süresi boyunca stabilitesini etkileyebilir (Provesi ve ark, 2011).

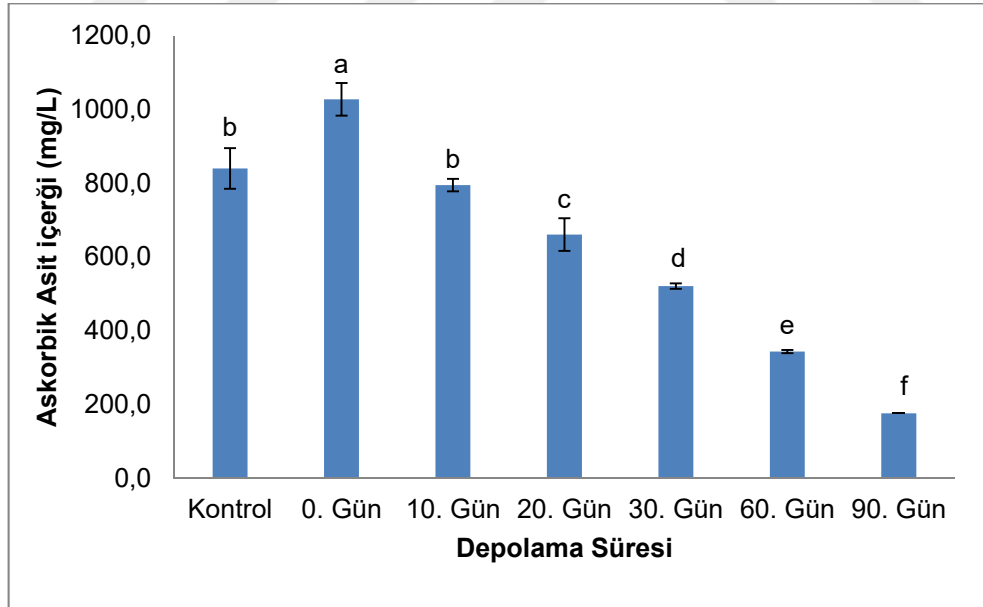
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Çalışmamızda, depolama sırasında karotenoid bileşiğinin azaldığını bildirdik, ancak termosonikasyon uygulamasından sonra lutein ve β -kriptoksantin gibi bazı bileşikler için koruma sağladığı görülmektedir. Termosonikasyon, termal tekniğin aksine kaju nektarı ve suyunun sarı rengini korumasına izin verebilir.

4.3.15. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Nektarların Askorbik Asit İçeriklerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca kaju elması nektarlarında askorbik asit içeriklerindeki değişiklikler (mg/L olarak) Şekil 4.29.'da verilmiştir.

Şekil 4.29'dan da anlaşılacağı gibi kaju elması nektarında bulunan askorbik asit üzerine uygulanan termosonikasyon etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin de askorbik asit miktarları üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.29. Kaju elma nektarlarının depolama boyunca askorbik asit içerikleri (mg/L)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

Termosonikasyonun optimum koşulları uygulanarak bulanık kaju elması nektarı üretilmiştir. Üretimden sonra 4°C’de 90 gün boyunca depolanmıştır. Termosonikasyon sonrasında kaju nektarının askorbik asit değeri 839 mg/L’den 1027 mg/L’ye yükselerek %22 oranında artış göstermiştir. Aadil ve ark, (2013) Sonikasyon uygulanan greyfurt suyunun C vitamini içeriği üzerindeki etkisi ile ilgili olarak, tüm ultrasound uygulanmış meyve suyu örneklerinde kontrole göre C vitamini düzeyinde önemli bir artış olduğu bildirilmiştir. Termosonikasyon uygulanan limon suyu örneklerin üzerinde yapılan çalışmada da, C vitamini açısından da aynı artışı göstermiştir (Bhat ve ark, 2011). C vitaminindeki bu artış, kavitasyon nedeniyle meyve suyu içindeki oksijenin uzaklaştırılmasına bağlanmıştır (Cheng ve ark, 2007).

Ancak depolamada gün geçtikçe askorbik asit miktarı azaldığı tespit edilmiş, en düşük değeri 90.günde 176.1 mg/L’e (yaklaşık %82) düşmüştür. Bu azalmanın nedeninin enzim aktivitesi, şişelerin tepe boşluğunda bulunan oksijen ya da fermentasyon olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak uygulanan termosonikasyon koşullarının kaju elması nektarındaki askorbik asit’i 20 ve 30 gün’e kadar koruyabildiği söylenebilir. Önceki çalışmalar ayrıca termosonikasyon edilmiş meyve suyunda C vitaminin parçalanarak azaldığını göstermiştir (Adekunte ve ark, 2010).

Yang ve ark, 2010 normal paket ve nano-paket kullanarak, çilekleri 12 gün boyunca 4°C’de depolanmıştır. Depolama sırasıyla çilekte bulunan askorbik asit mikatrını takip ederken, iki paketteki örneklerin askorbik asidinin oranının zamanla azaldığını fark edilmiştir. Bu azalma, çilek 14 günlük depolama (Zhengand ve ark, 2007) ve aktif paketleme malzemesi (Almenar ve ark, 2007) sırasında yüksek oksijen atmosferinde depolandığında da görülmüştür. Vicente ve ark, (2006), soğuk depolama sırasında elma ve çilek gibi bazı meyve çeşitlerinde askorbik asitte bir düşüş olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Ağçam ve ark, (2018) PEF enerji ve ısı pastörizasyon tekniklerini kullanarak ürettikleri portakal suyunu 4°C’de ve 180 gün depolama

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

boyunca askorbik asidi içeriğinin azalma nedenini mikrobiolojik gelişmelerden dolayı olabileceğini bildirmişlerdir.

4.3.16. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju elma Nektarların Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri ve Maya-Küf Sayısında Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler

Termosonikasyon uygulanmış kaju elması nektarının toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya-küf (MK) değerleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde depolama koşullarına (4°C' de 3 ay) bağlı olarak kaju elması nektarının TMAB ve MK sayısındaki değişimler istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Uygulanan termosonikasyon işlemi, 0. günde kontrol örneği (TMAB: 6.11 ± 0.01 log kob/mL, MK: 6.21 ± 0.008) ile karşılaştırıldığında TMAB (10 kob/mL' den daha az) ve MK (1 log kob/mL) sayısında önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. Depolamanın ilk 1 ayı mikroorganizma sayısında düşük düzeyde bir artış gözlenirken, 2. ve 3 aylarda ise mikroorganizma sayısında belli bir düzeyde artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, depolama süresi boyunca mikrobiyal artış kabul edilebilir düzeyde olup, depolama sonunda kaju elması nektarı tüketilebilir düzeydedir. Bunlara ilaveten 4 °C' de depolanması sırasında, maya-küflerin, bakterilere göre ortama daha uyumlu olduğu söylenebilir. Bu durum, mikroorganizmaların hücre duvarının kalınlığı ile ilişkilendirilebilmektedir. Maya-küf hücre duvarlarının, bakterilere özellikle gram negatiflere göre daha kalın olması ultrasound uygulamalarına karşı direnç sağlamaktadır (Gao ve ark, 2014).

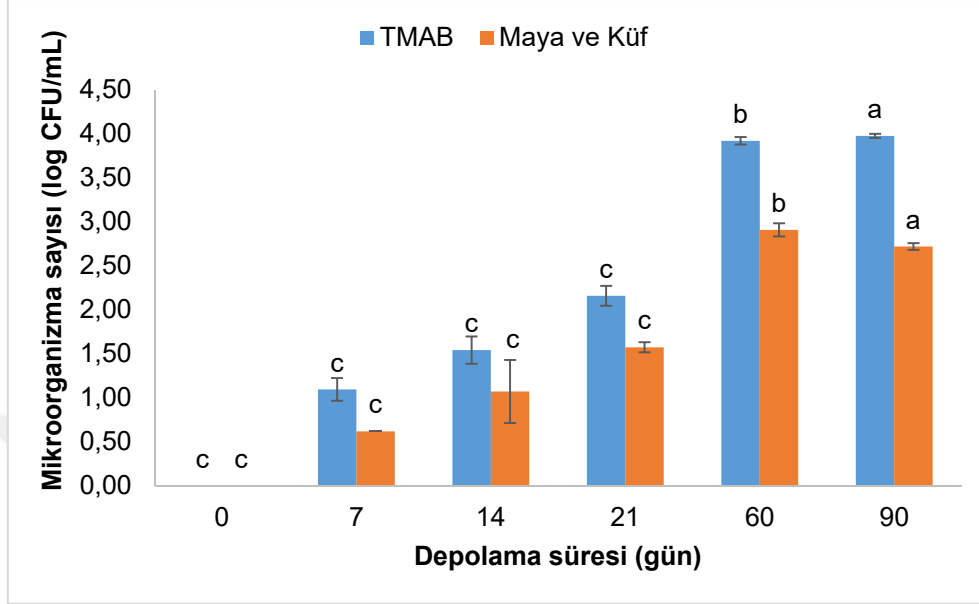
Ultrasound uygulamalarının mikroorganizmalar üzerine inaktivasyon etkisi, kavitasyon ve mekanik etkisinin sağladığı ifade edilmektedir (Gao ve ark, 2014). Ultrasonik dalga bir sıvıdan geçtiğinde çok küçük baloncuklar diğer bir adıyla kavitasyon oluşmaktadır. Bu baloncuklar kritik boyutlara ulaştığında patlayarak yerel olarak yüksek sıcaklık ve basınç oluşturmaktadırlar. Yüksek sıcaklık ve basınçta meydana gelen değişimler, mikroorganizmaların hücre duvarının yapısının

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

bozulmasına neden olarak inaktivasyon sağlamakta veya çoğalmasını engellemektedir (Paniwnyk, 2017). Kayma kuvvetleri ve mikro-jetler gibi mekanik etkilerde kavitasyonun patlaması sırasında oluşmaktadır. Açığa çıkan enerjide, bakterilere zarar verebilmektedir (Collis ve ark, 2010). Bunlara ek olarak, kavitasyon patlamaları sırasında açığa çıkan enerji, kimyasal bağların kırılmasına da sebep olabilmektedir. Ortamda su varsa, su molekülü hidrojen ve hidroksil radikallerine parçalanmaktadır. Hidroksil radikalleri, hücre duvarı zararına sebep olmakta ve bakteriyel inaktivasyona katkı sağlamaktadır (Joyce ve ark, 2003).

