

TC.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ULTRASONİKASYONUN TAZE SIKILMIŞ HAVUÇ SUYUNUN
DEPOLAMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ERGÜVEN

BOLU, EYLÜL-2017

TC.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ULTRASONİKASYONUN TAZE SIKILMIŞ HAVUÇ SUYUNUN
DEPOLAMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ERGÜVEN

BOLU, EYLÜL-2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

MERVE **ERGÜVEN** tarafından hazırlanan
“**ULTRASONİKASYONUN TAZE SIKILMIŞ HAVUÇ SUYUNUN
DEPOLAMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması
19.09.2017 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul
edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Hande Selen ERGE

Üye
Yrd. Doç. Dr. Oktay YEMİŞ

Üye
Doç. Dr. Mustafa KIRALAN

İmza



.....
Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür

Kendime ve tüm sevdiklerime,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- Bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İMZA

MERVE ERGÜVEN

ÖZET

ULTRASONİKASYONUN TAZE SIKILMIŞ HAVUÇ SUYUNUN DEPOLAMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ERGÜVEN

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. HANDE SELEN ERGE)

BOLU, EYLÜL-2017

Bu çalışmada; ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun buzdolabı sıcaklığında 12 gün muhafazası süresince bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Taze sıkılmış havuç suyu, % 50 ve % 100 genlik değerlerinde 30°, 40° ve 50°C sıcaklıklarda ve 10 dakika boyunca 20 kHz sabit frekansta sonikasyona maruz bırakılmıştır.

Farklı genlik ve sıcaklık değerlerinde ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarı ile antioksidan aktivitenin sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine göre arttığı belirlenmiştir. Toplam karotenoid madde içeriği bakımından değerlendirildiğinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun kalitesini ultrasonikasyon uygulanmayan örneğe kıyasla daha fazla koruduğu gözlenmiştir. Ultrasonikasyon uygulanan tüm örneklerde depolama sırasında β -karoten içeriğinin arttığı saptanmış, ancak bu artışın istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Ultrasonikasyonun genlik değerlerinin ve sıcaklığının pH ve °Bx üzerinde önemli etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Renk değerleri incelendiğinde ise L*, +a*, +b*, C* parametrelerinin depolama ile sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı, h parametresinin ise arttığı gözlenmiştir. 30°, 40° ve 50°C sıcaklıklarda % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon sonrasında örneklerdeki toplam aerobik mezofilik bakteri ile enterobakter yükleri kontrol örneğine kıyasla düşük bulunmuştur. 30° ve 40°C sıcaklıklarda % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulandıktan sonra örneklerdeki enterobakter sayısı kontrol örneğine kıyasla düşük belirlenmiştir. 50 °C’de ultrasonikasyon uygulama sonrasında ise örneklerde enterobakter sayısı belirlenemmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Ultrasonikasyon, Havuç Suyu, Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid Madde, Antioksidan Aktivite, β -karoten, Depolama.

ABSTRACT

**THE EFFECT OF ULTRASONICATION ON STORAGE
STABILITY OF FRESHLY-SQUEEZED CARROT JUICE
MSC THESIS
MERVE ERGUVEN
ABANT IZZET BAYSAY UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC PROF. DR. HANDE SELEN ERGE)
BOLU, EYLUL-2017**

In this study; it is aimed to determine the changes in some chemical and microbiological properties of sonicated carrot juice during refrigerator temperature for 12 days. Freshly squeezed carrot juice was subjected to constant frequency sonication at 20 °C for 10 minutes at 30 °, 40 ° and 50 ° C at 50 % and 100 % amplitude values.

The total phenolics content, total flavonoids content and antioxidant activity increased with respect to the zero order reaction kinetics during the storage of sonicated fresh carrot juices at different amplitude and temperature values. When assessed for the total carotenoids content, it was observed that the quality of sonicated carrot juice was maintained more than the non ultrasonically applied sample. It was determined that β -carotene content increased during storage in all samples subjected to ultrasonication, but this increase was not statistically significant. It has been observed that the amplitude and temperature of the ultrasonics have no significant effect on pH and °Bx. When the color values were examined, it was observed that the L *, +a*, +b*, C* parameters decreased with the zero order reaction kinetics during storage, while the parameter h increased. The values of total aerobic mesophilic bacteria and enterobacter loads in sonicated samples were found to be low compared to the control sample. After applying ultrasonic at 50 % and 100 % amplitude values at 30 ° and 40 °C temperatures, the number of enterobacter in the samples was lower than the control sample. After ultrasonication at 50 °C, the number of enterobacter was not detected in the samples.

KEY WORDS: Ultrasonication, Carrot Juice, Total Phenolics, Total Flavonoids, Antioxidant Activity, β -carotene, storage.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	v
TEŞEKKÜR	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Havucun Beslenmede Önemi	3
2.2 Havucun Dünyadaki Üretimi.....	3
2.3 Havucun Besin Değeri.....	4
2.4 Havuç Lifi.....	6
2.5 Antioksidan Bileşikler ve Önemi	6
2.6 Fenolik Bileşikler ve Önemi.....	8
2.7 Karotenoidler ve Önemi	10
2.8 Ultrasonikasyon.....	12
2.9 Ultrasonikasyonun Meyve Sularına Etkisi	16
2.10 Ultrasonikasyonun Meyve Sularında Kullanımı	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1 Materyal.....	23
3.2 Deney Tasarımın Oluşturulması.....	23
3.3 Yöntem	23
3.3.1 Suda çözünür kuru madde (°Bx) tayini	23
3.3.2 pH değeri tayini	24
3.3.3 Görsel renk değerleri tayini	24
3.3.4 Toplam karotenoid ve β-Karoten ekstraksiyonu.....	24
3.3.5 Toplam karotenoid madde tayini	24
3.3.6 HPLC ile β-karoten tayini.....	25
3.3.7 β-karoten piklerinin tanımlanması ve hesaplanması.....	25
3.3.8 Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite tayinleri için ekstraksiyon yöntemi.....	26
3.3.9 Toplam fenolik madde tayini	26
3.3.10 Toplam flavonoid madde tayini	27
3.3.11 Antioksidan aktivite tayini.....	28
3.3.12 Mikrobiyolojik analizler	29
3.3.12.1 Besiyerlerinin hazırlanması.....	29
3.3.12.2 Fizyolojik tuzlu su (FTS)	30
3.3.12.3 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı	30

3.3.12.4 Enterobakter sayımı	30
3.3.12.5 İstatistiksel Analiz	30
4. BULGULAR VE YORUMLAR.....	31
4.1 Suda çözünür kuru madde (°Bx) ve pH değerlerindeki değişim	31
4.2 Toplam Fenolik Madde Miktarındaki Değişim	31
4.3 Toplam Flavonoid Madde Miktarındaki Değişim	34
4.4 Antioksidan Aktivitedeki Değişim	36
4.5 Toplam Karotenoid Madde Miktarındaki Değişim	39
4.6 β-Karoten Miktarındaki Değişim	42
4.7 Görsel Renk Değerlerindeki Değişim	44
4.7.1 L* değeri	44
4.7.2 +a* değeri	46
4.7.3 +b* değeri	48
4.7.4 C* ve h değerleri	52
4.8 Ultrasonikasyon Koşullarının (Sıcaklık, Genlik) Havuç Suyunda Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri İnaktivasyonuna Etkisi.....	55
4.9 Ultrasonikasyon Koşullarının (Sıcaklık, Genlik) Havuç Suyunda Enterobakter İnaktivasyonuna Etkisi.....	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	59
6. KAYNAKÇA	62
7. EKLER.....	67
EK A. Farklı sıcaklık ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda pH değerleri.....	67
EK B. Farklı sıcaklık ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda °Bx değerleri.....	68
8. ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kavitasyon kabarcığının oluşum mekanizması	13
Şekil 2.2. Kavitasyon şekilleri	13
Şekil 3.1. β -karoten standardına ait kromatogram	25
Şekil 3.2. β karoten standart kurvesi	26
Şekil 3.3. Gallik asit standart eğrisi	27
Şekil 3-4. Kateşin standart kurvesi	28
Şekil 3.5. Troloks standart eğrisi	29
Şekil 4.1. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam fenolik madde miktarının depolamadaki değişimi	32
Şekil 4.2. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam fenolik madde miktarının depolamadaki değişimi	33
Şekil 4.3. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun toplam fenolik ve toplam flavonoid maddelerdeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	33
Şekil 4.4. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun toplam fenolik ve flavonoid maddelerdeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	34
Şekil 4.5. % 50 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam flavonoid madde miktarının depolamadaki değişimi	35
Şekil 4.6. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam flavonoid madde miktarının depolamadaki değişimi	35
Şekil 4.7. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince antioksidan aktivitedeki değişim	38
Şekil 4.9. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	39
Şekil 4.10. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	39
Şekil 4.11. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin depolamadaki değişimi	45
Şekil 4.12. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin depolamadaki değişimi	45
Şekil 4.13. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin değişimine ilişkin Arrhenius grafiği	46
Şekil 4.14. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin değişimine ilişkin Arrhenius grafiği	46
Şekil 4.15. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+a^*$ değerinin depolamadaki değişimi	47
Şekil 4.16. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+a^*$ değerinin depolamadaki değişimi	48
Şekil 4.17. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+b^*$ değerinin depolamadaki değişimi	49
Şekil 4.18. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+b^*$ değerinin depolamadaki değişimi	50
Şekil 4.19. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+a^*$ ve $+b^*$ değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	51
Şekil 4.20. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu	

+a* ve +b*değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	51
Şekil 4.21. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince C* ve h değerlerindeki değişim	53
Şekil 4.22. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince C* ve h değerlerindeki değişim	53
Şekil 4.23. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun C* ve h değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği	54
Şekil 4.24. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun C* ve h değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği.....	54



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. β -karotenin çeşitli sebzelerdeki miktarı.....	4
Çizelge 2.2. Bazı meyve ve sebzelerin başlıca fenolik madde içerikleri.....	9
Çizelge 2.3. Ultrasonun gıdalardaki potansiyel uygulamaları	15
Çizelge 2.4. Ultrasonikasyonun (US) bazı sıvı gıda ürünlerinin mikrobiyal kontaminasyonu üzerindeki etkisi.....	19
Çizelge 2.5. Ultrasonikasyon uygulanan bazı sıvı gıdaların biyoaktif bileşiklerine etkisi	22
Çizelge 4.1. Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince toplam karotenoid madde miktarındaki değişim.....	41
Çizelge 4.2. Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince β -karoten miktarındaki değişim.....	43
Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı.....	57
Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda enterobakter sayısı	58

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

AA	: Askorbik asit
AED	: Akustik Enerji Yoğunluğu
ABTS	: 2,2'- azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit
ABTS'+	: ABTS radikali
Abs	: Absorbans
AO	: Antioksidanlar
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission on Illumination)
DNA	: Deoksiribonükleik asit
FDA	: Food and Drug Administration
FTS	: Fizyolojik Tuzlu Su
g	: Gram
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
KHz	: Kilo Hertz
km	: Kuru madde
KPa	: Kilo Pascal
mmol	: Milimol
MHz	: Mega Hertz
µL	: Mikro litre
MW	: Molekül ağırlığı (Molecule weight)
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Fotodiyot Dizileri Dedektörü
P₃G	: Pelargonidin-3-glukoz
ppm	: Milyonda bir birim
PPO	: Polifenol oksidaz
R²	: Determinasyon katsayısı
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye
Sf	: Seyreltme faktörü
TEAC	: Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)

TPC	: Toplam fenolik bileşikler
Troloks	: 6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametil kroman-2 karboksilik asit
US	: Ultrasonikasyon
W	: Watt
VRBD	: Violet Red Bile Glucose Agar
yy	: Yüz yıl



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, tezimin her aşamasında bana yardımcı olan danışmanım sayın Doç. Dr. Hande Selen ERGE'ye, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Araştırma Görevlisi Derya Atalay'a teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu aşamada da benden maddi-manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem, babam, kardeşim ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.



1. GİRİŞ

Turuncu bir sebze olarak bilinen havucun, 10. yüzyıl başlarında İran ve Kuzey Arabistan'da mor ve sarı renkte olmak üzere iki çeşit halinde bulunduğu belirtilmektedir. Havucun 15. yy ortalarında Doğu ve Batı'nın merkezine; Orta doğu, Kuzey Afrika, Avrupa ve Çin'e yayıldığı aktarılmaktadır (Simon, 2000). Sarı havucun 18. yüzyılda Hollanda'da, turuncu havuç gelişinceye kadar da Kuzey Avrupa'da tercih edildiği bildirilmektedir. Bunun dışında beyaz havucun Avrupa'da, kırmızı havucun Çin'de kökeni olduğu düşünülmektedir. Turuncu havucun ağırlıklı olarak Batı'da; mor ve sarı havucun Türkiye, Hindistan ve Çin'de; kırmızı havucun ise Japonya'da tüketildiği bildirilmektedir (Rubatzky vd, 1999; Simon, 2000). 2013 yılı istatistiklerine göre ülkemizde 569.855 ton havuç üretilmiştir. Bu üretim miktarı, havucun sebze üretimimiz içinde önemli bir yeri olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizde havuç üretimi en fazla Konya'da yapılmaktadır. Havuç üretiminin yüzde % 57.7'sinin Konya'da, % 22.1'inin Ankara'da, % 10.1'inin Hatay'da gerçekleştirildiği bilinmektedir. Bu 3 ilin havuç üretimindeki payının % 89.9'u bulunduğu belirtilmektedir (<http://www.tzob.org.tr> 03.12.2014' de erişildi).

Havuç suyu, dünyanın pek çok yerinde yaygın olarak yetiştirilen havuç sebzесinin kökünden elde edilmektedir. Havuç suyu; sadece vitaminler, mineraller ve lif gibi birçok önemli diyet bileşenini içermekle kalmamakta, aynı zamanda insan sağlığına yarar sağlayan biyoaktif bileşiklerin kaynağını da oluşturmaktadır (Zou ve Jiang, 2016).

Havuç suyunun DNA hasarını ve iltihaplanmayı azaltması, antioksidan aktiviteyi artırması gibi yararlı fizyolojik etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Son yıllarda gıda işleme konusundaki araştırmalar, tüketici taleplerini karşılamaya yönelik besleyici, sağlıklı ve güvenli yiyecekler için geleneksel ısı işlem yerine, ısı olmayan tekniklere doğru yönelmeye başlamıştır. Isıl işlem, gıdanın besleyici ve organoleptik özelliklerinde olumsuz kayıp oluşturabilmektedir. Isıl olmayan teknolojilerin ise, kaliteyi iyileştirmede herhangi bir olumsuz etki ve hasar vermeden

güvenliği garanti etme potansiyeline sahip olduğu aktarılmaktadır (Zou ve Jiang, 2016).

Son yıllarda, gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan ultrasonikasyon işlemi, gıdaların kalite parametrelerinde belirgin bir değişim oluşturmamasından dolayı sağlığı geliştirici etkisi nedeniyle tercih edilen yenilikçi yöntemler arasına girmiştir. Sonikasyonun; elma suyu, limon suyu, kavun suyu ve portakal suyu üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalarda, yararlı besin maddelerinde kayıpları ve mikrobiyal yükü azaltan bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Zou ve Jiang, 2016). Sonikasyonun, düşük enerji tüketimi ile kısa işlem süresi nedeniyle avantajlı olduğu düşünülmektedir (Zou ve Jiang, 2016).

Meyve suları genellikle ısıtıl işlem uygulandıktan sonra tüketime sunulmaktadır. Ancak, ısıtıl işlem ile ürünün besin içeriği ve rengi gibi kalite parametrelerinde kayıp olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada havuç suyu gibi biyoaktif bileşenler açısından zengin olan sebze suyunun ısıtıl işleme maruz bırakılmadan taze tüketilmesinin teşvik edilmesi amacıyla ultrasonikasyon işleminin uygulanması tercih edilmiştir. Ultrasonikasyonun çeşitli meyve sularında raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir. Örneğin; 8 dakika boyunca 20 kHz frekansta, 89.25 µm dalga genliğinde ultrasonikasyon uygulanan portakal suyunun 4° C de depolanması ile raf ömrünün 4 gün uzadığı belirlenmiştir (Dubrovic, 2011).

Bu çalışmada; taze sıkılmış havuç suyunun 30°, 40° ve 50° C sıcaklıklarda; % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulandıktan sonra 12 gün süresince buzdolabı sıcaklığında depolanması sırasında mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Havucun Beslenmede Önemi

Havuç ekonomik açıdan önemli bir bahçe ürünüdür. Son yıllarda artan besin değeri nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Önemli bir karotenoid ve A vitamini kaynağı olan turuncu havucun göz sağlığı için faydalı olduğu bilinmektedir. A vitamin öncülerinden α - ve β -karotenin turuncu havuçta baskın olduğu bilinmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). A vitamini ayrıca, hayvansal kaynaklı ve takviye edici gıdalarda mevcuttur. Bunun yanında bitkisel kaynaklı gıdalarda öncelikle provitamin A karotenoidleri olarak bulunmaktadır. En önemli A vitamin öncüsü olan β -karotenin çeşitli sebzelerdeki miktarı Çizelge 2.1’de gösterilmektedir.

Amerikan gıda beslenmesine göre sebzelerden sağlanan toplam A vitamininin 1970 yılında yaklaşık % 18 olduğu; 2004 yılında ise bu oranın % 27’ye yükseldiği bildirilmiştir. 2007 yılında Amerikan diyetinde β -karotenin yaklaşık % 37’sinin havuçlardan sağlandığı aktarılmaktadır (Arscott ve Tanumihardjo, 2010).

2.2 Havucun Dünyadaki Üretimi

Çin, Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri, dünya havuç üretiminin yaklaşık % 50’sini sağlayan ilk 3’te bulunan ülkeler arasında yer almaktadır (Simon, 1990). Dünyada havuç üretiminde 2005 yılında Çin 8.395.500 tonla ilk sırayı alırken, bu ülkeyi 1.730.000 bin tonla Rusya, 1.601.790 tonla ABD, 935.000 tonla Polonya, 706.500 tonla Ukrayna, 677.144 tonla Birleşik Krallık izlemektedir. Türkiye, 380.000 tonla 12’inci sırada yer alırken, Türkiye’yi 378.517 tonla Meksika, 350.000 ton ile Hindistan, 320.000 ton ile Belçika, 308.675 ton ile Endonezya takip etmektedir. Bundan sonra sırasıyla Belarus (306.000 ton), Avusturalya (302.000 ton), ve Fas (300.000 ton) yer almaktadır (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Havuç ekiminin ılıman ve tropik bölgelerde sınırlı; Güney Amerika gibi subtropikal bölgelerde ise daha fazla olduğu bildirilmektedir (Simon, 2000).

Çizelge 2.1. β -karotenin çeşitli sebzelerdeki miktarı (Arscott ve Tanumihardjo, 2010).

Sebze	β -karoten, ppm
Dolmalık biber	2
Brokoli	8
Brüksel lahanası	4
Lahana	0.1
Havuç	88
Kereviz	1.5
Kara lahana	33
Tatlı mısır	0.1
Salatalıklar	1.4
Göbek salata	2
Yaprak marul	13
Soğanlar	0
Patatesler	0.06
Patlıcan Konservesi	70
Taze fasulye	4
Ispanak	56
Kabak	2
Tatlı patatesler	92
Domatesler	4

2.3 Havucun Besin Değeri

Havucun kökü en yaygın olarak tüketilen kısmıdır, ancak yapraklarının kızartılarak Çin ve Japonya'da salatalarda kullanıldığı da bildirilmektedir (Rubatzky vd, 1999). Havuç insan diyetinde önemli bir kalori kaynağı olmamakla birlikte; fitokimyasallar, karotenoidler, antosiyaninler ve diğer fenolik bileşikler içerdiğinden önemli bir besin kaynağı olarak tüketilmektedir. Havuç, bazı araştırmalarda lif kaynağı olarak da gösterilmektedir. Havucun besin içeriğinin, mevsime (Horvitz vd.,

2004), çevre koşullarına (Rosenfeld vd., 1998) ve olgunluğa (Phan ve Hsu, 1973) göre değiştiği bilinmektedir.

Havuç; kalsiyum, fosfor, demir ve magnezyum gibi mineraller açısından iyi bir kaynak olarak bilinmektedir. Havuçta, yirmi çeşit mineralin bulunduğu ve en fazla potasyumun yer aldığı bildirilmektedir. Potasyum miktarının turuncu-sarı-beyaz havuçta 579 mg/100g ve mor havuçta 443-758 mg/100g aralığında olduğu aktarılmaktadır (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Sharma vd., (2012), havuçtaki nem içeriğini % 88.8, protein, yağ ve karbonhidrat miktarları sırasıyla % 0.7, % 0.5 ve % 6 oranında belirlemişlerdir. Ayrıca havucun toplam şeker (% 5.6), lif (% 2.4), kalsiyum (34 mg/100 g), bakır (0.02 mg/100 g), magnezyum (9 mg/100 g), fosfor (25 mg/100 g), sodyum (40 mg/100 g), çinko (0.2 mg/100 g), karoten (5.33 mg/100 g), tiamin (0.04 mg/100 g), riboflavin (0.02 mg/100 g), niasin (0.2 mg/100 g) ve C vitamini mg/100 g) içeriklerini de saptamışlardır. Havucun enerji değerini ise 126 kJ/100 g bildirmişlerdir.

