

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burcu DÜNDAR**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIKLI GIDA ÜRETİMİNDE  
TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ BULANIK ÇİLEK  
NEKTARININ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2018**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIKLI GIDA ÜRETİMİNDE  
TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ BULANIK ÇİLEK  
NEKTARININ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Burcu DÜNDAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 03/08/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ  
DANIŞMAN

Prof. Dr. Hüseyin ERTEN  
ÜYE

Prof.Dr.Taner BAYSAL  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK  
Enstitü Müdürü**

**Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.**

**Proje No: FYL-20178267**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIKLI GIDA ÜRETİMİNDE  
TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ BULANIK ÇİLEK  
NEKTARININ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Burcu DÜNDAR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ  
Yıl: 2018, Sayfa: 172  
Jüri : Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ  
: Prof. Dr. Hüseyin ERTEN  
: Prof. Dr. Taner BAYSAL

Çalışmada, bulanık çilek nektarı kalitesinde en az seviyede değişime neden olacak termosonikasyon uygulama parametreleri, bu parametrelerdeki değişimin nektar kalite özellikleri üzerine etkisi ve optimum uygulama koşullarında üretilen nektarın üç aylık depolama süresince kalite özelliklerindeki değişim araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ultrasound enerji yoğunluğu (UEY) ve sıcaklığın, polifenol oksidaz (PFO) inaktivasyonu sağlamada etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Termosonikasyon sıcaklığının artması esmerleşme indeksi (EI) ve hidrosimetil furfural (HMF) içeriğinin artışına neden olmuştur. İlimli sıcaklık ve UEY (~50°C ve ~230 J/g) koşulları ise maksimum toplam monomerik antosiyanin (TMA) ve toplam fenolik madde (TF) içeriğinin elde edilmesini sağlamıştır. Bulanık çilek nektarında istenmeyen bileşenlerin oluşumunu sınırlandırılırken, kaliteyi olumlu etkileyenlerin korunması için gerekli optimum termosonikasyon şartları 59°C ve 455 J/g olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda PFO inaktivasyonu, HMF, EI, ΔE\*, TF, TMA ve askorbik asit (AA) içeriği sırasıyla %75, 20.80 µg/L, 0.45, 5.34, 596.43 mg/L, 140.43 mg/L and 101.18 mg/L olarak belirlenmiştir. Optimum termosonikasyon uygulanan nektarların depolama boyunca kalıntı PFO aktivitesi, a\* değeri, TMA, TF ve AA içerikleri azalırken HMF içeriği, EI ve ΔE\* değeri artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık çilek nektarı, termosonikasyon, optimizasyon, PFO-  
renkli ve renksiz fenolik bileşenler, depolama

## ABSTRACT

### MSc THESIS

<b>EFFECT of THERMOSONICATION on QUALITY PARAMETERS of CLOUDY STRAWBERRY NECTAR for SUSTAINABLE HEALTHY FOOD PRODUCING</b>
--

**Burcu DÜNDAR**

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

Supervisor	: Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ Year: 2018, Page: 172
Jury	: Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ : Prof. Dr. Hüseyin ERTEN : Prof. Dr. Taner BAYSAL

In this study, thermosonication parameters which have the minimum effect on the quality of cloudy strawberry nectar, the effect of changes in these parameters on quality properties and attributes of nectar termosonicated with optimum conditions during the 3 months of storage were investigated. Results of study showed that ultrasound energy density (UED) and temperature have an effect on polyphenol oxidase (PPO) inactivation. Browning index (BI) and hydroxymethyl furfural content increased with increasing of temperature. Mild UED and temperature conditions ensured the total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic (TP) contents. The optimum thermosonication parameters were determined as 59°C and 455 J/g to limit the formation of undesirable components while protecting the ones effecting quality in a positive way. When the optimum thermosonication conditions applied to cloudy strawberry nectar, PPO inactivation, HMF, BI,  $\Delta E^*$ , TP, TMA and ascorbic acid (AA) content would be 75%, 20.80  $\mu\text{g/L}$ , 0.45, 5.34, 596.43 mg/L, 140.43 mg/L and 101.18 mg/L, respectively. PPO residual activity,  $a^*$  value, TMA, TP and AA contents decreased while HMF content, BI and  $\Delta E^*$  values increased during storage time of 90 days.

**Keywords:** Cloudy strawberry nectar, optimization, thermosonication, PPO-colored and colourless phenolics, storage

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada, sürdürülebilir sağlıklı gıda üretimi amacıyla bulanık çilek nektarı üretiminde kalitede en az değişime neden olacak termosonikasyon uygulama parametreleri belirlenirken, uygulanan termosonikasyon koşullarının nektar kalite özellikleri üzerine etkileri ve optimum uygulama koşullarında üretilen nektarın üç aylık depolama süresince kalite özelliklerindeki değişim araştırılmıştır.

Standart özelliklere sahip çileklerden belirlenen oranda su, asit ve şeker ilavesiyle çilek nektarı üretilmiştir. 0.1 – 15 dk ve 25 – 75°C olarak belirlenen limitler arasında, 21 farklı termosonikasyon uygulanmış ve kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Termosonikasyon uygulamalarında ultrasound süresi için 0.1 – 15 dk, sıcaklık için ise 25 – 75°C değerleri alt ve üst limitler olarak belirlenmiştir. Kalite analizlerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimum termosonikasyon parametreleri 59°C ve 455 J/g olarak belirlenerek tekrar bulanık çilek nektarı üretilmiştir. Aynı zamanda parametrelerdeki değişimin kalite özelliklerinin her biri üzerine etkisi değerlendirilerek sürdürülebilir sağlıklı gıda üretimine katkıda bulunulmuştur.

Optimum koşullarda üretilen nektara ait veriler ile validasyon çalışması gerçekleştirilerek çalışmanın optimizasyon kısmında elde edilen matematiksel modellerin geçerliliği araştırılmıştır. Optimum termosonikasyon uygulanan nektarlara ait PFO inaktivasyonu, HMF içeriği, esmerleşme indeksi ve  $\Delta E^*$  değeri, TP, TMA, AA içeriklerinin sırasıyla %75, 20.80  $\mu\text{g/L}$ , 0.45, 5.34, 596.43 mg/L, 140.43 mg/L and 101.18 mg/L olacağı belirlenmiştir. Elde edilen matematiksel modeller çilek nektarı üretim endüstrisinde pratik olarak kullanım için yararlı olacaktır. Ayrıca üretimin ilk gününde gerçekleştirilen duyusal analiz ile tüketici açısından termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan nektarlar arasında fark olup olmadığı araştırılmıştır. 90 günlük depolamanın 0, 10, 20, 30, 60 ve 90. günlerinde ise optimizasyon kısmında uygulanan analizler tekrar edilerek ürünün

kalite stabilitesi belirlenmiştir. Her bir kalite özelliği üzerine depolamanın etkisi değerlendirilmiş ve çalışmanın bu kısmında optimizasyon kısmından farklı olarak depolama boyunca fenolik bileşenlerde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Yalnızca antosiyaninlerin değil renksiz fenolik bileşiklerin de depolama boyunca stabilitesi araştırılmıştır. 4°C'de 90 gün süren depolama boyunca bulanık çilek nektarlarında TMA, TF, AA parçalanma kinetikleri ve HMF oluşum kinetiği belirlenmiştir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde,

Her iki termosonikasyon parametresinin artışı da PFO inaktivasyonuna katkı sağlamaktadır. Yalnızca sıcaklık uygulamasıyla sağlanabilecek PFO inaktivasyonu UEY ile kombinasyon halinde uygulandığında PFO inaktivasyon oranında artış sağlanmıştır. Belli bir PFO inaktivasyonuna ulaşmak için gerekli sıcaklıktan daha düşük seviyelerde sıcaklık uygulayarak kaliteyi daha iyi korumak amacıyla termosonikasyon kullanılabilir.

TMA miktarının daha iyi korunması için benzer şekilde UEY ve sıcaklık uygulamasının kombinasyon halinde uygulanarak iki parametrenin TMA üzerindeki olumlu etkisinin artırılması önerilmektedir. Fakat bu olumlu etki UEY ve sıcaklığın ılımlı değerlerin üzerine çıkılması durumunda kaybolacak ve hatta UEY ve sıcaklık artışı TMA miktarında azalmaya neden olacaktır.

AA miktarındaki değişim, çalışılan UEY ve sıcaklık aralıklarında düzenli bir değişim göstermemiştir. Ancak ~300 J/g'den düşük UEY değerlerinde sıcaklık artışıyla AA miktarının arttığı belirlenmiştir. Aynı durum L\* ve b\* değerleri için de geçerli iken a\* değeri, UEY ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır. Ayrıca a\* değeri sıcaklıktaki değişimden UEY'deki değişime kıyasla daha çok etkilenmektedir.

$\Delta E^*$  değeri ise ~300 J/g değerinin altındaki UEY uygulamalarında sıcaklığın artışıyla azalma göstermekte, ~300-500 J/g aralığındaki UEY uygulamalarında ise sıcaklık değişiminden büyük oranda etkilenmemektedir.

Esmerleşme indeksi, sıcaklık ve UEY artışıyla doğrusala yakın bir şekilde azalma göstermiştir. HMF miktarı ise düşük UEY değerlerinde (<200 J/g) sıcaklık

artışından büyük oranda etkilenmezken, yüksek UEY değerlerinde sıcaklıkla birlikte belirgin artış göstermiştir.

İlerleyen depolama süresince kalıntı PFO aktivitesi, pH değeri, TMA, TF, AA, a\* azalmış, titrasyon asitliği, esmerleşme indeksi, HMF miktarı ve  $\Delta E^*$  artmış, briks ve Hue değeri ise istatistiksel açıdan önemli düzeyde değişim göstermemiştir.

Fenolik bileşenlerden kafeik asit, ferulik asit ve (-)-epikateşin gallat dışındaki renksiz fenolik bileşenler depolama boyunca önce azalma, sonra artış göstermiştir. Fenolik bileşiklerin antosiyanin grubunda olanları ise siyanidin-3,4-diglukozid, T1 (Tanımlanamayan1) ve T2 (Tanımlanamayan2) dışındakiler depolama boyunca azalma göstermiştir. T1 ve T2 olarak kodlanan antosiyaninlerin ise depolama boyunca önce artış sonra azalma gösterdiği belirlenmiştir.





## TEŞEKKÜR

Her zaman yanımda olan, desteğini hissettiren ve bana yol gösteren, bu tezin oluşturulmasına büyük katkıda bulunan çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ'a,

Tezimi değerlendiren ve katkıda bulunan değerli tez jürisi hocalarım Prof. Dr. Hüseyin ERTEN ve Prof. Dr. Taner BAYSAL'a,

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

Her ihtiyacım olduğunda yardımda bulunan Arş. Gör. Dr. Süleyman POLAT ve Meyve-Sebze İşleme Teknolojisi ailesine,

Çalışmada kullanılan çileklerin temin edilmesini sağlayan Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ ve Arş. Gör. Mehmet Ali SARIDAŞ'a,

Bugünlere gelmem için çok emek veren, en büyük desteklerim ve en değerli varlıklarım, annem Ömür DÜNDAR ve babam Mehmet DÜNDAR'a,

Manevi destekleri için çok değerli arkadaşlarıma,

Destek ve katkılarından dolayı, Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne,

Teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER .....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	XIV
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XVIII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XXII
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	7
2.1. Çilek.....	7
2.2. Çilekte Bulunan Polifenoller .....	9
2.3.Çilekte Bulunan Askorbik Asit .....	14
2.4. Çilekte Bulunan Polifenoloksidaz Enzimi .....	16
2.5. Ultrasound Uygulamaları.....	18
3. MATERYAL VE METOT .....	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Metot .....	26
3.2.1.Nektar Üretim Aşamaları .....	26
3.2.2. Termosonikasyon Uygulamaları .....	29
3.2.2.1.Ultrasound Uygulamalarının Deneme Desenleri ve Optimizasyonu.....	30
3.2.2.2. Modellerin Validasyonu .....	34
3.2.3. Uygulanan Analizler .....	35
3.2.3.1. Enzim Ekstraksiyonu ve Kalıntı Polifenol Oksidaz Aktivitesi Tayini .....	35
3.2.3.2. pH Tayini.....	36

3.2.3.3 Titrasyon Asitliği Tayini .....	36
3.2.3.4. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini.....	36
3.2.3.5. Renk Tayini .....	37
3.2.2.6. Esmerleşme İndeksi Tayini .....	38
3.2.3.7. Hidroksimetilfurfural (HMF) ve Furfural Tayini .....	38
3.2.3.8. Askorbik Asit Tayini .....	40
3.2.3.9. Toplam Fenolik Madde Tayini.....	40
3.2.3.10. Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi .....	41
3.2.3.11. Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) Tayini .....	42
3.2.3.12. Duyusal Değerlendirme.....	43
3.2.3.13. İstatistiksel Analizler .....	44
3.2.4. Kinetik Hesaplamaları.....	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	47
4.1. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonuna Ait Bulgular .....	47
4.1.1. Termosonikasyon Uygulamalarının Polifenol Oksidaz (PFO) Üzerine Etkisi .....	47
4.1.2. Termosonikasyon Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) Miktarı Üzerine Etkisi .....	53
4.1.3. Termosonikasyon Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde (TF) Miktarı Üzerine Etkisi .....	58
4.1.4. Termosonikasyon Uygulamalarının Askorbik Asit (AA) Miktarı Üzerine Etkisi .....	64
4.1.5. Termosonikasyon Uygulamalarının L* Üzerine Etkisi.....	69
4.1.6. Termosonikasyon Uygulamalarının a* Değeri Üzerine Etkisi.....	73
4.1.7. Termosonikasyon Uygulamalarının b* Değeri Üzerine Etkisi .....	78
4.1.8. Termosonikasyon Uygulamalarının $\Delta E^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	82
4.1.9. Termosonikasyon Uygulamalarının Esmerleşme İndeksi (EI) Üzerine Etkisi.....	87

4.1.10. Termosonikasyon Uygulamalarının Hidroksimetil Furfural (HMF) Üzerine Etkisi.....	92
4.1.11. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonu .....	97
4.1.12. Matematiksel Modellerin Validasyonu .....	101
4.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarlarda Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	102
4.2.1. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Polifenoloksidaz Aktivitesi Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	102
4.2.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların pH Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	104
4.2.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Titrasyon Asitliği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	106
4.2.4. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Suda Çözünür Kuru Madde Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .....	108
4.2.5. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) İçeriği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .....	109
4.2.6. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Toplam Fenolik Madde İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .....	112
4.2.7. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Askorbik Asit İçeriği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler .....	113

4.2.8. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların L* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	115
4.2.9. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların a* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	116
4.2.10. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların b* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	117
4.2.11. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Hue Açısı Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	118
4.2.12. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Kroma (C*) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	119
4.2.13. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların $\Delta E^*$ Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	120
4.2.14. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Esmerleşme İndeksi (EI) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	122
4.2.15. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Hidroksimetilfurfural İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	124
4.2.16. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Fenolik Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler.....	125
4.2.17. Kinetik Hesaplamaları.....	130
4.2.18. Duyusal Değerlendirme.....	137

5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	139
KAYNAKLAR.....	145
ÖZGEÇMİŞ .....	165
EKLER.....	166





**ÇİZELGE DİZİNİ****SAYFA**

Çizelge 3.1.	Rubygem çeşidi çileklerin bazı özellikleri .....	26
Çizelge 3.2.	Termosonikasyon uygulamasının bağımsız değişkenlerine ait kodlanan düzeyler ve asıl değerler .....	31
Çizelge 3.3.	Termosonikasyonda uygulanan ultrasound süresi ve sıcaklık değerleri.....	32
Çizelge 3.4.	Fenolik Bileşen Analizinin Yürütücü Faz Oranları.....	42
Çizelge 4.1.	Farklı termosonikasyon koşullarının polifenol oksidaz inaktivasyonu (%) üzerine etkisi .....	48
Çizelge 4.2.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının polifenoloksidaz (PFO) inaktivasyonu değerlerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	49
Çizelge 4.3.	Çilek nektarlarının polifenoloksidaz inaktivasyon değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerinin istatistik çıktıları .....	50
Çizelge 4.4.	Farklı termosonikasyon koşullarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği üzerine etkisi .....	54
Çizelge 4.5.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) değerlerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	55
Çizelge 4.6.	Çilek nektarlarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları .....	56
Çizelge 4.7.	Farklı termosonikasyon koşullarının toplam fenolik madde (TF) içeriği üzerine etkisi.....	59
Çizelge 4.8.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının toplam fenolik içeriklerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	60



Çizelge 4.9.	Çilek nektarlarının toplam fenolik madde içerikleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları .....	61
Çizelge 4.10.	Farklı termosonikasyon koşullarının askorbik asit (AA) içeriği üzerine etkisi .....	64
Çizelge 4.11.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının askorbik asit içeriğine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları.....	65
Çizelge 4.12.	Çilek nektarlarının askorbik asit içerikleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları.....	66
Çizelge 4.13.	Farklı termosonikasyon koşullarının L* değeri üzerine etkisi .....	69
Çizelge 4.14.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının L* değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	70
Çizelge 4. 15.	Çilek nektarlarının L* değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları.....	71
Çizelge4 16.	Farklı termosonikasyon koşullarının a* değeri üzerine etkisi.....	74
Çizelge 4.17.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının a* değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	75
Çizelge 4.18.	Çilek nektarlarının a* değerleri için ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları .....	75
Çizelge 4.19.	Farklı termosonikasyon koşullarının b* değeri üzerine etkisi.....	78
Çizelge 4.20.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının b* değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları .....	79

Çizelge 4.21.	Çilek nektarlarının $b^*$ değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları .....	80
Çizelge 4.22.	Farklı termosonikasyon koşullarının $\Delta E^*$ değeri üzerine etkisi .....	82
Çizelge 4.23.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının $\Delta E^*$ değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları.....	83
Çizelge 4.24.	Çilek nektarlarının $\Delta E^*$ değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşimi modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları.....	84
Çizelge 4.25.	Farklı termosonikasyon koşullarının Esmerleşme indeksi üzerine etkisi .....	88
Çizelge 4.26.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının esmerleşme indeksine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları.....	89
Çizelge 4.27.	Çilek nektarlarının esmerleşme indeksi için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları.....	89
Çizelge 4.28.	Farklı termosonikasyon koşullarının hidroksimetil furfural (HMF) içeriği üzerine etkisi .....	93
Çizelge 4.29.	Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının hidroksimetil furfural değerlerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları.....	94
Çizelge 4.30.	Çilek nektarlarının HMF değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları.....	95
Çizelge 4.31.	Optimizasyon çalışması için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hedefleri .....	98

Çizelge 4.32.	Termosonikasyon için belirlenen optimum çözümler ve istenebilirlik değerleri .....	100
Çizelge.4.33.	Bulanık çilek nektarının (59°C-455 J/g) farklı özellikleri için validasyon çalışması çıktıları .....	101
Çizelge 4.34.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca antosiyanin içerikleri (mg/L) .....	127
Çizelge 4.35.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca renksiz fenolik bileşen içerikleri (mg/L).....	128
Çizelge 4.36.	Depolama boyunca bulanık çilek nektarlarının bazı kalite parametrelerinin parçalanma/oluşum reaksiyon derecelerine ilişkin denklemlere ait korelasyon katsayıları ( $R^2$ ).....	131
Çizelge 4.37.	Bulanık çilek nektarlarına ait bazı özelliklerin en uygun dereceden reaksiyona göre parçalanma/oluşma reaksiyon hız sabitleri ve yarı ömür/katlanma süreleri.....	133
Çizelge 4.38.	Optimum termosonikasyon uygulanan ve teknolojik işlem uygulanmayan (kontrol) bulanık çilek nektarının duyuşsal analiz sonuçları.....	137

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 2.1.	Türkiye’de yıllara göre çilek üretim miktarı .....	8
Şekil 2.2.	2016 yılı Dünya çilek üretim miktarları .....	8
Şekil 3.1.	Nektar üretiminde kullanılan Rubygem çeşidi çilek .....	25
Şekil 3.2.	Bulanık çilek nektarı üretim akım şeması .....	28
Şekil 3.3.	Termosonikasyon uygulamalarına ait görsel.....	29
Şekil 3.4.	Uygulamalarda kullanılan ultrasound ekipmanının şematik gösterimi (1: Soğutucu, 2: Ultrasound ekipmanı, 3: Enerji ve sıcaklık ölçer) .....	30
Şekil 3.3.	Hidroksimetilfurfural tayin yönteminin akış şeması .....	39
Şekil 4.1.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında PFO inaktivasyonu (%) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	51
Şekil 4.2.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	57
Şekil 4.3.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	63
Şekil 4.4.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında askorbik asit (AA) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	68
Şekil 4.5.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında L* değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	72

Şekil 4.6.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında a* değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	77
Şekil 4.7.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında b* değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	81
Şekil 4.8.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında $\Delta E^*$ değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	85
Şekil 4.9.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında esmerleşme indeksi (EI) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler.....	91
Şekil 4.10.	Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrasound enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında hidroksimetil furfural (HMF) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler .....	96
Şekil 4.11.	Bulanık çilek nektarlarının depolama süresince kalıntı polifenol oksidaz aktivitesi değerleri.....	103
Şekil 4.12.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca pH değerleri .....	104
Şekil 4.13.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri.....	107
Şekil 4.14.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca suda çözünür kuru madde değerleri.....	109
Şekil 4.15.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca toplam monomerik antosiyanin içerikleri.....	111
Şekil 4.16.	Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca toplam fenolik madde miktarları.....	112

Şekil 4.17. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca askorbik asit miktarları .....	114
Şekil 4.18. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca L* değerleri.....	115
Şekil 4.19. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca a* değerleri .....	117
Şekil 4.20. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca b* değerleri .....	118
Şekil 4.21. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca Hue açısı değerleri.....	119
Şekil 4.22. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca kroma (C*) değerleri.....	120
Şekil 4.23. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca $\Delta E^*$ değerleri .....	121
Şekil 4.25. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca esmerleşme indeksi değerleri .....	123
Şekil 4.26. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca HMF miktarları.....	124
Şekil 4.27. Bulanık çilek nektarlarında toplam fenolik madde miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi.....	134
Şekil 4.28. Bulanık çilek nektarlarında toplam monomerik antosiyanin miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi.....	134
Şekil 4.29. Bulanık çilek nektarlarında pelargonidin-3-glukozid miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi.....	135
Şekil 4.30. Bulanık çilek nektarlarında askorbik asit miktarı değişiminin 1. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi .....	135
Şekil 4.31. Bulanık çilek nektarlarında HMF miktarı değişiminin 0. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi .....	136
Şekil 4.32. Bulanık çilek nektarları örümcek ağı diyagramı .....	137



## SİMGELER VE KISALTMALAR

O <sub>2</sub>	: Oksijen
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
°C	: Santigrat derece
dk	: Dakika
%	: Yüzde
mL	: Mililitre
NaOH	: Sodyum Hidroksit
cm	: Santimetre
Kg	: Kilogram
L	: Litre
g	: Gram
µL	: Mikro Litre
ppm	: Milyonda Bir
µg	: Mikro gram
SÇKM	: Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde
PFO	: Polifenol oksidaz
AA	: Askorbik asit
TMA	: Toplam Monomerik Antosiyanin
TF	: Toplam Fenolik Madde
HMF	: Hidroksimetil Furfural
ΔE*	: Toplam Renk Farkı





## 1. GİRİŞ

Çilek (*Fragaria × ananassa* Duch.) kendine özgü aroma ve renge sahip, klimakterik özellik göstermeyen *Rosaceae* familyasına ait bir bitki türüdür. Mekanik hasara, su kaybına ve çürümeye karşı oldukça dayanıksızdır (**Perez ve ark., 1999**). Aynı zamanda çilek, mevsimlik ve yüksek su içeriği nedeniyle dayanıksız bir meyve olduğu için endüstriyel uygulamalarda problemlerle karşılaşılacak bir hammaddedir (**Peinado ve ark.,2013**).

Üzümsü meyveler ve ürünlerinin temel duyuusal karakteristiklerin biri olan renk, tüketici tercihini büyük ölçüde etkileyen kalite parametrelerindedir. Antosiyaninler, çilekte olduğu gibi çoğu üzümsü meyvenin parlak kırmızı renginden sorumludur (**Hernanz ve ark., 2007; Rein ve Heinonen, 2004**). Ancak çilek suyunun rengi genellikle işleme sırasında değişmekte ve birkaç haftalık, hatta günlük depolama süresince renk mat, kahverengimsi hale gelmektedir. Aynı zamanda işleme ve depolama boyunca antioksidan aktivitedeki düşüş gıda ürünlerinin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini azaltabilmektedir. Oksijen, enzim, ışık ve sıcaklığa maruz kalan, zarar gören hammadde dokularındaki antioksidan bileşen içeriği azalabilmektedir. Çilekteki fenolik maddeler stabil değildir ve özellikle meyve suyu veya nektarı üretimi sırasında fenolik madde parçalanma veya polimerizasyonları oluşmaktadır (**Oszmianski ve Wojdylo, 2009**).

Antosiyaninlerin stabilitesini etkileyerek istenmeyen renk oluşumuna neden olan faktörler pH, ışık, sıcaklık, oksijen varlığı, polifenol oksidaz gibi enzimler, askorbik asit içeriği, diğer flavonoidler ve fenolikler gibi meyve bileşimindeki diğer maddelerdir (**Wang ve Xu, 2007**). Çilek ürünlerini de içeren çeşitli meyve suyu model sistemlerinde yapılan çalışmalar sonucunda, antosiyanin stabilitesinin antosiyaninler ile askorbik asit interaksyonundan etkilendiği bildirilmiştir (**Garcia-Viguera ve Bridle, 1999; Skrede ve ark., 1992; Tiwari ve ark., 2008**). Çilek suyunda askorbik asit ve antosiyanin pigmentleri arasındaki interaksyonun karşılıklı parçalanma ve renkte azalma ile sonuçlandığı da

gözlemlenmiştir (**Tiwari ve ark., 2008**). Gıda sistemlerinde antosiyanin stabilitesi, pigmentin kimyasal yapısı ile de ilişkilidir. Hidroksil, metoksil, şeker ve açılmış şeker fonksiyonel gruplarının antosiyanin stabilitesi üzerinde belirgin etkileri bulunmaktadır (**Garzon ve Wrolstad, 2002**).

Renk kaybı ve rengin koyulaşması genellikle çileklerin işlenmesi ve depolama sırasında, oksidasyon ve antosiyanin pigmentlerinin diğer fenolik bileşikler ile kondenzasyonu gibi kimyasal reaksiyonlar nedeniyle antosiyanin kaybı sonucunda meydana gelmektedir (**Castaneda-Ovando ve ark., 2009; Wang ve Xu, 2007**). Bu kondenzasyon reaksiyonları depolanan meyve sularında zamanla doğal olarak gerçekleşmektedir. Ferulik ve şiringik asitler çilek sularında antosiyaninlerle kompleksleşme özelliği göstermektedir (**Rein ve ark., 2005**). Kondenzasyon ürünleri stabil değildir ve parçalanmaları sonucu renksiz bileşikler oluşmaktadır. **Wang ve Xu (2007)** elde ettikleri veriler doğrultusunda böğürtlen antosiyaninleri degradasyonunun birinci dereceden reaksiyon kinetiğine sahip olduğunu saptamışlardır. Isıl işlem uygulaması ve depolama boyunca böğürtlenlerde antosiyanin parçalanmasının sıcaklık artışıyla hızlandığı bildirmişlerdir.

Genellikle meyve işlemenin antioksidan bileşiklerini etkilediğini gösteren çalışmalarda, taze meyve ile karşılaştırıldığında çilek ürünü bileşenlerindeki azalmaların üretim süresi ve işlem basamakları ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Bu bilgiler meyve endüstrisi için taze meyve kalitesini büyük ölçüde azaltmamak amacıyla fazla işlem basamağından kaçınılması açısından kullanışlıdır (**Giampieri ve ark., 2012**). Ekonomik önemi de göz önünde tutarak, araştırmacılar farklı işlemlerin meyveler ve ürünlerinin duyu ve besinsel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeye çalışmaktadır.

Stabil olmayan besin öğelerinin korunmasını sağlamak amacıyla çoğu meyve suyu üreticisi pastörizasyon işlemine, yüksek sıcaklık-kısa süre sterilizasyon (HTST) (**Piyasena ve ark., 2003**), vurgulu elektrik alan (PEF) (**Odriozola-Serrano ve ark., 2008**), ve perakende değeri yüksek olan pastörize

edilmemiş kısa raf ömürlü meyve suyu gibi alternatifler araştırmaktadır. Bilindiği gibi, meyve suyu işleme tekniklerinin, bazı bileşenlerin oluşumu ve kalite özellikleri üzerinde farklı etkileri olmaktadır. Konvansiyonel sıcaklık uygulamaları güvenlik sağlamakta ve raf ömrünü uzatmaktadır fakat meyve sularının besin ve kalite bileşenleri üzerinde istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle çilek ürünlerinin korunmasında özellikle termal olmayan yöntemlerin kullanımı oldukça önemlidir (**Klimczak ve ark., 2011; Seeram ve ark., 2004; Terefe ve ark., 2009**).

Son zamanlarda, tüketicilerin yüksek kaliteli, taze olana yakın ve mikrobiyolojik açıdan güvenli gıdalara talebi ve yeni teknolojilerin geliştirilmesine karşı ilgi artmaktadır. Bu yüzden düşük proses sıcaklıklarının kullanımı, düşük enerji tüketimi sağlanıp besinsel ve duyu kalite korunurken, patojenik mikroorganizmaların sağlık açısından tehlike oluşturmayacak seviyelere kadar inaktive edilmesi önemlidir (**Mosqueda-Melgar ve ark., 2008**). Raf ömrünü uzatabilmek, her mevsimde ulaşılamayan meyve ve sebzelerin işlenerek yılın her döneminde ulaşılabilir hale gelmesi ve güvenli gıda sağlama gibi amaçlarla gerçekleştirilen gıda işleme teknolojilerinden kalitesi ve besin değeri daha yüksek ürünler talep edilmektedir. Bu nedenle yeni teknoloji arayışları söz konusu olmaktadır. Çilekte besin değeri ve duyu özelliklerinin korunması amacıyla uygulanan alternatif teknolojilerden biri de ultrasesdir.

Ultrases (sonikasyon), saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgaları ile enerji meydana getirilmesi olarak ifade edilmektedir. Ultrases uygulamalarında 20 kHz' den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılmaktadır. Ultrases uygulamalarının sınıflandırılmalarında üretilen ses alanının enerji miktarı en önemli ölçüttür. Ses gücü (W), ses yoğunluğu ( $W/m^2$ ), ses enerjisi yoğunluğu ise ( $W.s/m^3$ ) ile karakterize edilmektedir (**Dolatowski ve ark., 2007; Knorr ve ark., 2004**).

Ses enerjisi, sürekli dalga-tipi bir hareket oluşturarak ortama girdiğinde, bu hareketin bir sonucu olarak boylamsal dalgalar oluşur ve bu durum ortamdaki partiküller üzerinde sıkışma ve gevşeme yaratır. Uygulanan ses dalgasının büyüklüğü ve kullanılan

frekansa bağılı olarak çeşitli uygulamalara olanak sağlayan bir seri fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkiler gerçekleşebilmektedir. Yüksek şiddetli ultrases uygulanan sıvıda yüksek basınç ve düşük basınçlı dalgalar oluşmaktadır (**Knorr ve ark., 2004**). Düşük basınçlı dalga oluşumu sırasında, ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncuklar meydana getirirler ve bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hacme ulaştıklarında, yüksek basınçlı dalga oluşumu ortaya çıkar ve eş zamanlı olarak içe doğru patlarlar. Bu olaya kavitasyon adı verilmektedir. Kavitasyon sonucunda 1000 atm'nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara neden olur (**Vercet ve ark., 2001**).

Genel olarak gıda teknolojisinde ultrases kullanımı: hücrelerin parçalanması, ekstraksiyon (hücre içi materyalin ekstraksiyonu, enzim eldesi), sıvı gıdalardaki enzimatik reaksiyonların aktivasyonu, fermentasyonun hızlandırılması, karıştırma, homojenizasyon, katı materyalin sıvı içine disperse olması, sıvı akımdaki yağın emülsifiye edilmesi, spreyleme, gazların ayrılması (degassing), enzimlerin inaktivasyonu, mikrobiyal inaktivasyon, kristalizasyon, et prosesleri, kurutma gibi işlemlerde tek başına bazen de yardımcı işlem olarak kullanılmaktadır (**Mason ve ark., 2005; Wu ve ark., 2008**).

Bu çalışmada temel amaç, besin bileşenlerince zengin olan çilek meyvesinin bulanık çilek nektarına işlenmesi ve depolanması sırasında karşılaşılan renk değişimlerini azaltmak veya engellemek için termosonikasyon uygulamalarının etkisini belirlemektir. Bu amaçla, farklı ultrases enerji yoğunluğu ve uygulama sıcaklıkları kullanılarak nektarların kalıntı polifenoloksidaz (PFO) aktivitesi ve özellikle renkli-renksiz fenolik bileşenler, renk, esmerleşme indisi, toplam fenolik madde ve duyuşal özellikleri belirlenerek uygulanan işlemlerin bu özellikler üzerine etkisi ortaya konulmuştur. Aynı zamanda optimum termosonikasyon koşullarına göre işlenen nektarlar üç ay süreyle depolanmıştır.

Tez çalışması kapsamındaki hedefler;

- Sağlık açısından önemi olan fenolik bileşenler bakımından zengin çilek meyvesinden, özellikle bulanık nektar rengindeki değişimlerin engellenmesi ve yüksek kalitede nektarların üretilmesi için en uygun termosonikasyon parametrelerinin saptanması,
- Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğunun, nektarın kalite özellikleri üzerine etkilerinin matematiksel modellerle ortaya koyulması ve bu modellerin geçerliliğinin validasyon çalışmasıyla ispatlanması,
- Optimum termosonikasyon işlemi uygulanan nektarların üç ay süreyle depolanması ve depolama boyunca kalite parametrelerindeki değişimlerin matematiksel olarak modellenmesidir.



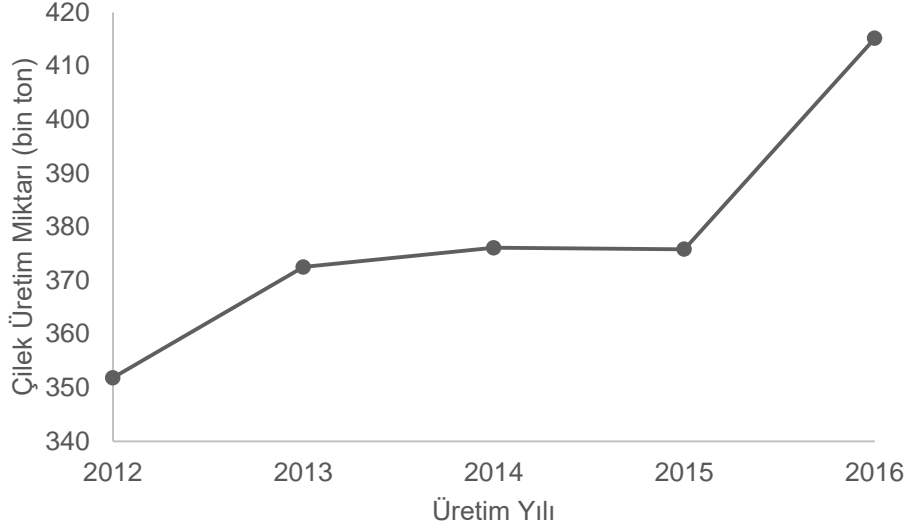
## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çilek

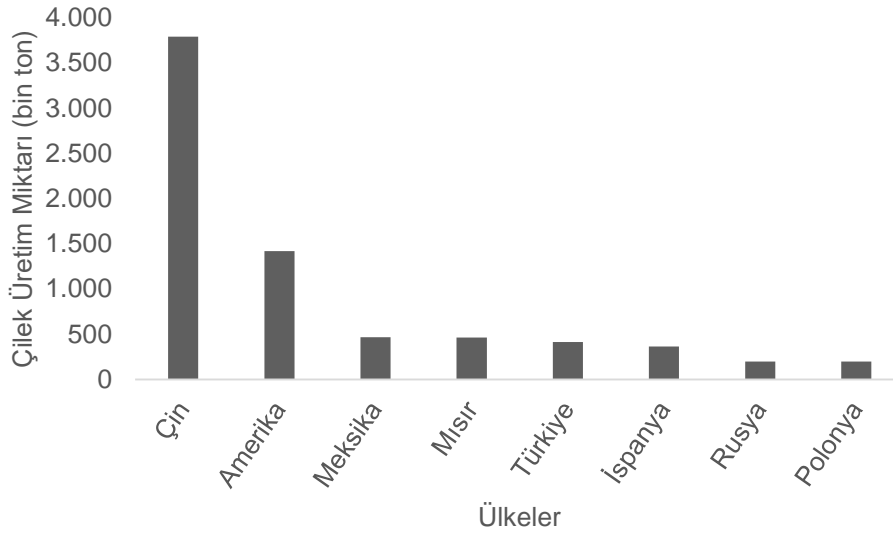
Önemli bir ılıman iklim meyvesi olan çilek; genellikle ilkbahar ve yaz aylarında pazarlanmakta ve üzüm sü meyveler grubunda yer almaktadır. Besleyici olması ve ticari değeri nedeniyle dünya genelinde çok rağbet görmekte olan çilek, C vitamini ve flavonoidler, antosiyaninler ve taninler gibi çok çeşitli biyoaktif bileşenlerin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (**Bhat ve Stammering, 2015**). Günümüzde, yüksek miktarda askorbik asit ve polifenol içeren bitkisel ürünlerin tüketimi hızla artmaktadır. Bunun başlıca sebebi, askorbik asit ve polifenollerin antioksidan aktivite göstererek başta kanser olmak üzere; kalp ve damar rahatsızlıklarının da bulunduğu bazı hastalıkları engelleyici ve geciktirici etkilerinin olmasıdır (**Meneveşoğlu, 2012**).

Ülkemizde; özellikle 2010–2013 yılları arasında önemli düzeyde artış gösteren çilek üretimi (Şekil 2.1); 2016 yılında 415150 tona ulaşmıştır (**Anonim, 2018**). Dünyada en fazla çilek üretilen ülkeler sırasıyla Çin, Amerika, Meksika ve Türkiye'dir (**Anonim, 2018**; Şekil 2.2). FAO'dan elde edilen 2016 yılına ait verilere göre dünya çilek üretimi yaklaşık 9.1 milyon ton'dur ve ülkemiz bu üretimin % 4.6'sını karşılarken, en önemli çilek üreticisi Çin ise dünya çilek üretiminin % 41.6'sını karşılamaktadır (**Anonim, 2018**).





Şekil 2.1. Türkiye’de yıllara göre çilek üretim miktarı (Anonim, 2018)



Şekil 2.2. 2016 yılı Dünya çilek üretim miktarları (Anonim, 2018)

Genellikle taze meyve olarak tüketilen çilek; meyve suyu, nektar, püre, meyve suyu konsantresi ve reçel gibi ürünlere de işlenmektedir. Doğal hali ile

tüketilmesi tercih edilmeyen çilek suyu gibi bazı meyve sularının tadının, şeker ve asit ilavesiyle düzeltilip nektar halinde sunulması gerekmektedir.

## 2.2. Çilekte Bulunan Polifenoller

Meyve ve sebzelerde genellikle az miktarda bulunan ve fakat bunların işlenmelerinde farklı sorunlara neden olan önemli bileşim öğelerindedir. Polifenollerin önemli bir bölümü, bu ürünlerin lezzetinin oluşmasında, özellikle ağızda buruk bir tat bırakmasında etkilidir. Polifenoller, bitkiler aleminde yaygın olarak bulunan büyük bir bileşik grubunu oluşturup hidroksil gruplarının sayısı ve pozisyonuna göre “fenolik asitler” ve “flavonoidler” olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Fenolik asitler;

- a) sinamik asitler (veya hidroksisinamik asitler)
  - b) benzoik asitler (veya hidroksibenzoik asitler) olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır.
- Flavonoidler ise;

- a) antosiyanidinler,
- b) flavonlar ve flavonoller,
- c) flavononlar,
- d) kateşinler ve lökoantosiyanidinler,
- e) proantosiyaninler olmak üzere beş gruptan oluşmaktadır (**Cemeroğlu, 2009**).

