



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe KILINÇ

BAL KABAĞI SUYUNUN PASTÖRİZASYONU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

OSMANİYE – 2018

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

BAL KABAĞI SUYUNUN PASTÖRİZASYONU

Ayşe KILINÇ

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**OSMANİYE
HAZİRAN – 2018**

TEZ ONAYI

BAL KABAĞI SUYUNUN PASTÖRİZASYONU

Ayşe KILINÇ tarafından Dr. Öğr. Üyesi Hande DEMİR danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Ana Bilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hande DEMİR
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, OKÜ

Üye: Prof. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, KSÜ

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Levent Yurdaer AYDEMİR
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana BTÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu Çalışma O.K.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

BAP Proje No: OKÜBAP-2017-PT3-031

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Ayşe KILINÇ



ÖZET

BAL KABAĞI SUYUNUN PASTÖRİZASYONU

Ayşe KILINÇ

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hande DEMİR

Haziran 2018, 67 sayfa

Bu çalışmada; son yıllarda, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmeyi başaran bal kabağında (*Cucurbita moschata* Butternut) elde edilen bal kabağı suyunun pastörizasyonu için ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem yöntemlerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla; bu uygulamaların bal kabağı suyuna inokule edilen hedef mikroorganizma *E. coli* K-12 (*E. coli* O157:H7'nin vekil suşu)'nin inaktivasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ultrases uygulaması (23 °C, 30 dk) *E. coli* K-12 üzerinde 1 log'dan daha az düşüş sağlayabilmiştir. Termosonikasyon (40, 50, 60 °C, 30 dak) uygulamalarında *E. coli* K-12 sayısında en fazla düşüş 6,62 log ile 60 °C'de, ısı işlem uygulamalarında ise (40, 50, 60, 70, 80 °C, 15 dk) en yüksek inaktivasyon 80 °C'de 4,06 log olarak elde edilmiştir. Ayrıca ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamalarının bal kabağı suyunun; renk değerleri (L*, a*, b*, ΔE), pH, toplam titrasyon asitliği, enzimatik olmayan esmerleşme, suda çözünen toplam katı madde, bulanıklık, toplam fenolik madde konsantrasyonu, toplam flavonoid madde miktarı, toplam karotenoid miktarı ve antioksidan kapasite gibi bazı fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri üzerine etkileri araştırılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonucunda; genel beğeni bakımından taze bal kabağı (kontrol) suyu ile 60 °C'de termosonikasyon uygulanmış örnek arasında önemli ($P<0,05$) bir fark yoktur. Isıl işlem görmüş (80 °C) olan örnekler ise daha düşük genel beğeni skoru almıştır. Yapılan çalışmanın, yeni bir ürün olan bal kabağı suyunun üretilebilirliği konusunda özellikle de pastörizasyon yöntem ve normları açısından üreticilere fikir vereceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bal kabağı suyu, Ultrasonikasyon, Termosonikasyon, Isıl işlem.

ABSTRACT

PASTEURIZATION OF PUMPKIN JUICE

Ayşe KILINÇ

M.Sc., Department of Food Engineering
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hande DEMİR

June 2018, 67 pages

The aim of this study was to investigate the use of ultrasonication, thermosonication and conventional heat treatment for the pasteurization of pumpkin juice obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Butternut) which has recently gained the attention of researchers due to its positive effects on health and nutrition. For this purpose; effects of these treatments on the inactivation of the inoculated target microorganism *Escherichia coli* K-12 (surrogate of pathogenic *E. coli* O157:H7) was monitored. Ultrasonication (23 °C, 30 min) could inactivate less than 1 log of *E. coli* K-12. The maximum inactivation on *E. coli* K-12 was achieved by thermosonication at 60 °C as 6,62 log and followed by conventional heat treatment at 80 °C that could inactivate 4.06 log *E. coli* K-12. Effects of these three methods on the physicochemical and bioactive properties of pumpkin juice such as color (L^* , a^* , b^* , ΔE), pH, titratable acidity, non-enzymatic browning, total soluble solids content, turbidity, total phenolics, total flavonoids and total carotenoids content and antioxidant capacity were studied and statistically analyzed. Sensorial analysis showed a non-significant ($P<0.05$) difference between the fresh (control) and thermosonicated (60 °C) pumpkin juice, with respect to general liking, however, conventional heat-treated samples had the least scores. This study is believed to give idea to the manufacturers on the production of pumpkin juice – a new vegetable juice - emphasizing the type of pasteurization methods and norms.

Key Words: Pumpkin juice, Ultrasonication, Thermosonication, Heat treatment.



Aileme...

TEŞEKKÜR

Lisans üstü eğitime başladığım günden bu yana bana destek olan tez alanımın ve konumun belirlenerek, çalışmamın yürütülmesine yardımcı olan ve çalışma sürecim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hande DEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezime değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Levent Yurdaer AYDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölüm bünyesinde gerçekleştirdiğim çalışmam süresince verdikleri teknik destekten dolayı yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Özge SÜFER'e teşekkür ederim. Tez çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen aileme, Mehmet KILINÇ, Büşra KARA ve Mehmet Onur ORAL'a teşekkür ederim.

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi BAP (OKÜBAP-2017-PT3-031) birimi tarafından desteklenmiştir. Adı geçen kuruma teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| TEZ ONAYI | |
| TEZ BİLDİRİMİ | |
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| İTHAF SAYFASI | iii |
| TEŞEKKÜR..... | iv |
| İÇİNDEKİLER | v |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... | 10 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 21 |
| 3.1 Materyal | 21 |
| 3.1.1 Bal Kabağı..... | 21 |
| 3.1.2 Mikroorganizma..... | 21 |
| 3.1.3 Kullanılan Besiyerleri ve Kimyasal Malzemeler | 21 |
| 3.2 Yöntem..... | 21 |
| 3.2.1 Bal Kabağı Suyu Üretimi..... | 21 |
| 3.2.2 Ultrasonikasyon, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamaları | 22 |
| 3.2.3 Mikrobiyolojik Analizler | 23 |
| 3.2.4 Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Karakterizasyonu | 24 |
| 3.2.5 Bal Kabağı Suyunda Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Kapasite Analizleri ... | 27 |
| 3.2.6 Duyusal Analiz..... | 29 |
| 3.2.7 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması | 30 |
| 3.2.8 İstatistiksel Analiz..... | 32 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 33 |
| 4.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının <i>E. coli</i> K-12 İnaktivasyonu Üzerine Etkileri..... | 33 |
| 4.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 4.2.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Renk Üzerine Etkisi | 34 |
| 4.2.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının pH ve Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi | 38 |
| 4.2.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Suda Çözünen Katı Madde ve Bulanıklık Üzerine Etkisi | 39 |
| 4.2.4 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Enzimatik Olmayan Esmerleşme Üzerine Etkisi..... | 41 |
| 4.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Bal Kabağı Suyunun Biyoaktif Bileşenleri ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkileri | 43 |
| 4.3.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisi | 43 |
| 4.3.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Flavonoid Miktarı Üzerine Etkisi | 44 |
| 4.3.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Karotenoid Miktarı Üzerine Etkisi | 46 |
| 4.3.4 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Antioksidan Kapasite Üzerine Etkisi | 47 |
| 4.4 Duyusal Analiz..... | 49 |
| 4.5 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması | 50 |
| 4.5.1 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulamasının <i>E. coli</i> K-12 İnaktivasyonu Üzerine Etkisi | 50 |
| 4.5.2 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulamasının Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi..... | 52 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 56 |
| KAYNAKLAR | 59 |
| ÖZGEÇMİŞ | 67 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 1.1 Bal kabağının kimyasal bileşimi..... | 3 |
| Çizelge 4.1 Ultrases, termosonikasyon ve ısıtım işlem uygulamaları sonucunda bal kabağı suyunun renk değerleri | 37 |
| Çizelge 4.2 Taze, termosonikasyon ve ısıtım işlem uygulanmış bal kabağı örneklerinin duyuşal panel sonuçları | 50 |
| Çizelge 4.3 250 mL bal kabağı suyunun sistem bileşenlerinden geçiş süreleri..... | 52 |
| Çizelge 4.4 Sürekli sistem termosonikasyon uygulaması sırasında bal kabağı suyunun fizikokimyasal özellikleri..... | 54 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1 Balkabağı bitkisi ve sebzesi (<i>Cucurbita moschata</i> Butternut)..... | 1 |
| Şekil 1.2 Kıtalara göre kabak üretim oranları (%) | 2 |
| Şekil 1.3 Kabak üretimi; İlk 10 ülke sıralaması | 2 |
| Şekil 1.4 Akustik spektrum | 6 |
| Şekil 1.5 Ultrasonikasyon uygulaması ile oluşan akustik kavitasyon olayı. | 7 |
| Şekil 3.1 Bal kabağı suyu üretimi akım şeması | 22 |
| Şekil 3.2 <i>E. coli</i> K-12'nin inokulasyonu | 24 |
| Şekil 3.3 Bal kabağı suyunda enzimatik olmayan esmerleşme tayini akım şeması... .. | 27 |
| Şekil 3.4 Bal kabağı suyunda toplam fenolik madde tayini | 28 |
| Şekil 3.5 Duyusal değerlendirmede kullanılan form örneği | 30 |
| Şekil 3.6 Sürekli sistem termosonikasyon düzeneği | 31 |
| Şekil 4.1 Bal kabağı suyunda ultrases (US), termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısıl işlem (İİ-40, 50, 60, 70, 80) uygulamaları ile <i>E. coli</i> K-12 inaktivasyonu . | 34 |
| Şekil 4.2 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam renk değişimi üzerine etkisi | 37 |
| Şekil 4.3 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin a) pH ve b) titrasyon asitliği üzerine etkisi | 39 |
| Şekil 4.4 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin a) toplam suda çözünen katı madde ve b) bulanıklık üzerine etkisi | 41 |
| Şekil 4.5 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin enzimatik olmayan esmerleşme üzerine etkisi | 42 |
| Şekil 4.6 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam fenolik madde üzerine etkisi | 44 |
| Şekil 4.7 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam flavonoid üzerine etkisi | 46 |
| Şekil 4.8 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi | 47 |
| Şekil 4.9 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin antioksidan kapasite üzerine etkisi | 49 |
| Şekil 4.10 Sürekli sistem termosonikasyon uygulaması sırasında bal kabağı suyunda <i>E. coli</i> K-12 inaktivasyonu | 52 |

SİMGELER ve KISALTMALAR

| | | |
|-----------------|--|---------------|
| a* | Kırmızılık, Yeşillik | |
| ANOVA | Tek-Yönlü Varyans Analizi | |
| b* | Sarılık, mavilik | |
| D | Tüp Çapı | (cm) |
| E | 1 mL 0,1 N NaOH'ın eşdeğer miktarı | |
| F | Titration Faktörü | |
| FAOSTAT | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu İstatistik Veritabanı (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Database) | |
| FDA | Amerikan Gıda ve İlaç dairesi (Food and Drug Administration) | |
| Hz | Hertz | |
| Kob | Koloni Oluşturan Birim | |
| L* | Aydınlık | |
| KHz | Kilohertz | |
| MHz | Megahertz | |
| M | Titre Edilen Örneğin Gerçek Miktarı | |
| NB | Nutrient Broth | |
| NEBI | Enzimatik Olmayan Esmerleşme İndeksi (Non-Enzymatic Browning Index) | |
| N _{Re} | Reynolds Sayısı | |
| NTU | Nefelometrik Bulanıklık Birimi (Nephelometric Turbidity Unit) | |
| P | P-değeri | |
| PCA | Plate Count Agar | |
| SSA | Susuz Sitrik Asit | |
| t | Döngü Süresi | (s) veya (dk) |
| TSA | Tryptic Soy Agar | |
| TSB | Tryptic Soy Broth | |
| V | Harcanan 0,1 N NaOH miktarı | |

| | | |
|------------|--|----------------------|
| ΔE | Örneklerin Toplam Renk Değeri Farklılığı | |
| ρ | Akışkanın Yoğunluğu | (kg/m ³) |
| μ | Akışkanın Viskozitesi | (Pa.s) |
| v | Akışkanın Ortalama hızı | (m/s) |



1. GİRİŞ

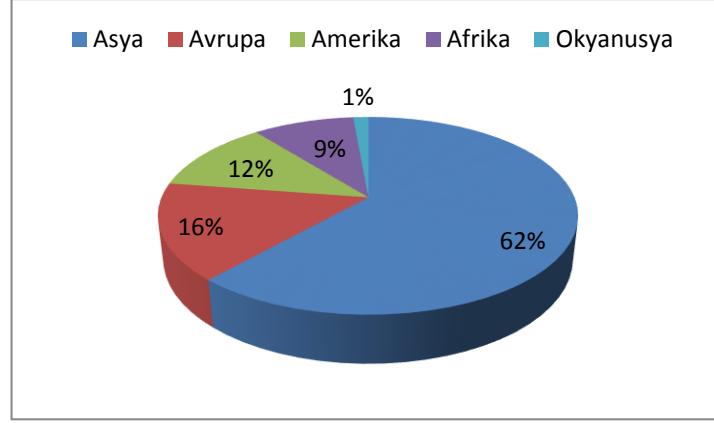
Bal kabağı, Latince adı *Cucurbita moschata* Butternut olan, *Cucurbitaceae* familyasına ait yıllık otsu bir bitkidir. Son yıllarda, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmeye başlamıştır (Darrudi vd., 2018). *Cucurbita* cinsi, beş önemli türden oluşur; *C. pepo* L. (yaz kabağı ve kabak), *C. maxima* Duchesne (bal kabağı), *C. moschata* Duchesne (Butternut), *C. argyrosperma* Huber (*C. mixta* Pang.) ve *C. ficifolia* Bouché 'dur (Yıldız vd., 2012).

Bal kabağı (*Cucurbita moschata* Butternut) kolay yetiştirilebilen, diğer sebze ve meyvelere oranla kalın ve sert kabuklara sahip, kabuk rengi sarıdan turuncuya doğru değişen, ortalama ağırlıkları ise 5-60 kg arasında olan oldukça dayanıklı bir sebzedir. *C. moschata*, en iyi şekilde tropik iklimlerde 6,5-7,5 pH aralığındaki nemli toprakta yetişir. Meyve 3-4 ay gibi bir sürede olgunlaşmaktadır (Kaya, 2016).

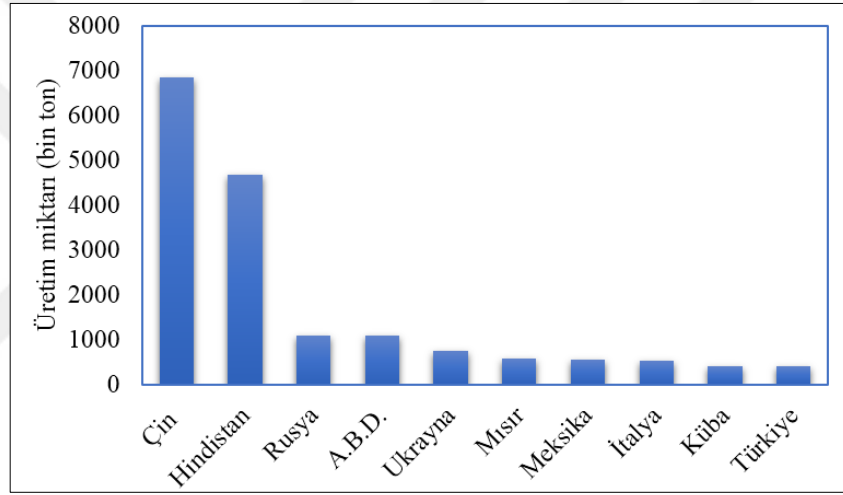


Şekil 1.1 Balkabağı bitkisi ve sebzesi (*Cucurbita moschata* Butternut)

FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütünün) yayımlamış olduğu verilere göre; kabak üretiminin %62'lik kısmı Asya kıtasında, %16'lık kısmı Avrupa'da, %12'lik kısmı Amerika'da %9'luk kısmı Afrika'da ve %1'lik kısmı diğer ülkelerde yapılmaktadır (Şekil 1.2). Son 10 yıldaki üretim miktarı verilerine bakıldığında, Türkiye kabak üretiminde 414542 ton ile onuncu sırada bulunmaktadır (Şekil 1.3), (FAOSTAT, 2018).



Şekil 1.2 Kıtalara göre kabak üretim oranları (%) (FAOSTAT, 2018b)



Şekil 1.3 Kabak üretimi; İlk 10 ülke sıralaması (FAOSTAT, 2018a)

Cucurbita moschata pektin, mineral tuzları, karotenoidler, A vitamini gibi vücut için önemli biyoaktif bileşikler içermektedir (Aydın, 2014). *Cucurbita moschata* hakkında yapılan çalışmalar sonucu, A vitamini eksikliğinde oluşan görme bozuklukları, diyabet, kanser, hipertansiyon, yüksek kolesterol, mide, kolon kanseri, akciğer, göğüs gibi hastalıkların riskinin azaltılmasında rol oynadığı için, bal kabağının daha fazla tüketilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Noelia vd., 2011). Çizelge 1.1'de bal kabağının kimyasal bileşimi gösterilmektedir (Kaya, 2016.).

Çizelge 1.1 Bal kabağının kimyasal bileşimi (Kaya, 2016).

| Besin Öğeleri | Birimler | Miktar/100 |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| Su | g | 91,60 |
| Karbonhidrat | g | 6,50 |
| Protein | g | 1,00 |
| Toplam yağ | g | 0,10 |
| Lif | g | 0,5 |
| Kül | g | 0,80 |
| Enerji | kcal | 26 |
| Vitaminler | | |
| C vitamini | mg | 9,0 |
| Niasin | mg | 0,600 |
| Tiyamin | mg | 0,050 |
| Rboflavin | mg | 0,110 |
| Pantotenik asit | mg | 0,298 |
| B ₆ Vitamini | mg | 0,061 |
| B ₁₂ Vitamini | mg | 0,00 |
| Folik asit | mg | 0 |
| Toplam Folat | mg | 16 |
| Retinol | mg | 0 |
| A Vitamini | mg | 1600 |
| E Vitamini | mg (ATE) | 1,060 |
| Vitamin A, RAE | µg_(RAE) | 80 |
| Mineraller | | |
| Demir (Fe) | mg | 0,80 |
| Magnezyum (Mg) | mg | 12 |
| Kalsiyum (Ca) | mg | 21 |
| Fosfor (P) | mg | 44 |
| Sodyum (Na) | mg | 1 |
| Potasyum (K) | mg | 340 |
| Çinko | mg | 0,32 |
| Bakır | mg | 0,127 |

| | | |
|---------------------|----|-------|
| Mangan | mg | 0,125 |
| Selenyum | mg | 0,3 |
| Aminoasitler | | |
| Triptofan | g | 0,012 |
| Treonin | g | 0,029 |
| Lisin | g | 0,054 |
| Leusin | g | 0,046 |
| Izoleusin | g | 0,031 |
| Fenilalanin | g | 0,032 |
| Sistein | g | 0,003 |
| Metionin | g | 0,011 |
| Arjinin | g | 0,028 |
| Trosin | g | 0,042 |
| Valin | g | 0,035 |
| Alanin | g | 0,028 |
| Histidin | g | 0,016 |
| Glutamik asit | g | 0,184 |
| Aspartik asit | g | 0,102 |
| Serin | g | 0,44 |
| Prolin | g | 0,026 |
| Glisin | g | 0,027 |

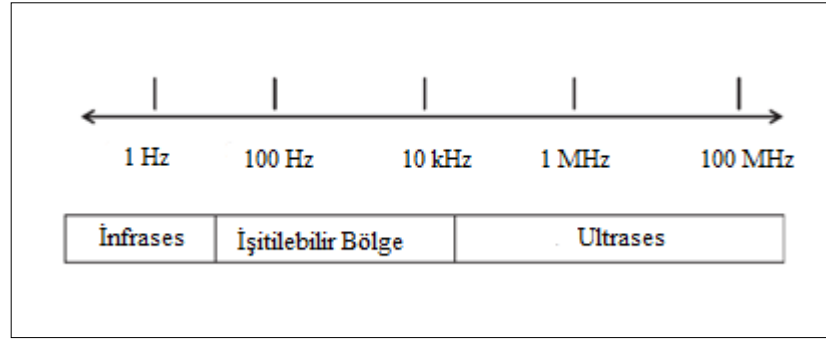
Bal kabağı, doğrudan tüketim veya püre haline getirildiğinde, şurup, reğel, ęorba, kurabiye, ekmek, kek gibi gıdalarda hammadde olarak kullanılan bir üründür. Türkiye’de ise en çok kahvaltılık reğel ve tatlı olarak tüketilmektedir (Karaağaç, 2013).