Termosonikasyon gibi ultrasound uygulamaları; çilek suyu (Yıldız ve ark, 2019), tarçın meyvesi nektarı (Anaya-Esparza ve ark, 2017), havuç suyu (Adiamo ve ark, 2017), erik nektarı (İrkilmez ve ark, 2017) ve üzüm suyuna (Aadil ve ark, 2015) uygulandığına araştırmacılar, termosonikasyon uygulamasının önemli düzeyde mikrobiyal inaktivasyon sağladığını ifade etmişlerdir.

Literatürde kaju elma suyunun raf ömrü üzerine çalışmalara da rastlanmıştır. Lavinias ve ark. (2008) kaju elması suyunda mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak için yüksek hidrostatik basıncın (400 MPa, 3 dk) etkisini değerlendirmişlerdir. İşlem sonrası, kaju elması suyunun buzdolabı koşullarında 8 hafta boyunca mikrobiyal kalitesini koruduğu ifade edilmiştir. Campos ve ark. (2002) kaju elması suyunun raf ömrünü artırmak için mikrofiltrasyonla (0.3 µM gözenek çapı) beraber tannaz enzimi uygulamışlar ve örnekleri. 4 ve 30°C' de 2 ay boyunca depolamışlardır. Tüm depolama koşulları boyunca toplam bakteri ve maya-küf sayısının 10 kob/g altında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, düşük sıcaklıkta meyve suyunun 2 aydan daha fazla depolanmasının uygun olduğunu vurgulamışlardır. Bunlara ilaveten, kaju elması suyunun raf ömrünü artırmak için pastörizasyon (Emelike ve Obinna-Echem, 2020), yüksek sıcaklıkta kısa süreli pastörizasyon ve termal olmayan işlemler (ultrasound, ozon, soğuk plazma, UV vurgulu ışık) (Alves Filho ve ark, 2020) ve esansiyel yağlar (Cruz Almeida ve ark, 2018) uygulanmıştır.



Şekil 4.30. Kaju elması nektarlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları

Aynı renkli sütunlar (ikinci sütün) kendi aralarında istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

4.3.17. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Kaju Elması Nektarlarının Duyusal Değerlendirmesi

Kontrol örnekleri ve optimum koşullarda termosonikasyon uygulanan kaju elması nektarları üretimin ilk gününde 12 panelist tarafından viskozite, renk, bulanıklık, koku, tat, burukluk ve genel izlenim bakımından duyusal olarak analiz edilmiştir. Çizelge 4.12’de kaju elması nektarlarına ait duyusal analiz sonuçları görülmektedir. Örneklerin duyusal analiz profilleri ise Şekil 4.31’de örümcek ağı diyagramı olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiki açıdan değerlendirildiğinde termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan nektarların duyusal özellikleri arasında önemli düzeyde fark bulunmamıştır ($p < 0.05$).

Simunek ve ark (2013) ultrasound uygulanmış olan elma suyu ve nektarının aroma profilleri ve duyusal özellikleri (renk, tat, aroma ve genel

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI

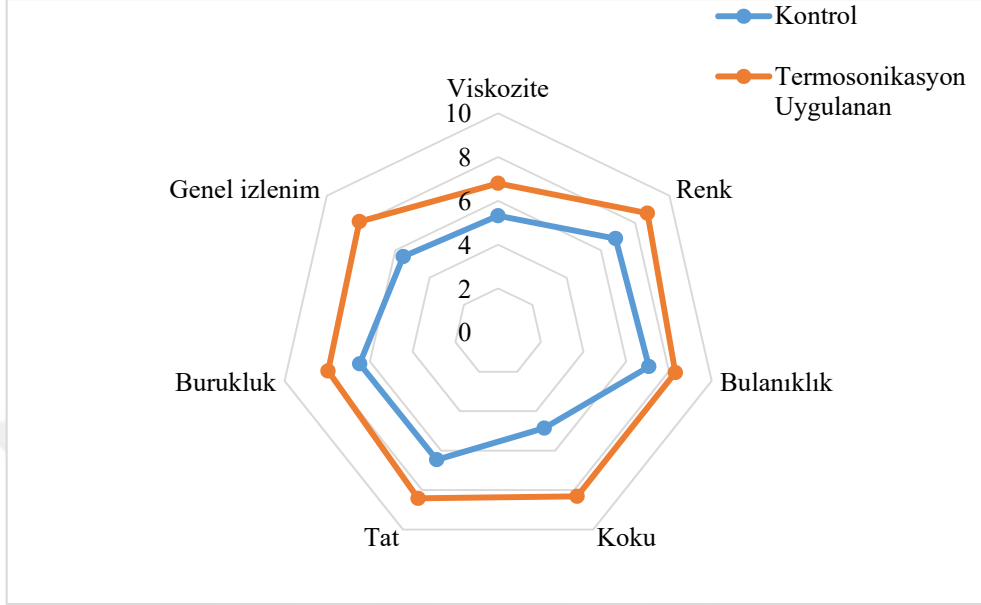
izlenim) üzerine yaptıkları çalışmada, araştırdıkları tüm duyuşal özellikler üzerinde ultrasound önemli düzeyde olumsuz etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Ultrasound uygulanan meyve sularının renk ve kokusunda meydana gelen değışimlerin muhtemel nedenleri olarak bazı bileşiklerin izomerizasyonu ve serbest radikal oluşumundan kaynaklanan oksidasyon reaksiyonları olabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ise ultrasound uygulanan nektarların duyuşal özelliklerinin kontrole kıyasla önemli düzeyde değışime uğramaması, araştırmacıların kullanmış oldukları hammadde ve ultrasound uygulama koşullarındaki farklılıktan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.12. Kaju elması nektarına ait duyuşal analiz sonuçları

Özellik	Kontrol	Termosonikasyon Uygulanan
Viskozite	5.32±1.41 ^a	6.80±2.70 ^a
Renk	6.86±2.36 ^a	8.72±0.87 ^a
Bulanıklık	7.06±2.52 ^a	8.30±2.11 ^a
Koku	4.86±2.75 ^a	8.32±1.46 ^a
Tat	6.46±2.67 ^a	8.42±1.40 ^a
Burukluk	6.48±2.60 ^a	7.96±1.27 ^a
Genel İzlenim	5.54±2.03 ^a	8.10±2.05 ^a

Elde edilen veriler bağımsız örneklem T-testine tabi tutulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA M. Gbongué Elie Parfait DELI



Şekil 4.31. Kaju elması nektarlarının duysal analiz sonuçlarına ait örümcek ağı diyagramı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda kaju elması nektarlarına farklı termosonikasyon koşulları uygulanmıştır. Farklı uygulama koşullarının etkileri ve matematiksel modeller belirlenmiştir. Optimum termosonikasyon koşullarını belirlemede farklı sıcaklık ve UEY (Ultrasound Enerji Yoğunluğu) değerleri uygulanmıştır. Optimum termosonikasyon parametreleri belirlendikten sonra optimum termosonikasyon parametreleri ile üretilen ve termosonikasyon yapılmadan üretilen kaju elması nektarları duyuşal özellikler açısından bir panelde karşılaştırılmıştır. Elde edilen modeller aracılığı ile termosonikasyon koşulları optimize edilmiş, belirlenen optimum koşullarda işlenen nektarlar 90 günlük depolama (4°C) çalışmasına dahil edilmiştir. Depolama çalışması sırasında nektarların kalite özellikleri ve renk açısından stabilitesi kontrol edilmiş, fenolik ve karotenoid bileşenlerin değişimi ve mikrobiyolojik gelişimi de takip edilmiştir.

Termosonikasyon optimizasyonu sonuçlarına göre:

- UEY ile sıcaklığın PFO inaktivasyonu üzerinde sinerjik etkisi olduğu gözlenmiştir. Parametrelerden birinin (sıcaklık veya UEY) sabitken diğerinin artması durumunda, PFO inaktivasyonu artmaktadır. Kaju elması nektarlarında %96 PFO inaktivasyonuna 65 °C sıcaklıkta ve 350 J/g civarında UEY ile ulaşılabilceğı belirlenmiştir. Bu nedenle, ultrasound ile kombine edilerek, kaliteyi korumak ve belirli bir PFO inaktivasyonu elde etmek için daha düşük sıcaklık uygulanabilir.

-Sıcaklık ve UEY değerlerinden biri yüksek diğeri düşük seviyede uygulandığında toplam fenolik madde (TF) miktarının arttığı belirlenmiştir. Yüksek UEY (25 ° C – 595 J/g) ve düşük sıcaklıkta veya yüksek sıcaklık ve düşük UEY (121 J/g - 57 ° C) ile aynı konsantrasyonda TF miktarının elde edilebileceğı belirlenmiştir (426 mg/L). Yaklaşık 300-350 J/g UEY uygulaması yüksek sıcaklıkta (65°C) gerçekleştirildiğinde, hem TF içeriğinde hem de PFO inaktivasyonunun en yüksek seviyede olmasını sağlamaktadır.

- En yüksek AA miktarı (1171 mg/L) 65°C - 300 J/g kombinasyonu uygulandığında gözlenmiş, daha düşük parametrelerde (27 °C - 100 J/g) aynı miktara ulaşılabilceği belirlenmiştir. En düşük AA miktarına (791 mg/L) 33 °C - 477 J/g kombinasyonu uygulanarak ulaşılabilinmektedir. UEY için yaklaşık 300 J/g ve 65 °C uygulaması, kalitenin korunması ve en yüksek AA miktarına sahip kaju elması nektarları elde etmek için kullanılabilir.