4 havuç çeşidi ile yapılan bir çalışmada; 6.6-7.7 g/100 g düzeyinde karbonhidrat ve 0.8–1.1 g/100 g aralığında protein içerdikleri belirlenmiştir. Karbonhidrat kısmının daha çok sükröz, glukoz ve fruktozdan, az miktarda da nişastadan oluştuğu bildirilmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Havuç köklerinde bulunan ham lif içeriğinin sırasıyla % 71.7'sinin selülozdan, % 13.0'ünün hemiselüloz ve % 15.2'sinin ligninden oluştuğu aktarılmaktadır. 4 havuç çeşidindeki selüloz içeriğinin % 35-48 arasında değiştiği belirlenmiştir. Taze havuçtaki ortalama nitrat ve nitrit miktarı, sırasıyla 40 ve 0.41 mg/100 g ölçülmüştür (Sharma vd., 2012). Ayrıca; süksinik asit, α - ketoglutarik asit, laktik asit ve glikolik asidin az miktarda bulunduğu bildirilmektedir. Kafeik asidin, havuçta bulunan başlıca fenolik asit olduğu bilinmektedir. Tiamin, riboflavin, niasin, folik asit ve C vitamininin, havuçta belirgin miktarda bulunduğu belirtilmektedir. Antosiyanin içeriğinin, pembe çeşitlerde iz miktardan, siyah havuçta 1.750 mg/kg'a kadar değişebildiği aktarılmaktadır. Havuçta bulunan antosiyaninler, siyanidin 3- (2-ksilosilgalaktosid), siyanidin 3-ksilosilglukozil galaktozid ve siyanidin 3-ferulilksiloglukosil galaktozid olarak tanımlanmıştır (Sharma vd., 2012).

Havuç; başta α - ve β -karoten olmak üzere birçok bileşen için önemli katkıda bulunmaktadır (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Havucun birçok sebzeyle kıyasla

önemli miktarda B vitaminleri, tiamin, riboflavin ve niasin içerdiği belirtilmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010).

2.4 Havuç Lifi

Diyet lifi bitkilerin yapısal bileşenleri içinde bulunan sindirilemeyen kompleks karbonhidratlardır. Vücut tarafından absorbe edilemez ve bu nedenle kalori değeri yoktur. Lif bakımından zengin meyve ve sebze yemenin kabızlık önleme, kan şekeri düzenleme, kalp rahatsızlıklarına karşı koruma ve bazı kanser türlerini önleme gibi sağlık açısından faydaları bulunmaktadır. Diyet lifi açısından zengin olan gıdaların koroner kalp hastalıkları gibi bazı hastalıkların önlenmesi, azaltılması ve tedavisi ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Sharma vd., 2012).

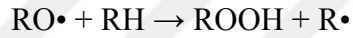
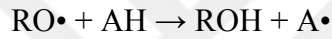
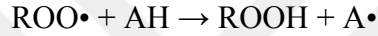
Lifler, suda çözünmez ve çözünür olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Çözünmeyen lifler selüloz, hemi-selüloz ve lignin gibi hücre duvarı bileşenlerinden oluşmaktadır. Çözünebilir lifler; pektin, zamlar ve müsilat gibi selülozik olmayan polisakkaritlerdir. Havuç, diyet lifi bakımından iyi bir kaynaktır ve bu nedenle insan sağlığında önemli rol oynamaktadır. Lineback (1999), havuç hücre duvarının pektin (Galakturonanlar, ramnogalakturonanlar, arabinolar, galaktanlar ve arabinogalaktanlar-1), selüloz (β -4, D glukon), lignin (trans-koniferil alkol, trans-sinapil alkol ve trans p-kumaril alkol) ve hemi-selülozdan (Ksilanlar, glukuronoksilanlar β -D-glukanlar ve ksiloglukanlar) oluştuğunu bildirmektedir (Sharma vd., 2012).

2.5 Antioksidan Bileşikler ve Önemi

Antioksidanlar; gıdalardaki bileşenlerin ve canlı dokulardaki lipid, protein ve DNA gibi biyolojik moleküllerin oksidasyonunu geciktiren veya engelleyen maddelerdir (Javanmardi, 2003; Dereli 2010). Antioksidanlar (AO); diyetin başlıca maddesi olan lipidlerin oksidatif bozulmasını önleme yoluyla gıda kalitesini korumaktadır (Çimen, 1999). Kardiyovasküler hastalık, Kuzey Amerika'da önde gelen ölüm nedenidir. Tütün kullanımı ve fiziksel hareketsizlik gibi davranışsal risk faktörlerine ek olarak, alkol ve yüksek yağlı, tuzlu yiyecek içeren diyetlerin

kardiyovasküler hastalığın gelişiminde önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Epidemiyolojik veriler; meyveler, sebzeler, baklagiller gibi bitki esaslı gıdaların tüketimi ile bu gıdalarda bulunan antioksidan kapasiteli biyoaktif bileşenlerin kardiyovasküler hastalığın insidansının düşmesine katkıda bulunduğu hipotezini ileri sürmektedir. Bu hipotez, kardiyovasküler hastalığın önlenmesinde diyet antioksidan rolünün anlaşılmasına yönelik çok sayıda laboratuvar çalışması başlatmıştır (Wang vd., 2011).

Antioksidan aktiviteye ilişkin ilk detaylı çalışma Boland tarafından yürütülmüştür ve 1947’de serbest radikal sonlandırıcıların aşağıdaki reaksiyonlara göre gerçekleştiği kabul edilmiştir. Fenolik antioksidanlar, lipid radikallerine hidrojen atomunu hızlıca vererek lipid oksidasyonunu engellemektedir.



Bu reaksiyonlar doğada ekzotermiktir. A - H ve R - H bağı ayrışma enerjisi arttıkça aktivasyon enerjisi artmaktadır. Bu nedenle, antioksidan etkinliği A - H bağı gücünün azalması ile artmaktadır. Elde edilen fenoksi radikali yeni bir radikal oluşumunu başlatmayabilir ya da zincir reaksiyonu ile hızlı oksidasyona maruz kalmayabilir. Bu bağlamda, fenol antioksidanlar mükemmel hidrojen ya da elektron vericisidir. Farklı antioksidan bileşiklerinden oluşan vücudun antioksidan savunma sistemi; vücutta üretilen serbest radikaller ve gıdalarla alınan antioksidanlar arasındaki dengeye göre değişmektedir (Karadeniz vd., 2005).

Doğal antioksidanlar oksidatif hasarlara karşı direnci artırmakta ve insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Askorbatlar, tokoferoller ve karotenoidler gibi antioksidanlar iyi bilinmektedir Bitkiler (yağlı tohumlar, tahıllar, sebzeler, meyveler, baharatlar ve çay), hayvansal ürünler (peptitler, amino asitler ve karotenoidler), enzimler (glutasyon peroksidaz, süperoksit dismutaz ve katalaz) ve bazı mikroorganizmalar en önemli doğal antioksidan kaynakları arasında yer almaktadır (Hall, 2001). Meyve ve sebzeler E vitamini, C vitamini ve karatonoid

bileşiklere ilaveten güçlü antioksidan aktiviteye sahip flavon, izoflavon, antosiyanin, kateşin ve izokateşinler gibi fenolik bileşikler de içermektedir. Bu bileşikler tekli ve üçlü oksijen söndürücüler, serbest radikal süpürücü, peroksit ayrıştırıcılar, enzim inhibitörleri ve sinerjistler gibi işlev gören endojen metabolitler olarak bilinmektedir (Zhang ve Hamauzu, 2004).

2.6 Fenolik Bileşikler ve Önemi

Günümüzde insan beslenmesinde meyve ve sebzelerin kullanımı, yüksek beslenme profili ve sağlık yararları nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Meyve ve sebzeler, vücutta gerekli mikro besin maddelerini sağlayan ve birçok hastalık riskinden koruyan, dengeli beslenmenin önemli ve ekonomik kaynaklarıdır. Doğal meyve ve sebze suları vitamin, mineral, organik asit, tuz ve lif kaynağı olarak önemli bir rol oynamaktadır (Zeng vd., 2013). Fenolik bileşikler de meyve ve sebzelerin bileşiminde bulunan yararlı bileşikler arasında yer almaktadır. Bazı meyve ve sebzelerin fenolik madde içerikleri Çizelge 2.2' de gösterilmektedir. Fenolik bileşiklerin, aktif oksijen türünün ve elektrofillerin temizlenmesine, nitrosasyonun engellenmesine ve metal iyonlarının şelatlanmasına, otomatik oksidasyon potansiyeline ve bazı hücrel enzim aktivitelerini modüle etme kabiliyetine sahip olmalarına izin veren antioksidan aktiviteye sahip oldukları bildirilmektedir (Zhang ve Hamauzu, 2004).

Çizelge 2.2. Bazı meyve ve sebzelerin başlıca fenolik madde içerikleri (Öztan, 2006).

Meyve	Fenolik madde
Turunçgiller	Sinamik asit, kumarin, hesperidin, naringin, neohesperidin, eriositrin
Elma	Kafeik asit, p-kumarik asit, kuersetin, klorojenik asit, dihidrokalkonlar, floretin, epikateşin
Armut	p-kumarik asit, kuersetin, lökoantosiyonidin, proantosiyonidin, klorojenik asit, epikateşin
Böğürtlen	Elajik asit, gallik asit, kafeik asit, ferulik asit, p-kumarik asit, siyanidin-3-glikozit
Üzüm	Mirisetin, kuersetin, kamferol, isohamretinin siyanidin, delfinidin, petunudin, malvidin, rutin
Çilek	Elajik asit, siyanidin-3-glikozit, pelargonidin- 3-glikozit, hidroksisinnamik asit, hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, kuersetin, kamferol
Kiraz	Neoklorojenik asit, hidroksisinnamik asit, hidroksibenzoik asit, p-kumarilkuinik asit, klorojenik asit
Erik	hidroksisinnamik asit, neoklorojenik asit, klorojenik asit, rutinozid glikozitleri
Nar	Elajik asit, delfinidin, pelargonidin, siyanidin, hidrolize taninler, punicalagin, kateşin, epikateşin, gallokateşin
Havuç	Hidroksisinnamik asit türevleri, p-hidroksibenzoik asit, şirinjik asit, kafeik asit, isoklorojenik asit, klorojenik asit,
Domates	Kuersetin

Havuçtaki fenoliklerin kök boyunca yer aldığı, ancak periderm dokusunda fazla miktarda bulunduğu aktarılmaktadır. Fenolik bileşikler hidroksisinnamik asitler ve parahidroksibenzoik asitlerden oluşmaktadır (Sharma vd., 2012). Zhang ve Hamauzee (2004) fenolik bileşiklerini, antioksidan özelliklerini ve havuçtaki dağılımını incelemiş ve havucun ağırlıklı olarak hidroksisinnamik asitler ve türevleri içerdiğini belirlemişlerdir. Klorojenik asidin, farklı havuç dokularında saptanan

toplam fenolik bileşiklerin % 42.2-61.8' ini oluşturan önemli bir hidroksisinnamik asit olduğu bildirilmiştir (Sharma vd., 2012). Havuçtaki fenolik bileşiklerin; renk, acılık ve aroma gibi duyuşal özelliklere katkıda bulunduğı bilinmektedir. Bu nedenle, fenolik bileşikler; işleme ve depolama sırasında sebzelerin kalitesini değerlendirmek için iyi bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Laugks vd., 2013).

Farklı dokulardaki fenolik içeriğı, sırayla kabuk> floem> ksilem oranında azalmaktadır (Sharma vd., 2012). Havuç kabuğı, havuç taze ağırlığının sadece % 11'ini oluşturmaya rağmen, toplam fenolik madde miktarın % 54.1' ini sağlamakta, floem dokusu % 39.5 ve ksilem dokusu sadece % 6.4 düzeyinde sağlamaktadır. Bu dokulardaki antioksidan ve radikal yakalama aktivitelerinin, fenolik içerikleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular; havuçta bulunan fenoliklerin, dikafeik asit ve klorojenik asit gibi diğer hidroksisinnamik türevlerin antioksidan özelliklerde önemli bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Oviasogie vd., (2009) havuçtaki toplam fenolik içeriğın $26.6 \pm 1.70 \mu\text{g/g}$ olduğunu bildirmiştir. Mor renkli havuç suyundaki toplam fenolik bileşiğın ise $772 \pm 119 \text{ mg/L}$ olduğu aktarılmıştır (Sharma vd., 2012).

2.7 Karotenoidler ve Önemi

Karotenoidler kırmızı, sarı ve turuncu renkli bileşikler olup bileşimlerinde bulundukları gıdalar bazı kanser türleri ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağladıklarından tüketiciler tarafından tercih edilmektedir (Arscott ve Tanumihardjo, 2010). Karotenoidler, gen ekspresyonunun düzenlenmesi ve trombosit aktivasyonunun inhibisyonu gibi hücre işlevlerinde etkili olmaktadır. Bu biyolojik etkiler A vitamini aktivitesinden bağımsızdır ve serbest radikallerin ve tekli oksijen söndürmenin etkisizleştirilmesi gibi antioksidan özelliğı kapsamaktadır (Sharma vd., 2012).

Genel olarak gıdalardaki karotenoidler, kırmızı veya sarı renk veren ve gıda kalitesine katkıda bulunan karoten ve ksantofil olmak üzere 2 grupta sınıflandırılmaktadır. Karotenoidler insan sağlığı için önemli mikro besinlerdendir. Havuç köklerinin yenilebilir bölümündeki toplam karotenoid içeriğı 6.000-54.800

$\mu\text{g}/100\text{ g}$ arasında değişmektedir. Karotenoidlerin başlıca fizyolojik fonksiyonu A vitamini öncüsüdür. Provitamin A karotenoidlerin başlıca işlevleri epitel hücrelerinin sağlıklı bir şekilde farklılaşmasını sağlamak, üreme ve görme işlevlerini düzenlemektir. Retinol, retinal, retinoik asit ve bunlardan oluşan bileşiklerin tümü retinoidler olarak adlandırılmaktadır. β -karoten ve diğer karotenoidler vücuda girdiğinde retinole dönüşmekte ve oluşan maddeye provitamin A denilmektedir. Yapısında 2 adet β -iyonunun halkasına sahip β -karoten en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. β -karoten vücutta retinole dönüşümü gıdaya göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin; ıspanak β -karoteninin retinole dönüşüm oranının ortalama 21:1; havuç β -karoteninin retinole dönüşüm oranının ise 15:1 olduğu aktarılmaktadır (Karadeniz ve Erge, 2011).

Son on yılda β -karoten gibi karotenoidler, bazı kanser türlerine karşı muhtemel koruyucu etkileri nedeniyle önemli ilgi görmektedir. Karotenoidler, ayrıca Alzheimer hastalığının potansiyel bir inhibitörü olarak tanımlanmaktadır. Başta β -karoten olmak üzere yüksek konsantrasyonda ki karotenoidlerin varlığı, havuçların biyolojik ve tıbbi özelliklerini açıklayabilmektedir. Havuçların diüretik, azot dengeleyici özelliklere sahip olduğu ve ürik asidin eliminasyonunda etkili olduğu bildirilmektedir. Biyolojik sistemlerde, β -karoten serbest radikaller ile tekli oksijen radikallerini yakalama kapasitesine sahip olmakla birlikte antimitojenik, kemopreventif, fotoprotektif ve bağışıklık artırıcı özellikleri de taşımaktadır. Havuçta bulunan yüksek konsantrasyondaki karotenoid madde miktarının, özellikle de β -karoten varlığının, kanser riskini, serbest radikalleri ve bağışıklığı engelleyen maddeleri inhibe ettiği bildirilmektedir (Sharma vd., 2012).

Biesalski (1995)'e göre; sağlıklı yetişkinlerin, yani herhangi bir oksidatif strese maruz kalmayan kişilerin günlük 2-4 mg β -karoten tüketmeleri gerektiği bildirilmektedir. Tüketiciler diyetle sağlık sorunları arasındaki ilişkinin farkında olmasına rağmen, yüksek oranda meyve ve sebze tüketiminin sınırlı olduğu belirtilmektedir (Marx vd., 2000). Havuç, popüler sebzeler arasında kişi başı tüketimde altıncı sırada yer almaktadır. Minimum miktarda işlenmiş sebzelerin artan kullanımı ile giderek tüketilmektedir. Havuç, provitamin A'nın başlıca kaynağıdır ve bu da toplam A vitamini tüketiminin % 17'sini sağlamaktadır (Zhang ve Hamauzu, 2004).

2.8 Ultrasonikasyon

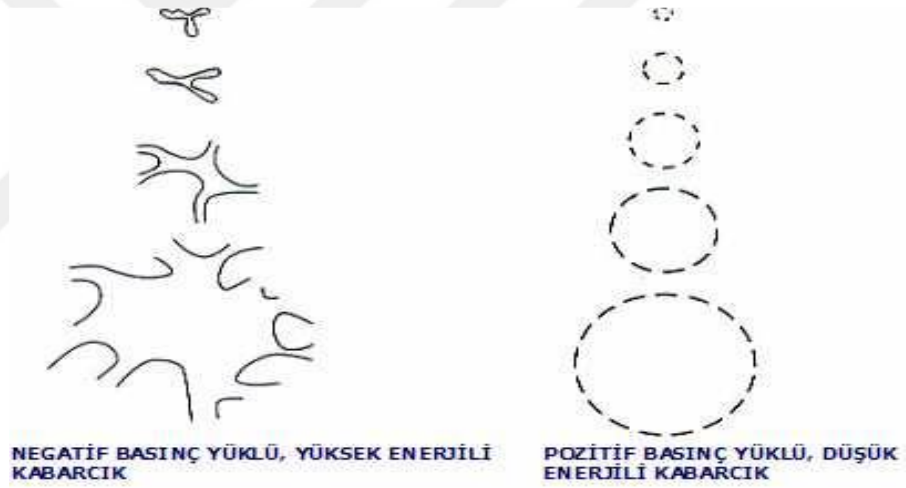
Gıda teknolojisinde işleme, muhafaza ve ekstraksiyon için ultrasonikasyon kullanımı, son yıllarda giderek dikkat çeken ve uygulanan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Ultrasonikasyon; verimlilik ve seçicilik açısından daha kısa işlem süresi, düşük kimyasal ve fiziksel tehlikelerle birlikte kaliteli ürün üretimi sunmakta ve çevre dostu olarak ortaya çıkmaktadır (Huma vd., 2011).

Ultrasonikasyon, geleneksel ısıl işlemlerden kaynaklı olumsuzluklara neden olmaksızın meyve sularının muhafazasını sağlayan, ısıtmanın uygulanmadığı bir yöntemdir (Martin, 2016). Birçok gıda; kurutma, pişirme gibi yöntemlerle kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik değişikliklere maruz kalmaktadır. Bilinen geleneksel gıda işleme yöntemleri kullanıldığında bazı bileşik kayıpları, düşük üretim verimi, zaman ve enerji kayıpları oluşabilmektedir. Gıdaların, işlenmesi, pastörizasyonu ve ekstraksiyonunda, besin kayıplarının, düşük verimin giderilmesi ile zaman ve enerji tasarrufunun sağlanması amacıyla son yıllarda ultrasonikasyon uygulaması, süper kritik sıvı ekstraksiyonu, ekstrüzyon, mikrodalga, elektromanyetik alanı, yüksek basınç ve benzeri yöntemlerin sürdürülebilir " yenilikçi" teknikler olarak gündeme gelmektedir (Huma vd., 2011). Bu yöntemler; geleneksel işleme, muhafaza ve ekstraksiyon işlemlerine kıyasla, üretim verimliliğini artırmakta, su ve solventlerin kullanımını azaltmakta, atık sularını, fosil enerjisini ve tehlikeli madde üretimini azaltmakta ve dolayısıyla çevre korumasına katkıda bulunmaktadır (Huma vd., 2011).