Meyveler ve sebzeler, normal büyüme ve insan sağlığı için diyetin önemli ve ayrılmaz bir parçasıdır. Vücut için gerekli olan vitamin, mineraller, karatenoidler, flavonoidler, diyet lifi birçok önemli bileşik bulundururlar (Khandpur ve Gogate, 2016). Ülkemiz meyve ve sebze çeşitliliği ve üretimi açısından zengin bir ülkedir. Bu durum meyve ve sebze suyuna olan ilgiyi arttırmaktadır. Çünkü meyve ve sebze suyu; meyve ve sebzeyi en iyi yansıtan bir içecektir (Taştan, 2014). Meyve ve sebze suları; su (%80–

95), vitamin ve mineraller açısından insan sağlığına yararlı bileşenleri içerdiklerinden yüksek besin değerine sahip içeceklerdir. Ancak, meyve ve sebze suları yüksek miktarda su (%80–95) içerdiklerinden mikrobiyolojik stabiliteleri çok düşüktür (Dinçer, 2014). Meyve ve sebze suyu endüstrisinde, mikrobiyal inaktivasyon için en yaygın olarak kullanılan yöntem ısı işlemlerdir. Ancak bu yöntemler ile vitamin, tat, renk, duyuşal özellikler ve diğer önemli bileşenler azalmaktadır. Bu etkilerden yüksek sıcaklık sorumludur ve besin bileşenlerinin kaybı, lezzet, tat ve dokudaki değişiklikler gözlenebilir ve çoğu zaman ürünü geliştirmek için katkı maddelerine ihtiyaç duyulur (Martini, 2013).

Artan tüketici talebi nedeniyle, pastörizasyon ve sterilizasyon için alternatif yöntemler arandığında, besin içeriği ve genel gıda kalitesi üzerinde nispeten daha olumlu etkileri nedeniyle yeni gıda işleme yöntemleri önem kazanmaktadır (Piyasena vd., 2003). Taze meyve suyu tüketiminin ve ısı işlemlerden kaynaklı besinsel ve kalite sorunlarının artması nedeniyle, yüksek hidrostatik basınç (HHP), basınç altında ultrases, iyonize ışınlama ve darbeli elektrik alanı (PEF) gibi mikroorganizmaları inaktive etmek için alternatif yöntemler geliştirilmiştir (Dinçer, 2015). FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) meyve suyundaki önemli bazı mikroorganizmalarda 5 log'luk azalma sağlanması pastörizasyon kriteri olarak belirlemiştir (Dinçer, 2014).

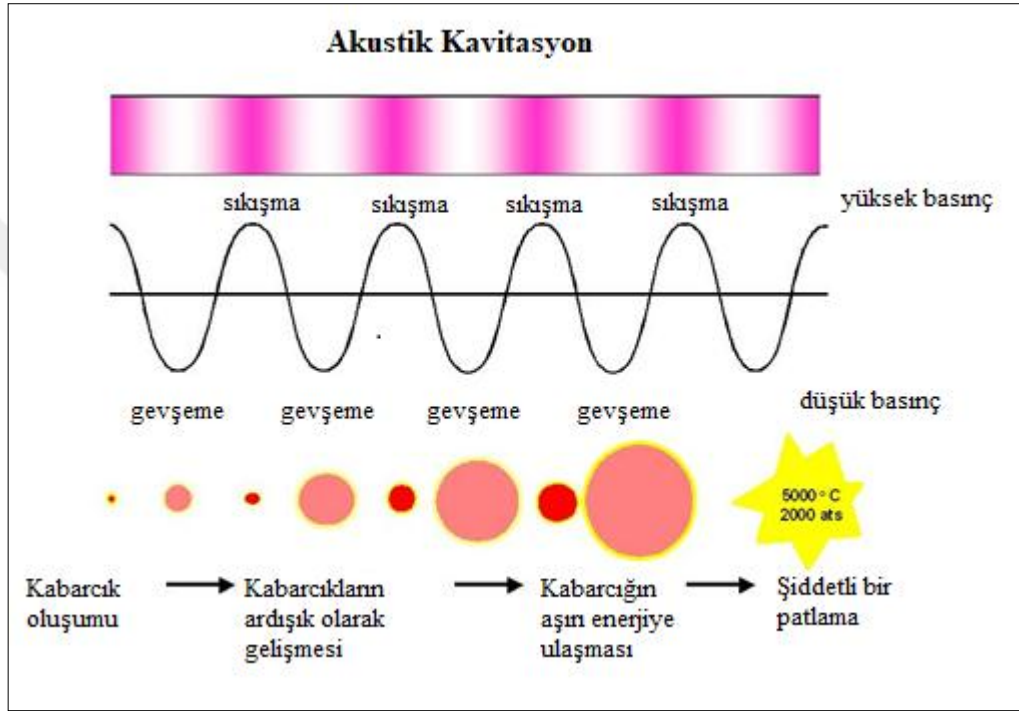
Ultrases, gıdaların korunması ve kalitenin iyileştirilmesi için geleneksel olmayan bir işleme teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Cao vd., 2018). Ultrases işleme veya sonikasyon, gıda endüstrisinde ümit vaat eden alternatif teknolojilerden biridir. Sonikasyon tek başına gıdadaki bakterileri öldürmede çok etkili değildir; bununla birlikte, basınç ve / veya ısı ile birleştirilmiş ultrases kullanımı ümit vaat etmektedir (Piyasena vd., 2003). Ultrases, insan işitme aralığının üst sınırına yakın olan 16 kHz'de başlayan yüksek frekanslı bir dizi ses dalgasından oluşur (Martini, 2013) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Akustik spektrum (Demirdöven ve Baysal, 2009)

Ultrases düşük yoğunluklu ultrases (5-10 MHz) ve yüksek yoğunluklu ultrases (20-100 kHz) olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılır (Kırmusaoğlu, 2013). Düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları gıda sanayiinde fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesinde ve proses kontrolünde kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu ultrases ise emülsiyon oluşturma, ekstraksiyon, homojenizasyon, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, kristalizasyon işlemlerinde, mikroorganizma ve enzimlerin etkisiz hale getirilmesinde, kurutma ve temizleme işlemlerinde uygulanmaktadır (Dinçer, 2014). Ultrases tarafından üretilen kabarcıklar çok yüksek basınçlara ve sıcaklıklara neden olur, dolayısıyla serbest radikaller ve güçlü mekanik kuvvetler üretilerek mikroorganizmaların inaktivasyonuna neden olur. Azaltılmış işlem süresi, daha yüksek verim, daha düşük enerji tüketimi, minimal lezzet kaybı ve daha yüksek homojenlik, ısıl işleme göre ultrasonikasyonun avantajlarıdır (Kırmusaoğlu, 2013). Ses dalgalarını yaymak için kullanılan ultrases sistemleri; jeneratör, transduser (dönüştürücü) ve dağıtıcı olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Jeneratörler belirli bir frekansta elektrik akımını yüksek frekanslı alternatif akıma çevirerek dönüştürücüye iletirler. Dönüştürücüler alternatif akımı mekanik titreşimlere dönüştürerek dağıtıcı kısma iletirler. Dağıtıcı ise mekanik titreşimleri sıvı ortama iletilmesini sağlar (Dinçer, 2014). Ultrases işleminin mikroorganizmaları inaktive etmek için kavitasyon (gaz kabarcıklarının patlaması) yeteneğine sahiptir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Ses dalgası sıvı ortama gönderildiğinde boyuna dalgalar oluşturarak kasılıp gevşeme olayları gerçekleştirir. Genleşme döngüsü sırasında, yüksek yoğunluklu ultrases dalgası bir sıvı içinde büyüyen küçük kabarcıklar üretir. Mikro kabarcıklar ardışık hacme ulaşır ve şiddetli bir şekilde yayılırlar. Çünkü uzun süre yeterli enerji tutamazlar. Kabarcıklar ses dalgalarının

etkisiyle doğru basınç ve sıcaklık koşullarına ulaştığında ise patlamaktadır, bu olaya kavitasyon adı verilir (Güzel, 2013). Geçici ve kararlı olmak üzere 2 tip kavitasyon oluşmaktadır. Geçici kavitasyon, lokalize yüksek basınç ve yüksek sıcaklıklar gibi mekanik etkiler gerektirirken, kararlı kavitasyon, hücrelerin etrafını saran kabarcıkların sürekli olarak patlaması ve patlama sonucu oluşan mikro-akış oluşturma kayma gerilmesi yaratır (Anaya-Esparza vd., 2017)



Şekil 1.5 Ultrasonikasyon uygulaması ile oluşan akustik kavitasyon olayı (Başlar, 2011)

Ultrasesin sıvı ortam içerisindeki etkinliği; uygulanan ortamın karakteristik özelliklerine, viskozitesine, yüzey gerilimine, buhar basıncına, çözülmüş gazların yapısı ve konsantrasyonuna, katı parçacıkların varlığına, basınç ve sıcaklık değerlerine, ultrases jeneratörüne (frekans, güç girdisi) ve ultrases uygulayıcısı olan cihazın boyut ve geometrisine bağlıdır (Demirdöven ve Baysal, 2009).

Ultrases uygulaması ile mikroorganizmaların inaktivasyonunu ise; uygulanan ultrases dalgalarının genliği (amplitüd), maruz kalma süresi, uygulanan gıdanın hacmi, gıdanın bileşimi ve uygulama sıcaklığı gibi faktörlerin etkilediği bilinmektedir (Chemat vd.,

2011). Bunun yanında ultrases uygulamalarında; daha büyük hücrelerin, daha küçük hücrelere göre; gram-negatif bakterilerin, gram-pozitif bakterilere göre; basillerin, koklara göre ve ayrıca gelişmekte olan vejetatif hücrelerin spora göre daha duyarlı ve dayanıksız olduğu belirtilmiştir (Chemat vd., 2011).

Ultrases tekniğinin mikrobiyal ve enzim inaktivasyon etkinliğinin artırılabilmesi için, termosonikasyon (TS), (sıcaklık ve ultrases), monosonikasyon (MS), (ultrases ve basınç 600 kPa), monotermosonikasyon (MTS), (basınç, sıcaklık ve ultrases) ve fotosonikasyon (FS) (ultrases ve UV) gibi uygulamalarla kombine edilmesi gerekmektedir (Başlar, 2011). Ultrases ve ısı uygulaması termosonikasyon (TS) olarak adlandırılmaktadır. Isı ve ultrases kombine kullanımının, ısı işlemlerin zaman ve / veya sıcaklıklarında (%25–50 oranında) azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Sıcaklığın ve / veya işlem süresinin azaltılması ise gıda kalitesinin iyileştirilmesine neden olmaktadır (Demirdöven ve Baysal, 2009).

Ülkemizde bal kabağı üretimi yapılmaktadır, ancak bal kabağı suyu üretimi henüz yapılmamaktadır. Çin, Hindistan gibi bal kabağı üretimi fazla olan ülkelerde bal kabağı suyu üretilmektedir ve bal kabağından üretilen birçok ürün gıda sektöründe yerini almaktadır. Meyve suyu ve pastacılık sektöründe bal kabağı suyu ve konsantresinin kullanılması mümkündür. Bal kabağı meyvesinin bütün özellikleri göz önünde bulundurularak hammadde olarak yeni kullanım alanlarına sunmak amacıyla değişik işleme yöntemlerinin geliştirilmesi bu sebze katma değer kazandırılması açısından önem taşımaktadır.

Bu amaçla bu tez kapsamında; bal kabağı suyu ürününde geleneksel ısı işlem ve son yıllarda sıkça kullanılan düşük sıcaklıklarda ultrases ile pastörizasyon işlemi uygulamalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu işlemlerin uygulanması sırasında bal kabağı suyunda meydana gelen bazı fizikokimyasal değişimler ve duyu özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca ultrases ve ısı işlem ile kombine edilerek oluşturulan sürekli sistemde pastörizasyon işlemi yapılarak endüstride kullanılabilir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Literatürde Őimdiye kadar bal kabağı (*Cucurbita moschata* Butternut) sebzesinde elde edilen bal kabağı suyuna raf ömrü kazandırılması amacıyla herhangi bir gıda muhafaza yöntemi uygulanmasına dair yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bal kabağı, (*Cucurbita moschata* Butternut) içerdiği protein ve karbonhidrat bakımından besleyici bir meyve olup zengin vitamin ve mineral içeriğine sahiptir. Sağlık açısından olumlu etkileri bulunmasına rağmen ülkemizde bal kabağından üretilen ürünlerin taze ya da ticari şekli kısıtlıdır. Bal kabağı suyunun pastörizasyonu için ultrases, termosonikasyon ve geleneksel ısı işlem yönteminin kullanılabilirliğine dair literatürde önemli bir kaynağa rastlanılmamıştır. Bununla birlikte yapılan bilimsel çalışmalar bal kabağının üretim teknolojisi, bileşimi, fizikokimyasal özellikleri ve kurutulması üzerinedir. Kaya (2016), bal kabağı suyu üretim teknolojisini geliştirilmesi üzerine yaptığı çalışmada laboratuvar ölçeğinde pastörizasyon ve konsantrasyon işlemleri uygulamıştır. Ancak pastörizasyon yöntem ve normları açısından herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır.

Mikroorganizmalar ve enzimler, gıda bozulmasından sorumlu başlıca faktörlerdir (Chemat vd., 2011). Taze meyve suyu tüketiminin ve ısı işlemlerden kaynaklanan sorunların artması nedeniyle, yüksek hidrostatik basınç, basınç altında ultrases, iyonize ışınlama ve darbeli elektrik alan gibi mikroorganizmaları öldürmek için alternatif yöntemler geliştirilmiştir (Başlar, 2011). Geliştirilmekte olan bu yeni teknolojiler, koruyucu madde kullanılmadan gıdaların korunmasını sağlarken, besin değerini ve organoleptik özelliklerini (doku, renk, tat) değiştirmeden düşük bir enerji tüketimi, rekabetçi bir maliyet, çevre dostu ve güvenlik derecesini yüksek bir seviyede tutmaktadır. Ultrases de bu yeni teknolojilerden biridir (Chemat vd., 2011). Ultrases ile yapılan literatür taramasında çalışmaların büyük çoğunluğu meyve ve sebze suları üzerinde hedef mikroorganizmanın sayıca azaltılmasının yanı sıra ultrases uygulamasının ürünün kalite özellikleri üzerindeki etkisinin de araştırılması şeklinde yapılmıştır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Ultrases parametreleri ve meyve suları üzerine etkileri (Paniwnyk, 2017)

| Örnek | DeneySEL parametreler | Ultrasesin etkisi |
|--|--|---|
| Greyfurt | 28 kHz, 30, 60 ve 90 dk, 20° C | Bulanıklık değerinde, total antioksidan kapasitede, DPPH serbest radikal süpürme aktivitesinde, askorbik asitte, toplam fenoliklerde, flavonoidlerde belirgin gelişme. |
| Elma | 25 kHz, 0,06 W/cm ³ , 30 dk ve 20 kHz, 0,30 W/cm ³ , 5 ve 10 dk, 20, 40 ve 60 °C | Enzimlerin (polifenolaz, peroksidaz ve pektinmetilesteraz) ve mikrofloranın inaktivasyonu |
| Elma | 25 kHz, 2 W/cm ² , (%70 genlik), 0, 30 ve 60 dk, 20 °C | Polifenolik bileşiklerin ve şekerlerin konsantrasyonu önemli ölçüde arttı |
| Elma | 20 kHz, 20 °C, 3 dk, 5 sn darbe süreleri | Mikrobiyal popülasyonda belirgin azalma, meyve suyu özellikleri üzerinde anlamlı bir etki yok |
| Üzüm | Hasat sonrası 5 dk 40 kHz sonikasyon ve daha sonra 25 °C'de karanlıkta 6 saat inkübe | Renk değerlerinde, bulanıklık değerinde, askorbik asitte ve antioksidan kapasitede önemli artışlar |
| Dut | 20 kHz, 650 W, 30 dk 20 °C | Resveratrolde 1,53, 1,15 ve 1,24 artış |
| Portakal, tatlı yeşil limon, havuç ve ıspanak suları | 20 kHz, 100 W, 15 dk UV uygulaması (2 UV-C lambası (254 nm) 8 W) | Daha fazla toplam fenolik, antosiyanin ve antioksidan aktivite sergileyen ultrasonik olarak işlenmiş örnekler ile daha fazla biyoaktif bileşik ve antioksidan aktivite |
| Ekşi portakal | 20 kHz, 80 °C'de 21,8 dk, 80 °C'de ise 9,8 dk. | Ultrasesle işlem görmüş meyve suyu, beslenme özelliklerinin çoğunu muhafaza ederken, ölçek büyütme çalışması ile ıspanak suyu 18 gün boyunca besinleri muhafaza etti ve bu sayede geliştirilmiş bir raf ömrü elde edildi. |
| Ananas | 19 kHz, 376 W/cm ² , 10 dk | Pozitif duyuusal değerlendirme paneli, Pektin metil esterazın inaktivasyonu |
| Kavun | 19 kHz, 376 W/cm ² , 10 dk | <i>L. casei</i> üretimi için süt ürünü olmayan probiyotik içecek geliştirilmesi |
| Armut | 20 kHz, 750 W, 25, 45 ve 65 °C'de 10 dk | <i>L. casei</i> üretimi için süt ürünü olmayan probiyotik içecek geliştirilmesi |
| Chokanan mango | 25 °C'de 40 kHz, 15, 30 ve 60 dk | Askorbik asit ve diğer fenolik bileşiklerin enzim aktivitelerinde belirgin bir azalma ve mikrobiyel yükün tamamen inaktivasyonu |
| | | Bireysel fenolik bileşiklerin tutulması, antioksidan aktivitelerde kayda değer artış |

| | | |
|----------------|---|--|
| Elma | 55–3300 W/L. 23 °C (ortam) ila 60° C ve işleme süreleri 5–20 dk | Pozitif duyuusal değerlendirme paneli Polifenoloksidaz ve peroksidazın kısmi inaktivasyonu Yeni bileşiklerin oluşumu |
| Elma ve nektar | 20, 40 ve 60 °C'lerde 3, 6 ve 9 dk boyunca 20 kHz (genlik 60, 90 ve 120 mm) | |
| Çilek ve Kivi | 40 kHz, 180 W, 10 ve 30 dk | Azaltılmış maya ve küf sayımı |
| Kaktüs Armut | 20 kHz, 1500 W (%80 genlik), 15 ve 25 dk | Pektinmetilesteraz aktivitesindeki minimum artış (14. günden itibaren) ve pastörize edilmiş meyve suyuna benzer toplam plaka sayısı. 14 günlük depolama sonrası fenolik içeriğin artması |

Gıda işlemedeki uygulaması nispeten yeni olsa da yüksek yoğunluklu ultrases dalgalarının hücreleri parçalayabildiğini ve enzimleri denatüre edebildiğini ve düşük yoğunluklu ultrasesin bile hücrelerin metabolizmasını değiştirebileceği kanıtlanmıştır. Ultrases, mikrobiyel aktiviteyi ortadan kaldıracak yeni koruma tekniklerinden biridir. Mikrobiyel inaktivasyonun etkinliğini etkileyen faktörler şunlardır: ultrases dalgalarının genliği, maruz kalma veya temas süresi, işlenmiş gıda hacmi, gıda bileşimi, muamele sıcaklığı, mikroorganizmaların tipi, şekli veya çapından da etkilenir. Ultrases kullanılarak inaktive edilmiş birçok mikroorganizma örneği vardır. Bunların bir kısmı ya kombine ya da tek başına ultrases kullanarak kültür ortamlarında ve diğer gıdalarda incelenmiştir. En çok çalışılan mikroorganizmalar, sadece ultrases alanında değil, aynı zamanda diğer gıda koruma yöntemleri arasında da *Saccharomyces cerevisiae* ve *Escherichia coli*'dir (Chemat vd., 2011). Mikrobiyel öldürme mekanizması, esas olarak hücre zarlarının incelenmesi, lokal ısıtma ve serbest radikallerin üretilmesinden kaynaklanmaktadır. Ultrases işlemi mikroorganizmaları inaktive etmek için kavitasyon (gaz kabarcıklarının patlaması) yeteneğine sahiptir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Kavitasyon, yüksek yoğunluklu "güçlü" ultrases dalgalarının gıdalarda meydana gelmesi için istenen etkiyi sağlayan mekanizmadır. Hücrelerin ölmesi, enzim aktivitesinin inhibisyonu, ürün yüzeylerinin temizlenmesi, ekstraksiyon, filtrasyon, emülsifikasyon ve kristalizasyon tümüyle kavitasyon mekanizmasına dayanır. Geçici ve kararlı olmak üzere 2 tip kavitasyon vardır. Geçici kavitasyon, lokalize yüksek basınç ve yüksek sıcaklıklar gibi mekanik etkiler gerektirirken, kararlı kavitasyon, hücrelerin etrafını saran kabarcıkların sürekli olarak

sönmesi ve patlaması sonucu oluşan kayma gerilimi ile mikro-akış oluşturma esasına dayanır (Anaya-Esparza vd.,2017). Son yıllarda ultrases uygulamalarının çeşitli mikroorganizmalar üzerinde yaptığı etkiyi inceleyen birçok çalışma Paniwnyk (2017) tarafından derlenmiş olup Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Ultrases uygulamasının bazı mikroorganizmalar üzerine etkisi (Paniwnyk, 2017)

| Mikroorganizma | Ultrases Koşulları | Açıklama |
|--------------------------------|--|---|
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 20 kHz (ortam sıcaklığı) | D = 4,3 dk |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 20 kHz (ortam sıcaklığı) ve 200 kPa basınç | D = 1,5 dk |
| <i>Salmonella spp.</i> | 160 kHz, 100 W, 10 dk | 4 log azalma |
| <i>Salmonella typhimurium</i> | 40 °C ve 20 °C'de 30 dk | En yüksek sıcaklıkta 3 log |
| <i>Salmonella typhimurium</i> | 50 °C ve 40 °C'de 30 dk | Sırasıyla 3 ve 2,5 log inme |
| <i>Escherichia coli</i> | 700 kHz, 32 °C, 10 ve 30 dk | 0,83 ve %0,2 sağkalım |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | 21–150 µm, 30 °C ve 200 kPa | Genliğe bağlı olarak 4 ile 0 arasında 37 dk |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 24 kHz, 2–30 dk, 3 W/cm ² | Muamele süresine bağlı olarak %42-43 azalma |
| <i>P. aeruginosa</i> | 24 kHz, 2-30 dk | Uygulama süresinin uzatılmasıyla inaktivasyon oranı %68’den %72’ye çıkmıştır |
| <i>B. subtilis</i> | 24 kHz, 2-30 dk | Uygulama süresinin uzatılmasıyla inaktivasyon oranı %52’den %76’ya çıkmıştır. |
| <i>S. aureus</i> | 24 kHz, 2-30 dk | Uygulama süresinin uzatılmasıyla inaktivasyon oranı %42’den %43’e çıkmıştır. |