Polifenollerin en yaygın grubu C6–C3–C6 flavon iskeleti üzerine kurulmuş olan flavonoidler, doğada 400'den fazla flavonoid tanımlanmış olup halka yapılarına göre isimler almaktadırlar (**Koca ve Karadeniz, 2005**). Flavonoidler, serbest radikalleri bağlayarak, onları etkisiz hale getirmektedir. Örneğin, flavonoidlerin lipid oksidasyonu üzerindeki etkileri, peroksi radikalleriyle

reaksiyona girmeleri sonucunda elektron transferi yolu ile hidroksil ve süperoksit radikallerini bağlamalarıyla ilişkilidir (**Koca ve Karadeniz, 2005**). Bununla birlikte; C vitaminine göre 10–30 kat daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olan polifenoller (**Lu ve Foo, 2000**), oksijen ve peroksi radikallerini bağlayarak, C vitamininin antioksidan aktivitesinin ve vücuttaki etkinliğinin artırılmasına da yardımcı olmaktadır (**Gardner ve ark., 2000**).

Polifenollerin göstermiş oldukları antioksidan etki nedeniyle; aralarında, kalp ve damar rahatsızlıklarının yanı sıra, kanser ve diyabet gibi hastalıkların da bulunduğu pek çok hastalığı önleyici etki gösterdiği ve yaşlanmayı geciktirme gibi olumlu etkiler yarattığı bildirilmiştir (**Abdill ve ark., 2005; Seeram ve ark., 2006**). Ayrıca, polifenollerin sahip oldukları antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri, onları gıdaların muhafazasında bu etkileri sağlamak amacıyla kullanılan ve sağlık endişelerine neden olan sentetik gıda katkı maddelerine alternatif olabilecek doğal bileşikler haline de getirmiştir (**Meneveşoğlu, 2012**).

Çilek, yalnızca renkli antosiyaninleri değil, çileğin yüksek antioksidan aktivitesine katkı sağlayan renksiz polifenoller (özellikle elajik asit ve kuersetin) de içine alan çeşitli fenolik bileşikler içerir (**Hartmann ve ark., 2008**).

Antosiyaninlerin yanı sıra sınıflandırılmış olan temel fenolik maddeler de çilekte tanımlanmıştır. Bu maddeler flavanoller (kuarsetin ve kampferol konjugatları), hidroksisinamik asit derivatları (p-kumarik ve ferulik asit derivatları), flavan-3-ol (kateşin ve proantosiyanidin) ve elajitaninlerdir (elajik asit konjugatları) (**Fernandes ve ark., 2012**).

Birçok meyve ve sebze olduğu gibi, çileklerin içerdiği toplam fenolik madde miktarları da çeşide bağlı olarak önemli düzeyde değişiklik göstermekte olup; yapılan çalışmalar çileklerdeki polifenol miktarının 243–2900 mg GAE/kg arasında değiştiğini göstermektedir. Özellikle Amerika’da yetişen çilek çeşitlerindeki polifenol miktarının (1830–2900 mg GAE/kg), önemli polifenol kaynakları olarak bilinen; beyaz üzüm (950 mg GAE/kg, **Cielsik ve ark., 2006**), erik (2000 mg GAE/kg, **Cielsik ve ark., 2006**), portakal (2170 mg GAE/kg,

Cielsik ve ark, 2006), elma (660–2110 mg GAE/kg, **Vrhovsek ve ark., 2004**, **Badr ve Mahmoud, 2011**) ve kiviinin sahip olduğu polifenol miktarından (2730 mg GAE/kg, **Cielsik ve ark, 2006**) daha yüksek; buna karşın, siyah havuçtakinden (3000 mg GAE/kg, **Khandare ve ark., 2011**) daha düşük olduğu bildirilmiştir.

**Aaby ve ark. (2012)** tarafından 27 farklı çilek çeşidinde bulunan fenolik bileşenler karakterize edilmiş ve miktarları belirlenmiştir. Toplam fenolik bileşen değerlerinin çeşitler arasında 2.3 kat kadar değişebildiği bildirilmiştir. Tüm fenolik bileşenlerin konsantrasyonları bakımından çilek çeşitleri arasında önemli ölçüde fark bulunmuştur.

Çilek, yüksek antioksidan aktiviteye sahip bir meyvedir. FRAP yöntemiyle yapılan bir çalışmada; çileğin antioksidan aktivitesinin 7.3–10.4 mmol/100 g arasında değiştiği saptanmıştır (**Tulipani ve ark., 2008**). **Guo ve ark. (1997)** çalışmasında; çileğin portakala kıyasla 1.3, kırmızı üzüme kıyasla 2, elma ve muza kıyasla 5 ve tatlı kavuna kıyasla 13 kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, kiraz (4.58 mmol/100 g, **Guo ve ark., 2003**), erik (9.45 mmol/100 g, **Guo ve ark., 2003**), kayısı (1.85 mmol/100 g, **Guo ve ark., 2003**) ve mangodan (6.4 mmol/100 g, **Patthamakanokporn ve ark., 2008**) daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olan çileğin, kiviye (15.51 mmol/100 g, **Guo ve ark., 2003**) göre daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Çileklerdeki polifenol miktarı; meyve çeşidi dışında, çilek ürünleri üretimi sırasında uygulanan proseslere ve depolama sıcaklık-süresine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Çilek suyu ve nektarı üretim aşamalarının toplam polifenol miktarı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, çileklerin toplam polifenol miktarlarında; presleme işleminin %39, pastörizasyon işleminin ise %28 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (**Klopotek ve ark., 2005**). Yine aynı çalışmada, santrifüj (% 13) ve filtrasyon (% 17) işlemlerinin de polifenol miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Pastörizasyon, santrifüj, filtrasyon ve reçel üretim işlemlerinin (% 16, **Ngo ve ark., 2007**) aksine; çilek püresi üretimi sırasında yüksek basınçta (600 MPa) uygulanan presleme işleminin,

toplam fenolik madde miktarında %10 artışa neden olduğu ortaya konulmuştur (**Patras ve ark., 2009**).

Farklı sıcaklıklarda (0°C, 5°C ve 10°C) 14 gün depolamanın, çileklerin polifenol miktarı üzerine etkisinin incelendiği çalışmada ise; 5°C ve 10°C'de depolanan örneklerin toplam polifenol miktarında sırasıyla % 28 ve % 55 artış gözlemlenirken, 0°C'de depolanan örneklerin toplam polifenol miktarında istatistiksel değişiklik görülmediği ifade edilmiştir (**Ayala-Zavala ve ark., 2004**).

**Meneşoğlu'nun (2012)** bildirdiğine göre, **Nebesky ve ark. (1949)**, üzüksü meyvelerden elde edilen meyve sularının depolanma sürecinde oksidasyon kaynaklı antosiyanin parçalanması oluşmaktadır. **Roginsky ve Alegria (2005)**, siyah çayda bulunan epikateşin, epigallokateşin, epikateşin gallat ve epigallokateşin gallat otooksidasyonunu tanımlamıştır.

Polifenoller, proses aşamaları ve süresinden de etkilenmektedirler. Çilekte bulunan PFO'nun optimum çalışma pH'sı 3.0–8.0 ve sıcaklığı ise 4–70°C aralığındadır (**Chisari ve ark., 2007**). PFO 75°C'nin üzerinde inaktive olmaktadır. Pastörizasyon gibi ısı işlemlerle PFO da inaktive olduğu için, polifenoller pastörizasyonla korunmaktadır (**Yemenicioğlu ve ark., 1997**).

Isıl işlem uygulaması, gıdaların raf ömrünü uzatmak ve gıdaları korumak için kullanılan en yaygın yöntem olsa da fenolik bileşen stabilitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (**Gossinger ve ark., 2009a; Hartmann ve ark., 2008; Klopotek ve ark., 2005; Wang ve Xu, 2007; Ioannou ve ark., 2012**). Taze meyvelerde, işlem sırasında hücrelerin parçalanması ve sonrasında fitokimyasalların sıcaklık ve oksijen gibi fiziksel faktörlere maruz kalması nedeniyle büyük ölçüde değişim göstermektedir (**Aguilar-Rosas ve ark., 2007**).

**Oliviera ve ark. (2014)** tarafından, çilekte pastörizasyonun hemen ardından, belirlenen koşullar altında toplam antioksidan aktivitesi, toplam fenolik ve toplam antosiyanin bileşen değerlerinde değişim olmadığı bildirilmektedir. Bununla beraber pastörizasyon, meyvede bulunan fenolik bileşenleri etkilemiştir. Pastörizasyon işleminin hemen sonrasında kampferol (%29) ve kuarsetin-3-

rutinozid (%25) içeriğinde belirgin azalma gözlemlenmiştir. Bu değişimin sıcaklık etkisiyle artan oksidasyona bağlı olabileceği bildirilmiştir. Çünkü kuarsetin-3-rutinozid seviyesindeki azalma, oksijen varlığında pastörizasyon uygulamasıyla hızlandırılabilir (Buchner ve ark., 2006; Makris ve Rossiter, 2000). (+)-kateşin (%34), (-)-epikateşin (%134), elajik asit (%66), epikateşin gallat (%119) ve kuarsetin-3-galaktozid (%33) termal işlem sonrasında artış göstermiştir (Gerard ve Roberts, 2004; Chandrasekara ve Shahidi, 2011; Yu ve ark., 2005). Elajik asit konsantrasyonunun, elajitanin hidrolizi sonucunda açığa çıkarak arttığı da daha önce gözlemlenmiştir (Aaby ve ark., 2005; Häkkinen ve ark., 2000).

Oksijen varlığında ısı işlem, aynı zamanda proantosiyanidinlerin (+)-kateşin ve (-)-epikateşin gibi flavan-3-ol alt birimlerine parçalanmasına (Jorgensen ve ark., 2004) ya da fenolik bileşiklerin kovalent olarak bağlanmasıyla çözünür fenolik madde miktarında artışa neden olmaktadır (Bolling ve ark., 2010; Fuleki ve Ricardo-da-Silva, 2003).

Marszalek ve ark. (2015), sürekli mikrodalga uygulaması (90-120°C'de 10 saniye, 80-90°C'de 7 saniye) ve konvansiyonel ısı işleminin (90°C'de 15 dakika) çilek püresi kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuçlara göre konvansiyonel termal işlem 120°C'de mikrodalga işleme kıyasla polifenoller (~%7) ve antosiyaninler (~%20) üzerinde daha yüksek yıkıcı etkiye neden olduğu bildirilmiştir.

Sadilova ve ark. (2007) tarafından, ısı işlem uygulanan (95°C'de 6 saat) çileklerde, antosiyaninlerin ısı parçalanması araştırılmıştır. Termal parçalanmanın ilk basamağının, antosiyanin deglikozilasyonu değil, pirilyum halkasının açılması ve kalkon glikozid oluşumu olduğu, daha sonra ise ısıya duyarlı kalkonun, kolaylıkla fenolik asit ve aldehite parçalanmakta olduğu öngörüsünde bulunulmuştur.

Alexandre ve ark. (2012) çileklere ultrases (35 kHz) gibi ısı olmayan işlemler uygulamıştır ve 6 gün boyunca oda sıcaklığında depolanan çileklerden kimyasallarla (sodyum klorit ve hidrojen peroksit çözeltileri) yıkananların daha

yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir. Çileklerin dondurulmasından önce, ısıtma işlemi alternatif olan ultrases uygulamasının analiz edilen tüm kalite parametrelerinin korunmasında olumlu etki sağladığı ve mikrobiyal kontaminasyonun kontrol edilmesinde yeterli olduğu ifade edilmiştir.

**Dubrovic ve ark. (2011)** çilek suyuna uygulanan yüksek yoğunluklu ultrases ve pastörizasyonun antosiyanin stabilitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deneysel parametrelerin optimizasyonu ve dizaynı için merkezi kompozit tasarımı kullanılmış, uygulanacak sıcaklık (25, 40, 55°C), genişlik (60, 90, 120 µm) ve süre (3, 6, 9 dk) değerleri belirlenmiştir. Antosiyanin bileşen içeriği, işlenmemiş çilek suyuna kıyasla pastörizasyondan sonra %5.3 ile %5.8 aralığında azalma göstermiştir. Ultrases (20°C, 3, 6 ve 9 dk) ya da termosonikasyondan (40°C, 3, 6 ve 9 dk) sonra antosiyanin parçalanması işlenmemiş çilek suyu ile karşılaştırıldığında %0.7 ile %4.4 aralığında değişen bir azalma göstermiştir. Yalnızca 55°C'de 9 dk boyunca termosonikasyon uygulanan örnekte toplam antosiyanin içeriği işlenmemiş örneğe kıyasla azalmıştır ve pastörizasyon uygulanan örneğinden de yüksek bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında seçilen ultrases uygulamalarının %85'inden fazlasında pastörizasyona kıyasla toplam antosiyanin içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ultrases uygulaması antosiyanin içeriğini koruma konusunda bakıldığında pastörizasyonun yerini alabileceği ifade edilmiştir.

### **2.3. Çilekte Bulunan Askorbik Asit**

Yapılan çalışmalar; çilek, çilek suyu ve ürünlerinin yüksek miktarda askorbik asit içerdiğini göstermiştir. Nitekim, 100 g çilek günlük C vitamini ihtiyacını (60 mg/gün) tek başına karşılayabilmektedir (**Carr ve Frei, 1999**). Askorbik asit, tüm meyve ve sebzelerde olduğu gibi çilekte de özellikle çeşide ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir ve yapılan çalışmalar çileğin askorbik asit miktarının 314–1120 mg/kg aralığında değiştiğini göstermektedir (**Skupien ve Oszmianski, 2004; Pineli ve ark., 2011; Pinto ve ark., 2008**).

Askorbik asit çok güçlü bir antioksidan olmasının yanında, antosiyanin içeren meyve ürünlerinin renkleri üzerine de önemli etkiye sahiptir. Antosiyanin; birçok meyvenin parlak pembe-kırmızı-viyole-mor renginden sorumludur. Askorbik asit ise, meyve ürünlerinde; polifenoller grubunda yer alan bu pigmentlerin parçalanmasına neden olabilmektedir (**Poei-Langston ve Wrolstad, 1981**). Örneğin, nar sularına zenginleştirme amacıyla eklenen askorbik asit; antosiyanin kaybını hızlandırmaktadır (**Marti ve ark., 2001**). Askorbik asit doğrudan antosiyaninleri parçalamamakta fakat askorbik asidin parçalanma ürünleri (dehidroaskorbik asit, furfural ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)) antosiyanin parçalanmasına neden olmaktadır (**Sondheimer ve Kertesz, 1952; Meschter, 1953**).

Çileklerdeki askorbik asit miktarı; meyve çeşidi ve hasat zamanı dışında, çilek ürünleri üretimi sırasında uygulanan proseslere ve depolama sıcaklık-süresine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Çilek püresi üretimi sırasında yüksek basınçta (400 MPa, 10°C, 70 s) uygulanan presleme işlemi askorbik asit miktarında %9 oranında azalmaya neden olmuştur (**Patras ve ark., 2009**). Benzer şekilde, ozon uygulamasının (%7.8 ağırlık/ağırlık, 10-12 dk) da çilek suyundaki C vitamini üzerine olumsuz etkide bulunduğu ve C vitamini içeriğini %86 oranında düşürdüğü bildirilmiştir (**Tiwari ve ark., 2009a**). Bununla birlikte; çilek suyunun üretim aşamaları da C vitamini üzerine doğrudan etki göstermektedir. Çilek suyu üretimi sırasında askorbik asit miktarında meydana gelen en önemli kayıp, pastörizasyon aşamasında (% 35) belirlenmiştir (**Klopotek ve ark., 2005**). Bununla birlikte, bu çalışmada presleme (% 21), filtrasyon (% 16) ve santrifüj (% 14) işlemlerinin de askorbik asit miktarında önemli düzeyde azalmaya neden olduğu da ortaya konulmuştur. Bu azalmaların; askorbik asidin dehidroaskorbik aside dönüşmesi sonucunda meydana geldiği bildirilmektedir (**Klopotek ve ark., 2005**).

Askorbik asidin sıcaklığa karşı duyarlı olduğu ve yüksek sıcaklıklarda depolanan ürünlerde askorbik asidin hızla parçalandığı bilinmektedir (**Meneveşoğlu, 2012**). **Derossi ve ark. (2010)**; 5°C, 10°C ve 25°C'de 7 gün



depolanan çilek sularındaki C vitamininin değişimini incelediği çalışmalarında; C vitamini düzeyinin; 25°C’de % 90, 10°C’de % 34 ve 5°C’de ise % 20 oranında azaldığını saptamıştır. Çilek reçelinde yapılan bir çalışmada ise, 4°C ve 15°C’de 28 gün boyunca depolanan reçelin C vitamini içeriğinde sırasıyla %50 ve %70 oranında azalma meydana geldiği ve 4°C’ye kıyasla 15°C’de depolanan reçelde askorbik asidin parçalanma hızının 2.2 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (**Patras ve ark., 2010**).

Askorbik asidin çeşitli izomerleri vardır. Bu izomerlerden en önemlisi L-askorbik asit olup, bu izomerinin biyolojik aktivitesi bulunmaktadır. L-askorbik asit kolaylıkla ve geri dönüşümlü olarak L-dehidroaskorbik aside okside olur. Oksidasyon ürünü olan L-dehidroaskorbik asit de C vitamini aktivitesine sahiptir. Ancak, L-dehidroaskorbik asit, daha sonraki aşamalarda, L-diketoglukonik aside (2,3-diketoglukonik asit) geri dönüşümsüz olarak parçalanır. L-diketoglukonik asit en sonunda furfurala kadar parçalanmaktadır. Furfural polimerize olarak esmer bileşikler oluşturduğu gibi, amino asitlerle reaksiyona girerek enzimatik olmayan esmerleşme olaylarına da katılmaktadır. Böylece, enzimatik ve enzimatik olmayan renk esmerleşmelerine karşı kullanılan askorbik asidin, elverişsiz koşullarda özellikle yüksek sıcaklıklarda, esmerleşmelere neden olabileceği de bilinmektedir (**Cemeroğlu, 2009**).

#### **2.4. Çilekte Bulunan Polifenoloksidaz Enzimi**

Çileklerin hasat, depolama ve ürüne işlenmesi sırasında polifenol içeriğinde değişiklikler meydana gelmektedir ve bu işlemler sırasında polifenol içeriğinde meydana gelen azalmaların temel nedeni polifenollerin enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyonudur. Polifenol oksidaz (PFO), oksidoredüktaz grubuna giren enzimlerdir ve substratları polifenollerdir. Özellikle bitkiler âleminde yaygın olarak bulunan PFO’lar, substratlarını oksijen eşliğinde esmer renkli bileşiklere oksitlemektedirler. Bu olay gıda teknolojisinde enzimatik esmerleşme olarak bilinmektedir (**Meneveşoğlu, 2012**).

Bütünlüğü bozulmamış meyve ve sebzelerde, PFO'nun polifenollerle reaksiyonu son derece azdır. Çünkü enzim ve substratlar hücrenin farklı kısımlarında yer almaktadır. PFO'nun bir kısmı sitoplazmada serbest halde bulunurken, büyük bir kısmı ise hücrenin tilakoid ve kloroplast gibi unsurlarında, membrana bağlı olarak bulunur. Hasat, taşıma ve işleme sırasındaki etkiler ve uygulanan işlemlerle hücre ve doku bütünlüğü bozulmaktadır. Bu nedenle PFO'lar polifenollerle ve havadaki oksijen ile bir araya gelmekte ve polifenollerin parçalanmasına neden olmaktadır (**Muchuweti ve ark., 2006**).

Gıdalarda bozulmaları engelleyebilmek amacıyla gıdada bulunan enzimlerin inaktive edilmeleri ya da aktivitelerinin azaltılması gerekmektedir. Proteazlar gibi proteolize neden olan enzimler, gıdanın lezzet özelliklerinde değişime ve kahverengi pigmentlerin oluşumuna neden olabilmektedir. Enzim inaktivasyonu sıcaklık uygulamasıyla gerçekleştirilebilmekte fakat yüksek ısı dirençli enzimlerin inaktivasyonu gıda özelliklerinde istenmeyen değişimlere neden olabildiği için sorun teşkil etmektedir. Enzim inaktivasyonu için ultrases gibi alternatif bir yöntem arayışının temel nedeni bu durum olarak görülmektedir (**Chemat ve ark., 2011**).

Gıda sanayinde pastörizasyon ve mikrodalgada ısıtma gibi termal işlemler, mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer yandan termal işlemler, meyve sularında duyu özellikleri ve besinsel değerleri negatif yönde etkileyebilmektedir. İşlem sırasında antosiyaninlerin kolaylıkla parçalanıp kahverengi polimerik pigmentlerin oluşumu da bu etkilerdendir (**Pala ve Toklucu, 2011; Patras ve ark., 2010**). **Gossinger ve ark., (2009)** bazı işlem parametrelerinin (ön dondurma, püre içeriği, pastörizasyon sıcaklığı ve süresi gibi) renk stabilitesi ve püreden yapılan çilek nektarının monomerik antosiyanin ve L-askorbik asit içeriği üzerine etkisini araştırmıştır. Pastörizasyon sıcaklığı ve ısı işlem süresinin artışı çilek nektarlarının renk stabilitesi üzerinde belirgin oranda pozitif etkisi olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre depolama boyunca meydana gelen renk parçalanmasının temel

nedeninin kalıntı enzim aktivitesi olduğunu ifade etmişlerdir.

**Marszalek ve ark. (2015)**, sürekli mikrodalga uygulaması (90-120°C'de 10 saniye, 80-90°C'de 7 saniye) ve konvansiyonel ısıtma işleminin (90°C'de 15 dakika) çilek püresi kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Enzim aktivitelerinde yalnızca konvansiyonel ısıtma işlemi etkili bulunduğu polifenol oksidaz (%98), peroksidaz (POD) %100 oranında inaktive edildiği bildirilmiştir. En etkili PFO ve POD inaktivasyonu (sırasıyla %82 ve %88) mikrodalga ısıtma uygulamalarından 120°C sıcaklık değerinde olan olarak belirlenmiştir. Fakat 90°C'de renk ve besin ögeleri daha iyi şekilde korunmuştur. Mikrodalga ısıtma, konvansiyonel yolla pastörizasyonuna kıyasla çilek pürelerinin kalitesini korumak amacıyla kullanılacak daha iyi bir yöntem olabileceği bildirilmiştir.

**Jacopo ve ark. (2015)**, çilek püresi üretimine en uygun çilek çeşidini saptamak amacıyla termal işlem süresince farklı genotipteki çileklerin fitokimyasal kompozisyon stabilitesini değerlendirmiş ve uzun süreli yeterli sıcaklığın pürelerin fitokimyasal özellikleri üzerine etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışmada duyuşal özellikleri daha iyi ve besinsel değerleri yüksek olan 3 çeşit çilek kullanılarak püreler hazırlanmıştır. Termal işlem uygulanan püreler, farklı koşullarda depolanarak pürelerin besinsel ve duyuşal kaliteleri araştırılmıştır. Meyve ve püreye (0, 30, 60, 120, 180 gün depolanan) ait kalite (çözünür kuru madde, pH, renk) ve besinsel parametreler (toplam antioksidan kapasitesi, fenol ve antosiyanin içeriği) analiz edilmiştir. Çalışma, renk stabilitesinin, meyve antosiyanin içeriği ve toplam antioksidan kapasitesinin yüksek olması ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ortam sıcaklığında depolanan farklı genotiplerdeki meyve püreleri ile dondurulmuş olanlar karşılaştırıldığında besinsel değer ve renk stabilitesinin dondurulan pürelerde daha yüksek olduğu görülmüştür.

## 2.5. Ultrases Uygulamaları

Ultrases, mekaniksel nitelikte olup çok yüksek frekansta (18 kHz-500 MHz) duyulabilecek tonda sese sahiptir (**Bozkurt ve İçier, 2009**).

uygulamaları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kativasyonlar) oluşması, hücre çeperinin incilmesi, noktasal sıcaklık yükselişi, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler, geleneksel ısıtma uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyuşsal değişimlere neden olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonunu sağlamaktadır (**Piyasena ve ark., 2003b; Chemat ve Hoarau, 2004**). Ultrases uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrasonik dalğanın genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır (**Vercet ve ark., 1997**). Meyve sularında genellikle mikroorganizma gelişimini engellemek ve enzimlerin inaktive edilmesi amacıyla ısıtma işlemlerinden biri olan pastörizasyon kullanılmaktadır. Fakat 80°C'den yüksek ısıtma işlemler meyve sularının fiziksel, kimyasal, biyolojik ve organoleptik özelliklerinde istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir (**Abdullah ve Chin, 2014**). Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre ultrases işleminin tek başına gıda güvenilirliğini sağlamada yeterli olmayışından ötürü, basınç, sıcaklık ve antimikrobiyal madde uygulaması gibi geleneksel metotlarla kombinasyonunun zaman ve enerji tasarrufu sağlayacağı belirtilmektedir (**Piyasena ve ark., 2003b**). Uygulama süresi ve enerji tüketimi açısından değerlendirildiğinde de ultrases teknolojisinin sıcaklık uygulamasıyla kombinasyonu, tek başına ultrases kullanılmasından daha verimli olmaktadır (**Chemat ve ark., 2011**). Termosonikasyon teknolojisi daha ılımlı sıcaklıklar (37-75°C) ile ultrases teknolojisinin kombinasyonudur ve ısıtma işleme alternatif olma potansiyeli taşımaktadır (**Abdullah ve Chin, 2014**).

Ultrases uygulamasının, geleneksel kurutma yöntemlerine göre gıdalarda daha az kalite kaybına yol açtığı belirtilmiştir (**Mason ve ark., 2005**). **Wang ve ark. (2011)**, ultrasesin sarımsakta bulunan allyin liyaz aktivitelerinin düşük frekans ve orta yoğunluklu ultrases işlemleri ile geliştirilebileceğini göstermişlerdir. Ayrıca ultrasesin dondurma işlemlerinde ürünün donması için gerekli süreyi kısaltıp, donmuş ürünün kalitesini arttırdığı bildirilmiştir. Yüksek enerjili ultrasonik uygulamanın, kristalizasyon işlemini, kristal çekirdeklerinin oluşumunu

desteklemesi, küçük ve düzenli kristallerin oluşumunu sağlaması ve bozuk yüzey yapısının engellemesi yönünden etkilediği de saptanmıştır (**Luque de Castro ve ark., 2007; Virone ve ark., 2006**). Ultrases uygulamasının donma süresine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ultrases işleminin patates dilimlerinin dondurulmasında donma süresini azalttığı tespit edilmiştir (**Li ve ark., 2002**).

Domates suyunda pektin metil esterazın (PME) ısıtma (60 ve 65°C) ve TS (termosonikasyon) (25 µm, 50 µm ve 75 µm, 60°C ve 65°C) ile inaktivasyonu araştırılmış ve TS'da 60°C ve 65°C'de sırayla 41.8 ve 11.7 dakika sonra PME aktivitesinde %90 oranında azalma olduğu görülmüştür. Aynı orandaki azalmayı yalnızca ısı işlemi kullanarak elde edebilmek için 60 ve 65°C'de sırasıyla 90.1 ve 23.5 dakika harcanmıştır (**Wu ve ark., 2008**). Taze doğranmış sebze ve meyvelerdeki kararma gıdanın tüketiciler tarafından kabul görmesi açısından önemli bir sınırlayıcı faktördür. PFO ve POD, taze doğranmış meyve ve sebzelerdeki kararmadan sorumludur. Kararma işlemi taze kesilmiş gıdalarda hücre yapısının bozulup enzim ve substratın bir araya gelmesi ile oluşur. Ultrases ve askorbik asidin birlikte uygulanmasının taze kesilmiş elmada PFO ve POD inaktivasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir (**Jang ve ark., 2011**). Diğer yandan, PME' in 60°C ve 65°C'de ısı ve termosonik işleme inaktivasyonu incelenmiş ve D değerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir (**Wu ve ark., 2008**). Ultrases işleminin yalnız başına portakal suyundaki PME'in inaktivasyonunda yeterli olmadığı sonucuna varılmış ve maksimum akustik enerji yoğunluğunda (1.05 W/mL'de 10 dk) enzimin en yüksek oranda (% 62) etkisizleştirildiği belirlenmiştir (**Kadkhodae ve ark., 2007**). **Cruz ve ark. (2008)** ise termosonik işleme (40-80 °C) su teresi kaynaklı POD aktivitesinde artış gözlemlerken, 82.5-92.5°C sıcaklık aralığında aynı enzimin aktivitesinde azalma belirlenmiştir. Ayrıca, enzim inaktivasyon hızının termosonikasyon işlemiyle daha yüksek olduğunu saptamışlardır (**Cruz ve ark., 2008**). **Knorr ve ark. (2004)**, portakal suyuna TS uygulamış ve askorbik asit degradasyonunun, sadece sıcaklık uygulanan örneklere göre daha düşük olduğunu belirlemiştir.

**Koshani ve ark. (2015)**, turunç suyunda bulunan pektin metilesteraz enziminin inaktivasyonu için kritik işlem koşullarını cevap yüzey yönteminden yararlanarak optimize etmiştir. Termal inaktivasyon için koşullar 40-80 C ve 5-25 dakika olarak, termosonikasyon işlemi için ise ultrases yoğunluğu 60-100 W olarak belirlenmiştir. Optimum işlem koşullarını termal işlem için 75C’de 21.80 dakika ve termosonikasyon için 63C’de 9.8 dakika olduğunu saptamışlardır. Araştırma bulguları termosonikasyonun turunç sularında PME’ın tamamen inaktive edilebileceğini göstermiştir.

Ultrases, mikroorganizmaları inaktive etmek için kullanılan termal olmayan bir tekniktir ve meyve sularında kullanımı uygundur. Ultrases işleminin sıcaklık duyarlılığı yüksek materyallere uygulanabildiği ve mikroorganizma inaktivasyonunda etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca meyve sularında gıda-kaynaklı bozulmalara neden olan mikroorganizmaların (*Saccharomyces cerevisiae* gibi) inaktivasyonunda yeterli olabileceği bildirilmiştir. Ultrases uygulamasının meyve suları kalitesi üzerindeki etkinin minimum olduğu bildirilmiştir (**Adekunte ve ark., 2010**).

Çilek suyunda, depolama süresince (4 ve 20°C’de, 10 gün) ultrasesin antosiyanin ve askorbik asit (AA) stabilitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Farklı akustik enerji yoğunluklarında (0.33-0.81 W/mL) ve sürelerde (0-10 dk) ultrases uygulanmış meyve sularında antosiyanin ve AA parçalanmaları birinci dereceden reaksiyon kinetiğini izlemiştir. Parçalanma oranı sabitleri, hem çilek suyunda bulunan temel antosiyanin olan pelargonidin-3-glukoz hem de AA için ultrases enerji yoğunluğu ile doğrusal ilişkilidir. Depolama süresince 4°C depolama sıcaklığında, 20°C’ye kıyasla daha yüksek stabilite gözlemlenmiştir (**Tiwari ve ark., 2009a**).

İşlenmiş meyve ürünlerinde bozulmaya neden olabilen ve mikotoksin üreten *Byssochlamys nivea* askosporları yüksek sıcaklıklara karşı oldukça dayanıklıdır ve inaktivasyon sağlamak için 90°C üzerinde sıcaklık uygulamaları gerekebilmektedir. Çilek püresinde yüksek basınç (600 MPa; HP) ve ultrases (24

kHz, 0.33W/mL; TS) işlemlerinin 75°C sıcaklık ile kombinasyonu 30 dk'ya kadar değişen sürelerde uygulanmıştır ve 75°C'de ısıl işlem uygulaması ile karşılaştırılmıştır. TS ve termal uygulamalar küf askosporlarını aktive edebilirken HPP-75 °C kombinasyonu 20 dk'lık işlem sonrasında 2.0 log azalma sağlamıştır. 10 dakikalık HPP-75°C kombinasyonu ise yalnızca 85 °C'de gerçekleştirilen ısıl işleme kıyasla *B. nivea* sporlarının azaltılmasında daha etkili olmuştur (1.4 ve 0.2 log azalma). Test edilen tüm teknolojiler için yüksek sıcaklıkların daha hızlı inaktivasyonu sağladığı gözlemlenmiştir. Termal ve ultrases işlemlerin kombinasyonu 15 dakikadan uzun süreler için ve 75°C'den yüksek sıcaklıklar için uygulanabilir niteliktedir (Evelyn ve Silva, 2015).

**Cheng ve ark. (2014)** tarafından, termal ve ultrases uygulamalarının çilek püresinin fizikokimyasal özellikleri, biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrol ve işlem uygulanan (ısıl işlem ya da ultrases işlemi) pürelerin pH değerleri, toplam çözünür kuru madde ve titre edilebilir asitlik değerleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Ultrases uygulanan çilek pürelerinin viskozite değerleri belirgin ölçüde düşmüştür. Ultrases uygulanan pürelerde ısıl işlem uygulananlara kıyasla biyoaktif bileşenler ve renk özellikleri daha iyi durumdadır. Ultrases uygulanan püreler kontrol ile karşılaştırıldığında radikal tutucu aktivitede artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ultrases uygulamalarının çilek püresi kalitesini geliştirebileceğini ve ısıl işleme göre daha iyi bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

**Aday ve ark. (2013)** tarafından gerçekleştirilen çalışmada farklı ultrases güçleri (30, 60 90 W) ve sürelerinin (5, 10 dk) çilek kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlara göre, en yüksek ultrases gücü uygulanan örneklerde çilek kalitesi üzerinde olumsuz etkilerin meydana geldiği, 30 – 60 W aralığındaki güç seviyeleri uygulananlarda ise kalitenin geliştirildiği ve raf ömrünün uzatıldığı gözlemlenmiştir. pH, suda çözünür kuru madde ve renk özelliklerinin, 30 W ya da 60 W uygulanan çileklerde kontrol ve 90 W uygulananlara kıyasla daha iyi olduğu bildirilmiştir. Ultrases uygulamalarının küf gelişimini azaltmakta etkili olduğunu

ve 30 W ile 60 W uygulanan çileklerin tekstür özelliklerinin 90 W uygulananlardan daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. 30 W ile 60 W arasındaki güç seviyelerinin kaliteyi arttırdığı ve çileklerin raf ömrünün uzamasını sağladığı ifade edilmiştir.

**Bhat ve Goh (2017)** taze sıkılmış çilek suyu örneklerine 0, 15, 30 dakika boyunca 20°C’de, 25 kHz frekansta ultrases uygulamıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH, °Bx, su aktivitesi, titrasyon asitliği ve renk özellikleri bakımından ultrases uygulanan örneklerde kontrole kıyasla belirgin bir fark gözlenmemiştir. 30 dakikalık uygulama biyoaktif bileşenler bakımından belirgin bir artışa neden olurken ultrases uygulamalarının PPO aktivitesi ve esmerleşme derecesi bakımından belirgin bir değişime neden olmadığı bildirilmiştir. Sıcaklık uygulaması ultrases ile kombine edildiğinde, konvansiyonel pastörizasyon ya da sterilizasyon ile aynı seviyede öldürücü etkinin sağlanabilmesi için gerekli işlem sıcaklığı ve süresi azalmaktadır. Sıcaklık ve/veya uygulama süresinin azaltılması gıda kalitesinin artması ile sonuçlanmaktadır. Ultrases uygulanabilirliği konvansiyonel ısıtma işlemleriyle kombinasyonu ile bakteriyel inaktivasyon, muhtemelen düşük frekanslı ultrases ve sıcaklık arasındaki sinerjik etkiye dayanmaktadır. Sıcaklık ve ultrasesin kombinasyonu ısıtma uygulamaların sağladığı öldürücü etkiyi arttırmakta ve sıcaklık ya da işlem süresinde düşüş sağlayabilmektedir. Sıcaklık kombinasyonu ile daha düşük maksimum işlem sıcaklıklarının %25 ile %50 aralığında azaltılabildiği bildirilmiştir. Uygulama sonrasında, renkte askorbik asit içeriğinde de değişimin minimum olduğu belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar sıcaklık-ultrases kombinasyonu ile ilgili ısıtma işlem yoğunluğunu azaltmak amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. *B. Cereus*, *Bacillus licheniformis*, *B. Stearothermophilus* ve *thermoduric streptococci*’nin sıcaklık direncinin 20 kHz frekansında ultrases uygulaması ile azaltıldığı bildirilmiştir (**Demirdöven ve Baysal, 2009**).





### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Materyal olarak Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yetiştirilen, renk ve aroma yoğunluğu bakımından zengin olan Rubygem çeşidi (Şekil 3.1) çilek kullanılmıştır. Çilek nektarı üretimi için yapılan duyusal değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek beğeniyi alan nektar formülasyonu çalışmada kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Nektar üretiminde kullanılan Rubygem çeşidi çilek

Çalışmada kullanılan Rubygem çeşidi çileklere ait bazı özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Meyvelerde tadı, olgunluk indeksi (SÇKM/asit oranı) belirlemekte olup, tüm meyvelerde büyük öneme sahiptir. Çileklerin olgunluk indeksi 13.47 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Rubygem çeşidi çileklerin bazı özellikleri

Özellikler	Rubygem
SÇKM (%)	6.6
pH	3.90
TA* (g/100 mL)	0.49
Olgunluk İndeksi (SÇKM/asit oranı)	13.47

\*TA: Sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği değeri

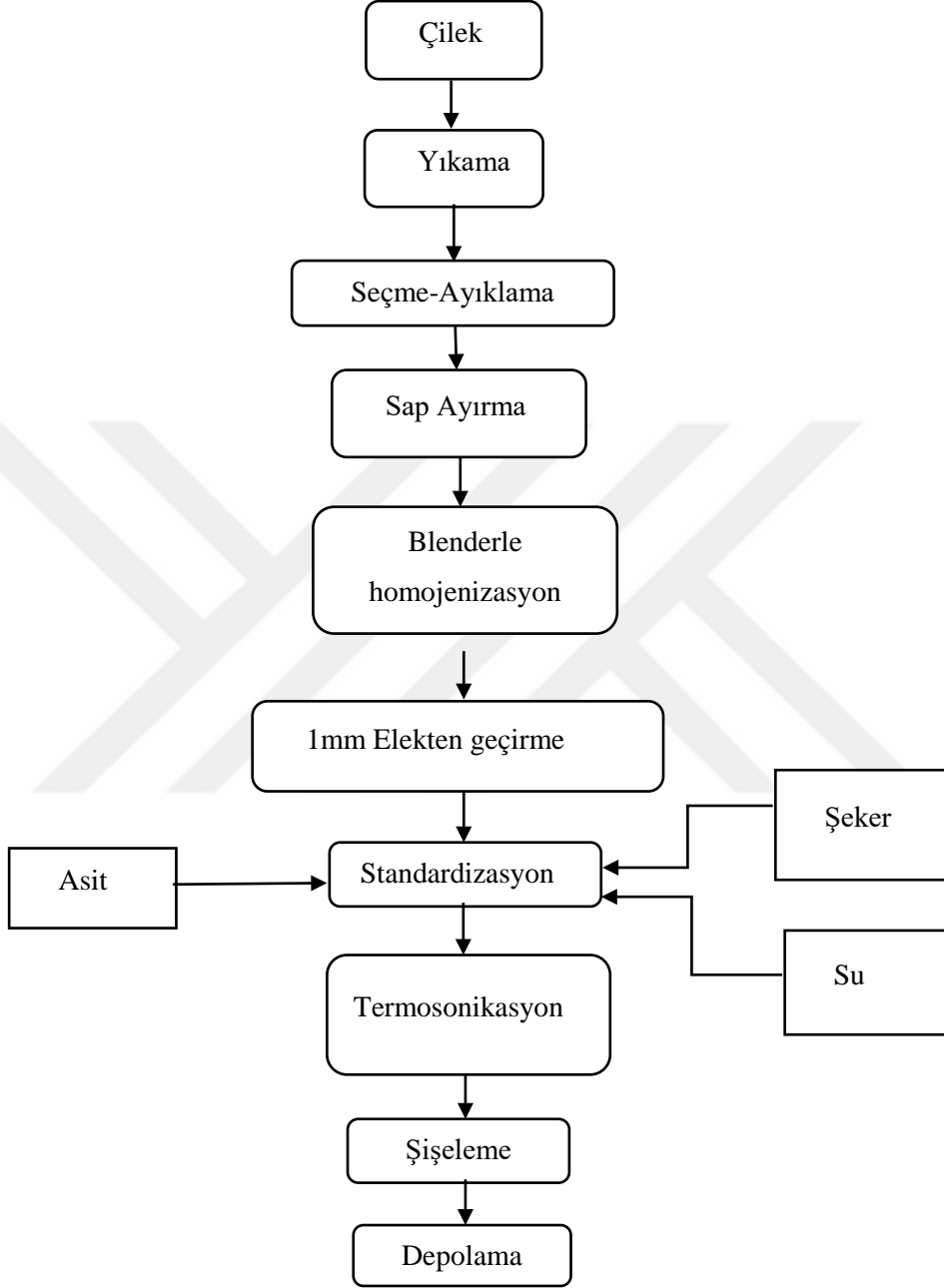
### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Nektar Üretim Aşamaları

Bulanık çilek nektarların üretimi amacıyla çileklere Şekil 3.2’de görülen işlemler sırasıyla uygulanmıştır. Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nden temin edilen çileklere, toz, toprak, tarımsal ilaç kalıntıları gibi istenmeyen unsurların uzaklaştırılması ve mikroorganizma yükünün azaltılması amacıyla yıkama işlemi uygulanmıştır. Ardından yaprak, sap gibi yabancı unsurlarla, olgunlaşmamış, yeşil, sarı ya da ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş meyveler ayrılmıştır. Seçme-ayıklamadan sonra, sap kısımlarından ürüne fenolik madde geçişini ve renkte değişimi engellemek amacıyla sap ayırma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sapları ayrılan meyveler önce blender (Waring, USA) ile 20 sn homojenize edildikten sonra 1 mm gözenek çaplı paslanmaz çelik elekten geçirilmiştir. Elde edilen çilek püresinden bulanık nektar üretmek için en uygun nektar formülasyonunu belirlemek üzere duyusal değerlendirme yapılmış ve bu nektar formülasyonu üzerinde diğer uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Bulanık çilek nektarı üretimi için, meyve oranı %50, asitlik %0.50 ve briks değerleri 9, 10 ve 11°Bx olacak şekilde asit, şeker ve su ilave edilmiştir. Duyusal değerlendirmede 9, 10 ve 11°Bx briks sahip nektarlar genel beğeni bakımından karşılaştırılmıştır (Değerlendirme sonuçları sunulmamıştır.). 10°Bx’lik çilek nektarları en yüksek beğeniye sahip olduğu için çalışmada, meyve oranı %50, asitlik %0.50 ve briksi 10°Bx olan formülasyon kullanılmıştır. Hammaddeden kaynaklanabilecek farklılıkların önüne geçilebilmesi için yapılan her üretimde kullanılan hammaddenin asitlik ve briks değeri saptanmış ve söz konusu ilave

miktarları tekrar ayarlanarak üretilen tüm nektarların asitlik ve briks bakımından standart özelliklere sahip olması sağlanmıştır. Çilek nektarlarına, detayları aşağıda verilen termosonikasyon uygulamaları yapıldıktan sonra uygulamaların çilek nektarı kalitesi üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi araştırılmıştır. Bulanık çilek nektarları şişelenmiş ve üç ay süresince 4°C’de depolanmıştır. Depolamanın 0., 10., 20., 30., 60. ve 90. günlerinde analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Depolanan örneklerin üretimi 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Bulanık çilek nektarı üretim akım şeması

### 3.2.2. Termosonikasyon Uygulamaları

Termosonikasyon uygulamaları, UP200S (Hielscher, Germany) cihazıyla 24 kHz frekansta ve cihazın standartlarına uygun olan S14 prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Uygulamalar sırasında sıcaklık, süre ve cihazın çilek nektarına ilettiği enerji dijital ölçüm cihazları ile belirlenmiştir. Uygulamaların şiddeti, ultrases enerji yoğunluğu ( $J/g$ ) cinsinden ifade edilmekte ve uygulama süresince elde edilen ortalama ultrases gücü ( $P$ , W), işlem süresi ( $t$ , s) ve örnek miktarı ( $M$ , g) kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır;

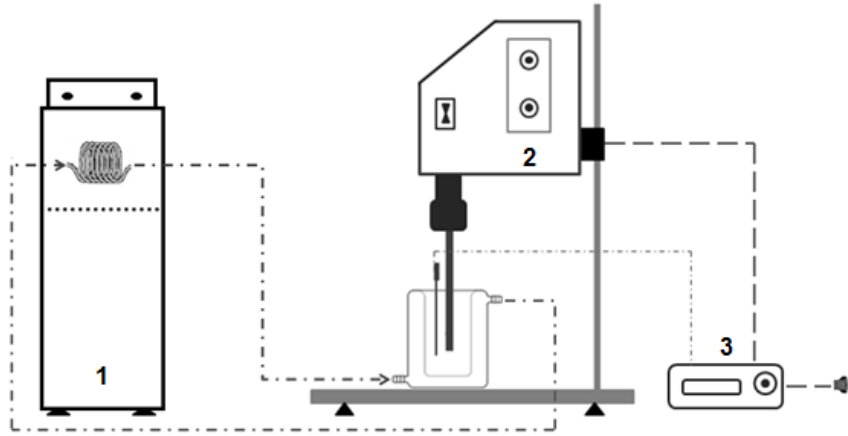
$$\text{Ultrasound Enerji Yoğunluğu } \left( J/g \right) = \frac{P \cdot t}{M}$$



Şekil 3.3. Termosonikasyon uygulamalarına ait görsel

Bu çalışmada, çilek nektarından 250 mL örnek alınarak çift cidarlı cam beherde, nektarlara deneme desenlerine göre belirlenmiş olan sıcaklık ve sürelerde

ultrases işlemi uygulanmıştır. İşlem süresince sıcaklığın istenen değerde kalmasını sağlamak için soğutmalı/ısıtmalı su sirkülatörünü de içermekte olan ultrases ekipmanı kullanılmıştır (Şekil 3.4). Uygulamalar boyunca hedeflenen sıcaklık değerinden sapma miktarının  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ile sınırlı kalması kullanılan su sirkülatörü ile sağlanmıştır. Termosonikasyon uygulamaları boyunca kaydedilen güç değerlerinin ortalaması 149.8 W olarak saptanmıştır. Enzim analizleri termosonikasyonun hemen ardından gerçekleştirilirken diğer analizler için alınan örnekler, 100 mL'lik amber renkli steril şişelerde analiz yapılıncaya kadar  $-65^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Dolum, amber renkli steril şişelere bek alevi altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Uygulamalarda kullanılan ultrases ekipmanının şematik gösterimi (1: Soğutucu, 2: Ultrases ekipmanı, 3: Enerji ve sıcaklık ölçer) (Ağçam ve ark., 2017)

### 3.2.2.1. Ultrases Uygulamalarının Deneme Desenleri ve Optimizasyonu

Bu çalışmada termosonikasyon uygulamalarının çilek nektarı kalitesi üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi araştırılmıştır. Uygulamaların bulanık çilek nektarı üzerine etkisini belirlemek için Design-Expert bilgisayar programının cevap yüzey yönteminin (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 ultrases süresi yerine ultrases enerji yoğunluğu modellemeler sırasında kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de deneme desenlerinin düzeyleri verilmiştir ve bağımsız değişkenlerden ultrases süresi için 0.1 – 15 dk, sıcaklık için ise 25 – 75°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 21 uygulamanın düzeyleri ise Çizelge 3.3'te verilmiştir. Merkez koşulları 5 kez, faktöriyel koşullu deneyler 3, eksen konulu deneyler ise 2 kez tekrar edilecek şekilde düzenleme yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Termosonikasyon uygulamasının bağımsız değişkenlerine ait kodlanan düzeyler ve asıl değerler

Bağımsız değişkenler	Kodlanan Düzeyler				
	-1.41	-1	0	+1	+1.41
Ultrases süresi ( <i>t</i> , dk)	0.1	2.3	7.5	12.8	15
Sıcaklık ( <i>T</i> , °C)	25	32.3	50	67.7	75



Çizelge 3.3. Termosonikasyonda uygulanan ultrases süresi ve sıcaklık değerleri

Run	Ultrases Süresi ( <i>t</i> , dk)	Sıcaklık ( <i>T</i> , °C)
1	7.5	50.0
2	7.5	50.0
3	12.8	32.3
4	2.3	67.7
5	15.0	50.0
6	15.0	50.0
7	7.5	25.0
8	2.3	67.7
9	7.5	25.0
10	0.1	50.0
11	7.5	75.0
12	12.8	32.3
13	7.5	50.0
14	7.5	50.0
15	2.3	32.3
16	12.8	67.7
17	12.8	67.7
18	0.1	50.0
19	2.3	32.3
20	7.5	50.0
21	7.5	75.0

Termosonikasyon parametrelerinin deneme desenlerinde aldıkları değerler programın ürettiği  $\alpha$ -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.

$$Y = \beta_0 + \underbrace{\sum_{i=1}^2 \beta_i X_i}_{\text{Lineer}} + \underbrace{\sum_{i<j}^2 \beta_{ij} X_i X_j}_{\text{Karşılıklı etkileşim (2FI)}} + \underbrace{\sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2}_{\text{İkinci dereceden}}$$

Bu eşitlikteki  $X_i$  ve  $X_j$  araştırılan faktörlere ilişkin bağımsız değişken olup  $Y$  ise bağımlı değişkendir.  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ij}$  ve  $\beta_{ii}$  sırasıyla, sabit, lineer, karşılıklı etkileşim ve ikinci dereceden terimlerin katsayılarını tanımlamaktadır.

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.

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

D: Genel istenebilirlik değeri

d : Cevap için hesaplanan bireysel istenebilirlik değeri

m : Optimizasyona dahil edilen cevap sayısı

Deneylerden elde edilen örneklere 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:

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

$Y_{deneysel}$  : 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. Uygulanan Analizler

Analizlerde kullanılan kimyasallar yüksek saflıkta ve sertifikalı olup Sigma-Aldrich ve Merck firmalarından temin edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, matematiksel modellemelerde bağımlı değişkenler olarak yer almaktadır. Toplam fenolik madde analizleri 5, diğer analizler ise 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.3.1. Enzim Ekstraksiyonu ve Kalıntı Polifenol Oksidaz Aktivitesi Tayini

**Dalmandi ve ark., (2006)**, tarafından enzim ekstraksiyonu amacıyla kullanılan 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 dakika 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. 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 örneklere ait eğim (mAbs/dk)

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

### 3.2.3.2. pH Tayini

Çilek nektarı örneklerinde pH tayini, cam elektrotlu Metler Toledo marka pH metre kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

### 3.2.3.3 Titrasyon Asitliği Tayini

10 mL çilek nektarı, pH metre kullanılarak 0.1 N NaOH ile pH 8.1'e kadar titre edilmiştir. Sonuçlar, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak sitrik asit cinsinden % 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

E : 1 mL 0.1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı, g

M : Titre edilen örneğin miktarı, mL

### 3.2.3.4. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Çilek nektarlarındaki çözünen kuru madde taşınabilir refraktometre (Refracto 30PX, Mettler Toledo) ile 20°C' de ölçülmüştür. Sonuçlar °Bx olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

### 3.2.3.5. Renk Tayini

Renk ölçümü için 50 mL çilek nektarı örneği 20 mm Glass Optical Cell Light Path küvetine aktarılıp Hunter Lab renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Bu sistemde 4 filtre kullanılarak  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri elde edilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde  $L^*$  değeri dikey ekseninde parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken  $+a^*$  kırmızılığa,  $-a^*$  yeşillığe,  $+b^*$  sarılığa,  $-b^*$  ise maviliğe gidişi göstermektedir. Bu ölçümlere ilave olarak  $C^*$ ,  $Hue^*$  ve  $\Delta E^*$  değerleri hesaplanmıştır (Lee ve Castle, 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:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$
$$Hue^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

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

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

### 3.2.2.6. Esmerleşme İndeksi Tayini

10 mL çilek nektarı örneği, 4°C'de 6000 rpm devirde 10 dk süresince santrifüj edilip (Heraeus Primo R Biofuge, Osterode, Almanya 2005) üstte kalan berrak kısımdan 5 mL alınmıştır. Bunun üzerine 5 mL etil alkol (%95'lik) ilave edilerek tekrar santrifüj edilmiş ve 420 nm dalga boyunda UV/VIS spektrofotometre (Perkin Emler Lambda 25 Massachusetts, USA, 2005) yardımı ile örneğin absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir (Meydav ve ark., 1977).

### 3.2.3.7. Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini

Hidroksimetilfurfural (HMF), meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmayan ancak ısı ve asit etkisiyle monosakkaritlerden oluşan bir bileşiktir.

Çilek nektarı örneklerinde HMF tayini, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonunda ise **Gökmen ve Acar (1998)** tarafından önerilen yöntem, laboratuvarımız koşullarına uyarlanarak kullanılmıştır. Analizin prensibi çilek nektarı örneklerinin etil asetat ile ekstraksiyonu ve sonra sulu sodyum karbonat çözeltisi ile fenoliklerin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. HPLC'de uygulanan akış ise **Zappala ve ark. (2005)** yöntemine göre yapılmıştır. Kromatografi koşulları aşağıdaki gibidir.

Mobil faz: Metanol/Su/Asetik asit (20/79/1) izokratik akış

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

Akış hızı: 0.5 mL/dk

Elüsyon süresi: 15 dk

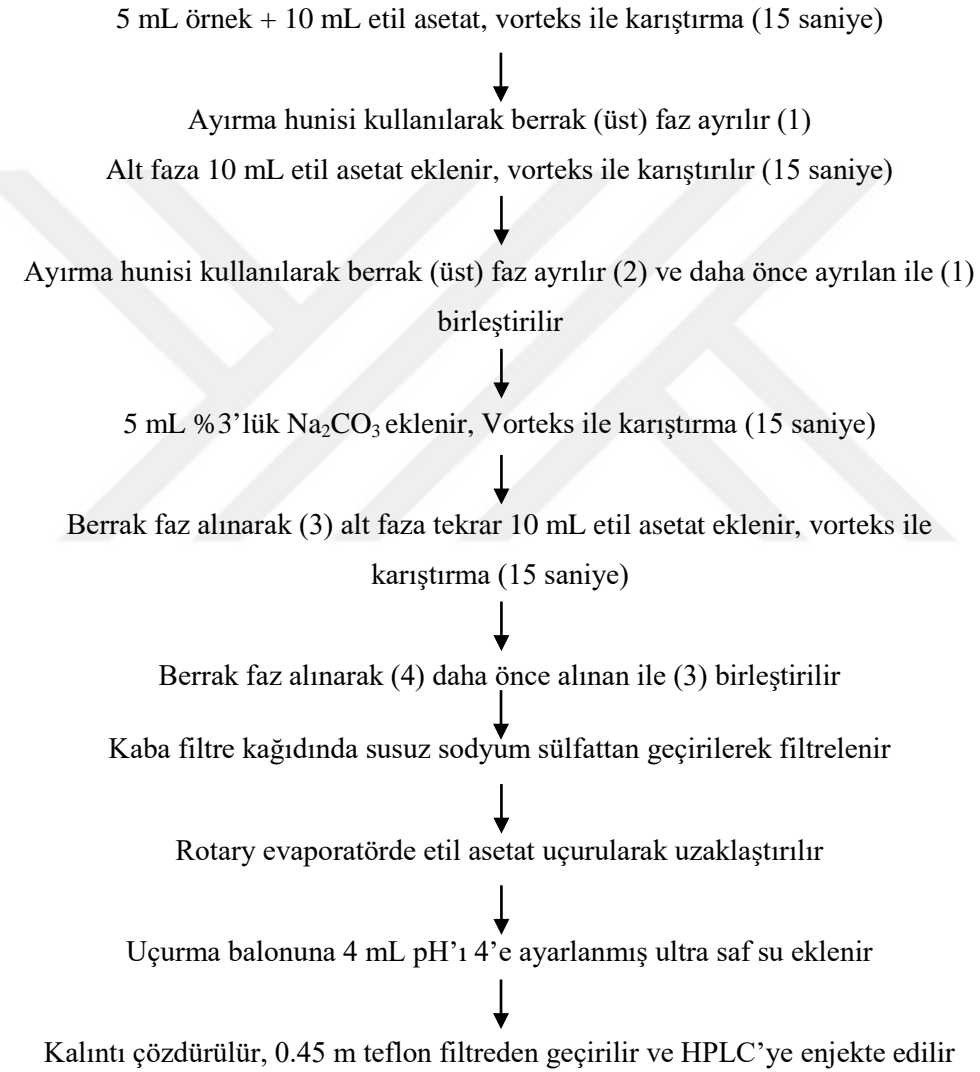
Dalga boyu: 285 nm

Kolon: ACE 5 C18 250\*4.6 mm

Kolon sıcaklığı: 30°C

Dedektör: Foto Diyod Dedektör (PDA)

HMF tayininde kullanılan yöntem Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Hidroksimetilfurfural tayin yönteminin akış şeması



**3.2.3.8. Askorbik Asit Tayini**

Çilek nektarı örneğinden 5 mL alınarak test tüpüne aktarılıp üzerine 5 mL % 2.5 M-fosforik asit çözeltisi eklenmiştir. Karışım + 4°C' de 6500 x g' de Kubota 7780 (Tokyo, Japonya) marka cihazda 10 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. 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 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 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (pH 2.4), izokratik akış

Hareketli faz akışı: 0.5 mL/dk

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Elüsyon Süresi: 15 dk

Dalga Boyu: 244 nm

**3.2.3.9. Toplam Fenolik Madde Tayini**

5 mL çilek nektarı örneği, 5 mL % 80'lik metanolle karıştırıldıktan sonra 4000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Berrak kısımdan 100 µL alınıp üzerine 100 µl Folin-Ciocalteu, 3000 µl saf su eklenip 10 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda çözelti üzerine 50 µL % 20' lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklenip 2 saat süresince karanlık bir ortamda bekletilmiş ve spektrofotometrede (Perkin Emler Lambda 25 UV/VIS, Massachusetts, USA, 2005) 765 nm dalga boyunda şahide karşı okuma yapılmıştır. Örneklerde ölçülen absorbans 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 (Abdulkasım ve ark., 2007).

**3.2.3.10. Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi**

Renkli ve renksiz fenolik bileşen analizi için, çilek nektarı örnekleri 10000 devir/dk' da 5 dk santrifüjlenmiştir (Eppendorf Centrifuge 5810R Hamburg, Almanya). Santrifüjlenen örneklerden elde edilen berrak çözeltinin 20 µL' si 0.45 µm' lik teflon filtreden filtre edilerek HPLC (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) cihazına enjekte edilmiştir (**Klimczak ve ark., 2007**). Belirlenen yöntemlere göre aşağıdaki kromatografi koşulları kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir;

**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

Süre (dk)	Solvent A konsantrasyonu (%)	Solvent B konsantrasyonu (%)
0-5	100	0
10	100-97	0-3
5	98-95	3-5
10	95-87	5-8
20	87-85	8-15
25	85-75	15-25
15	75-65	25-35
0.01	65-0	100
3	0	100

### 3.2.3.11. Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) Tayini

**Fuleki ve Francis (1968)** tarafından oluşturulup **Giusti ve Wrolstad (2001)** tarafından geliştirilen pH diferansiyel metodu kullanılarak nektarlara ait toplam monomerik antosiyanin miktarı belirlenmiştir. Monomerik antosiyaninlerin pH'ı 1.0 olan ortamda renkli oksonium formu, pH'ı 4.5 olan ortamda ise renksiz hemiketal formu egemen olmaktadır. Yöntemin ilkesi, bu durumdan kaynaklanan absorbans farkından yararlanılarak antosiyanin konsantrasyonuna ulaşılmasına dayanmaktadır.

Çilekte bulunan antosiyaninlerin en yüksek absorbansı verdiği dalga boyu olan 520 nm'de ve ortamda süspansiyon halinde az miktarda bulunabilecek olan kolloidlerin absorbans okumalarına etkisini ortadan kaldırmak için 700 nm'de okuma yapılmıştır. Ölçümlerde 1 cm kalınlıkta tek kullanımlık spektrofotometre küvetleri kullanılmıştır.

Otomatik pipetle 0.5 mL nektar eklenen cam tüplere pH 1 okumaları için 4.5 mL (HCl ile pH=1'e ayarlı) 0.025 M KCl çözeltisi, pH 4.5 okumaları için

aynı miktarda (HCl ile pH=4.5'e ayarlı) 0.4 M C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub> çözeltisi eklenerek vorteks uygulanmıştır. Dengeye gelmeleri için 10 dk karanlıkta bekleldikten sonra tekrar vorteklenerek spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS, Massachusetts, USA, 2005) absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak çileklerde en fazla bulunan antosiyanin olan pelargonidin-3-glukozid cinsinden hesaplanmıştır:

$$TMA \left( \frac{mg}{kg} \right) = \frac{(A \cdot MW \cdot SF \cdot 1000)}{(\varepsilon \cdot l)}$$

*MW* : Baz olarak alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı (433.2)

*SF* : Seyreltme faktörü

$\varepsilon$  : Molar absorpsiyon katsayısı (26900)

*l* : Absorbans ölçümü yapılan küvetin ışın yolu mesafesi (1 cm)

$$A = ((A_{520} - A_{700})_{pH=1} - (A_{520} - A_{700})_{pH=4.5})$$

A: pH 1.0 ve 4.5 değerlerinde ölçülen absorbansların farkı

### 3.2.3.12. Duyusal Değerlendirme

Depolanmak üzere optimum koşullar kullanılarak gerçekleştirilen termosonikasyon uygulamasından sonra çilek nektarlarının tat, koku, renk ve genel beğeni açısından duyusal özellikleri 14 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme, nektarların üretim gününde kontrol örnekleri ile karşılaştırılmak üzere yapılmıştır. Örneklerin duyusal olarak değerlendirilmesinde, her bir özellik için grafik skala yöntemi (Ek 1) kullanılmıştır ve sonuçlar örümcek ağı diyagramında gösterilerek değerlendirilmiştir.

### 3.2.3.13. İstatistiksel Analizler

Depolama boyunca elde edilen veriler, SPSS (PASW Statistic 18) paket programı ile varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Varyans analiz tablosuna göre önemli bulunan uygulamaların ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır ve ilgili ortalamalar sunulmuştur. Duyusal analiz sonuçları ise aynı programla bağımsız değişken T-testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Depolama boyunca elde edilen kalite özelliklerinin birbiriyle aralarındaki korelasyon değerleri ise Microsoft Excel 2016 programı kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.4. Kinetik Hesaplamaları

Optimum termosonikasyon işlemi uygulanan bulanık çilek nektarlarının kalite bakımından önemli bazı bileşenlerine ait parçalanma kinetikleri incelenmiştir. 4°C’de 90 gün depolama boyunca elde edilen veriler doğrultusunda toplam fenolik madde, askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin, pelargonidin-3-glukozid parçalanma kinetikleri ile HMF oluşum kinetiği belirlenmiştir.

Depolama boyunca elde edilen veriler Microsoft Office Excel 2016 programı kullanılarak grafiğe yansıtılmış ve bu grafiklerin denklemleri ile denklemlere ilişkin korelasyon katsayıları 0., 1., 2. reaksiyon dereceleri için belirlenmiştir. Parçalanma/oluşum kinetiğinin hangi dereceden kinetiğe uygun olarak gerçekleştirildiğine karar verilirken ise korelasyon katsayısı en yüksek olan kinetik seçilmiştir (**Labuza ve ark., 1984**).

Farklı derecelerdeki (0., 1. ve 2. derece) reaksiyon kinetiğine ilişkin diferansiyel denklem ve çözümleri aşağıda verilmiştir. Denklemlerde geçen  $C_0$  başlangıç konsantrasyonunu (mg/L), C belirli bir depolama sonrasında bileşenin konsantrasyonunu (mg/L), t süreyi (gün),  $t_{1/2}$  yarı ömür süresini (gün) ve k ilgili reaksiyon derecesindeki hız sabitini ifade etmektedir. Madde oluşum kinetiği için

aşağıda verilen diferansiyel denklemlerin işareti pozitif yapılarak tekrar çözüm yapılmıştır.

$$\frac{dC}{dt} = -kC^0, \quad C_o = C - kt, \quad t_{1/2} = \frac{C_o}{2k}, \quad \left(k, \frac{mg}{L \cdot \text{gün}}\right)$$

$$\frac{dC}{dt} = -kC^1, \quad \ln(C_o) = \ln(C) - kt, \quad t_{1/2} = \frac{0.693}{k}, \quad (k, 1/\text{gün})$$

$$\frac{dC}{dt} = -kC^2, \quad 1/C = 1/C_o - kt, \quad t_{1/2} = \frac{1}{C_o k}, \quad \left(k, \frac{L}{mg \cdot \text{gün}}\right)$$



**4. BULGULAR VE TARTIŞMA****4.1. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonuna Ait Bulgular****4.1.1. Termosonikasyon Uygulamalarının Polifenol Oksidaz (PFO) Üzerine Etkisi**

Bulanık çilek nektarlarına farklı sıcaklık (25-75°C) ve ultrases yoğunluğu (3.6-539.4 J/g) seviyelerindeki termosonikasyon uygulamaları gerçekleştirilmiş ve Çizelge 4.1'de görülmekte olan, %37-%88 arasında değişen PFO inaktivasyon oranları elde edilmiştir.

Bulanık çilek nektarlarına termosonikasyon uygulandıktan sonra elde edilen PFO inaktivasyon değerleri farklı matematiksel modeller ile test edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.2'de görülmektedir. Analiz sonucunda en uygun modelin ikili etkileşim modeli olduğu belirlenmiştir. Modele ait  $R^2$ ,  $düzeltilmiş-R^2$  ve  $tahmini-R^2$  değerleri sırasıyla 0.9470, 0.9377, 0.9185'dir ve uyum eksikliği testi sonucu ise önemsiz bulunmuştur ( $p=0.1219$ ).



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

Deneme	<i>Desen</i>	<i>Bağımsızlar</i>		<i>Cevap</i>
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	PPO inaktivasyonu (%)
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	54
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	70
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	51
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	44
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	70
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	74
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	37
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	74
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	55
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	53
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	36
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	87
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	71
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	43
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	63
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	60
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	88
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	55
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	75
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	38
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	55

Çizelge 4.2. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının polifenoloksidaz (PFO) inaktivasyonu değerlerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0531	0.9318	0.9242	0.9050	<b>Önerilen</b>
<b>2FI</b>	<b>0.1219</b>	<b>0.9470</b>	<b>0.9377</b>	<b>0.9185</b>	
<i>İkinci dereceden</i>	0.1179	0.9557	0.9410	0.9121	
<b>Kübik</b>	0.0823	0.9641	0.9448	0.9032	

Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarında belirlenen PFO aktivitesi değerleri için ikinci dereceden model parametrelerine ait istatistik çıktıları Çizelge 4.3’de verilmiştir. İkili faktör etkileşim modeli önerilse de modellere ait  $R^2$  değerleri incelendiğinde ikinci dereceden model de değerlendirmeye alınmış ve  $T^2$  teriminin çıkarılması sonucunda ikinci dereceden modelin PFO değişimini daha iyi tanımlayacağına karar verilmiştir. Bir modele ait terimlerin istatistiki açıdan önemliliği göz önünde bulundurularak, önemli olmayan terimlerin modelden çıkarılması tavsiye edilmektedir. Bu doğrultuda önemli olmaması ve modelden çıkarıldığı takdirde modele ait *düzeltilmiş- $R^2$*  ve *tahmini- $R^2$*  değerlerinde artış gözlenmesi nedeniyle  $T^2$  terimi çıkarılarak model indirgenmiştir. Çizelge 4.3’de de görülebileceği gibi geriye kalan tüm terimler istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0.1$ ) ve PFO inaktivasyonunun termosonikasyon koşulları kullanılarak hesaplanması için gerekli matematiksel eşitlikte yerini almaktadır.

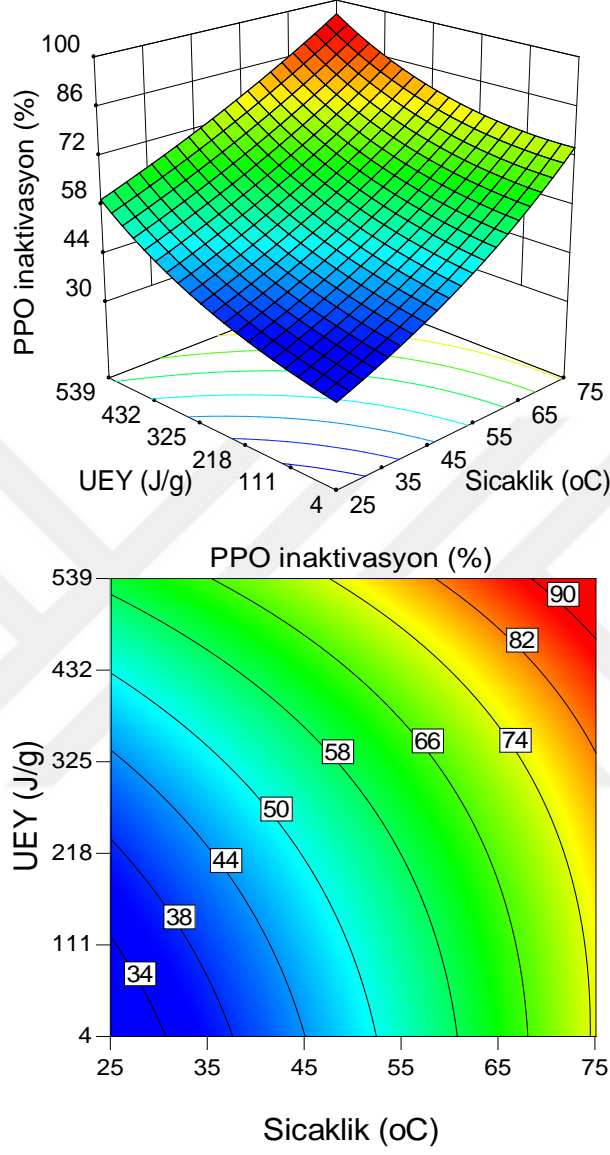
Söz konusu eşitlik aşağıda verilmiştir ( $R^2 = 0.947$ ):

$$PFO (\%) = \exp(2.9659 + 0.0179T + 0.00117E - 0.00002ET + 0.00000089E^2)$$

Çizelge 4.3. Çilek nektarlarının polifenoloksidaz inaktivasyon değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerinin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	1.37	4	0.3436	86.28	< 0.0001	<i>Önemli</i>
<b>T</b>	0.9220	1	0.9220	231.50	< 0.0001	
<b>E</b>	0.4181	1	0.4181	104.98	< 0.0001	
<b>ET</b>	0.0219	1	0.0219	5.50	0.0323	
<b>E<sup>2</sup></b>	0.0125	1	0.0125	3.13	0.0957	
<b>Kalıntı</b>	0.0637	16	0.0040			
<b>Uyum Eksikliği</b>	0.0240	4	0.0060	1.81	0.1917	<i>Önemli değil</i>
<b>Saf Hata</b>	0.0397	12	0.0033			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	1.44	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	2.9659	1	0.1114	2.73	3.20	
<b>T</b>	0.01788	1	0.0021	0.0134	0.0224	
<b>E</b>	0.00117	1	0.0005	0.0002	0.0021	
<b>ET</b>	-0.000016	1	7.004x10 <sup>-6</sup>	-0.0000	-8.423x10 <sup>-7</sup>	
<b>E<sup>2</sup></b>	8.88592x10 <sup>-7</sup>	1	5.315x10 <sup>-7</sup>	-2.382x10 <sup>-7</sup>	2.015x10 <sup>-6</sup>	

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



Şekil 4.1. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında PFO inaktivasyonu (%) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi artan sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu, çilek nektarında PFO inaktivasyon oranının artması ile sonuçlanmıştır. Sabit bir

ultrases enerji yoğunluğu seviyesinde, sıcaklığın artışıyla PFO inaktivasyonu dramatik bir şekilde artmakta ve aynı sonuç tam tersi durumda da meydana gelmektedir. PFO inaktivasyonuna ait 2 ve 3 boyutlu grafikler birlikte yorumlandığında, UEY ve sıcaklık artışının PFO inaktivasyonunun artışına olumlu etkide bulunduğu söylenebilir. Örneğin yalnızca 45-55°C'lik bir sıcaklık uygulamasıyla ~%50 PFO inaktivasyonu sağlanırken bu sıcaklık uygulaması ~400 J/g UEY ile kombine halde uygulandığında PFO inaktivasyonu %20 oranında artarak ~%60 seviyelerine ulaşmaktadır.

Gıdalarda enzimatik esmerleşme ve renk kaybı ile ilgili enzimlerden biri olan PFO'nun inaktivasyon seviyesi düşük sıcaklık uygulamalarında daha düşük olmaktadır. Bu nedenle daha düşük sıcaklık seviyelerinde yeterli PFO inaktivasyonu sağlanabilmesi için ısıtma işleminin ultrases ile kombinasyonu tercih edilebilir. Çilek nektarında en yüksek PFO inaktivasyonunun (~%90) sağlanması için 539 J/g UEY ve 75°C kombinasyonu uygulanabilir (Şekil 4.1.).

Ultrases uygulaması sırasında suyun sonolizi, kavitasyon ve oluşan gaz baloncukları mikro seviyede sıcaklığın 5000 K ve basıncın 50 MPa'da kadar yükselmesine neden olabilmektedir. (Mason ve ark., 1994; Sulaiman ve ark., 2015). Suyun sonolizi sonucunda meydana gelen serbest radikaller, sıcaklık etkisi ve mekanik etki, moleküller arasındaki hidrojen, van der Waals ve disülfid bağlarının yıkılmasına neden olurken serbest radikaller aynı zamanda enzimlerin katalitik aktiviteleri ve enzim stabilitesi ile ilişkili olan aminoasit kalıntılarını okside edebilmektedir. Böylelikle termosonikasyon protein denatürasyonu, molekül konfigürasyonunun ve enzim stabilitesinin bozulmasına neden olarak enzim inaktivasyonunu sağlamaktadır (Anaya-Esparza ve ark., 2017)

Termosonikasyon ile PFO inaktivasyonunu sağlamak için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulsa da ısıtma işlemi ya da yüksek basınç-ısıtma işlemi kombinasyonu ile aynı oranda PFO inaktivasyonunu sağlamak için termosonikasyondakinden daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak gerektiği bildirilmiştir. Çilekte bulunan PFO'nun termosonikasyona karşı direncinin, elma

ya da armutta bulunan PFO'dan daha düşük olduğu gösterilmiştir (**Sulaiman ve ark., 2015**).

Çalışmada bulunan sonuçlara benzer şekilde, **Cheng ve ark. (2014)**, ultrases ve sıcaklığın (55-75°C) mantarlarda bulunan PFO'nun inaktivasyonunda sinerjik olarak etki gösterdiğini bildirmiştir. **Baltacıoğlu ve ark. (2017)** mantarda bulunan PFO'nun, 60°C'de 10 dk boyunca %100 genlikte termosonikasyon uygulaması ile %99 oranında inaktive edildiğini bildirmiştir. Fakat literatürde ultrases etkisiyle serbest hale gelen fenolik bileşenlerin arttığı buna bağlı olarak enzim aktivitesinin de artış gösterdiği durumlar da yer almaktadır. **Costa ve ark. (2013)** 226 W/cm<sup>2</sup> yoğunluklu 2-6 dk süren ultrases uygulaması sonrasında ananas suyunda PFO aktivitesinin 1.84-3.91% oranında arttığını, **Chen ve ark. (2013)** 30 dk boyunca 35 kHz ultrases uygulaması sonucu guava suyunda PFO aktivitesinin %80 oranında arttığını bildirmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından, PFO inaktivasyonuna ait farklı sonuçlar elde edilmesinin muhtemel sebebi, deneysel koşulların ve çalışmalarda kullanılan materyallerin farklı olması olabilir.

#### **4.1.2. Termosonikasyon Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) Miktarı Üzerine Etkisi**

Uygulanan farklı termosonikasyon koşulları ve bulanık çilek nektarlarının 134-151 mg/L aralığında değişen TMA değerleri Çizelge 4.4'te görülmektedir. En düşük TMA değeri, 50°C'de en yüksek ultrases enerji yoğunluğu (539.4 J/g) uygulandığında, en yüksek TMA değeri ise aynı sıcaklıkta daha düşük ultrases enerji yoğunluğu (271.5 J/g) elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı termosonikasyon koşullarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	TMA (mg/L)	
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	135	
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	143	
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	145	
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	142	
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	143	
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	138	
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	140	
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	136	
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	151	
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	151	
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	140	
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	136	
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	134	
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	140	
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	147	
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	135	
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	138	
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	148	
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	137	
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	139	
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	147	

Termosonikasyon işleminin TMA değerleri üzerine etkisi değerlendirirken farklı modeller test edilmiş ve bu ilişkiyi açıklayacak en uygun modelin ikinci dereceden matematiksel model olduğuna karar verilmiştir (Çizelge 4.5). Yalnızca uyum eksikliği testi sonucu ve  $R^2$  değerlerine bakıldığında kübik modelin seçimi uygun gibi görülse de kübik model seçimiyle matematiksel eşitliğe eklenecek olan katsayılar istatistiki açıdan önemsiz olmaktadır ( $p < 0.1$ ). Bu nedenle kübik yerine ikinci dereceden modelin seçimi daha uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriklerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	< 0.0001	0.2288	0.1431	0.0720	
<i>2FI</i>	< 0.0001	0.2293	0.0933	0.0090	
<b><i>İkinci dereceden</i></b>	<b>0.0794</b>	<b>0.9217</b>	<b>0.8955</b>	<b>0.8496</b>	<b>Önerilen</b>
<i>Kübik</i>	0.6951	0.9539	0.9291	0.8985	

İkinci dereceden modele ait istatiki çıktılar indirgenmiş hali Çizelge 4.6'da görülmektedir. *ET* terimi önemsiz bulunduğu için modelden çıkarılmış ve model indirgenmiştir. Modelin ve model terimlerinden geri kalanların, *T* hariç, önemli olduğu belirlenmiş fakat  $T^2$  teriminin önemli bulunması nedeniyle *T* terimi modelden çıkarılamamıştır ( $p < 0.1$ ).