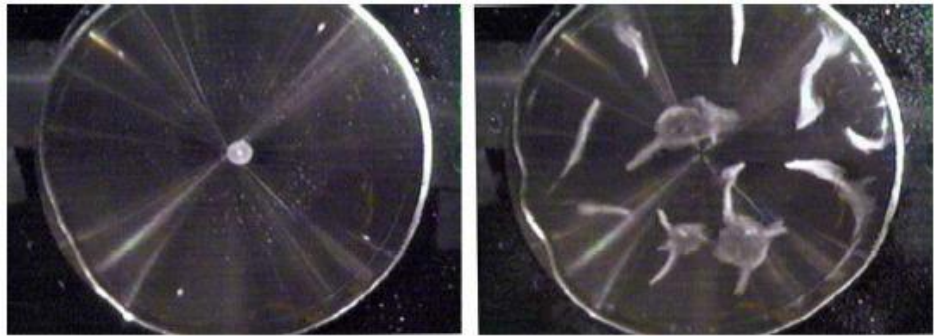
Ultrasonikasyon, insan kulağının işitme sınırını aşan ~ 20 kHz frekanslı ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Ultrasonikasyon, kaliteyi en üst düzeye çıkarmak ve gıda ürünlerinin güvenilirliğini sağlamak için geliştirilen teknolojilerden biridir. Ultrason; gıdaların muhafazasında ve işlenmesinde pozitif etkiler sağlamaktadır (Eissa vd., 2013). Ultrasonikasyon ekipmanı, 20 kHz'den 10 MHz'e kadar frekansları kullanmaktadır. "Güç ultrasonikasyonu" olarak adlandırılan 20-100 kHz frekansların, $10-1000 \text{ W/cm}^2$ 'lik ses şiddetiyle kavitasyonlara yani oluşan kabarcıkların patlamasına neden olduğu bildirilmektedir. Güç ultrasonikasyonu (20 kHz ve 100 kHz); fiziksel, mekanik ya da kimyasal etkiler ile fiziksel basınç ve kesilme yoluyla

fiziki bütünlüğün bozulması, bazı kimyasal reaksiyonların hızlanması gibi malzeme özelliklerini değiştirme yeteneğine sahiptir (Rastogi, 2011).

Ultrasonikasyonun prensibi, bir probun periyodik mekanik hareketleri tarafından üretilen yüksek yoğunluklu ultrases dalgasının, ultrasonik enerjiyi bir sıvı ortam içine aktarıp yüksek basınç oluşumunu tetikleyerek kabarcık oluşmasına yol açması şeklinde açıklanmaktadır. Kavitasyon kabarcığının oluşum mekanizması Şekil 2.1’ de gösterilmiştir. Bu kabarcıklar giderek genişlemekte ve prob ucunda yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve kesme kuvveti ile şiddetle patlamaktadır. Bu olay kavitasyon olarak bilinmektedir. Patlama esnasında, bu kabarcıkların içinde çok yüksek sıcaklıklar (yaklaşık 5500 K) ve basınçlara (yaklaşık 50 MPa) ulaşılmaktadır ve dolayısıyla baloncukların patlaması etrafında çeşitli reaksiyonlara neden olmaktadır (Martin, 2016). Kavitasyon oluşumları Şekil 2.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kavitasyon kabarcığının oluşum mekanizması (Erte, 2007).



Şekil 2.2. Kavitasyon şekilleri (Duran vd., 2006).

Akustik, optik, parçacık ve hidrodinamik olmak üzere dört tür kavitasyon çeşidi bulunmaktadır. İşlenmiş materyalde kimyasal veya fiziksel değişimler meydana getirdiği için sadece akustik ve hidrodinamik kavitasyonun etkili olduğu bulunmuştur (Martin, 2016). Basınç ve sıcaklıkta çok hızlı lokal değişiklikler, mikroorganizmaların hücre membranlarının incelmesine, bölgesel ısıtmaya ve serbest radikal oluştumuna neden olmaktadır. Ultrasonikasyon; materyallerin karıştırılmasında, köpük oluştumunda veya tahribatında, kurutma ve ekstraksiyon tekniklerinin iyileştirilmesi gibi bir işlem yardımcısı olarak kullanılmaktadır (Rastogi, 2011).

Ultrasonikasyon genellikle basınç uygulaması (manosonikasyon), ısıl işlem (termosonikasyon) veya her ikisi (manotermosonikasyon) ile birlikte kullanılmaktadır. Ultrasonun etkisi esas olarak fiziksel (kavitasyon, mekanik etkiler, mikro-mekanik şoklar) ve/veya salınım yapan kabarcıkların içindeki suyun ayrışmasıyla oluştan serbest radikallerin (H^+ ve OH^-) oluştumuna bağlı kimyasal yönde gerçekleşmektedir (Martin, 2016).

Ultrasonikasyon; mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu, kristalizasyon, kurutma, ekstraksiyon, filtrasyon, homojenleştirme, et yumuştatma ve oksidasyon gibi gıda endüstrisinde birçok alanda kullanılmaktadır (Rastogi, 2011). Ultrasonikasyon uygulanan meyve suları antioksidan kapasitesi ve antioksidan bileşik içeriği üzerindeki etkilerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, raf ömrü boyunca meyve sularının besleyici kalitesinin korunmasında bu teknolojilerin faydaları tartışılmaktadır (Hancock ve Stewart, 2009). Ultrason, meyve suyunda bulunan ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi meyve suyuyla ilgili gıda kaynaklı mikroorganizmaların inaktive edilmesi için yeterli olan 5 log koloni oluştum biriminin (CFU) azaltılması için FDA gerekliliğini karşılayan potansiyel bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Gao ve Rupansingle, 2012).

Gıda endüstrisinde manosonikasyon ve manotermosonikasyonun, reel ve sıvı yumurta sterilizasyonunda ve genel olarak sıvı yiyeceklerin raf ömrünün uzatılmasında etkili olduğu ileri sürülmektedir. Ultrasonikasyonun, ię sebze ve sıvı yumurta dekontaminasyonu için etkili olduğu bildirilmektedir. Ultrasonikasyon ayrıca et dokusunun yumuştatılması ve çeşitli bitkisel ve alg maddelerinden değerli

bileşiklerin geri kazanımı için de başarıyla kullanılmaktadır. Ultrasonikasyonun, emülsifikasyon ve homojenleştirme sistemlerinde ve bazı ekipmanların temizlenmesinde yaygın şekilde uygulandığı belirtilmektedir (Barba vd., 2015). Ultrasonun bazı gıdalardaki potansiyel uygulamaları Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Ultrasonun gıdalardaki potansiyel uygulamaları (Brennan, 2006).

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akışını artırır, üniform çekirdeklenme sağlar.
Gaz giderme	Fermantasyon sonrası CO ₂ gazının uzaklaştırılması.
Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasında oluşan köpüğün giderilmesi
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin artırılması
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kurumanın sağlanması.
Emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır. Aynı zamanda emülsiyon kırmada da kullanılabilir.
Alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olması
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriller proteinlere etki eder.
Nemlendirme ve fogging(sisleme)	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gaz alma işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanları kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemlerde, özellikle mevcut yöntemlerle temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır.
Kesme	Çok yumuşak / sert / kırılğan özellikteki zor ürünlerin kesilmesinde daha hijyenik, daha az kayıplı ve daha hızlı olan ticari uygulamalar.

Çizelge 2-3. Devamı.

UYGULAMA	ETKİ
Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çökeltilmesi	Duvar tipi sistemlerde havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozlarının giderilmesi
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrasonikasyon uygulamasıyla inaktive edilebilir. Fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktaz ve amilazlar ultrasonikasyon uygulamasına çok dirençlidir.
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrasonikasyon uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini artırır. Örneğin yoğurt üretiminde <i>Lactobacillus</i> etkinliği % 40 artırılmıştır. Ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da etkinliği gösterilmiştir.
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen sürenin kısaltılması.
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir.
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla birlikte uygulanan ultrasonikasyon işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir. Bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısalmış ve/veya sıcaklığı azalır.

2.9 Ultrasonikasyonun Meyve Sularına Etkisi

Meyve suyu rengi, çoğunlukla polifenoller (örn. antosiyaninler), karotenoidler ve klorofiller de dahil olmak üzere çeşitli renk bileşiklerinin varlığına bağlı olmaktadır. Sıvı yiyeceklerin ultrasonikasyonla işlenmesi sırasında ve sonrasında depolamada rengin minimum düzeyde kayba uğradığı bilinmektedir. Rengin korunmasındaki bu olumlu etki başlıca, oksijenin meyve sularından etkin bir şekilde uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır (Barba vd., 2015).

Bununla birlikte, bazı çalışmalar ultrasonikasyon uygulanan sıvı gıdalarda renkten sorumlu biyoaktif bileşiklerin bozunumunu göstermektedir. Örneğin, ultrasonikasyon ile ekstraksiyon sırasında güç seviyesi ve işlem süresine bağlı olarak (all-E)-astaksantin renksiz bileşiklere indirgendiği bildirilmektedir (Barba vd., 2015).

2.10 Ultrasonikasyonun Meyve Sularında Kullanımı

Isıl işlem, diğer gıda muhafaza yöntemlerine kıyasla, enzimler ve mikroorganizmalara karşı inhibe edicinin etkisinin yüksek olmasından dolayı gıda güvenliğini sağlama ve muhafazada tercih edilen bir yöntemdir. Bununla birlikte, ısıtma gıdaların besleyici ve duyu kalitesinde azalmaya neden olabilmekte ve fonksiyonel özelliklerini zayıflatabilmektedir (Dubrovic vd., 2011). Isıl işlemin arzu edilmeyen bu etkilerinden dolayı, gıda muhafazası için alternatif yöntemlere girişim yapılmaktadır.

Ultrasonikasyon, FDA'nın meyve suları için mikroorganizma sayısında 5 log azalma gerekliliğini karşılayacak bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Sonikasyon teknolojisi, işleme süresinin kısaltılması, daha yüksek verimlilik ve daha düşük enerji tüketimi ile prosesi iyileştirebilmektedir. Ultrasonikasyon, geleneksel ısı işlemlerin neden olduğu olumsuz etkilere neden olmaksızın gıdalarda mikroorganizmaları inaktive etme avantajına sahip, termal olmayan bir gıda muhafaza yöntemi olmaktadır. Nitekim, ultrasonikasyonun meyve sularındaki uygulamalarına ilişkin birçok çalışmanın bulunduğu bilinmektedir. Örneğin; 8 dakika boyunca 20 kHz frekansta, 89.25 µm dalga genliğinde ultrasonikasyon uygulanan portakal suyunun 4°C' de depolanması ile raf ömrünün 4 gün uzadığı belirlenmiştir. Ayrıca, sonikasyonun portakal suyu rengini etkilediği ve askorbik asit içeriğini azalttığı saptanmıştır. Portakal suyunda 2-10 dakikada 20 kHz frekansta, darbe süreleri 5 s açık ve 5 s kapalı, % 40-100 genlik seviyesinin ve sonikasyon süresinin meyve suyu kalitesi parametrelerine etkisi araştırılmıştır. pH, °Brix ve titrasyon asitliği açısından anlamlı bir fark olmadığı ve renk bozulması, bulanıklık değeri ve kahverengileşme indeksinde bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Portakal suyunda 8.61-22.79 W/cm² güç aralığında ultrasonikasyon uygulanarak, bulanıklık değerindeki

değişiklikler birinci derece reaksiyon kinetiğine, kahverengileştirme indeksi, L^* , a^* ve b^* değerleri sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine uygunluk göstermektedir. 60 °C' de 15 dakika boyunca 61.1 µm genlikte ultrasonikasyon uygulanan nar suyunda, içine aşılarmış *Escherichia coli'* nin azaldığı bildirilmiştir. 15 °C' de 20 kHz frekansta ve % 70 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda, toplam karotenoid, likopen ve luteinin arttığı belirtilmiştir (Dubrovic vd., 2011). 10 dakika boyunca 60 ° C'de ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, canlı bakteri, maya veya küf hücresi tespit edilmemiştir (Jabbar, 2014). Çilek suyuna 20 kHz, genlik düzeyi % 40-100, 2-10 dakika uygulanan ultrasonikasyonun, antosiyanin ve askorbik asit içeriğini sırasıyla % 3.2 ve % 11 oranında azalttığı bulunmuştur (Tiwari vd., 2009b). Böğürtlen suyunda, 20 kHz frekansta, 37.5-61.0 µm genlik değerinde, 0-10 dk. ultrasonikasyon uygulandıktan sonra, pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerinde belirgin olmayan değişiklikler görülmüştür. Buna karşın renk ve antosiyaninlerde önemli değişiklikler elde edilmiştir (Tiwari vd., 2009c). Ultrasonikasyonun (US) bazı sıvı gıda ürünlerinin mikrobiyal kontaminasyonu üzerindeki etkisi Çizelge 2.4' de gösterilmektedir (Barba vd., 2015).

Çizelge 2.4. Ultrasonikasyonun (US) bazı sıvı gıda ürünlerinin mikrobiyal kontaminasyonu üzerindeki etkisi (Barba vd, 2015).

Ürün	Ultrasonikasyon cihazı	Çalışma koşulları	İncelenen mikro organizma	Mikrobiyal indirgeme
Doğal sıkılmış ticari elma suyu	Vibra-Cell, 600 W, Sonics ve Malzemeler A.Ş.	20 kHz / % 80 genlikte / 30 ° C / 30 dak	Saccharomyces cerevisiae	2.5 log
Elma suyu	Ultrasonik temizleyici SB-500 DTY, Ningbo Scientz Biyoteknoloji	25 kHz / 70 µm genlikte / 20 ° C / 60 dak	Toplam plaka sayısı mayalar ve küfler	1.2 log 1.3 log
Elma şarabı	Ultrasonik işlemci, 750 W, Sonics and Materials, Inc.	20 kHz / 20 ° C / 20 dakika 457 mW / ml	Listeria monocytogenes	1.6 log
Elma suyu Kırmızı meyve suyu Çilek suyu portakal suyu	Vibra-Cell, VC 130, Sonics ve Malzemeler. Inc.	20 kHz / % 60 genlikte / 20 °C 6 dak.	Saccharomyces cerevisiae Pichia membranifaciens Wickerhamomyces Anomalous Zigosakaromiks bailii Zygosaccharomyces rouxii Candida norvegica	2.0-2.5 log
Domates suyu	Vibra-Cell, VC 1500, Sonics ve Malzemeler A.Ş	20 kHz / genlik 61 µm 40 °C / 10 dak	Pichia fermentanlar	7.0 log

Çizelge 2.4. Devamı.

ÜRÜN	Ultrasonikasyon cihazı	Çalışma koşulları	İncelenen mikro organizma	Mikrobiyal indirgeme
Havuç suyu	Vibra-Cell, VC 750, Sonics ve Malzemeler A.Ş	20 kHz / % 70 genlik /15 °C 5 dak.	Toplam plaka sayısı Mayalar ve kalıplar	1.5 log 1.8 log
Portakal suyu	Vibra-Cell, VCX 600, Sonics ve Malzemeler A.Ş	20 kHz / % 80 genlikte 40 ° C 20 dak.	Saccharomyces cerevisiae	1 log
Kalsiyum eklenmiş portakal suyu	Ultrasonik ünite Cole-Parmer 2001-2002, Cole-Parmer	20 kHz / % 75 genlik /10 ° C 10 dak	Mezofilik aerobik popülasyon mayaları	1.0 log
Süt	Ultrasonik işlemci S-4000, Misonix Sonicators	20 kHz / 60 µm genlik 20 °C / 6 dak	Stafilokok aureus	0.1 log 1.5 log
	Ultrasonik işlemci S-4000, Misonix Sonicators	20 kHz / 60 µm genlik / 20 ° C / 12 dak. 20 kHz / 120 µm genlik / 20 °C / 12 dak	Escherichia coli Escherichia coli Stafilokok aureus Enterobakterie	2.2 log 0.8 log 3.5 log
Sıvı yumurta	Sonicator Virsonic Digital 475, Virtis	20 kHz / 40 W / 55 ° C / 5 dak	Salmonella enteritidis	1.0 log

Ultrasonikasyon işleminin bazı sıvı gıdaların fiziko kimyasal özellikleri üzerine etkisiyle ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Örneğin, portakal suyuna 23-500 kHz frekansta, 120-600 W, 0-180 dakika ultrasonikasyon işlemi uygulandığında, limonin içeriğinde önemli olmayan değişikliklere neden olurken, renginde kahverengileşme oluşmaktadır. Yine portakal suyuna 20 kHz frekansta, 24.4-61 µm dalga genliğinde, 25-39.9 °C sıcaklıkta, 0-10 dakika, 0.30-0.81 W/mL ultrasonikasyon uygulandıktan sonra kırmızılık ve sarılıkta belirgin azalma ile renk kaybı gözlenmiştir. Guava suyuna 35 kHz frekansta, 20 °C sıcaklıkta, 30 dakika ultrasonikasyon uygulamasında, aydınlatma değeri azalırken ultrasonikasyon uygulanmamış meyve suyu ile karşılaştırıldığında kırmızılık ve sarılık artışına neden olmaktadır Soya bazlı içeceklerde ise 30 kHz frekansta, 20-100 W, 2-15 dakika ultrasonikasyon gücüne bakılmaksızın, pH değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir (Barba vd., 2015). Çilek suyuna 20 kHz frekansta, 24.4-61 µm dalga boyunda, 25-39.9 °C sıcaklıkta, 0-10 dakika, 0.30-0.81 W/mL güç aralığında ultrasonikasyon uygulandıktan sonra, kırmızılık ve sarılık azalırken, renk kaybı, esmerleşme ve bulanıklıkta belirgin bir artış görülmüştür (Tiwari vd., 2009b). Böğürtlen suyuna 20 kHz frekansta, 24.4-61 µm dalga boyunda, 25-45 °C sıcaklıkta, 0-10 dakika, 0.30-0.81 W/mL ultrasonikasyon uygulandıktan sonra, genlik düzeyi arttıkça rengindeki kaybın azaldığı belirlenmiştir (Tiwari vd., 2009c). Karpuz suyuna 20 kHz frekansta, 24.4-61 µm dalga boyunda, 25-45 °C sıcaklıkta, 0-10 dakika, 0.30-0.81 W/mL ultrasonikasyon uygulandıktan sonra aydınlatma değerinin yüksek genlik seviyeleri ve uzun uygulama süreleri ile arttığı bulunmuştur (Rawson, 2011). Ultrasonikasyon (US) işleminin bazı sıvı gıdaların biyoaktif bileşiklerine etkisiyle ilgili birçok çalışma olduğu bilinmektedir (Çizelge 2.5) (Barba vd., 2015).

Çizelge 2.5. Ultrasonikasyon uygulanan bazı sıvı gıdaların biyoaktif bileşiklerine etkisi (Barba, 2015).

Ürün	Ultrason Uygulamaları	Önemli Bulgular
Çilek suyu	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-39.9 ° C / 0-10 dak/0.30-0.81 W/mL	Askorbik asit degradasyonunun maksimum % 11 olduğu belirtilmektedir. Düşük genlik seviyeleri ve uygulama sürelerine bağlı olarak antosiyanin ve pelargonidin-3-glukozit içeriğinin % 1-2 arttığı, genlik ve uygulama süresi maksimum olduğunda antosiyanin içeriğinin % 3.2 azaldığı aktarılmaktadır.
	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-39.9 ° C / 0-10 dakika / 0.30-0.81 W/mL	Askorbik asitin daha iyi korunduğu görülmektedir.
Portakal suyu	20 kHz/24.4-61 μm /20-40 ° C 0-10 dakika /0.30-0.81 W/mL	AA, son US muamele koşullarından sonra % 2'den daha düşük kayıplarla sonike numuneler için birinci dereceden bozunma kinetiğini izlediği görülmektedir.
	20 kHz / 24.4-61 μm / 5-30 ° C / 0-10 dak / 0.30-0.81 W / mL	Ultrason işleminin ardından AA'da bozulma, birinci derece kinetik izlediği görülmektedir.
Karpuz suyu	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-45 ° C / 0-10 dakika / 0.30-0.81 W/mL	Genlik ve uygulama zamanı arttıkça AA bozunumunda % 26' ya kadar artmakta, 20 kHz'de, 61 μm , 45 ° C, 10 dakika sonra ultrasonikasyondan sonra toplam fenolik bileşiklerde % 58 ve likopenin % 54 oranında düşüş olduğu görülmektedir. En yüksek uygulama koşulları kullanıldığında % 32 'ye varan AA kayıpları olduğu belirtilmiştir.
Domates suyu	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-45 ° C / 0-10 dakika / 0.30-0.81 W / mL	
Guava suyu	35 kHz / 20 ° C / 30 dak	Ultrasonikasyon uygulandıktan sonra kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında AA'da (% 8) oranında artma görülmektedir.
Elma suyu	25 kHz / % 70/20 ° C/0-60 dak	Meyve suyu numunelerinin toplam karotenoidinde belirgin bir artış olduğu belirtilmiştir.
Chokanan mango suyu	40 kHz / 130 W / 15-60 dak /25 ° C	Ultrason uygulanmış örnekler (15 ve 30 dakika) için karotenoidlerin (% 4-9) ve TPC'nin (% 30-35) arttığı görülmektedir.
Üzüm suyu	28 kHz / 20 ° C / 30-90 dak.	Ultrasonikasyon uygulandıktan sonra AA, TPC, flavonoidler ve flavonollerde artma belirtilmektedir.
Kaktüs armut suyu	20 kHz / % 40-80 / 0-25 dak	ultrasonda % 80 genişlik ve 8-15 dakika sonra AA kayıpları. Toplam fenolik bileşiklerin belirgin artışı görülmektedir.
Böğürtlen suyu	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-45 ° C / 0-10 dak/ 0.30-0.81 W / mL	Daha yüksek ultrason koşullarında toplam aantosiyenin içeriğinde az miktarda azalma (% 6) (% 100 genlik, 10 dakika) belirlenmiştir.
Meyve püresi	20 kHz / 24.4-61 μm / 25-45 ° C / 0-10 dakika / 0.30-0.81 W / mL	Toplam fenoliklerde ve antioksidan kapasitesinde en yüksek genlik düzeyinde azalma görülmektedir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, hammadde olarak Ankara-Beypazarı ve Hatay-İskenderun yöresinden temin edilen havuçların suyu sıkıldıktan sonra ultrasonikasyon işlemine tabi tutulmuş ve aseptik ortamda plastik poşetler ile ambalajlanarak buzdolabı sıcaklığında 12 gün süreyle depolanmıştır.