Meyve suyu üzerinde ultrasonikasyonun etkilerinin incelendiği çalışmalardan birinde, Abid vd. (2013) ultrases ile muamele edilen (0, 30, 60, 90 dk, 20°C, 25 kHz frekansta) elma suyunun fizikokimyasal, Hunter renk değerleri, antioksidan kapasite, askorbik asit toplam fenolikler, flavonoidler, serbest radikal 2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), titrasyon asitliği, toplam çözünebilir katılar ve mikrobiyal özelliklerini incelemiştir.

pH, toplam çözünebilir katı ve elma suyunun titre edilebilir asitliği üzerinde sonikasyonun herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Sonikasyon, askorbik asit, fenolik bileşikler, antioksidan kapasite, DPPH serbest radikal süpürücü aktivite ve Hunter renk değerlerinde farklılıklar göstermiştir. Ayrıca, mikrobiyel popülasyonda anlamlı ölçüde azalma gözlenmiştir. Bu çalışmanın bulguları, sonikasyon uygulamasının elma suyu kalitesini arttırabileceğini göstermiş olması bakımından önemlidir. Zou vd. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise ultrasesin havuç suyu üzerine etkisi pH, elektriksel iletkenlik, viskozite, renk, toplam çözünebilir katı, toplam şekerler, toplam karotenoidler, askorbik asit içerikleri ve mikrobiyel yükler ölçülerek araştırılmıştır. Havuç suyu pH'sında ultrases muamelesinin anlamlı bir etkisi gözlenmemiş olup, muamele süresi arttıkça elektriksel iletkenlik, viskozite ve renk değerleri artmıştır. Bunun yanında havuç suyunun toplam çözünebilir katılar, toplam şekerler, toplam karotenoidler ve askorbik asit içerikleri ultrases muamelesine bağlı olarak önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca sonikasyon uygulanmış havuç suyunun mikrobiyel yükünde önemli azalma gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, ultrases muamelesinin havuç suyunun kalitesini ve güvenliğini arttırabileceğini göstermiş olup, aynı şekilde sebze suyu olan bal kabağı suyuna ultrasonikasyon uygulanabileceği konusunda çalışmamıza örnek olmuştur.

Tomadoni vd. (2017)'nin çilek suyu üzerinde yapmış olduğu çalışmada 60 °C' de 90 °C' de ısıtma işlemi uygulanmış çilek suyu ile 40 kHz'de 10 dakika ve 30 dakika ultrases uygulanmış ve 5 °C'de depolanan çilek suyunun kalite özelliklerinde meydana gelen değişiklikler karşılaştırılmıştır. Ultrasonik uygulamalar renk parametrelerini muamele edilmemiş numuneden önemli farklılıklar olmaksızın muhafaza ederken, ısıtma işlemi uygulanmış meyve suyu daha düşük L* değerleri ve kontrolden daha yüksek renk tonu (hue açısı) göstermiştir. Muamele edilen ve işlenmemiş örnekler arasında Briks ve toplam asitlik açısından anlamlı fark bulunmadığı ve her iki parametrenin de depolama boyunca değişmeden kaldığı bildirilmiştir. Kontrol ile kıyaslandığında, ultrases muamelesi, 0. günde mezofilik ve psikrofilik bakterilerde ve maya ve küf sayımında önemli bir azalma sağlayamamıştır. Bununla birlikte muamele depolama süresi boyunca mikrobiyel büyüme hızında önemli bir azalma ve kontrol ile karşılaştırıldığında hem polifenol içeriğinde hem de antioksidan aktivitede önemli bir artış göstermiştir. Bir başka çalışmada ise Türken (2017) ise ultrasonikasyonun vişne

suyunun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Vişne suyu, değişen genlik seviyelerinde (%50, 75, 100), sıcaklıklar (20, 30, 40 °C); ve 20 kHz'lik bir sabit frekansta 2, 6, 10 dk ultrases ile muamele edilmiştir. Farklı ultrasonikasyon genliklerinin, sıcaklık ve zamanın pH, Briks ve titrasyon asitliği üzerinde anlamlı bir etki bulunmamıştır. Genlik seviyesi ve sıcaklık arttıkça toplam monomerik antosiyaninlerde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla toplam fenoliklerde de bir artış elde edilmiştir. Vişne suyunun antioksidan kapasitesi üzerine genlik seviyesinin etkisi de anlamlı bulunmuştur. Renk parametreleri (L*, a*, b*, C, h) genellikle sıcaklık, genlik seviyesi ve muamele süresi arttıkça artmaktadır. *Escherichia coli* O157: H7'nin sıcaklık ve muamele süresinden önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir.

Zafra-Rojas vd. (2013) mor kaktüs armudu (*Opuntia ficus-indica*) suyunda yaptığı çalışmada farklı ultrases koşullarının (%40 ve %60, 10, 15, 25 dk; %80 için 3, 5, 8, 10, 15 ve 25 dk) değişen genlik seviyelerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirilen parametreler mor kaktüs armudu sularının kalitesi (stabilite, briks, pH), mikrobiyal büyüme, toplam fenolik bileşikler, askorbik asit ve antioksidan aktivite (ABTS, DPPH ve % şelatlama aktivitesi) ile ilişkilidir. 15 ve 25 dakikalık zaman periyodu için ultrases muamelesi, meyve suyunun kalitesini ve antioksidan özelliklerini etkilememiştir ancak, 15 ve 25 dakikada mikrobiyel sayımı önemli ölçüde azaltmıştır. Sonuç olarak ultrases teknolojisinin mor kaktüs suyu için uygun bir teknik olduğu sonucuna varılmıştır. Santhirasegaram vd. (2013)'e göre taze sıkılmış, ısıl işlem görmüş (90 ° C'de 30 ve 60 sn) ve sonikasyon uygulanmış (25 °C'de, 40 kHz frekansında, 130 W'da 15, 30 ve 60 dk) Chokanan mango suyundaki mikrobiyal inaktivasyon, fizikokimyasal özellikler, antioksidan aktivite ve diğer kalite parametrelerinde gerçekleşen değişimler incelenmiştir. Sonikasyon ve termal işlemden sonra, pH, toplam çözünebilir katılar ve titre edilebilir asitlikte önemli değişiklikler meydana gelmemiştir. Taze sıkılmış meyve suyu (kontrol) ile, 15 ve 30 dakika sonikasyon uğramış meyve suyu karşılaştırıldığında, renk ve askorbik asit içeriği hariç, seçilen kalite parametrelerinde önemli derecede iyileşme göstermiştir. Kontrolle kıyaslandığında 15 ve 30 dakika süreyle ultrasonikasyona tabi tutulan meyve suyunundaki karotenoidlerin (%4-9) ve polifenollerin (%30-35) ekstrakte edilebilirliğinde önemli bir artış gözlenmiştir. Ayrıca, muamele süresi ne olursa olsun,

sonikasyon uygulanmış tüm meyve suyu örneklerinde radikal süpürme aktivitesinin arttığı ve gücünün ise azaldığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, Chokanan mango suyunun termal ve ultrases ile muamelesi sonucu, mikrobiyolojik kalitede önemli ölçüde gelişme görülmüştür, bu nedenle ısıl işleme alternatif olarak güvenlik standartları açısından ve Chokanan mango suyunun kalitesini artırmak için sonikasyon kullanımının mümkün olduğu görülmüştür.

Sıvı bir gıda üzerinde ultrasonikasyonun etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada ise Bhat vd. (2011), taze sıkılmış kasturi yeşil limon suyunun sonikasyon (20 °C, 25 kHz frekansında 0, 30 ve 60 dakika) sonrasında, pH, Briks, titrasyon asitliği, Hunter renk değerleri (L, a, b), askorbik asit, DPPH radikal süpürücü aktivite, toplam fenolikler, antioksidan kapasite, flavonoidler ve flavonoller gibi seçilmiş fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerin ne şekilde etkilendiği araştırılmıştır. 60 dakika sonike edilen meyve suyu örneklerinin 30 dakika boyunca işleme tabi tutulan numunelere ve kontrol numunelerine (işlenmemiş) kıyasla, biyoaktif bileşiklerin çoğunda artış olduğunu göstermiştir. Değişen sonikasyon süresi ile birlikte mikrobiyel yükte önemli düşüşler olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, güvenlik ve kalite standartlarının sağlanması ile birlikte antioksidan ve diğer biyoaktif bileşiklerin muhafaza edilmesi veya geliştirilmesinin istendiği kasturi yeşil limon suyunda sonikasyonun uygun bir şekilde kullanılabilceğini göstermiştir.

Ordóñez-Santos vd. (2017) yaptığı bir çalışmada Cape bektaşi üzüm suyunun biyoaktif bileşenleri (askorbik asit, toplam fenoller, karotenoidler ve provitamin A) ve renk değerleri üzerine ultrasesin etkisi araştırılmıştır. Renk değerleri, askorbik asit, toplam fenoller, karotenoidler ve Retinol Eşdeğer Aktivitesi (REA) ölçülmüştür. Sonuçlar, kromatiklik, sararma indeksinde anlamlı azalmalar ve sonike edilen tüm meyve suyu örneklerinde askorbik asit içeriği gözlemlendi. Fakat renk tonunda önemli artışlar, toplam renk farklılıkları, toplam fenoller, karotenoidler ve RAE değeri kontrol ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ultrases muamelesinin Cape bektaşiüzümü suyu içinde karotenoidler, toplam fenoller ve REA mevcudiyetini arttırdığını göstermiştir.

Dinçer vd. (2015) yaptığı çalışmada *E. coli* ATCC 25922'nin karadut suyunun inaktivasyonu üzerindeki termal pastörizasyon ve ultrases pastörizasyonun farklı güç

yoğunluklarında ve farklı sıcaklıklarda etkileri araştırılmıştır. İnaktivasyon verileri, düzeltilmiş korelasyon katsayısı ve kök ortalama kare hatası bakımından seçilen beş kinetik model ile değerlendirildiğinde; tüm uygulamaların inaktivasyon verilerinin, Weibull modeli ile ve bifazik lineer ve birinci mertebeden modeller ile iyi bir şekilde ifade edildiği görülmüştür. *E. coli*'nin 5 log indirgenmesi için muamele süresi darbeli sonikasyon için 14,10 dk (25 ° C 'da 1,63 W/mL), darbeli sonikasyon ve 50 ° C'de sürekli termosonikasyon için ise 10,45 dakika olarak tahmin edilmiştir. Ek olarak, karadut meyve sularının bazı fizikokimyasal özellikleri de araştırılmıştır. Renk ve bulanıklık değerleri artarken, monomerik antosiyanin içerikleri muamele ile azalmıştır. Bununla birlikte titre edilebilir asitlik, pH, yüzde cinsinden dikkate değer değişiklikler gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Meyve sularında olduğu kadar sebze sularında da sahip olduğu besinsel ve duyuşal özelliklerin ısı işlemden olumsuz etkilenmemesi adına alternatif gıda muhafaza yöntemleri üzerinde çalışılmıştır. Örneğin havuç suyu üzerinde Pokhrel vd. (2017)'in yapmış olduğu çalışmada, ultrases (24 kHz, 120 µm, 400 W) ve sıcaklık (50, 54 ve 58 °C) kombinasyonunun *Escherichia coli* (ATCC 11755) inaktivasyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 50 °C'de ultrases muamelesi ile yapılan mikrobiyel inaktivasyon, 10 dakika sonra 3,5 log indirgemeye ulaşılanırken 54 °C' de, aynı zaman zarfında yaklaşık 5 log indirmeye elde edilmiştir. Ayrıca 58 ° C'deki muamele için, 2 dakika sonra hiçbir canlı hücre saptanmamış olup, bu parametrelerde FDA koşulunun sağlandığı görülmüştür. İncelenen sıcaklıklarda, taze ve ultrasesle işlenmiş örnekler arasında, pH, Briks, titrasyon asitliği, toplam karotenoid, askorbik asit, fenolik bileşikler ve renk üzerinde anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. İnaktivasyon modellerini tahmin etmek için gözlemlenen değerler 3 farklı genel model kullanılarak test edilmiştir: birinci sıra, Weibull dağılımı ve bifazik. Weibull ve bifazik modeller, tüm işlem koşullarında inaktivasyon için iyi korelasyon göstermiştir. Sonuçlar, ultrasonun düşük sıcaklıkla kombinasyon halinde, fizikokimyasal özellikleri etkilemeden güvenli bir ürün sağlayan taze havuç suyunu işlemek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Khandpur ve Gogate (2016) yaptığı bir çalışmada farklı meyve ve sebze sularının (portakal, tatlı kireç, havuç ve ıspanak suları) beslenme kalitesi üzerine ultrases ve

ultraviyole ışınımlarının kullanımına dayanan yeni geleneksel ısıl işlem ile pastörizasyon (80 °C, 10 dk) karşılaştırılması üzerine odaklanmıştır. Ultrases ile sterilizasyon parametreleri 20 kHz ve 100 W gücü ile 15 dakikalık muamele süresine tabi tutulmuştur. Ultraviyole ışınımlar için, 8 W'lık 2 UV-C lambası (254 nm), reaktörün her iki tarafına paralel yerleştirilmiştir. Muamele edilen meyve sularının toplam fenol içeriği, antioksidan aktivite, C vitamini, karbonhidratlar vb. özellikleri analiz edilmiştir. Ultrases işlemine tabi tutulan suyun, besin bileşenlerinin çoğunun kullanılan diğer tüm tekniklere kıyasla daha fazla koruduğu tespit edilmiştir. Meyve ve sebze sularında mikroorganizma inaktivasyonunu sağlamak için kullanılan ultrases ve ultraviyole ışınımların kombinasyonu (önerilen mikroorganizmaların 5 log indirgenmesi) aynı zamanda besinleri termal yöntemle kıyasla daha yüksek bir seviyede tutmuştur; ancak kombine yaklaşımda verimsiz ısı değişimine atfedilebilen sadece ultrases kullanımına kıyasla bazı kayıplar gözlemlenmiştir. Ultrasonik reaktörler kullanılarak ıspanak suyunun iyileştirilmesi için bir ölçeklendirme denemesi yapıldı ve kalite özneliklerinin analizi için, meyve suyunun, soğutulmuş depolama koşullarında 18 günlük raf ömrü deneyi için gerekli besin içeriğinin kriterlerini karşıladığı doğrulanmıştır. Bu çalışma, geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında raf ömrünü uzatırken, içeceklerin beslenme kalitesinin korunmasında ultrason bazlı tedavinin yararlılığını açıkça ortaya koymuştur. Anaya-Esparza vd. (2017) termosonikasyonun (TS), geleneksel ısıl işlemlerin yerine kullanılabilirliği üzerine araştırma yapılmıştır. Meyve ve sebze sularında TS'nin uyguladığı avantajlar ve sınırlamalar gözden geçirilmiştir. Ek olarak, biyoaktif bileşikler, fizikokimyasal özellikler, duyu parametreler, mikrobiyolojik ve enzimatik etkiler de araştırılmıştır. Önemli bulgular ve sonuçlar: Bilimsel kanıtlar, meyve ve sebze sularının kalitesini koruyan meyve ve sebze sularının işlenmesinde, geleneksel ısıl işlemle (60 °C, 30 dk), TS'nin uygulanabilir bir teknoloji olduğunu göstermiştir. Bu teknoloji, kaliteyi korumak ve meyve ve sebze sularının raf ömrünü uzatmak için hızlı, verimli ve güvenilir bir alternatif olduğu belirlenmiştir.

Meyve ve sebze sularının yanında süt üzerinde de ultrasonikasyon etkisinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Villamiel ve Jong (2000)'in bir çalışmasında süt endüstrisi için önemli olan bakterilerin inaktivasyonu için yüksek yoğunluklu ultrases uygulamak amacıyla sürekli akışlı bir ultrasonik muamele cihazı kurulmuştur. Elde

edilen sonuçlar benzer işlem koşulları altında geleneksel bir borulu ısı değiştirici kullanılarak elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Tryptic Soy Broth (TSB)'a inoküle edilen *Pseudomonas fluorescens* ve *Streptococcus thermophilus* ultrases ile inaktive edildiğinde, Gram (-) suşun Gram (+)'ten daha az dirençli olduğu görülmüştür. Muamele sırasında sıcaklık artışı ile ultrason arasında bir ilave etki gözlenmiştir. Bu sonuç, ultrasesle konvansiyonel ısınmayı karşılaştıran bilgisayar simülasyonları ile gösterilmiştir. Sütte elde edilen ön sonuçlar, sürekli akışlı ultrasonik muamelenin süt işleme için ümit verici bir teknik olabileceğini göstermiştir. Bu yöntemin, sütün homojenizasyonu ve parti sistemlerinden daha az enerji tüketimi gibi çeşitli avantajları vardır.

Ultrasenin, son yıllarda daha derinlemesine araştırılmasına rağmen, bazı raporlar, ultrasenin, bazı korunma faktörleri ile kombinasyon halinde, bazı mikroorganizmalar ve enzimler üzerinde pozitif etki gösterdiğini göstermektedir. Ultrases muamelesi, yeterince yüksek yoğunlukta (örneğin 18 kHz'nin üzerindeki frekanslarda) uygulandığında mikroorganizmalar üzerinde ölümcül etkilere sahip olabilir. Literatürdeki bazı raporlar, en yaygın frekanslar 20 ve 24 kHz olmasına rağmen, 14 kHz kadar düşük frekanslarda da mikrobiyal inaktivasyon olduğunu iddia etmektedir. Yine de tek başına ultrasenin mikrobiyal popülasyonları azaltmak için yeterli olmadığı gösterilmiştir. Bu nedenle ultrasenin ısı, basınç veya UV gibi uygulamalarla kombine edilmesi gerekmektedir. Manosonikasyon: ultrason ve basınç kombinasyonu (MS), termosonikasyon: ultrason ve ısı (TS) kombinasyonu, manotermosonikasyon: ultrason, basınç ve ısı (MTS) kombinasyonu bunlardan bazılarıdır. Isı ve ultrases kombinasyonu, tek başına kullanılan yöntemlerle karşılaştırıldığında muamele süresi ve enerji tüketimi açısından çok daha verimlidir (Bermudez-Aguirre vd., 2011).

Tüketicilerin duysal ve besinsel açıdan daha sağlıklı gıda talebi meyve ve sebze suları ya da süt gibi bira için de ısıl işleme alternatif pastörizasyon yöntemleri geliştirme ihtiyacı uyandırmıştır. Milani ve Silva (2017)'nin yapmış olduğu bir çalışmada bira mayası veya mayanın en dirençli formu olan *Saccharomyces cerevisiae* askosporları üzerinde termosonikasyonun etkisi araştırılmıştır. Bunun için 60, 65 ve 70 °C'de 30 saniyede sürekli çalışma modu kullanılmıştır. Biralarda askospor inaktivasyonu modellenmiş ve TS pastörizasyon koşulları önerilmiştir. Son olarak, *S. cerevisiae*

askospor'un bir arada TS ile ısıtılma tabi tutulması ve 55 °C'de ısıtılma yapılması karşılaştırılmıştır. Ultrason ve sürekli TS uygulaması, *S. cerevisiae* sporu inaktivasyonunu hedefleyen minimum bira pastörizasyon gereksinimini elde etmek için yeterli olmamıştır. TS sağkalım eğrileri bir Weibull modeli ile ifade edilebilmiştir. 55 °C'de 38 dakikalık termal işlemin aksine, 50 °C-1,9 dakikada TS ve 55 °C-26 s'de TS, pastörizasyon için yeterli olmuştur. Sonuçlar, biranın farklı alkol içerikleri ve diğer içeceklerle pastörize edilmesine yönelik uygun termosonikasyon koşullarının tasarlanması için faydalı bulunmuştur.