Çizelge 4.6. Çilek nektarlarının toplam monomerik antosiyanin (TMA) içerikleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

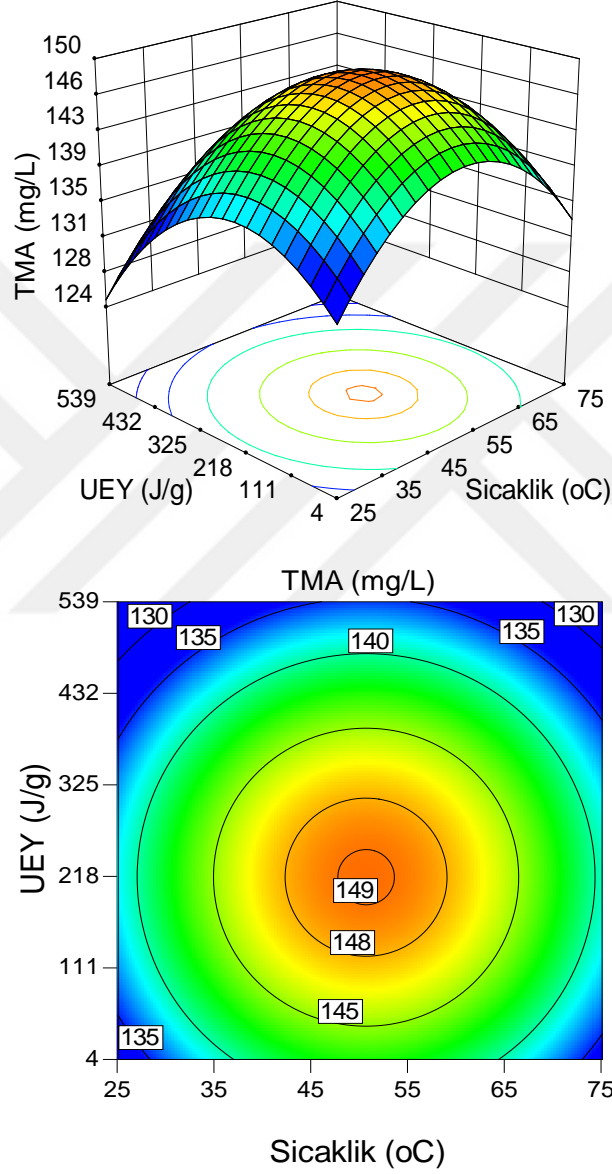
ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	481.69	4	120.42	46.75	< 0.0001	Önemli
<b>T</b>	1.99	1	1.99	0.7712	0.3928	
<b>E</b>	117.67	1	117.67	45.68	< 0.0001	
<b>T<sup>2</sup></b>	260.54	1	260.54	101.15	< 0.0001	
<b>E<sup>2</sup></b>	229.42	1	229.42	89.07	< 0.0001	
<b>Kalıntı</b>	41.21	16	2.58			
<b>Uyum Eksikliği</b>	17.43	4	4.36	2.20	0.1307	Önemli değil
<b>Saf Hata</b>	23.78	12	1.98			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	522.90	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	101.66688	1	3.79	93.62	109.71	
<b>T</b>	1.60574	1	0.1497	1.29	1.92	
<b>E</b>	0.056932	1	0.0073	0.0415	0.0724	
<b>T<sup>2</sup></b>	-0.015898	1	0.0015	-0.0191	-0.0127	
<b>E<sup>2</sup></b>	-0.000131	1	0.0000	-0.0002	-0.0001	

Bulanık çilek nektarına uygulanan termosonikasyon koşullarına bağlı olarak TMA değerinin değişimini ifade eden matematiksel eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$TMA \left( \frac{mg}{L} \right) = 101.66688 + 1.60574T + 0.05693E - 0.01590T^2 - 0.00013E^2$$

Verilen eşitlik yardımıyla oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafikler incelendiğinde, termosonikasyon uygulanan çilek nektarında TMA içeriğinin ılıman sıcaklık (~50°C) ve ultrases enerji yoğunluğu (~230 J/g) koşullarında en yüksek seviyeye (doyma noktası) ulaşırken bu iki parametrenin artması ya da

azalmasıyla TMA içeriğinin azaldığı görülmektedir. TMA'nın en yüksek seviyesine (~150 mg/L) ulaşana kadar, sıcaklık ve ultrases enerjisinin TMA içeriği üzerindeki etkisinin olumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında toplam monomerik antosiyanin (TMA) miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

**Golmohamadi ve ark. (2013)** ultrases frekansı (20, 490, 986 kHz) ve süresinin (0, 10, 20, 30 dk), kırmızı ahududu püresinin TMA içeriği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde iki parametre için de ortalama sayılabilecek değerlerin (490 kHz and 10 dk) tercihinin daha yüksek TMA içeriği ile sonuçlandığını bildirmişlerdir.

**Shaheer ve ark. (2014)** java eriği suyunda sıcaklık ve ultrases genliği arttıkça (80°C ve 90°C, %80 ve %100 genlik, 5 ve 10 dakika) antosiyanin parçalanmasının arttığını bildirmiştir. **Tiwari ve ark. (2008)** ise çilek suyuna uygulanan ultrasonikasyon (20 kHz ve daha düşük genliklerde 5 dk boyunca) sonrasında TMA içeriğinde az miktarda artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

#### **4.1.3. Termosonikasyon Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde (TF) Miktarı Üzerine Etkisi**

Bulanık çilek nektarlarına uygulanan farklı termosonikasyon parametreleri sonucunda elde edilen en yüksek TF miktarı 780 mg/L (25.0°C-271.5 J/g kombinasyonu) en düşük TF miktarı ise 501 mg/L (75.0°C-271.5 J/g) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Bu sonuçlardan anlaşıldığı gibi sıcaklık değişiminin TF miktarı üzerindeki etkisi büyüktür.

Çizelge 4.7. Farklı termosonikasyon koşullarının toplam fenolik madde (TF) içeriği üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	TF (mg/L)	
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	716	
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	535	
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	575	
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	614	
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	522	
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	511	
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	724	
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	584	
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	684	
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	637	
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	699	
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	573	
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	592	
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	780	
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	652	
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	691	
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	575	
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	654	
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	501	
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	746	
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	674	

Çizelge 4.8’de termosonikasyonun çilek nektarlarının TF içeriklerine etkisinin modellenmesi için gerekli istatistik veriler görülmektedir. Uyum eksikliği testi sonuçları değerlendirildiğinde ikinci dereceden modelin, çilek nektarında termosonikasyon koşulları ile TF değişimini açıklamak için en uygun model olduğuna karar verilmiştir. İkinci dereceden model için belirlenen uyum eksikliği ( $p=0.1050$ ) önemsizdir,  $R^2$ ,  $düzeltilmiş-R^2$  ve  $tahmini-R^2$  değerleri ise sırasıyla 0. 0.9561, 0.9415 ve 0.9130’dur.

Çizelge 4.8. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının toplam fenolik içeriklerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0016	0.8723	0.8581	0.8292	
<i>2FI</i>	0.0016	0.8834	0.8628	0.8398	
<b>İkinci dereceden</b>	<b>0.1050</b>	<b>0.9561</b>	<b>0.9415</b>	<b>0.9130</b>	<b>Önerilen</b>
<i>Kübik</i>	0.0793	0.9649	0.9461	0.9062	

İkinci dereceden modelin ve modele ait terimlerin istatistik analizi sonuçları Çizelge 4.9’da görülmektedir.  $E$  ve  $T^2$  terimleri  $p < 0.1$  düzeyinde önemsiz bulunurken diğer terimler önemli bulunmuştur.  $E$  ve  $T^2$  terimleri önemsiz bulunmalarına rağmen elemine edildiklerinde, model performansına ait çıktılar olumsuz etkilendiği için modele dahil edilmeleri uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Çilek nektarlarının toplam fenolik 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
<b>Model</b>	1.253E+05	5	25061.61	65.32	< 0.0001	<i>Önemli</i>
<b>T</b>	1.141E+05	1	1.141E+05	297.46	< 0.0001	
<b>E</b>	196.94	1	196.94	0.5133	0.4847	
<b>ET</b>	1452.11	1	1452.11	3.78	0.0707	
<b>T<sup>2</sup></b>	765.04	1	765.04	1.99	0.1783	
<b>E<sup>2</sup></b>	9479.24	1	9479.24	24.71	0.0002	
<b>Kalıntı</b>	5754.97	15	383.66			
<b>Uyum Eksikliği</b>	2238.73	3	746.24	2.55	0.1050	<i>Önemli değil</i>
<b>Saf Hata</b>	3516.23	12	293.02			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	1.311E+05	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	809.37693	1	55.08	691.97	926.79	
<b>T</b>	-2.83231	1	1.97	-7.03	1.36	
<b>E</b>	0.288716	1	0.1360	-0.0012	0.5786	
<b>ET</b>	0.004031	1	0.0020	-0.0003	0.0083	
<b>T<sup>2</sup></b>	-0.030830	1	0.0188	-0.0710	0.0093	
<b>E<sup>2</sup></b>	-0.000868	1	0.0002	-0.0012	-0.0005	

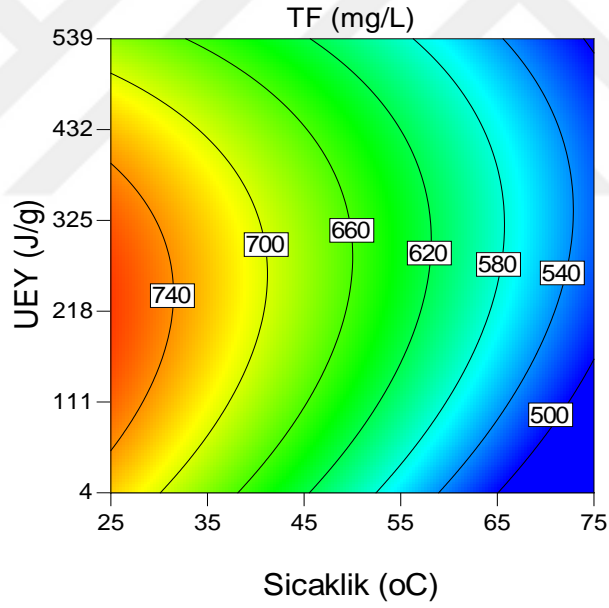
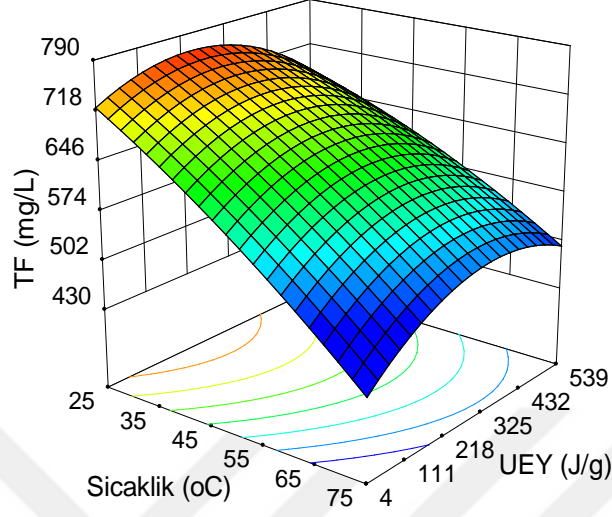
Bulanık çilek nektarında TF içeriğine etkisini açıklayan matematiksel eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$TF \left( \frac{mg}{L} \right) = 809.37693 - 2.83231T + 0.28872E + 0.004031ET - 0.03083T^2 - 0.00087E^2$$

Bu eşitlikten yararlanılarak oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafiklerde görüldüğü üzere TF miktarı sıcaklık artışıyla doğrusala yakın bir düşüş

göstermektedir (Şekil 4.3). 230 J/g ultrases enerji yoğunluğu civarında en yüksek seviyeye ulaşan TF miktarı, daha yüksek ya da düşük enerji yoğunlukları uygulandığında azalmaktadır. Yaklaşık olarak 230 J/g ultrases enerji yoğunluğu uygulandığında hem TF hem de TMA miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu ultrases enerji yoğunluğu değerine kadar ultrasounikasyonun fenolik madde üzerindeki olumlu etkisi, meydana gelen kavitasyon ve bağlı pigmentlerin serbest hale geçişi ile ilgili olabilir (**Bhat ve ark., 2011**). Daha yüksek ultrases enerji yoğunlukları uygulandığında ise TF miktarında görülen azalmanın sebebi ise bileşenlerin parçalanması olabilir (**Bevilacqua ve ark., 2018**). **Golmohamadi ve ark. (2013)** yaptıkları çalışmanın sonucunda kırmızı ahududu püresinde TF miktarının ultrases uygulamasıyla (986 kHz for 30 dk) arttığını bildirmiştir.

**Dubrovic ve ark., (2011)** yalnızca ısı işlem uygulanan çilek suyu ile kıyaslandığında ultrases ve ısı işlem kombinasyonu uygulananlarda biyoaktif bileşen salınım seviyesininin geliştiğini belirlemişlerdir. Ultrases genliği arttıkça daha fazla enerji tüketilmekte, daha fazla kavitasyon meydana gelmekte ve kimyasal reaksiyonlar ile dekompozisyonlar artabilmektedir.



Şekil 4.3. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında toplam fenolik madde miktarı (mg/L) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler



#### 4.1.4. Termosonikasyon Uygulamalarının Askorbik Asit (AA) Miktarı Üzerine Etkisi

Bulanık çilek nektarına uygulanan farklı sıcaklık ve ultrases enerji yoğunlukları sonrası elde edilen AA miktarı sonuçları 75-162 mg/L aralığında değişim göstermiştir. En yüksek AA miktarı 67.7°C-82.1 J/g kombinasyonu, en düşük AA miktarı ise 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulandığında elde edilmiştir. Bu nedenle sabit ultrases enerji yoğunluğu uygulanırken sıcaklık artırıldığında AA miktarının daha yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10. Farklı termosonikasyon koşullarının askorbik asit (AA) içeriği üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	AA (mg/L)	
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	93	
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	162	
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	104	
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	109	
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	147	
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	138	
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	75	
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	90	
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	117	
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	115	
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	79	
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	105	
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	92	
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	83	
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	99	
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	98	
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	112	
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	106	
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	139	
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	95	
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	100	

Elde edilen deneysel sonuçlar matematik model belirlenmesi için analize tabi tutulmuş ve termosonikasyon parametreleriyle çilek nektarının AA içeriği arasındaki ilişkinin ikinci dereceden modelle en iyi şekilde açıklanabileceğine karar verilmiştir (Çizelge 4.11). İkinci dereceden modele ait  $R^2$ , *düzeltilmiş- $R^2$* , *tahmini- $R^2$*  değerleri sırasıyla 0.9358, 0.9144, 0.8784 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.11’de görülen istatistiki çıktılar kübik modelin seçilmesi gerektiğine işaret etse de program ikinci dereceden modeli önermiştir. Bu durum kübik modele ait terimlerin ( $E^2T$ ,  $T^2E$ ,  $E^3$ ,  $T^3$ ) istatistiki açıdan önemsiz olduğunun tespit edilmesidir ( $p>0.1$ ).

Çizelge 4.11. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının askorbik asit içeriğine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0004	0.6895	0.6550	0.5556	
<i>2FI</i>	0.0787	0.8923	0.8733	0.8389	
<b>İkinci dereceden</b>	<b>0.4260</b>	<b>0.9358</b>	<b>0.9144</b>	<b>0.8784</b>	<b>Önerilen</b>
<i>Kübik</i>	0.4927	0.9465	0.9177	0.8720	

İkinci dereceden model ve terimleri için istatistiki çıktılar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Modelin önem derecesinin yüksek olduğu ( $p<<0.001$ ) ve tüm terimlerinin de önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.1$ ).

Çizelge 4.12. Çilek nektarlarının askorbik asit 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
<b>Model</b>	9591.58	5	1918.32	43.74	< 0.0001	Önemli
<b>T</b>	6452.47	1	6452.47	147.13	< 0.0001	
<b>E</b>	614.34	1	614.34	14.01	0.0020	
<b>ET</b>	2079.14	1	2079.14	47.41	< 0.0001	
<b>T<sup>2</sup></b>	151.72	1	151.72	3.46	0.0826	
<b>E<sup>2</sup></b>	135.89	1	135.89	3.10	0.0987	
<b>Kalıntı</b>	657.85	15	43.86			
<b>Uyum Eksikliği</b>	131.63	3	43.88	1.00	0.4260	Önemli değil
<b>Saf Hata</b>	526.22	12	43.85			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	10249.43	20				

Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek
<b>Sabit</b>	16.91927	1	19.93	-25.57	59.41
<b>T</b>	1.21682	1	0.7125	-0.3019	2.74
<b>E</b>	0.260917	1	0.0492	0.1560	0.3658
<b>ET</b>	-0.004869	1	0.0007	-0.0064	-0.0033
<b>T<sup>2</sup></b>	0.012476	1	0.0068	-0.0021	0.0270
<b>E<sup>2</sup></b>	-0.000094	1	0.0001	-0.0002	0.0000

Sonuçlar doğrultusunda elde edilen terim katsayıları Çizelge 4.12’de, matematiksel eşitlik ise aşağıda verilmiştir:

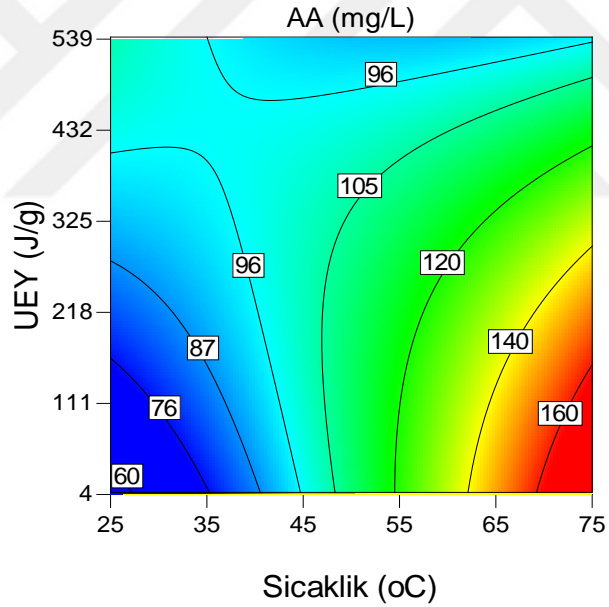
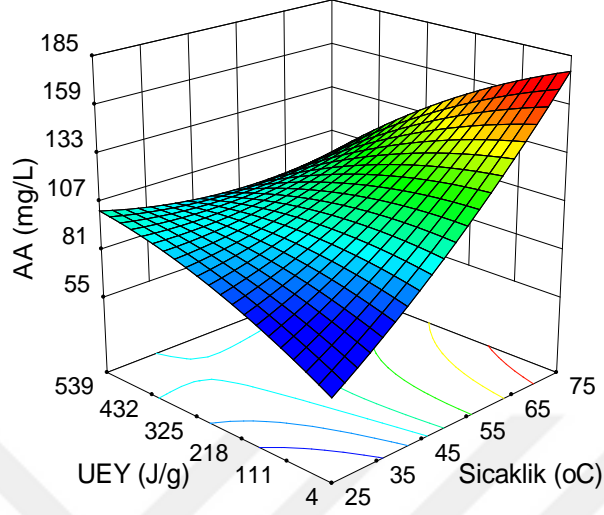
$$AA \left( \frac{mg}{L} \right) = 16.91927 + 1.2168T + 0.26092E - 0.00487ET + 0.01248T^2 - 0.00009E^2$$

Termosonikasyon parametrelerine bağlı olarak AA miktarının değişimi Şekil 4.4.’te 2 ve 3 boyutlu grafiklerle gösterilmiştir. Düşük sıcaklıklarda (~25°C) ultrases enerji yoğunluğunun artışı daha yüksek AA, yüksek sıcaklıklarda (~75°C)

ise daha düşük AA konsantrasyonları elde edilmesine neden olmaktadır. Sıcaklık ve askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz, polifenol oksidaz ve peroksidazın direkt ya da dolaylı yolla AA kaybına neden olduğu bilinmektedir. AA düşük sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu kombinasyonları uygulandığında enzimler nedeniyle parçalanabilmektedir. Sıcaklık da AA parçalanma nedenlerinden birisi olsa dahi, yükselen sıcaklık seviyesi ile AA miktarının arttığı Şekil 4.4.'te görülmektedir. Bu durum sıcaklık etkisinin enzim inaktivasyonunu sağlaması ile ilgili olabilir. Enzimlerin AA parçalanması üzerindeki etkisi, sıcaklığın etkisinden daha yüksek olabilir.

Bir başka çalışmada ultrasonikasyon ile meyve suyunun AA miktarının arttığı bildirilmiştir (**Bhat ve ark., 2011**). Benzer şekilde düşük sıcaklıklarda artan ultrases enerjisiyle, AA miktarı artma eğilimindeyken yüksek sıcaklıklarda azalma göstermektedir. **Cheng ve ark. (2007)** guava suyunda çözünmüş halde bulunan ve AA parçalanmasının temel nedeni olan oksijenin termosonikasyon ile uzaklaştırılmasının AA miktarında hafif artış sağlıyor olabileceğini bildirmişlerdir. Benzer durum bu çalışma için de geçerli olabilir. 75°C civarında sıcaklık uygulanan nektarlarda, ultrases enerji yoğunluğundaki küçük bir miktar artması bile AA miktarında önemli değişime neden olmaktadır. Sıcaklıktaki değişimin çilek nektarında AA miktarı üzerindeki etkisi ultrases enerjisinin etkisinden daha büyüktür. Ultrases enerjisinin etkisi ~40°C'den yüksek sıcaklıklar uygulanırken daha önemli hale gelmektedir.

Ultrases uygulanan meyve sularının AA miktarının kontroldekinden daha düşük olduğunu bildiren geçmiş çalışmalar da bulunmaktadır (**Tiwari ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2009b**). AA parçalanma reaksiyonlarının, ultrases ile oluşan serbest radikallerden kaynaklanan oksidasyon reaksiyonları olabileceği bildirilmiştir (**Portenlanger ve Heusinger, 1992**).



Şekil 4.4. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında askorbik asit miktarı (AA) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

**4.1.5. Termosonikasyon Uygulamalarının L\* Üzerine Etkisi**

Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının L\* değerleri 24.7-26.8 aralığında değişmektedir (Çizelge 4.13). En yüksek L\* değeri 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulanan, en düşük L\* değeri ise 67.7°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulanan nektarlara aittir.

Çizelge 4.13. Farklı termosonikasyon koşullarının L\* değeri üzerine etkisi

Desen		Bağımsızlar		Cevap
Deneme	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	L*
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	25.2
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	26.7
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	25.6
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	26.0
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	26.8
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	26.4
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	24.7
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	25.3
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	25.2
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	25.3
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	24.9
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	24.9
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	25.4
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	24.8
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	25.3
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	25.6
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	25.3
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	25.5
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	26.2
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	25.0
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	25.8

L\* değerlerine ilişkin en uygun modelin, Çizelge 4.14'te verilmiş olan istatistik analiz sonuçları değerlendirildikten sonra ikili etkileşim modeli olduğuna karar verilmiştir. Çalışılmış olan modellerden uyum eksikliği testi sonucu en iyi

olan ikili faktör etkileşim modeli olarak belirlenmiştir. Söz konusu modele ait  $R^2$ , *düzeltilmiş- $R^2$*  ve *tahmini- $R^2$*  değerleri sırasıyla 0.8930, 0.8742 ve 0.8462'dir, uyum eksikliği testine ait  $p$ -değeri ise önemsizdir ( $p=0.6056$ ).

Çizelge 4.14. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının  $L^*$  değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0007	0.5461	0.4957	0.3541	
<i>2FI</i>	<b>0.6056</b>	<b>0.8930</b>	<b>0.8742</b>	<b>0.8462</b>	<b>Önerilen</b>
<i>İkinci dereceden</i>	0.5396	0.9029	0.8705	0.8169	
<i>Kübik</i>	0.4914	0.9149	0.8691	0.7957	

Çizelge 4.15'de ikinci derecen modele ait istatistik verileri verilmiştir. Model, ve modele ait tüm terimler önemli bulunmuştur ( $p<0.1$ ). Bu nedenle modelin terimlerinde bir indirgeme uygulanmamıştır.

Çizelge 4. 15. Çilek nektarlarının L\* 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
<b>Model</b>	6.41	3	2.14	47.31	< 0.0001	<i>Önemli</i>
<b>T</b>	3.29	1	3.29	72.75	< 0.0001	
<b>E</b>	0.6347	1	0.6347	14.05	0.0016	
<b>ET</b>	2.49	1	2.49	55.13	< 0.0001	
<b>Kalıntı</b>	0.7680	17	0.0452			
<b>Uyum Eksikliği</b>	0.1817	5	0.0363	0.7438	0.6056	<i>Önemli değil</i>
<b>Saf Hata</b>	0.5863	12	0.0489			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	7.18	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	21.42448	1	0.5884	20.18	22.67	
<b>T</b>	0.077139	1	0.0114	0.0530	0.1013	
<b>E</b>	0.008611	1	0.0019	0.0045	0.0127	
<b>ET</b>	-0.000189	1	0.0000	-0.0003	-0.0001	

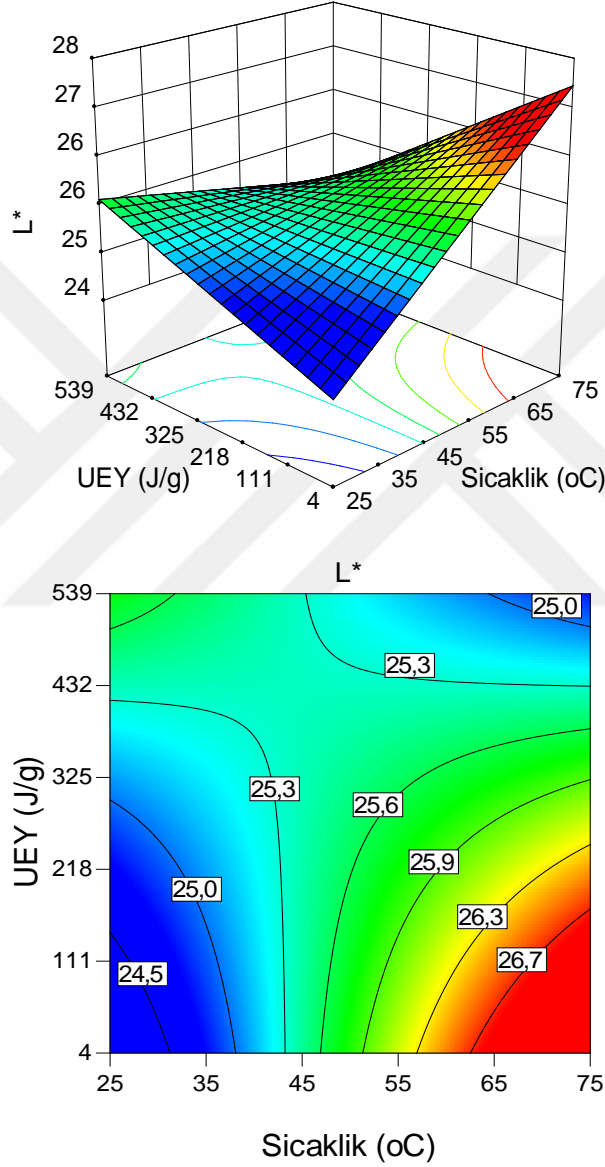
Modele ait her terimin Çizelge 4.15’de de görülmekte olan katsayıları yerine konulduğunda elde edilen ve termosonikasyon koşullarıyla L\* değeri değişimini ortaya koyan formül aşağıdaki gibidir:

$$L^* = 21.42 + 0.07714T - 0.00861E - 0.00019ET$$

Elde edilen matematiksel eşitlik yardımıyla oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafikler, Şekil 4.5.’de görülmektedir. 2 boyutlu grafik incelendiğinde ~300 J/g UEY’den daha düşük seviyelerde ultrases uygulandığında L\* değerindeki değişim sıcaklık arttıkça artış gösterirken L\* daha yüksek UEY seviyelerinde sıcaklık değişiminden büyük oranda etkilenmemektedir. Benzer durum askorbik asit miktarının termosonikasyon parametreleriyle değişimini gösteren grafikte de



geçerlidir. Bu durum askorbik asit miktarı artışının nektar renginin parlaklığının artmasına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Fakat AA ile  $L^*$  değeri arasında bir korelasyona rastlanmamıştır ( $R^2=0.324$ ).



Şekil 4.5. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında  $L^*$  değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

**Herceg ve ark. (2013)** termosonikasyon uygulanan (20 kHz, 9 dk, 55°C) çilek sularının L\* değerinde azalma olduğunu, **Jabbar ve ark. (2015)** termosonikasyon uygulanan (20 kHz, 10 dk, 60°C) havuç sularını L\* değerinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.1.6. Termosonikasyon Uygulamalarının a\* Değeri Üzerine Etkisi

Farklı koşullarla uygulanan termosonikasyonlardan sonrasında renk analizleri yapılmıştır ve bulunan a\* değeri sonuçları 42.6-43.8 aralığında değişmektedir. En yüksek a\* değeri 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu, en düşük a\* değeri ise 75°C-271.5 J/g kombinasyonu uygulanan nektarlarda belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı termosonikasyon koşullarının  $a^*$  değeri üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık ( $T$ , °C)	Enerji Yoğunluğu ( $E$ , J/g)		$a^*$
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)		43.4
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)		42.7
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)		43.3
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)		43.4
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)		42.8
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)		42.7
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)		43.6
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)		43.1
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)		43.1
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)		43.3
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)		43.8
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)		42.8
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)		42.7
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)		43.6
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)		43.1
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)		43.2
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)		42.8
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)		43.0
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)		42.6
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)		43.7
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)		43.2

Nektarlara ait  $a^*$  değeri sonuçları farklı matematiksel modeller için test edilmiştir ve istatistikî çıktılar Çizelge 4.17’de verilmiştir. Termosonikasyon koşullarının  $a^*$  değeri üzerine etkisini en iyi şekilde ifade eden modelin ikili faktör interaksiyon modeli olduğu belirlenmiştir. İkili faktör etkileşim modelinin uyum eksikliği testi sonuçları önemsiz bulunmuştur ( $p=0.9123$ ) ve modele ait  $R^2$ , düzeltilmiş- $R^2$ , tahmini- $R^2$  değerleri sırasıyla 0.9154, 0.9004 ve 0.8733’tür. Seçilen

modelin korelasyon katsayılarının da diğer modellerinkiler ile karşılaştırıldığında yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının a\* değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği (p-Değeri)	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmini R <sup>2</sup>	Yorum
<i>Lineer</i>	0.4025	0.8817	0.8685	0.8351	<b>Önemli</b>
<b>2FI</b>	<b>0.9123</b>	<b>0.9154</b>	<b>0.9004</b>	<b>0.8733</b>	
<i>İkinci dereceden</i>	0.7331	0.9162	0.8882	0.8349	
<b>Kübik</b>	0.5340	0.9218	0.8797	0.7882	

Nektarların a\* değerleri için ikili faktör etkileşim modeline ait parametrelerin istatistik sonuçları verilmiştir. İkili faktör etkileşim modeli yüksek oranda önemli, diğer model parametreleri de önemli bulunmuştur ( $p < 0.1$ ).

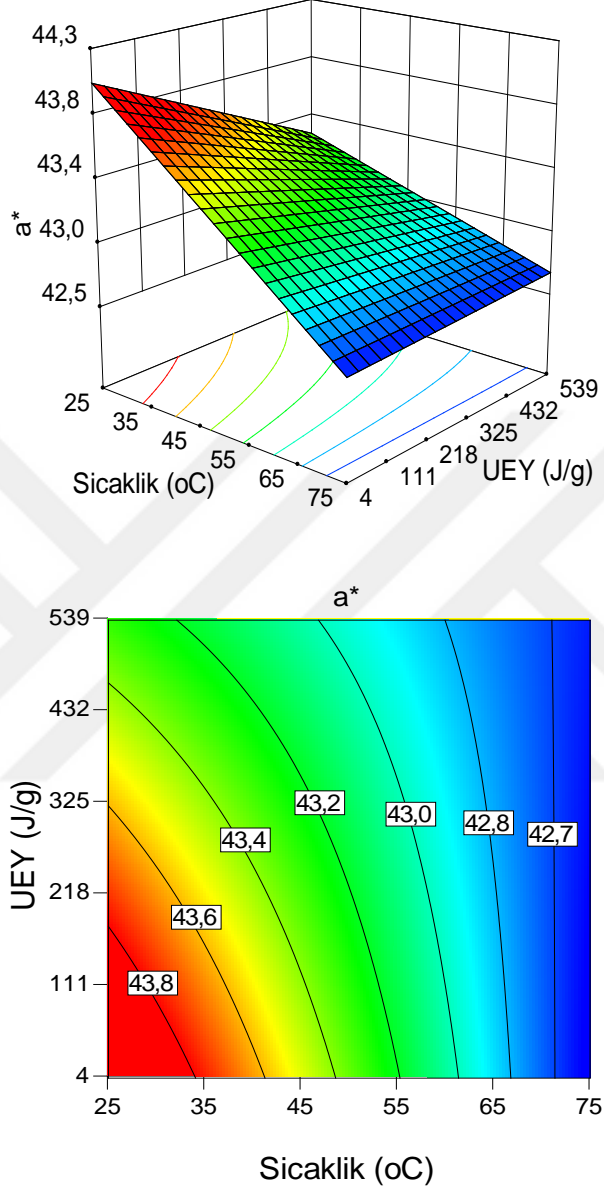
Çizelge 4.18. Çilek nektarlarının a\* değerleri için ikili faktör etkileşim modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	2.52	3	0.8392	61.30	< 0.0001	<b>Önemli</b>
<b>T</b>	2.15	1	2.15	156.94	< 0.0001	
<b>E</b>	0.2762	1	0.2762	20.18	0.0003	
<b>ET</b>	0.0927	1	0.0927	6.77	0.0186	
<b>Kalıntı</b>	0.2327	17	0.0137			
<b>Uyum Eksikliği</b>	0.0247	5	0.0049	0.2852	0.9123	<b>Önemli değil</b>
<b>Saf Hata</b>	0.2080	12	0.0173			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	2.75	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	43.98361	1	0.5193	42.89	45.08	
<b>T</b>	-0.023895	1	0.0101	-0.0452	-0.0026	
<b>E</b>	-0.000430	1	0.0017	-0.0040	0.0032	
<b>ET</b>	-7.63217x10 <sup>-7</sup>	1	0.0000	-0.0001	0.0001	

Termosonikasyon sıcaklığı ve ultrases enerji yoğunluğunun  $a^*$  değerine etkisini matematiksel olarak açıklayan denklem aşağıda verilmiştir:

$$a^* = 43.98361 - 0.023895T - 0.000430E + 0.0000008ET$$

Elde edilen matematiksel eşitlik yardımıyla oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafikler, Şekil 4.6'da görülmektedir. Her iki termosonikasyon parametresinin de artışı  $a^*$  değerinin azlamasına neden olmakta böylelikle nektardan beklenen kırmızı rengin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Yüksek UEY uygulamaları, sıcaklık uygulamasının  $a^*$  üzerindeki olumsuz etkisinin hafifletmektedir. Aynı miktardaki sıcaklık artışı daha yüksek UEY uygulamalarında daha  $a^*$  değerini daha az etkileyecektir. **Herceg ve ark. (2013)** yaptıkları çalışmada çilek nektarlarına termosonikasyon uygulanmasının  $a^*$  değerinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar bu çalışmanın sonucunu da destekler niteliktedir.



Şekil 4.6. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında  $a^*$  değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

#### 4.1.7. Termosonikasyon Uygulamalarının b\* Değeri Üzerine Etkisi

Farklı koşullarla uygulanan termosonikasyonlardan sonrasında renk analizleri yapılmıştır ve bulunan b\* değeri sonuçları 42.4-45.6 aralığında değişmektedir. En yüksek b\* değeri 67.7°C-82.1 J/g kombinasyonu, en düşük b\* değeri ise 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulanan nektarlarda belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Farklı termosonikasyon koşullarının b\* değeri üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	b*	
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	43.4	
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	45.4	
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	43.8	
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	44.6	
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	45.6	
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	45.3	
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	42.4	
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	43.9	
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	44.1	
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	44.3	
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	43.1	
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	43.7	
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	43.6	
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	42.6	
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	43.5	
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	44.0	
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	43.3	
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	43.8	
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	45.3	
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	43.1	
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	44.2	

Farklı matematiksel modeller için  $b^*$  değeri sonuçları test edilmiş ve istatistiki çıktılar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Termosonikasyon koşullarının  $b^*$  değeri üzerine etkisini en iyi şekilde ifade eden modelin ikili faktör interaksyon modeli olduğu belirlenmiştir. İkili faktör etkileşim modelinin uyum eksikliği testi sonuçları önemsiz bulunmuştur ( $p=0.6654$ ) ve modele ait  $R^2$ , *düzeltilmiş- $R^2$* , *tahmini- $R^2$*  değerleri sırasıyla 0.8884, 0.8687 ve 0.8204’tür. Seçilen modelin korelasyon katsayılarının da diğer modellerinkiler ile karşılaştırıldığında yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının  $b^*$  değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0028	0.6224	0.5805	0.4575	
<i>2FI</i>	<b>0.6654</b>	<b>0.8884</b>	<b>0.8687</b>	<b>0.8204</b>	<b>Önerilen</b>
<i>İkinci dereceden</i>	0.4059	0.8892	0.8523	0.7795	
<i>Kübik</i>	0.3624	0.9057	0.8549	0.7422	

Nektarların  $b^*$  değerleri için ikili faktör etkileşim modeline ait parametrelerin istatistik sonuçları verilmiştir. İkili faktör etkileşim modeli yüksek oranda önemli, diğer model parametreleri de önemli bulunmuştur ( $p<0.1$ ).



Çizelge 4.21. Çilek nektarlarının  $b^*$  değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

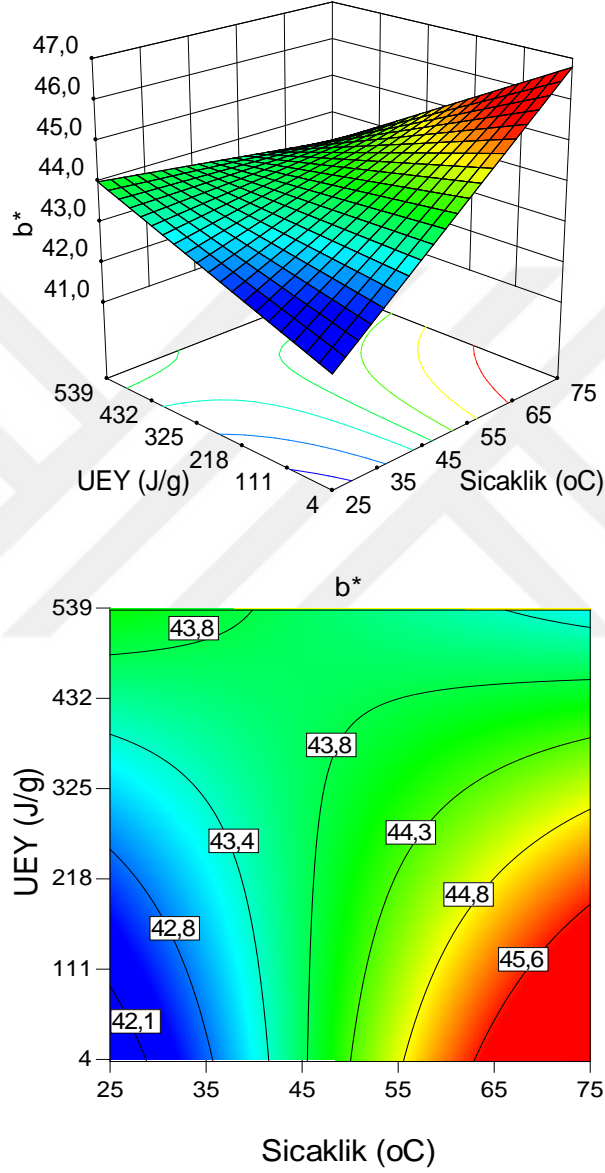
ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	14.23	3	4.74	45.11	< 0.0001	Önemli
<b>T</b>	9.23	1	9.23	87.78	< 0.0001	
<b>E</b>	0.7400	1	0.7400	7.04	0.0167	
<b>ET</b>	4.26	1	4.26	40.52	< 0.0001	
<b>Kalıntı</b>	1.79	17	0.1051			
<b>Uyum Eksikliği</b>	0.3822	5	0.0764	0.6527	0.6654	Önemli değil
<b>Saf Hata</b>	1.41	12	0.1171			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	16.02	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	38.81495	1	0.8381	37.05	40.58	
<b>T</b>	0.100743	1	0.0163	0.0664	0.1351	
<b>E</b>	0.010134	1	0.0028	0.0043	0.0160	
<b>ET</b>	-0.000226	1	0.0001	-0.0003	-0.0001	

Termosonikasyon sıcaklığı ve ultrases enerji yoğunluğunun  $b^*$  değerine etkisini matematiksel olarak açıklayan denklem aşağıda verilmiştir:

$$b^* = 38.82 + 0.10074T - 0.01013E - 0.00023ET$$

Nektarların  $b^*$  değerlerinin termosonikasyon parametreleri ile değişimi gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler, Şekil 4.7'de verilmiştir. Grafikler  $L^*$  değeri için elde edilen grafiklerle benzerlik göstermektedir. Sabit bir UEY değerinde uygulanan sıcaklık miktarı arttıkça  $b^*$  değeri artış göstermiştir. Özellikle daha düşük UEY seviyelerinde bu artış daha belirgindir. Yüksek sıcaklık-düşük UEY kombinasyonu en yüksek  $b^*$  değerinin elde edilmesine ve nektarların renginin

sarıya yakın olmasına neden olmuştur. Düşük sıcaklık ve UEY kombinasyonu uygulandığında ise en düşük  $b^*$  değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında  $b^*$  değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

**4.1.8. Termosonikasyon Uygulamalarının  $\Delta E^*$  Değeri Üzerine Etkisi**

Bulanık çilek nektarlarına uygulanan farklı termosonikasyon işlemlerinin parametreleri ve 3.4-6.5 aralığında değiştiği görülen  $\Delta E^*$  değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. En yüksek  $\Delta E^*$  değeri 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu, en düşük  $\Delta E^*$  değeri ise 67.7°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulandığında elde edilmiştir. Aynı ultrases enerji yoğunluğu uygulanan nektarlarda daha yüksek sıcaklık uygulamasının renkteki değişimin azalmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı termosonikasyon koşullarının  $\Delta E^*$  değeri üzerine etkisi

<i>Desen</i>		<i>Bağımsızlar</i>		<i>Cevap</i>
<b>Deneme</b>	<b>Uzay Tipi</b>	<b>Sıcaklık (T, °C)</b>	<b>Enerji Yoğunluğu (E, J/g)</b>	<b><math>\Delta E^*</math></b>
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	5.5
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	4.0
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	5.2
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	4.1
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	3.4
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	3.6
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	6.5
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	5.1
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	5.1
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	4.8
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	5.8
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	5.6
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	5.6
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	6.3
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	5.5
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	4.9
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	5.7
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	5.4
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	3.9
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	5.3
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	4.6

Farklı modellere göre test edilen  $\Delta E^*$  değerlerine ait istatistikî veriler Çizelge 4.23'de görülmektedir. Uyum eksikliği değeri ve korelasyon değerleri en yüksek olan ikili faktör etkileşim modeli, termosonikasyon parametreleri ile  $\Delta E^*$  değişimini açıklamak için en uygun model olarak belirlenmiştir. Söz konusu modele ait  $R^2$ , *düzeltilmiş- $R^2$*  ve *tahmini- $R^2$*  değerleri sırasıyla 0.7839, 0.7457 ve 0.6609'dur, uyum eksikliği testine ait  $p$ -değeri ise önemsizdir ( $p=0.6638$ ).