3.2 Deney Tasarımının Oluşturulması

Bu araştırmada; havuç suyunun ultrasonikasyonu, ultrasonik homojenizatör (Bandelin–GM 3200, Berlin, Germany) kullanılarak 10 dakika süreyle yürütülmüştür. Sıcaklık (30 °C, 40 °C, 50 °C) ve dalga genliği (% 50, % 100); ultrasonikasyon parametreleri olarak seçilmiştir. Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu +4 °C sıcaklıkta buzdolabında 12 gün süresince depolanmış ve bu süre içerisinde aşağıdaki analizler 2 paralelli olarak yürütülmüştür.

3.3 Yöntem

3.3.1 Suda çözünür kuru madde (°Bx) tayini

Örneklerin °Bx değerleri, el tipi dijital (Atago, PAL-3, Tokyo, Japan) refraktometre kullanılarak 20 °C’de ölçülmüştür (Anonymous, 1991).

3.3.2 pH değeri tayini

Örneklerin pH değerleri, pH-metre (Schott Instruments Lab870, Belgium) ile 20 °C’de ölçülmüştür.

3.3.3 Görsel renk değerleri tayini

Örneklerin renk değerleri (L^* , a^* , b^* , C^* ve h), CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemine göre Minolta CR-400 (Osaka, Japan) reflektans kolorimetresi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümden önce cihaz, beyaz plakaya karşı kalibre edilmiştir. L^* : aydınlık, a^* : + ise kırmızı, - ise yeşil, b^* : + ise sarı, - ise mavi koordinatlarını göstermektedir. C^* (chroma) renk yoğunluğunu, h (hue) ise renk tonunu ifade etmektedir (Ekşi ve Özhamamcı, 2009; Belitz ve Grosch, 1995).

3.3.4 Toplam karotenoid ve β -Karoten ekstraksiyonu

β -karoten ekstraksiyonu için Martinez-Flores vd, (2015)’in önerdiği yöntem uygulanmıştır. Bu amaçla; 2 mL örnek üzerine 10 mL kloroform:metanol (2:1) karışımı eklenmiş ve ultraturrax ile 5 dakika 11000 devirde karıştırılmıştır. Ayırma hunisine alınan karışımda, alttaki turuncu faz ayrılmış ve üstteki faz 5 mL kloroform:metanol (2:1) ile tekrar 3 dakika homojenize edilmiştir. Yukarıdaki işlemlerin tekrarı yapılmış ve alt taraftaki faz ayrılmıştır. Toplanan fazlar vakumlu süzme düzeneğinde Whatman no 42 filtre kağıdı ile süzölmüştür. Süzüntü balon jojeye (50 mL’lik) aktarıldıktan sonra kloroform:metanol (2:1) ile tamamlanıp kahverengi şişelerde - 40 °C’de depolanmıştır.

3.3.5 Toplam karotenoid madde tayini

Örneklerdeki toplam karotenoid madde analizi Martinez-Flores vd., (2015)’e göre yapılmıştır. Hazırlanan toplam karotenoid ekstraksiyonu oda sıcaklığında (21° C)

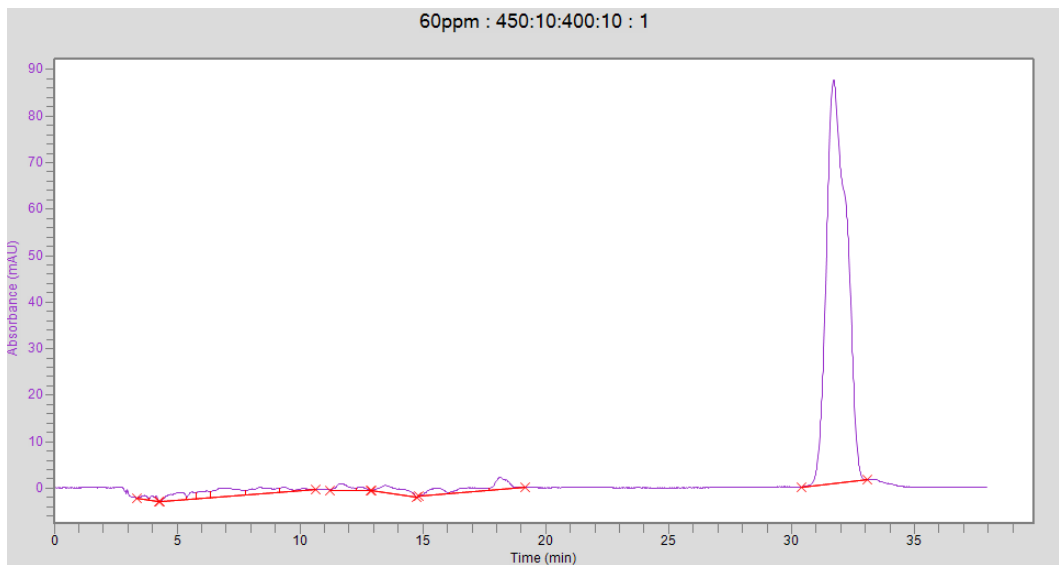
spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) 450 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur.

3.3.6 HPLC ile β -karoten tayini

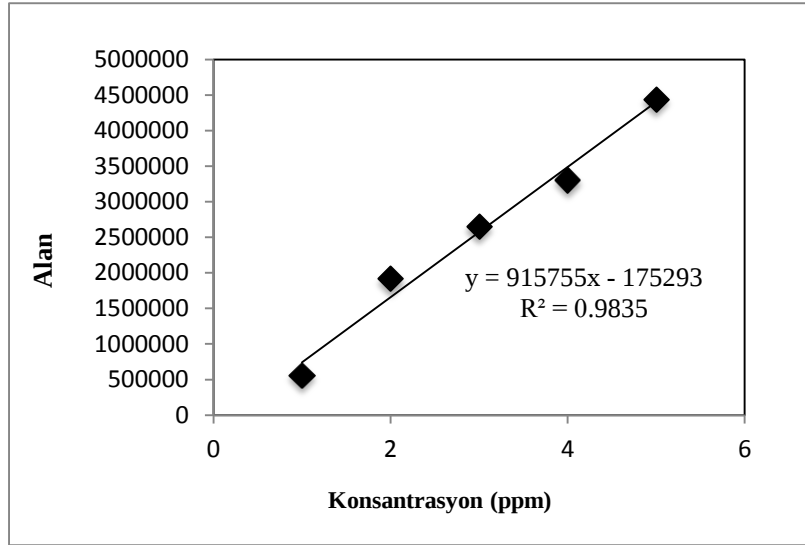
Örneklerdeki β -karoten analizi HPLC ile izokratik sistemde Martinez-Flores vd., (2015)'e göre yapılmıştır. β karoten, kolon fırın sıcaklığı 25 °C'de Perkin Elmer C 18 kolon (5 μ m, 250 x 4.6 mm i.d.) ile izokratik sistemde, PDA (fotodiyot dizileri dedektörü) kullanılarak 450 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Bu yöntemde mobil faz olarak asetonitril:metanol:aseton (40:40:20), 1 mL/dak akış hızında kullanılmıştır. Örnek enjeksiyon hacmi 20 μ L'dir.

3.3.7 β -karoten piklerinin tanımlanması ve hesaplanması

Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda bulunan β -karoten, elde edilen kromatogramdaki pikin geliş süresi ile β -karoten standardına ait pikin geliş süresinin karşılaştırılması ile tanımlanmıştır (Şekil 3.1). Uygulanan HPLC koşulunda β -karoten standardının gelme süresi 32 dakika olarak belirlenmiştir. Örneklerdeki β -karoten miktarları β -karoten standart kurvesine göre hesaplanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. β -karoten standardına ait kromatogram



Şekil 3.2. β karoten standart kurvesi

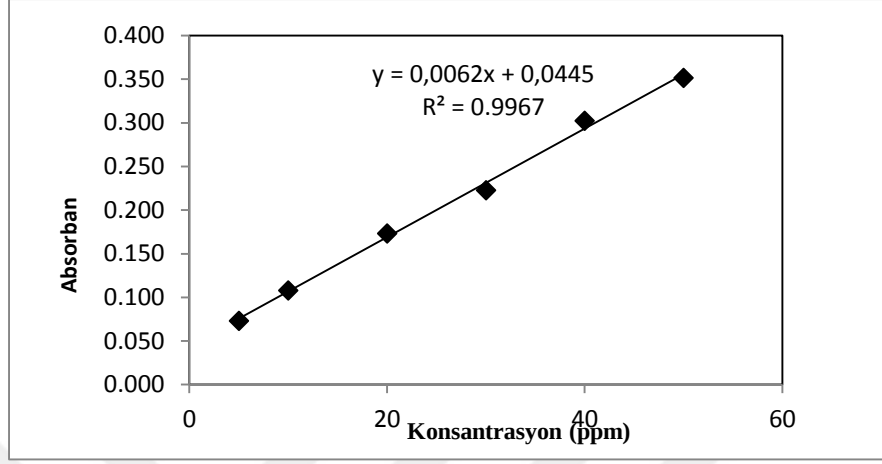
3.3.8 Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite tayinleri için ekstraksiyon yöntemi

Örneklerin ekstraksiyonu Martinez-Flores vd. (2015) tarafından uygulanan yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 1 mL örnek üzerine 10 mL metanol eklenmiştir. 24 saat yaklaşık 80 devir/dk'da su banyosunda (20 °C) çalkalanmıştır. Daha sonra 4000 rpm'de 10 dakika santrifüj yapılmış ve üst faz 10 mL'lik balon jöjeye alınmıştır. Metanol ile 10 mL'ye tamamlanan örnekler -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.3.9 Toplam fenolik madde tayini

Örneklerde toplam fenolik madde miktarı, Singleton ve Rossi (1965) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Folin-Ciocalteu yönteminin ilkesi; fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisini indirgemesine dayanmaktadır. Bu amaçla, 500 μ L seyreltilen havuç suyu ekstraktı, 7 mL saf su ve 500 μ L Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılıp 3 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda üzerine 2 mL doymuş sodyum karbonat (% 20) ilave edildikten sonra 25°C' de 1 saat inkübatörde bekletilmiştir. Reaksiyon sonunda indirgenen Folin-Ciocalteu çözeltisinin oluşturduğu mavi renk, spektrofotometre cihazında (UV 1800,

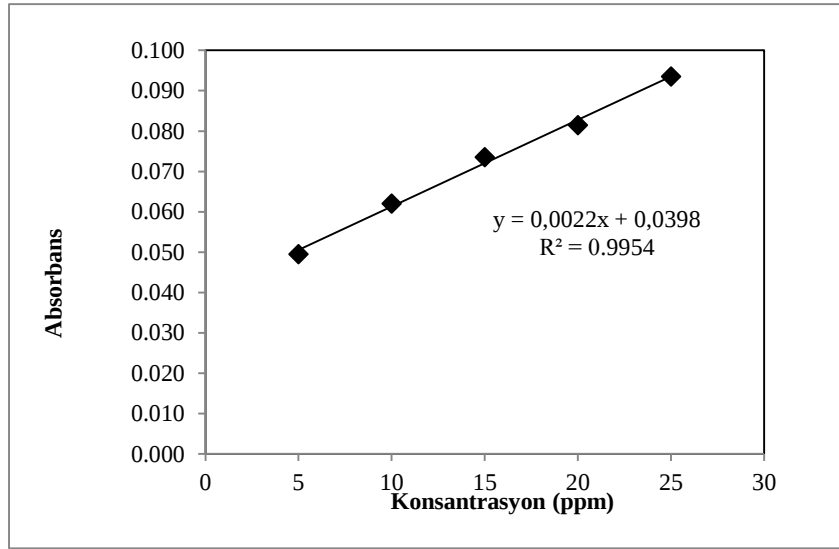
Shimadzu, Japan) 720 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı, gallik asit standart kurvesine göre (Şekil 3.3) belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Gallik asit standart eğrisi

3.3.10 Toplam flavonoid madde tayini

Örneklerin toplam flavonoid madde analizinde Karadeniz vd. (2005) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Buna göre; 1 mL havuç suyu ekstraktı balon jojeye alınıp üzerine 5 mL distile su ve 0.3 mL NaNO₂ (% 5) eklenip karıştırılmıştır. 5 dk sonra 0.6 mL AlCl₃.6H₂O (% 10), tekrar 5 dk beklendikten sonra 2 mL NaOH (1 M) eklenerek ve su ile balon joje (10 mL) çizgisine kadar tamamlanmıştır. Karıştırıldıktan sonra spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) 510 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur. Örneklerin toplam flavonoid madde miktarı, (+)kateşin standart kurvesine göre (Şekil 3.4) belirlenmiştir.

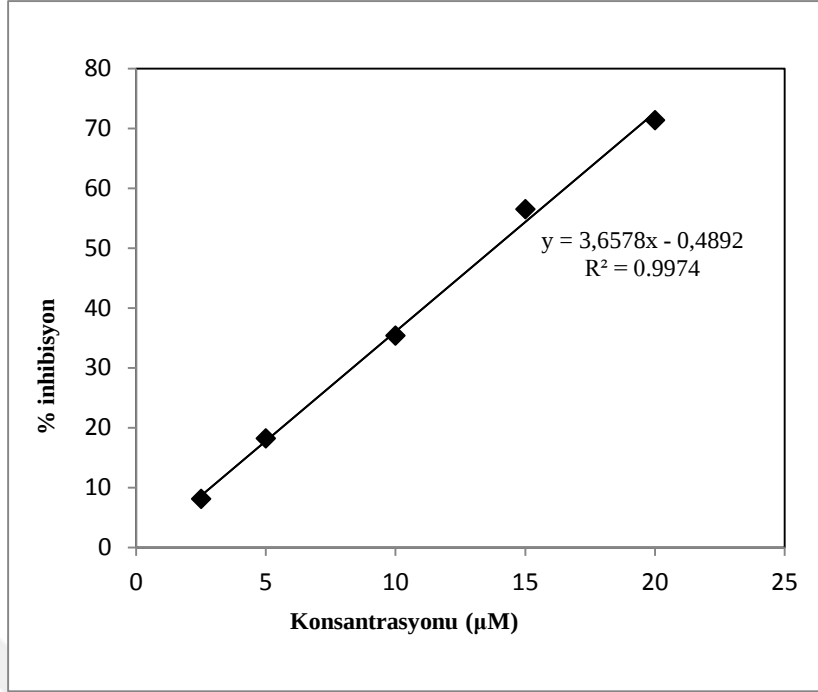


Şekil 3-4. Kateşin standart kurvesi

3.3.11 Antioksidan aktivite tayini

Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyunda antioksidan aktivite tayini, troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) yöntemine göre spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) belirlenmiştir (Re vd, 1999). Bu yöntemde; ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) ve potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) arasında gerçekleşen reaksiyon sonucu mavi-yeşil renkli ABTS'+ radikal katyonu oluşturulmaktadır. Bu radikal çözelti üzerine antioksidan içeren bir örnek eklendiğinde indirgenen radikalın mavi-yeşil rengi kaybolmaktadır. Renkteki değişim, 734 nm dalga boyunda absorbans ölçümü ile belirlenmiştir. Bu amaçla; örnek (15 μ L) ve troloks (10 μ L), 1 mL ABTS'+ radikal çözeltisi ile karıştırıldıktan sonra 6 dakika boyunca radikalın absorbans değerindeki azalma ölçülmüştür. Şahit olarak etil alkol kullanılmıştır. Örneğin antioksidan aktivitesi, troloksun (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ABTS'+ radikalini indirgeme özelliğine göre hesaplanmıştır. Troloksa ilişkin % inhibisyon grafiği Şekil 3.5'te görülmektedir. % inhibisyon değeri, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{inhibisyon (\%)} = \frac{\text{Başlangıç absorbans değeri} - \text{Son absorbans değeri}}{\text{Başlangıç absorbans değeri}} \times 100$$



Şekil 3.5. Troloks standart eğrisi

3.3.12 Mikrobiyolojik analizler

Bu araştırmada, ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda toplam aerobik mezofilik bakteri ve enterobakter sayımları yapılmıştır. Örneklerdeki toplam aerobik mezofilik bakteri ve enterobakter sayımları miktarının belirlenmesi için Martinez-Flores vd, (2015) tarafından uygulanan yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

3.3.12.1 Besiyerlerinin hazırlanması

Bu araştırmada, toplam aerobik mezofilik bakteri için PCA (Plate Count Agar) besiyeri; enterobakter için VRBD (Violet Red Bile Glucose Agar) besiyeri kullanılmıştır. Literatürde belirtilen miktarlarda tartılıp distile su ile homojen şekilde çözündürüldükten sonra petri kaplarına aseptik şekilde ve homojen dağıtılmıştır.

3.3.12.2 Fizyolojik tuzlu su (FTS)

NaCl 8.75 gr tartılarak 1000 mL distile suda eritilmiş ve dilüsyon tüplerine 9 mL doldurularak 121 °C’de 15 dakika otoklavda tutulmuştur.

3.3.12.3 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Plate Count Agar (PCA) besiyeri hazırlanarak petrilere dökülmüştür. Belirli sürelerde, ultrasonikasyon uygulanan havuç suyundan 1 mL alınarak 9 mL FTS tüplerine aktararak dilüsyon bir seri hazırlanmış ve dilüsyon tüplerinden de 0.1 mL alınarak PCA besiyerine yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petriler 37 °C’de 48 saat inkübasyondan sonra yapılan sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir.

3.3.12.4 Enterobakter sayımı

Enterobakter sayımı, Violet Red Bile Glucose Agar (VRBD) besiyerlerinde, uygun dilüsyonlar kullanılarak dökme ekim yöntemi ile belirlenmiştir. İnkübasyon 37 °C’de 18-24 saat yapılarak, inkübasyon sonunda, kırmızı renkte zon oluşturan koloniler kob/mL olarak sayılmıştır.

3.3.12.5 İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler, SPSS (20.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois) ile gerçekleştirildi. Numuneler arasındaki önemli farklar, Duncan (1955) çoklu aralık testi ile % 5 olasılık düzeyi kullanılarak belirlendi.

4. BULGULAR VE YORUMLAR

4.1 Suda çözüner kuru madde (°Bx) ve pH değerlerindeki değişim

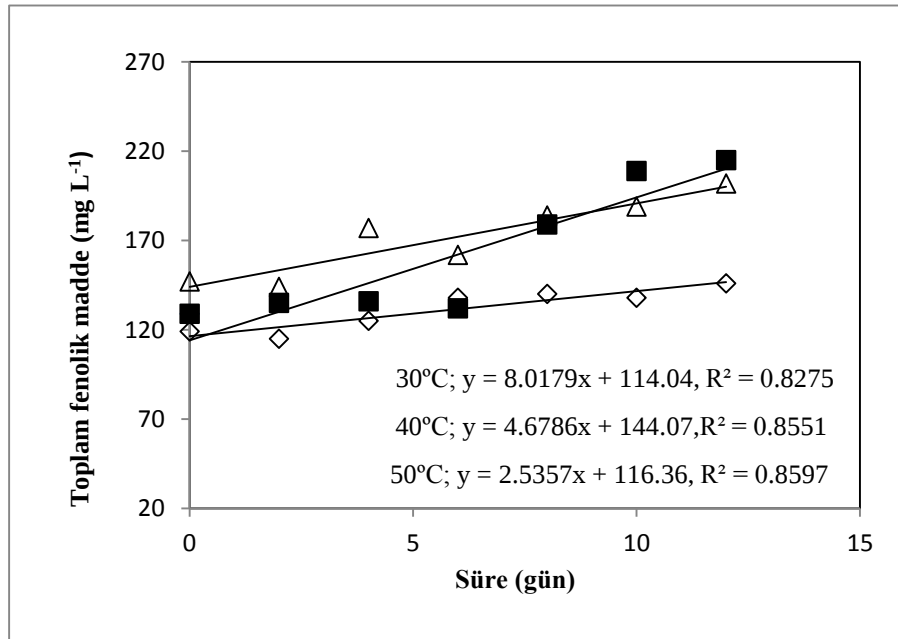
Havuç suyuna uygulanan ultrasonikasyon işleminin °Bx ve pH değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda da ultrasonikasyonun °Bx ve pH değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmektedir (Tiwari vd, 2009a; Alighourchi vd, 2013). Farklı sıcaklık ve dalga genliklerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu örneklerinin °Bx ve pH değerleri EK A ve EK B’de verilmektedir.