- Sıcaklığın artışı ΔE^* 'yi UEY'den daha çok fazla etkilemektedir. En yüksek renk değişikliği, 598 J/g UEY ve 45°C sıcaklıkta gözlenmiştir. Bununla birlikte, aynı yüksek UEY değeri (598 J/g) için, sıcaklığı 33 °C'ye kadar düşürürken, renk değişimi önemli ölçüde 4.7'ye düşmektedir.

Genel olarak, PFO inaktivasyonunun ve TF konsantrasyonunun aynı durumda arttığı, diğerinin sabit kalırken parametrelerden birinin (sıcaklık / UEY) arttığı bildirilmiştir. Sıcaklık 65 °C'ye kadar yükseldiğinde AA miktarı ve ΔE^* değerleri artmaktadır.

Analiz sonuçlarını değerlendirildiğinde istenebilirlik değerleri göz önünde tutularak 60 °C'de 300 J/g kombinasyonu kaju elması nektarı için optimum termosonikasyon parametreleri olarak seçilmiştir.

Optimum termosonikasyon uygulanan kaju elma nektarlarında saklama süresi boyunca meydana gelen değişikliklerin sonuçlarına göre;

- PFO inaktivasyonu, pH, askorbik asit ve L *, b *, C * gibi bazı renk parametrelerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

- Termosonikasyon sonrasında olumlu etkilenen bileşiklerden biri olan askorbik asit % 22 oranında artış göstermiştir. Askorbik asit miktarındaki depolama boyunca devam eden azalma nedeniyle depolama süresi sonunca askorbik asidin % 82'si parçalanmıştır.

-3.84 seviyesindeki pH değeri depolama ile 2.98'e düşerken titrasyon asitliği değeri (% 0.70'den % 0.73'e) artış göstermiştir.

-Termosonikasyon sonrasında PFO yaklaşık % 83 oranında inaktive edilmiştir. Depolama ile birlikte kalıntı enzim miktarı artış göstermiştir.

Depolamanın başlangıcında kalıntı PFO aktivitesi %21.7 iken, depolamanın sonu 90. Günde ise % 58.4 olarak belirlenmiştir.

- Depolama süresince L^* , b^* , hue^* ve C^* değerleri azalmıştır. Termosonikasyon uygulamasından hemen sonra azalan b^* değerinin aksine, a^* değerinde artış olmuştur.

- Ayrıca, ultrasound uygulanan kaju elması nektarının viskozite ve renk gibi duyuşal parametrelerinin ultrasound uygulanmayanlara göre daha iyi olduğu duyuşal analizde bildirilmiştir.

- Depolama sonunda 3.055 mg/L olan toplam karotenoid miktarı, % 35 azalma göstermiştir.

- Depolama süresi sonunda α -karoten, β -kriptoksantin ve β -karoten sırasıyla % 58.8, % 53.3 ve % 40.24 oranında azalmıştır. Lutein, depolama süresi sonunda %33 artışla termosonikasyon ile olumlu yönde etkilenmiştir.

- Termosonikasyon sonrası toplam fenolik madde miktarı 20. güne kadar artmış daha sonra depolama ile azalmıştır. 90 günlük saklama süresinin sonunda, toplam fenolik içeriği, başlangıç miktarının yaklaşık % 62.7'i ve 20. günde % 98.3'üdür.

- Ultrasound uygulanan kaju elması nektarında bulunan 7 fenolik bileşik belirlenmiş ve miktarları hesaplanmıştır. Depolama sırasında istatistiksel olarak p -kumarik asitte önemli bir değişiklik olmamıştır. Gallik asit, şirinjik, kafeik, narinjenin ve klorojenik asit sırasıyla % 125, % 113, % 80, % 31.14 ve % 60 artış göstermiştir.

- Kromatogramdaki tanımlanamayan fenolik bileşiklerden birinin konsantrasyonu, hesaplanan diğeri fenolik bileşiklerden daha yüksektir. Kaju elmasında en yüksek konsantrasyonda bulunan bu fenolik bileşiğın parçalanmasının, toplam fenolik madde miktarının azalması üzerinde önemli bir etkisi olabilmektedir.

-Uygulanan termosonikasyon işleminin, 0. günde kontrol örneği (TMAB: $6.11 \pm 0.01 \log \text{ kob/mL}$, MK: 6.21 ± 0.008) ile karşılaştırıldığında TMAB (10

kob/mL’ den daha az) ve MK (1 log kob/mL) sayısında önemli düzeyde inaktivasyon sağlamıştır. Depolama ile mikroorganizma sayısında belli bir düzeyde artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, depolama süresi boyunca mikrobiyal artış kabul edilebilir düzeyde olup, depolama sonunda kaju elması nektarı tüketilebilir düzeyde kalmıştır.

Sonuç olarak elde edilen verilere göre; ısıtılma işleminin ultrasound ile kombinasyonu, daha düşük sıcaklık uygulamaları ile yeterli PFO inaktivasyonu sağlamak için tercih edilebilir bir yöntemdir. Bu kombinasyonda kaju elma nektarında renk değişikliğini önlemek ve biyoaktif bileşikler olabildiğince korumak için termosonikasyon koşulları olarak orta sıcaklık-düşük ultrasound enerji yoğunluğu seçilmesi uygun olacaktır. Bu çalışma ile daha iyi kalitede kaju elması nektarının üretimine katkı sağlayacak olan ve validasyonu gerçekleştirilmiş matematiksel modeller de ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Aaby, K., Skrede, G., and Wrolstad, R. E., 2005. Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria Ananassa*), *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53(10): 4032–4040.
- Aadil, R. M., Zeng, X.-A., Han, Z., and Sun, D.-W. 2013, Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141(3), 3201-3206.
- Abdille, M.D.H., Singh, R.P., Jayaprakasha, G.K., and Jena, B.S., 2005. Antioxidant Activity of the Extracts From *Dillenia Indica* Fruits. *Food Chemistry*, 90: 891-896.
- Abdulkasim, P., Songchitsomboon, S., Techagumpuch, M., Balee, N., Swatsitang, P. and Sungpuag, N., 2007. Antioxidant Capacity, Total Phenolics And Sugar Content of Selected Thai Health Beverages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(1): 77-85.
- Abdullah, N., and Chin, N., 2014. Application of thermosonication treatment in processing and production of high quality and safe-to-drink fruit juices. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 320-327.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M., Hu, B., Saeeduddin, M., and Zeng, X., 2015. Qualitative assessment of sonicated apple juice during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1299-1308.
- Abreu, F., Perez, A.M., Dornier, M., and Reynes, M., 2005. Potentialités de la microfiltration tangentielle sur membranes minérales pour la clarification du jus de pomme de cajou. *Fruits*, 60(1), 33-40.
- ACA., 2017. Agro-morphological characterization of preselected cashew (*Anacardium occidentale* L.) mother trees in Benin farmer's plantations. *Rapport annuel 2016*, 28p.

- Adekunte, A. O., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M., and O'donnell, C. P., 2010. Effect Of Sonication on Colour, Ascorbic Acid and Yeast Inactivation in Tomato Juice, *Food Chemistry*, 122(3): 500-507.
- 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 and Technology*, 52: 2115–2125.
- Aguilar-Rosas, S. F., Ballinas-Casarrubias, M. L., Nevarez-Moorillon, G.V., Martín-Belloso, O., and Ortega-Rivas, E., 2007. Thermal and Pulsed Electric Fields Pasteurization Of Apple Juice: Effects On Physicochemical Properties and Flavour Compounds, *Journal of Food Engineering*, 83(1): 41–46.
- Ağçam, E., Akyıldız, A., and Dündar, B., 2018. Thermal pasteurization and microbial inactivation of fruit juices, Elsevier.
- Ağçam, E., Akyıldız, A., and Evrendilek, G. A., 2014. Effects of PEF and heat pasteurization on PME activity in orange juice with regard to a new inactivation kinetic model. *Food Chemistry*, 165, 70-76.
- Ağçam, E., Akyıldız, A., and Evrendilek, G. A., 2014. Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisi PEF: Sistem ve Uygulama Odacıkları. *Akademik Gıda*, 12(2), 69-78.
- Akande, E., and Ojekemi, O., 2013. Biochemical changes in watermelon and pineapple juice blend during storage. *Sky Journal of Food Science*, 2(7), 54-58.
- Akinwale, T., 2000. Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. *European Food Research and Technology*, 211(3), 205-207.
- Altındağ, M., Türkyılmaz, M., and Özkan, M. 2018, Changes in polyphenol profile of dried apricots containing SO₂ at various concentrations during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2530-2539.

- Alves Filho, E.G., Silva, L.M.A., Wurlitzer, N.J., Fernandes, F.A.N., Fonteles, T.V., Rodrigues, S., and de Brito, E.S. 2020. An integrated analytical approach based on NMR, LC–MS and GC–MS to evaluate thermal and non-thermal processing of cashew apple juice. *Food Chemistry*, 309: 1257612.
- Amarowicz, R., and Shahidi, F., 2017. Antioxidant activity of broad bean seed extract and its phenolic composition. *Journal of Functional Foods*, 38, 656-662.
- Anaya-Esparza, L.M., Méndez-Robles, M.D. Sayago-Ayerdi, S.G., García-Magaña, M.L., Ramírez-Mares, M.V., Sánchez-Burgos J.A., and Efigenia Montalvo-González 2017. Effect of thermosonication on pathogenic bacteria, quality attributes and stability of soursop nectar during cold storage, *CyTA - Journal of Food*, 15(4): 592-600.
- Anaya-Esparza, L.M., Velázquez-Estrada, R.M., Sayago-Ayerdi, S.G., Sánchez-Burgos, J.A., Ramírez-Mares, M.M., de Lourdes García-Magana, M., and Montalvo-González, E., 2017. Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursop nectar. *LWT*, 75, 545-551.
- Andrés, V., Villanueva, M.J., and Tenorio, M.D., 2016. The effect of high-pressure processing on colour, bioactive compounds, and antioxidant activity in smoothies during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 192, 328-335.
- Anonyme, 2017. Improve the value of cashew apples. Rapport concernant le projet financé par CRDI. Publié en 2017, Consulté en juillet 2019.
- Anonyme, 2019. Documents internes de l'Autorité de Régulation du Coton et de l'Anacarde de Côte d'Ivoire ARECA. Ministère de l'Agriculture de la république de Côte d'Ivoire/ Abidjan., 2009/ juillet 2019.