Gıda endüstrisinde ultrases tekniğinin gıda işleme ve muhafazasında ürün veriminin artması, işlem süresinin kısalması yanında gıdalardaki; tat, tekstür, aroma ve rengin geliştirilmesinde; gıda patojenlerinin ise düşük sıcaklıklarda inaktive edilmesinde kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde ultrases ayrıca ekstraksiyon, homojenizasyon, ve separasyon amacıyla endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Ultrases tekniğinin ısı ile kombinasyonu (termosonikasyon) sonucu meyve ve sebze suyu gibi ürünlerin pastörizasyonu ve enzimlerinin inaktivasyonu amacıyla yapılan çalışmalarda laboratuvar ölçeğinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada ultrasonikasyon, termosonikasyon veya ısıtılma uygulaması ile bal kabağı suyu üretimi planlanmıştır. Termosonikasyon ve ısıtılma sonucu, antioksidan aktivite, renk, bulanıklık, briks, pH, titrasyon asitliği, enzimatik olmayan esmerleşme, toplam flavonoid, toplam karotenoid, toplam fenolik madde ve duyuşal özellikleri gibi önemli kalite kriterlerine etkisi incelenerek, yöntemler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın son kısmında bal kabağı suyunun pastörizasyonunu endüstriyel ölçeğe yaklaştırmak için tasarlanmış olan sürekli sistem termosonikasyon denemesinde ise akış esnasında alınan örneklerin mikrobiyel ve bazı fizikokimyasal özellikleri takip edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bal Kabağı

Bal kabağı suyu üretimi için gerekli olan bal kabakları (*Cucurbita moschata* Butternut) Osmaniye’de bulunan bir manavdan temin edildi. Bal kabaklarının boyunlu olmaları, kabuklarının ten renginde olması ve et renginin turuncu olmasına dikkat edildi. Mikrobiyel, fizikokimyasal ve duyu analizleri yapılacak olan bal kabaklarında hasar veya çürüme olmamasına özen gösterildi.

3.1.2 Mikroorganizma

Yapılan çalışmalarda *E. coli* O157:H7’nin vekil suşu olan *Escherichia coli* K-12 kullanıldı. *Escherichia coli* K-12 (ATCC 25253) Uysal Pala ve Kırca Toklucu (2011)’ya göre pH 4,3’e adapte edildi. Adaptasyon işlemi %10 (w/v)’luk sitrik asit kullanılarak kademeli bir şekilde yapıldı.

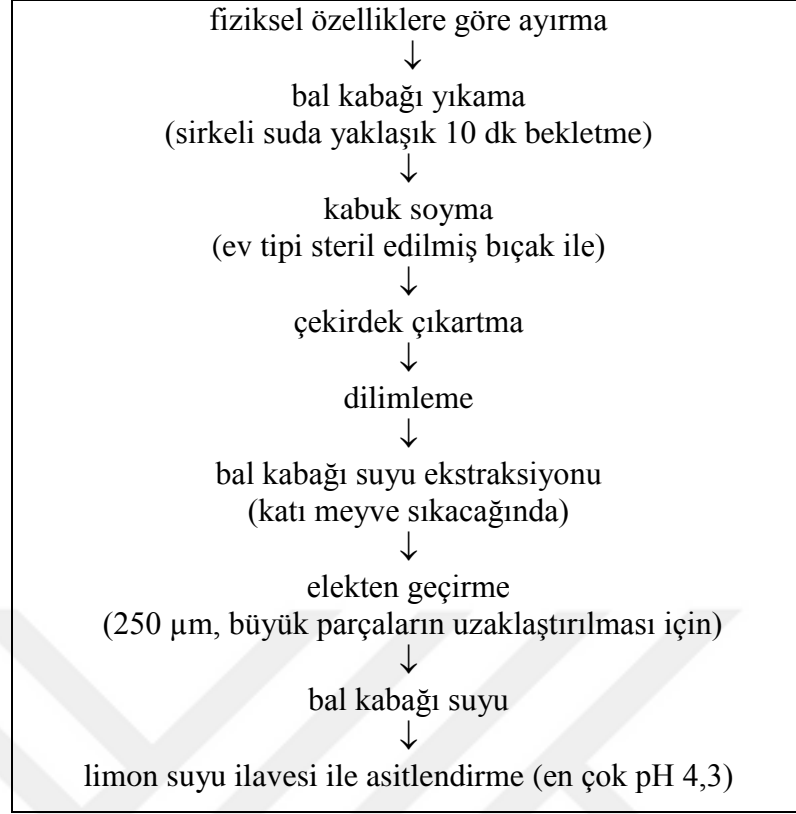
3.1.3 Kullanılan Besiyerleri ve Kimyasal Malzemeler

Plate Count Agar (PCA), Tryptic Soy Agar (TSA), Nutrient Broth (NB), tamponlanmış peptonlu su, Na₂CO₃, NaNO₂, AlCl₃, DPPH, NaOH, β-karoten, Folin-Ciocalteu reaktifi, etil alkol, metanol, petrol eteri ticari bir kimyasal firmasından temin edildi.

3.2 Yöntem

3.2.1 Bal Kabağı Suyu Üretimi

Bal kabağı suyu üretimi Şekil 3.1’de verilen akım şemasına göre yapıldı. Şekil 3.1’de verilen yöntem ile üretilen bal kabağı suyu örnekleri kontrol olarak adlandırıldı.



Şekil 3.1 Bal kabağı suyu üretimi akım şeması

3.2.2 Ultrasonikasyon, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamaları

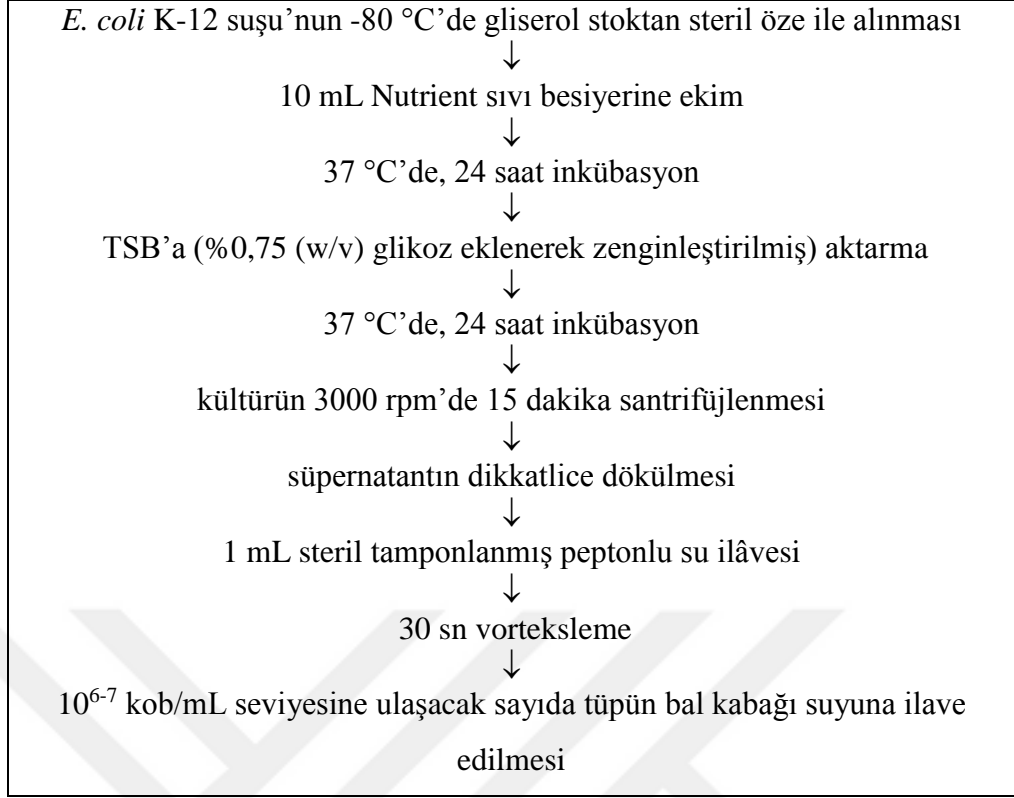
Bal kabağı suyu örnekleri, Şekil 3.1’de belirtildiği yöntemle üretildikten sonra, kapaklı cam tüp içerisinde su banyosunda 90 °C’de 10 dakika ön pastörize edildi. Ön pastörizasyonun amacı bal kabağı suyunun doğal mikroflorasının inaktive edilmesidir. Daha sonra bal kabağı suyu 10 mL’lik plastik kapaklı cam tüplere 9,6 mL hacimde dağıtıldı. Örnek içeren bu tüpler ultrasonikasyon (US) ve termosonikasyon (TS) uygulaması için sıcaklığı ayarlanmış olan ultrasonik (Elmasonic ultrasonic E-100H, Almanya) su banyosunun merkezine dik bir şekilde yerleştirildi. 37 kHz frekansta, 150 W etkin ultrasonik güç ile çalışan bu su banyosunda numuneler 30 dakika muamele edildi. Isıl işlem (İİ) uygulaması için ise örnek içeren tüpler, benzer şekilde istenilen sıcaklığa ayarlanmış olan su banyosunda (Precisdig, JP Selecta S.A., İspanya) 15 dakika muamele edildi. Bu sürelerin sonunda bal kabağı suyu içeren tüpler analizleri yapılmak üzere su banyosundan çıkartılarak buzlu suya daldırıldı.

Her üç uygulama çeşidinde de deney tüplerinin su seviyesinin altında kalacak şekilde su banyosuna yerleştirilmesine ve ısı transferinin etkin bir şekilde yapılabilmesi için elle sürekli olarak çalkalanmasına dikkat edildi. Uygulama başlangıcında bir adet K tipi ısı çift sıcaklık sensörü bir tüpteki bal kabağı suyu içerisine daldırıldı. Tüpün ağzı Parafilm yardımıyla hava geçirmeyecek şekilde sıkıca kapatıldı. Bal kabağı suyunun soğuk noktasındaki sıcaklık istenilen seviyeye (23, 40, 50, 60, 70 ve 80 °C) ulaştığı anda 0,4 mL hedef mikroorganizma tüplere aseptik olarak inokule edildi. Uygulamalar esnasında su banyolarının sıcaklıkları artış gösterdiğinde buz küpleri ilave edilerek sıcaklıklar 23 ± 1 °C (US için), 40 ± 3 , 50 ± 3 , 60 ± 3 °C (TS için), 40 ± 3 , 50 ± 3 , 60 ± 3 , 70 ± 5 ve 80 ± 5 °C (İİ için) sabit tutuldu. Işığın *E. coli* K-12 üzerindeki muhtemel reaktivasyon etkisinin elimine edilmesi için mikrobiyel inaktivasyon çalışmaları karanlıkta yapıldı.

3.2.3 Mikrobiyolojik Analizler

***E. coli* K-12'nin inokulasyonu:**

Murakami vd., 2006; Geveke 2008; Ünlütürk ve Atılgan, 2014'e göre gerçekleştirilen *E. coli* K-12'nin inkübasyonu ve inokulasyonu Şekil 3.2'de verilen akım şemasına göre yürütüldü.



Şekil 3.2 *E. coli* K-12'nin inokulasyonu

***E. coli* K-12 sayısı:**

Ünlütürk vd. (2008)'e göre peptonlu suyla hazırlanmış seyreltmeler en az 2 paralel olacak şekilde yayma plaka yöntemiyle Tryptic Soy Agar (TSA)'a ekildi. 37 °C sıcaklıkta 24 saat inkübe edilerek sonuçların ortalamaları kob/mL cinsinden belirtildi.

3.2.4 Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Karakterizasyonu

Üretildikten sonra taze ya da ultrasonikasyon, termosonikasyon veya ısı işlem uygulaması yapılmış olan bal kabağı suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri aşağıda belirtilen analizler yardımıyla yapıldı. Analizler 3 paralel olarak gerçekleştirildi.

Yoğunluk ölçümü:

Bal kabağı suyunun yoğunluğu (g/cm^3) dijital yoğunluk ölçer (Kyoto marka DA650, Japonya) ile oda sıcaklığında (20 °C) yapıldı.

Suda çözünen toplam katı madde miktarı analizi:

Bal kabağı suyunun suda çözünen toplam katı madde miktarı (°Brix) Krüss Optronic (Almanya) marka dijital refraktometre cihazı ile oda sıcaklığında ölçülerek 3 paralelli olarak belirlendi.

Bulanıklık ölçümü:

Bal kabağı suyu örneklerinin bulanıklık değerleri HACH 2100N marka türbidimetre cihazı ile ölçüldü. Buldukları şişeden homojen şekilde alınan bal kabağı suyu örnekleri alındıktan hemen sonra, cihazın cam küvetine 10 ml kabak suyu 20 ml saf su konularak 1:3 oranında seyreltme yapıldı. Seyreltme yapıldıktan hemen sonra cihazın cam küveti 3 kez alt üst edilip bulanıklık yapan unsurlar çökmeye başlamadan ölçüm alındı. Ölçümler 3 paralel üzerinden 20 °C'de gerçekleştirildi. Örnekler seyretme faktörleri ile çarpıldıktan sonra nefelometrik bulanıklık birimi (NTU) türünden ifade edildi.

Renk değerlerinin belirlenmesi:

Renk ölçümü Konika Minolta CR 400 model portatif renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirildi. Bal kabağı suyu numunelerinin rengini saptamak için cihaz ters bir şekilde sabitlendi. Her bir numune 50 mL'lik beher içerisine 20-30 mL'lik hacimde konularak cihazın optik camı üzerine yerleştirildi. Beherin üzeri beyaz bir kağıt ile kapatılarak ölçüm tuşuna basıldı. Renk değerleri CIELab renk parametreleri, L * (beyazlık veya parlaklık / karanlık), bir a * (kızarıklık / yeşillik) ve b * (sarılık / mavilik) olarak ifade edildi. Her bir bal kabağı suyu örneği için 3 paralel ölçüm yürütülerek ortalaması alındı.

Örneklerin toplam renk değeri farklılığı (ΔE) Denklem 3.1'de verilen formül ile hesaplandı. Cserhalmi vd. (2006)'ya göre işlem görmüş ve görmemiş olan örnekler arasındaki farka dayalı olarak hesaplanan ΔE değeri; 0 – 0,5 aralığında “fark edilemez”, 0,5 – 1,5 aralığında “hafifçe fark edilebilir”, 1,5 – 3,0 aralığında “fark edilebilir”, 3,0 – 6,0 aralığında “iyice fark edilebilir” ve 6,0 – 12,0 aralığında “çok fark edilebilir” olarak nitelendirildi.

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2]} \quad (3.1)$$

pH ve toplam titrasyon asitliği ölçümü

20 ml'lik hacimde bal kabağı suyunun 25 °C'deki pH ölçümü, dijital pH metre ve manyetik karıştırıcı yardımıyla ölçüldü. Bal kabağı sularının toplam titrasyon asitliği ölçümü Demirdöven (2009)'a göre belirlendi. Bu amaçla homojen bir şekilde alınan 20 mL örnek numunelerin, 0,1 N NaOH çözeltisi ile pH 8,1'e ulaşana kadar titre edildi. Harcanan baz çözeltisinden toplam titrasyon asitliği Denklem 3.2'ye göre hesaplanarak, susuz sitrik asit cinsinden (SSA, %) ifade edildi.

$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V * F * E * 100}{m} \quad (3.2)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

F: Titrasyon faktörü

E: 1 mL 0,1 N NaOH'ın eşdeğer ait miktarı, g

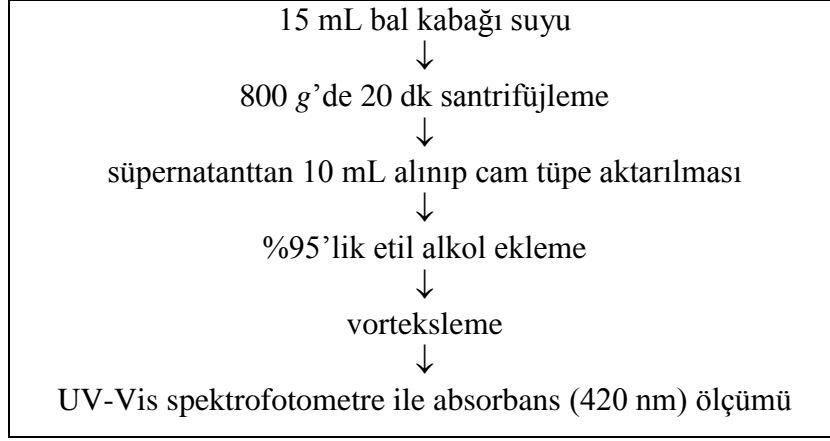
m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı,

Viskozite:

Bal kabağı suyunun vizkozitesi Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunan Brookfield Viscometer LVDV-II+ PRo Extra (Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, MA) cihazı ile SC4-18 / 13RP sample chamber spindle uç ile belirlendi.

Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi tayini:

Demirdöven (2009)'a göre enzimatik olmayan esmerleşme indeksi Şekil 3.3'te verilen akım şemasına göre yürütüldü. Numuneler 3 tekrar örnekten 2 paralel şekilde çalışıldı. Sonuçlar enzimatik olmayan esmerleşme indeksi (NEBI) olarak ifade edildi.



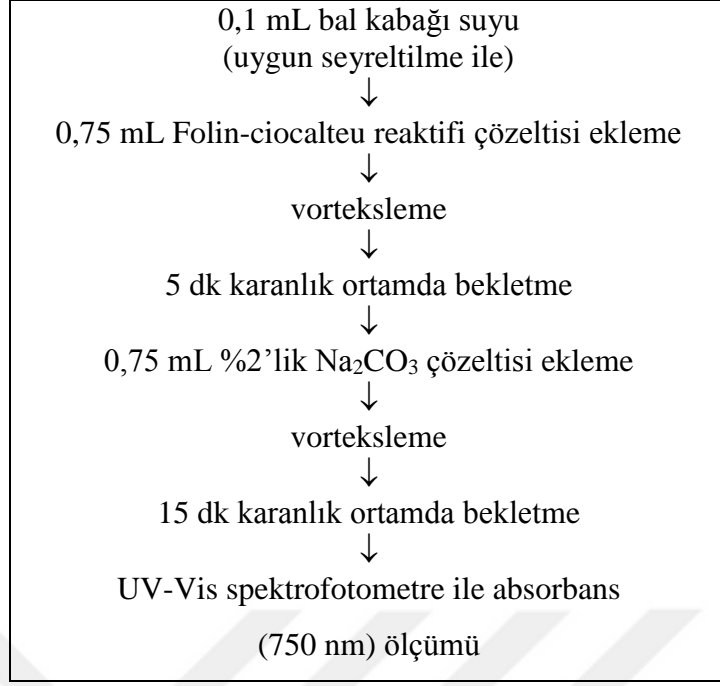
Şekil 3.3 Bal kabağı suyunda enzimatik olmayan esmerleşme tayini akım şeması

3.2.5 Bal Kabağı Suyunda Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Kapasite Analizleri

Üretildikten sonra taze ya da ultrasonikasyon, termosonikasyon veya ısıl işlem uygulaması yapılmış olan bal kabağı suyu örneklerinin biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite özellikleri aşağıda belirtilen analizler yardımıyla yapıldı. Analizler 3 paralel olarak gerçekleştirildi.

Toplam fenolik madde tayini:

Sun vd. (2007)' ye göre toplam fenolik madde konsantrasyonu Şekil 3.4'te verilen akım şemasına göre yürütüldü. 0, 50, 100, 150, 250 ve 500 mg/L konsantrasyonlarında hazırlanan gallik asit çözeltisi ile hazırlanan standart eğri ile örnekler korele edildi. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/mL cinsinden ifade edildi.



Şekil 3.4 Bal kabağı suyunda toplam fenolik madde tayini

Toplam flavonoid madde tayini:

Toplam flavonoid madde tayini, Tchabo vd. (2017) ile Chen vd. (2015)'e göre 510 nm dalga boyunda kateşin referans standardı kullanılarak yapıldı. Buna göre; 0,3 ml bal kabağı suyu, 4,7 mL %80'lik (v/v) metanol çözeltisi ile karıştırıldı. Ardından bu karışıma %5'lik NaNO_2 çözeltisinden 0,3 ml (w/v) ilave edildi. 6 dakika bekleme süresi sonunda, %10'luk (w/v) AlCl_3 çözeltisi eklendi ve 10 dakika beklemeye bırakıldı. Bunu takiben, 4 mL %4'lük (w/v) NaOH çözeltisi de ilave edildikten sonra karışımın absorbansı spektrofotometrede ölçüldü. Numuneler, %80'lik (v/v) metanol çözeltisine karşı okundu. Sonuçlar μg kateşin eşdeğeri/mL bal kabağı suyu olarak verilmiştir. Analiz 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam karotenoid tayini:

Bal kabağı suyu örneklerinde toplam karotenoid tayini Adiamo vd. (2018)'e göre yapılmıştır. Buna göre, bir ayırma hunisi içerisinde bulunan 50 mL'lik petrol eteri:metanol (90:10) çözgeni üzerine 5 mL bal kabağı suyu eklendi. Bu karışım 10 sn çalkalandı. 5 dk faz ayırımı için beklenildikten sonra, üst fazdan alınan 5 mL ekstrakt 900xg'de 15 dk santrifüj edildi. Buradan alınan 5 mL süpernatant ise bir deney tüpünde 5 mL petrol eteri ile karıştırıldı. Son karışımın absorbansı spektrofotometrede suya

karşı 450 nm’de okundu. Standart eğri, petrol eterinde çözdürülmüş 1 – 20 µg/mL konsantrasyon aralığındaki β-karoten (Sigma) ile çizdirildi. Sonuçlar, µg β-karoten/mL bal kabağı suyu şeklinde ifade edildi. Analiz 3 paralelden 2’şer okuma olarak gerçekleştirildi.