4.2 Toplam Fenolik Madde Miktarındaki Değişim

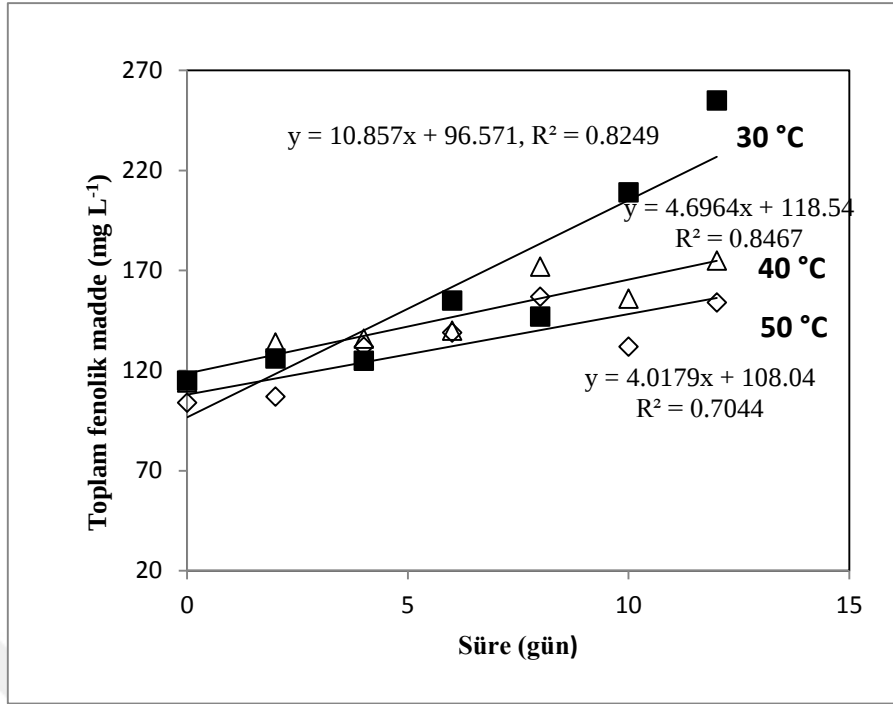
Bu çalışmada, farklı genlik düzeylerinde (% 50 ve % 100) ve farklı sıcaklıklarda (30°, 40°, 50 °C) ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu buzdolabı sıcaklığında 12 gün süre ile depolanmıştır. Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu ise kontrol örneği olarak değerlendirilmiş ve aynı şartlarda depolanmıştır. Kontrol örneğinin başlangıç toplam fenolik madde miktarı, 98 mg L⁻¹ bulunmuştur. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 129 mg L⁻¹, 147 mg L⁻¹ ve 119 mg L⁻¹ hesaplanmıştır. % 100 genlik değerindeki ultrasonikasyondan sonra ise 115 mg L⁻¹, 114 mg L⁻¹ ve 106 mg L⁻¹ belirlenmiştir. Zeng vd, (2013) da, sonikasyon uygulanan greyfurt suyunun toplam fenolik bileşik içeriğinde belirgin bir artış saptamıştır. Ultrasonikasyon uygulanan kırmızı şarap (Masuzawa vd, 2000), çilek suyu (Tiwari vd, 2009b) ve limon suyu (Bhat vd, 2011) ile yapılan diğer çalışmalarda da toplam fenolik içeriğinin artma eğilimi gösterdiği saptanmıştır. Toplam fenolik madde miktarındaki bu artış, hücre duvarının sonikasyon sırasında oluşan kavitasyon basıncıyla kırılmasına bağlı olarak fenolik bileşiklerin bağlı formunun salınmasına dayandırılmaktadır. Ayrıca, sonikasyonla açığa çıkan hidroksil gruplarının fenolik

bileşiklerin aromatik halkasına eklenmesinden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Zeng vd, 2013).

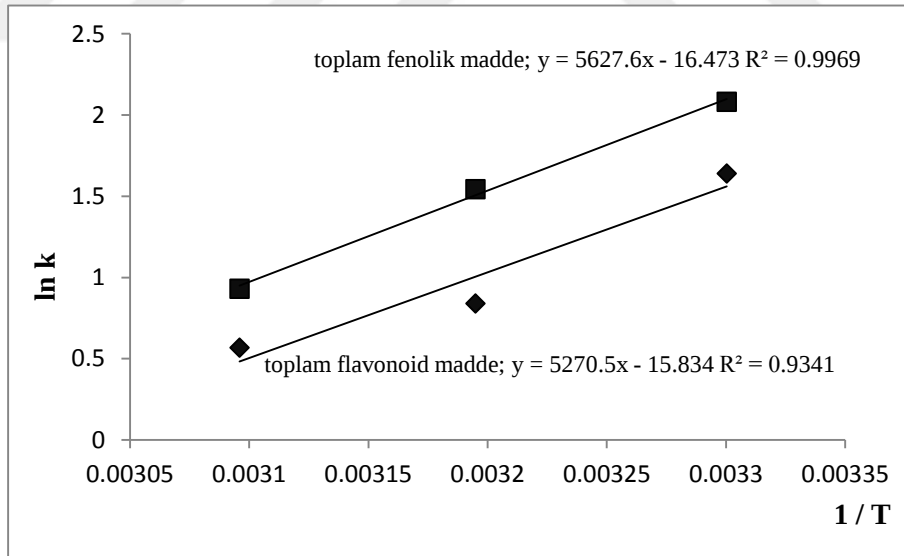
Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince toplam fenolik madde miktarının sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Bu artışın düşük sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan örnekte daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir. Nitekim; 30 °C 'de % 50 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyundaki toplam fenolik madde miktarındaki artışa ilişkin reaksiyon hız sabiti 8.019 mg/L.gün belirlenmişken, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda sırasıyla 4.6849 mg/L.gün ve 2.6313 mg/L.gün bulunmuştur. % 100 genlik değerindeki ultrasonikasyon uygulamasından sonra reaksiyon hız sabitleri de, aynı sıcaklık değerleri için sırasıyla 10.893 mg/L.gün, 4.6964 mg/L.gün ve 4.7244 mg/L.gün saptanmıştır. Toplam fenolik madde miktarındaki artışa ilişkin aktivasyon enerjisi, % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda sırasıyla 11.2 kkal mol⁻¹ ve 9.7 kkal mol⁻¹ hesaplanmıştır (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Yani; düşük genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda depolama süresince toplam fenolik madde oluşumunun yüksek genlikte ultrasonikasyon uygulanan örneğe kıyasla sıcaklık değişiminden daha fazla etkilendiği söylenebilir.



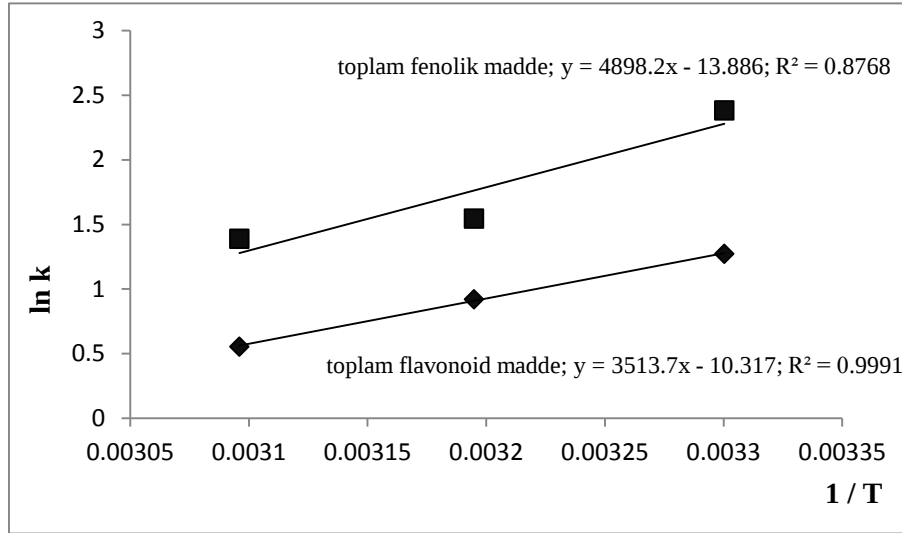
Şekil 4.1. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam fenolik madde miktarının depolamadaki değişimi



Şekil 4.2. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam fenolik madde miktarının depolamadaki değişimi



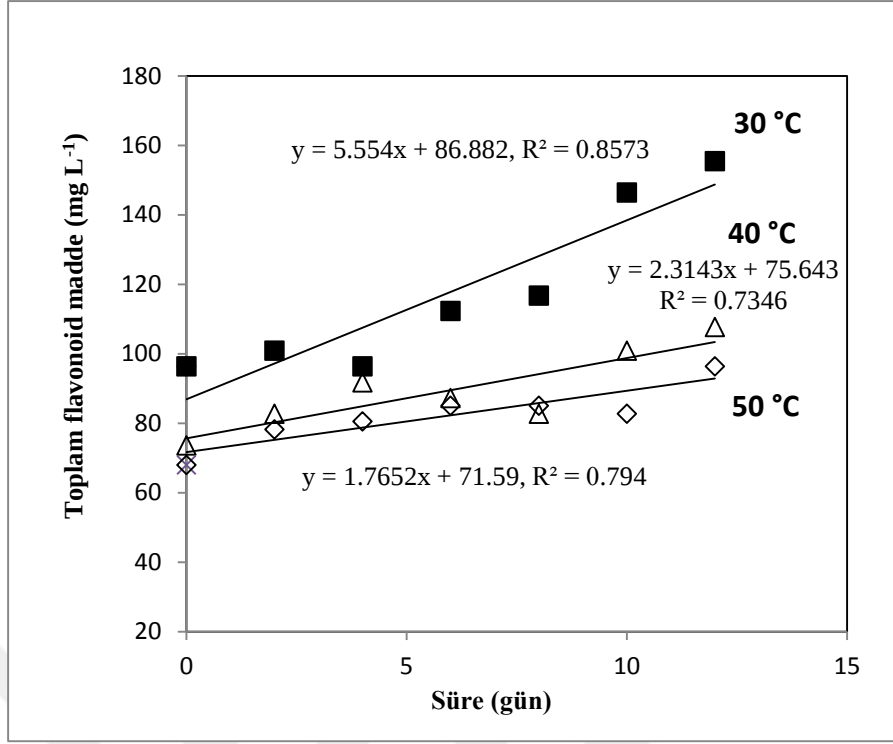
Şekil 4.3. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun toplam fenolik ve toplam flavonoid maddelerdeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği



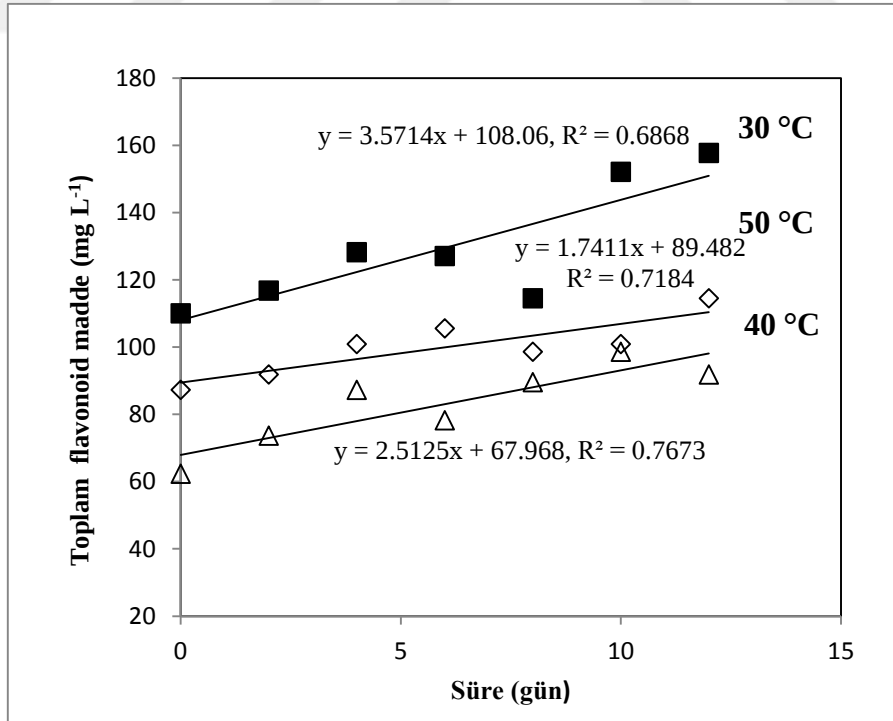
Şekil 4.4. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun toplam fenolik ve flavonoid maddelerdeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

4.3 Toplam Flavonoid Madde Miktarındaki Değişim

Kontrol örneğinde toplam flavonoid madde miktarı 41.8 mg L^{-1} saptanmıştır. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30° , 40° ve 50°C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 96.4 mg L^{-1} , 73.6 mg L^{-1} ve 67.95 mg L^{-1} hesaplanmıştır. % 100 genlik değerinde aynı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyundaki başlangıç toplam flavonoid madde miktarı ise sırasıyla 110 mg L^{-1} , 62.3 mg L^{-1} ve 87.3 mg L^{-1} belirlenmiştir. Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince de toplam flavonoid madde miktarının arttığı (% 31-61) ve bu artışın sıfırcı derece reaksiyon modeline uyduğu saptanmıştır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Toplam flavonoid madde miktarının depolama süresince artması, meyve suyu hücrelerinin meydana gelebilecek zararlanmaya karşı flavonoid madde oluşturmasından kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, bu artışın mikrobiyel gelişim ile ilişkilendirilebileceği ileri sürülmektedir (Martinez-Flores vd, 2015). Kontrol örneğinde de muhafaza sonrasında toplam flavonoid madde miktarının % 71 düzeyinde arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.5. % 50 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam flavonoid madde miktarının depolamadaki değişimi



Şekil 4.6. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu toplam flavonoid madde miktarının depolamadaki değişimi

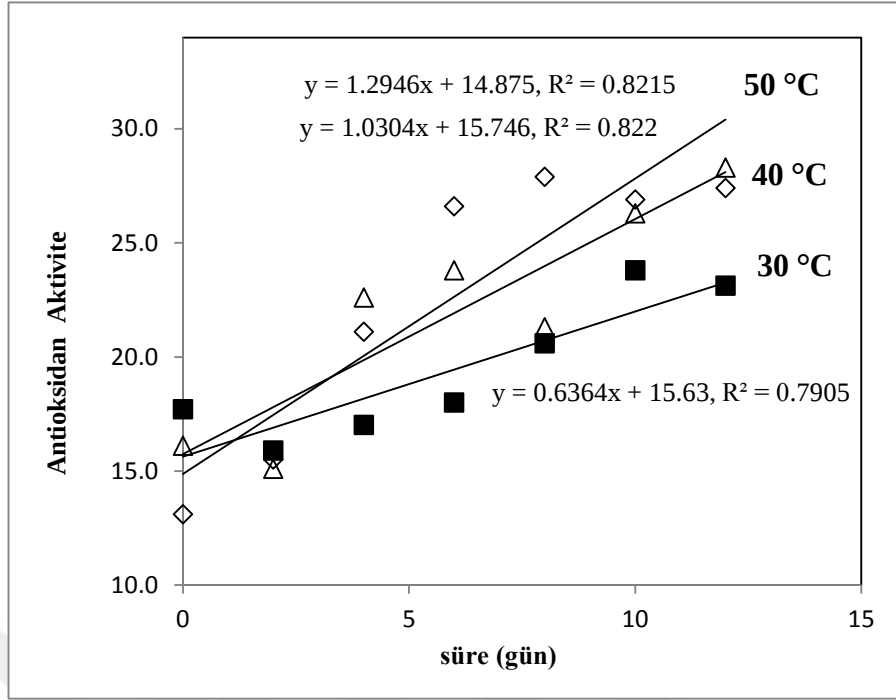
Toplam flavonoid madde miktarındaki artışın düşük ultrasonikasyon sıcaklıklarında yüksek ultrasonikasyon sıcaklıklarına kıyasla daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir. Toplam flavonoid madde miktarındaki artışa ilişkin Q_{10} değeri 30°- 40 °C ultrasonikasyon sıcaklık aralığı için 0.45; 40°-50 °C ultrasonikasyon sıcaklık aralığı için ise 0.76 hesaplanmıştır. Yani; depolama sırasında toplam flavonoid madde miktarının oluşum hızı, 40 °C’de sonikasyon uygulanan havuç suyunda 30 °C’de sonikasyon uygulanan havuç suyuna kıyasla yarıya düşmüştür. Ultrasonikasyon sıcaklığı 40 °C’den 50 °C’ye çıkartıldığında ise bu hızın yaklaşık 8 kat azaldığı görülmüştür. Düşük ve yüksek genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince toplam flavonoid madde miktarındaki artışa ilişkin aktivasyon enerjisi 10.5 kkal mol⁻¹ ve 7 kkal mol⁻¹ bulunmuştur (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Yani; % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince toplam flavonoid madde miktarı oluşumu, sıcaklıktan daha fazla etkilenmektedir.

4.4 Antioksidan Aktivitedeki Değişim

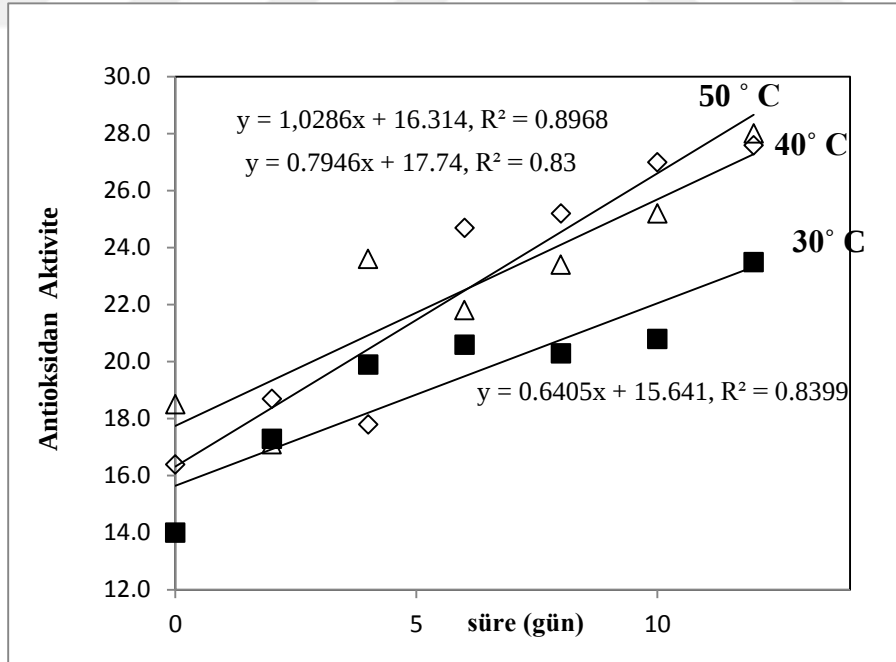
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince antioksidan aktivitenin depolama ve süresine bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Kontrol örneğinde 12.4 mM TE mL⁻¹ olarak belirlenen başlangıç antioksidan aktivite değeri, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda sonikasyon uygulandıktan sonra 17.7 mM TE mL⁻¹, 16.1 mM TE mL⁻¹ ve 13.1 mM TE mL⁻¹ bulunmuştur. Bu değer, aynı sıcaklıklarda % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulandıktan sonra ise sırasıyla 14.0 mM TE mL⁻¹, 18.5 mM TE mL⁻¹ ve 16.4 mM TE mL⁻¹ saptanmıştır. Bu durum, sonikasyonun etkisiyle oluşan kavitasyon ile antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin daha fazla ekstrakte edildiği ve antioksidan aktivitede artış sağladığı şeklinde açıklanabilmektedir (Lei vd, 2013, Jabbar vd, 2014). Ayrıca, sonikasyon ile oluştuğu ileri sürülen hidroksil radikallerinin fenolik bileşiklerin aromatik halkasının orto, meta ve para pozisyonlarında hidroksilasyona neden olduğu ve dolayısıyla antioksidan aktivitenin artmasında etkili olabileceği belirtilmektedir (Alighourchi vd, 2013).

Farklı genliklerde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanmış havuç suyunun buzdolabında depolanması süresince antioksidan aktivitenin süreye bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Antioksidan aktivitenin düşük genlikte 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolama sonunda % 23.4, % 43.1 ve % 52.8; yüksek genlikte aynı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda ise % 40.4, % 33.9 ve % 40.6 düzeylerinde arttığı gözlenmiştir. Bu artışın sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştiği saptanmıştır (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Bu durumun, havuç suyunda depolama süresince toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarındaki artışla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Nitekim, ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun buzdolabında depolanması süresince toplam fenolik/toplam flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktivite değerleri arasında önemli bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0.68-0.96$, $p < 0.01$). Kontrol örneğinde de antioksidan aktivitenin % 28 düzeyinde artış gösterdiği saptanmıştır.