- Assunção, R.B., and Mercadante, A.Z., 2003. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(6), 647-657.
- Assunção, R.B., and Mercadante, A.Z., 2003. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. *Journal of Food Chemistry*, 81(4), 495-502.
- Attri, B.L., 2009. Effect of initial sugar concentration on the physico-chemical characteristics and sensory qualities of cashew apple wine.
- Augustin. 1982. Studies on the clarification of cashew apple for the preparation of cashew syrup. *Indian J Nutr Diet*, 19, 169-172.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang C.Y. And Gonzales-Aguilar, G.A., 2004. Effect of Storage Temperatures on Antioxidant Capacity and Aroma Compounds In Strawberry Fruit. *Lebensmittel-Wissenschaft Und – Technologie*, 37: 687-695.
- Azevedo, D.C.S., and Rodrigues, A., 2000. Obtainment of high-fructose solutions from cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice by simulated moving-bed chromatography. *Separation Science and Technology*, 35(16), 2561-2581.
- Azevedo-Meleiro, C. H., and Rodriguez-Amaya, D. B., 2007, Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 55(10), 4027-4033.
- Azoubel, P.M., Cipriani, D.C, El-Aouar, A.A, Antonio, G.C, and Murr, F.E.X., 2005. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. *Journal of Food Engineering*, 66(4), 413-417.
- Badr, H.M., and Mahmoud, K.A., 2011. Antioxidant Activity of Carrot Juice in Gamma Irradiated Beef Sausage During Refrigerated and Frozen Storage. *Food Chemistry*, 127: 1119-1130.

- Barry, T.N. and Duncan, S.J., 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: 1. Voluntary intake. *British journal of nutrition*, 51(3), 485-491.
- Bate-Smith, E.C., 1962. The phenolic constituents of plants and their taxonomic significance. I. Dicotyledons. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 58(371), 95-173.
- Belassiano, E., Miller, E., Hartman, E., Buiochi, F., and Costa, E.T., 2011. The role of ultrasound operation mode for safely interfering in the heart rate. Paper presented at the 2011 Pan American Health Care Exchanges.
- Bhat, R., and Stamminger, R., 2015. Preserving Strawberry Quality by Employing Novel Food Preservation and Processing Techniques - Recent Updates and Future Scope - An Overview. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6): 536-554.
- Bhat, R., Ameran, S. B., Voon, H. C., Karim, A. A., and Tze, L. M. (2011). Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. *Food Chemistry*, 127(2), 641-644.
- Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L., and Karim, A. 2011, Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(6), 1295-1300.
- Bhat, R., Kamaruddin, N.S.B.C., Min-Tze, L. and Karim, A.A., 2011. Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(6), 1295-1300.
- Biçgel, N.K., 2008. Effects of thermal pasteurization on quality of Kozan misket and Valencia orange juices.
- Bimakr, M., Rahman, R.A., Taip, F.S., Adzahan, N.M., Sarker, M., Islam, Z., and Ganjloo, A., 2013. Supercritical carbon dioxide extraction of seed oil from winter melon (*Benincasa hispida*) and its antioxidant activity and fatty acid composition. *Molecules*, 18(1), 997-1014.

- Bodelón, O. G., Avizcuri, J.-M., Fernández-Zurbano, P., Dízy, M., and Préstamo, G., 2013. Pressurization and Cold Storage of Strawberry Purée: Colour, Anthocyanins, Ascorbic Acid and Pectin Methylesterase. *Lwt - Food Science and Technology*, 52(2): 123-130.
- Boko, F., and Soumanou, M.M., 2014. Optimisation du procédé de clarification du jus de Pomme de Cajou au moyen d'Amidons de Manioc et de Riz.
- Bolling, B. W., Blumberg, J. B., and Oliver Chen, C. Y., 2010. The Influence of Roasting, Pasteurisation, and Storage on the Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of California Almond Skins. *Food Chemistry*, 123(4): 1040–1047.
- Bruneton, J., 1993. Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales.
- Buchner, N., Krumbein, A., Rohn, S., and Kroh, L. W., 2006. Effect of Thermal Processing on the Flavonols Rutin and Quercetin. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 20(21): 3229–3235.
- Calvo, M. M., and Santa-María, G. 2008, Effect of illumination and chlorophylls on stability of tomato carotenoids. *Food Chemistry*, 107(4), 1365-1370.
- Calvo, M. M., and Santa-María, G. 2008, Effect of illumination and chlorophylls on stability of tomato carotenoids. *Food Chemistry*, 107(4), 1365-1370.
- Campos DCP, Santos AS, Wolkoff DB, Matta VM, Cabral LMC, and Couri S (2002) Cashew apple juice stabilization by microfiltration. *Desalination* 148:61–65
- Campos, D.C.P., Santos, A.S., Wolkoff, D.B., Matta, V.M., Cabral, L.M.C. and Couri, S., 2002. Cashew apple juice stabilization by microfiltration. *Desalination*, 148(1-3), 61-65.
- Carr, A. C., and Frei, B., 1999. Toward A New Recommended Dietary Allowance for Vitamin C Based On Antioxidant and Health Effects In Humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69: 1086–1107.

- Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernandez, M. D., Paez-Hernandez, M. E., Rodriguez, J. A., and Galan-Vidal, C. A., 2009. Chemical Studies of Anthocyanins: A Review. *Food Chemistry*, 113(4): 859-871.
- Cavalcante, A.A.M., Rübensam, G., Erdtmann, B., Brendel, M., and Henriques, J.A., 2005. Cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice lowers mutagenicity of aflatoxin B1 in *S. typhimurium* TA102. *Genetics and Molecular Biology*, 28(2), 328-333.
- Cecchi, H.M. and Rodriguez-Amaya, D.B., 1981. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) juice. *Journal of Food Science*, 46(1), 147-149.
- Cemeroğlu, B., 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara, s.168–171.
- Cemeroğlu, B., 2009. Meyve Ve Sebze İşleme Teknolojisi, 1.cilt, 3.baskı. Gıda Teknolojisi Dergisi Yayınları Bizim Grup Basım Evi, 38, Ankara.
- 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.
- Chang, Y. H., Wu, S. J., Chen, B. Y., Huang, H. W., and Wang, C. Y. 2017, Effect of high-pressure processing and thermal pasteurization on overall quality parameters of white grape juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10), 3166-3172.
- Chemat F., and Hoarau N., 2004. Hazard Analyses and Critical Control Point (Haccp) for an Ultrasound Food Processing Operation. *Ultrason Sonochemistry*, 11: 257-260.
- Chen, H., Peng, H., and Chen, B. 1996, Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. *Food Chemistry*, 57(4), 497-503.
- Chen, JS, Balaban MO, Wei C, Marshall MR, Hsu WY (1992) *J Agric Food Chemistry* 40:2345–2349.

- Cheng, L., Soh, C., Liew, S., and Teh, F. 2007. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food Chemistry*, 104(4), 1396-1401.
- Cheng, X. F., Zhang, M., and Adhikari, B., 2014. Changes in Quality Attributes of Strawberry Purees Processed by Power Ultrasound or Thermal Treatments. *Food Science and Technology Research*, 20(5): 1033-1041.
- Chisari, M., Barbagallo, R.N., and Spagna, G., 2007. Characterization of Polyphenol Oxidase and Peroxidase and Influence on Browning of Cold Stored Strawberry Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 3469-3476.
- Choi, M.H., Kim, G.H., and Lee, H.S., 2002. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International*, 35(8), 753-759.
- Chung, K., Wong, T.Y., Wei, C., Huang, Y., and Lin, Y., 1998. Tannins and human health: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 38(6), 421-464.
- Cieslik, E., Greda, A., and Adamus W., 2006. Contents of Polyphenols in Fruit and Vegetables. *Food Chemistry*, 94:135-142.
- Collis, J., Manasseh, R., Liovic, P., Tho, P., Ooi, A., Petkovic-Duran, K., and Zhu, Y., 2010. Cavitation microstreaming and stress fields created by microbubbles. *Ultrasonics*, 50 (2), 273-279.
- Cormier, R., 2008. Clarification of cashew apple juice and commercial applications. *Oxfarm Quebec, Benin, West Africa*, 1-9.
- Cortés, C., Esteve, M., and Frígola, A., 2008a. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food control*, 19(2), 151-158.
- Cortés, C., Esteve, M., and Frígola, A., 2008b. Effect of refrigerated storage on ascorbic acid content of orange juice treated by pulsed electric fields and thermal pasteurization. *European Food Research and Technology*, 227(2), 629.