Antioksidan kapasite tayini:

Bal kabağı suyu örneklerinin antioksidan kapasiteleri Tzulker vd. (2007)’e göre DPPH yöntemi adı verilen yöntem ile analiz edilmiş ve hesaplanmıştır. Bilindiği gibi DPPH (1,1-difenil–2-pikrilhidrazil), birçok antioksidan maddenin serbest radikalleri süpürme (scavenging) kabiliyetinin (bir bileşiğin elektron verme kabiliyeti) ölçülmesinde kullanılan radikal-üretici (radical-generating) bir maddedir (Gülçin vd., 2010). Bu yöntem; serbest radikal bulunan bir ortama antioksidan madde eklenmesi ve DPPH• radikali oluşma tepkimesinin tersine dönmesi sayesinde ortamda oluşan renk değişiminin spektrofotometrik olarak ölçümü prensibine dayanmaktadır. Buna göre; ilk önce 2 mL DPPH (%100 metanolde 0,025g/l) çözeltisine 0,1 mL bal kabağı suyu eklendi. Şahit çözelti olarak %80’lik metanol çözeltisi (v/v) kullanıldı. Karanlıkta 30 dakika bekleme aşamasından sonra karışımın absorbansı spektrofotometrede 517 nm’de ölçüldü. Antioksidan kapasite, aşağıdaki eşitlik yardımıyla DPPH’in inhibisyon %’si olarak ifade edildi. Analiz 3 paralel örnekten, 2 tekrarlı ölçüm alınarak gerçekleştirildi.

$$\% \text{ DPPH inhibisyon} = \frac{A_{DPPH} - A_{\text{örnek}}}{A_{DPPH}} \times 100 \quad (3.3)$$

A_{DPPH} : DPPH çözeltisinin 517 nm’de absorbansı

$A_{\text{örnek}}$: örneğin 517 nm’de absorbansı

3.2.6 Duyusal Analiz

Bal kabağı suyunun duyusal analizleri için taze, termosonikasyon (60 °C, 30 dk) uygulanmış ve ısı işlem (80 °C, 15 dk) uygulanmış 3 grup bal kabağı suyu üretildi. Hijyenik şartlarda üretilen bal kabağı suları, Gıda Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinden, ortalama yaşları 21-33 yaş arası olan (10 kadın, 10 erkek) panelist grubuna sunuldu. Düzenlenen duyusal testte panelistlere sunulan örneklerin koku,

aroma, renk, lezzet, görünüş, tatlılık, ekşilik, genel beğeni özelliklerini 5'lik bir sistemde (5: çok beğendim, 1: hiç beğenmedim) puanlandırmaları istendi. Bal kabağı suyunun değerlendirilmesinde kullanılan form Şekil 3.5'te verildi.

Ad-soyad: _____ Tarih: _____

Yaş: _____ Ürün: _____

- Lütfen başlamadan önce su ile ağzınızı çalkalayınız.
- Her bir ürüne verilen kod numarası tesadüfidir.
- Lütfen aşağıdaki ürünlere her bir kriter için uygun gördüğünüz notu veriniz.
- Not skalası şu şekildedir:

| | | | | |
|----------------|----------|------------|----------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hiç beğenmedim | | Kararsızım | | Çok beğendim |

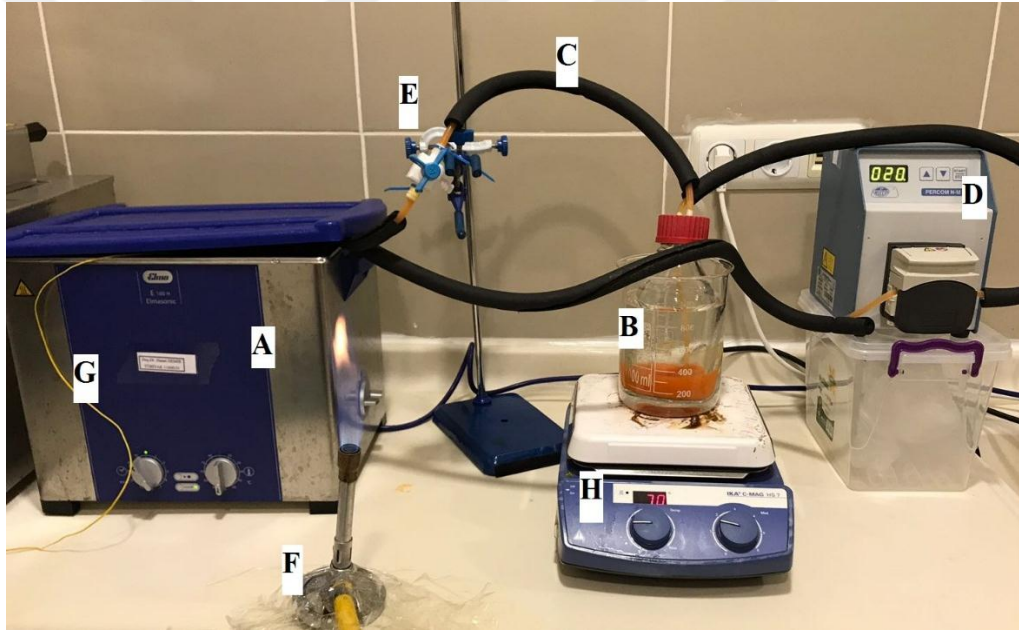
| Ürün kodu | Koku | Aroma | Renk | Lezzet | Görünüş | Tatlılık | Ekşilik | Genel beğeni |
|-----------|------|-------|------|--------|---------|----------|---------|--------------|
| 592 | | | | | | | | |
| 753 | | | | | | | | |
| 266 | | | | | | | | |

Şekil 3.5 Duyusal değerlendirmede kullanılan form örneği

3.2.7 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması

Bal kabağı suyu, sürekli sistem rezervuarına ilâve edilmeden önce 90 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 10 dk ön pastörizasyon işlemine tabi tutuldu. Bu sürenin sonunda su banyosundan çıkartılan bal kabağı suları, hazırlanmış buzlu su küvetine konularak sıcaklığı 20-30 °C'ye düşürüldü. Ön pastörizasyon işlemi tamamlanmış bal kabağı suları 60 °C'ye ayarlanmış su banyosunda sıcaklığı dengeye gelene kadar bekletildi. Bunu takiben, bal kabağı suları sürekli sistem termosonikasyon düzeneğinde muamele edildi. Bal kabağı suyunun termosonikasyonu için kullanılan sürekli sistem termosonikasyon düzeneğinin yapısı ve bileşenleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Ultrases su banyosu işlem başlamadan en az 30 dakika önce 60 °C'ye ayarlandı. İçerisinde bulunan suyun 60 °C'de dengeye gelmesini takiben, bal kabağı suyu rezervuara aseptik koşullarda eklendi. Rezervuarın içerisinde yer alan bal kabağı suyuna yine aseptik koşullarda başlangıç mikrobiyel yükü 10^6 ilâ 10^7 kob/mL arasında olacak şekilde *E. coli* K-12 inokule edildi. Ayrıca işlem boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla rezervuarda bulunan bal kabağı suyunun 60 °C'de sabit kalması sağlandı. Bal kabağı suyunun homojen dağılımı manyetik balık ve manyetik karıştırıcı yardımıyla sağlandı.

Pompa hızı 20 rpm'e getirilerek akış hızı 0,029 L/dk ayarlandı. Pompa ve vana açık konuma getirilerek döngü başlatıldı. Pompa çalışmaya başladıktan sonra 250 mL'lik rezervuardan çıkan bal kabağı suyu ultrases banyosuna ulaşarak her bir döngüde 2,87 dk ultrases ve ısıya maruz kaldı. Sıcaklığın ortam şartlarından etkilenmemesi için ultrases banyosu dışında kalan hortumlar yalıtım malzemesi ile kaplandı. Ultrasonik su banyosundan çıkan bal kabağı suyunun *E. coli* K-12 sayısını belirlemek için örnek alma vanasından aseptik olarak numuneler alındı. Akabinde bal kabağı suyu tekrar rezervuara ulaştı ve böylece bir döngü tamamlanmış oldu. Başlangıçta, 1., 2. ve 3. döngü esnasına her bir döngüden (başlangıçtan itibaren sırasıyla 0., 3,65., 18,9. ve 34,15. dk) aseptik koşullarda örnek vanasından örnekler alındı. Söz konusu örneklerde *E. coli* K-12 sayımı ve bazı fizikokimyasal analizler gerçekleştirildi.



Şekil 3.6 Sürekli sistem termosonikasyon düzeneği
(A: ultrasonik banyo, B: bal kabağı suyu rezervuarı, C: yalıtılmış silikon hortumlar, D: peristaltik pompa, E: örnek alma vanası, F: Bunsen beki, G: ısı eş, H: manyetik karıştırıcı)

Sürekli sistem termosonikasyon uygulamasında döngü süreleri hesaplanırken; bal kabağı suyunun rezervuardan çıkıp ultrases banyosuna ulaşmasına kadar geçen süreye t_1 , ultrases ve ısıya maruz kaldığı süreye t_2 , ultrases banyosundan rezervuara ulaştığı süreye t_3 , bal kabağı suyunun hazneye tekrar dolduğu süreye t_4 adı verildi. Elde edilen bütün bu sürelerin toplamıyla bütün bir döngünün süresi hesaplandı.

$$t_{\text{toplam}}=t_1+t_2+t_3+t_4 \quad (3.4)$$

Ultrases ve ısıtım işlem uygulamasından sonra sistemdeki bal kabağı suyu musluk yardımı ile boşaltıldı. Daha sonra rezervuarın içerisine 100°C’de pompa yardımı ile sıcak su gezdirdi. Bu işlem en az 3 kere tekrar edildi. Ardından, rezervuar sistemden ayrılarak kabağı kapatıldı. Rezervuarın sterilizasyonu 121°C’de, 15 dakika boyunca, 2 mPa basınç altında gerçekleştirildi.

Akış modelini belirlemek üzere Reynolds sayısından faydalandı. Reynolds sayısı formülü Denklem 3.5’te verilmektedir. Ortalama akış hızı, hacimsel akış hızının hortumun kesit alanına bölünmesi ile hesaplanır.

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad (3.5)$$

N_{Re} : Reynolds sayısı

D: boru çapını (m)

ρ : bal kabağı suyunun yoğunluğunu (kg/m^3)

μ : bal kabağı suyunun viskozitesini (Pa.s)

v: bal kabağı suyunun sistemdeki ortalama hızı (m/s)

3.2.8 İstatistiksel Analiz

Taze, ultrases, termosonikasyon ve geleneksel ısıtım işleme tabi tutulmuş olan örneklerin fizikokimyasal ve duyuusal analiz sonuçlarının ortalamaları arasındaki farkların kayda değer (%95 güven aralığında) olup olmadığı istatistik yazılımı Minitab (versiyon 16.0, ABD) ile tek-yönlü ANOVA testi (Tukey metodu) kullanılarak belirlendi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

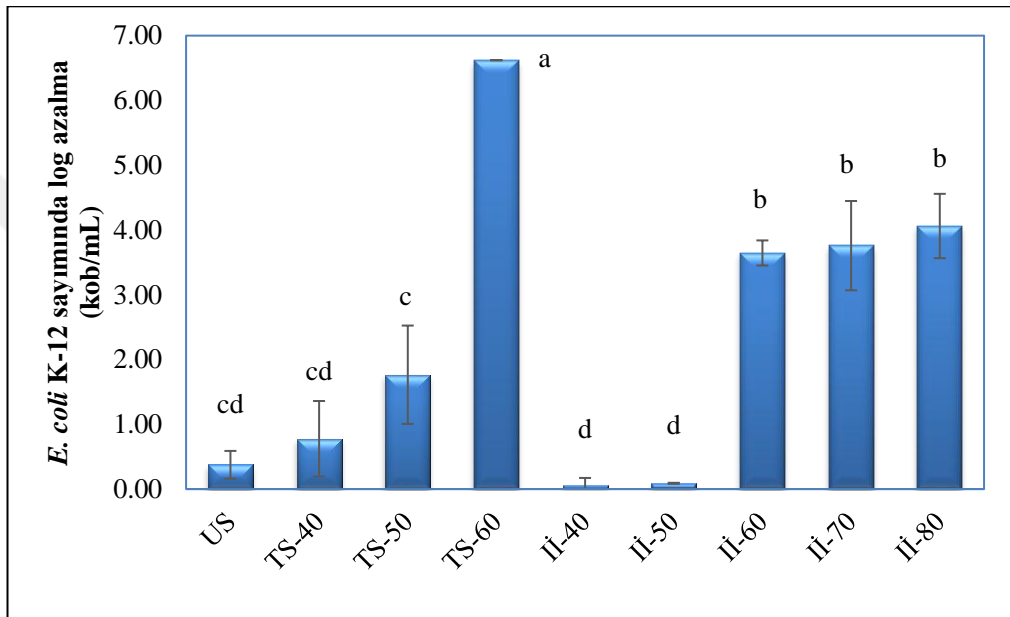
4.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının *E. coli* K-12 İnaktivasyonu Üzerine Etkileri

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA); “Guidance for Industry: Juice, Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)” başlıklı raporunda stabil bir ürün elde etmek üzere geliştirilecek olan teknolojilerin *E. coli* ya da *Listeria monocytogenes* gibi hedef mikroorganizmaların sayısında en az 5 log azalma sağlaması gerektiği bildirmiştir (FDA, 2004). Bu kriter birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiş ve yeni teknolojilerde ulaşılmaya çalışılan bir hedef olarak tercih edilmiştir. Bu doğrultuda bal kabağı suyunun pastörizasyon ile stabil bir ürün haline gelmesi hususunda hedef mikroorganizma olarak patojen olan *E. coli* O157:H7'nin vekil suşu olan *E. coli* K-12 seçilmiştir. Bal kabağı suyunun pastörizasyonu için incelenen yöntemler ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamaları olup, söz konusu uygulamaların önceden pastörize edilmiş bal kabağı suyuna yaklaşık 10^{6-7} kob/mL seviyesinde inokule edilmiş olan *E. coli* K-12 üzerindeki etkileri Şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1 incelendiğinde tek başına ultrasonikasyon uygulamasının ancak 1 log’un altında mikrobiyel inaktivasyon sağladığı görülmüştür. 40, 50 ve 60 °C’lerde gerçekleştirilen termosonikasyon uygulamalarına bakıldığında ise 50 °C’deki termosonikasyon uygulamasının *E. coli* K-12 sayımında yaklaşık 2 log azalmaya neden olduğu, bunun yanında 60 °C’lik uygulamanın FDA kriterini sağlamayı başardığı ve $6,62 \pm 0,00$ log’luk mikrobiyel inaktivasyon gerçekleştirdiği görülmüştür. Piyasena vd. (2003), mikrobiyel inaktivasyonda, ısı ve ultrases kombinasyonunun her iki uygulamanın ayrı ayrı kullanılmasından daha etkin sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bunun yanında termosonikasyon uygulamasının özellikle 55 °C ve üzeri sıcaklıklarda mikroorganizmalar üzerinde daha ölümcül etkiler yarattığı bildirilmiştir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Mikroorganizmaların sonikasyon ile zayıflatılmış olan hücre duvarları, mikroorganizmanın ısıya karşı olan duyarlılığını arttırabilmektedir (Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Canovas, 2012). Benzer bir sonuç Abid vd. (2014) tarafından elde edilmiş olup, oda sıcaklığında gerçekleştirilen ultrases denemesinde

elma suyunun doğal mikroflorasında önemsiz bir azalma gerçekleşmişken, 60 °C'deki termosonikasyon sonucunda tüm mikroflora inaktive edilmiştir.

Şekil 4.1'e göre, 40 ilâ 80 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilen ısıl işlem uygulamasında ise *E. coli* K-12 sayısındaki en yüksek inaktivasyon değeri 80 °C'de elde edilmiş olup, bu değer (4,06 log) bahsi geçen FDA kriterine yaklaşmakla birlikte, termosonikasyonun sağlamış olduğu inaktivasyon seviyesine ulaşamamıştır.



Şekil 4.1 Bal kabağı suyunda ultrases (US), termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısıl işlem (II-40, 50, 60, 70, 80) uygulamaları ile *E. coli* K-12 inaktivasyonu

4.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.2.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Renk Üzerine Etkisi

Meyve ve sebze sularına uygulanan muhafaza yöntemlerinin öncelikli amacı gıdayı mikrobiyel olarak tüketici açısından risksiz hale getirmektir. Fakat bunun yanında uygulanan yöntem sonucunda gıdanın fizikokimyasal, besinsel ve duyuşal

özelliklerinin de tüketici ya da üretici için kabul edilebilir düzeyde olması şarttır. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamalarının tüketici açısından en önemli kriterlerden birisi olan renk üzerine etkisi araştırılmıştır. Renk; özellikle meyve sularında tüketicinin ürünü kabul ya da reddetmesi için anahtar kalite kriteridir (Abid vd., 2014).

Ultrases (US), termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısıl işlem (İİ-40, 50, 60, 70, 80) uygulamalarının bal kabağı suyunun rengi üzerinde oluşturduğu etki Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de verilmiş olan sonuçlara göre parlaklık (L^*) değeri bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark yoktur. Bunun tek istisnası 80 °C’de gerçekleştirilmiş olan ısıl işlem uygulaması olup, parlaklık değeri diğer tüm değerlerden düşüktür. L^* değeri düşüşünün Maillard reaksiyonları nedeniyle sebze suyunun kararması sonucu elde edilmesi mümkündür (Pokhrel vd., 2017). Tam tersi bir bulgu Santhirasegaram vd. (2013) tarafından raporlanmış ve portakal suyunda ısıl işlem (90 °C, 30 s) uygulamasının sonikasyon uygulamalarına göre daha yüksek L^* değerine sebep olduğunu belirtmiştir. Fakat L^* değerindeki bu artışı meyve suyundaki renk bileşiklerinin hasar görmesi sonucu rengin daha şeffaf hale gelmesine bağlamışlardır. Çizelge 4.1’e göre *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı uygulama olan TS-60 ile kontrol (taze) örneği arasında parlaklık bakımında fark bulunmaması, 60 °C’de termosonikasyon işleminin uygulanabilirliğine işaret etmiştir.

Çizelge 4.1’de verilmiş olan a^* değerlerine bakıldığında ise, yine taze bal kabağı suyu ile ultrasonikasyon ve termosonikasyon (TS-40, 50, 60) uygulamaları arasında kırmızılık açısından önemli ($P<0,05$) bir fark bulunmadığı görülmektedir. a^* değerindeki değişimler meyve ya da seze sularındaki kararma (esmerleşme) olayları ile ilişkilendirilebileceği gibi bal kabağı suyunda renkten sorumlu olan karotenoidlerden de kaynaklanması mümkündür. Pokhrel vd. (2017) havuç suyunda renk özelliğinin karotenoidler tarafından belirlendiğini ve değişmeyen a^* değerinin karotenoidlerin yıkıma uğramadığı anlamına geldiğini bildirmiştir. Çizelge 4.1’e göre ısıl işlem uygulamaları (İİ-40, 50, 60, 70, 80), balkabağı suyunun kırmızılık değerlerini kontrol, ultrases ve termosonikasyon uygulanmış örneklerle göre artırmıştır. Bu durum; özellikle *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı uygulamalar olan TS-60 ve İİ-80’i karşılaştırdığımızda belirgin şekilde TS-60’ın daha az kararmış olduğuna işaret

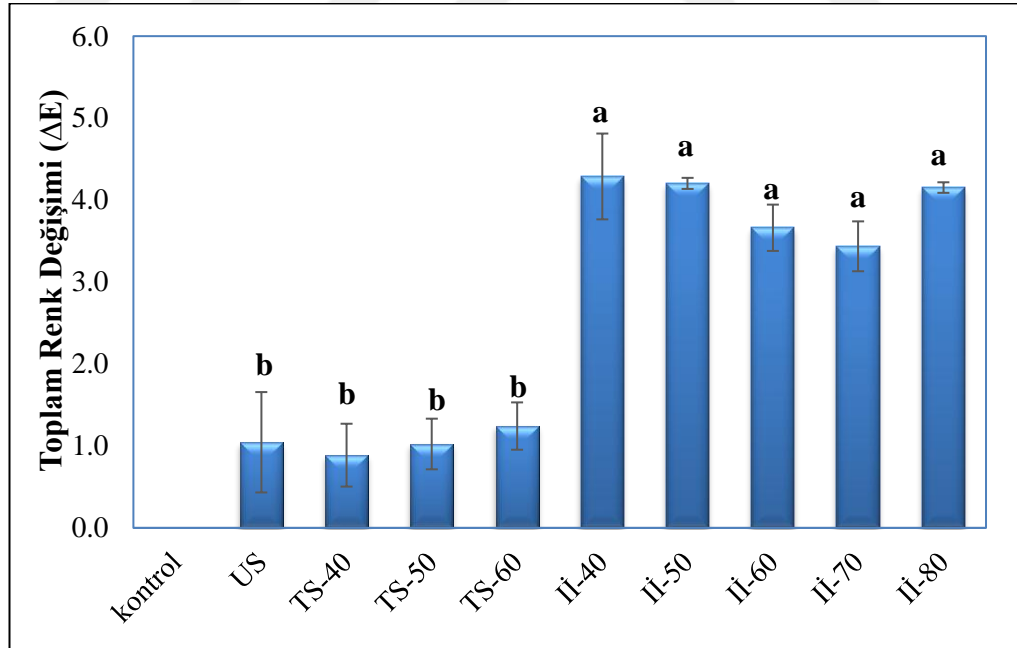
etmektedir. b^* değerleri incelendiğinde ise termosonikasyon ve ısıtım uygulamalarında sıcaklık değeri arttıkça, b^* değerinin hafifçe düştüğü görülmektedir (Çizelge 4.1). b^* değerlerinde de ısıtım uygulamaları (İİ-40, 50, 60, 70, 80), balkabağı suyunun sarılık değerlerini kontrol, ultrases ve termosonikasyon uygulanmış örneklerle göre artırmıştır. Termosonikasyon uygulanmış olan örnekler ise kontrol örnekleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Ultrases (US), termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısıtım (İİ-40, 50, 60, 70, 80) uygulamalarının bal kabağı suyunun rengi üzerinde neden olduğu toplam renk değışimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.2’ye göre ısıtım (İİ-40, 50, 60, 70, 80) uygulamalarının toplam renk değışimi değeri ultrases ve termosonikasyon (TS-40, 50, 60) uygulamalarına göre kayda değeri oranda ($P<0,05$) yüksektir. Ultrases ve termosonikasyon (TS-40, 50, 60) uygulamaları sonucunda bal kabağı suyunda gerçekleşen toplam renk değışimi Cserhalmi vd. (2006)’ya göre hafifçe fark edilebilir sınıfında ($0,5<\Delta E<1,5$) yer alırken, ısıtım (İİ-40, 50, 60, 70, 80) uygulamaları için elde edilen değeri iyice görülebilir sınıfında ($3,0<\Delta E<6,0$) yer almıştır. Ordóñez-Santos vd. (2017)’nin Cape Bektaşı üzümü suyu üzerinde yapmış oldukları ultrasonikasyon uygulaması ise toplam renkte, ısıtım uygulamasından daha yüksek değişime neden olmuştur.