Çizelge 4.23. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının  $\Delta E^*$  değerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0189	0.4868	0.4298	0.2630	
<b>2FI</b>	<b>0.6638</b>	<b>0.7839</b>	<b>0.7457</b>	<b>0.6609</b>	<b>Önerilen</b>
<i>İkinci dereceden</i>	0.4467	0.7898	0.7198	0.5748	
<i>Kübik</i>	0.2186	0.8064	0.7021	0.4441	

Çizelge 4.24'te termosonikasyon uygulanmış çilek nektarlarının  $\Delta E^*$  değerleri için ikili faktör etkileşimi modeli parametrelerinin istatistik çıktuları görülmektedir. İkili etkileşim modelinin ve tüm model terimlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.1$ ).

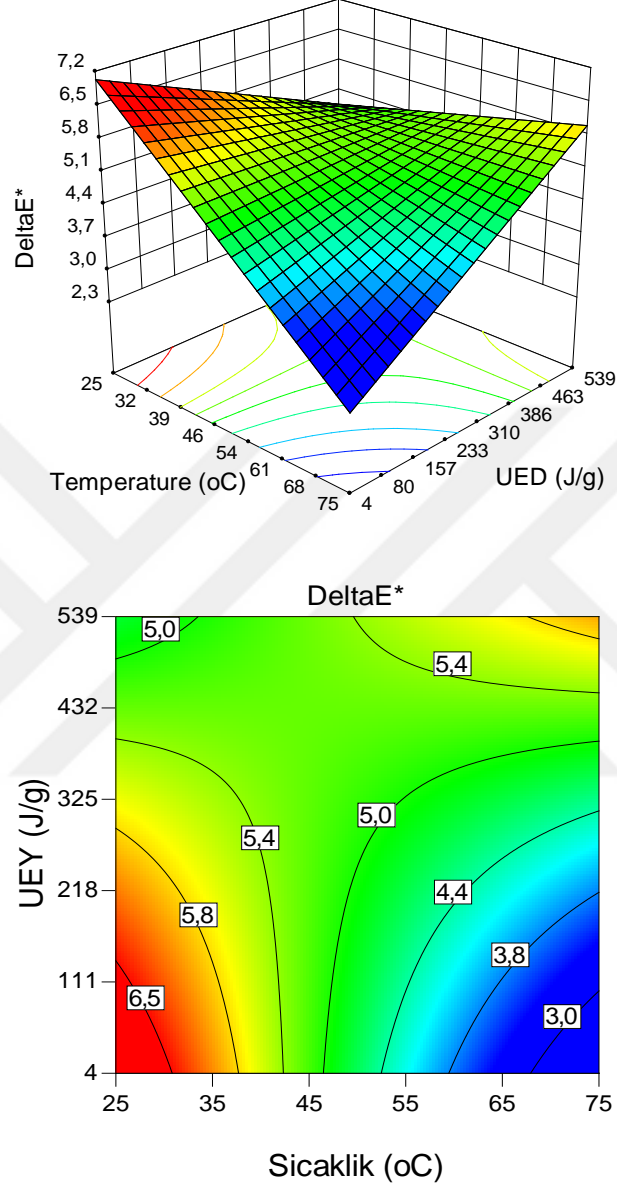
Çizelge 4.24. Çilek nektarlarının  $\Delta E^*$  değerleri için terimi azaltılmış ikili faktör etkileşimi modeline göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	11.45	3	3.82	20.55	< 0.0001	Önemli
<b>T</b>	6.05	1	6.05	32.59	< 0.0001	
<b>E</b>	1.06	1	1.06	5.70	0.0288	
<b>ET</b>	4.34	1	4.34	23.37	0.0002	
<b>Kalıntı</b>	3.16	17	0.1858			
<b>Uyum Eksikliği</b>	0.6771	5	0.1354	0.6551	0.6638	Önemli değil
<b>Saf Hata</b>	2.48	12	0.2067			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	14.61	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	8.69278	1	0.9237	6.74	10.64	
<b>T</b>	-0.087142	1	0.0180	-0.1250	-0.0492	
<b>E</b>	-0.008611	1	0.0030	-0.0150	-0.0022	
<b>ET</b>	0.000189	1	0.0001	0.0001	0.0003	

Termosonikasyon parametrelerinin çilek nektarına ait  $\Delta E^*$  değerleri ile ilişkisini tanımlayan matematiksel eşitlik aşağıda verilmiştir ( $R^2=0.7839$ ):

$$\Delta E^* = 8.69 - 0.08714T - 0.00861E + 0.00019ET$$

Verilen eşitlik yardımıyla oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafikler, sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğuna bağlı olarak  $\Delta E^*$  değişimini göstermektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında  $\Delta E^*$  değeri üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

Gıdaların görünümünün tüketici tercihi üzerinde önemli bir etkisi bulunmakta ve  $\Delta E^*$  değerinin 2'den büyük olduğu durumlarda renk değişiminin

tüketici tercihini etkilediği bildirilmektedir (Choi ve ark., 2002). Nektarların Duyusal analiz sonuçlarını olumsuz etkileyen renk değişimi farkedilebilir (1.5-3.0), iyi görünür (3.0-6.0) ya da büyük (>6.0) olarak değerlendirilebilmektedir (Cserhalmi ve ark., 2006).

Termosonikasyonda uygulanan sıcaklık seviyesindeki değişim, termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan nektarların renkleri arasındaki farka dayanan  $\Delta E^*$  değerini, özellikle düşük ultrases seviyeleri uygulandığında etkilemektedir (Şekil 4.8). Ultrases enerji yoğunluğunun artışı  $\Delta E^*$  değerini, ılımlı sıcaklık seviyelerinde (~45°C) etkilemezken 50°C'den yüksek sıcaklıklarda artmasına neden olmuştur (Şekil 4.8). Nektarlarda renk değişimini mümkün olduğunca düşük olmasını sağlamak için termosonikasyon koşulları olarak yüksek sıcaklık-düşük ultrases enerji yoğunluğunun seçilmesi doğru olacaktır.

Yüksek sıcaklık uygulamalarında (~75°C) ultrases enerji yoğunluğunun artışı  $\Delta E^*$  üzerinde daha etkili olmaktadır. Benzer şekilde geçmiş çalışmalarda, daha yüksek genlikler ve daha uzun ultrases sürelerinin portakal, çilek ve böğürtlen sularının  $\Delta E^*$  değerlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Zinoviadou ve ark., 2015). Antosiyenin bakımından zengin meyve sularında monomerik antosiyeninlerin parçalanması, polimerizasyonu ve izleyen aşamalarda kahverengi bileşiklerin oluşumu renk kaybının temel nedenleri olduğu bildirilmiştir (Vegara ve ark., 2014).

Elde edilen sonuçlara göre,  $\Delta E^*$  ve esmerleşme indeksi grafiklerindeki değişimler tam olarak birbiriyle örtüşmemektedir. Bunun nedeni  $\Delta E^*$  değerinin yalnızca kahverengileşme ile ilgili olmaması olarak açıklanabilir. Fakat, en yüksek  $\Delta E^*$  ve EI değerleri en düşük sıcaklık ve ultrases uygulanan nektarlarda meydana gelirken aynı uygulamalarda en düşük PFO inaktivasyonu görülmektedir (Şekil 4.1., 4.8. ve 4.9.). Bu nedenle, düşük sıcaklık-ultrases uygulamalarında,  $\Delta E^*$  değerindeki değişimin temel kaynağının kahverengi bileşiklerin oluşumu olduğu söylenebilir. En yüksek AA içeriğinin elde edildiği uygulamalarda  $\Delta E^*$  değeri minimum seviyede, EI, PFO inaktivasyon değerleri ise ortalama seviyelerdedir

(Şekil 4.1 ve 4.9). Yüksek sıcaklık-düşük ultrases enerji yoğunluğu uygulanan nektarlarda  $\Delta E^*$  değeri, EI yerine AA içeriğine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Ek olarak, ultrases enerji yoğunluğu  $\sim 310$  J/g'dan düşük ve sıcaklık seviyesi yüksek/düşük olan termosonikasyon uygulamalarında, AA içeriğinin  $\Delta E^*$  üzerindeki zıt etkisi göz ardı edilemez boyuttadır. Bu durum askorbik asitin antosiyanin stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisiyle ilgili olabilir. **Skrede ve ark. (1992)** çilek şurubunda AA ilavesinin renk stabilitesini azaltırken antosiyanin ile zenginleştirmenin askorbik asit içeriğini koruduğunu bildirmişlerdir.

#### **4.1.9. Termosonikasyon Uygulamalarının Esmerleşme İndeksi (EI) Üzerine Etkisi**

Termosonikasyon uygulama koşulları ve 0.43-0.54 aralığında değişmekte olan esmerleşme indeksi (EI) değerleri Çizelge 4.25'te görülmektedir. En düşük EI değeri  $67.7^\circ\text{C}$ -460.9 J/g kombinasyonu, en yüksek EI değeri ise  $32.3^\circ\text{C}$ -82.1 J/g kombinasyonu uygulandığında tespit edilmiştir. Sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu artışının çilek nektarlarında EI değerinin artması ile sonuçlanmaktadır.



Çizelge 4.25. Farklı termosonikasyon koşullarının esmerleşme indeksi üzerine etkisi

Deneme	Desen		Bağımsızlar		Cevap
	Uzay Tipi	Sıcaklık (T, °C)	Enerji Yoğunluğu (E, J/g)	Esmereleşme İndeksi (EI)	
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	0.47	
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	0.51	
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	0.51	
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	0.50	
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	0.48	
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	0.48	
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	0.54	
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	0.45	
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	0.47	
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	0.50	
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	0.53	
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	0.43	
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	0.44	
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	0.47	
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	0.47	
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	0.47	
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	0.45	
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	0.47	
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	0.46	
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	0.48	
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	0.48	

EI değerlerine ait modelleme çalışmasının istatistik sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Uyum eksikliği tesit sonucu en yüksek bulunan ve  $R^2$ ,  $düzeltilmiş-R^2$  ve  $tahmini-R^2$  değerleri sırasıyla 0.7764, 0.7516, 0.6837 olan lineer modelin termosonikasyon parametreleri ile EI arasındaki ilişkiyi en uygun açıklayan model olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 4.26. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının esmerleşme indeksine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği (p-Değeri)	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmini R <sup>2</sup>	Yorum
<i>Lineer</i>	<b>0.0706</b>	<b>0.7764</b>	<b>0.7516</b>	<b>0.6837</b>	<b>Önerilen</b>
<i>2FI</i>	0.0495	0.7793	0.7404	0.6278	
<i>İkinci dereceden</i>	0.0161	0.7802	0.7069	0.5508	
<i>Kübik</i>	0.0460	0.8644	0.7913	0.6172	

EI modelleri açısından en uygun model olarak belirlenen lineer model ve terimlerine ait istatistik bulguları Çizelge 4.27’de görülmektedir. Sonuçlara göre modelin yüksek oranda önemli olduğu belirlenmiştir ( $p << 0.01$ ). Modele ait terimler de istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.1$ ).

Çizelge 4.27. Çilek nektarlarının esmerleşme indeksi için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

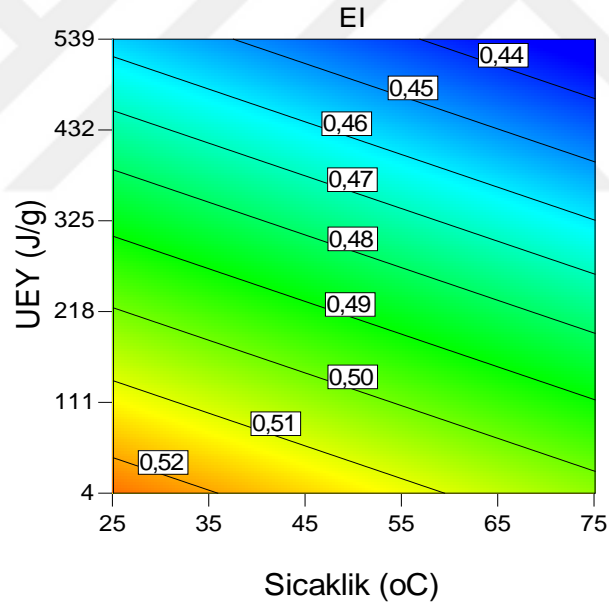
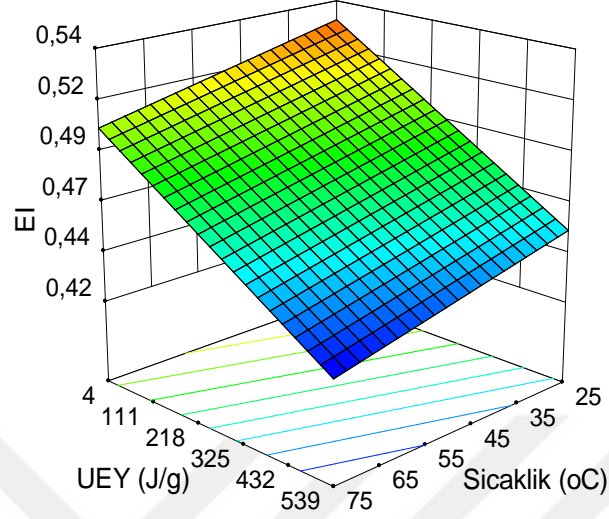
ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<i>Model</i>	0.0128	2	0.0064	31.25	< 0.0001	<i>Önemli</i>
<i>T</i>	0.0015	1	0.0015	7.17	0.0153	
<i>E</i>	0.0113	1	0.0113	55.34	< 0.0001	
<i>Kalıntı</i>	0.0037	18	0.0002			
<i>Uyum Eksikliği</i>	0.0021	6	0.0004	2.66	0.0706	<i>Önemli değil</i>
<i>Saf Hata</i>	0.0016	12	0.0001			
<i>Düzeltilmiş Toplam</i>	0.0165	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<i>Sabit</i>	0.527982	1	0.0578	0.4066	0.6494	
<i>T</i>	-0.000378	1	0.0010	-0.0025	0.0017	
<i>E</i>	-0.000173	1	0.0001	-0.0004	0.0000	

Termosonikasyon koşullarıyla, çilek nektarlarında EI değişimini tanımlayan matematiksel model aşağıda verilmiştir:

$$EI = 0.528 - 0.00038T - 0.000173E$$

Eşitliğin kullanılmasıyla oluşturulan 2 ve 3 boyutlu grafikler Şekil 4.9'da görülmektedir.





Şekil 4.9. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında esmerleşme indeksi (EI) üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

EI değerleri ultrases enerji yoğunluğu ve sıcaklık parametreleriyle doğrusal olarak değişim göstermektedir (Şekil 4.9). Yüksek sıcaklık uygulamalarında PFO inaktivasyonu artarken nektarlara ait EI değerleri azalma göstermektedir. Ek olarak 3 boyutlu grafiklerde görüldüğü gibi, termosonikasyon koşullarının değişiminin HMF içeriği ve EI değerleri üzerindeki etkileri birbirine zıt olmuştur (Şekil 4.9 ve 4.10). Gıda ürünlerinin rengini etkileyen kahverengi maddelerin oluşumu genellikle esmerleşme indeksi olarak ölçülmektedir. Enzimatik olmayan ve enzimatik esmerleşme nektarların EI değerinin artmasına neden olmaktadır. HMF oluşumu sonucu oluşan enzimatik olmayan esmerleşme yüksek sıcaklıklarda meydana gelebilmekteyken enzimatik esmerleşmeden sorumlu enzimlerden biri olan PFO yüksek sıcaklık etkisiyle inaktive edilebilmektedir. Gıdalarda meydana gelen enzimatik esmerleşmenin enzimatik olmayandan daha baskın olduğu ve termosonikasyon parametrelerinin artırılmasıyla önlenilebileceği söylenebilir. Çünkü yüksek sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu kombinasyonu en düşük EI değerinin elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 4.9.).

**Bhat and Goh (2017)** taze sıkılmış çilek suyunda yaptıkları araştırmada ultrases uygulaması (0, 15 ve 30 dk, 20°C, 25 kHz, 20°C) sonrasında EI değerinde önemli bir değişim meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, **Walkling-Ribeiro ve ark. (2009)** termosonikasyon uygulanan (55°C, 30 kHz, 10 dk) ve uygulanmayan portakal sularına ait EI değerlerinin karşılaştırılabilir ölçüde farklı olduğunu, geleneksel yöntemle pastörizasyon uygulanan (94°C for 26 s) örneklerde ise EI değerinin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir.

#### **4.1.10. Termosonikasyon Uygulamalarının Hidroksimetil Furfural (HMF) Üzerine Etkisi**

Bulanık çilek nektarına uygulanan farklı termosonikasyon koşulları ve nektarlara ait 1-27 µg/L aralığında değişen HMF içerikleri Çizelge 4.28'de görülmektedir. En yüksek HMF değeri 67.7°C-460.9 J/g kombinasyonu, en düşük

HMF içeriği ise 25.0°C-271.5 J/g kombinasyonu uygulanan nektarlarda belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı termosonikasyon koşullarının hidroksimetil furfural (HMF) içeriği üzerine etkisi

<i>Desen</i>		<i>Bağımsızlar</i>		<i>Cevap</i>
<b>Deneme</b>	<b>Uzay Tipi</b>	<b>Sıcaklık (T, °C)</b>	<b>Enerji Yoğunluğu (E, J/g)</b>	<b>HMF (µg/L)</b>
1	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	15
2	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	12
3	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	5
4	Eksen	50.0 (0)	3.6 (-1.41)	5
5	Faktöriyel	67.7 (+1)	82.1 (-1)	9
6	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	16
7	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	6
8	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	23
9	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	6
10	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	10
11	Faktöriyel	32.3 (-1)	82.1 (-1)	5
12	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	27
13	Eksen	50.0 (0)	539.4 (+1.41)	26
14	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	1
15	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	8
16	Faktöriyel	32.3 (-1)	460.9 (+1)	9
17	Faktöriyel	67.7 (+1)	460.9 (+1)	21
18	Merkez	50.0 (0)	271.5 (0)	9
19	Eksen	75.0 (+1.41)	271.5 (0)	14
20	Eksen	25.0 (-1.41)	271.5 (0)	2
21	Faktöriyel	50.0 (0)	271.5 (0)	6

Nektarların HMF içeriğinin termosonikasyon koşullarına bağlı değişimini en iyi açıklayan modeli belirlemek amacıyla yapılan istatistikî analizlerin sonuçları Çizelge 4.29'da görülmektedir. En uygun model olan ikinci dereceden modele ait uyum eksikliği testinin sonuçlarının önemsiz bulunmuştur ( $p=0.2552$ ). İkinci

dereceden modelin  $R^2$ , *düzeltilmiş- $R^2$*  ve *tahmini- $R^2$*  değerleri sırasıyla 0.9245, 0.8993 ve 0.8460'dir.

Çizelge 4.29. Termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarının hidrosimetil furfural değerlerine ilişkin model istatistik özetleri ile uyum eksikliği test sonuçları

Model	Uyum Eksikliği ( $p$ -Değeri)	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmini $R^2$	Yorum
<i>Lineer</i>	0.0036	0.7758	0.7509	0.6930	
<i>2FI</i>	0.0041	0.8005	0.7653	0.6916	
<b><i>İkinde dereceden</i></b>	<b>0.2552</b>	<b>0.9245</b>	<b>0.8993</b>	<b>0.8460</b>	<b>Önerilen</b>
<i>Kübik</i>	0.2094	0.9375	0.9038	0.8190	

Önerilen model ve terimlerinin istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.30'da görülmektedir ve  $T^2$  terimi hariç tüm terimleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.1$ ). Bu nedenle terim azaltma uygulanarak  $T^2$  terimi modelden çıkarılmış ve modelin tahminleme gücü arttırılmıştır.

Çizelge 4.30. Çilek nektarlarının HMF değerleri için terimi azaltılmış ikinci dereceden modele göre hesaplanmış parametrelerin istatistik çıktıları

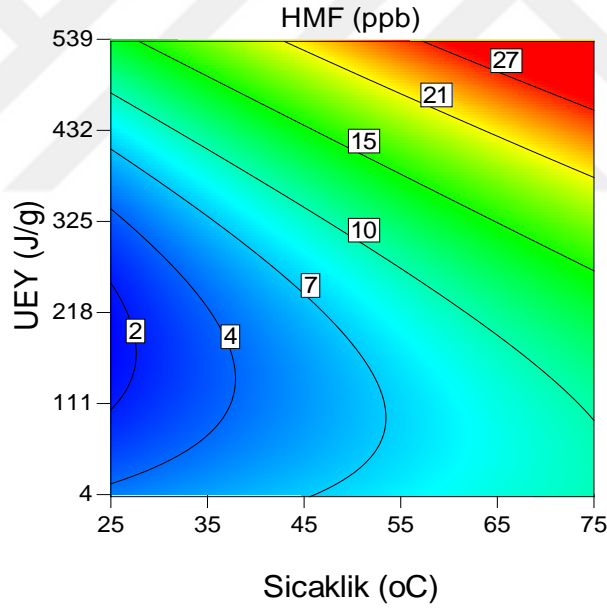
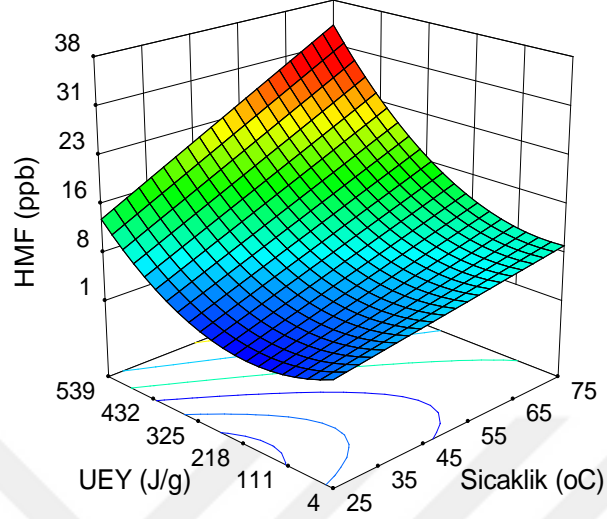
ANOVA Çıktıları						
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri	Yorum
<b>Model</b>	1054.51	4	263.63	46.39	< 0.0001	<i>Önemli</i>
<b>T</b>	324.39	1	324.39	57.09	< 0.0001	
<b>E</b>	564.20	1	564.20	99.29	< 0.0001	
<b>ET</b>	28.32	1	28.32	4.98	0.0402	
<b>E<sup>2</sup></b>	137.60	1	137.60	24.22	0.0002	
<b>Kalıntı</b>	90.92	16	5.68			
<b>Uyum Eksikliği</b>	<b>28.46</b>	<b>4</b>	<b>7.11</b>	<b>1.37</b>	<b>0.3026</b>	<i>Önemli değil</i>
<b>Saf Hata</b>	62.46	12	5.21			
<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	1145.43	20				
Terim	Katsayı	SD	Standart Hata	95% GA Düşük	95% GA Yüksek	
<b>Sabit</b>	2.09921	1	4.16	-6.72	10.91	
<b>T</b>	0.089411	1	0.0789	-0.0778	0.2567	
<b>E</b>	-0.048373	1	0.0172	-0.0848	-0.0120	
<b>ET</b>	0.000614	1	0.0003	0.0001	0.0012	
<b>E<sup>2</sup></b>	0.000090	1	0.0000	0.0000	0.0001	

Çilek nektarlarına uygulanan termosonikasyon koşullarının HMF ile değişimini açıklayan matematiksel eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$HMF (ppb) = 2.0992 + 0.08941T - 0.04837E + 0.000614ET + 0.000090E^2$$

Matematiksel eşitlikten yararlanarak sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu faktörlerine bağlı HMF miktarı değişimini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler Şekil 4.10'da verilmiştir.





Şekil 4.10. Termosonikasyon parametreleri olan sıcaklık (°C) ve ultrases enerji yoğunluğunun (UEY) çilek nektarında hidrosimetil furfural (HMF) içeriği üzerine etkisini gösteren 2 ve 3 boyutlu grafikler

Elde edilen sonuçlara göre, özellikle yüksek ultrases enerji yoğunluğu ile birlikte kullanıldığında, yüksek sıcaklıklı uygulanan nektarlarda daha yüksek

miktarda HMF belirlenmiştir (Şekil 4.10). Grafiklerde görüldüğü gibi, HMF miktarı sıcaklık artışıyla doğrusal olarak artarken ultrases enerjisinin artışıyla aşamalı olarak artış göstermektedir. Ultrases enerjisinin ve sıcaklığın artışı, HMF miktarında büyük oranda artışa neden olmaktadır.

Maillard reaksiyonu indikatörü olan HMF gibi kahverengileşme reaksiyonu sonucu oluşan bileşikler, çileklerde bulunan temel antosiyanin olan pelargonidin-3-glikozid ile reaksiyon verebilmekte ve sarı kalkon türleri oluşturabilmektedir (Yang ve ark., 2008). Sonuçlar dikkatle incelenecek olursa, HMF oluşumu ve antosiyanin bileşen parçalanması değişen termosonikasyonlara karşı benzer artma/azalma eğilimleri göstermektedir (Şekil 4.10. ve 4.2.). HMF ve furfural enzimatik olmayan esmerleşme ile meydana gelen kahverengi bileşiklerin öncül maddeleridir. Turunçgil ürünlerinde enzimatik olmayan esmerleşme ve kahverengi bileşiklerin oluşumu renksiz bileşiklerin oluştuğu bir lag (gecikme) safhasından sonra meydana gelmektedir (Lee ve Nagy, 1988).

Illera ve ark., (2018) farklı termosonikasyon uygulamaları (1.21-1.58 W/mL ultrases güç yoğunluğu, 60 ve 67°C) gerçekleştirilen bulanık elma sularında HMF miktarlarının birbirine yakın olduğunu ve enzimatik olmayan esmerleşmenin meyve suyunu büyük oranda etkilemediği bildirilmiştir.

#### 4.1.11. Termosonikasyon Uygulamasının Optimizasyonu

Bulanık çilek nektarına uygulanacak optimum termosonikasyon parametrelerinin belirlenmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait hedefler ve kısıt koşulları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Termosonikasyon işleminde bağımsız değişkenler UEY ve sıcaklık, bağımlı değişkenler ise nektarların bazı kalite özellikleridir. UEY için deneme desenleri oluşturulurken belirlenen aralık olan 3-539 J/g kullanılmış, sıcaklık için ise belirlenen aralık (25-75°C) daraltılarak 25-59°C aralığında değer alabilecek şekilde tanımlama yapılmıştır. Termosonikasyonun amacı ürüne uygulanması gereken sıcaklık uygulamasını azaltmak olduğu için sıcaklık üst sınırı 59°C’ye düşürülmüştür.

Bağımlı değişkenlerden pH, TA, briks, L\*, a\* ve b\* değerleri için herhangi bir kısıt koşul tanımlanmamıştır. Termosonikasyon sonrasında nektar kalitesinde en az değişime neden olmak için HMF, EI ve  $\Delta E^*$  değerleri için en düşük değerler, TMA, TF ve AA için ise en yüksek değerler hedeflenmiştir. Polifenol oksidaz için ise %75-100 aralığında bir inaktivasyon oranı uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Optimizasyon çalışması için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hedefleri

Değişken Tipi	Değişken	Hedef
Bağımsız	UEY (E, J/g)	3-539 J/g aralığında
	Sıcaklık (T, °C)	25-59°C aralığında
Bağımlı	pH	Herhangi bir değer
	TA	Herhangi bir değer
	Briks	Herhangi bir değer
	PFO inaktivasyonu (%)	75-100 aralığında
	TMA (mg/L)	En yüksek
	TF (mg/L)	En yüksek
	AA (mg/L)	En yüksek
	HMF ( $\mu$ g/L)	En düşük
	EI	En düşük
	$\Delta E^*$	En düşük
	L*	Herhangi bir değer
	a*	Herhangi bir değer
b*	Herhangi bir değer	

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 4.32’de verilmiştir. Termosonikasyon ile bulanık çilek nektarı üretiminde optimum koşullar 455 J/g UEY ve 59°C olarak ve belirlenmiştir (istenilebilirlik=0.46).

**Sulaiman ve ark. (2015b)** çilekte bulunan PFO’ın %75 oranında inaktive edilebilmesi için 1.3 W/g UEY ve 32°C koşullarında termosonikasyon uygulamasının yeterli olacağını bildirmişlerdir. Beklenildiği gibi, yaptığımız çalışmadan optimum koşullardan biri olarak belirlenen sıcaklık değeri daha yüksek

olduğu için diğer araştırmacılar tarafından uygulanan optimum UEY değeri (780 J/g), yaptığımız çalışmada uygulanandan (455 J/g) daha yüksektir.

**Adiamo ve ark. (2018)** tarafından gerçekleştirilen çalışmada portakal kabuğu ve pulpu ilave edilerek üretilen fonksiyonel havuç suyunda, en yüksek TF miktarını elde edebilmek için optimum termosonikasyon parametrelerinin 5.04 dk-59.99°C-125 mL (kabuk ilave edilen iin) ve 6.50 dk-52.78°C-125 mL (pulp ilave edilen için) olduğunu bildirmişlerdir.



Çizelge 4.32. Termosonikasyon için belirlenen optimum çözümler ve istenebilirlik değerleri

Çözüm	Sıcaklık	UEY	TMA	TF	Askorbik	PFO	L*	a*	b*	$\Delta E^*$	Esmerleşme	HMF	İstenebilirlik
Asit İnaktivasyon İndeksi													
1	59.00	455.03	140.43	596.43	101.17	75.00	25.28	42.79	43.82	5.34	0.448	20.803	0.46
2	59.00	464.97	139.79	593.81	100.04	75.79	25.26	42.78	43.79	5.38	0.447	21.521	0.44
3	59.00	455.03	140.43	596.42	101.17	75.00	25.28	42.79	43.82	5.34	0.448	20.80	0.39
4	59.00	459.65	140.13	595.23	100.65	75.36	25.27	42.79	43.81	5.36	0.448	21.13	0.38
5	58.00	465.08	140.04	598.26	99.61	75.00	25.26	42.80	43.79	5.37	0.448	21.16	0.38

#### 4.1.12. Matematiksel Modellerin Validasyonu

Optimum termosonikasyon uygulanan çilek nektarı örneğine uygulanan analizler sonucunda, optimizasyon çalışmasında elde edilen modellerin validasyonuna ait veriler Çizelge 4.33'de verilmiştir. Nektarların araştırılan tüm özelliklerinde, model tarafından tahminlenen ve deneysel olarak belirlenen değerlerin karşılaştırılması için hesaplanan hata değerleri, %1.28 - %7.40 aralığında değişim göstermiştir. Literatürde hata değerinin %10'dan az olması durumunda, modelin kabul edilebilir nitelikte olduğu bildirilmiştir (**Bimakr ve ark. 2013**). Bu nedenle nektarın araştırılan tüm kalite özellikleri için oluşturulan modellerin geçerliliği ispatlanmıştır ve termosonikasyon parametreleri ile ilişkili bulanık çilek nektarı kalite özellikleri yüksek doğrulukla tahmin edilebilecektir. Aynı zamanda bazı kısıt koşulları altında bulanık çilek nektarı için optimum termosonikasyon parametreleri belirlenebilecek ve yüksek kaliteli nektarlar üretilebilecektir.

Çizelge 4.33. Bulanık çilek nektarının (59°C-455 J/g) farklı özellikleri için validasyon çalışması çıktıları

Özellikler	Cevaplar		
	Tahmini	Deneysel	Hata (%)
Polifenol oksidaz inaktivasyonu (%)	75.00	75.98±0.91	1.28±1.17
Hidroksimetil furfural (mg/L)	20.80	20.46±0.57	2.01±2.45
Esmerleşme İndeksi (Abs)	0.45	0.45±0.01	2.76±0.30
$\Delta E^*$	5.34	5.21±0.67	7.40±1.11
Toplam Fenolik Madde (mg/L)	596.43	623.25±12.49	4.28±1.94
Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/L)	140.43	142.53±4.81	4.79±3.07
Askorbik Asit (mg/L)	101.18	104.86±3.76	3.86±2.78

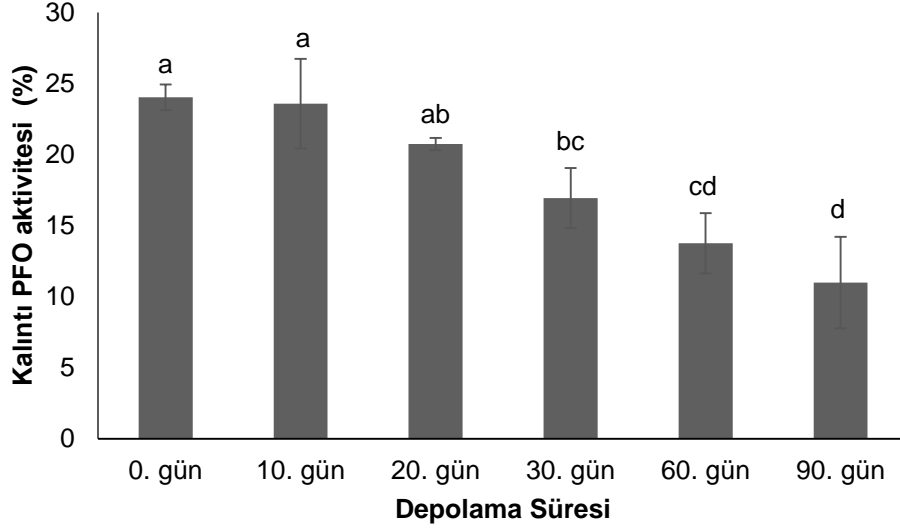
\*±Standart sapma

#### **4.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarlarda Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Farklı termosonikasyon uygulamalarının çilek nektarı kalitesi üzerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgulara göre en iyi sonuç veren koşullar tekrar uygulanarak ürünün depolama stabilitesi araştırılmıştır. 4°C sıcaklıkta 90 gün boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarına, polifenol oksidaz aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, toplam suda çözünür kuru madde, toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik, askorbik asit, hidroksimetil furfural, esmerleşme indeksi ve renk analizleri (L\*, a\*, b\*) uygulanmıştır.

##### **4.2.1. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Polifenoloksidaz Aktivitesi Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Bulanık çilek nektarlarının 4°C'de 90 gün boyunca depolanması süresince kalıntı polifenoloksidaz (PFO) aktivitesi değerleri Şekil 4.11'de görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek kalıntı PFO aktivitesi (%24) depolamanın başlangıcında, en düşük kalıntı PFO aktivitesi ise (%11) depolamanın sonu olan 90. günde belirlenmiştir. Depolama boyunca PFO aktivitesinde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma görülmüştür ( $p < 0.01$ ). Sonuç olarak bulanık çilek suyu örneklerinde PFO inaktivasyonunun geri dönüşsüz olarak gerçekleştirildiği ve inaktivasyon oranının depolama boyunca artış gösterdiği söylenebilir. Depolamanın 10. gününde kalıntı PFO aktivitesi 0.güne kıyasla %6 oranında azalmışken 90. gününde %54 azalma göstermiştir.



Şekil 4.11. Bulanık çilek nektarlarının depolama süresince kalıntı polifenol oksidaz aktivitesi değerleri

**Altındağ ve ark. (2017)** SO<sub>2</sub> uygulaması ve depolamanın kuru kaybı üzerine etkilerini araştırmışlardır. SO<sub>2</sub> uygulanmayan örneklerde 30°C’de depolanan örneklerde PFO aktivitesi artarken 4 ve 20°C’de deplanan örneklerde PFO aktivitesi düşüş göstermiştir.

**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.

**Young ve ark. (2010)** normal ve nano-paketleme materyallerinin çilek kalitesinin korunmasındaki etkisini araştırarak 12 gün boyunca 4°C’de depolama gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre çileklerde PFO aktivitesi başlangıçta artış gösterse de depolamanın ilerleyen günlerinde azalmıştır ( $p<0.05$ ). En düşük PFO aktivitesinin, kullanılan tüm paketler için depolamanın son gününde belirlendiği bildirilmiştir. PFO aktivitesini azaltmaya yönelik bir teknolojik işlem

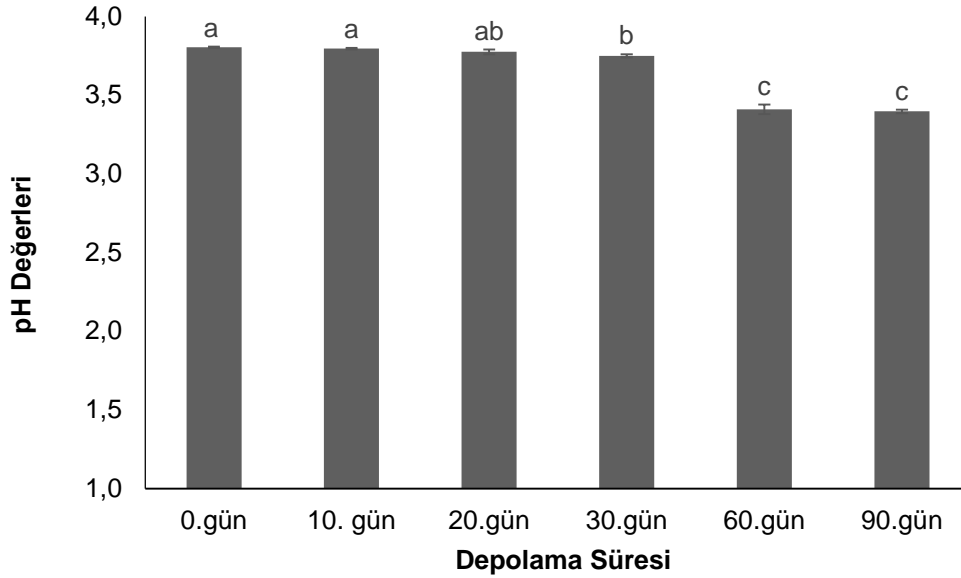


çileklere uygulanmadığı için başlangıçta enzim aktivitesi meydana gelse de sonrasında enzim aktivitesinde azalma görüldüğü söylenebilir.

Literatürdeki çalışmalarda çilekten farklı meyvelere, farklı ısı olmayan işlemler uygulandığında ya da çilek paketlenildiğinde de bu çalışmada olduğu gibi PFO aktivitesinde, depolama boyunca azalmalar gözlenmiştir.

#### 4.2.2. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların pH Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimizasyon çalışmasıyla en iyi sonuç veren termosonikasyon uygulaması ile elde edilen bulanık çilek nektarlarının 4°C’de 90 günlük depolama süresince pH değerlerindeki değişim Şekil 4.12’ de verilmiştir.