- Couture, R., 2003. Valorisation de la pomme de cajou au Vietnam. Rapport final du projet de recherche.
- Cruz, R.M.S., Viera, C.M., and Silva, C.L.M., 2008. Effect of Heat and Thermosonication Treatments on Watercress (*Nasturtium Officinale*) Vitamin C Degredation Kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 9: 483-488.
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, A., Tóth-Markus, M., and Lechner, N., 2006. Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative food science and emerging technologies*, 7(1-2), 49-54.
- da Cruz Almeida ET, de Medeiros Barbosa I, Tavares JF, Barbosa-Filho JM, Magnani M and de Souza E.L. 2018. Inactivation of Spoilage Yeasts by *Mentha spicata* L. and *M. _ villosa* Huds. Essential Oils in Cashew, Guava, Mango, and Pineapple Juices. *Front. Microbiol.* 9:1111.
- Dalmadi, I., Rapeanu, G., Van Loey, A., Smout, C., Hendrickx, M., 2006. Characterization and Inactivation by Thermal and Pressure Processing of Strawberry (*Fragaria Ananassa*) Polyphenol Oxidase: A Kinetic Study. *J. Foodbiochemistry*. 30 (1), 56–76.
- de Sá, M. C., and Rodriguez-Amaya, D. B., 2004. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables—Comparison of analytical and calculated data. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(1), 37-51.
- Derossi, A., De Pilli, D., and Fiore, A.G., 2010. Vitamin C Kinetic Degradation of Strawberry Juice Stored Under Non-Isothermal Conditions. *Lwt - Food Science and Technology*, 43: 590-595.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J. and Stasiak, D., 2007. Applications of Ultrasound in Food Technology, *Acta Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*. 6 (3): 89-99.

- Dündar, B., Ağçam, E., and Akyıldız, A., 2019. Optimization of thermosonication conditions for cloudy strawberry nectar with using of critical quality parameters. *Food Chemistry*, 276, 494-502.
- Emelike, N.J.T., and Obinna-Echem, P.C., 2020. Effect of Pasteurization and Storage Temperatures on the Physicochemical Properties and Microbiological Quality of Cashew Apple Juice. *American Journal of Food Science and Technology*, 8(2): 63-69.
- Ersus Bilek, S., Özkan, G., 2012. Gıda İşleme ve Depolamanın Karotenoidler Üzerine Etkisi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 10(2) (2012) 84-88.
- Evelyn, and Silva, F. V. M., 2015. Inactivation of *Byssoschlamys Nivea* Ascospores in Strawberry Puree by High Pressure, Power Ultrasound and Thermal Processing. *Int J Food Microbiol*, 214: 129-136.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) İnternet Sitesi, 2019. [<http://faostat.fao.org/>]
- Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P. and Glories, Y., 2008. Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution. *Food Quality and Preference*, 19(3), 286-291.
- Fuleki, T., and Ricardo-Da-Silva, J. M., 2003. Effects of Cultivar and Processing Method on the Contents of Catechins and Procyanidins in Grape Juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51(3): 640–646.
- Gama, J. J. T., and de Sylos, C. M., 2007. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry*, 100(4), 1686-1690.
- Gao, S., Hemar, Y., Ashokkumar, M., Paturel S., and Lewis, G.D. 2014. Inactivation of bacteria and yeast using highfrequency ultrasound treatment. *Water Research*, 60: 93-104.

- Garcia-Torres, R., Ponagandla, N. R., Rouseff, R. L., Goodrich-Schneider, R. M., And Reyes-De-Corcuera, J. I., 2009. Effects of Dissolved Oxygen in Fruit Juices and Methods of Removal. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4): 409–423.
- Garcia-Viguera, C., and Bridle, P., 1999. Influence of Structure on Colour Stability of Anthocyanins and Flavylum Salts with Ascorbic Acid. *Food Chemistry*, 64(1): 21-26.
- Gardner, T.G., White, T.A.C., Mcphail, D.B. and Duthie, G.G., 2000. The Relative Contributions of Vitamin C, Carotenoids and Phenols to the Antioxidant Potential of Fruit Juices. *Food Chemistry*, 68: 471-474.
- Garruti, D.S., Franco, M.R.B., da Silva, M.A.A.P., Janzantti, N.S., and Alves, G.L., 2003. Evaluation of volatile flavour compounds from cashew apple (*Anacardium occidentale* L) juice by the Osme gas chromatography/olfactometry technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1455-1462.
- Garzon, G. A., and Wrolstad, R. E., 2002. Comparison of the Stability of Pelargonidin-Based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4): 1288-1299.
- Gerard, K. A., and Roberts, J. S., 2004. Microwave Heating of Apple Mash to Improve Juice Yield and Quality. *Lwt - Food Science and Technology*., 37(5), 551–557.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., and Battino, M., 2012. The Strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition*, 28(1): 9-19.
- Girgin, N., and El, S.N., 2015. Effects of cooking on in vitro sinigrin bioaccessibility, total phenols, antioxidant and antimutagenic activity of cauliflower (*Brassica oleraceae* L. var. *Botrytis*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 119-127.

- Gordon, A., Friedrich, M., da MATTA, V., Moura, C., and Marx, F., 2012. Changes in phenolic composition, ascorbic acid and antioxidant capacity in cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) during ripening. *Fruits*, 67(4), 267-276.
- Gossinger, M., Mayer, F., Radocha, N., Hofler, M., Boner, A., Groll, E., Nosko, E., Bauer, R., and Berghofer, E., 2009a. Consumer's Color Acceptance of Strawberry Nectars from Puree. *Journal of Sensory Studies*, 24(1), 78-92.
- Gossinger, M., Moritz, S., Hermes, M., Wendelin, S., Scherbichler, H., Halbwirth, H., Stich, K., and Berghofer, E., 2009b. Effects of Processing Parameters on Colour Stability of Strawberry Nectar from Puree. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 171–178.
- Gökmen, V., and Acar, J., 1998. An Investigation on the Relationship Between Patulin and Fumaric Acid In Apple Juice Concentrates. *Lebensmittel Wissenschaft Und. Technology*, 31:480-483.
- Gui F., · Wu J., · Chen F., · Liao X., · Hu X., · Zhang Z., · Wang Z., (2006) Change of polyphenol oxidase activity, color, and browning degree during storage of cloudy apple juice treated by supercritical carbon dioxide. *Eur Food Res Technol*, 223: 427–432.
- Gunjate, R.T., and Patwardhan, M.V., 1995. Cashew. *Food Science and Technology*-New York-Marcel Dekker-, 509-509.
- Guo, C., Cao, G., Sofic, E. and Prior, R.L., 1997. High-Performance Liquid Chromatography Coupled with Coulometric Array Detection of Electroactive Component in Fruits and Vegetables: Relationship to Oxygen Radical Absorbance Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45; 1787-1796.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., and Jiang, Y., 2003. Antioxidant Activities of Peel, Pulp and Seed Fractions of Common Fruits as Determined by Frap Assay. *Nutrition Research*, 23; 1719-1726.

- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Mykkänen, H. M., Hemonen, I. M., and Torronen, A. R., 2000. Ellagic Acid Content in Berries: Influence of Domestic Processing and Storage. *European Food Research and Technology*, 212(1), 75–80.
- Hartmann, A., Patz, C.D., Andlauer, W., Dietrich, H., and Ludwig, M., 2008. Influence of Processing on Quality Parameters of Strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(20): 9484–9489.
- Hernanz, D., Recamales, A. F., Melendez-Martinez, A. J., Gonzalez-Miret, M. L., and Heredia, F. J., 2007. Assessment of the Differences in the Phenolic Composition of Five Strawberry Cultivars (*Fragaria X Ananassa* Duch.) Grown in Two Different Soilless Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(5): 1846-1852.
- Houssou, P., Padonou, S.W., Dansou, V., Todohoue, C., Agbobatinkpo, P., N'djolosse, K., Zoffoun, A., Hodonou, H.G., Kodjo, S. and Adimi, C. Y., 2016. Production du jus de pomme d'anacarde de bonne qualité au Bénin.
- Ioannou, I., Hafsa, I., Hamdi, S., Charbonnel, C., and Ghoul, M., 2012. Review of the Effects of Food Processing and Formulation on Flavonol and Anthocyanin Behaviour. *Journal of Food Engineering.*, 111(2), 208–217.
- Irkilmez, M.Ü., Başlar, M., Sağdıç O., Arici, M., and Ertugay M.F. 2017. The effect of ultrasonic treatments on turbidity, microbial load, and polyphenol oxidase (PPO) activity of plum nectar. *Food Measure*, 11:380–387.
- Işık, Ö., 2008. Effects of thermal pasteurization on quality of Kozan Yerlisi (Kozan local orange) and Hamlin orange juices.
- Jacopo, D., Francesca, B., Lucia, D., Franco, C., Clara, B., Annalisa, B., Francesca, G., Maurizio, B., and Bruno, M., 2015. Physico-Chemical Characteristics of Thermally Processed Puree from Different Strawberry Genotypes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43: 106-118.

- Jang, J.H., and Moon, K.D., 2011. Inhibition of Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities on Fresh-Cut Apple by Simultaneous Treatment of Ultrasound and Ascorbic Acid. *Food Chemistry*, 124: 444-449.
- Jangam. S.V., 2011. An overview of recent developments and some RandD challenges related to drying of foods. *Drying Technology*, 29(12), 1343-1357.
- Jayalekshmy, V.G., and John, P.S., 2006. 'Sago'-a natural product for cashew apple juice clarification. *Journal of Tropical Agriculture*, 42, 67-68.
- Justesen, U., Knuthsen, P., and Leth, T., 1998. Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavanones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photo-diode array and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 799(1-2), 101-110.
- Jorgensen, E. M., Marin, A. B., and Kennedy, J. A., 2004. Analysis of the Oxidative Degradation of Proanthocyanidins Under Basic Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(8), 2292–2296.
- Joyce, E., Phull, S.S., Lorimer, J.P., and Mason, T.J., 2003. The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions. A study of frequency, power and sonication time on cultured *Bacillus* species. *Ultrasonics Sonochemistry*. 10 (6), 315-318.
- Kadkhodae, R., and Povey, M.J.W., 2007. Ultrasonic Inactivation of *Bacillus A*-Amylase. I. Effect of Gas Content and Emitting Face of Probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 133-142.
- Kelebek, H., Canbas A., and Selli, S., 2008. Determination of Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Blood Orange Juices Obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus Sinensis* (L.) Osbeck) Grown in Turkey, *Food Chemistry*. 107:1710–1716.
- Khandare, V., Walia, S., Singh, M., and Kaur, C., 2011. Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: Processing effects on antioxidant composition and color. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 482-486.