Çizelge 4.1 Ultrases, termosonikasyon ve ısııl işlem uygulamaları sonucunda bal kabağı suyunun renk değerleri

| Örnek | L* değeri | a* değeri | b* değeri |
|---------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Kontrol | 40,9 ± 0,2 ^{ab} | 2,0 ± 0,1 ^f | 22,2 ± 0,5 ^{ef} |
| US | 40,7 ± 0,1 ^{ab} | 2,1 ± 0,1 ^{ef} | 23,2 ± 0,6 ^{cdef} |
| TS-40 | 41,2 ± 0,3 ^a | 2,3 ± 0,1 ^e | 22,8 ± 0,4 ^{def} |
| TS-50 | 40,4 ± 0,5 ^{ab} | 2,0 ± 0,0 ^{ef} | 22,0 ± 0,8 ^{ef} |
| TS-60 | 40,3 ± 0,6 ^{ab} | 2,2 ± 0,1 ^{ef} | 21,6 ± 0,8 ^f |
| İİ-40 | 41,2 ± 0,2 ^a | 3,7 ± 0,1 ^d | 26,1 ± 0,6 ^a |
| İİ-50 | 41,1 ± 0,1 ^a | 4,0 ± 0,0 ^d | 25,4 ± 0,1 ^{ab} |
| İİ-60 | 40,1 ± 0,3 ^{ab} | 4,3 ± 0,1 ^c | 24,8 ± 0,3 ^{abc} |
| İİ-70 | 40,1 ± 0,5 ^{ab} | 4,8 ± 0,0 ^b | 23,8 ± 0,4 ^{cde} |
| İİ-80 | 39,8 ± 0,2 ^b | 5,4 ± 0,1 ^a | 24,2 ± 0,1 ^{bcd} |

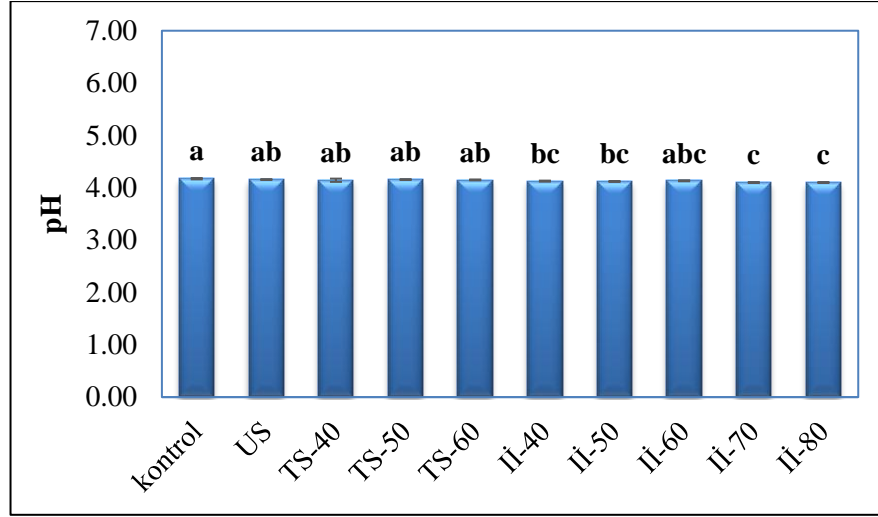
Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütunda farklı harf bulunan sonuçlar arasında kayda değer fark ($P < 0,05$) bulunmaktadır.



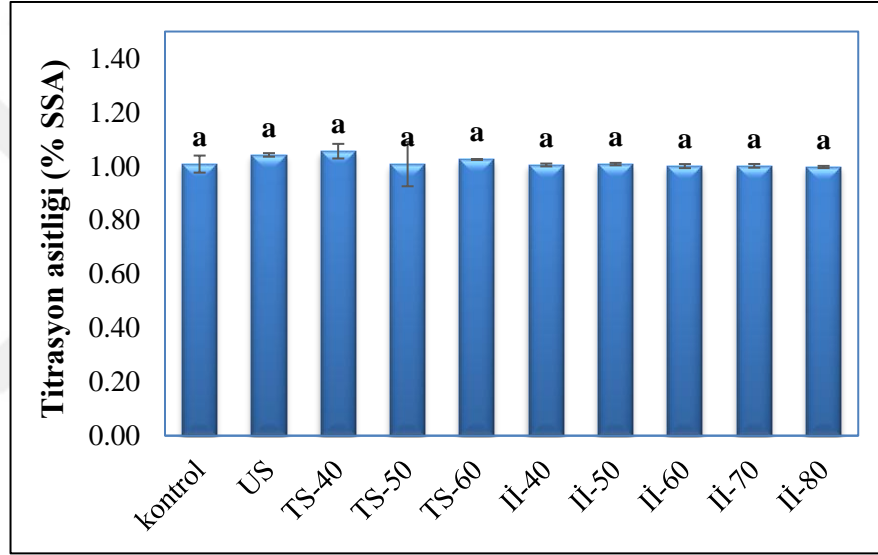
Şekil 4.2 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısııl işlemin toplam renk değışimi üzerine etkisi

4.2.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının pH ve Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi

pH'ı yaklaşık 4,3'e ayarlanmış olan bal kabağı suyu örneklerinin (kontrol) ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamaları sonucunda elde edilen pH değerleri Şekil 4.3a'da verilmiştir. Buna göre kontrol örneği ile ultrases uygulaması ve termosonikasyon uygulaması (TS-40, 50, 60) yapılmış olan örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır. Benzer şekilde, bir çeşit kaktüs suyunun 47,5 ve 50,0 °C'lerde termosonikasyonu sonucunda örneklerin pH değerlerinin işlem görmemiş örnekler ile farksız olduğu belirtilmiştir (Cruz-Cansino vd., 2015). Şekil 4.3a'ya göre, ısıl işlem (İİ-40, 50, 60, 70, 80) ise kontrol örneğine göre pH'ta hafif bir düşüşe neden olmuştur. Her 3 işlem türü için de pH değerinin 4,6'nın üzerine çıkmaması, pastörizasyon normları ile çalışmanın mümkün olduğuna işaret etmektedir. Bunun yanında, pH değişimi duyusal kalite özellikleri ile doğrudan bağlantılı olduğundan, çalışmamızda *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı uygulama olan TS-60'ta işlem sonrası pH değişiminin önemsiz düzeyde olmasının olumlu bir sonuç olduğu düşünülmektedir. Toplam titrasyon asitliği (%SSA) değeri bakımından ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamaları ile kontrol örneği arasındaki fark önemsiz ($P<0,05$) bulunmuştur (Şekil 4.3b). Santhirasegaram vd. (2013) mango suyuna uygulanan ılımlı ve yüksek sıcaklık ısıl işlem uygulamalarının yanı sıra ultrasonikasyon işlemlerinin de titrasyon asitliğinde (% sitrik asit) önemli bir değişime yol açmadığını bildirmişlerdir.



(a)



(b)

Şekil 4.3 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işleminin a) pH ve b) titrasyon asitliği üzerine etkisi

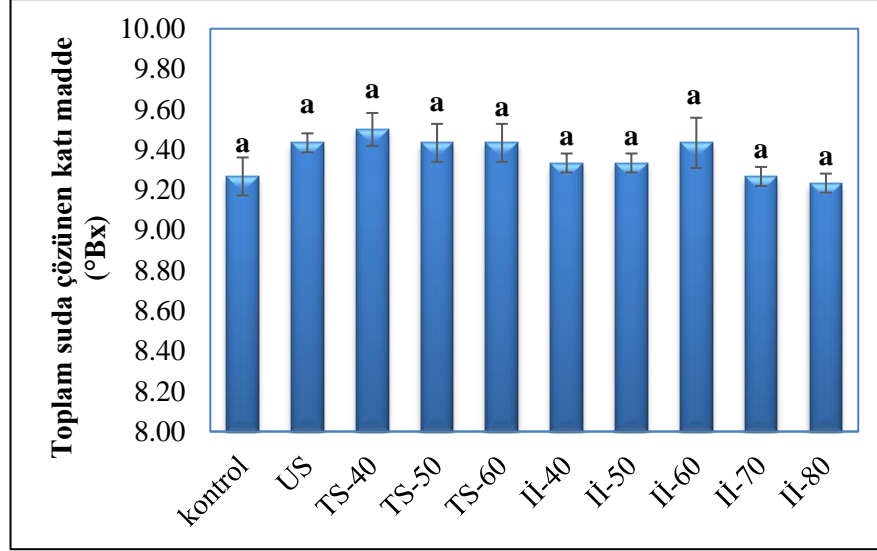
4.2.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Suda Çözünen Katı Madde ve Bulanıklık Üzerine Etkisi

Toplam suda çözünen katı madde ($^{\circ}\text{Bx}$) değeri bakımından ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamaları ile kontrol örneği arasındaki fark önemsiz ($P < 0,05$) bulunmuştur (Şekil 4.4a). Bu bulgu, literatürdeki birçok meyve/sebze suyuna ultrasonikasyon, termosonikasyon ya da ısı işlem uygulanması yapılmış çalışma ile uyumludur (Abid vd., 2014; Jabbar vd., 2015; Ordóñez-Santos vd., 2017). Önceki çalışmalarda elma suyu (Abid vd., 2014), pulplu havuç suyu (Adiamo vd., 2017) ve

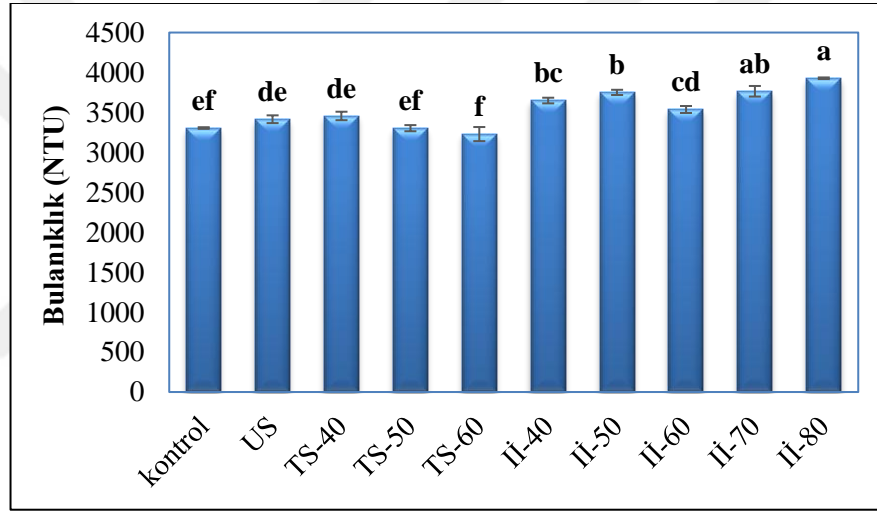
çilek suyu (Tomadoni vd., 2017) için sırasıyla yaklaşık 12, 7,8 ve 10,3 °Bx gibi toplam suda çözünen katı madde değerleri bildirilmiştir. Bu çalışmada yer almış olan bal kabağı suyu örneklerinin toplam suda çözünen katı madde değerleri 9,2 ilâ 9,6 °Bx arasında değişmiş olup, literatür ile uyumludur.

Literatürde genellikle ultrases ya da termosonikasyon uygulamalarının sıvı içerisindeki parçacıklarda boyut küçülmesine neden olduğu, bundan dolayı bulanıklığın artış gösterdiğinden bahsedilmiştir (Anaya-Esparza vd., 2017). Ayrıca, ultrases uygulamasının meyve sularına pektin yıkımı nedeniyle daha küçük molekül ağırlığına sahip zincirlerin oluşumu ile matriks yapının zayıfladığı ve bulanıklığın arttığı bildirilmiştir (Seshadri vd., 2003). Bu tez kapsamında bal kabağı suyu üzerinde yapılmış olan çalışmada ise ultrases ve termosonikasyon uygulamalarının örneklerin bulanıklığını kontrole göre önemli ($P<0,05$) ölçüde değiştirmedığı görülmüştür (Şekil 4.4b). Santhirasegaram vd. (2013) yüksek güçlü ultrases uygulamalarının meyve suyunun reolojisinde istenmeyen değişimlere neden olabileceğini, fakat bu tez kapsamında da kullanılmış olan ultrasonik su banyosu gibi düşük güçlü ultrases uygulamalarının viskoziteyi ve pektin içeriğini azaltmak gibi berraklığa katkıda bulunabilecek etkiler yaratabileceğini bildirmiştir.

Bunun yanında ısı işlem görmüş olan örnekler (İİ-40, 50, 60, 70) ve özellikle de *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı ısı işlem uygulaması olan İİ-80'in bulanıklık değerleri; kontrol, ultrases ve termosonikasyon uygulamalarına göre daha yüksektir (Şekil 4.4b). Rivas vd. (2006) portakal ve havuç suyu karışımına uyguladıkları ısı işlem (98 °C, 21 sn) sonucunda kontrol (taze) örneğine göre daha yüksek bulanıklık elde etmişlerdir. Bunun tam tersi olarak Chokanan mango suyu üzerindeki bir çalışmada ısı işlem uygulamasının (90 °C, 30 ve 60 sn) bulanıklığın en önemli göstergelerinden biri olan berraklık (clarity) değerini kontrole göre dramatik olarak düşürdüğü görülmüştür (Santhirasegaram vd., 2013).



(a)



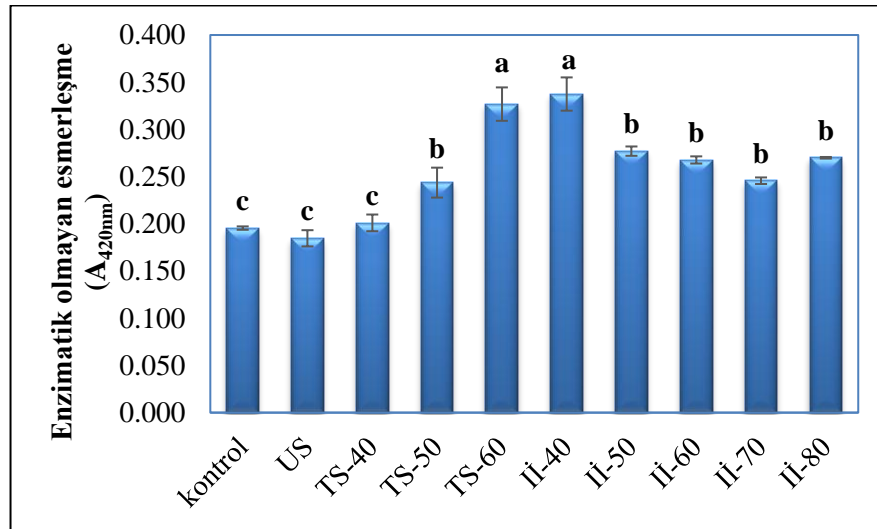
(b)

Şekil 4.4 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlemin a) toplam suda çözünen katı madde ve b) bulanıklık üzerine etkisi

4.2.4 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Enzimatik Olmayan Esmerleşme Üzerine Etkisi

Enzimatik olmayan esmerleşme, meyve ve sebze sularının Maillard reaksiyonları sonucunda kararması şeklinde tanımlanmış olup, bu nedenle renkte ve besin değerinde istenmeyen etkiler oluşabildiği bildirilmiştir (Caminiti vd., 2011). Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlemin enzimatik olmayan esmerleşme üzerine etkisi Şekil 4.5'te özetlenmiştir. Buna göre enzimatik olmayan esmerleşme

bakımından yalnızca ultrases ve TS-40 uygulamaları kontrol örnek ile benzer sonuç vermiş, diğer tüm örneklerde daha yüksek enzimatik olmayan esmerleşme değerleri elde edilmiştir. *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı uygulamalar olan TS-60 ve İİ-80'e bakıldığında, TS-60 uygulamasında daha yüksek esmerleşme değeri elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.5). Isıl işlemlerde ise en yüksek enzimatik olmayan esmerleşme değeri İİ-40 ile elde edilmiş olup, diğer ısıl işlemlerin verdiği sonuçlar arasında önemli bir fark yoktur. 4.2.1 başlıklı bölümde yer alan Çizelge 4.1 incelendiğinde a* değerlerinin ısıl işlem görmüş olan örneklerde diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak ısıl işlem görmüş örneklerde (İİ-40 haricinde) enzimatik olmayan esmerleşme değerleri de ultrases ve termosonikasyon uygulanmış örneklere göre nispeten daha yüksektir (Şekil 4.5). Santhirasegaram vd. (2013)'te benzer şekilde Chokanan mango suyunda ısıl işlem görmüş örneklerin esmerleşme indeksleri, ultrases uygulanmış örneklere göre daha yüksektir. Bahsi geçen çalışmada, pastörizasyon işleminde sıcaklık yükseldikçe kahverengi pigment oluşumunun artış gösterdiği belirtilmiş olup, ultrases uygulanmış örneklerin kontrol örneğine göre daha yüksek esmerleşme değeri vermiş olması ise, sonikasyon esnasında gerçekleşen kavitasyonun Maillard reaksiyonlarını tetiklemesine bağlanmıştır.



Şekil 4.5 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin enzimatik olmayan esmerleşme üzerine etkisi

4.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Bal Kabağı Suyunun Biyoaktif Bileşenleri ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkileri

Meyve ve sebze sularında C vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı ürünün besinsel değerini temsil eder. (Anaya-Esparza vd, 2017). Meyve ve sebze sularının sağlık üzerine kansere yakalanma sıklığının ve ölümcüllüğünün azalması, kardiyolojik ve serebrovasküler hastalıkların engellenmesi gibi olumlu etkilerinin ise sahip oldukları antioksidan maddelerden kaynaklandığı bilinmektedir (Tiwari vd., 2009). Bu nedenle meyve ve sebze sularına uygulanan işlemlerin biyoaktif ve antioksidan bileşenler üzerine etkisinin belirlenmesi önem taşır.

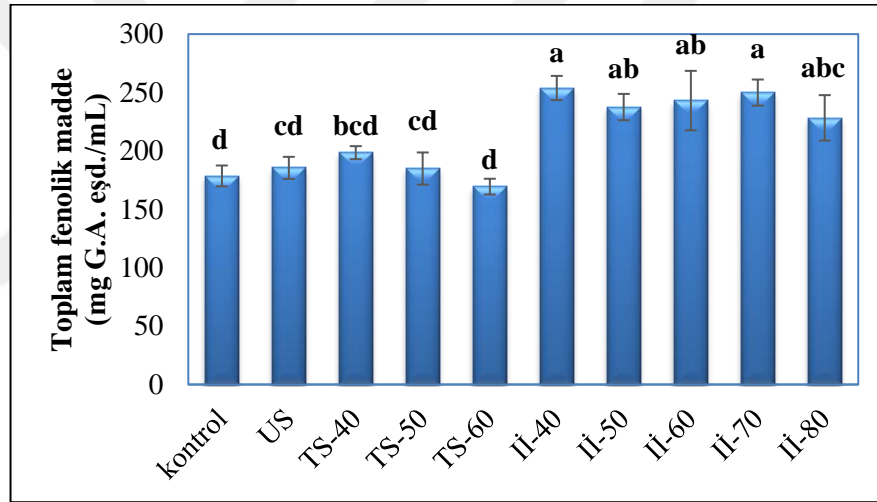
4.3.1 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisi

Bal kabağı suyu örneklerine uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemlerin toplam fenolik madde üzerindeki etkisi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Buna göre kontrol örneği ile ultrases ve termosonikasyon (TS-40, 50, 60) uygulanmış örnekler arasındaki fark ($P<0,05$) önemsizdir. Fakat adı geçen örnekler ile ısıl işlem görmüş olan örnekler arasındaki fark ($P<0,05$) kayda değerdir. Isıl işlem görmüş olan örneklerin tümü diğer örneklerden yüksektir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği ise $253,9 \pm 10,4$ mg G.A. eşd./mL ile $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ısıl işlem görmüş olan örneğe aittir.