Şekil 4.12. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca pH değerleri

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek pH değeri 3.78, en düşük pH değeri ise 3.40 olarak belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında yüksek olan pH değerinde, zamanla istatistiki açıdan önemli seviyelerde azalmalar gözlemlenmiştir

( $p < 0.01$ ). Depolamanın 60. gününden itibaren pH değerlerinde önemli ölçüde değişim olmuştur. Bu durumun muhtemel nedeni nektarlarda mikrobiyolojik gelişmenin olabileceğidir. Termosonikasyon uygulaması ile mikroorganizmalar yeterli seviyede inaktive olmamış olabilir.

**Ishita ve Athmaselvi (2017)** yaptıkları çalışmada ohmik ısıtma uyguladıkları karpuz sularını 21 gün boyunca buzdolabı koşullarında depolamışlardır. Depolama boyunca karpuz sularının pH değerinde azalma meydana gelmiş ve bu azalma uygulanan voltaj miktarı yüksek, ohmik ısıtma süresi ve depolama süresi uzun olan örneklerde daha fazla olmuştur.

**Akande ve Ojekemi (2013)** karpuz ve ananas suyu karışımının (9:1 oranında) 6 haftalık depolama boyunca biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre pH değerleri 4.46 seviyesinden 2.92'ye düşüş göstermiştir. Karpuz ve ananas suyu karışımının pH değerinde meydana gelen düşüşün muhtemel nedeninin etanol oluşumu ile sonuçlanan biyokimyasal reaksiyonların olabileceği ifade edilmiştir. Meyve suyunda pH düşüşü ile ürünün raf ömrünün uzayabilmektedir. Bu çalışmada depolama boyunca meydana gelen pH düşüşü de benzer şekilde açıklanabilir.

**Alexandre ve ark. (2012)** ultrases uygulamasının dahil olduğu bazı ısı olmayan işlemlerin çilek kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Farklı uygulamalar (ultrases, ultraviyole C radyasyon, ozon ve kimyasal çözeltilerle yıkama) sonrasında çilek örneklerini 4 ve 15°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre meyveye ait pH değerlerinin ortalama  $3.88 \pm 0.08$  olduğunu ve ultrases uygulaması ya da depolamanın, pH üzerinde belirgin bir değişime neden olmadığını bildirmişlerdir.

**Aday ve ark. (2014)** farklı ultrases güçleri (30, 60, 90 W) ve uygulama sürelerinin (5 ve 10 dk) çilek kalitesi üzerine etkisini araştırmış ve çilekleri 1 ay süreyle depolamışlardır. 30 ve 60 W ultrases gücü uygulanan örneklerde pH açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir ve tüm uygulamalarda depolama süresince pH değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. 30 ve 60 W ultrases gücü

uygulanmış örneklerde pH değerlerinin daha düşük olmasının nedeninin diğer örneklerin paketlerinde yüksek oranda CO<sub>2</sub> birikimi ile ilgili olabileceği ifade edilmiştir. CO<sub>2</sub> birikiminin yüksek oluşu solunumun ve organik asitlerinin parçalanma miktarının fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Çalışmada belirlenmiş olan çilek pH değerleri ise 3.49 – 3.70 aralığında değişim göstermiştir.

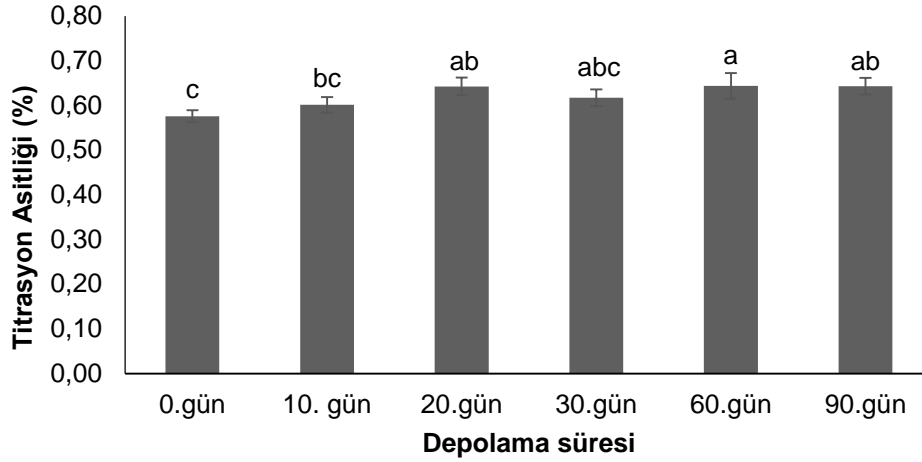
**Tiwari ve ark. (2009b)** depolama boyunca antosiyanin ve askorbik asit stabilitesini araştırdıkları çalışmada çilek suyuna ait pH değerini ultrases sonrasında 3.11 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen pH sonuçlarının daha yüksek olmasının (3.40-3.78) nedeni örneğin su ve asit ilavesiyle üretilen bulanık çilek nektarı olması olabilir. Literatürde bildirilmiş olan farklı çeşitteki çileklerin pH değerleri (3.49-4.10), çilek suyununkinden (3.11) yüksektir (**Aday ve ark., 2014; Cordenunsi ve ark., 2003**). Bu durum göz önüne alındığında çileklerin parçalanarak çilek suyu haline getirilmesinin pH değerinde azalmaya neden olabileceği söylenebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre depolama süresinin artışıyla meydana gelen pH düşüşü, çileklerin nektar üretimi için parçalanması sonrasında daha büyük hızla meydana gelen ve sürmekte olan bazı reaksiyonlar sonucu ortamda H<sup>+</sup> iyonları konsantrasyonunun artması ile ilişkilendirilebilir (Şekil 4.12). Aynı zamanda nektarda bazı mikroorganizmaların gelişmesi sonucunda laktik asit gibi organik asitler üretilmiş ve fermantasyon meydana gelmiş olabilir. **Perez-Grijalve ve ark. (2018)** işlem uygulanmayan böğürtlen suyunda 5°C’de üç gün depolama sonunda fermantasyon meydana geldiğini bildirmiştir.

#### **4.2.3. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Titrasyon Asitliği Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Optimum termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra 3 ay boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarının titrasyon asitliği değişimi Şekil 4.13’te görülmektedir. Çilek nektarlarının tirasyon astiliği değerlerinin %0.58-0.64 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Depolama süresince titrasyon asitliği

değerlerinde istatistiki açıdan önemli değişimler artış eğilimi göstermektedir ( $p<0.01$ ). Fakat meydana gelen değişimler sürekli ve düzenli bir artış olarak değerlendirilememektedir. Nektarlara ait pH değeri değişimleri incelendiğinde de titrasyon asitliğinde artış eğilimi beklendiği için sonuçların birbirini doğrular nitelikte olduğu ifade edilebilir. En düşük titrasyon asitliği depolama başlangıcı olan 0. günde belirlenmiştir. Depolamada meydana gelen TA artışı, mikroorganizma faaliyetleri ve asit üretiminden kaynaklanmış olabilir.

**Tiwari ve ark. (2009b)**, çalışmalarında kullandıkları çilek suyunun titrasyon asitliği değerini 0.75 g/100 mL olarak bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise nektar üretim aşamasında ise titrasyon asitliği değeri %0.50 olarak ayarlanmış ve asitlik termosonikasyon sonrasında ve depolama ile artış göstermiştir.



Şekil 4.13. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri

Literatürde karşılaşılan çilek örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri % 0.6 – 2.3 aralığındadır (**Chisari et al. 2007**). **Cheng ve ark. (2014)** farklı koşullarda ultrases uygulanan çilek pürelere ait titrasyon asitliği değerlerinde

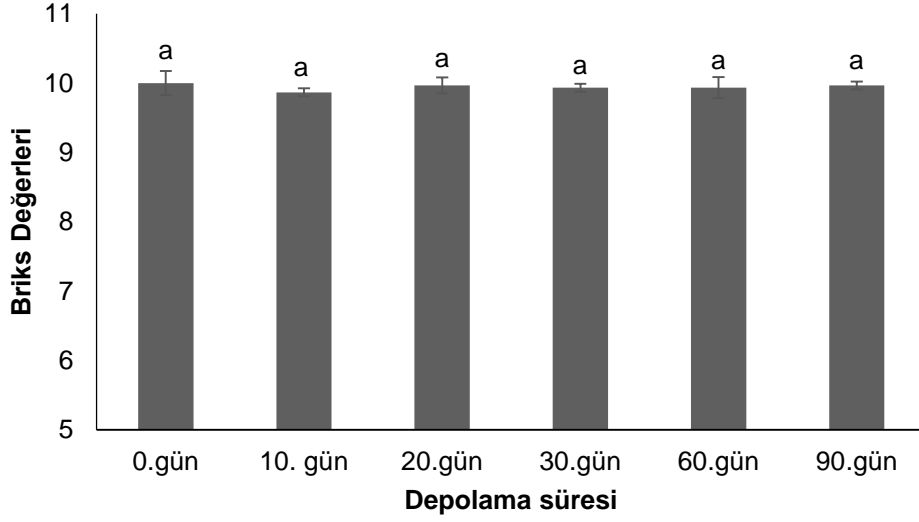
kontrole kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığını ve titrasyon asitliği değerlerinin %0.78 – 0.83 aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

**Martinez-Flores ve ark. (2015)** havuç suyuna uygulanan termosonikasyonun (24 kHz, 120 µm genlik, 50-54-58°C, 10 dk) biyoaktif bileşikler ve raf ömrüne etkisini araştırmışlardır. Termosonikasyon uygulanan örnekler 20 gün boyunca 4°C’de depolanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre titrasyon asitliği önemli düzeyde artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

**Rivas ve ark. (2006)** portakal ve havuç suyu karışımında vurgulu elektrik alan ve ısı pastörizasyonun fizikokimyasal özellikler üzerine etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam asitlik her iki uygulamada da artış göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Meyve suyunda bulunan şekerlerin mikroorganizmalar tarafından kullanılması nedeniyle organik asitlerin meydana gelerek asitliğin artmasına neden olabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmada da titrasyon asitliği değerinin artmasının muhtemel nedeni mikroorganizma faaliyetleri olabilir.

#### **4.2.4. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Suda Çözünür Kuru Madde Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Optimum termosonikasyon uygulamasıyla üretilen bulanık çilek nektarlarının 4°C’de 90 gün depolama boyunca suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri Şekil 4.14.’te verilmiştir. Depolama boyunca SÇKM değerlerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde fark olmamıştır ( $p<0.01$ ). Nektarlara ait SÇKM değerleri %9.87 – 10.00 aralığında değişim göstermiştir.



Şekil 4.14. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca suda çözünür kuru madde değerleri

Elde edilen verilere göre çilek nektarlarının SÇKM değerleri depolama boyunca korunmuştur.

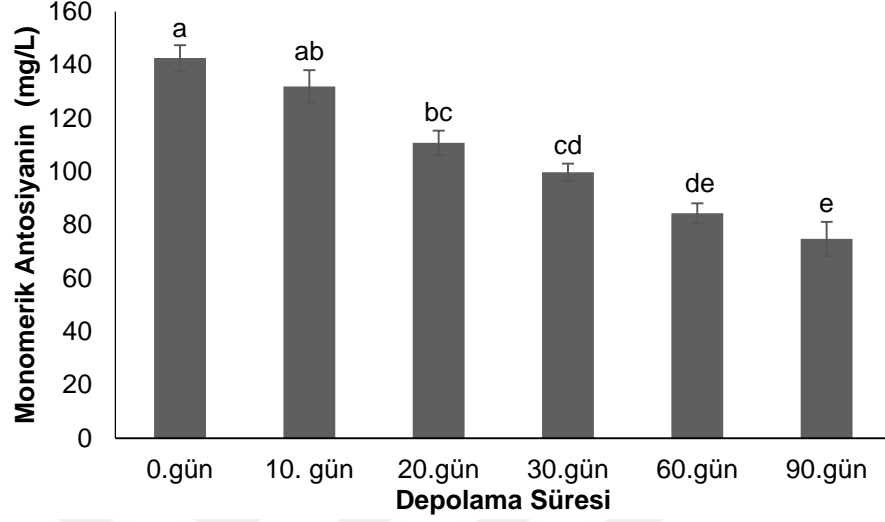
**Aaby ve ark. (2018)** 49 günlük depolama süresi boyunca yüksek basınç ve ısıtma uygulamalarının çilek püresi ve suyu üzerine etkisini araştırmışlardır. Her iki uygulama sonrasında elde edilen çilek püresi ve suyunun briks değerlerinde kontrole kıyasla önemli seviyede değişim olmadığı bildirilmiştir ( $p<0.05$ ).

**Tomadoni ve ark. (2016)** bulanık çilek suyuna ultrases uygulamış (40 Hz, 10-30 dk) ve depolama boyunca (5°C, 10 gün) briks değerlerinde önemli düzeyde değişim olmadığını belirlemiştir ( $p<0.05$ ).

#### 4.2.5. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimizasyon çalışmasıyla belirlenen ve en iyi sonuç veren termosonikasyon uygulaması ile elde edilen bulanık çilek nektarı örneklerinin

4°C’de 90 günlük depolama süresince toplam monomerik antosiyanin içeriği değerlerindeki değişim Şekil 4.15’te verilmiştir. Depolama boyunca en yüksek TMA değeri (142.53 mg/L) depolamanın başlangıcında belirlenirken en düşük TMA değeri 90. gün (74.70 mg/L) örneklerinde belirlenmiştir. Şekil 4.15.’te de görüldüğü gibi TMA içeriği depolamayla birlikte istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma göstermiştir ( $p<0.01$ ). TMA içeriğinde azalma başlangıçta hızla seyrederken, 60.gün ile birlikte yavaşlamıştır. 90 gün sonunda TMA içeriğinde meydana gelen %48 azalmanın yarısına yakını ilk 20 günde meydana gelmiştir. Azalma hızındaki bu değişimin muhtemel nedeni antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan enzim aktivitelerinin zamanla azalması olabilir. Depolama boyunca elde edilen PFO aktivitesi ve askorbik asit içeriği sonuçları da bu durumu destekler niteliktedir. PFO aktivitesi 60. güne kadar büyük hızla azalma gösterirken 60. günden sonra ise daha az belirgin bir azalma göstermiştir. Literatürde farklı araştırmacılar tarafından askorbik asit oksidasyonu sonucu oluşan peroksitlerin antosiyaninlerin parçalanmasına neden olabileceği, askorbik asit ve antosiyanin parçalanmalarının birbirine bağlı olabilme ihtimalleri bildirilmiştir (**Tiwari ve ark., 2009a; Skrede ve ark., 1992**). Benzer şekilde, yaptığımız çalışmada elde edilen bulgular da askorbik asit ve TMA içeriklerinin önemli düzeyde azaldığını göstermiştir ( $p<0.01$ ).



Şekil 4.15. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca toplam monomerik antosiyanin içerikleri

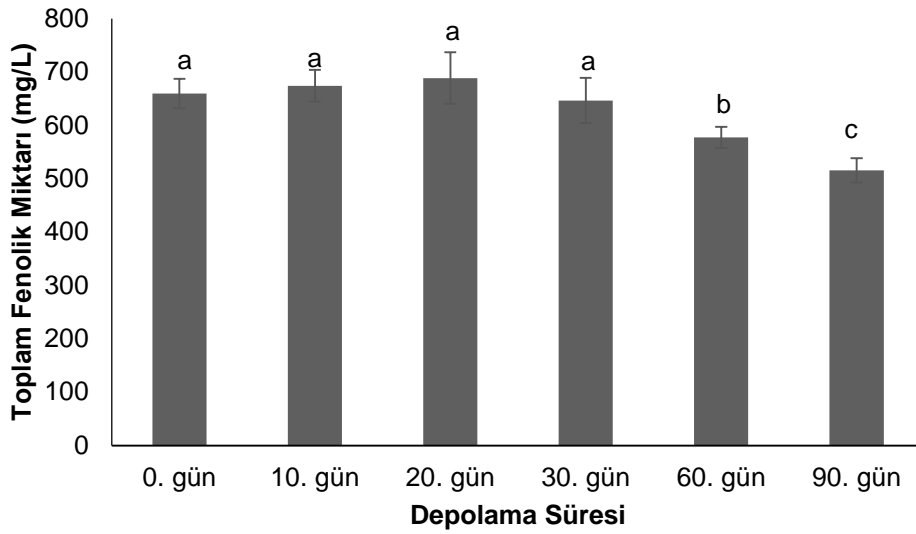
**Garzon ve Wrolstad (2002)** yaptıkları bir çalışmada çilek suyundaki TMA miktarının 268-290 mg/L aralığında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda depolama başlangıç TMA miktarı ise 143 mg/L'dir. Çalışmada kullanılan örneğin %50 oranında meyve içeren nektar olduğu düşünüldüğünde elde edilen sonuçlar literatürdeki değerle tutarlıdır. Aynı araştırmacılar, 26 gün boyunca 25°C'de depolanan çilek suyu ve konsantresinde TMA içeriğinin azaldığını bildirmiştir.

**Tiwari ve ark. (2009a)** ultrases uygulanan (0.33-0.81 W/mL, 0-10 dk) çilek suyunda depolama boyunca (4 ve 20°C'de, 10 gün) antosiyanin stabilitesini araştırmışlardır. Antosiyanin içeriği her iki depolama sıcaklığında da zamanla önemli oranda azalma göstermiştir. Bu çalışmada da benzer sonuç elde edilmiştir.



#### 4.2.6. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Toplam Fenolik Madde (TF) İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra 90 gün boyunca 4°C’de depolanan bulanık çilek nektarının toplam fenolik madde içerikleri Şekil 4.16.’da verilmiştir. En yüksek TF değeri depolamanın 20. gününde, en düşük TF değeri ise depolama sonunda belirlenmiştir. Depolamanın ilk 30 gününde istatistiksel açıdan önemli düzeyde bir değişime rastlanmamakla birlikte 30. günden sonra TF değerleri önemli düzeyde azalmıştır ( $p<0.01$ ). 60. Günde başlangıca kıyasla azalma %13 iken depolamanın sonunda %22 olmuştur. TF değerleri beklenildiği gibi TMA değerlerinden yüksek bulunmuştur. Fakat TF ve TMA değerlerinin depolama boyunca değişimleri birbiriyle tam olarak örtüşmemektedir.



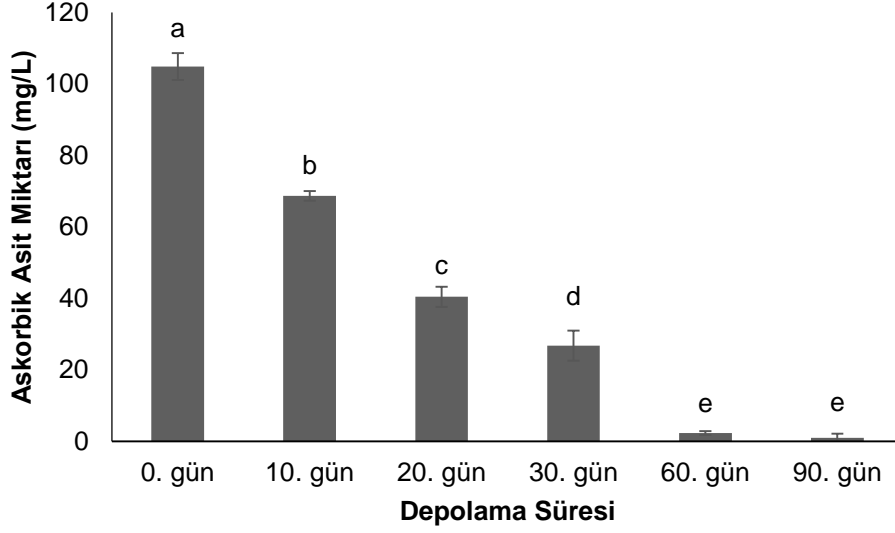
Şekil 4.16. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca toplam fenolik madde miktarları

PFO varlığında ya da yüksek sıcaklıkta polifenoller ve antosiyaninler parçalanmaktadır (Patras ve ark., 2010). Fenolik bileşikler vakuollerde çözünür formda bulunmakta ya da hücre duvarının pektin, selüloz, hemiselüloz ve lignin

kısımlarına bağlı olarak bulunabilmektedir. Ultrases bu bileşenlerin hücre duvarından ayrılmasını sağlayarak depolamanın başlangıcında TF artışına neden olmuş olabilir. Ayrıca fenolik bileşikler miktarındaki artma eğilimi fenolik bileşiklerin aromatik halkalarına hidroksi radikallerinin katılması ile de açıklanabilmektedir. Litaratürde de armut ve çilek sularında ultrases uygulaması sonrası depolanan örneklerde TMF miktarının artış gösterdiği bildirilmiştir (Tomadoni ve ark., 2017; Cruz-Cansino ve ark., 2015). Yaptığımız çalışmada depolamanın ilk ayında TF miktarında önemli bir değişim gözlenmemesinin nedeni bu süreçte PFO aktivitesinin daha yüksek olmasına rağmen aynı zamanda hücre zarının parçalanması nedeniyle ortama fenolik madde salınımının söz konusu olması ve birbirlerini dengelemeleri olabilir. Depolamanın 30. gününden sonra ise fenolik madde parçalanmalarının daha baskın hale gelerek TF miktarının azalmasına neden olduğu söylenebilir.

#### **4.2.7. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Askorbik Asit İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Bulanık çilek nektarları optimum termosonikasyon uygulamasından sonra 4°C'de 90 gün depolanmış ve nektarlara ait askorbik asit miktarları Şekil 4.17'de verilmiştir. Depolama boyunca AA miktarı istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma göstermiş, ikinci aydan sonra ise bu azalma durmuştur. AA değerleri depolamanın ilk gününde 104.9 mg/L ile başlayarak depolama sonunda en düşük değer olan 50.0 mg/L'ye kadar düşüş göstermiştir. 20.günde, başlangıçtaki askorbik miktarının yaklaşık %60'ı kaybolurken depolamanın 90.gününde askorbik asidin neredeyse tamamı parçalanmıştır (~%99).



Şekil 4.17. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca askorbik asit miktarları

**Garzon ve Wrolstad (2002)** çilek suyunda AA miktarının 340-481 mg/L aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada depolama başlangıcı için belirlenen AA sonucunun daha düşük olmasının nedeni %50 oranında meyve içeren nektar kullanılması ve termosonikasyon uygulamasıyla AA miktarında kayıpların meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca çilek çalışmada kullanılan çilek çeşidi de farklıdır.

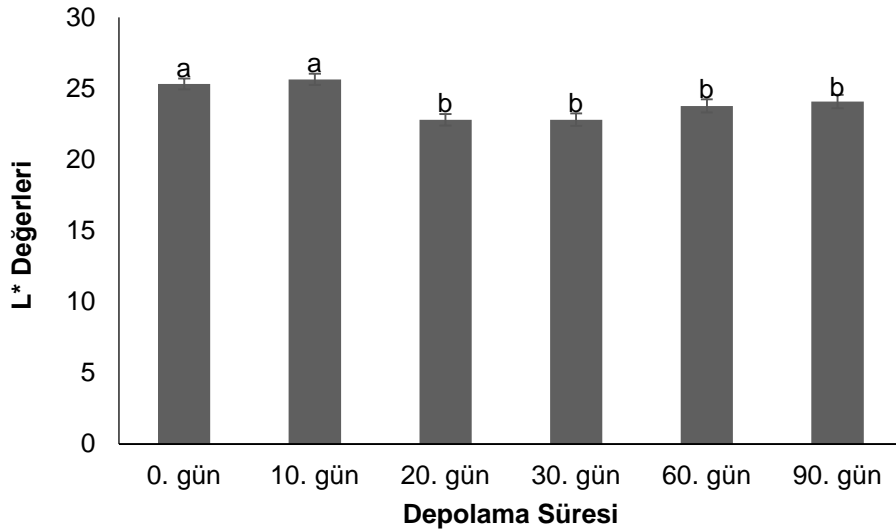
Askorbik asit parçalanması kimyasal reaksiyonlar ve sonikasyon ile oluşan ekstrem fiziksel koşullara bağlı olarak gerçekleşmektedir. Hidrojen iyonları, serbest radikaller ve hidrojen peroksit meyve sularında bulunan su moleküllerinin sonolizi ile oluşmaktadır. Bu moleküller askorbik asit parçalanmasına neden olabilmektedir (**Adekunte ve ark., 2010**).

Yaptığımız çalışmadakine benzer şekilde, **Saeeduddin ve ark. (2017)** ticari pastörizasyon ve ultrases uygulamaları gerçekleştirilen armut sularında AA miktarının 21 günlük depolama boyunca önemli oranda azaldığını bildirmiştir ( $p<0.05$ ). **Abid ve ark. (2015)** ultrases uygulanan elma sularında, depolama boyunca askorbik asit miktarları için benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ultrases

uygulaması nedeniyle askorbik asitini parçalanması baloncuklar içinde meydana gelen termoliz ve Maillard reaksiyonunun tetiklenmesi ya da kavitasyonlar nedeniyle meydana gelen hidroksi radikallerinin reaksiyona girmeleri olabileceği bildirilmiştir (Vercet ve ark., 2001). Fakat radikal oluşumu askorbik asit parçalanmasını açıklayan temel mekanizma olarak görülmektedir.

#### 4.2.8. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların L\* Değerlerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra 4°C’de 90 gün boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarının L\* değerleri Şekil 4.18’de verilmiştir. Depolamanın ilk 10 gününde L\* değerinde önemli düzeyde bir değişim olmamıştır. Yalnızca 20. günde L\* değerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim meydana gelmekle birlikte depolamanın ilerleyen günlerindeki değişimler önemli bulunmamıştır ( $p<0.01$ ). Elde edilen sonuçlara göre nektarların L\* değerleri 22.80-25.6 aralığında değişim göstermiştir.



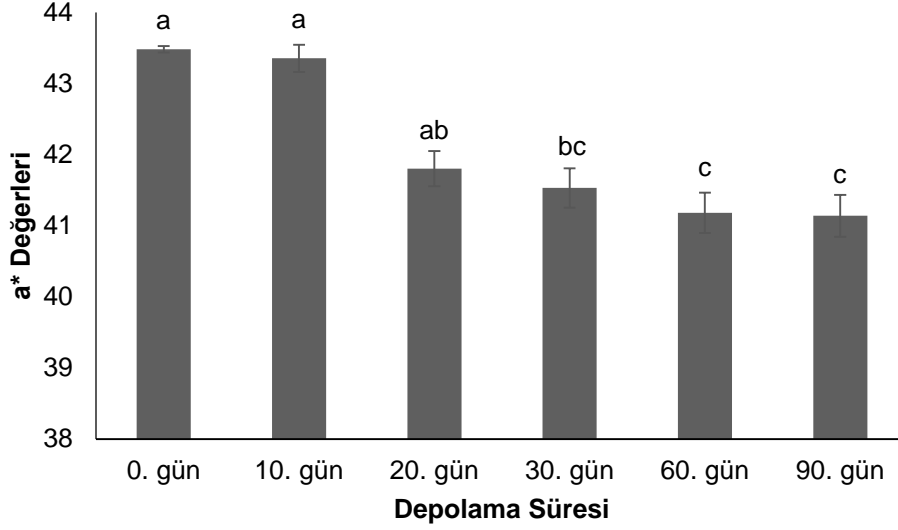
Şekil 4.18. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca L\* değerleri

**Mtaouo ve ark. (2017)** ısıtma işlemi uygulanan ve uygulanmayan hurma suyu örneklerinde  $L^*$  değerinde önemli düzeyde azalma meydana gelirken yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulananların  $L^*$  değerinde daha az değişim olduğunu bildirmiştir.  $L^*$  değerindeki azalmanın HMF gibi Maillard reaksiyonu sonucu oluşan koyu renkli bileşikler ile alakalı olabileceği ifade edilmiştir. Aynı zamanda  $L^*$  değerindeki artışın stabil olmayan asılı kalmış bazı partiküllerin kısmı olarak çökmesi sonucunda da meydana gelmiş olabileceği bildirilmiştir.

**Tomadoni ve ark. (2017)** ultrases (40 kHz, 10 ve 30 dk) ve depolamanın çilek suyu kalitesi üzerine yaptıkları araştırmanın sonucunda  $L^*$  değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğunu bildirmişlerdir ( $p<0.05$ ). Kaviteasyonun kimyasal reaksiyonları hızlandırması, difüzyon hızını arttırması, dispersiyon ve agregatların oluşumuna, partiküllerin parçalanmasına neden olmasının gıdada renk değişikliklerine neden olma ihtimali olduğunu ifade etmişlerdir.

#### **4.2.9. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların $a^*$ Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Bulanık çilek nektarlarına optimum termosonikasyon işlemi uygulandıktan sonra 4°C'de 90 gün depolama boyunca  $a^*$  değerlerinin değişimi Şekil 4.19.'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre  $a^*$  değerleri 40.64-42.98 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın ilk 10 gününde önemli düzeyde değişim görülmesi de ilerleyen günlerinde  $a^*$  değerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. 10. gündeki azalma %0.3 iken 90. günün sonunda  $a^*$  değerinde %4.9 azalma görülmüştür. Depolamanın 60. gününden sonra ise  $a^*$  değerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmamıştır ( $p<0.01$ ).



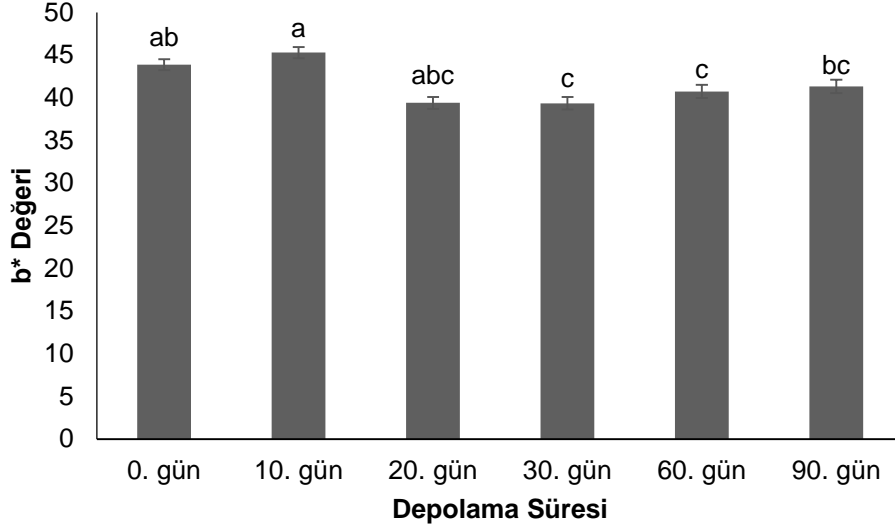
Şekil 4.19. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca a\* değerleri

Elde edilen sonuçlara göre, çileğe rengini veren antosiyaninlerin miktarı azaldıkça nektarların a\* değeri de azalmaktadır. Fakat depolama boyunca antosiyanin miktarında düzenli bir azalma görülmüşken a\* değerinde depolamanın ilk 10 gün ve son bir ayda önemli düzeyde bir değişim görülmemiştir. Benzer şekilde, aynı süreç içerisinde nektarların pH değerlerinde de önemli bir değişim belirlenmemiştir. pH değerinin çileğe rengini veren monomerik antosiyaninlerin rengini etkilediği bilinmektedir. Bu durumdan yola çıkılarak nektar için önemli kalite parametrelerinden biri olan renk ve a\* değeri üzerine pH değerinin dolaylı olarak da olsa etkisinin olabileceği söylenebilir.

#### 4.2.10. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların b\* Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Bulanık çilek nektarları üretiminde optimum termosonikasyon uygulandıktan sonra 4°C’de 90 gün depolama boyunca elde edilen b\* değerleri Şekil 4.20.’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nektarlara ait b\* değerleri 39.35 – 45.29 aralığında değişmiştir. Depolama boyunca istatistiksel açıdan önemli

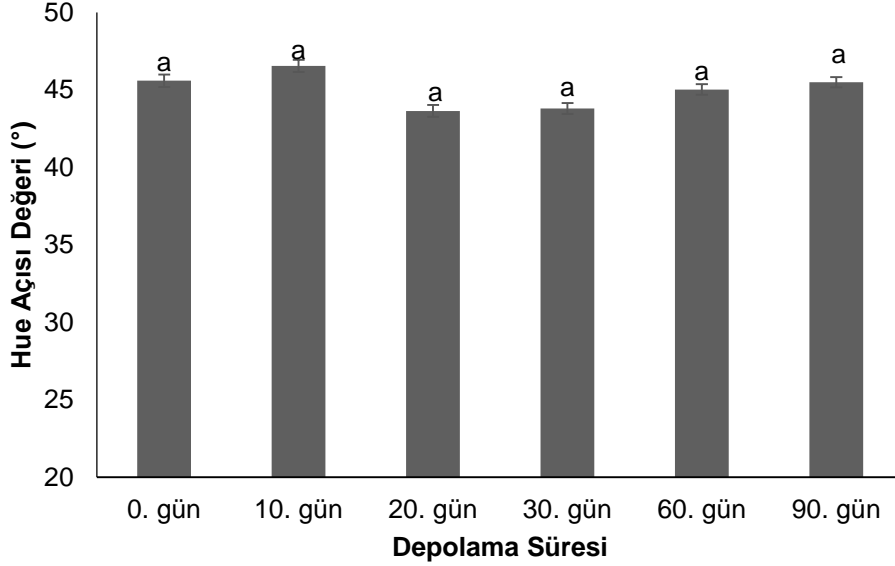
düzeyde değişim gösteren b\* değerleri, 90.gün sonunda ilk güne kıyasla azalmıştır ( $p<0.05$ ). 20. günden sonra b\* değerinde belirgin azalma görülmüştür.



Şekil 4.20. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca b\* değerler

#### 4.2.11. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Hue Açısı Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulanan bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca belirlenen Hue değerleri Şekil 4.21.'de verilmiştir. 90 gün boyunca nektarların Hue değerlerinde önemli düzeyde bir değişim olmamıştır ( $p<0.01$ ). Hue açıları olan 0, 60, 120, 180, 240 ve 300 sırasıyla analiz edilen örnek renginin kırmızı, sarı, yeşil, siyah, mavi ve macenta renklerine yakınlığını ifade etmektedir. Bu nedenle çilek nektarına ait Hue değerlerinin 0-60 aralığında olması beklenmiştir (Tomadoni ve ark., 2017). Elde edilen sonuçlar da bu aralıkta bulunmaktadır.



Şekil 4.21. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca Hue açısı değerleri

**Buglione ve Lozano (2002)**, üzüm sularının kalite özellikleri üzerine depolamanın etkisini (21 hafta, 10-20-30°C) araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre kullandıkları üç farklı üzüm çeşidinden en yüksek antosiyanin içerenin (Merlot) Hue değerinde önemli düzeyde artma olduğunu, diğerlerinde ise değişim olmadığını bildirmişlerdir. Hue değerindeki en yüksek değişim 10°C'de depolanan üzüm suyunda (Merlot) belirlenmiştir.

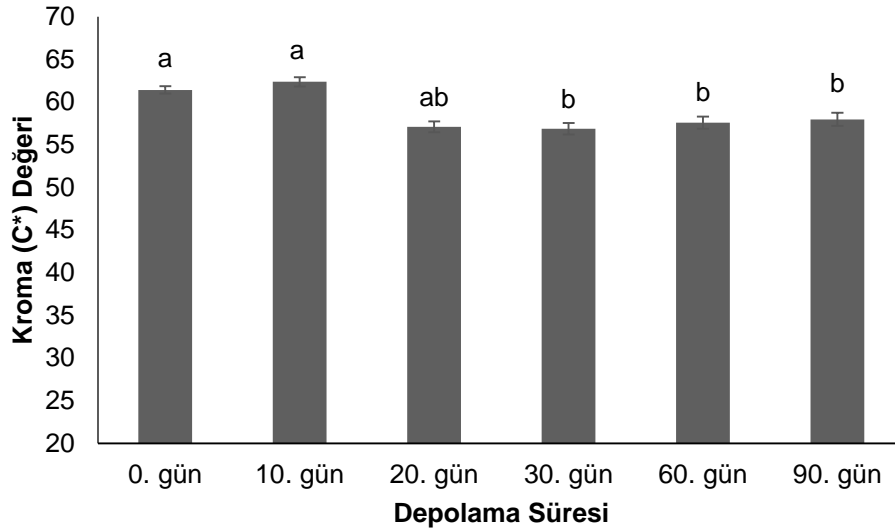
**Tomadoni ve ark. (2017)** ise 2 gün depolanan ultrases uygulanmış kivi sularının Hue değerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.2.12. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Kroma (C\*) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Bulanık çilek nektarlarına optimum termosonikasyon uygulaması sonrasında depolama boyunca elde edilen C\* sonuçları Şekil 4.22.'de verilmiştir. Nektarların C\* değeri, depolamanın 10. gününde en yüksek değerini almakla birlikte 56.85-62.36 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın ilk 10 gününde



C\* değerinde önemli düzeyde değişim görülmesi de 20. ve 30. günlerde azalma olduğu belirlenmiştir. 30.günden sonra ise C\* değerinde değişim olmamıştır. C\* değerindeki azalma, rengin canlılığının azaldığı anlamına gelmektedir. Depolama ile birlikte azalan a\* ve b\* değerleri düşünüldüğünde, C\* değerlerinin de azalması beklenen bir durumdur.



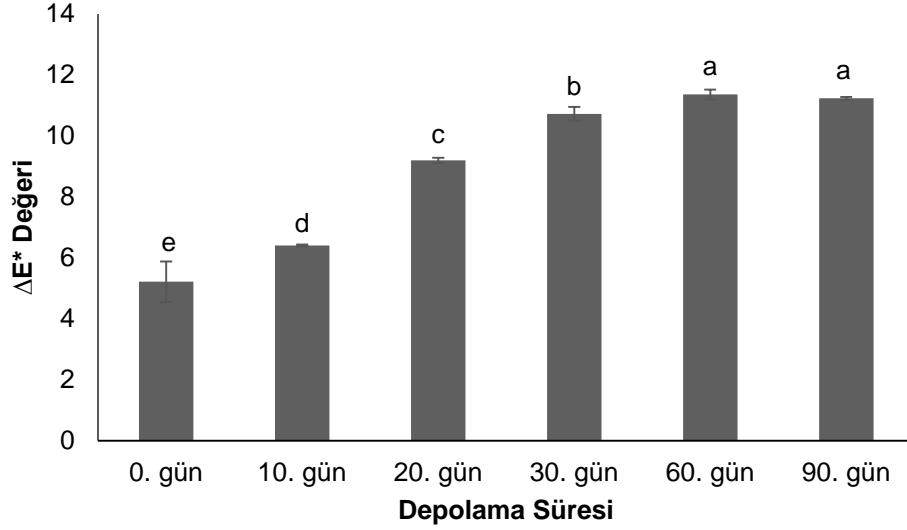
Şekil 4.22. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca kroma (C\*) değerleri

**Tomadoni ve ark. (2017)** kivi suyuna ultrases uygulandıktan sonra 7 gün boyunca depoladıkları örneklerde C\* değerinin depolama boyunca azaldığını bildirmişlerdir. Depolamanın ilk iki günündeki azalma hızı daha yüksek bulunmuştur.

#### 4.2.13. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların $\Delta E^*$ Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Bulanık çilek nektarlarına optimum koşullarda termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca  $\Delta E^*$  değerleri Şekil 4.23.'te verilmiştir. Nektarlara ait  $\Delta E^*$  değerleri, 5.21 – 11.36 aralığında değişmiştir. Depolama

başlangıcında en düşük  $\Delta E^*$  değerine sahip olan nektarlar, 60. güne kadar önemli düzeyde artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ). İlk 10 günde, başlangıca kıyasla %23 artan  $\Delta E^*$  değerinin, 60. gün sonunda %116 oranında arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.23. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca  $\Delta E^*$  değerleri

**Buglione ve Lozano (2002)** 21 hafta boyunca 10, 20 ve 30°C'de depolanan üzüm sularının  $\Delta E^*$  değerlerinde depolama boyunca artış olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde **Abid ve ark. (2015)** ultrases uygulanan elma sularının depolama boyunca  $\Delta E^*$  değerlerinde önemli miktarda artış olduğunu bildirmiştir ( $p < 0.05$ ). Kaviteasyon, depolama sıcaklığı ve yine yüksek sıcaklık gibi fiziksel koşulların karotenoid izomerizasyonunu hızlandırması nedeniyle renkte değişimin meydana gelmiş olabileceği ifade edilmiştir.