- Klimczak, E., Rozpara, E., and Krol, B., 2011. Distribution of Ellagitannins in Juice, Flesh, and Achenes as Additional Criterion for Optimal Utilization of Strawberries. *Zywnosc-Nauka Technologia Jakosc*, 18(6): 142-154.
- Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., Gliszczyńska-Świgło, A., 2007. Effect of Storage on the Content of Polyphenols, Vitamin C and the Antioxidant Activity of Orange Juices. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20; 313–322.
- Klopotek, Y., Otto, K., and Bohm, V., 2005. Processing Strawberries to Different Products Alters Content of Vitamin C, Total Phenolics, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 5640-5646.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., and Lee, D.U., 2004. Applications and Potential of Ultrasonic in Food Processing. *Trends in Food Sci. and Technol.* 15: 261-266.
- Koca, N., ve Karadeniz, F., 2005. Gıdalardaki Doğal Antioksidan Bileşikler. *Gıda*, Vol. 30: 229-236.
- Kubo, I., Masuoka, N., Ha, T.J. and Tsujimoto, K., 2006. Antioxidant activity of anacardic acids. *Food Chemistry*, 99(3), 555-562.
- Kubo, I., Nitoda, T., Tocoli, F.E. and Green, I.R., 2011. Multifunctional cytotoxic agents from *Anacardium occidentale*. *Phytotherapy Research*, 25(1), 38-45.
- Lautié, E., Dornier, M., De Souza Filho, M., and Reynes, M., 2001. Les produits de l'anacardier: caractéristiques, voies de valorisation et marchés. *Fruits*, 56(4), 235-248.
- Lavinas, Almeida, Miguel, Lopes, and Valente-Mesquita. 2006. Study of the chemical and microbiological stability of cashew apple juice in different storage conditions. *Food Science and Technology*, 26(4), 875-883.
- Lavinas, Miguel, Lopes, and Valente Mesquita. 2008. Effect of high hydrostatic pressure on cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) juice preservation. *Journal of Food Science*, 73(6), M273-M277.

- Lee, H. S., and Castle, W. S., 2001. Seasonal Changes of Carotenoid Pigments and Color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood Orange Juices. *J. Agric. Food Chemistry*. 49; 877-88.
- Levine, R.A., and Wardlaw, S.C., (1999). Method and apparatus for performing chemical, qualitative, quantitative, and semi-quantitative analyses of a urine sample: Google Patents.
- Lopes, M.M., Miranda, .M.R.A Moura, C.F.H and Enéas Filho, J., 2012. Bioactive compounds and total antioxidant capacity of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.) during the ripening of early dwarf cashew clones. *Ciência e Agrotecnologia*, 36(3), 325-332.
- Lowor, S.T and Agyente-Badu, C.K., 2009. Mineral and proximate composition of cashew apple (*Anarcadium occidentale* L.) juice from northern savannah, forest and coastal savannah regions in Ghana. *American Journal of Food Technology*, 4(4), 154-161.
- Li, B., and Sun, D.W., 2002. Effect of power ultrasound on freezing rate during immersion freezing. *Journal. of Food Engineering*, 55 (3): 277-282.
- Lin, C., and Chen, B. 2005, Stability of carotenoids in tomato juice during storage. *Food Chemistry*, 90(4), 837-846.
- Lu, Y., and Foo, L.Y. 2000. Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Polyphenols from Apple Pomace. *Food Chemistry*, Vol. 68; pp. 81-85.
- Luque De Castro, M.D., and Priego-Capote, F., 2007. Ultrasound-Assisted Crystallization (Sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14: 717-724.
- Maciel, M.L., Hansen, T.J., Aldinger, S.B., and Labows, J.N., 1986. Flavor chemistry of cashew apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(5), 923-927.
- Makris, D. P., and Rossiter, J. T., 2000. Heat-induced, metal-catalyzed oxidative degradation of quercetin and rutin (quercetin 3-Orhamnosylglucoside) in aqueous model systems. *J Agric Food Chemistry*, 48(9): 3830–3838.

- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., and Jiménez, L., 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- Marc, A., Achille, T.F., Mory, G., and Koffi, P.V.N., 2011. Minerals composition of the cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) of Yamoussoukro, Cote D'Ivoire. *Pakistan Journal of Nutrition*.
- Marc, A., Ange, K.D., Achille, T.F., and Georges, A.N., 2012. Phenolic profile of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) from Yamoussoukro and Korhogo (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 49, 3331-3338.
- Marchini, J.S., SUEN, V.M., Vannuchi, H., and Dutra-de-Oliveira, J.E., 1998. Balanço energético no homem. *Ciências Nutricionais*. São Paulo: Sarvier, 99-104.
- Marti, N., Perz-Vicente, A., and Garcia-Viguera, C. 2001. Influence of Storage Temperature and Ascorbic Acid Addition on Pomegranate Juice. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 82: 217-221.
- Martínez-Flores, H.E., Garnica-Romo, M.G., Bermúdez-Aguirre, D., Pokhrel, P.R. and Barbosa-Cánovas, G.V., 2015. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chemistry*, 172, 650-656.
- Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A., and Lopez-Buesa, P. 2005. Application of Ultrasound, Emerging Technologies for Food Processing, Academic Press, USA.
- Meléndez-Martínez, A.J., Vicario, I.M., and Heredia, F.J., 2007. Analysis of carotenoids in orange juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7), 638-649.

- Melo Cavalcante, A.A, Rubensam, G., Picada, J.N., Gomes da Silva, E., Fonseca M.J.C., and Henriques, J.A.P. 2003. Mutagenicity, antioxidant potential, and antimutagenic activity against hydrogen peroxide of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and cajuina. *Environmental and molecular mutagenesis*, 41(5), 360-369.
- Meneveşoğlu, A., 2012. Çilek Suyu Konsantresi Üretim Aşamalarında ve Depolama Sürecinde Polifenoller, Askorbik Asit ve Antioksidan Aktivitedeki Değişimler, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Meschter, E.E., 1953. Fruit color loss: Effect of carbohydrates and other factors on strawberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 1; pp. 574-579.
- Meydav, S., Saguy, I., Kopelman, J.I., 1977. Browning Determination in Citrus Products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25(3): 602–604.
- Michodjehoun-Mestres, L., 2009. Etude des composés phénoliques de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.). Montpellier 2.
- Michodjehoun-Mestres, L., Souquet, J., Fulcrand, H., Bouchut, C., Reynes, M., and Brillouet, J., 2009. Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 112(4), 851-857.
- Morton, J.F. and Dowling, C.F., 1987. *Fruits of warm climates*, JF Morton Miami, FL, 20534.
- Morton, J.F., 1961. The cashew's brighter future. *Economic Botany*, 15(1), 57-78.
- Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R. M., and Martin-Belloso, O., 2008. Non-Thermal Pasteurization of Fruit Juices by Combining High-Intensity Pulsed Electric Fields with Natural Antimicrobials. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3): 328-340.
- Moura, C.F.H., 1998. Qualidade de pendunculo de clones de cajueiro anao-precoce.(*anacardium occidentale* L. var. *nanum*) irrigados, UFC.,

- Muchuweti, M., Mupure, C.H., Ndhlovu, A.R., and Kasimamhuru, A., 2006. Characterization of Polyphenoloxidase from *Uapaca kirkiana* Fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol.86; pp. 328-332.
- Nebesky, E. A., Esselen, W. B., Mc Connell, J. E. W., And Fellers, C. R., 1949. Stability of Color in Fruit Juices. *J Food Sci*, 14(3), 261–274.
- Ngo, T., Wrolstad, R.E., and Zhao, Y. 2007. Color Quality of Oregon Strawberries-Impact of Genotype, Composition, and Processing. *Journal of Food Science*, 72: 25-32.
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., and Martin-Belloso, O., 2008. Phenolic Acids, Flavonoids, Vitamin C and Antioxidant Capacity of Strawberry Juices Processed by High-Intensity Pulsed Electric Fields or Heat Treatments. *European Food Research and Technology*, 228(2): 239-248.
- Ohler, E., Kang, H.S., and Zbiral, E., 1988. Synthesis of Dialkyl (2, 3-Epoxy-4-Oxoalkyl) Phosphonates from (1-Formylalkyl) Phosphonates. *Chemische Berichte-Recueil*, 121(2), 299-308.
- Okcu, G., Ayhan, K., Altuntas, E.G., Vural, N., and Poyrazoglu, E.S., 2016. Determination of phenolic acid decarboxylase produced by lactic acid bacteria isolated from shalgam (şalgam) juice using green analytical chemistry method. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 615-621.
- Oliviera, M.E.B.D., Oliveira, G.S.F.D., Maia, G.A., Moreira, R.D.A., and Monteiro, A.C., 2002. Major free amino acids in cashew apple juice: behaviour during the harvest season. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1), 133-137.
- Osho, A., 1995. Evaluation of cashew apple juice for single cell protein and wine production. *Food/Nahrung*, 39(5-6), 521-529.
- Oszmianski, J., and Wojdylo, A., 2009. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228(4): 623-631.