Literatürde termosonikasyon sonucunda toplam fenolik bileşenlerin hücre duvarının mekanik hasarı ile birlikte daha kolay serbest kaldığı bildirilmiştir. Bitkisel kaynaklardan ultrasonikasyon ile fenolik madde ekstraksiyonu yapılan çalışmalarda süre ve sıcaklık ikilisinin fenolik madde eldesi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir (Costa vd., 2013). Cruz-Cansino vd. (2015) ise mor kaktüs armudu suyunda uyguladıkları ultrasonikasyonun, toplam fenolik madde içeriğinde artış sağladığını (kontrole göre) gözlemlemişlerdir. Bu tez kapsamında bal kabağı suyu ile yapılan çalışmada ise ultrases ya da termosonikasyon uygulamaları bal kabağı suyunun toplam fenolik madde içeriğinde artışa neden olmamakla birlikte, var olan değerlerde herhangi bir düşüş te kaydedilmemiştir. Pokhrel vd. (2017) havuç suyuna uygulamış olduğu termosonikasyon ($50, 54, 58\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 dk) sonucunda toplam fenolik

madde içeriğinin kontrole göre değişmediğini bildirmiş ve bu durumun işlem süresinin yetersiz kalmasına bağlamıştır. Ayrıca, Cao vd. (2018) mumtağacı meyvesi (bayberry) suyu üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada ultrasonikasyon ile toplam fenolik maddenin artabilmesi için en etkili parametrelerin güç ve süre olduğunu belirtmişlerdir. *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı uygulamalar olan TS-60 ve İİ-80'e bakıldığında, İİ-80 ile elde edilen toplam fenolik madde, TS-60'dan yaklaşık %35 daha fazladır (Şekil 4.6).

Isıl işlem uygulanmış örneklerde (İİ-40, 50, 60, 70 ve 80) toplam fenolik madde içeriği kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuş olup, bu durum Rocha-Guzman vd. (2012) tarafından ısıl işlem uygulaması sırasında bağlı olan fenolik bileşenlerin serbest kalması şeklinde açıklanmıştır.



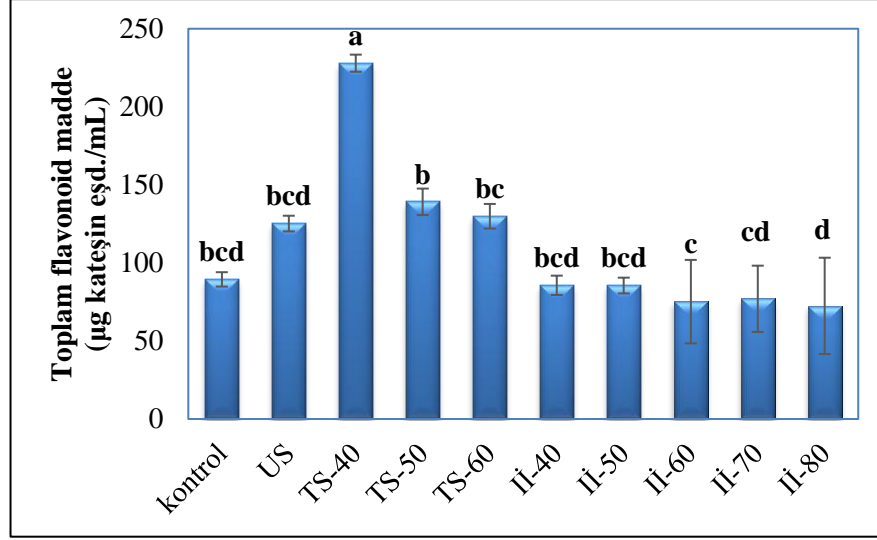
Şekil 4.6 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam fenolik madde üzerine etkisi

4.3.2 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Flavonoid Miktarı Üzerine Etkisi

Flavanoidler bitkilerde yaygın olarak bulunan ve C6-C3-C6 karbon iskeletine sahip doğal bileşiklerdir. Biyoaktif bileşenlerin eldesi için ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi yaygın olarak kullanılmış olup, bazı çalışmalarda ultrasesin sonokimyasal etkileri nedeniyle istenmeyen reaksiyonların tetiklendiği veya hızlandığı görülmüştür

(Qiao vd., 2014). Bu nedenle yapılan uygulamaların bal kabağı suyunun flavonoid içeriği üzerindeki etkisinin belirlenmesi önemlidir.

Bal kabağı suyu örneklerine ultrasones, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamalarının toplam flavonoid miktarı üzerine etkisi Şekil 4.7'de verilmektedir. Şekil 4.7 incelendiğinde toplam fenolik madde içeriğinde elde edilen sonuçların tersine, termosonikasyon uygulanmış olan örneklerin (TS-40, 50, 60) toplam flavonoid miktarları, ısı işlem görmüş olan örneklerden daha yüksektir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı TS-40 örneğinde $227,9 \pm 5,5 \mu\text{g}$ kateşin eşd./mL olarak elde edilmiş olup, termosonikasyon örneklerinde sıcaklığın artışı ile birlikte toplam flavonoid miktarının düştüğü görülmüştür (Şekil 4.7). Benzer bir sonuç elma suyuna termosonikasyon uygulamış olan Abid vd. (2014) tarafından elde edilmiş olup, ultrasonik su banyosunda yapılan çalışmalarda sıcaklığın 20 °C'den 40 ve 60 °C'ye çıkması ile toplam flavonoid miktarı kademeli olarak düşmüştür. Abid vd. (2014) bu durumu sıcaklık artışının bioaktif maddelerin yıkımına neden olma konusunda çok etkili olması ile açıklamıştır. Isıl işlem uygulanmış olan bal kabağı örneklerinde de sıcaklığın artışı ile birlikte toplam flavonoid madde miktarı hafifçe düşmüştür (Şekil 4.7). Bunun yanında, ultrasones ve termosonikasyon uygulanmış örneklerin toplam flavonoid madde miktarları her ne kadar aralarındaki fark önemsiz çıksa da (TS-40 dışında) kontrole göre daha yüksektir (Şekil 4.7). Aadil vd. (2013) greyfurt suyuna 20 °C'de 30, 60 ve 90 dakika ultrasones uyguladıklarında kontrole göre toplam flavonoid miktarının artış gösterdiğini görmüşlerdir. Benzer bir sonuç Bhat vd. (2011) tarafından kasturi misket limonu suyuna yapılan ultrasonikasyon denemesinde elde edilmiştir. Ashokkumar vd. (2008) ultrasonikasyon ile flavonoid artışını ultrasonik dalgalar ile oluşan hidroksil radikallerinin oluşmasıyla birlikte moleküllerin hidroksilasyonunda artış olması ile açıklamıştır. Bu çalışmada, *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı termosonikasyon uygulaması olan TS-60 ile toplam flavonoid miktarı kontrole göre yaklaşık %45 artış göstermiş, bu da söz konusu uygulama sonucunda elde edilen bal kabağı suyuna tüketici açısından olumlu bir özellik kazandırmıştır.



Şekil 4.7 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıtılmanın toplam flavonoid üzerine etkisi

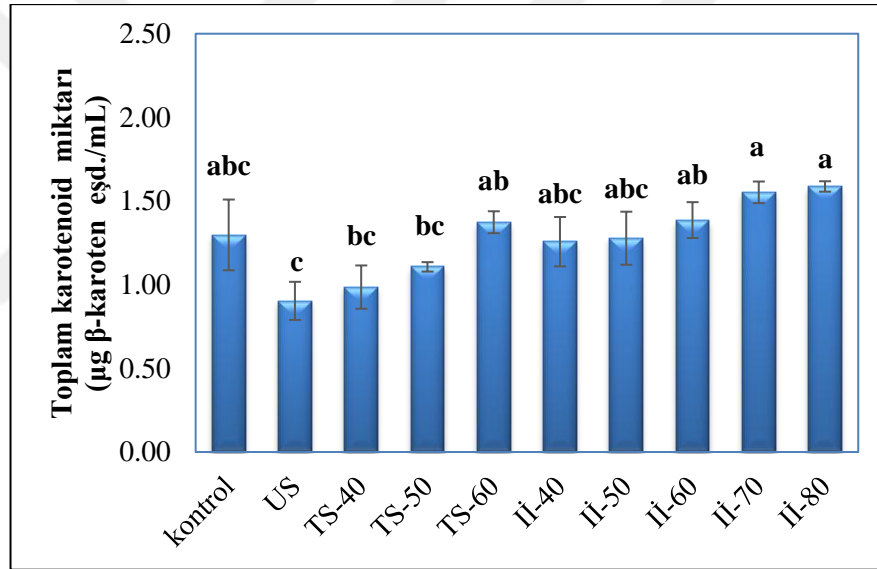
4.3.3 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Toplam Karotenoid Miktarı Üzerine Etkisi

Bal kabağının iyi bir karotenoid kaynağı olduğu bilinmekle birlikte, çeşitli bal kabağı türlerinde farklı oranlarda karotenoid bulunduğu bildirilmiştir (Carvalho vd., 2014). Ayrıca, Carvalho vd. (2014), *C. moschata* türü bal kabağı üzerinde yaptıkları araştırmada, bal kabağında en başta β -karoten olmak üzere, α -karoten ve 9 ve 13-Z- β -karoten bulunduğunu göstermişlerdir. Garcia-Parra vd. (2018) ise bal kabağında aynı zamanda lutein de bulunduğunu belirtmiştir.

Bal kabağı suyu ile yapmış olduğumuz çalışmada, US, TS-40 ve TS-50 örneklerinin kontrolden daha düşük toplam karotenoidde sahip olduğu görülmektedir. Chen vd. (1995) sonikasyon esnasında oluşan ekstrem sıcaklık ve basınç koşullarının karotenoidlerde hızlandırılmış bir izomerizasyona yol açabileceğini bildirmiştir.

TS-60 örneğinin ise kontrol örneği ile aynı oranda toplam karotenoidde sahip olduğu Şekil 4.8'de görülmektedir. Hem termosonikasyon hem de ısıtılma uygulamalarında sıcaklık artışı ile birlikte toplam karotenoid miktarının da artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8).

Yapılan bir çalışmada bal kabağı püresine 90 °C’de 10 dk uygulanan ısı işleminin toplam karotenoid miktarında (işlem görmemiş göre) değişime neden olmadığı görülmüştür (Garcia-Parra vd., 2018). Carvalho vd. (2014) ise, pişirilen (kaynayan suda) bal kabağı örneklerinin toplam karotenoid miktarlarının işlem görmemiş örneğe göre daha yüksek olduğunu raporlamıştır. Karotenoidlerin biyoyararlılıklarının uygulanan işlemler ile arttığı önceki birçok çalışmada belirtilmiştir (Adams ve Erdman, 1988; Sungpuag vd., 1999, Fernández-García vd., 2012). Bal kabağına uygulanan işlemler gıda matrisini zayıflatmış ve karoten tutan liflerin gevşemesine neden olmuştur (Carvalho vd., 2014). Knockaert vd. (2011) karotenoidlerin bitki hücrelerinde bulunan kromoplastlardan salınımının ısı işleme birlikte artış gösterdiğini bildirmiştir.



Şekil 4.8 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işleminin toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi

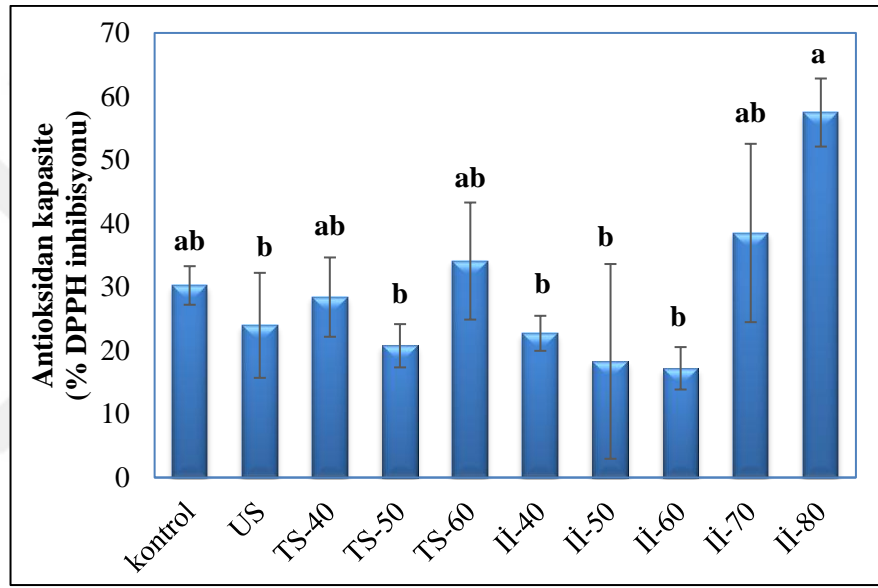
4.3.4 Ultrases, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Antioksidan Kapasite Üzerine Etkisi

Vücudumuzda bulunan serbest radikallerin zararlı maddeler olduğu, oksidatif strese bağlı birçok hastalığın kaynağı olduğu bilinmektedir. Antioksidan maddelerin ise bu serbest radikalleri süpürmekle birlikte oksidatif strese bağlı hastalıkların oluşma riskini düşürdüğü bildirilmiştir (Aadil vd., 2013). Sebze ve meyvelerde C vitamini ve fenolik bileşikler gibi bileşenlerin antioksidan kapasiteden sorumlu olan majör

bileşenler olduğu bilinmektedir (Aadil vd., 2013). Çeşitli gıdaların antioksidan kapasitesi, ihtiva ettikleri antioksidan madde karışımının, farklı antioksidan aksiyonlarına dayanır. Bu çalışmada bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi, DPPH radikalinin süpürülmesi esasına göre ortaya konulmuş olup, bu kapsamda serbest bir radikal olan DPPH'in stabilize edilmesi için antioksidanların hidrojen verme kapasitesi ölçülmüştür (Tomadoni vd., 2017).

Bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi üzerinde ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin etkisini özetleyen Şekil 4.9'a baktığımızda; kontrol, ultrases, termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısıl işlem (İİ-80 dışında) uygulamaları arasında antioksidan kapasite bakımından istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) bir fark bulunmamaktadır. *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı termosonikasyon uygulaması olan TS-60, antioksidan kapasiteyi kontrol örneğine göre yalnızca %13 artırırken, 80 °C'de uygulanan ısıl işlem ise bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi kontrol örneğine göre %90 artışa neden olmuştur (Şekil 4.9). Tomadoni vd. (2017) çilek suyuna uyguladıkları ısıl işlem (90 °C, 60 sn) ve ultrasonikasyon (10 ve 30 dk) sonrasında (0. gün) örneklerin DPPH % inhibisyon değerlerinin kontrole göre artış gösterdiğini bildirmişler ve söz konusu artışı ultrasonikasyonun biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu üzerindeki etkisine bağlamıştır. Abid vd. (2013) elma suyu üzerinde yapmış oldukları çalışmada ultrasonikasyon süresinin 30 dakikadan 60 ve 90 dakikaya çıkarıldığında DPPH % inhibisyon değerlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada ultrasonikasyon süresi 30 dakika olup, Abid vd. (2013)'nin bulgularına göre antioksidan kapasitenin artış gösterebilmesi için sürenin yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Şekil 4.9'da verilmiş olan bulguların tersine Santhirasegaram vd. (2013) Chokanan mango suyu üzerindeki çalışmada, ısıl işlem görmüş örneklerin kontrolden daha düşük olduğunu ve 15 ilâ 60 dk ultrasonikasyon görmüş örneklerin ise kontrol ve ısıl işlem görmüş (90 °C, 30 ve 60 sn) örneklerden daha yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamıza paralel olarak, Zafra-Rojas vd. (2013) mor kaktüs armudu suyu üzerinde uyguladıkları ultrasonikasyonun %40 ve 60 amplitüd parametreleri için antioksidan kapasitesi bakımından kontrolden farksız ($P<0,05$) olduğunu bildirmiştir. Bal kabağında antioksidan özellik gösteren maddelerin karotenoidler ve fenolik maddeler olduğu Garcia-Parra vd. (2018) tarafından bildirilmiştir. Dini vd. (2013) biyolojik yapıların

ıslıl işleme birlikte değışebildiğini ve bu değışimin çözünmeyen fenolik bileşikleri daha fazla çözüdür hale dönüştürebileceğini bildirmiştir. İİ-80 örneklerindeki antioksidan kapasite artışının, bahsedilen dönüşümden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın antioksidan kapasite bölümünde elde edilmiş olan verilerde genel olarak standart sapmanın beklenenden daha fazla olduğu görülmüş olup tüm deney seti tekrarlanmıştır. Buna rağmen yüksek standart sapma problemi giderilememiştir. Bunun durumun kullanılan antioksidan kapasite saptama metoduna göre örneklerin santrifüj edilmemiş olmasından ve gözle görülmeyen tortuların okumada problem yaratmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.9 Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ıslıl işlemin antioksidan kapasite üzerine etkisi

4.4 Duyusal Analiz

Bölüm 4.1'deki sonuçlara göre termosonikasyon uygulamasında elde edilen en yüksek *E. coli* K-12 inaktivasyonu 60 °C'de (30 dk), ıslıl işlem uygulamasında ise 80 °C'de (15 dk) ulaşılmıştır. Buna göre söz konusu iki uygulamanın optimum değerlerinde üretilen bal kabağı suyu örnekleri, taze üretilmiş ve hiçbir işlem görmemiş bal kabağı suyu örnekleri ile birlikte duyusal analize tabi tutulmuştur. Çizelge 4.2'de verilmiş olan sonuçlar doğrultusunda, panelistlerin koku, renk, görünüş ve ekşilik kriterlerinde test edilen 3 örnek arasında kayda değerli bir fark bulmadığı görülmüştür. Bunun yanında aroma, lezzet, tatlılık ve genel beğeni bakımından kontrol örneği olan taze bal

kabağı suyu panelistler tarafından daha yüksek skor aldığı görülmüştür. Termosonikasyon ve ısıtım işlem uygulanmış olan bal kabağı suyu örnekleri karşılaştırıldığında ise panelistlerin bu iki örnek grubu arasında koku, aroma, renk, görünüş ve ekşilik kriterleri bakımından önemli bir fark bulunmamıştır. Fakat lezzet, tatlılık ve genel beğeni bakımından termosonikasyon uygulanmış olan örnekler, ısıtım işlem görmüş olan örneklere göre nispeten daha yüksek skorlar almıştır (Çizelge 4.2). Adiamo vd. (2017) ultrases muamelesi görmüş ve ısıtım işlem uygulanmış havuç suyu örneklerini duyuşsal analize tabi tuttıklarında, (0. saatteki değerler) renk, aroma, tat ve genel kabul edilebilirlik kriterlerinde ultrases uygulanmış olan örneklerin daha yüksek skorlar aldığını görmüşlerdir.

Çizelge 4.2 Taze, termosonikasyon ve ısıtım işlem uygulanmış bal kabağı örneklerinin duyuşsal panel sonuçları

| Duyuşsal Özellik | Kontrol (taze bal kabağı suyu) | Termosonikasyon uygulanmış bal kabağı suyu (TS-60) | Isıtım işlem uygulanmış bal kabağı suyu (İİ-80) |
|------------------|--------------------------------|--|---|
| Koku | 3,0 ± 1,3 ^a | 2,9 ± 1,0 ^a | 2,4 ± 1,3 ^a |
| Aroma (tat) | 3,7 ± 1,2 ^a | 2,8 ± 1,0 ^b | 2,9 ± 1,2 ^b |
| Renk | 4,1 ± 1,3 ^a | 4,4 ± 1,1 ^a | 4,6 ± 1,1 ^a |
| Lezzet | 3,7 ± 1,7 ^a | 2,5 ± 1,2 ^b | 2,1 ± 1,0 ^c |
| Görünüş | 4,0 ± 1,1 ^a | 4,2 ± 1,3 ^a | 4,5 ± 1,0 ^a |
| Tatlılık | 3,6 ± 1,4 ^a | 2,8 ± 1,1 ^b | 1,9 ± 0,9 ^c |
| Ekşilik | 3,4 ± 1,5 ^a | 2,7 ± 1,3 ^a | 2,5 ± 1,4 ^a |
| Genel beğeni | 3,4 ± 1,5 ^a | 3,3 ± 1,2 ^a | 2,5 ± 1,2 ^b |

Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler kayda değer fark ($P < 0,05$) anlamına gelir.