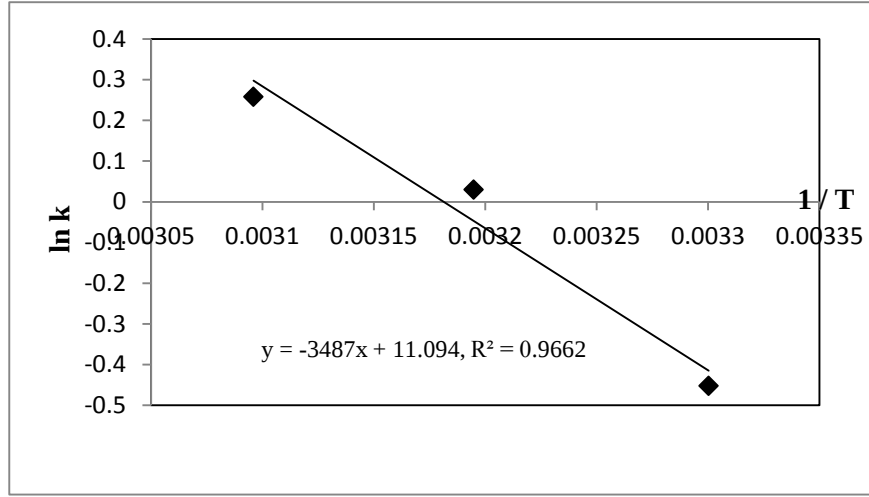
Antioksidan aktivitedeki artışa ilişkin aktivasyon enerjisi düşük genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda $6.9 \text{ kkal mol}^{-1}$; yüksek genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda $4.6 \text{ kkal mol}^{-1}$ hesaplanmıştır (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince antioksidan aktivitedeki artış, sıcaklıktan daha fazla etkilenmektedir.



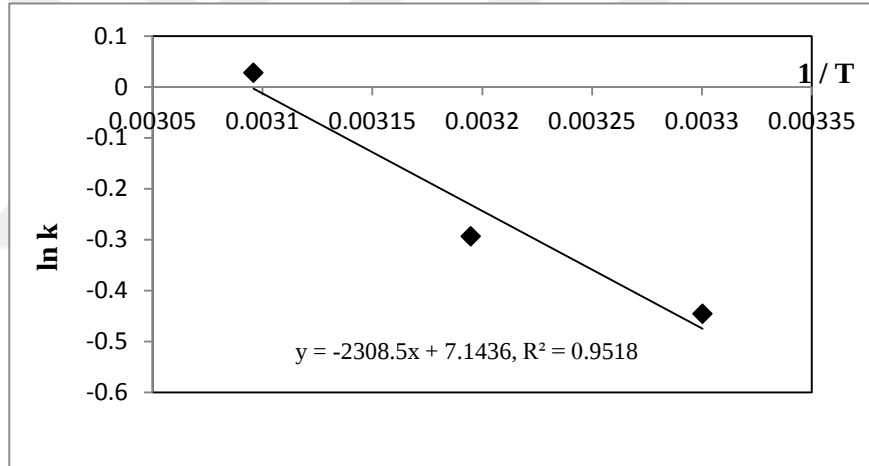
Şekil 4.7. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince antioksidan aktivitedeki değişim



Şekil 4.8. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince antioksidan aktivitedeki değişim



Şekil 4.9. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği



Şekil 4.10. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

4.5 Toplam Karotenoid Madde Miktarındaki Değişim

Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince toplam karotenoid madde miktarında istatistiksel olarak belirgin bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Elde edilen veriler Çizelge 4.1’de görülmektedir. Kontrol örneğinde toplam karotenoid madde miktarının % 69 düzeyinde korunduğu saptanmıştır. Bu değer, 30 °C’de % 50 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda % 91 bulunmuştur. 40° ve 50

°C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan örneklerde ise depolama sonunda toplam karotenoid madde miktarında sırasıyla % 34 ve % 19 düzeylerinde artış belirlenmiştir. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda depolama sonrasında kalan toplam karotenoid madde miktarı 30° ve 40 °C sıcaklıklar için sırasıyla % 73 ve % 92 bulunmuştur. 50 °C sıcaklıkta uygulanan ultrasonikasyon ise havuç suyundaki toplam karotenoid madde miktarını % 62 artırmıştır. Bu verilere göre; toplam karotenoid madde içeriği bakımından değerlendirildiğinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun kalitesini kontrol örneğine kıyasla daha fazla koruduğu gözlenmiştir. Jabbar vd, (2014) da, 15 °C sıcaklıkta sonikasyon işlemi görmüş havuç suyunda 10 günlük depolama sonrasında toplam karotenoid madde miktarının arttığını belirlemişlerdir. Jiang ve Zou (2016) da, 40 dakika sonikasyon uygulanan havuç suyunun karotenoid içeriğinde belirgin bir artış saptamıştır.

Çizelge 4.1. Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince toplam karotenoid madde miktarındaki değişim

			Toplam karotenoid madde (mg L ⁻¹)						
			Depolama süresi (gün)						
			0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)			17.5±4.71	20.9±7.81	18.2±4.68	17.7±5.19	15.9±2.1	13.7±3.54	12.1±0.14
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu									
% 50 Genlik değeri	30 °C		15.1±1.57	16.9±5.64	15.8±1	15.2±2.31	13.6±1.98	15.6±0,01	13.8±1.7
	40 °C		15.4±5.42	12.8±1.34	16.2±4.82	18.3±4.14	18.6±2.46	16.0±11.48	20.7±8.81
	50 °C		15.1±1.73	14.9±2.09	14.7±2.39	18.8±6.29	15.9±2.93	16.0±2.66	18.1±5.77
% 100 Genlik değeri	30 °C		19.1±9.32	14.9±1	15.4±0.42	12.9±0.28	13.3±0.06	16.5±3.11	14.0±1.39
	40 °C		17.1±3.68	16.7±0.91	16.9±6.72	16.3±4.22	17.6±5.12	13.7±1.99	15.7±1.2
	50 °C		15.3±0.27	15.4±2.31	17.6±4.85	15.4±3.24	14.7±0.59	16.9±3.96	24.9±6.1

4.6 β -Karoten Miktarındaki Değişim

Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince β -karoten miktarında istatistiksel olarak belirgin bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Elde edilen veriler Çizelge 4.2’da görülmektedir. Kontrol örneğinde depolama sonrasında β -karoten miktarının % 20.6’sının kayba uğradığı saptanmıştır. Buna karşın, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda β -karoten içeriğinin sırasıyla % 7.7, % 2.2 ve % 14 düzeyinde arttığı saptanmıştır. Bu değer, % 100 genlik değerinde aynı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda depolama sonrasında sırasıyla % 5.7, % 2.9 ve % 24.8 bulunmuştur. Ancak β -karoten içeriğindeki bu artış istatistik açısından önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4-2. Ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince β -karoten miktarındaki değişim

		β -karoten (mg L ⁻¹)						
		Depolama süresi (gün)						
		0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)		9.7±3.59	10.7±0.28	9.7±0.8	9.7±1.1	9.6±2.06	8.13±0.89	7.70±1.13
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu								
% 50 Genlik değeri	30 °C	9.1±1.7	8.4±0.8	10.7±1.81	10.9±0.92	9.4±0.24	10.6±0.17	9.8±2.17
	40 °C	9.0±2.37	8.3±0.47	9.5±2.48	10.5±2.64	12.9±1.49	7.8±1.11	9.2±1.23
	50 °C	10.7±1.34	10.8±1.63	10.3±0.4	11.9±3.6	10.1±1.69	10.1±0.18	12.2±3.45
% 100 Genlik değeri	30 °C	8.8±0.18	9.5±1.07	9.4±1.77	10.3±2.81	11.0±1.17	10.2±2.64	9.3±2.62
	40 °C	10.3±1.44	11.1±0.71	10.4±4.84	10.1±1.98	9.2±0.01	10.0±1.51	10.6±1.23
	50 °C	10.9±1.53	10.3±0.81	10.8±0.28	10.1±2.22	10.8±1.34	10.4±0.83	13.6±2.94

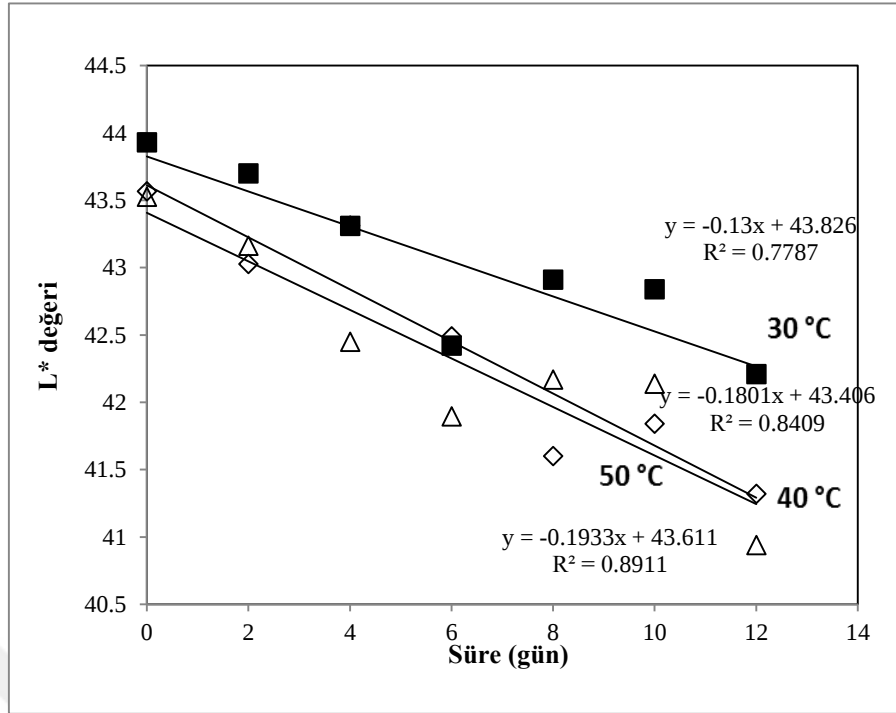
4.7 Görsel Renk Değerlerindeki Değişim

4.7.1 L* değeri

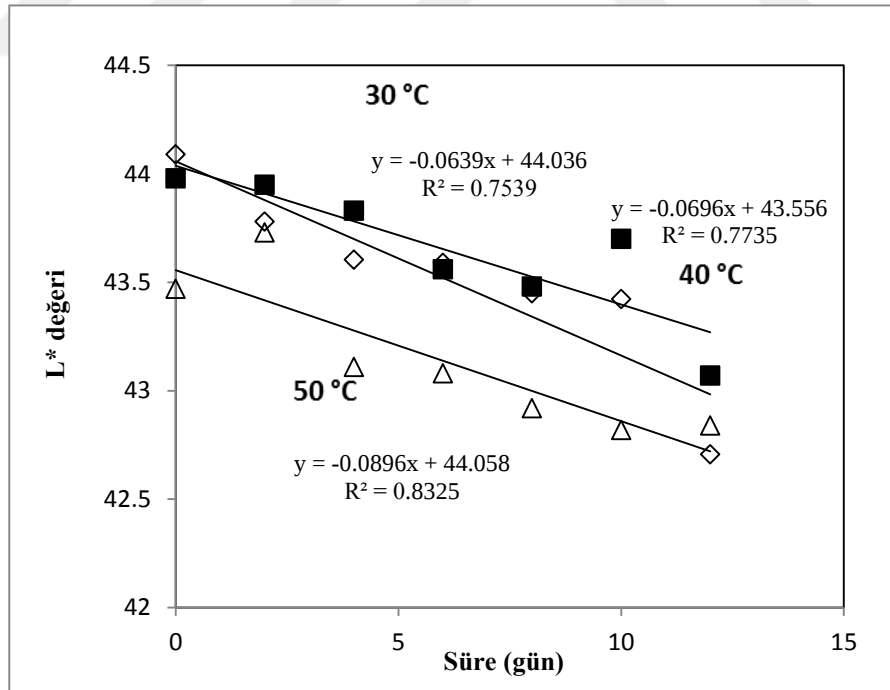
Kontrol örneğinin başlangıç L* değeri, 40.6 bulunmuştur. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 43.86, 43.53 ve 43.57 hesaplanmıştır. % 100 genlik değerindeki ultrasonikasyondan sonra ise 43.98, 43.47 ve 44.09 belirlenmiştir. Bu durumda, kontrol örneğine kıyasla ultrasonikasyon uygulandıktan hemen sonra taze havuç suyunun L* değerinde artış olduğu görülmektedir.

Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince L* değerinin sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyunun başlangıç L* değerleri, buzdolabında depolama sonunda sırasıyla 42.21, 40.94 ve 41.32'ye düşmüştür. % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyunun başlangıç L*değerleri ise aynı sıcaklıklarda depolama sonunda sırasıyla % 2.1, % 1.5 ve % 3.1 düzeylerinde azalmıştır.

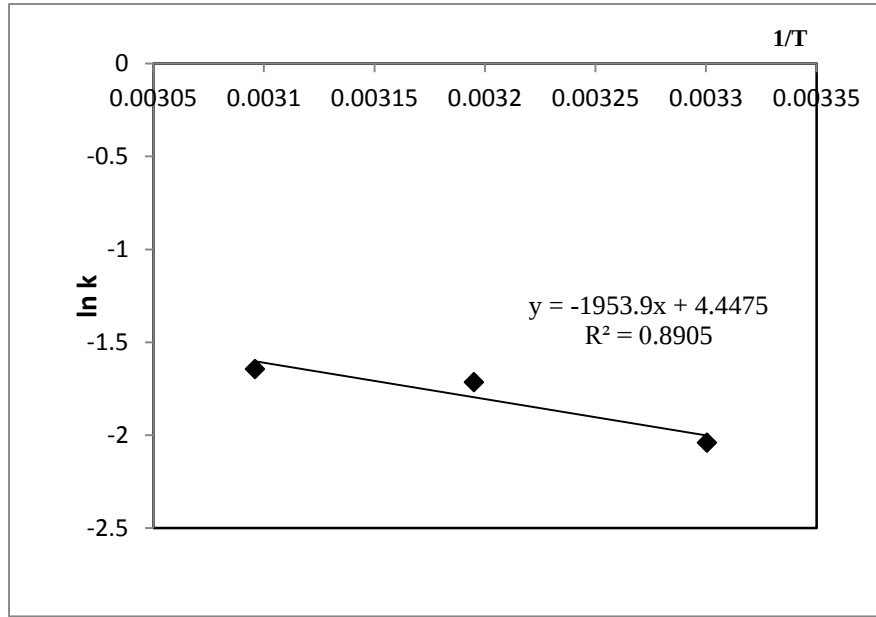
Düşük (% 50) ve yüksek (% 100) genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince L* değerindeki kayba ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden sırasıyla 3.9 kkal mol⁻¹ ve 3.3 kkal mol⁻¹ bulunmuştur (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14). Yani; % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince L* değerinin sıcaklıktan etkilenme düzeylerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



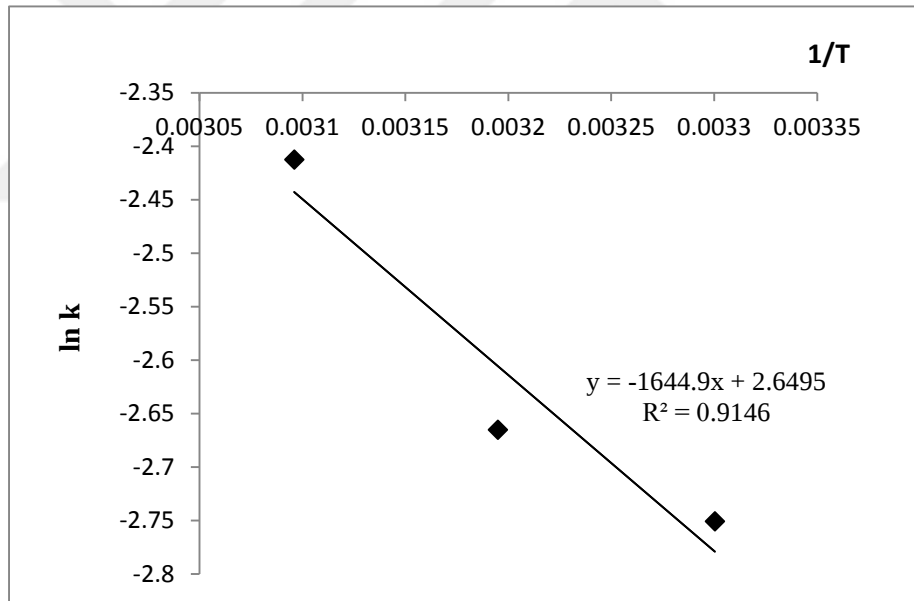
Şekil 4.11. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L* değerinin depolamadaki değişimi



Şekil 4.12. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L* değerinin depolamadaki değişimi



Şekil 4.13. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin değişimine ilişkin Arrhenius grafiği



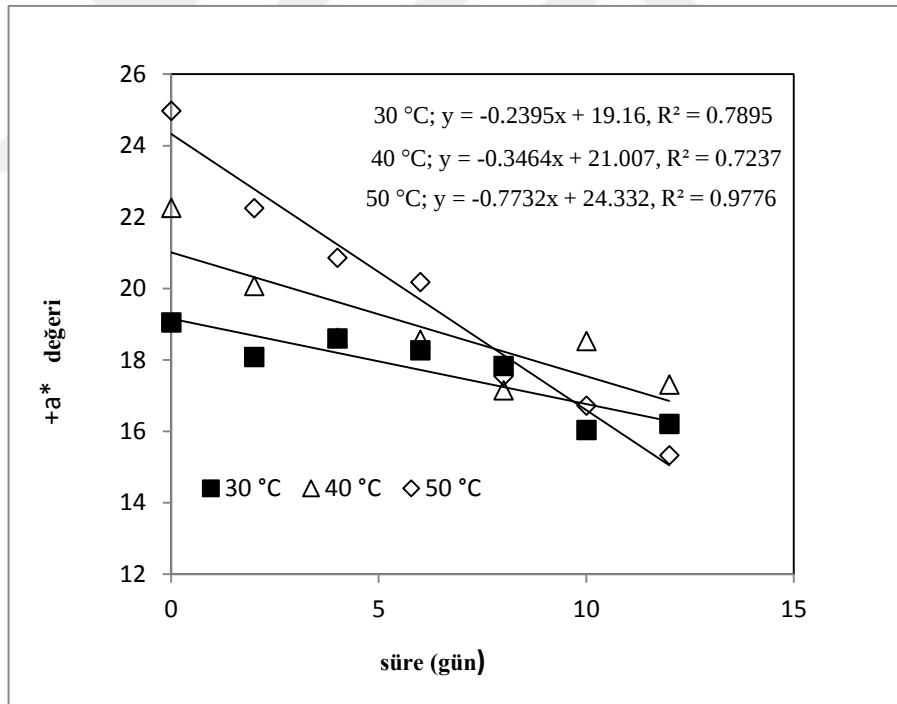
Şekil 4.14. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu L^* değerinin değişimine ilişkin Arrhenius grafiği

4.7.2 $+a^*$ değeri

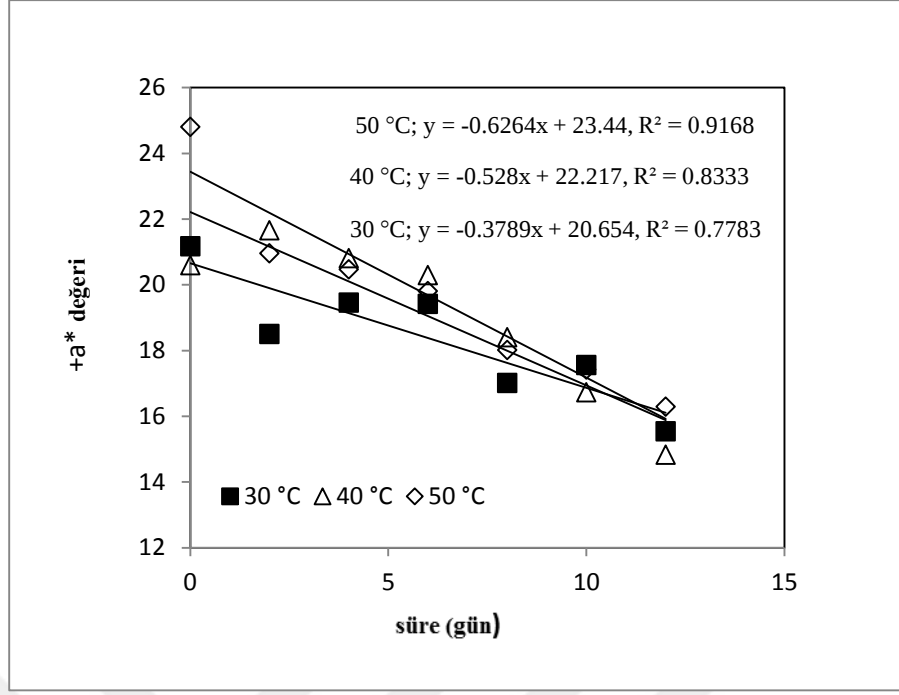
Kontrol örneğinde 15.2 olarak belirlenen başlangıç $+a^*$ değeri, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra 19.1, 22.3 ve 25.00 bulunmuştur. Bu değer, aynı sıcaklıklarda % 100 genlik değerinde

ultrasonikasyon uygulandıktan sonra ise sırasıyla 21.17, 20.6 ve 24.81 saptanmıştır. Bu durumda, kontrol örneğine kıyasla ultrasonikasyon uygulandıktan hemen sonra taze havuç suyunun $+a^*$ değerinde artış olduğu görülmektedir. Ancak, ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının buzdolabında depolanması süresince $+a^*$ değerinin sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