- Oulahal-Lagsir, N., Martial-Gros, A., Boistier, E., Blum, L.J., and Bonneau, M., 2000. The development of an ultrasonic apparatus for the non-invasive and repeatable removal of fouling in food processing equipment. *Letters in applied microbiology*, 30(1), 47-52.
- Öztan, T., 2006. Antioxidant activities and phenolic substance profile of purple carrot, its concentrate, shalgam beverage, pomegranate juice and sour pomegranate concentrate products.
- Pala, C. U., and Toklucu, A. K., 2011. Effect of UV-C Light on Anthocyanin Content and Other Quality Parameters of Pomegranate Juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6): 790-795.
- Paniwnyk, L. (2017). Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38:794–806.
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., and Tiwari, B. K. (2010). Effect of Thermal Processing on Anthocyanin Stability in Foods; Mechanisms and Kinetics of Degradation. *Trends in Food Science and Technology*, 21(1): 3-11.
- Patras, A., Brunton, N.P., Pieve, S.D., and Butler, F., 2009. Impact of High Pressure Processing on Total Antioxidant Activity, Phenolic, Ascorbic Acid, Anthocyanin Content and Colour of Strawberry and Blackberry Purees. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10: 308-313.
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., and Sirichakwal, P.P. 2008. Changes of Antioxidant Activity and Total Phenolic Compounds During Storage of Selected Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 241-248.
- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A., Escriche, I., and Andres, A., 2013. Influence of Processing on the Volatile Profile of Strawberry Spreads Made with Isomaltulose. *Food Chemistry*, 138(1): 621-629.

- Pereira, C.Q., Lavinas, F.C., Lopes, M.L.M. and Valente-Mesquita, V.L., 2008. Industrialized cashew juices: variation of ascorbic acid and other physicochemical parameters. *Food Science and Technology*, 28, 266-270.
- Perez A.G., Sanz C., Olias R., Rios J.J., and Olias J.M., 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 1652-1656.
- Pineli, L.L., Moretti, C.L., Santos, M.S., Campos, A.B., Brasileiro, A.V., Cordova, C., and Chiarello, M.D., 2011. Antioxidants and Other Chemical and Physical Characteristics of Two Strawberry Cultivars at Different Ripness Stage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 11-16.
- Pinheiro, A.D.T., Rocha, M.V.P., Macedo, G.R., and Gonçalves, L.R.B., 2007. Evaluation of cashew apple juice for the production of fuel ethanol, Springer,
- Pinto de Abreu, F.A., 2012. Etude d'un procédé intégrant la microfiltration tangentielle pour la production d'extraits concentrés en caroténoïdes à partir de pomme de cajou (# *Anacardium occidentale* L.). UM2.
- Pinto, M.S., Lajolo, F.M., and Genovese, M.I., 2008. Bioactive Compounds and Quantification of Total Ellagic Acid in Strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107: 1629-1635.
- Piyasena P., Mohareb E., and Mckellar R.C., 2003b. Inactivation of Microbes Using Ultrason: A Review. *International Journal of Food Microbiology*, 87: 207-216.
- Piyasena, P., Mckellar, R. C., and Bartlett, F. M., 2003a. Thermal Inactivation of *Pediococcus* sp in simulated Apple Cider during High-Temperature Short-Time Pasteurization. *International Journal of Food Microbiology*, 82(1): 25-31.
- Poei-Langston, M.S., and Wrolstad, R.E., 1981. Color Degredation in an Ascorbic Acid-Anthocyanin-Flavonol Model System. *Journal of Food Science*, 46: 1218-1222.

- Pott, I., Marx, M., Neidhart, S., Mühlbauer, W., and Carle, R. 2003, Quantitative determination of β -carotene stereoisomers in fresh, dried, and solar-dried mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(16), 4527-4531.
- Price, R.L., Holanda, L.F.F., Moura F.J.A., Maia, G.A., and Martins, C.B., 1975. Constituents of Brazilian cashew apple juice. *Cien Agron*, 5, 61-65.
- Prommajak, T., Leksawasdi, N., and Rattanapanone, N., 2014. Biotechnological valorization of cashew apple: a review. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 13(2), 159-182.
- Provesi, J. G., Dias, C. O., and Amante, E. R. 2011, Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128(1), 195-202.
- Queiroz, C., da Silva, A.J.R., Lopes, M.L.M., Fialho, E. and Valente-Mesquita, V.L., 2011. Polyphenol oxidase activity, phenolic acid composition and browning in cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) after processing. *Food Chemistry*, 125(1), 128-132.
- Rein, M. J., and Heinonen, M., 2004. Stability and Enhancement of Berry Juice Color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10): 3106-3114.
- Rein, M. J., Ollilainen, V., Vahermo, M., Yli-Kauhaluoma, J., and Heinonen, M., 2005. Identification of Novel Pyranoanthocyanins in Berry Juices. *European Food Research and Technology*, 220(3-4), 239-244.
- Rodriguez-Amaya, D. 1999, A guide to carotenoid analysis in foods. Washington, DC: Intl. Life Sciences Inst.(ILSI) Press.
- Rodriguez-Amaya, D. B., 2001. A guide to carotenoid analysis in foods, ILSI press Washington,
- Roginsky, V., and Alegria, A. E., 2005. Oxidation of Tea Extracts and Tea Catechins by Molecular Oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11): 4529–4535.

- Runjala, S., and Kella, L., 2017. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) therapeutic benefits, processing and product development: An over view. *The Pharma Innovation*, 6(7, Part D), 260.
- 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.
- Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., De Ancos, B., and Cano, M. P., 2003. Quantitative Bioactive Compounds Assessment and Their Relative Contribution to the Antioxidant Capacity of Commercial Orange Juices, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 83: 430–439.
- Saputra, E., Muhammad, S., Sun, H., Ang, H., Tadé, M.O., and Wang, S., 2013. A comparative study of spinel structured Mn₃O₄, Co₃O₄ and Fe₃O₄ nanoparticles in catalytic oxidation of phenolic contaminants in aqueous solutions. *Journal of colloid and interface science*, 407, 467-473.
- Schofield, J.A., Hagerman, A.E., and Harold, A., 1998. Loss of tannins and other phenolics from willow leaf litter. *Journal of Chemical Ecology*, 24(8), 1409-1421.
- Seeram, N. P., Lee, R., and Heber, D., 2004. Bioavailability of Ellagic Acid in Human Plasma after Consumption of Ellagitannins from Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Juice. *Clinica Chimica Acta*, 348(1-2): 63-68.
- Seeram, N.P., Lee, R., Scheuller, H.S., and Heber, D., 2006. Identification of Phenolic Compounds in Strawberries by Liquid Chromatography Electrospray Ionization Mass Spectroscopy. *Food Chemistry*, 97: 1-11.
- Sellappan, S., Akoh, C.C., and Krewer, G., 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2432-2438.

- Šimuněk, M., Režek Jambrak, A., Petrović, M., Juretić, H., Major, N., Herceg, Z., ... and Vukušić, T. (2013). Aroma profile and sensory properties of ultrasound-treated apple juice and nectar. *Food Technology and Biotechnology*, 51(1), 101-111.
- Skrede, G., Wrolstad, R. E., Lea, P., and Enersen, G., 1992. Color Stability of Strawberry and Black-Currant Syrups. *J Food Sci*, 57(1): 172-177.
- Skupien, K., and Oszmianski, J., 2004. Comparison of Six Cultivars Strawberries (*Fragaria X Ananassa* Duch.) Grown in Northwest Poland. *European Food Research and Technology*, 219: 66-70.
- Sondheimer, E., and Kertesz, Z.I., 1952. The Kinetics of the Oxidation of Strawberry Anthocyanin by Hydrogen Peroxide. *Food Research*, 17: 288-298.
- Soro D., 2012. Couplage des procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pommes de cajou: performances et impacts sur la qualité des produits. Montpellier, SupAgro.
- Soro, D., 2008. Concentration par microfiltration tangentielle et caractérisation d'extraits caroténoïdiques de pomme de cajou.
- Sulaiman, A., and Silva, F.V.M., 2013. High Pressure Processing, Thermal Processing and Freezing of 'Camarosa' Strawberry for the Inactivation of Polyphenoloxidase and Control of Browning. *Food Control* 33 (2): 424–428.
- Sulaiman, A., Soo, M.J., Farid, M., and Silva, F. V. M., 2015b. Thermosonication for Polyphenoloxidase Inactivation in Fruits: Modeling the Ultrasound And Thermal Kinetics in Pear, Apple and Strawberry Purees at Different Temperatures. *Journal of Food Engineering*, 165: 133-140.
- Sulaiman, A., Soo, M.J., Yoon, M.M.L., Farid, M., and Silva, F.V.M., 2015a. Modeling the Polyphenoloxidase Inactivation Kinetics in Pear, Apple and Strawberry Purees After High Pressure Processing. *Journal of Food Engineering*. 147, 89–94.

- Talasila, U., and Shaik, K.B., 2015. Quality, spoilage and preservation of cashew apple juice: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 54-62.
- Talasila, U., Vechalapu, R.R. and Shaik, K.B., 2012a. Clarification, preservation, and shelf life evaluation of cashew apple juice. *Food Science and Biotechnology*, 21(3), 709-714.
- Talasila, U., Vechalapu, R.R. and Shaik, K.B., 2012b. Storage stability of cashew apple juice-use of chemical preservatives. *Journal of Food Technology*, 10(4), 117-123.
- Terefe, N. S., Matthies, K., Simons, L., and Versteeg, C., 2009. Combined High Pressure-Mild Temperature Processing for Optimal Retention of Physical and Nutritional Quality of Strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3): 297-307.
- Tiwari, B. K., O'donnell, C. P., Patras, A., and Cullen, P. J., 2008. Anthocyanin and Ascorbic Acid Degradation in Sonicated Strawberry Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21): 10071-10077.
- Tiwari, B. K., O'donnell, C. P., Patras, A., Brunton, N., and Cullen, P. J. 2009b. Stability of Anthocyanins and Ascorbic Acid in Sonicated Strawberry Juice During Storage. *European Food Research and Technology*, 228(5): 717-724.
- Tiwari, B.K., O'donnell, C.P., Patras, A., Brunton, N., and Cullen, P.J., 2009a. Effect of Ozone Processing on Anthocyanins and Ascorbic Acid Degradation of Strawberry Juice. *Food Chemistry*, 113: 119-1126.
- Tomadoni, B., Moreira, M.R., Espinosa, J.P., and Ponce, A., 2017. Individual and combined effects of pomegranate extract and ultrasonic treatments on kiwifruit juice quality parameters. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12339.