**Tomadoni ve ark (2017)** ultrases uygulanan kivi sularının  $\Delta E^*$  değerinde 7 gün süren depolama boyunca artış meydana geldiğini ve bu artışın ilk 2 günde daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir.

Literatürde renkteki değişimlerin nedeninin fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonların oluşumuna sebep olan kaviteasyonlar olabileceği bildirilmiştir.

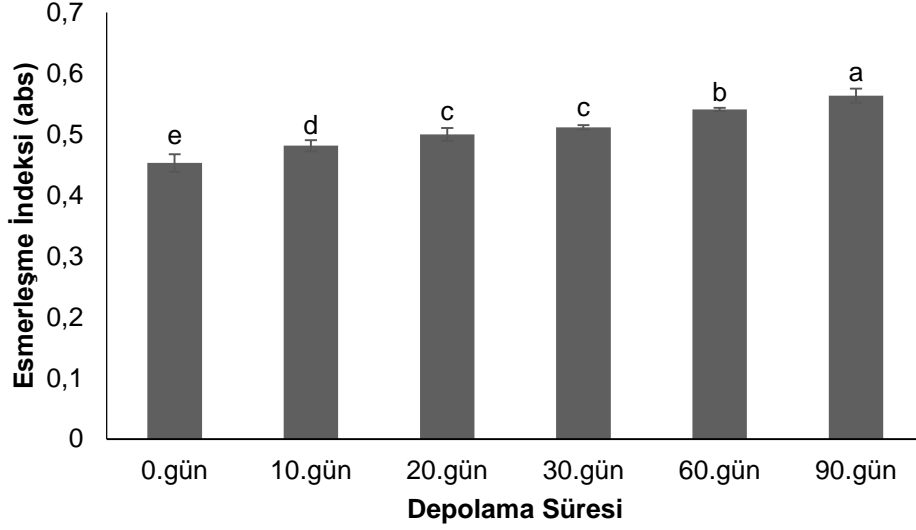
Kavitasyonlar nedeniyle kimyasal reaksiyonların hızlanması, difüzyon hızının artması, enzimlerin ve mikroorganizmaların inaktivasyonu söz konusu olmakta bu durum da renk değişimini etkilemektedir (**Adekunte ve ark., 2010**).

pH değerinde küçük bir değişimin çilek suyunun renginde olduğu kadar sıcaklık uygulamasına karşı rengin duyarlılığının artmasında da etkili olduğu bildirilmiştir (**Wang ve ark, 2015**). Bu nedenle çilek nektarında da renk açısından pH değeri de önem arz etmektedir. Depolama boyunca değişim gösteren pH değerleri de nektarlarda renk değişimine neden olmuş olabilir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde depolama boyunca  $\Delta E^*$  değeri ile TMA miktarındaki değişim ile arasında %97 oranında,  $a^*$  değerindeki değişim ile ise %98 oranında korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle  $\Delta E^*$  değerindeki değişimin temel olarak yukarıda değinilen nedenlerle çileğe rengini veren antosiyaninlerin parçalanmasına bağlı olduğu söylenebilir.

#### **4.2.14. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Esmerleşme İndeksi (EI) Değerlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler**

Optimum termosonikasyon işlemi sonrasında 4°C'de 90 gün boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarının esmerleşme indeksi değerleri 0.45-0.56 aralığında değişmiştir. Beklendiği gibi, en düşük değerini depolama başlangıcında alan esmerleşme indeksi, en yüksek değerini ise depolama sonunda almış ve depolama boyunca istatistiksel olarak önemli düzeyde artış göstermiştir ( $p<0.01$ ). Depolamanın sonunda esmerleşme indeksinde ilk güne kıyasla ~%24 oranında artış olduğu belirlenmiştir.

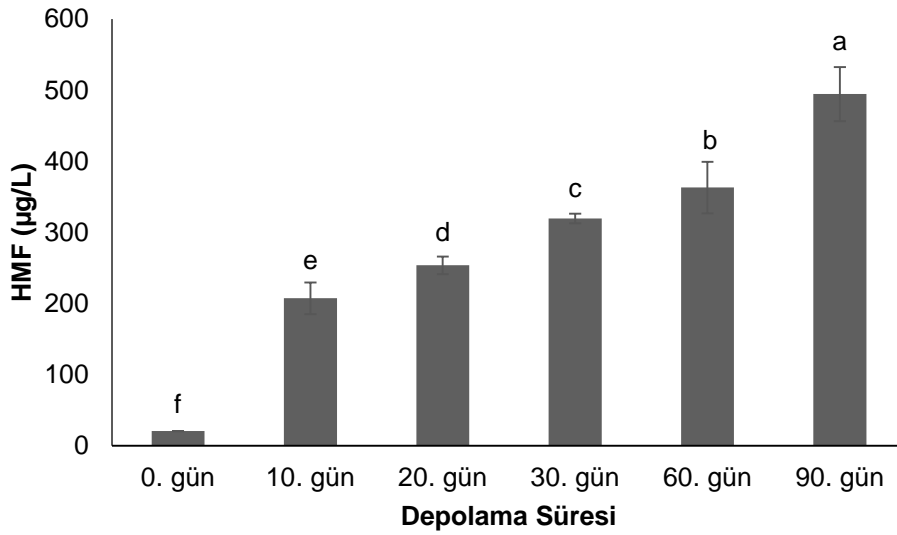


Şekil 4.25. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca esmerleşme indeksi değerleri

**Abid ve ark. (2015)** ultras es uygulanan elma sularının depolama boyunca (4°C'de 30 gün) enzimatik olmayan esmerleşme (EOE) değerlerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre tüm örneklerin EOE değerlerinde önemli düzeyde artış olduğu bildirilmiştir ( $p<0.05$ ). Renk maddelerinin parçalanması, askorbik asit parçalanmaları, Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan esmer renkli bileşikler EOE değerlerinde değişime neden olmuş olabileceği bildirilmiştir. Benzer durum bu çalışma için de geçerlidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde esmerleşme indeksi ile AA parçalanması arasında %98, HMF oluşumu arasında ise %96 oranında korelasyon olduğu belirlenmiştir. Esmerleşme indeksinin antosiyanin ya da fenolik madde miktarındaki azalma ile aralarındaki korelasyon katsayıları ise daha düşüktür. Bu durum, bulanık çilek nektarlarının esmerleşme indeksinde meydana gelen değişimin ve sözü edilen nedenlerden en çok AA parçalanmasının EI üzerine etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

#### 4.2.15. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Hidroksimetil Furfural (HMF) İçeriğinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasının ardından 4°C’de 90 gün boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarına ait HMF miktarı sonuçları Şekil 4.26’da verilmiştir. HMF miktarları 20.4-494.4 µg/L aralığında değişim göstermiş ve depolama süresince istatistiksel açıdan önemli düzeyde artmıştır ( $p<0.01$ ). Literatürde portakal suyunda enzimatik olmayan esmerleşmenin askorbik asit parçalanması, asit katalizli şeker parçalanması ve Maillard reaksiyonu nedeniyle meydana geldiği bildirilmiştir (Wibowo ve ark. 2015). Bu çalışmada meydana gelen HMF miktarı artışının nedenleri de bunlar olabilir.



Şekil 4.26. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca HMF miktarları

Meyve sularında önemli bir kalite parametresi olan ve Maillard reaksiyonu sırasında oluşan HMF’nin, sıcaklık etkisiyle işleme ve depolama sırasında oluştuğu bilinmektedir. Maillard reaksiyonu nedeniyle aminlerin daha düşük bazik özellik gösteren bileşikler oluşturduğu ve şekerlerin parçalanarak asit karakterli maddeler oluşturduğu düşünülebilir. Bu nedenle pH değerinde de depolama boyunca azalma

görülmüş olabilir (Beck ve ark., 1990). Elde edilen pH değeri bulguları da bu durumun olma ihtimalini destekler niteliktedir. Ayrıca depolama boyunca askorbik asit miktarındaki değişimler incelendiğinde, zamana bağlı olarak AA parçalanırken HMF miktarının artması arasında %95 oranında korelasyon belirlenmiştir. Bu durumun muhtemel nedeni, oksidasyona uğrayan askorbik asitin Maillard reaksiyonunda karbonil grubu olarak yer alıp indirgen şekerlerle tepkime vermesi sonucunda HMF'nin oluşması olabilir (Aguilo-Aquayo ve ark., 2009).

Mtaoua ve ark. (2017) ısıtma işlemi uygulanan ve işlem uygulanmayan hurma sularında depolama boyunca HMF miktarında yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulananlara kıyasla önemli düzeyde artış olduğunu bildirmişlerdir ( $p < 0.05$ ). Isıtma işlemi uygulanan meyve suyunda HMF miktarının artması sıcaklığın Maillard reaksiyonu üzerindeki hızlandırıcı etkisi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir.

Buglione ve Lazano (2002) 10-30°C aralığında değişen sıcaklıklarda saklanan üzüm suyu üzerine depolamanın etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre HMF miktarı tüm örneklerde 20 hafta depolama boyunca önemli düzeyde artış göstermiştir. HMF miktarındaki artışın indirgen şekerlerden sıcaklık etkisiyle ya da heksozlar ve amino asitler arasındaki reaksiyon nedeniyle meydana geldiği ifade edilmiştir.

#### 4.2.16. Optimum Termosonikasyon Uygulanan Nektarların Fenolik Bileşenlerinde Depolanma Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimum termosonikasyon uygulamasından sonra depolama boyunca çilek nektarlarında bulunan fenolik bileşenleri miktarları Çizelge 4.34'de verilmiştir. Çilek nektarında belirlenen antosiyaninler pelargonidin-3-O-glukozid, pelargonidin-3-O-rutinozid, siyanidin-3,5-diglukozid ve siyanidin-3-glukozid dir. Pelargonidin-3-O-glukozid çilekte bulunan en baskın antosiyanindir. Bu bileşen depolama başlangıcında 92.37±4.88mg/L iken depolama ile azalma göstermiştir (59.14±1.48mg/L). Diğer tanımlanan antosiyanin bileşenlerde de depolama süresince azalmalar tespit edilmiştir. Elde edilen kromatogramlarda

tanımlanamayan dört pike ait miktarlar pelargonidin-3-glukozid cinsinden hesaplanarak T1, T2, T3 ve T4 olarak Çizelge 4.34’de verilmiştir (EK 2, 3 ve 4). Tanımlanamayan fenolik bileşenlerde de depolama boyunca önemli azalmalar belirlenmiştir. Çileklerde bulunan fenolik bileşenlerin tanımlanması çilek içeren gıda ürünlerinde muhtemel hileleri belirlemek amacıyla kullanılabilir (Seeram ve ark., 2006).

Fenolik bileşen analizi ile belirlenen antosiyaninlerin miktarları toplamı (~125 mg/L, 0.gün için) toplam antosiyanin analizi sonucu (~142 mg/L, 0.gün için) ile karşılaştırıldığında sonuçların birbiriyle tutarlı olduğu görülmüştür. İki sonuç arasındaki farklılık fenolik bileşen analizinde tanımlanamayan diğer piklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bulanık çilek nektarında antosiyaninlerin yanı sıra bazı renksiz fenolik bileşenler de tespit edilmiştir. Çizelgeden 4.35’den görüldüğü gibi bu bileşenler; kafeik asit, klorojenik asit, *p*-kumarik asit, kampferol, (±)-kateşin hidrat, protokateşoik asit etil ester (pae), elajik asit, ferulik asit, kuersetin, (+)-kateşin, (-)-epikateşin ve (-)-epikateşin gallat’tır. En baskın olanı (-)-epikateşin gallat olup, depolama ile azalma göstermiştir. Bunu (±)-kateşin hidrat, (+)-kateşin ve (-)-epikateşin miktarları izlemiştir. Renksiz fenoliklerin ise bazılarında sürekli azalma olurken bazılarında depo başlangıcına göre önce azalma sonra artış göstermiştir.

Çizelge 4.34. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca antosiyanin içerikleri (mg/L)

Fenolik-Bileşen	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	60. gün	90. gün
Pelargonidin-3-O-glukozid	92.37±4.88 <sup>a</sup>	85.87±1.72 <sup>b</sup>	70.97±2.21 <sup>c</sup>	69.53±1.13 <sup>c</sup>	66.90±1.71 <sup>c</sup>	59.14±1.48 <sup>d</sup>
Pelargonidin-3-O-rutinozid	20.53±0.48 <sup>a</sup>	19.68±0.38 <sup>b</sup>	17.22±0.13 <sup>c</sup>	17.13±0.08 <sup>c</sup>	15.33±0.54 <sup>d</sup>	13.75±0.50 <sup>e</sup>
Siyanidin-3,5-diglukozid	1.39±0.07 <sup>a</sup>	1.15±0.02 <sup>b</sup>	0.89±0.04 <sup>c</sup>	0.95±0.01 <sup>c</sup>	1.18±0.03 <sup>b</sup>	1.13±0.07 <sup>b</sup>
Siyanidin-3-glukozid	0.68±0.07 <sup>a</sup>	0.60±0.03 <sup>b</sup>	0.51±0.04 <sup>c</sup>	0.52±0.01 <sup>c</sup>	0.49±0.02 <sup>c</sup>	0.41±0.05 <sup>d</sup>
T1	8.38±0.23 <sup>c</sup>	8.00±0.42 <sup>c</sup>	13.35±0.54 <sup>a</sup>	12.01±0.24 <sup>b</sup>	7.02±0.24 <sup>d</sup>	5.70±0.05 <sup>e</sup>
T2	1.21±0.05 <sup>b</sup>	1.19±0.08 <sup>b</sup>	1.91±0.14 <sup>a</sup>	1.79±0.02 <sup>a</sup>	1.05±0.02 <sup>c</sup>	0.81±0.02 <sup>d</sup>
T3	0.41±0.03 <sup>a</sup>	0.38±0.05 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.02 <sup>c</sup>
T4	0.38±0.02 <sup>a</sup>	0.38±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.03 <sup>b</sup>	0.20±0.03 <sup>c</sup>	0.18±0.03 <sup>c</sup>	0.17±0.02 <sup>c</sup>

<sup>a-e</sup>. Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir. ( $P < 0.01$ ).



Çizelge 4.35. Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca renksiz fenolik bileşen içerikleri (mg/L)

Fenolik Bileşen	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	60. gün	90. gün
Kafeik asit	16.72±0.79 <sup>a</sup>	16.30±0.79 <sup>a</sup>	12.97±0.23 <sup>b</sup>	12.67±0.39 <sup>b</sup>	12.52±0.37 <sup>b</sup>	12.07±0.34 <sup>b</sup>
Klorojenik asit	15.67±0.4 <sup>b</sup>	15.89±1.26 <sup>b</sup>	13.23±0.34 <sup>c</sup>	13.76±0.35 <sup>c</sup>	17.55±0.70 <sup>a</sup>	17.58±0.63 <sup>a</sup>
p-Kumarik asit	4.77±0.4 <sup>a</sup>	4.52±0.12 <sup>b</sup>	0.65±0.15 <sup>e</sup>	0.59±0.02 <sup>e</sup>	2.45±0.06 <sup>c</sup>	2.26±1.13 <sup>d</sup>
Kamferol	4.80±0.77 <sup>b</sup>	4.50±0.39 <sup>b</sup>	1.15±0.28 <sup>c</sup>	1.36±0.13 <sup>c</sup>	8.80±0.20 <sup>a</sup>	8.56±0.94 <sup>a</sup>
(±)-Kateşin hidrat	46.41±2.64 <sup>a</sup>	42.10±3.62 <sup>b</sup>	14.55±0.32 <sup>d</sup>	16.29±1.81 <sup>d</sup>	25.66±1.12 <sup>c</sup>	22.17±1.93 <sup>c</sup>
PAEE*	5.80±1.97 <sup>b</sup>	2.94±0.72 <sup>c</sup>	2.04±0.24 <sup>c</sup>	2.07±0.17 <sup>c</sup>	2.63±0.16 <sup>c</sup>	10.34±0.9 <sup>a</sup>
Elajik asit	6.46±0.08 <sup>a</sup>	4.04±0.54 <sup>c</sup>	1.05±0.07 <sup>d</sup>	1.45±0.36 <sup>d</sup>	5.12±0.51 <sup>b</sup>	6.43±0.17 <sup>a</sup>
Ferulik asit	0.87±0.16 <sup>a</sup>	0.77±0.02 <sup>ab</sup>	0.64±0.05 <sup>c</sup>	0.69±0.02 <sup>b</sup>	0.74±0.12 <sup>ab</sup>	0.52±0.04 <sup>c</sup>
Kuersetin	9.78±3.03 <sup>a</sup>	5.65±0.22 <sup>b</sup>	1.10±0.48 <sup>c</sup>	1.28±0.2 <sup>c</sup>	11.33±1.56 <sup>a</sup>	9.80±1.02 <sup>a</sup>
(+)-Kateşin	32.63±3.62 <sup>a</sup>	27.64±1.75 <sup>b</sup>	12.99±1.85 <sup>d</sup>	15.04±1.60 <sup>d</sup>	21.18±0.58 <sup>c</sup>	20.34±3.08 <sup>c</sup>
(-)-Epikateşin	28.53±6.47 <sup>ab</sup>	10.34±0.67 <sup>c</sup>	5.68±0.44 <sup>c</sup>	6.26±0.41 <sup>c</sup>	24.49±3.42 <sup>b</sup>	31.65±4.10 <sup>a</sup>
(-)-Epikateşin galler	136.93±3.96 <sup>a</sup>	139.60±3.91 <sup>a</sup>	109.64±1.60 <sup>b</sup>	96.42±4.77 <sup>c</sup>	92.37±1.67 <sup>c</sup>	81.89±2.73 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup>: Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $P < 0.01$ ).

\*: protokatesoik asit-etil ester.

Literatürde çilekte en baskın şekilde bulunan pelargonidin-3-glukozid'in yanı sıra siyanidin-3-glukozid ve pelargonidin-3-rutinozid bulunduğu bildirilmiştir (**Patras ve ark., 2010**). Antosiyaninlerin stabilitesi pH, oksijen, ışık, enzim ve ortamda bulunan diğer bileşenlerden etkilenmektedir. Fakat antosiyaninlerin parçalanma mekanizmaları hakkında detaylı bilgi bulunmamaktadır. Sıcaklık etkisiyle antosiyaninlerde meydana gelen parçalanmalar sonucu farklı ara bileşenler oluşmaktadır. Örneğin pelargonidin-3-glukozid deglikozasyon ile pelargonidin'e ilerleyen reaksiyonlarla protokateşik asit ve aldehit formuna dönüşerek parçalanmaktadır (**Patras ve ark., 2010**).

Pigment polimerizasyonu ve esmerleşme ile meydana gelen renk değişimlerine neden olan reaksiyonlar, enzimatik ya da enzimatik olmayan reaksiyonlar olabilmektedir. Antosiyanin-fenolik kondenzasyonu, Maillard reaksiyonu ve askorbik asit degradasyonu renk değişimine neden olmaktadır. Renk yoğunluğuna etki edenler monomerik antosiyanin, parçalanmış antosiyanin polimerleri ve esmer renkli bileşiklerdir. Literatürde antosiyaninlerin parçalanarak renksiz formlara dönüşümüne ek olarak antosiyaninlerin birbirleriyle ve diğer fenoliklerle polimerizasyona uğrayabileceği ve kırmızı/kahverengi bileşiklerin oluşabileceği ifade edilmiştir (**Wrolstad ve ark., 1990**).

**Seeram ve ark. (2006)** yaptıkları çalışma ile çileklerde bulunan fenolik maddeleri tanımlamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre pelargonidin ve siyanidin glukozidleri ve rutinozidleri çilekte baskın olarak bulunan antosiyaninlerdir. Çilekte tanımladıkları flavonollerden ise kuarsetin ve kampferol miktarlarını en fazla bulmuşlardır.

Kampferol aglikonları üzümü meyvelerde yaygın olarak görülmesine de çilekte olduğu bildirilmiştir. Çileklerde kateşin ve *p*-kumarik asit varlığı da rapor edilmiştir (**Maatta-Riihinen ve ark., 2004**).

**Maatha-Riihen ve ark. (2004)** yaptıkları çalışmada çilekte pelargonidin-3-glukozid, pelargonidin-3-rutinozid ve siyanidin-3-glukozid miktarlarını sırasıyla 248, 12 ve 22 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları çilek

çeşidi, yaptığımız çalışmada kullanılan farklı olduğu ve bu çalışmada %50 çilek içeren nektarlara ait antosiyanin miktarları belirlendiği için sonuçlar farklılık göstermiştir. Bir meyvenin farklı çeşitlerindeki antosiyaninlerin birbirlerine oranları farklılık gösterebilmektedir (Aaby ve ark. 2012). Aynı araştırmacılar, elajik asit, (+)-kateşin miktarlarını sırasıyla 41 ve 24 mg/kg olarak belirlemiştir.

Aaby ve ark. (2012) 27 farklı çilek çeşidinde bulunan fenolik bileşenlerin bir kısmını belirlemiştir. Antosiyanin içeriklerinin çeşide göre 5.8-65.9 mg/100 g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen antosiyaninlerin yanı sıra çileklerde siyanidin-3-malonil, pelargonidin-3-malonilglukozid ve pelargonidin-3-asetilglukozid bulunduğunu bildirmişlerdir. Tanımlayamayan antosiyaninler bu antosiyaninlerden bazıları olabilir.

#### 4.2.17. Bulanık Çilek Nektarında Bazı Kalite Özelliklerinin Depolama Boyunca Değişim Kinetiği

Optimum koşullarda termosonikasyon uygulanarak 4°C'de 90 gün boyunca depolanan bulanık çilek nektarlarının toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, pelargonidin-3-glukozid (plg-3-gl), askorbik asit parçalanma kinetikleri ve HMF oluşum kinetiğini belirlemek üzere yapılan matematiksel modellemeler sonucunda elde edilen en uygun denklemlerin korelasyon katsayıları Çizelge 4.36'te verilmiştir.

Çizelge 4.36'te verilen bulanık çilek nektarı bazı kalite özelliklerinin depolama boyunca değişimlerine ait veriler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetikleri ve bu kinetiklere ilişkin korelasyon katsayıları incelenerek her parametre için en uygun parçalanma/oluşum kinetiği belirlenmiştir. Bu aşamada 3. dereceden reaksiyon kinetiğinin araştırılmamasının nedeni, gıda bilimi literatüründe 3. dereceden kinetiğe sık rastlanmamasıdır. Benzer şekilde 2. dereceden reaksiyon kinetiğine de gıdalarda fazla rastlanılmamaktadır. 2. dereceden reaksiyona az rastlanması, "yalancı" 1. dereceden reaksiyon olarak adlandırılan bir durumla ilişkili olabilir. Yani bir başka deyişle, konsantrasyon

değişim kinetiği 2. dereceden olmasına rağmen bazı koşullar altında 1. dereceden reaksiyon kinetiği gibi davranıyor olabilir (Cemeroğlu, 2015).

Çizelge 4.36. Depolama boyunca bulanık çilek nektarlarının bazı kalite parametrelerinin parçalanma/oluşum reaksiyon derecelerine ilişkin denklemlere ait korelasyon katsayıları ( $R^2$ )

	0. derece	1. derece	2. derece
TF	0.8437	0.8524	<b>0.8587</b>
TMA	0.7174	0.7713	<b>0.8256</b>
Plg-3-gl	0.7782	0.8197	<b>0.8576</b>
AA	0.7725	<b>0.9745</b>	0.8991
HMF	<b>0.8492</b>	0.4958	0.2989

TF: toplam fenolik madde, TMA: toplam monomerik madde, Plg-3-gl: Pelargonidin-3-glukozid, AA: Askorbik asit, HMF: hidroksimetil furfural

Korelasyon katsayısının -1 ya da +1 olması bütün verilerin korelasyon doğrusu üzerine düştüğünün göstergesidir. Eğer veri noktaları fazla dağılmışsa, korelasyon katsayısı bu dağınıklık oranında 1'den aşağı doğru iner. Bu nedenle her bileşen için korelasyon katsayısı 1'e en yakın olan reaksiyon derecesi uygun bulunmuştur. Toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin ve pelargonodin-3-glukozid parçalanma kinetiğinin 2. dereceden, askorbik asit parçalanma kinetiğinin 1. dereceden, HMF oluşum kinetiğinin ise 0. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Zheng ve Lu (2011)**, toplam fenolik madde parçalanmasının pastörize edilmiş ananas sularında 5°C'de 70 saat depolama boyunca 0. ve 1. dereceden kinetik modellere uygun olduğunu bildirmiştir. İki model için de elde edilen korelasyon katsayısı değerleri yüksek ve birbirine yakın bulunmuştur.

**Harbourne ve ark. (2008)** ise model meyve suyu sistemlerinde yaptıkları çalışmada antosiyanin parçalanmasının yalancı birinci dereceden kinetik gösterdiğini bildirmiştir. **Wang ve Xu (2007)** böğürtlen suyu ve konsantresinde

antosiyenin parçalanması üzerine yaptıkları araştırmada 60 gün boyunca farklı sıcaklıklarda depolama yapmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre antosiyenin parçalanmasının birinci dereceden kinetiğe uygun olduğunu bildirilmiştir. Fakat değişen depolama sıcaklıklarıyla antosiyenin parçalanma kinetiğinde de değişim belirlenmiştir. Ancak yaptıkları çalışmada 5°C'deki depolama koşulunda antosiyeninler 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak parçalanmıştır. Yaptığımız çalışmada 4°C'de gerçekleştirilen depolama boyunca ise antosiyeninlerin 2. dereceden kinetiğe göre parçalandığı belirlenmiştir. Bu nedenle **Harbourne ve ark. (2008)** tarafından gerçekleştirilen çalışmada antosiyenin parçalanmasının yalancı birinci dereceden kinetiğe uygun olduğu şeklinde yorum yapılabilir.

HMF, parçalanma kinetikleri araştırılan diğer bileşenlere kıyasla çilek nektarında çok daha az miktarda bulunmaktadır ve oluşum kinetiğinin diğer bileşenlerden farklı olarak sıfırıncı dereceden olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun muhtemel nedeni HMF oluşumunun nektarda yüksek konsantrasyonda bulunan bir bileşim ögesinin (indirgen şeker gibi) parçalanmasıyla çok az miktarda ürün oluşumunun söz konusu olduğu bir reaksiyon olması olabilir (**Cemeroğlu, 2015**). **Bozkurt ve ark. (1999)** pekmezde HMF oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklıklarda farklı model sistemlerde renk gelişiminin araştırıldığı bir çalışmada da araştırmacılar, HMF oluşumunu sıfırıncı dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu bildirmişlerdir (**Carabasa-Giribet ve Ibarz-Ribas, 2000**).

Fenolik maddelere ait parçalanma reaksiyonları 2. dereceden kinetiğe uygun bulunurken askorbik asit 1. dereceden kinetiğe uygun olarak parçalanma göstermiştir. Literatürde ısıl işlem uygulanan turuncgil sularında ve ultrases uygulanan portakal suyunda askorbik asit parçalanma reaksiyonunun 1. dereceden kinetiğe uygun olduğu bildirilmiştir (**Dhuique-Mayer ve ark., 2007; Vikram ve ark., 2005; Valdramidis ve ark., 2010**).

Söz konusu bileşenlerin parçalanma ya da oluşumuna ait korelasyon katsayıları ve yarı ömür/katlanma süreleri ise Çizelge 4.37’te verilmiştir.

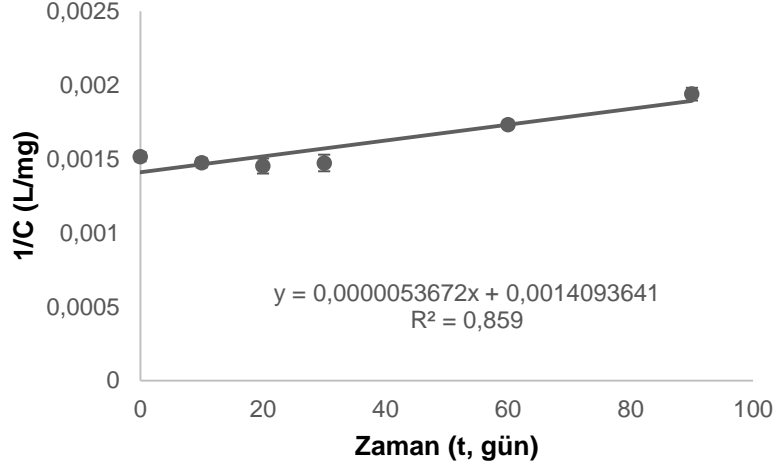
Çizelge 4.37. Bulanık çilek nektarlarına ait bazı özelliklerin en uygun dereceden reaksiyona göre parçalanma/oluşma reaksiyon hız sabitleri ve yarı ömür/katlanma süreleri

	Hız Sabiti ( <i>k</i> )	Yarı ömür Süresi / Katlanma Süresi (gün)
<b>TF</b>	$0.54 \times 10^{-5}$ L/mg.gün	283
<b>TMA</b>	$3.98 \times 10^{-5}$ L/mg.gün	113
<b>Plg-3-gl</b>	$6.09 \times 10^{-5}$ L/mg.gün	178
<b>AA</b>	$5.58 \times 10^{-2}$ 1/gün	12
<b>HMF</b>	4.34 mg/L.gün	2

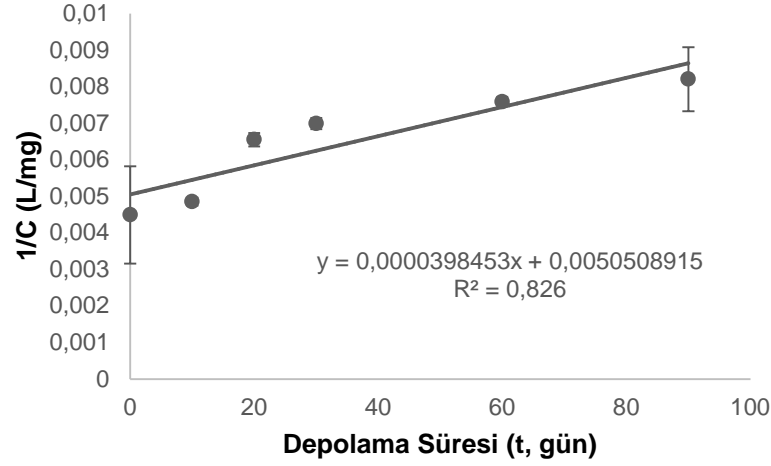
TF: toplam fenolik madde, TMA: toplam monomerik madde, Plg-3-gl: pelargonidin-3-glukozid, AA: Askorbik asit, HMF: hidroksimetil furfural

Çizelge 4.37’de verilmiş olan yarı ömür süreleri, toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin ve çilekte bulunan en baskın antosiyanin olan pelargonidin-3-glukozid için sırasıyla 283, 113 ve 178 gündür. Elde edilen sonuçlara göre çilekte bulunan diğer bazı antosiyaninler, plg-3-gl’e kıyasla daha hızlı parçalanmaktadır ve çilekte bulunan antosiyaninler, diğer bazı fenolik maddelere kıyasla depolama boyunca daha hızlı parçalanmaktadır. Başlangıçta çilek nektarında bulunan HMF miktarının ikiye katlanma süresi, 2 gündür. Çilek nektarında bulunan askorbik asitin yarısının parçalanması için geçen süre ise 12 gündür. HMF oluşumunun yalnızca AA parçalanmasına bağlı olmadığı düşünüldüğünde, HMF katlanma süresinin AA yarı ömür süresinden kısa olması beklenen bir durumdur.

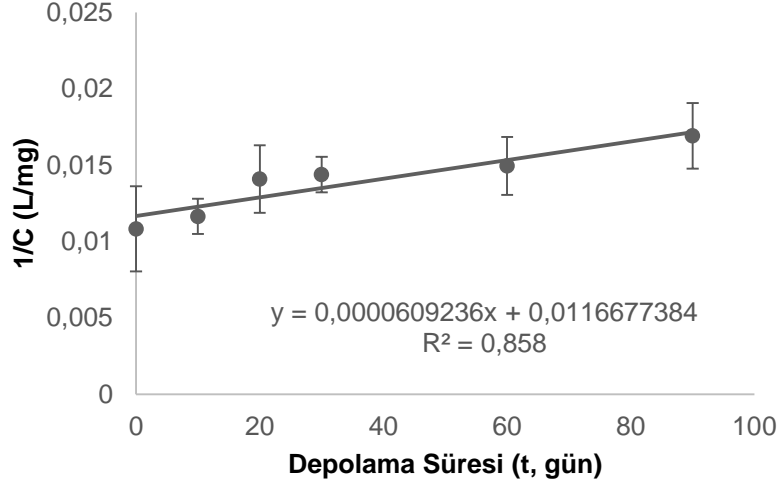
Bulanık çilek nektarlarının depolama boyunca elde edilen TF, TMA, plg-3-gl, AA ve HMF verilerine ilişkin grafik ve denklemler sırasıyla Şekil 4.27, 4.28, 4.29, 4.30 ve 4.31.'de verilmiştir.



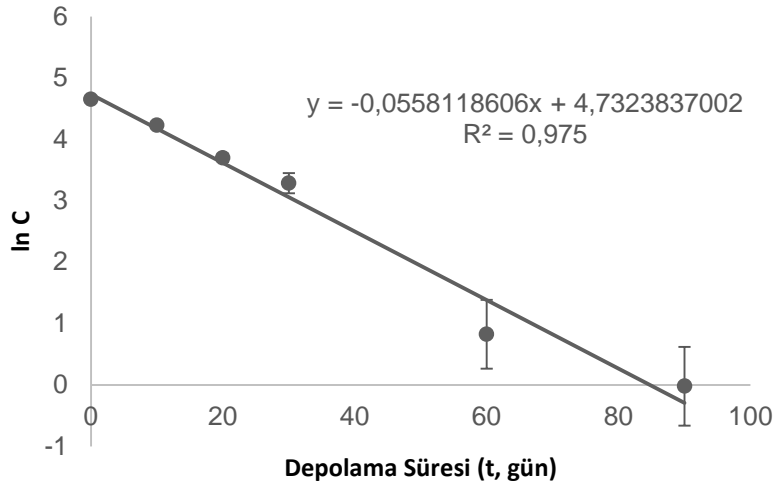
Şekil 4.27. Bulanık çilek nektarlarında toplam fenolik madde miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi



Şekil 4.28. Bulanık çilek nektarlarında toplam monomerik antosiyanin miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi

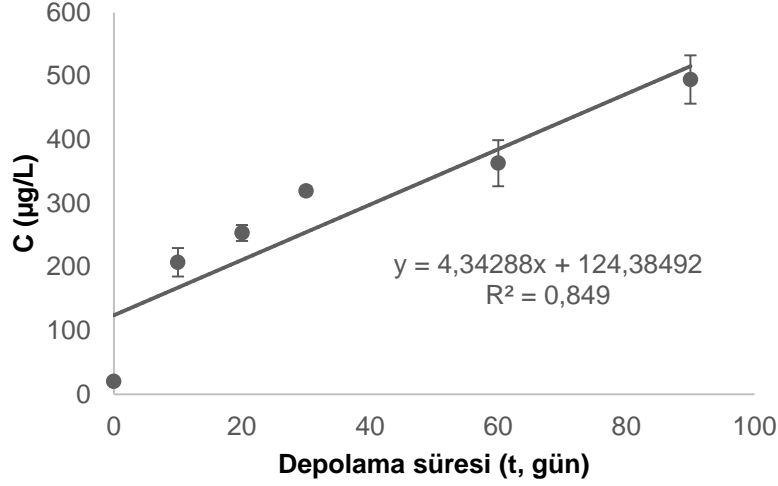


Şekil 4.29. Bulanık çilek nektarlarında pelargonidin-3-glukozid miktarı değişiminin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi



Şekil 4.30. Bulanık çilek nektarlarında askorbik asit miktarı değişiminin 1. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi





Şekil 4.31. Bulanık çilek nektarlarında HMF miktarı değişiminin 0. dereceden reaksiyon kinetiğine göre oluşturulan grafik ve denklemi

Termosonikasyon uygulanan bulanık çilek nektarında parçalanma kinetiği araştırılan sağlık ve kalite açısından önemli bileşenlerden en hızlı parçalanan askorbik asittir. Bu nedenle raf ömrü açısından değerlendirme yapılması için askorbik asitin parçalanmasını incelemek uygundur. Üretimden sonra 12 günde nektarda bulunan başlangıç askorbik asit miktarı yarıya düşmektedir. Günlük askorbik asit alım miktarı ise 60 mg/gün olarak bildirilmiştir (**Lukaski, 2004**).

Askorbik asit parçalanma kinetiği göz önüne alındığında optimum termosonikasyon uygulanan bulanık çilek nektarlarının üretimden sonra 31 gün içinde (100 mL) tüketilmesi, günlük C vitamini ihtiyacını karşılamak için yeterli olacaktır şeklinde yorum yapılabilir.

**Brownmiller ve ark. (2008)** yaptıkları çalışmada 25°C'de 6 ay süren depolama sonunda konserve yaban mersini püresinde toplam antosiyanin miktarının %62'sini, berrak suyunda ise %85'ini kaybettiğini bildirmişlerdir.

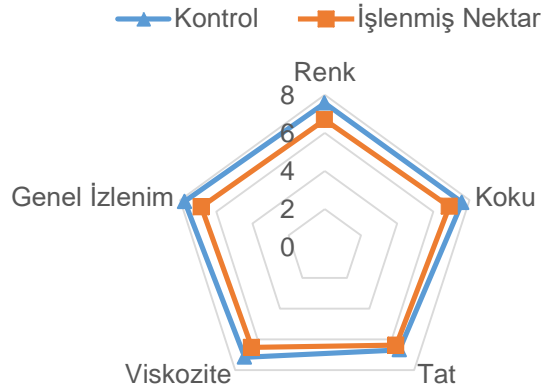
#### 4.2.18. Duyusal Değerlendirme

Optimum koşullarda termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan çilek nektarları üretimin ilk gününde 14 panelist tarafından duyusal olarak analiz edilmiş ve duyusal analiz profilleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.38’de, nektarların duyusal analiz profillerine ait örümcek ağı diyagramı ise Şekil 4.32’de verilmiştir. Elde edilen sonuçların istatistiki değerlendirmesi sonucunda termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan nektarların duyusal özellikleri arasında önemli düzeyde fark bulunmamıştır ( $p<0.05$ ). Termosonikasyon, uygulama gününde nektarların duyusal özelliklerini önemli düzeyde etkilememiştir.

Çizelge 4.38. Optimum termosonikasyon uygulanan ve teknolojik işlem uygulanmayan (kontrol) bulanık çilek nektarının duyusal analiz sonuçları

Duyusal Özellik	Kontrol	Termosonikasyon Uygulanan
Renk	7.57±1.6 <sup>a</sup>	6.70±1.5 <sup>a</sup>
Koku	7.60±2.4 <sup>a</sup>	6.90±2.2 <sup>a</sup>
Tat	6.69±2.4 <sup>a</sup>	6.39±2.2 <sup>a</sup>
Viskozite	7.16±1.9 <sup>a</sup>	6.53±2.4 <sup>a</sup>
Genel Beğeni	7.74±1.9 <sup>a</sup>	6.82±2.0 <sup>a</sup>

Veriler bağımsız örneklem T testine tabi tutulmuştur.



Şekil 4.32. Bulanık çilek nektarları örümcek ağı diyagramı

**Simunek ve ark. (2013)** termosonikasyon (24 kHz, 600 W, 3, 6, 9 dk, 20-40-60°C) ve pastörizasyonunun (80°C, 2 dk) elma nektarı ve suyunun duyusal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Termosonikasyonun işlenmeyen meyve suyunda doğal olarak bulunmayan yeni bileşiklerin oluşumuna ya da doğal olarak bulunan bazı bileşiklerin kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Aromatik bileşikler fiziksel koşullardaki değişim ve kavitasyonlardan etkilenmektedir. Termosonikasyonun elma suyu ve nektarında renk, tat, koku ve genel beğeni gibi duyusal özelliklerini önemli düzeyde etkilese de kabul edilemez boyutta değişime neden olmadığı bildirilmiştir. Koku ve tat özelliklerindeki değişimin muhtemel nedeninin serbest radikallerin oluşumu, oksidasyon ve bileşiklerin izomerizasyonu olabileceği bildirilmiştir.