Havuç suyuna % 50 genlik değerinde belirtilen sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanıp 12 gün buzdolabı sıcaklığında muhafaza edildiğinde kırmızı renginin sırasıyla % 17.6, % 28.6 ve % 62.9 düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir. Bu değerler, aynı sıcaklıklarda % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanmış havuç sularında sırasıyla % 36.2, % 38.9 ve % 52.3 olarak saptanmıştır. Belirtilen genlik değerlerinde, havuç suyu renginin uygulanan ultrasonikasyon sıcaklığına bağlı olarak depolama sonunda kayba uğradığı sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.15. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu $+a^*$ değerinin depolamadaki değişimi



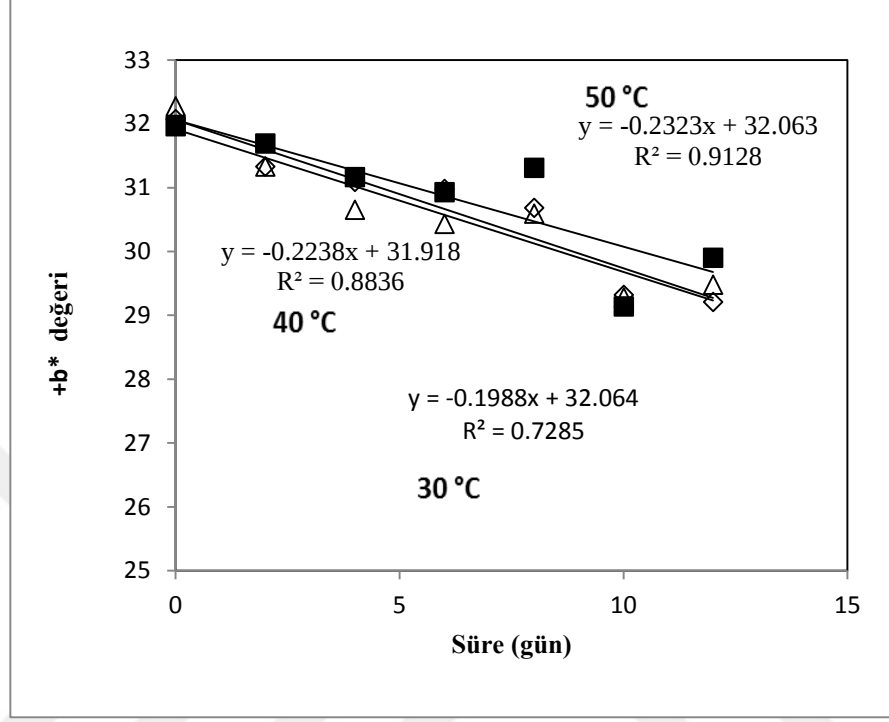
Şekil 4.16. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu +a* değerinin depolamadaki değişimi

4.7.3 +b* değeri

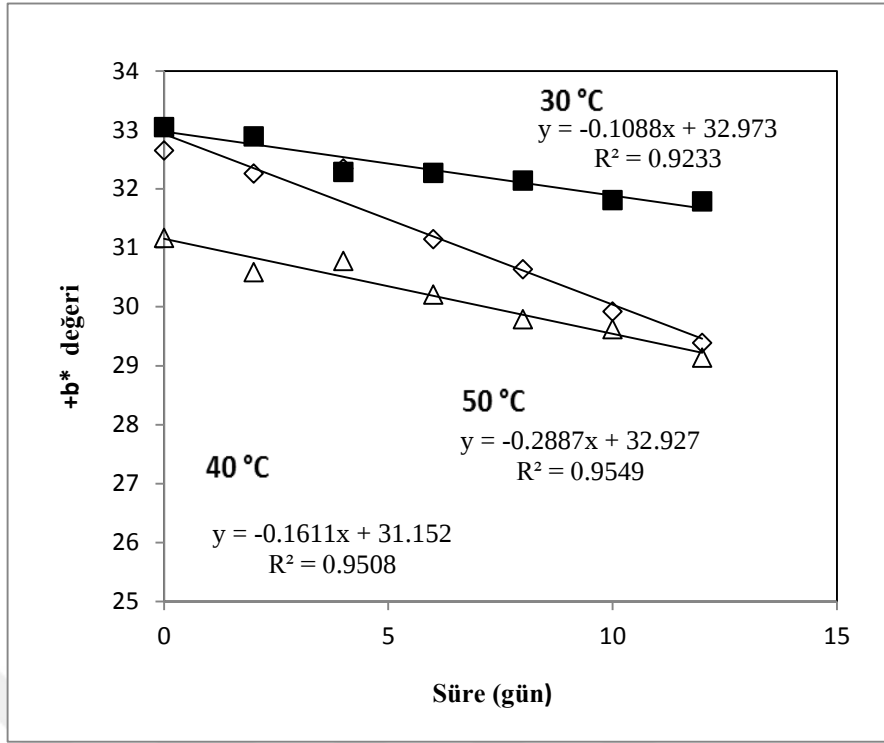
Kontrol örneğinin başlangıç +b* değeri 27.13 bulunmuştur. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 31.81, 31.72 ve 32.07 hesaplanmıştır. % 100 genlik değerindeki ultrasonikasyondan sonra ise 33.05, 31.17 ve 32.65 belirlenmiştir. Bu durumda, kontrol örneğine kıyasla ultrasonikasyon uygulandıktan hemen sonra taze havuç suyunun +b* değerinde artış olduğu görülmektedir

Diğer taraftan, ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının buzdolabında depolanması süresince sarı rengi gösteren +b* değerinin sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18). Buna göre, havuç suyuna % 50 genlik değerinde belirtilen sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanıp 12 gün buzdolabı sıcaklığında muhafaza edildiğinde sarı renginin sırasıyla % 6.4, % 9 ve % 9 düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir. Bu değerler, aynı sıcaklıklarda % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanmış havuç sularında sırasıyla % 4, % 7 ve % 10 olarak saptanmıştır. Belirtilen genlik değerlerinde depolama sonunda 30 °C

sıcaklık uygulanan havuç suyu renginin diğer sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan örneklerin rengine kıyasla daha az kayba uğradığı sonucuna varılmaktadır.

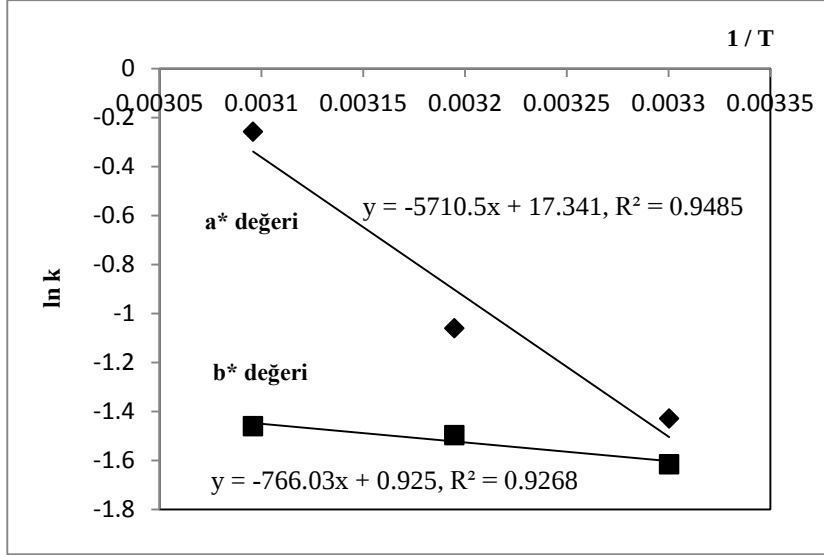


Şekil 4.17. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu +b* değerinin depolamadaki değişimi

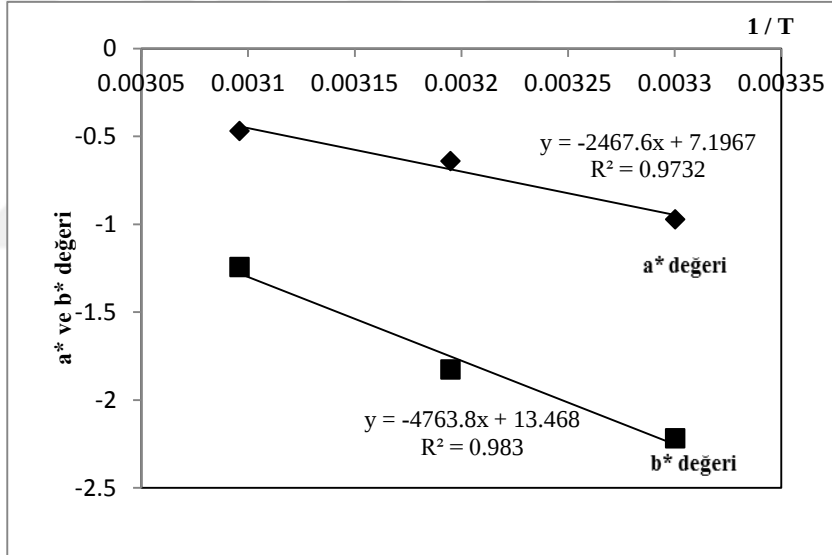


Şekil 4.18. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu +b* değerinin depolamadaki değişimi

+a* ve +b* değerlerindeki azalışa ilişkin aktivasyon enerjisi düşük genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda sırasıyla 11.3 kkal mol⁻¹ ve 1.5 kkal mol⁻¹; yüksek genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda ise sırasıyla 5 kkal mol⁻¹ ve 9.5 kkal mol⁻¹ hesaplanmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolama sonundaki kırmızı rengindeki değişimin ultrasonikasyon sıcaklığından daha fazla etkilendiği düşünülmektedir. Havuç suyunun sarı renginin ise % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulandığında ultrasonikasyon sıcaklığından daha fazla etkilendiği görülmüştür.



Şekil 4.19. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu + a^* ve + b^* değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği



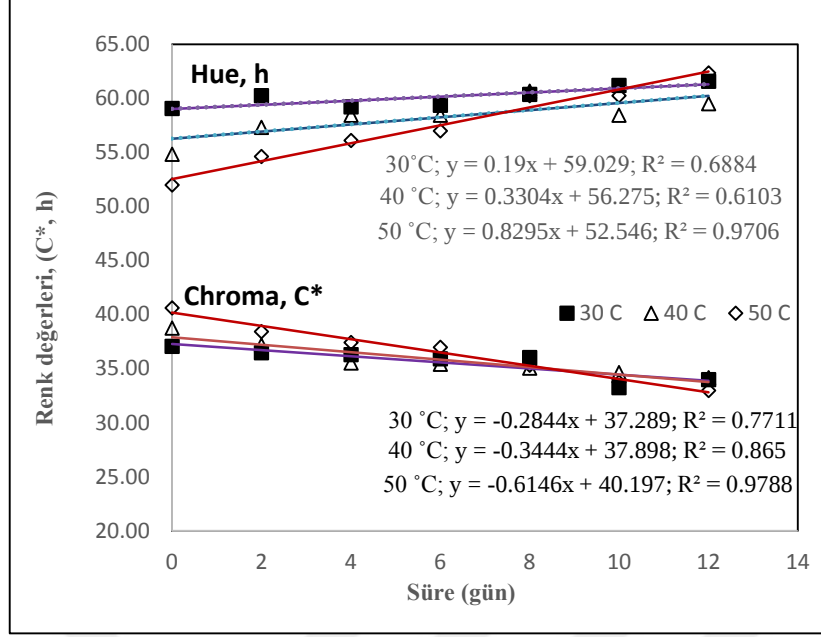
Şekil 4.20. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu + a^* ve + b^* değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

4.7.4 C* ve h değerleri

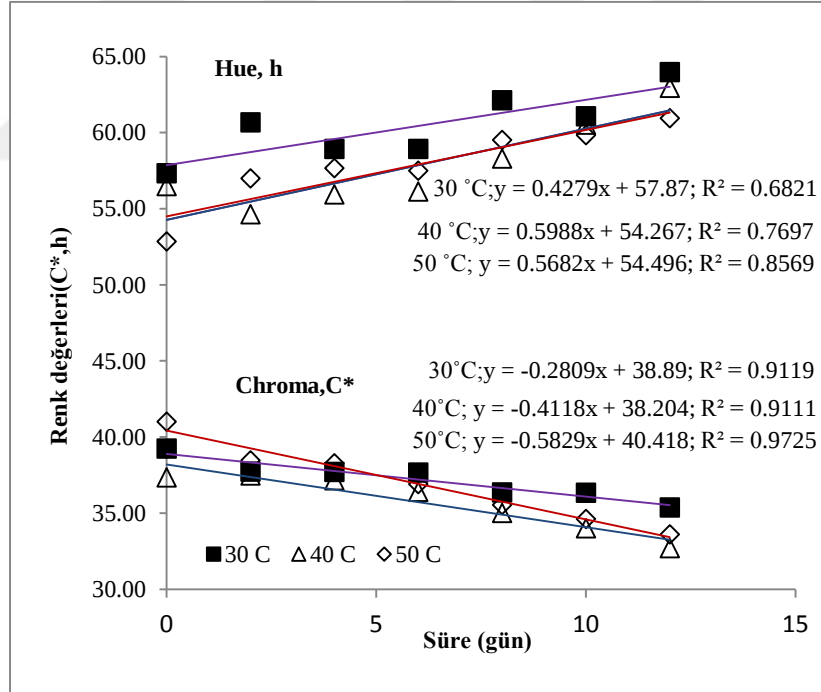
Kontrol örneğinin başlangıç renk doygunluğu (C*) 31.12 bulunmuştur. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 37.08, 38.75 ve 40.64 hesaplanmıştır. % 100 genlik değerindeki ultrasonikasyondan sonra ise 39.25, 37.36 ve 41.01 belirlenmiştir.

Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının renk doygunluğunun (C*) depolama süresince azaldığı ve bu azalışın sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine uyduğu gözlenmiştir (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22). % 50 genlikte 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun başlangıç C* değerleri depolama sonunda 34.01, 34.19 ve 32.99 ölçülmüştür. % 100 genlikte aynı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun C* değerleri ise depolama sonunda 35.38, 32.70 ve 33.60 bulunmuştur.

Kontrol örneğinin başlangıç h değeri 60.94 hesaplanmıştır. Bu değer, % 50 genlik değerinde 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulandıktan sonra sırasıyla 59.08, 54.85 ve 52.0 hesaplanmıştır. Bu değerler % 1.02, % 8.5 ve % 19.9 düzeylerinde artarak depolama sonunda 59.68, 59.53 ve 62.37 olarak belirlenmiştir. % 100 genlikte aynı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolama başlangıcında 57.34, 56.49 ve 52.85 olarak belirlenen hue değerleri depolama sonunda sırasıyla 63.99, 62.96 ve 60.95 değerlerine yükselmiştir. Renk tonundaki bu artışın da sıfırcı derece reaksiyon gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22).



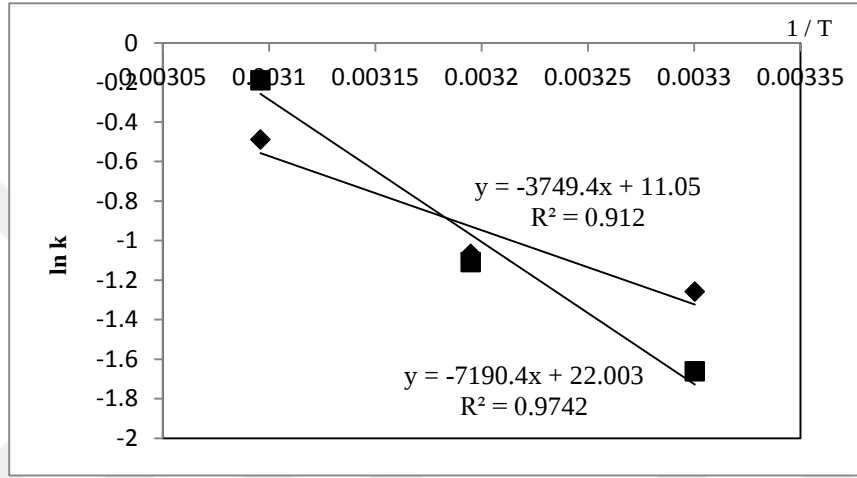
Şekil 4.21. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince C* ve h değerlerindeki değişim



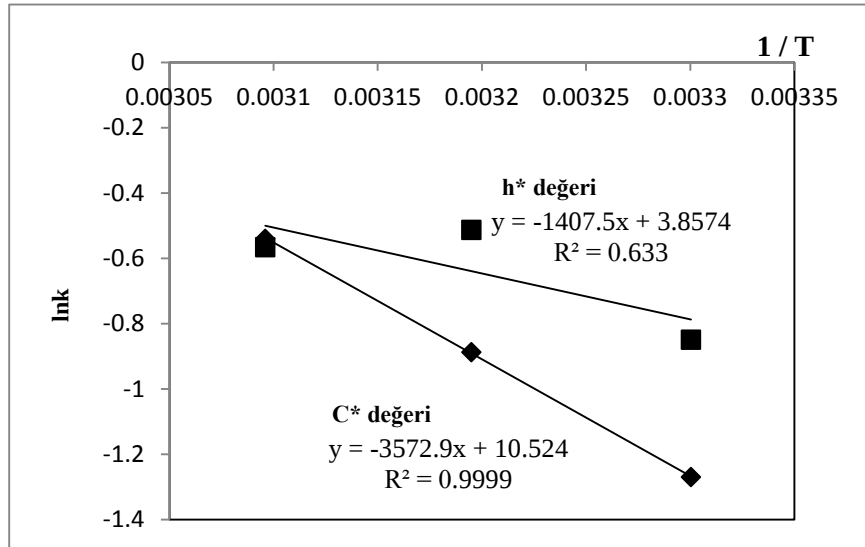
Şekil 4.22. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolanması süresince C* ve h değerlerindeki değişim

C* ve h değerlerindeki değişime ilişkin aktivasyon enerjileri Arrhenius grafiğinden hesaplanmıştır (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24). Buna göre; düşük genlikte (% 50) ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda renk doygunluğundaki ve renk

tonundaki değişime ilişkin aktivasyon enerjileri sırasıyla 3.8 kkal mol⁻¹ ve 14.3 kkal mol⁻¹; yüksek genlikte (% 100) ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda ise aynı parametrelerdeki değişimlere ilişkin aktivasyon enerjileri sırasıyla 7.1 kkal mol⁻¹ ve 2.8 kkal mol⁻¹ bulunmuştur. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun depolama sonundaki renk doygunluğundaki değişimin ultrasonikasyon sıcaklığından daha fazla etkilendiği düşünülmektedir. Havuç suyunun renk tonundaki değişimin ise % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulandığında ultrasonikasyon sıcaklığından daha fazla etkilendiği görülmüştür.



Şekil 4.23. % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun C* ve h değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği



Şekil 4.24. % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun C* ve h değerlerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

4.8 Ultrasonikasyon Koşullarının (Sıcaklık, Genlik) Havuç Suyunda Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri İnaktivasyonuna Etkisi

Farklı sıcaklık ve genlikte uygulanan ultrasonikasyon işlemi sonrasında havuç suyunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısında meydana gelen değişim Çizelge 4.3'te verilmektedir. 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda %50 ve %100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon sonrasında örneklerdeki toplam bakteri yükü kontrol örneğine kıyasla düşük bulunmuştur. Bu durum, ultrasonikasyonun bakteri inaktivasyonu üzerine etkisini göstermektedir. 30°, 40° ve 50 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suları buzdolabında 12 gün depolandığında toplam bakteri yükünde başlangıç değerine kıyasla bazı örneklerde azalma bazılarında ise artış belirlenmiştir. Toplam bakteri yükündeki bu değişim istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Sadece 40 °C'de % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan örnekte depolama sonunda belirlenen toplam bakteri yükünün başlangıca kıyasla önemli düzeyde artış gösterdiği bulunmuştur ($p<0.05$). Ultrasonikasyon uygulanan örneklerin depolama sonundaki toplam bakteri yükü, kontrol örneğinin buzdolabındaki muhafazası ile karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Sadece 40 °C'de % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan örneğin depolama sonundaki toplam bakteri yükü kontrol örneği ile yaklaşık aynı seviyede belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada (Gao ve Rupasinghe 2012), farklı oranlarda elma ve havuç sularından hazırlanan üç karışım ultrasonikasyon ve pastörizasyon uygulandıktan sonra 4 °C'de ve oda sıcaklığında 14 gün süreyle depolandığı bildirilmiştir. Tüm örneklerde depolama ile mikrobiyal gelişimin gözlemlendiği; ancak 4°C' de muhafaza edilen örneklerdeki mikrobiyal gelişimin oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklere kıyasla daha düşük bulunduğu aktarılmıştır.