- Trevisan, M.T.S., Pfundstein, B., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., and Owen, R.W., 2006. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology*, 44(2), 188-197.
- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., Vos, C.H.R.D., Capanoglu, E., Bovy, A., and Battino, M., 2008. Antioxidants, Phenolic Compounds, and Nutritional Quality of Different Strawberry Genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 696-704.
- Vásquez-Caicedo, A. L., Schilling, S., Carle, R., and Neidhart, S. 2007, Impact of packaging and storage conditions on colour and β -carotene retention of pasteurised mango purée. *European Food Research and Technology*, 224(5), 581-590.
- Vercet, A, Lopez, P., and Burgos, J., 1997. Inactivation of Heat Resistant Lipase and Protease from *Pseudomonas fluorescens* by Manothermosonication. *Journal of Dairy Research*, 80: 29-36.
- Vercet, A., Burgos, J., Crelier S., and Lopez, P., 2001. Inactivation of Proteases and Lipases by Ultrasound. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2: 139-150.
- Vergara, C.M.C., Honorato, T.L., Maia, G.A., and Rodrigues, S., 2010. Prebiotic effect of fermented cashew apple (*Anacardium occidentale* L) juice. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 141-145.
- Virone, C., Kramer, H.J.M., Van Rosmalen, G.M., Stoop, A.H., and Bakker, T.W., 2006. Primary Nucleation Induced by Ultrasonic Cavitation. *J. Crystal. Growth*, 1: 9-15.
- Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D., and Mattivi, F., 2004. Quantitation of Polyphenols in Different Apple Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6532-6538.
- Wang, J., Cao, Y., Sun, B., Wang, C., and Mo, Y., 2011. Effect of Ultrasound on the Activity of Alliinase from Fresh Garlic, *Ultrasonics Sonochem*, 18: 534-540.

- Wang, W. D., and Xu, S. Y., 2007. Degradation Kinetics of Anthocyanins in Blackberry Juice and Concentrate. *Journal of Food Engineering*, 82(3): 271-275.
- Wang, Z., Zhang, M., and Wu. Q., 2015. Effects of temperature, pH, and sunlight exposure on the color stability of strawberry juice during processing and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1174-1178.
- Wu, J., Gamage, T.V., Vilku, K.S., Simons, L.K., and Mawson, R., 2008. Effect of Thermosonication on Quality Improvement of Tomato Juice. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 9: 186-195.
- Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H., and Hu, Q. 2010, Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 C. *Journal of Food Science*, 75(3), C236-C240.
- Yemenicioğlu, A., Özkan, M., and Cemeroğlu, B., 1997. Inactivation Kinetics of Apple Polyphenoloxidase and Activation of its Latent Form. *Journal of Food Science*, 62: 508-510.
- Yildiz, S., Pokhrel, P.R., Unluturk, S., and Barbosa-Canovas G.V. 2019. Identification of equivalent processing conditions for pasteurization of strawberry juice by high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 57; 102195.
- Yu, J., Ahmedna, M., and Göktepe, İ., 2005. Effects of Processing Methods and Extraction Solvents on Concentration and Antioxidant Activity of Peanut Skin Phenolics. *Food Chemistry*, 90(1–2): 199–206.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., and Verzera, A., 2005. Methods for the Determination of HMF in Honey: A Comparison. *Food Control* 16:273-277.

Zepka, L. Q., Borsarelli, C. D., da Silva, M. A. A. P., and Mercadante, A. Z. 2009, Thermal degradation kinetics of carotenoids in a cashew apple juice model and its impact on the system color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7841-7845.



ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Abidjan doğdu. Lisans eğitimini 2011-2014 yılları arasında Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny'de tamamladı. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.





EKLER



EK-1

KAJU ELMASI NEKTARI DUYUSAL ANALİZ FORMU

Tarih	
Örnek Kodu	

AD - SOYAD	
İmza	

Aşağıda verilen skalalarda tüm özellikler soldan sağa doğru olumlu yönde artmaktadır. Kaju nektarı örneklerinin özelliklerini skalalarda uygun gördüğünüz yere « X » işareti koyarak değerlendiriniz.

Viskozite	Çok Kötü	Çok iyi

Renk	Çok Kötü	Çok iyi

Bulanıklık	Çok Kötü	Çok iyi

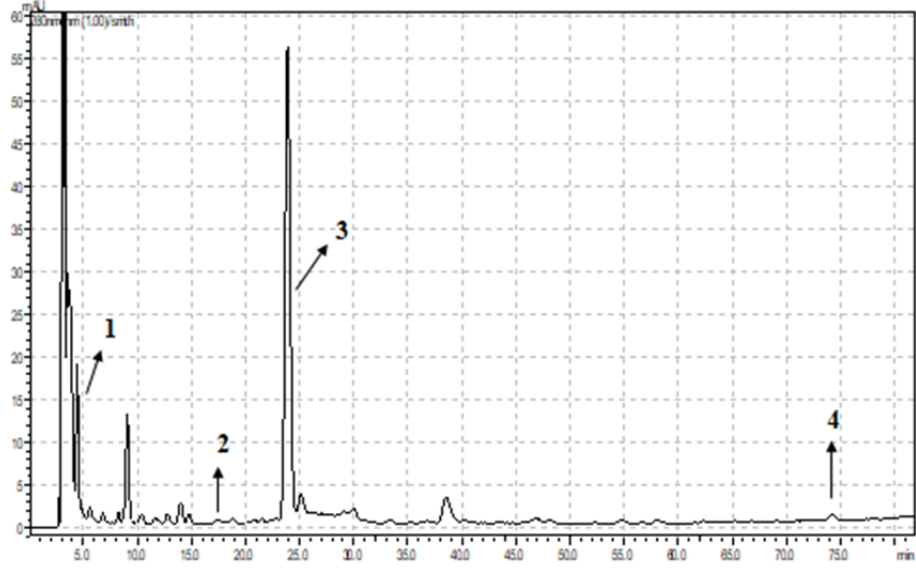
Koku	Çok Kötü	Çok iyi

Tat	Çok Kötü	Çok iyi

Burukluk	Çok Kötü	Çok iyi

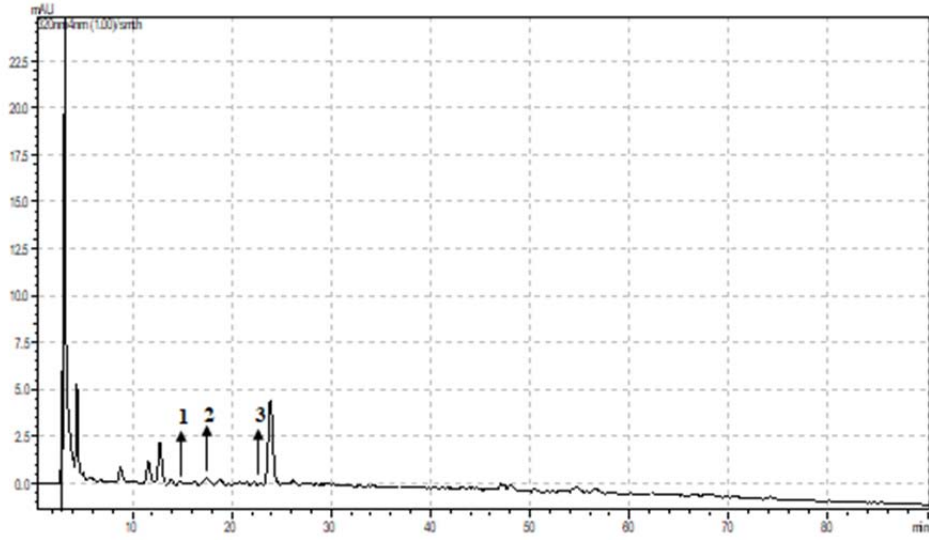
Genel izlenim	Çok Kötü	Çok iyi

EK-2



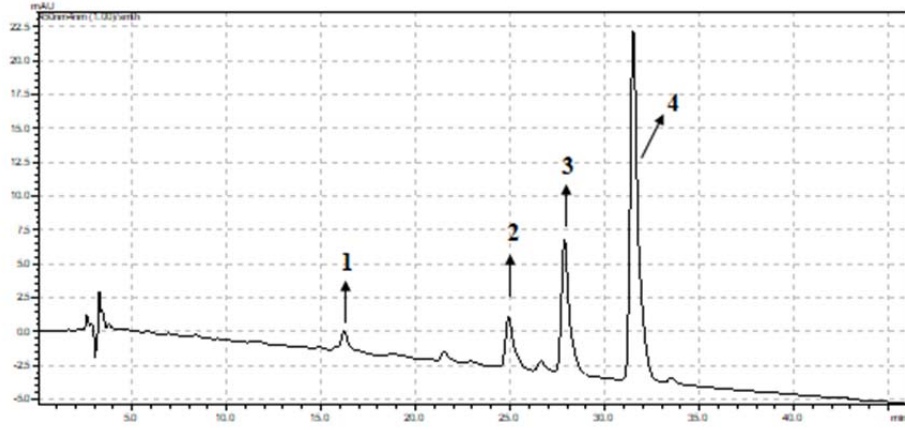
EK 2. Kaju elma nektarındaki fenolik bileşenlere ait 280 nm'deki HPLC kromotogramı (1: gallik asit, 2: şirinjik asit, 3: tanımlanamayan 4: narinjenin)

EK-3



EK 3. Kaju elma nektarı fenolik bileşenlere ait 320 nm'deki HPLC kromatogramı (1: kafeik asit, 2: klorojenik asit, 3: *p*-kumarik asit)

EK-4



EK 4. Kaju elma nektarı karotenoid bileşenlerine ait 450 nm'deki HPLC kromatogramı (1: lutein, 2: β -kriptoksantin, 3: α -karoten, 4: β -karoten)