Literatürde termosonikasyonun meyve suyunda duyusal özellikler üzerine olumsuz etkisinin yanı sıra olumlu etkileri de olabileceği bildirilmiştir (**Walkling-Ribeiro ve ark., 2009**). Termosonikasyonun, neden olabileceği nektarda bulunan gazın uzaklaştırılması, nektar renginin açılması, enzim aktivitesinin azalması, askorbik asit korunumunun artması gibi durumlar, yaptığımız çalışmada duyusal özellik açısından kontrol ile işlenen nektarlar arasında önemli düzeyde farka rastlanmamasına neden olmuş olabilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında belirlenen aralıklarda değişen termosonikasyon parametreleri ile farklı uygulamalar gerçekleştirilerek bulanık çilek nektarları üretilmiştir ve bu değişimlerin nektar kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve matematiksel olarak modellenmiştir. Kalite analizlerinin sonuçları değerlendirilerek optimum termosonikasyon için sıcaklık ve UEY değerleri belirlenmiştir. Optimum termosonikasyon uygulaması sonrasında validasyon çalışmasıyla, yapılan modellemelerin ve optimizasyonun geçerliliği kanıtlanmış ve 90 gün süren depolama çalışmasıyla, nektarların kalite özellikleri ve özellikle renk açısından stabilitesi ortaya konulmuştur. Depolama boyunca fenolik maddelerdeki değişim bileşen bazında incelenmiştir. Optimum termosonikasyon uygulanan nektarlar ile işlem uygulanmayan nektarlar duyusal özellikler açısından karşılaştırılmıştır.

Termosonikasyon uygulamasının optimizasyonuna ait bulgulara göre;

- Termosonikasyon parametrelerinden biri sabit iken diğerinin artışıyla PFO inaktivasyonu artmaktadır. UEY ve sıcaklık artışının PFO aktivitesini azaltıcı etkide bulunmuştur. Çilek nektarında ~%90 PFO inaktivasyonunun sağlanması için 539 J/g UEY ve 75°C kombinasyonu yeterlidir.
- Termosonikasyon uygulanan çilek nektarında TMA içeriği ılıman sıcaklık (~50°C) ve ultrases enerji yoğunluğu (~230 J/g) koşullarında en yüksek seviyeye (doyma noktası) ulaşırken, bu iki parametrenin artması ya da azalmasıyla TMA içeriğinin azaldığı görülmüştür.
- UEY ve sıcaklığın ılıman değerlerin üzerine çıkılması durumunda TMA miktarı üzerindeki olumlu etkisi kaybolacak ve hatta UEY ve sıcaklık artışı TMA miktarında azalmaya neden olacaktır.
- TF miktarı sıcaklık artışıyla doğrusala yakın bir düşüş göstermektedir. 230 J/g ultrases enerji yoğunluğu civarında en yüksek seviyeye ulaşan TF

miktarı, daha yüksek ya da düşük enerji yoğunlukları uygulandığında azalmaktadır. Yaklaşık olarak 230 J/g ultrases enerji yoğunluğu uygulandığında hem TF hem TMA miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır.

- En yüksek AA miktarı 67.7°C-82.1 J/g kombinasyonu, en düşük AA miktarı ise 32.3°C-82.1 J/g kombinasyonu uygulandığında elde edilmiştir. AA miktarındaki değişim çalışılan UEY ve sıcaklık aralıklarında düzenli bir değişim göstermemiştir.
- $a^*$  değeri, UEY ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır. Ayrıca  $a^*$  değeri sıcaklıktaki değişimden UEY'deki değişime kıyasla daha çok etkilenmektedir.
- Ultrases enerji yoğunluğunun artışı  $\Delta E^*$  değerini, ılımlı sıcaklık seviyelerinde (~45°C) etkilemezken 50°C'den yüksek sıcaklıklarda artmasına neden olmuştur.
- EI değerleri ultrases enerji yoğunluğu ve sıcaklık parametreleriyle doğrusal olarak değişim göstermektedir. Yüksek sıcaklık uygulamalarında PFO inaktivasyonu artarken nektarlara ait EI değerleri azalma göstermektedir.
- Özellikle yüksek ultrases enerji yoğunluğu ile birlikte kullanıldığında, yüksek sıcaklıklık uygulanan nektarlarda daha yüksek miktarda HMF belirlenmiştir. HMF miktarı sıcaklık artışıyla doğrusal olarak artarken ultrases enerjisinin artışıyla aşamalı olarak artış göstermektedir.
- Termosonikasyon koşullarının değişiminin HMF içeriği ve EI değerleri üzerindeki etkileri birbirine zıt olmuştur.  $\Delta E^*$  ve EI grafiklerindeki değişimler ise tam olarak birbiriyle örtüşmemektedir. En yüksek  $\Delta E^*$  ve EI değerleri en düşük sıcaklık ve ultrases uygulanan nektarlarda meydana gelirken aynı uygulamalarda en düşük PFO inaktivasyonu görülmektedir.
- HMF oluşumu ve antosiyaninlerin parçalanması değişen termosonikasyonlara karşı benzer artma/azalma eğilimleri göstermektedir.

- Sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğu arttıkça PFO inaktivasyonu ve HMF miktarı artma, esmerleşme indeksi değeri ise azalma göstermiştir.  $\Delta E^*$ , TMA, TP ve AA ise çalışılan sıcaklık ve UYU aralığında aynı şekilde seyreden bir değişim göstermemiştir.

Optimum termosonikasyon uygulanan çilek nektarlarında depolanma süresince meydana gelen değişimlere ait bulgulara göre;

- Depolama süresince kalıntı PFO aktivitesi, pH değeri, TMA, TF, AA, a\* azalmış, titrasyon asitliği, esmerleşme indeksi artmış, briks ve Hue değeri ise istatistiksel açıdan önemli düzeyde değişim göstermemiştir.
- Depolamanın başlangıcında %24 olan PFO aktivitesi kalıntısı depolamanın sonu 90. günde %11 'e düşmüştür. Depolama başlangıcına göre %54 azalma göstermiştir.
- Depolamanın 60. gününden itibaren pH değerlerinde önemli ölçüde değişim olurken asitlikte önemli bir değişim tespit edilememiştir. Çilek nektarlarının SÇKM değerleri depolama boyunca korunmuştur.
- Depolama boyunca en yüksek TMA değeri (142.53 mg/L) depolamanın başlangıcında belirlenirken en düşük TMA değeri 90. gün (74.70 mg/L) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama boyunca elde edilen PFO aktivitesi ve askorbik içeriği sonuçları da bu durumu destekler niteliktedir. PFO aktivitesi 60. güne kadar büyük hızla azalma gösterirken 60.günden sonra ise daha az belirgin bir azalma göstermiştir.
- TF madde içerikleri depolamanın ilk 30 gününde önemli düzeyde bir değişime rastlanmamakla birlikte 30. günden sonra önemli düzeyde azalmıştır.
- Nektar depolamanın 12. gününde başlangıçtaki AA miktarının %50'sini kaybetmiştir. 90. günde ise AA'ın tamamına yakını parçalanmıştır.

- Renk değerleri incelendiğinde; L\* değerinde 20. günde istatistiksel olarak önemli bir değişim meydana gelmekle birlikte depolamanın ilerleyen günlerindeki değişimler önemli bulunmamıştır. a\* değerinde 10. gündeki azalma %0.3 iken 90. günün sonunda a\* değerinde %4.9 azalma görülmüştür. Depolama boyunca Hue değerlerinde önemli düzeyde bir değişim olmaz iken C\* değerinde 30. Günden itibaren azalma görülmüştür. Nektarlara ait  $\Delta E^*$  değerleri, 5.21–11.36 aralığında değişmiştir. Depolama başlangıcında en düşük  $\Delta E^*$  değerine sahip olan nektarlar, 60. güne kadar önemli düzeyde artış göstermiştir.
- EI değeri ve HMF içeriği depolama boyunca artış göstermiştir.
- Depolama boyunca fenolik maddelerde bileşen bazında farklı değişimler meydana gelmiştir. Renksiz fenolik bileşenlerden kafeik asit, ferulik asit ve (-)-epikateşin gallat depolama boyunca azalma gösterirken diğerleri önce azalma sonra artma eğilimi göstermişlerdir. Antosiyaninlerde ise depolama boyunca genel eğilim azalma olmuştur.
- Depolama süresince toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin ve pelargonodin-3-glukozid parçalanma kinetiğinin 2. dereceden, askorbik asit parçalanma kinetiğinin 1. dereceden, HMF oluşum kinetiğinin ise 0. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Optimum termosonikasyon uygulamasının gerçekleştirildiği üretim gününde 14 panelist tarafından yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre, termosonikasyon uygulanan ve uygulanmayan nektarlar arasında önemli düzeyde fark bulunmamıştır.

Elde edilen verilere göre; sanayide daha düşük sıcaklık uygulamalarıyla yeterli PFO inaktivasyonu sağlanabilmesi için ısı işlemin ultrases ile kombinasyonu tercih edilebilir. Aynı oranda enzim inaktivasyonu sağlamak için ısı işleminde uygulanan sıcaklığın altına termosonikasyon uygulanarak düşülebilir

ve ısıt işlemin gıdada neden olduğu olumsuz değışimler azaltılabilir. Nektarlarda renk değışimini mümkün olduğunca düşük olmasını sağlamak için termosonikasyon koşulları olarak yüksek sıcaklık-düşük ultrases enerji yoğunluğunun seçilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda validasyon çalışmasıyla, test edilen matematiksel modeller bulanık çilek nektarı üreticileri tarafından daha iyi kalitede nektar üretimi için yol gösterici olacaktır. Üreticilerin bulanık çilek nektarlarının kalite özelliklerini istedikleri doğrultuda geliştirebilmeleri ve nektarların kalite özellikleri hakkında tahminlerde bulunabilmelerine imkan sağlanmıştır. Optimum termosonikasyon uygulamasıyla raf ömrü süresi kısa ve dayanıklılığı düşük bir meyve olan çilek nektara işlenirken, tüketicilere daha yüksek kalitede ürün sunulabilecektir. Bu doğrultuda sürdürülebilir sağlıklı gıda üretimine de katkıda bulunulmuştur.





## KAYNAKLAR

- Aaby, K., Grimsbo, I.H., Hovda, M.B., and Rode, T.M., 2018. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chemistry*, 260, 115-123.
- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., and Skrede, G., 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132(1), 86-97.
- 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.
- Abdille, M.H., Singh, R.P., Jayaprakasha, G.K., and Jena, B.S., 2005. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food Chemistry*, 90(4), 891-896.
- Abdullah, N., and Chin, N.L., 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.
- Abdullakasim, P., Songchitsomboon, S., Techagumpuch, M., Balee, N., Swatsitang, P., and Sungpuag, P., 2007. Antioxidant capacity, total phenolics and sugar content of selected Thai health beverages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(1): 77-85.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M.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.
- Aday, M.S., and Caner, C., 2014. Individual and combined effects of ultrasounds, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 344-351.

- 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., Ghafour, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E. E., and Ahmed, I. A. M. (2018). Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. *Food chemistry*, 245, 79-88.
- Aguilar-Rosas, S.F., Ballinas-Casarrubias, M.L., Nevarez-Moorillon, G.V., Martin-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.
- Aguilo-Aguayo, I., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., and Martín-Belloso, O., 2009. Changes in quality attributes throughout storage of strawberry juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 42(4), 813-818.
- Ağcam, E., Akyıldız, A., & Balasubramaniam, V. M., 2017. Optimization of anthocyanins extraction from black carrot pomace with thermosonication. *Food Chemistry*, 237, 461-470.
- Akande, E.A., and Ojekemi, O.R., 2013. Biochemical changes in watermelon and pineapple juice blend during storage. *Sky Journal of Food Science*, 2(7), 54-58.
- Alexandre, E.M., Brandão, T.R. and, Silva, C.L., 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 417-426.
- Altındağ, M., Türkyılmaz, M., and Özkan, M., 2018. Changes in polyphenol profile of dried apricots containing SO<sub>2</sub> at various concentrations during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2530-2539.

- Anonim, 2018. Uluslar Arası Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), ([www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org))
- 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. *LWT-Food Science and Technology*, 37(7), 687-695.
- 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(3), 1119-1130.
- Baltacıoğlu, H., Bayındırlı, A., and Severcan, F., 2017. Secondary structure and conformational change of mushroom polyphenol oxidase during thermosonication treatment by using FTIR spectroscopy. *Food Chemistry*, 214, 507-514.
- Beck, J., Ledl, F., Sengl, M., and Severin, T., 1990. Formation of acids, lactones and esters through the Maillard reaction. *Bildung von Säuren, Lactonen und Estern im Verlauf der Maillard-Reaktion. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 190(3), 212-216.
- Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Perricone, M., Speranza, B., Campaniello, D., Sinigaglia, M., and Corbo, M. R., 2018. Nonthermal technologies for fruit and vegetable juices and beverages: Overview and Advances. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 2-62.
- 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., and Goh, K. M., 2017. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chemistry*, 215, 470-476.
- 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.

- Bimakr, M., Rahman, R.A., Taip, F.S., Adzahan, N.M., Sarker, M.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.
- Bolling, B.W., Blumberg, J.B., and Chen, C.Y.O., 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.
- Bozkurt, H., and İçier, F., 2009. UV-C ve ultrason önışlemlerinin çilek kalitesi üzetine etkileri. *Gıda Dergisi*, 34(5).
- Bozkurt, H., Göğüş, F., and Eren, S., 1999. Nonenzymic browning reactions in boiled grape juice and its models during storage. *Food Chemistry*, 64(1), 89-93.
- Brownmiller, C., Howard, L.R., and Prior, R.L., 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*, 73(5), H72-H79.
- 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.
- Buglione, M., and Lozano, J., 2002. Nonenzymatic browning and chemical changes during grape juice storage. *Journal of Food Science*, 67(4), 1538-1543.
- Carabasa-Giribet, M., and Ibarz-Ribas, A., 2000. Kinetics of colour development in aqueous glucose systems at high temperatures. *Journal of Food Engineering*, 44(3), 181-189.
- 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(6), 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.
- 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.
- Cemeroğlu, B., 2015. Reaksiyon Kinetiği (Gıdaların Bozulma Kinetiği) Bizim Grup Basımevi, Ankara, s.38–70.
- 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 analysis and critical control point (HACCP) for an ultrasound food processing operation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11(3-4), 257-260.
- Chemat, F., and Khan, M., 2011. Applications of ultrasound in food technology: processin, preservation and extraction. *Ultrasonic sonochemistry*, 18(4), 813-835.
- Chen, Y., Yu, L.J., and Rupasinghe, H.P., 2013. Effect of thermal and non-thermal pasteurisation on the microbial inactivation and phenolic degradation in fruit juice: A mini-review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(5), 981-986.
- Cheng, L.H., Soh, C.Y., Liew, S.C., and Teh, F.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(9), 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*, 35 753-759.
- Cieřlik, E., Gręda, A., and Adamus, W., 2006. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94(1), 135-142.
- Cordenunsi, B.R., Nascimento, J.D., and Lajolo, F.M., 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83(2), 167-173.
- Costa, M.G.M., Fonteles, T.V., de Jesus, A.L.T., Almeida, F.D.L., de Miranda, M.R.A., Fernandes, F.A.N., and Rodrigues, S., 2013. High-intensity ultrasound processing of pineapple juice. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 997-1006.
- Cruz, R.M., Vieira, M.C., and Silva, C.L., 2008. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4), 483-488..
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, Á., 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 Silva Pinto, M., 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(4), 1629-1635.
- Del Socorro Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J.E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J.A., Manríquez-Torres, J.J. and Jaramillo-Bustos, D.P., 2015. Shelf life, physicochemical, microbiological, and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrasonic Sonochemistry*, 27, 277-286.
- Demirdöven, A., and Baysal, T., 2008. The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25(1), 1-11.
- Derossi, A., De Pilli, T., and Fiore, A.G., 2010. Vitamin C kinetic degradation of strawberry juice stored under non-isothermal conditions. *LWT-food Science and Technology*, 43(4), 590-595.
- Dhuique-Mayer, C., Tbatou, M., Carail, M., Caris-Veyrat, C., Dornier, M., and Amiot, M.J., 2007. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: kinetics and newly formed compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4209-4216.
- Dolatowski, Z.J., Stadnik, J., and Stasiak, D., 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 88-99.
- Dubrović, I., Herceg, Z., Režek Jambrak, A., Badanjak, M., and Dragović-Uzelac, V., 2011. Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin content in strawberry juice. *Food Technology and Biotechnology*, 49(2), 196-204.
- Dubrović, I., Herceg, Z., Režek Jambrak, A., Badanjak, M., and Dragović-Uzelac, V., 2011. Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin content in strawberry juice. *Food Technology and Biotechnology*, 49(2), 196-204.



- Fernandes, V.C., Domingues, V.F., de Freitas, V., Delerue-Matos, C., and Mateus, N., 2012. Strawberries from integrated pest management and organic farming: Phenolic composition and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 134(4), 1926-1931.
- 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 and Food Chemistry*, 51(3), 640-646.
- 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.
- 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.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Qules, J.L., Mezzetti, B., and Battino, M., 2012. The Strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition*, 28(1): 9-19.
- Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E., 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*.
- Golmohamadi, A., Möller, G., Powers, J., and Nindo, C., 2013. Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1316-1323.
- Gökmen, V., and Acar, J., 1998. An investigation on the relationship between patulin and fumaric acid in apple juice concentrates. *LWT-Food Science and Technology*, 31(5), 480-483.

- Gössinger, 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.
- Guo, C., Cao, G., Sofic, E., and Prior, R. L., 1997. High-performance liquid chromatography coupled with coulometric array detection of electroactive components in fruits and vegetables: relationship to oxygen radical absorbance capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5), 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(12), 1719-1726
- Häkkinen, S.H., Kärenlampi, S.O., Mykkänen, H.M., Heinonen, 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.
- Harbourne, N., Jacquier, J.C., Morgan, D.J., and Lyng, J.G., 2008. Determination of the degradation kinetics of anthocyanins in a model juice system using isothermal and non-isothermal methods. *Food Chemistry*, 111(1), 204-208.
- 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.
- Herceg, Z., Lelas, V., Jambrak, A.R., Vukušić, T., and Levaj, B., 2013. Influence of thermo-sonication on microbiological safety, color and anthocyanins content of strawberry juice. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4(1), 26-37.

- 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.
- Illera, A.E., Sanz, M.T., Benito-Román, O., Varona, S., Beltrán, S., Melgosa, R., and Solaesa, A.G., 2018. Effect of thermosonication batch treatment on enzyme inactivation kinetics and other quality parameters of cloudy apple juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 71-80.
- 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.
- Ishita, C., and Athmaselvi, K.A., 2017. Changes in pH and colour of watermelon juice during ohmic heating. *International Food Research Journal*, 24(2).
- Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Hashim, M.M., Lei, S., Wu, T., and Zeng, X., 2015. Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7002-7013.
- 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 purée from different strawberry genotypes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 106-118.
- 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.
- Kadkhodae, R., and Povey, M.J.W., 2007. Ultrasonic inactivation of *Bacillus α*-amylase. I. Effect of gas content and emitting face of probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(2), 133-142.

- 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 Bioprocess Technology*, 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., and Gliszczynska-Swiglo, 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(3- 4), 313-322.
- Klopotek, Y., Otto, K., and Bohm, V., 2005. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5640-5646.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., and Lee, D.U., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266
- Koca, N., and Karadeniz, F., 2005. Gıdalaradaki doğal antioksidan bileşikleri. *Gıda*, Vol. 30: 229-236.
- Koshani, R., Ziaee, E., Niakousari, M., and Golmakani, M. T., 2015. Optimization of thermal and thermosonication treatments on pectin methyl esterase inactivation of sour orange juice (*Citrus aurantium*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 567-573.
- Lee, H.S., and Castle, W.S., 2001. Seasonal changes of carotenoid pigments and color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 877-882.
- Lee, H.S., and Nagy, S., 1988. Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. *Food Technology Biotechnology*, 42, 91-94.

- 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.
- Lu, Y., and Foo, L.Y., 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chemistry*, 68(1), 81-85.
- Lukaski, H.C., 2004. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-644.
- Luque De Castro, M.D., and Priego-Capote, F., 2007. Ultrasound-assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14(6), 717-724.
- Makris, D.P., and Rossiter, J. T., 2000. Heat-induced, metal-catalyzed oxidative degradation of quercetin and rutin (quercetin 3-*O*-rhamnosylglucoside) in aqueous model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9): 3830–3838.
- Marszalek, K., Mitek, M., and Skąpska, S., 2015. The effect of thermal pasteurization and high pressure processing at cold and mild temperatures on the chemical composition, microbial and enzyme activity in strawberry purée. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27, 48-56.
- 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. In *Emerging technologies for food processing*, 323-351.

- 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, 574-579.
- Meydav, S., Saguy, I., and Kopelman, J.I., 1977. Browning determination in citrus products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(3), 602-604.
- Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R. M., and Martín-Belloso, O., 2008. Non-Thermal Pasteurization of Fruit Juices by Combining High-Intensity Pulsed Electric Fields with Natural Antimicrobials. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 328-340.
- Mtaoua, H., Sánchez-Vega, R., Ferchichi, A., and Martín-Belloso, O., 2017. Impact of high-intensity pulsed electric fields or thermal treatment on the quality attributes of date juice through storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13052.
- Muchuweti, M., Mupure, C.H., Ndhlal, A.R., and Kasiyamhuru, A., 2006. Characterization of polyphenol oxidase from *Uapaca kirkiana* fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 328-332.
- Nebesky, E.A., Esselen, W.B., Mc Connell, J.E.W., and Fellers, C.R., 1949. Stability of color in fruit juices. *Journal of Food Science*, 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.
- Oliveira, M., Abadias, M., Usall, J., Torres, R., Teixidó, N., and Viñas, I., 2015. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables–A review. *Trends in Food Science and Technology*, 46(1), 13-26.

- 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.
- 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.
- Patras, A., Brunton, N.P., da Pieve, S., and Butler, F., 2009. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3), 308-313.
- 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.
- 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(3), 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.
- Pérez, A.G., Sanz, C., Ríos, J.J., Olias, R., and Olías, J.M., 1999. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), 1652-1656.
- Pérez-Grijalva, B., Herrera-Sotero, M., Mora-Escobedo, R., Zebadúa-García, J. C., Silva-Hernández, E., Oliart-Ros, R., & Guzmán-Gerónimo, R., 2018. Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. *LWT-Food Science and Technology*, 87, 47-53.

- 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 ripeness stages. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 11-16.
- Piyasena P., Mohareb E., and Mckellar R.C., 2003b. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International journal of food microbiology*, 87(3), 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 degradation in an ascorbic acid-anthocyanin-flavanol model system. *Journal of Food Science*, 46(4), 1218-1236.
- 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.
- Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G.V., and Rodrigo, M., 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1163-1170.
- 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.
- 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.



- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Yuan, Q., Riaz, A., Hu, B., Zhou, L., and Zeng, X. (2017). Nutritional, microbial and physicochemical changes in pear juice under ultrasound and commercial pasteurization during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13237.
- 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), 1-11.
- Shaheer, C.A., Kumar, R., Hafeeda, P., Kathiravan, T., Kumar, D., and Nadanasabapathi, S., 2014. Effect of thermal and thermosonication on anthocyanin stability in jamun (*Eugenia jambolana*) fruit juice. *International Food Research Journal*, 21(6), 2189-2194.
- Silva, F.V.M., 2015. Inactivation of *Byssochlamys nivea* ascospores in strawberry puree by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 129-136.
- Šimunek, M., Režek Jambrak, A., Petrović, M., Juretić, H., Major, N., Herceg, Z., Hruškar, M., 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 blackcurrant syrups. *Journal of Food Science*, 57(1), 172-177.
- Skupien, K., and Oszmianski, J., 2004. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. *European Food Research and Technology*, 219(1), 66-70.

- Sondheimer, E., and Kertesz, Z.I., 1952. The kinetics of the oxidation of strawberry anthocyanin by hydrogen peroxide. *Food Research, Journal of Food Science*, 17(1-6), 288-298.
- Sulaiman, A., Soo, M. J., Yoon, M. M., Farid, M., and Silva, F. V. 2015a. Modeling the polyphenoloxidase inactivation kinetics in pear, apple and strawberry purees after high pressure processing. *Journal of Food Engineering*, 147, 89-94.
- 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.
- 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 × ananassa*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3), 297-307.
- 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.
- 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.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M.D.R., and Ponce, A., 2017. Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), e12533.

- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., Vos, C.H.R.D., Capanoğlu, E., Bovy, A., and Battino, M., 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 696-704..
- Valdramidis, V.P., Cullen, P.J., Tiwari, B.K., and O'donnell, C.P., 2010. Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 449-454.
- Vegara, S., Martí, N., Lorente, J., Coll, L., Streitenberger, S., Valero, M., and Saura, D., 2014. Chemical guide parameters for *Punica granatum* cv. 'Mollar' fruit juices processed at industrial scale. *Food Chemistry*, 147 203-208.
- Vercet, A, Lopez, P., and Burgos, J., 1997. Inactivation of heat-resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. *Journal of Dairy Science*, 80(1), 29-36.
- Vercet, A., Burgos, J., Crelier S., and Lopez, P., 2001. Inactivation of proteases and lipases by ultrasound. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2(2), 139-150.
- Vikram, V.B., Ramesh, M.N., and Prapulla, S.G., 2005. Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69(1), 31-40.
- Virone, C., Kramer, H.J.M., Van Rosmalen, G.M., Stoop, A.H., and Bakker, T.W., 2006. Primary nucleation induced by ultrasonic cavitation. *Journal of Crystal Growth*, 294(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(21), 6532-6538.

- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D.A., Lyng, J.G., and Morgan, D.J., 2009. Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields. *Food and Bioprocess Processing*, 87(2), 102-107.
- Wang, J., Cao, Y., Sun, B., Wang, C., and Mo, Y., 2011. Effect of ultrasound on the activity of alliinase from fresh garlic. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(2), 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.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J.S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M., and Van Loey, A., 2015. Quality changes of pasteurised orange juice during storage: A kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability. *Food Chemistry*, 187, 140-151.
- Wrolstad, R.E., Skrede, G., Lea, P.E.R., and Enersen, G., 1990. Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Science*, 55(4), 1064-1065.
- 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 Science and Emerging Technologies*, 9(2), 186-195.
- Yang, F.M., Li, H.M., Li, F., Xin, Z.H., Zhao, L.Y., Zheng, Y.H., and Hu, Q.H., 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.

- Yang, Z., Han, Y., Gu, Z., Fan, G., and Chen, Z., 2008. Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays* L.) cob. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3), 341-347.
- Yemenicioğlu, A., Özkan, M., and Cemeroglu, B., 1997. Heat inactivation kinetics of apple polyphenoloxidase and activation of its latent form. *Journal of Food Science*, 62(3), 508-510.
- 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(3), 273-277.
- Zheng, H., and Lu, H., 2011. Use of kinetic, Weibull and PLSR models to predict the retention of ascorbic acid, total phenols and antioxidant activity during storage of pasteurized pineapple juice. *LWT-Food Science and Technology*, 44(5), 1273-1281.
- Zinoviadou, K.G., Galanakis, C.M., Brnčić, M., Grimi, N., Boussetta, N., Mota, M.J., Saraiva, J.A., Patras, A., Tiwari, B., and Barba, F.J., 2015. Fruit juice sonication: Implications on food safety and physicochemical and nutritional properties. *Food Research International*, 77, 743-752.

## ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Adana' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana'da tamamladı. Lisans eğitimini 2010-2015 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı.





# **EKLER**





## EK 1

Ad-Soyad

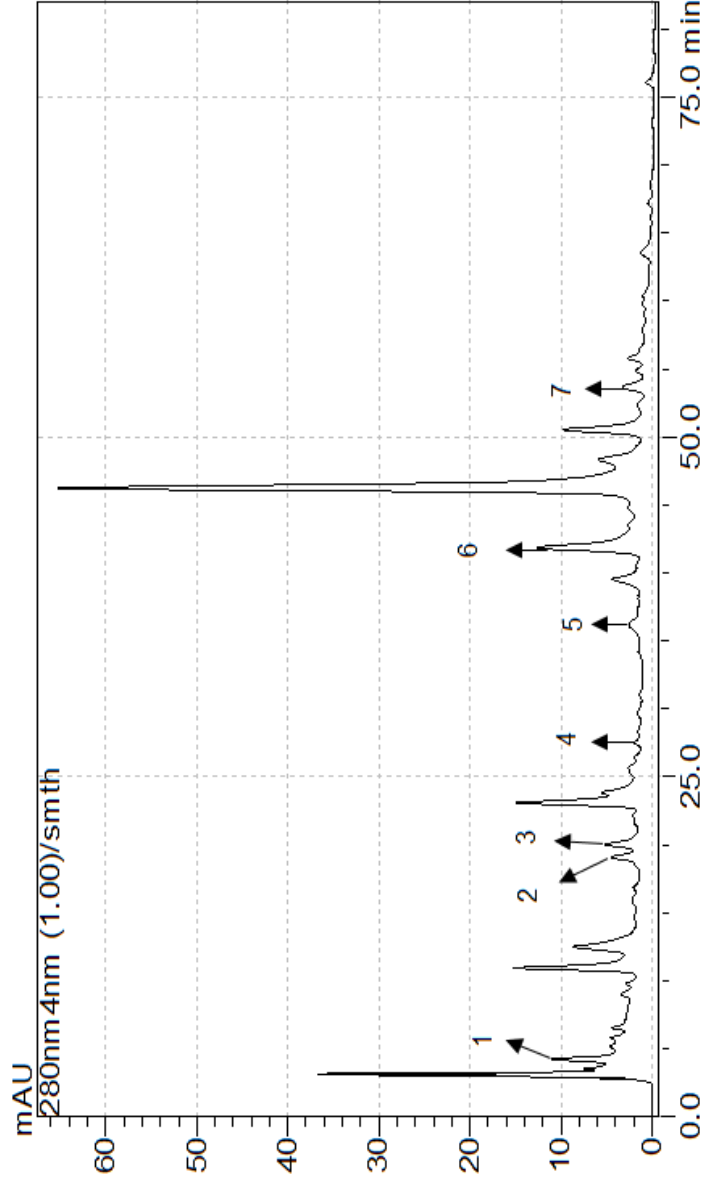
Örnek No

Tarih

Aşağıda verilen skalalarda tüm karakteristikler soldan sağa doğru artmaktadır. Örneklerin karakteristiklerini, skalada uygun gördüğünüz yere “X” işareti koyarak değerlendiriniz.

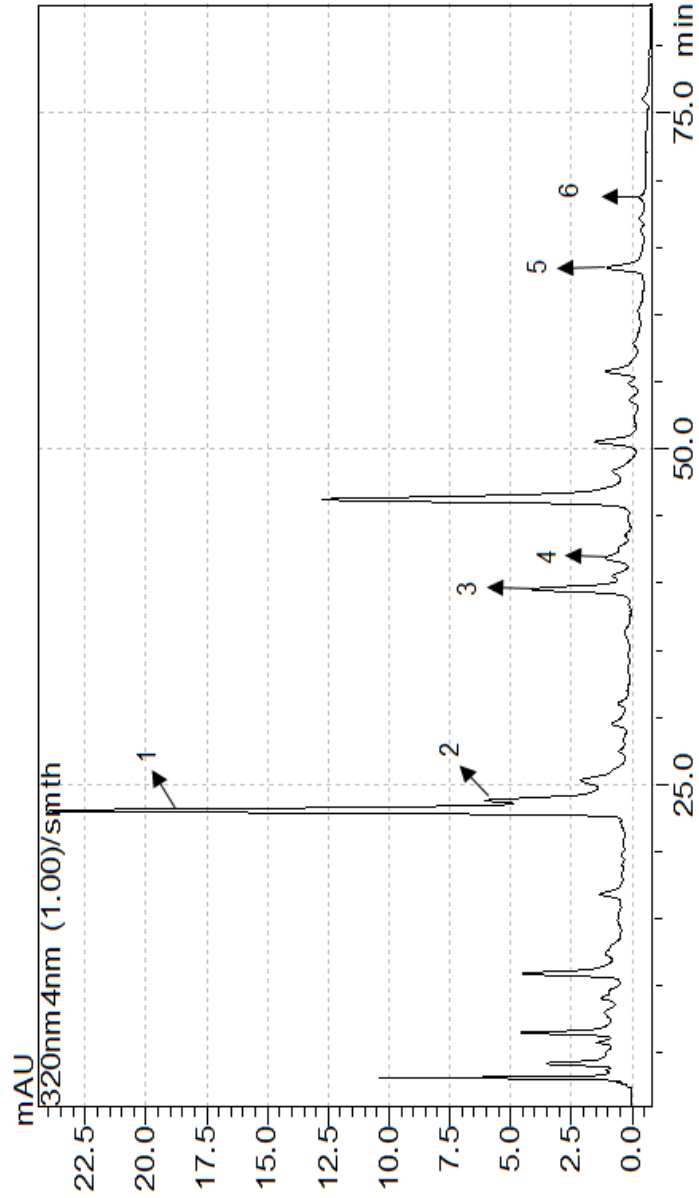
	Zayıf	Kuvvetli
RENK	-----	-----
KOKU	-----	-----
TAT	-----	-----
VİSKOZİTE	-----	-----
GENEL İZLENİM	-----	-----

## EK 2



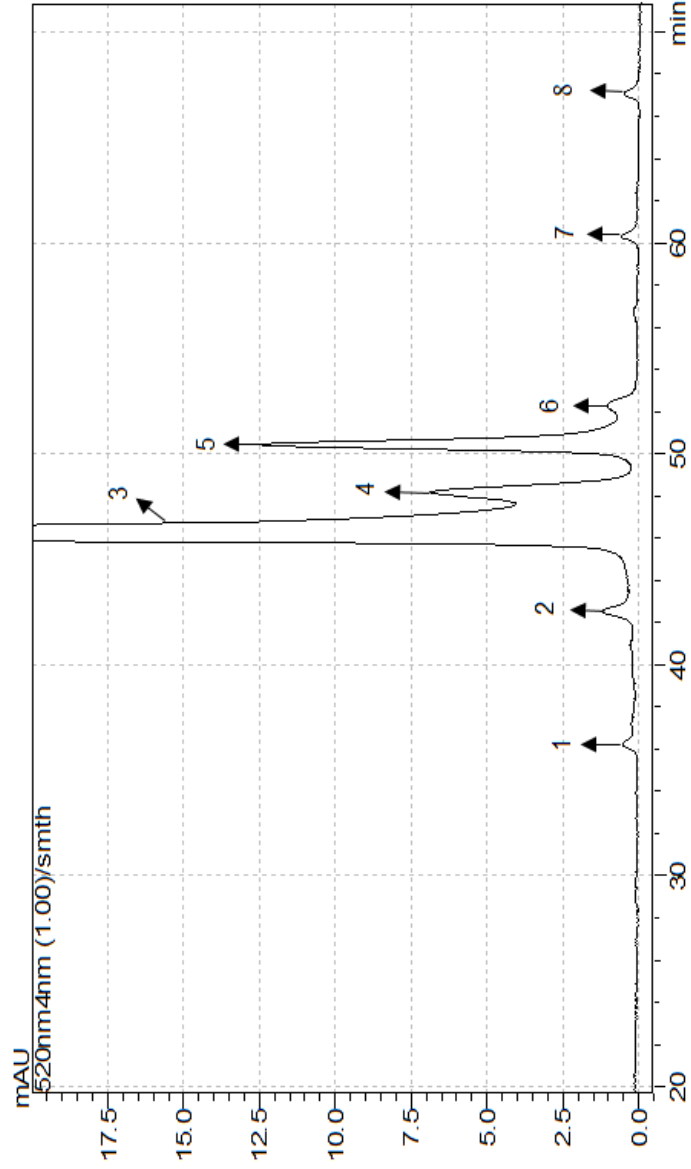
EK 2. Bulanık çilek nektarındaki fenolik bileşenlere ait 280 nm'deki HPLC kromotogramı (1:Gallik asit, 2:(±)-Kateşin, 3:(+)-Kateşin hidrat, 4:Protokateşoik asit etil ester, 5:(-)-Epikateşin, 6:(-)-Epikateşin gallat, 7:Elajik asit)

### EK 3



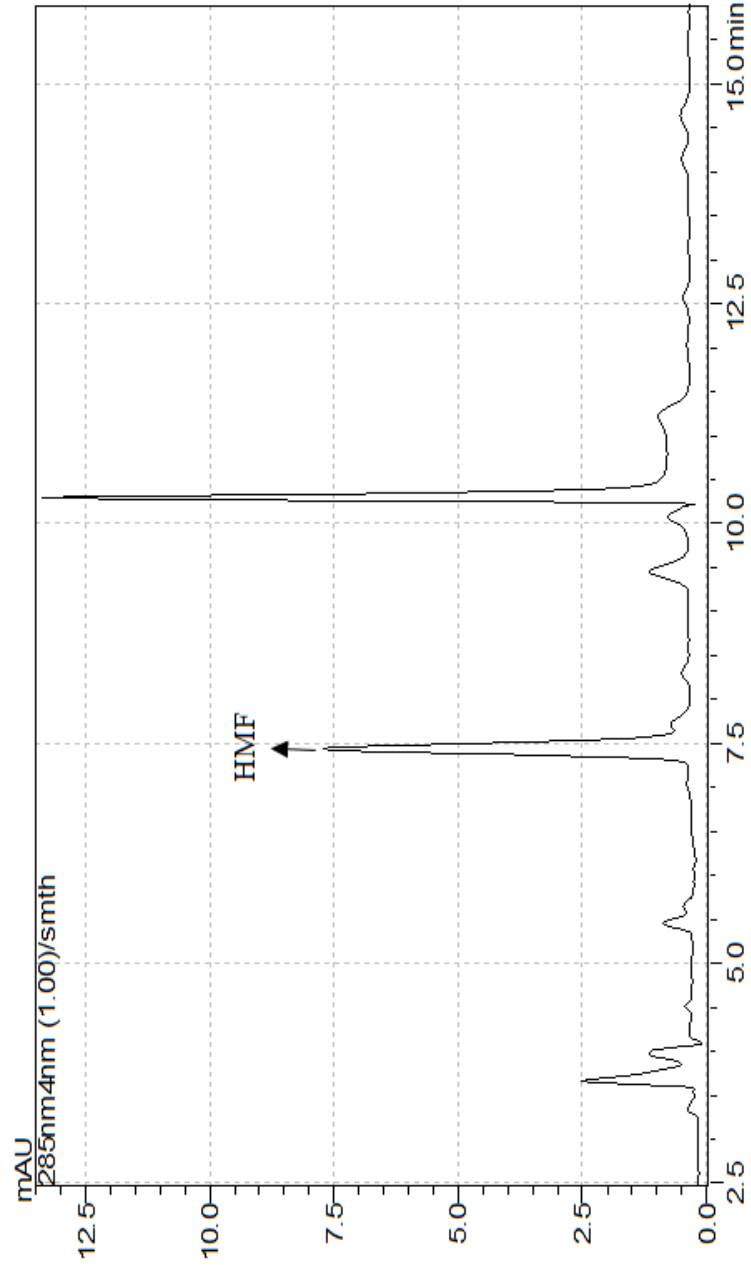
EK 3. Bulanık çilek nektarındaki fenolik bileşenlere ait 320 nm'deki HPLC kromotogramı (1:Kafeik asit, 2: Klorojenik asit, 3:p-Kumarik asit, 4:Ferulik asit, 5:Kuersetin, 6:Kampferol)

#### EK 4



EK 4. Bulanık çilek nektarındaki antosiyaninlere ait HPLC kromotogramı (1:Siyanidin-3,5-diglukozid, 2:Siyanidin-3-glukozid, 3:Pelargonidin-3-glukozid, 4:Tanımlanamayan1, 5:Pelargonidin-3-rutinozid, 6:Tanımlanamayan2, 7: Tanımlanamayan3, 8: Tanımlanamayan4)

## EK 5



EK 5. Bulanık çilek nektarındaki hidroksimetil furfurala (HMF) ait HPLC kromotogramı