4.9 Ultrasonikasyon Koşullarının (Sıcaklık, Genlik) Havuç Suyunda Enterobakter İnaktivasyonuna Etkisi

Farklı sıcaklık ve genlik değerlerinde uygulanan ultrasonikasyon işlemi sonrasında havuç suyunda enterobakter sayısında meydana gelen değişim Çizelge 4.4'te verilmektedir. 30° ve 40 °C sıcaklıklarda % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulandıktan sonra örneklerdeki enterobakter sayısı kontrol

örneğine kıyasla düşük belirlenmiştir. 50 °C’de ultrasonikasyon uygulama sonrasında ise örneklerde enterobakter belirlenememiştir. Bu durum, ultrasonikasyonun enterobakter inaktivitasyonunda sıcaklık ile birlikte etki düzeyini göstermektedir. Ultrasonikasyon uygulanan tüm örneklerin depolama sonrasındaki enterobakter sayısının kontrol örneğine kıyasla düşük bulunduğu ancak bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). 40 °C’de % 100 genlik değerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun buzdolabında muhafazası süresince enterobakter sayısındaki artış ise istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Martinez-Flores vd (2015) de 50°, 54° ve 58 °C sıcaklıklarda uygulanan havuç suyunda ve ultrasonikasyon uygulanmayan kontrol örneğinin buzdolabı sıcaklığında muhafazası sonrasında enterobakterlerin geliştiğini belirlemiştir. Enterobakter sayısının 10 günlük muhafaza sonrasında, kontrol örneğinde 5.05 log düzeyinde; 50° ve 54 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyu örneklerinde ise 4.60 ve 4.30 log düzeylerinde arttığını belirlemişlerdir. 58 °C’de ultrasonikasyona maruz kalan örneğin 20 günlük depolanmasında ise enterobakter sayısında 2.02 log’luk bir gelişme saptandığı aktarılmıştır.

Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

			Toplam aerobik mezofilik bakteri (log.kob/mL)						
			Depolama süresi (gün)						
			0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)			5.4±1.28	5.2±1.1	5.7±0.66	6.2±0.59	6.5±.028	5.4±2.079	6.0±1.83
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu									
% 50 Genlik değeri	30 °C		4.3±1.58	6.4±0.09	6.8±1.98	7.0±1.39	5.8±0.24	5.5±3.91	3.6±2.51
	40 °C		4.3±1.73	5.1±1.45	5.0±0.74	4.1±2.15	7.0±1.37	7.5±1.55	6.1±1.48
	50 °C		2.0±1.38	1.6±0.75	1.0±.71	1.8±1.26	1.7±1.20	2.7±1.91	3.1±2.69
% 100 Genlik değeri	30 °C		4.8±2.04	5.9±2.47	5.8±0.86	7.3±1.73	6.8±0.90	5.9±0.36	4.4±0.11
	40 °C		1.7±0.1 ^{c**}	2.2±0.83 ^{bc}	1.2±0.21 ^{bc}	3.1±1.41 ^{bc}	3.0±0.10 ^{abc}	3.9±1.09 ^{ab}	5.7±1.96 ^a
	50 °C		2.5±1.75	1.5±1.05	1.7±1.20	1.3±0.92	1.3±0.91	1.5±1.05	1.5±1.05

** : küçük harfle gösterilen simgeler aynı satırda örnekler arasında farklılığı göstermektedir (p<0.05).

Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda enterobakter sayısı

		Enterobakter (log. kob/mL)						
		Depolama süresi (gün)						
		0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)		4.0±1.32	3.7±0.71	4.6±0.89	2.6±3.61	5.1±.37	4.3±2.49	4.7±1.62
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu								
% 50 Genlik değeri	30 °C	2.4±1.22	2.6± 2.57	2.9±2.85	2.6±2.63	3.5±1.76	2.0±1.03	*
	40 °C	1.6±0.51	3.1±1.95	3.1±1.94	4.2±0.14	4.9±0.04	4.6±3.22	2.5±1.76
	50 °C	*	*	*	*	*	*	*
% 100 Genlik değeri	30 °C	1.7±1.73	2.5±1.18	2.9±0.14	4.7±2.33	2.9±0.44	3.2±0.99	3.8±2.65
	40 °C	0.8±0.55 ^{c**}	0.6±0.42 ^c	1.1±1.14 ^{bc}	1.5±0.28 ^{bc}	1.9±0.23 ^{abc}	2.3±0.32 ^{ab}	3.5±1.33 ^a
	50 °C	*	*	*	*	*	*	*

*:koloni olmadığından değer belirlenemedi.

**:. küçük harfle gösterilen simgeler aynı satırda örnekler arasında farklılığı göstermektedir (p<0.05).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; farklı sıcaklıklarda ve genlik değerlerinde uygulanan ultrasonikasyonun havuç suyunun çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Ultrasonikasyon koşullarının havuç suyunun pH ve suda çözünür kuru madde ($^{\circ}\text{Bx}$) üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

2. Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının buzdolabı sıcaklığında muhafazası süresince toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarının sıfırcı derece reaksiyon kinetiğine göre arttığı saptanmıştır. Bu artışın düşük sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan örnekte daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir.

3. Düşük genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda depolama süresince toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde oluşumunun yüksek genlikte ultrasonikasyon uygulanan örneğe kıyasla sıcaklıktan daha fazla etkilendiği bulunmuştur.

4. Farklı genliklerde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun antioksidan aktivitesinin buzdolabında muhafazası sonunda arttığı belirlenmiştir. Bu durumun, havuç suyunda depolama süresince toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarındaki artışla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.

5. Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince toplam karotenoid madde ve β -karoten miktarında istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Bu verilere göre; toplam karotenoid

madde ve β -karoten içeriği bakımından değerlendirildiğinde ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunun kalitesini kontrol örneğine kıyasla koruduğu ileri sürülebilir.

6. Farklı genlik düzeylerinde ve farklı sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan taze havuç sularının depolanması süresince görsel renk değerlerindeki değişim belirlenmiştir. Buna göre; L^* , a^* , b^* , C^* değerlerinin sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı, h değerinin ise yine aynı kinetik modele göre arttığı saptanmıştır.

7. 30° , 40° ve 50° C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan havuç suları buzdolabında 12 gün depolandığında toplam bakteri yükünde başlangıç değerine kıyasla bazı örneklerde azalma bazılarında ise artış belirlenmiştir. Toplam bakteri yükündeki bu değişim istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

8. Ultrasonikasyon uygulanan örneklerin depolama sonundaki toplam bakteri yükü, kontrol örneğinin buzdolabındaki muhafazası ile karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Sadece 40° C’de % 50 genlikte ultrasonikasyon uygulanan örneğin depolama sonundaki toplam bakteri yükü kontrol örneği ile yaklaşık aynı seviyede belirlenmiştir.

9. 30° ve 40° C sıcaklıklarda % 50 ve % 100 genlik değerlerinde ultrasonikasyon uygulandıktan sonra örneklerdeki enterobakter sayısı kontrol örneğine kıyasla düşük belirlenmiştir. 50° C’de ultrasonikasyon uygulama sonrasında ise örneklerde enterobakter sayısı belirlenememiştir. Bu durum, ultrasonikasyonun enterobakter inaktivasyonunda sıcaklık ile birlikte etki düzeyini göstermektedir. Ultrasonikasyon uygulanan tüm örneklerin depolama sonrasındaki enterobakter sayısının kontrol örneğine kıyasla düşük bulunduğu ancak bu durumun önemli olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

10. Sonuç olarak, 30° , 40° ve 50° C sıcaklıklarda uygulanan ultrasonikasyonun taze sıkılmış havuç suyunun buzdolabında 12 gün süreyle depolanması sırasında toplam aerobik mezofilik bakteri ve enterobakter yükünü kontrol örneğine kıyasla düşürdüğü saptanmıştır. Ancak, bu çalışmada belirtilen

koşullarda ultrasonikasyonun taze sıkılmış havuç suyunun buzdolabı sıcaklığında muhafazası üzerinde yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Muhafaza süresince biyoaktif bileşik miktarı ve antioksidan aktivite artışının ise mikrobiyel gelişim ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Taze sıkılmış havuç suyunun buzdolabındaki raf ömrünün ultrasonikasyon ile sağlanabilmesi için ultrasonikasyonun sıcaklık ve/veya süresinin artırılması ya da ılımlı ısı işlem ile birlikte uygulanmasının etkili olacağı düşünülmektedir.



6. KAYNAKÇA

Alighourchi HR, Barzegar M, Sahari MA, Abbasi S (2013) “Effect of Sonication on Anthocyanins. Total Phenolic Content. and Antioxidant Capacity of Pomegranate Juices”, International Food Research Journal, (20), 1703-1709.

Anonymous (1991). Determination of soluble solids (indirect method by refractometry) IFU-Analysis(Nr.8). Paris: International Federation of Fruit Producers.

Arscott SA, and Tanumihardjo SA (2010) “Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional- a Review, Food Science and Food Safety, (9), 233-239.

Barba FJ, Zinoviadou KG, Galanakis M, Grimi N, Boussetta N, Mota MJ, Saraiva JA, Patras A, Tiwari B (2015) “Fruit Juice Sonication: Implications on Food Safety and Physicochemical and Nutritional Properties”, Food Research International, (77), 743–752.

Bayraktar Ş (2014) Türkiye Ziraat Odaları Birliği (TZOB) (<http://www.tzob.org.tr> 03.12.2014 de erişildi).

Belitz H and Grosch W (1995) Food Chemistry. Heidelberg: Springer Verlag.

Bhat R, Kamaruddin NS, Min-Tze L, Karim A (2011) “Sonication Improves Kasturi Lime (Citrus Microcarpa) Juice Quality”, Ultrasonics Sonochemistry, 18 (6), 1295-1300.

Biesalski HK (1995) “Antioxidative Vitamine in der Prävention”. Deutsches Ärzteblatt, 92, 1316-1321.

Brennan JG (2006) Food processing handbook. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim, 219.

Çimen ÖB, Öztürk S, Durak İ, Kaçmaz M, Çimen BH (1999) “Oxidant / Antioxidant Status of Plasma Samples From Patients With Rheumatoid Arthritis”, Original Paper, (19), 35-37.

Dereli U (2010) “Siyah Havuç Suyu Konsantresi Üretimi ve Depolanması Sürecinde Fenolik Maddelerdeki Değişimler ve Bu Değişimlerin Antioksidan Aktivite ile İlişkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dubrovic I, Badanjak M, Herceg Z, Jambrak A, Uzelac VD (2011) “Effect of High Intensity Ultrasound and Pasteurization on Anthocyanin Content in Strawberry Juice”, Food Technol. Biotechnol, 49 (2), 196–204.

- Duncan, DB (1955) Multiple Range and Multiple F-Test. *Biometrics*, 11: 1- 42.
- Duran K, Bahtiyar İ, Ekmekçi A (2006) ‘‘Ultrason Teknolojisi Tekstil ve Konfeksiyon’’, (3), 155-158.
- Eissa HA, Saad SM, Elaleem İM, Foda A, Abdelmoniem GM, Wafaa AI (2013) ‘‘Effects of Thermosonication on Apple and Guava Juices Quality’’, *Journal of Applied Sciences Research*, (8), 5323-5336.
- Ekşi A ve Özhamamcı İ (2009) ‘‘Chemical Composition and Guide Values of Pomegranate Juice’’ *Gıda*, 34 (5), 265-270.
- Erte E (2007) Siyah Üzümde (*Vitis Vinifera* L.) Bulunan Resveratrol’ün Üretim Veriminin Artırılmasına Ses Ötesi Dalgaların Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gao HP and Rupasinghe V (2012) ‘‘Nutritional. Physicochemical and Microbial Quality of Ultrasound-Treated Apple-Carrot Juice Blends’’, *Food and Nutrition Sciences*, (3), 212-218.
- Hall C 2001 ‘‘Source of Natural Antioxidants: Oilseeds, Nuts, Cereals, Legumes, Animal Products and Microbial Sources’’, *Antioxidants in Food, Practical Applications*, J Pokorny, N Yanislhlieva and M Gordon (eds), 169-219.
- Hancock R, Stewart D (2009) ‘‘Enhancing The Nutritional Quality of Fruit Juices Advanced Technologies For Juice Extraction and Pasteurization’’. *Biotechnology in Functional Foods and Nutraceuticals*, 463-484.
- Horvitz MA, Simon PW, Tanumihardjo SA (2004) ‘‘Lycopene And *B*-Carotene are Bioavailable From Lycopene ‘Red’ Carrots in Humans’’, *Eur J Clin Nutr*, (58), 803–11.
- Huma Z, Chemat F, Khan MK (2011) ‘‘Applications Of Ultrasound In Food Technology: Processing. Preservation And Extraction’’, *Ultrasonics Sonochemistry*, (18), 813–835.
- Jabbar S, Wu T, Hashim M, Hu B, Lei S, Zhang X, Zeng X, Abid M (2014) ‘‘Study on Combined Effects of Blanching and Sonication on Different Quality Parameters of Carrot Juice’’, *Int J Food Sci Nutr*, (1), 28–33.
- Javanmardi J, Stushnoff C, Locke E, Vivanco JM (2003) ‘‘Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Iranian *Ocimum* Accessions’’, *Food Chemistry*, (83), 547–550.
- Jiang A and Zou Y (2016) ‘‘Effect of Ultrasound Treatment on Quality and Microbial Load of Carrot Juice’’, *Food Science and Technology*, (36), 111-115.
- Karadeniz F, Burdurlu HS, Koca N, Soyer Y (2005) ‘‘Antioxidant Activity of

- Selected Fruits and Vegetables Grown in Turkey” Turkish Journal of Agriculture and Forestry, (29), 297-303.
- Karadeniz F ve Erge HS (2011) “Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı”, Gıda Mühendisleri Dergisi 33.
- Lei S, Abid M, Jabbar S, Wu T, Hashim M, Hu B, Zhu X, Zeng X (2013) “Effect of Ultrasound on Different Quality Parameters of Apple Juice Ultrasonics Sonochemistry”, (20), 1182–1187.
- Lineback DR (1999) “The Chemistry of Complex Carbohydrates”, Marcel Dekker, New York, 1–17.
- Laugks J, Cesonienė L, Karklelienė R (2013) “The Influence of The Sample Preparation of Carrots (*Daucus Carota* L. *Neptun*) on The Antioxidant Activity and Phenolic Compounds”. Biologija, (59), 187–194.
- Martin J (2016) “Applications of Ultrasound in The Beverage Industry”, Food Science and technology, 7-11.
- Martinez-Flores HE, Garnica-Romo MG, Bermudez-Aguirre D, Pokhrel PR, Barbosa-Canovas GV (2015) “Physico-Chemical Parameters. Bioactive Compounds and Microbial Quality of Thermo-Sonicated Carrot Juice During Storage”, Food Chemistry, (172), 650–656.
- Marx M, Schieber A, Reinhold (2000) “Analytical. Nutritional and Clinical Methods Section Quantitative Determination of Carotene Stereoisomers in Carrot Juices and Vitamin Supplemented (ATBC) Drinks”, Food Chemistry, (70), 403-408.
- Masuzawa N, Ohdaira E, Ide M (2000) “Effects of Ultrasonic Irradiation on Phenolic Compounds in Wine”, Japanese Journal of Applied Physics, (39), 2978.
- Oviasogie P, Okoro D, Ndiokwere C (2009) “Determination of Total Phenolic Amount of Some Edible Fruits and Vegetables. African Journal of Biotechnology, (8), 2819-2820.
- Öztaş T, (2006) “Mor Havuç, Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profiline Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Phan CT and Hsu H (1973) “Physical And Chemical Changes Occurring in The Carrot Root During Growth”, Canad J Plant Sci, (53), 629–34.
- Rastogi NK (2011) “Opportunities And Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing”, Critical Reviews In Food Science And Nutrition.705-733.
- Rawson A, Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Brennan C, Cullen PJ, O'Donnell C (2011) “Effect of Thermosonication on Bioactive Compounds in Watermelon

- Juice'', Food Research International, (44), 1168–1173.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) "Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay'', Free Radical Biology and Medicine, (26), 1231-1237.
- Rosenfeld HJ, Samuelsen RT, Lea P (1998) "The Effect of Temperature on Sensory Quality, Chemical Composition and Growth of Carrots (*Daucus carota* L.)'', Constant diurnal temperature. J Hort Sci Biotechnol, (73), 275–88.
- Rubatzky VE, Quiros CF, Simon PW (1999) "Carrots and Related Vegetable Umbelliferae'', Wallingford, U.K.: CABI Publishing.
- Sharma KD, Attri S, Karki S, Thakur NS (2012) "Chemical Composition. Functional Properties and Processing of Carrot—a Review'', Food Sci Technol, (49), 22–32.
- Simon PW (1990) "Carrots and Other Horticultural Crops as a Source of Provitamin A Carotenes'', Hortscience, (25), 1495–9.
- Simon PW (2000) "Domestication, Historical Development, and Modern Breeding Of Carrot'', Plant Breed Rev, (19), 157–90.
- Singleton VL and Rossi JJ (1965) "Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents'', American Journal of Enology And Viticulture, (16), 44-58.
- Tiwari B, O'Donnell C, Cullen P (2009a) "Effect of non Thermal Processing Technologies on The Anthocyanin Content of Fruit Juices'', Trends in Food Science & Technology, (20), 137-145.
- Tiwari B, O'Donnell C, Patras A, Brunton N, Cullen P (2009b) "Stability of Anthocyanins and Ascorbic Acid in Sonicated Strawberry Juice During Storage'', European Food Research and Technology, (228), 717-724.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Cullen PJ (2009c) "Effect of Sonication on Retention of Anthocyanins in Blackberry Juice'', Journal of Food Engineering, 93(2), 166–171.
- Wang S, Melnyk JP, Tsao R, Marcone FM (2011) "How Natural Dietary Antioxidants in Fruits, Vegetables and Legumes Promote Vascular Health'', Food Research International, (44), 14–22.
- Zhang D and Hamauzu Y (2004) "Phenolic Compounds and Their Antioxidant Properties in Different Tissues of Carrots (*Daucus carota* L.)'', Food Agriculture & Environment, (1), 95-100.
- Zeng X, Aadil M, Han Z, Sun W (2013) "Effects of Ultrasound Treatments on Quality of Grapefruit Juice'', Food Chemistry, (141) 3201-3206.

EKLER

7. EKLER

EK A. Farklı sıcaklık ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyunda pH değerleri

		pH						
		Depolama süresi (gün)						
		0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)		6.56±0.01	6.62±0.28	6.68±0.06	6.75±0.04	6.65±0.09	5.85±1.11	5.1±0.44
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu								
% 50 Genlik değeri	30 °C	6.66±0.04	6.56±0.21	6.73±0.01	5.66±1.46	5.56±1.15	5.15±0.1	5.06±0.59
	40 °C	6.63±0.02	6.61±0.01	6.64±0.04	5.98±1.00	5.59±1.64	5.85±1.35	5.82±1.36
	50 °C	6.59±0.02	6.58±0.02	6.59±0.01	6.62±0.03	6.6±0.04	6.61±0.05	6.6±0.03
% 100 Genlik değeri	30 °C	6.66±0.06	6.66±0.13	6.46±0.35	5.73±1.46	5.78±1.36	5.71±1.31	5.54±1.42
	40 °C	6.63±0.1	6.63±0.5	6.6±0.1	6.62±0.3	6.63±0.7	6.62±0.5	6.6±0.3
	50 °C	6.59±0.03	6.63±0.06	6.6±0.01	6.6±0	6.62±0.01	6.62±0.01	6.58±0.03

EK B. Farklı sıcaklık ve genlikte ultrasonikasyon uygulanan havuç suyuunda °Bx değerleri

		°Bx						
		Depolama süresi (gün)						
		0	2	4	6	8	10	12
Ultrasonikasyon uygulanmayan taze havuç suyu (Kontrol)		8.7±2.12	8.28±1.45	8.23±1.52	8.1±1.62	8±1.91	8±2.19	7.9±2.19
Ultrasonikasyon uygulanan taze havuç suyu	% 50 Genlik değeri	30 °C	7.8±1.84	7.78±1.80	7.98±1.87	7.53±1.59	7.45±1.48	7.35±1.48
		40 °C	7.9±1.7	7.9 ±1.87	7.95±1.77	8±0.92	7.7±1.48	7.7±1.41
		50 °C	8.18±2.02	7.98±1.66	8±1.48	7.88±1.80	7.85±1.91	7.95±1.76
	% 100 Genlik değeri	30 °C	7.78±1.66	7.95±1.77	7.98±1.87	8±1.13	7.68±1.59	7.58±1.45
		40 °C	7.8±1.98	6±1.20	8.25±1.91	7.85±1.98	8.03±1.59	7.88±1.80
		50 °C	7.95±1.77	7.93±1.73	7.93±1.52	7.95±1.87	7.88±1.87	7.98±1.80

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Merve ERGÜVEN

Doğum Yeri ve Tarihi : GEREDE, 01. 01. 1988

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi, Gıda Mühendisliği

Elektronik posta : turkerimerve@hotmail.com

İletişim Adresi :Kültür Mah. Ayaz Sok. Burcukent Başaran
Sitesi A Blok No:1/7 Nilüfer / BURSA