4.5 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulaması

4.5.1 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulamasının *E. coli* K-12 İnaktivasyonu Üzerine Etkisi

Bal kabağı suyunun, ultrasonik su banyosunda, 60 °C'de gerçekleştirilmiş olan termosonikasyonu sonucunda mikrobiyel inaktivasyonun başarılı olması sonucunda

(Şekil 4.1) aynı uygulamanın endüstriyel kullanım potansiyelinin araştırılması için bir üst basamak olan tezgâh üstü (bench-top) sürekli bir termosonikasyon sistemi tasarlanmış ve kurulmuştur (Şekil 3.6). Literatürde, sürekli sistem uygulaması adı altında yapılan çalışmaların çoğu ultrasonik probun kesintisiz çalışmasından ibaret olup, akış esnasında termosonikasyon yapılan çalışma sayısı kısıtlıdır, bu çalışmada yer alan tasarımın ise bir benzeri bulunmamaktadır. Söz konusu sistemde, bal kabağı suyu 0,029 L/dk kütleli akış hızı ile hareket ederken sistem bileşenlerindeki geçiş süreleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Toplam döngü süreleri; t_1 , t_2 , t_3 ve t_4 sürelerinin toplanması ile elde edilmiş olup, söz konusu süreler Materyal ve Yöntem 3.2.7 bölümünde tanımlanmıştır. 3. döngü bitiminde ($172 \text{ s} \times 3 = 516 \text{ s} = 8,6 \text{ dk}$) bal kabağı suyu örnekleri toplam 8,6 dk termosonikasyona maruz kalmıştır. Çalışmanın önceki bölümünde (Bölüm 4.1) yapılmış olan kesikli termosonikasyon denemesinde *E. coli* K-12 sayısında 6,62 log azalma 30 dakikalık uygulama sonucunda elde edilmişken, tasarlanmış olan sürekli sistemde *E. coli* K-12 sayısında 6,23 log'luk azalma (Şekil 4.10) sadece 8,6 dk termosonikasyon ile sağlanmıştır. Mohideen vd. (2015) yabanmersini suyunu sürekli sistem ultrasonikasyona (93,5 mL/dk akış hızı, 100% amplitüd) tabi tuttuklarında, en yüksek log azalma toplam aerobiklerde 1,36 olarak elde etmişlerdir. Valero vd. (2007)'nin tasarlamış olduğu sürekli sistem de portakal suyunun aerobik mikrobiyel yükünün azaltılmasında benzer şekilde yetersiz kalmıştır. Zenker vd. (2003)'nin tasarlamış olduğu sistemde (pilot ölçek, 0,43 L/dk) ise fosfat tamponuna (pH 7) inokule edilmiş olan *E. coli* K12 DH 5 α suşu üzerinde çalışmamıza en yakın şekilde yaklaşık 3,8 log'luk bir azalma yakalanmıştır.

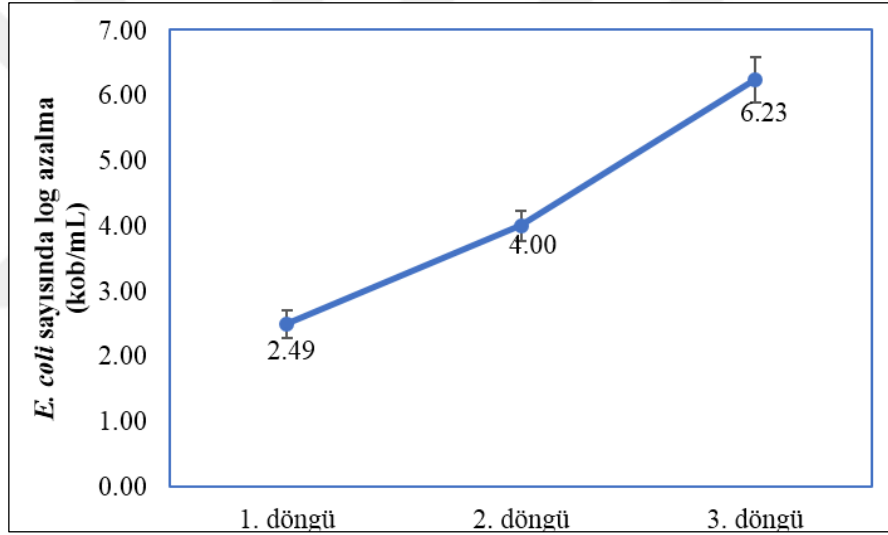
Tez kapsamında tasarlanmış olan sürekli sistem ile bal kabağı suyunda hedef mikroorganizmanın azalması konusunda FDA kriteri sağlanmış olup, bu durum bal kabağı suyunun endüstriyel olarak termosonikasyonla pastörizasyonu konusunda umut vadetmiştir.

Bal kabağı suyunun viskozitesi $1,84 \times 10^{-2}$ Pa.s, yoğunluğu $1041,84 \text{ kg/m}^3$ ve ortalama hızı 0,0246 m/s olup, boru çapı 5×10^{-3} m olarak alındığında akışa ait Reynolds sayısı Denklem 3.5'e göre 7,0 olarak hesaplanmıştır. Newtonumsu sıvılarda Reynolds sayısının 2100'den düşük olması akışın laminer olduğuna işaret etmekte olduğundan,

kullanılan akış hızında bal kabağı suyunun akışının laminer olduğu söylenebilir (Geankoplis, 1993).

Çizelge 4.3 250 mL bal kabağı suyunun sistem bileşenlerinden geçiş süreleri

| Akış hızı (L/dk) | t ₁ (s) | t ₂ (s) | t ₃ (s) | t ₄ (s) | Toplam döngü süresi (sn) | Toplam döngü süresi (dk) |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0,029 | 47 | 172 | 36 | 660 | 915 | 15 dk 25 sn |



Şekil 4.10 Sürekli sistem termosonikasyon uygulaması sırasında bal kabağı suyuunda *E. coli* K-12 inaktivasyonu

4.5.2 Sürekli Sistem Termosonikasyon Uygulamasının Bal Kabağı Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında tasarlanmış olup, bal kabağı suyunun pastörizasyonunda kullanılmış olan sürekli sistem, mikrobiyel inaktivasyon konusunda başarılı bulunmuştur. Fakat gıdaların mikrobiyel kalitesi kadar, fizikokimyasal ve besinsel kalitesinin de garanti altına alınması gerektiği bilinmektedir. Bu nedenle sürekli sistemin her bir döngüsünden alınmış olan örneklerin bazı fizikokimyasal özellikleri

ölçülmüş ve Çizelge 4.4’de verilmiştir. Besinsel özellikler ise tez kapsamına alınamamıştır.

Mohideen vd. (2015) yabanmersini suyu üzerinde yapmış olduğu sürekli sistem ultrasonikasyon esnasında (24 ve 93,5 mL/dk), L^* değerinde taze örneğe göre düşüş olduğunu ve bunun kararmadan kaynaklandığını bildirmiştir. Bu çalışmada ise, Çizelge 4.4’e göre sürekli sistemde akış, bal kabağı suyunun parlaklığını (L^* değeri) kontrole göre artırmıştır. Söz konusu bulgu Çizelge 4.4’de yer alan enzimatik olmayan esmerleşme değerlerinin kontrolden daha düşük elde edilmiş olması ile de uyumludur. Bunun yanında, bal kabağı suyunun parlaklık değeri bakımından döngüler arasında önemli ($P<0,05$) bir fark olmadığı görülmektedir. Kırmızılık (a^* değeri) da benzer bir davranış göstermiş olup, sarılık (b^* değeri) değeri bakımından kontrol ve sürekli sistem örnekleri (1., 2., 3. döngü) bakımından yine önemli ($P<0,05$) bir fark bulunmamıştır.

Toplam renk değişimine bakıldığında ise döngüler arasında kayda değer bir fark olmadığı görülmüştür. 3. döngü sonucunda elde edilen ΔE değeri $2,36\pm 0,99$ olup, bu değer Cserhalmi vd. (2006)’nin sınıflandırmasında göre “fark edilebilir” grubunda ($1,5<\Delta E<3,0$) yer almaktadır. Şekil 4.2’de ise kesikli termosonikasyon uygulaması sonucunda örneklerin “hafifçe fark edilebilir” sınıfında ($0,5<\Delta E<1,5$) yer aldığı görülmektedir. Bu durumda sürekli sistem uygulamasının toplam renkte nispeten daha fazla değişime neden olduğu söylenebilir. Zenker vd. (2003) ultrases destekli ısı işlem gerçekleştiren bir sürekli sistemde portakal suyunun renk özelliklerini incelemiş ve 30 s’lik işlem sonrasında kontrol örneğine göre oldukça değiştiğini görmüşlerdir. Söz konusu çalışmada ultrases destekli ısı işlem sonucunda portakal suyunda 2,56 toplam renk değişimi gerçekleşmiş olup, bu değer bizim çalışmamızda 3. döngü sonunda elde edilen değer ile uyumludur.

Sürekli sistemde işlem gören bal kabağı suyu örnekleri (1., 2., 3. döngü) ile kontrol örneği arasında pH ve suda çözünen toplam katı madde miktarı bakımından önemli ($P<0,05$) bir fark olmadığı Çizelge 4.4’de görülmektedir. Bu bulgular; Mohideen vd. (2015) ve Tiwari vd. (2008)’nin bulguları ile uyum içerisindedir. Toplam titrasyon

asitliği değerleri ise bal kabağı suyu örnekleri arasında dalgalanma göstermiştir (Çizelge 4.4).

Bulanıklık (Çizelge 4.4) bakımından sürekli sistemde işlem gören bal kabağı suyu örneklerinin kendi arasında önemli ($P<0,05$) bir fark bulunmayıp, bu değerler kontrol örneğinden önemli ($P<0,05$) ölçüde yüksektir. Literatürde meyve ya da sebze suyunun sürekli sistem termosonikasyonu esasına yapılan bir bulanıklık ölçümü bulunamamıştır. Bununla birlikte bulanıklıktaki artışın kısmen suda çözünen toplam katı madde miktarındaki hafif artışa, kısmen de renk değişimine bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir. Zira, Donahue vd. (2004) bulanıklık ve renk arasında önemli bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi bakımından kontrol ve sürekli sistem (1., 2., 3. döngü) örnekleri arasında önemli bir fark yoktur (Çizelge 4.4). Valero vd. (2007) ise sürekli sistem ultrasonikasyon sonrasında portakal suyunun esmerleşme değerinin kontrole göre kayda değer oranda ($P<0,05$) artış gösterdiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.4 Sürekli sistem termosonikasyon uygulaması sırasında bal kabağı suyunun fizikokimyasal özellikleri

| Özellik | Kontrol (taze) | 1. döngü | 2. döngü | 3. döngü |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Renk | | | | |
| L* | 42,12±0,16 ^b | 43,58±0,37 ^a | 43,70±0,45 ^a | 43,86±0,68 ^a |
| a* | 3,54±0,04 ^b | 4,01±0,23 ^{ab} | 4,56±0,25 ^a | 4,73±0,46 ^a |
| b* | 31,41±0,34 ^a | 32,07±0,52 ^a | 32,37±0,10 ^a | 32,41±0,65 ^a |
| Toplam renk değişimi (ΔE) | - | 1,77±0,35 ^a | 2,17±0,19 ^a | 2,36±0,99 ^a |
| pH | 4,41±0,00 ^a | 4,42±0,03 ^a | 4,43±0,01 ^a | 4,46±0,01 ^a |
| Toplam titrasyon asitliği (SSA, %) | 0,99±0,01 ^a | 0,90±0,00 ^c | 0,99±0,01 ^a | 0,97±0,00 ^b |
| Suda çözünen toplam katı madde miktarı ($^{\circ}Bx$) | 9,13±0,05 ^a | 9,00±0,16 ^a | 9,20±0,16 ^a | 9,37±0,05 ^a |

| | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Bulanıklık (NTU) | 3606± 61,19 ^b | 4295± 188,23 ^a | 4464± 199,06 ^a | 4501± 53,24 ^a |
| Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi (A _{420 nm}) | 0,31±0,02 ^a | 0,26±0,02 ^a | 0,28±0,03 ^a | 0,24±0,01 ^a |

Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler kayda değer fark ($P<0,05$) anlamına gelir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında bal kabağında (*Cucurbita moschata* Butternut) elde edilen bal kabağı suyunun pastörizasyonu için ultrases, termosonikasyon ve geleneksel ısı işlem yöntemlerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem yöntemlerinin öncelikle mikrobiyel kalite üzerindeki etkisini araştırmak için hedef mikroorganizma olarak seçilmiş patojen *E. coli* O157:H7'nin vekil şusu olan *E. coli* K-12'nin inaktivasyonu araştırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde ultrases uygulaması (23 °C, 30 dk) *E. coli* K-12 üzerinde 1 log'dan daha az düşüş sağlayabilmiştir. Isıl işlem ile en yüksek inaktivasyon ise 80 °C'de (15 dk) 4,06 log olarak sağlanmıştır. Bunun yanında her iki uygulamanın kombinasyonu olan termosonikasyon işlemi ise 60 °C'de (30 dk) diğer iki uygulamadan çok daha yüksek olan ve FDA kriterini sağlayan 6,62 log'luk inaktivasyonu sağlamıştır. Özet olarak bal kabağı suyunda mikrobiyel inaktivasyon bakımından en başarılı olan işlemler 60 °C'deki termosonikasyon ve 80 °C'deki ısı işlem uygulamalarıdır. Termosonikasyon işlemi hem daha yüksek inaktivasyon sağlamış hem de işlem sıcaklığının 80 °C'den daha ılımlı bir sıcaklıkta (60 °C) gerçekleşmesine olanak tanımıştır.

Bunun üzerine, uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem yöntemlerinin bal kabağı suyunun tüketicinin satın alma aşamasında karar vermesi için önemli olan bazı fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. 80 °C'deki ısı işlem uygulaması dışında diğer hiçbir işlem bal kabağı suyunun parlaklık (L^*) değerini tazeye göre önemli ölçüde değiştirmemiştir. Çalışmanın bu bölümünde ayrıca, ultrases ve termosonikasyon uygulamaları sonucunda bal kabağı suyunda gerçekleşen toplam renk değişiminin (ΔE) hafifçe fark edilebilir sınıfta yer aldığı, fakat ısı işlem uygulamaları için elde edilen değerlerin iyice görülebilir sınıfta yer aldığı görülmüştür. *E. coli* K-12 inaktivasyonunda en başarılı olan 60 °C'deki termosonikasyon sonucunda bal kabağının pH, titrasyon asitliği, suda çözünen toplam katı madde ve bulanıklık değerlerinin kontrole göre önemli ($P<0,05$) bir değişime uğramadığı gözlemlenmiştir. Mikrobiyel inaktivasyonda en başarılı ısı işlem parametresi olan 80 °C'de ise bal kabağı suyu örneklerinin pH'ı kontrole göre hafifçe düşük, titrasyon asitliği ve suda çözünen

toplam katı madde bakımından kontrol ile aynı, bulanıklığı ise kontrole göre daha yüksek elde edilmiştir. Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi bakımından sıralama kontrol < 80 °C'de ısıtılma işlemi < 60 °C'de termosonikasyon şeklindedir.

Meyve ve sebze sularının tüketici sağlığı açısından önem taşıyan özelliklerinden birisi de sahip olduğu biyoaktif bileşenleridir. Bu kapsamda ultrases, termosonikasyon ve ısıtılma işlem yöntemlerinin bal kabağı suyunun biyoaktif bileşenleri üzerindeki etkisi de bu tez çalışması kapsamında incelenmiştir. Buna göre; toplam fenolik madde bakımından ısıtılma işlem görmüş örnekler, toplam flavonoid madde bakımından termosonikasyon görmüş örnekler ve toplam karotenoid madde bakımından ısıtılma işlem görmüş örnekler (ve 60 °C'de termosonikasyon) daha avantajlıdır. Antioksidan kapasite sonuçlarına göre ise 80 °C'deki ısıtılma işleminin, bal kabağı suyundaki DPPH radikali % inhibisyon değerini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür.

Bal kabağı suyunun kesikli çalışmada mikrobiyel inaktivasyonda en başarılı olan 60 °C'de termosonikasyon ve 80 °C'de ısıtılma işlem uygulaması ile taze bal kabağı (kontrol) suyu örnekleri duyu analize tabi tutulduğunda; aroma, lezzet, tatlılık ve genel beğeni bakımından kontrol örneği daha fazla beğenilmiş olup, lezzet, tatlılık ve genel beğeni bakımından termosonikasyon uygulanmış olan örnekler, ısıtılma işlem görmüş olan örneklere göre daha fazla skor elde etmiştir.

Bal kabağı suyunun pastörizasyonu için ultrasonik ve ısıtıcılı su banyosunda gerçekleştirilen ultrases, termosonikasyon ve ısıtılma işlem yöntemlerinin sonucunda mikrobiyel gıda güvenliği açısından 60 °C'de, 30 dk termosonikasyon uygulamasının, 80 °C'de ısıtılma işlem uygulamasına göre daha üstün olduğu, takip edilen fizikokimyasal analizler bakımından da enzimatik olmayan esmerleşme indeksi dışında 60 °C'deki termosonikasyon uygulamasının pastörizasyon işleminde tercih edilmesine engel herhangi bir bulgu bulunmamaktadır. Biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite bakımından ise (toplam flavonoid madde dışında) beklenmedik bir şekilde ısıtılma işlem görmüş olan örnekler ultrasonikasyon ve termosonikasyon görmüş örneklere göre daha olumlu sonuçlar vermiştir.

Bal kabağı suyunun pastörizasyonunu endüstriyel ölçeğe yaklaştırmak için tasarlanmış olan sürekli sistem termosonikasyon denemesinde ise akış esnasında alınan örneklerin mikrobiyel ve bazı fizikokimyasal özellikleri takip edilmiştir. 0,029 L/dk akış hızında gerçekleştirilen bu denemelerde nispeten kısa bir süre sonra 3. döngü sonunda FDA kriteri sağlanmış olup *E. coli* K-12 sayısında 6,23 log'luk azalma başarısı elde edilmiştir. Sürekli sistem termosonikasyon sonucunda toplam renk değişimi 60 °C'deki kesikli termosonikasyon sonuçlarına göre nispeten daha fazla olmuştur. Bulanıklık değerı sürekli sistem termosonikasyon sonucunda artış göstermiş, enzimatik olmayan esmerleşme değerleri ise azalış göstermiştir.

Sonuçları özetlemek istersek; ultrases uygulamasının (23 °C, 30 dk) tek başına pastörizasyon için etkili olmadığı, termosonikasyon (60 °C, 30 dk) uygulamasını ise pastörizasyon için kullanılabilirliğinin yüksek olduğunu, biyoaktif bileşenler bakımından ise ısıl işlemlerin üstünlük taşıdığını söyleyebiliriz. Sürekli sistem termosonikasyon uygulamasının hem mikrobiyel hem de fizikokimyasal açıdan kabul edilebilir sonuçlar vermesi bu yöntemin bal kabağı suyunun pilot ve endüstriyel pastörizasyon uyarlamaları için bilgi alt yapısı oluşturduğu ve potansiyeli ortaya koyduğu düşünölmektedir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmaların sağlık açısından olumlu etki gösterme potansiyeli bulunmasına rağmen ölkemizde taze ya da ticari üretilmiş şekilde kullanımı çok kısıtlı olan bal kabağı suyu ürününün üretilebilirliği konusunda özellikle de pastörizasyon yöntem ve normları açısından üreticilere fikir verildiği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X., Han, Z., Sun, D., Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice, *Food Chemistry*, 141, 3201–3206, 2013.
- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S., Khan, M. A., Zeng, X., Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 984–990, 2014.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hu, B., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., Khan, M. A., Zeng, X., Zhang, Z., Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1182-1187, 2013.
- Adams, C. E. ve Erdman, J. W., Effects of home food preparation practices on nutrient content of foods. *Nutritional evaluation of food processing*. Editörler: Karmas, E. ve Harris, R., New York: AVI Publ., 1988.
- Adiamo, O. Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Mohamed Ahmed I. A., Babiker, E. E., Effects of thermosonication and orange by-products extracts on quality attributes of carrot (*Daucus carota*) juice during storage, *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 2115–2125, 2017.
- Adiamo, O. Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E. E., Ahmed, M. I. A., Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts, *Food Chemistry*, 245, 79–88, 2018.
- Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Roig, A. X., García-Galindo, H. S., Sayago-Ayerdi, S. Montalvo-González, E., Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices, *Trends in Food Science & Technology*, 61, 26-37, 2017.
- Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilku, K., Versteeg, C., Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: A preliminary study on a model system, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 155-160, 2008.
- Aydın, E., Balkabağı (*Cucurbita moschata*) Unu Katkısının Bisküvinin Antioksidan Aktivite ve Besinsel Kalitesine Etkileri, Uludağ Üniversitesi, Doktora Tezi, 2014.

- Başlar, M., Ultrases, Fotosonikasyon ve Vurgulu Elektriksel Alan İşlemlerinin Elma Suyunun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Doktora Tezi, Erzurum, 113, 2011.
- Bermúdez-Aguirre, D., Mobbs, T., Barbosa-Cánovas, G. V., Ultrasound Applications in Food Processing, Food Engineering Series, 1, 4419-7472, 2011.
- Bermúdez-Aguirre, D. ve Barbosa-Cánovas, G. V., Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple, grape and cranberry juices under pulsed and continuous thermo-sonication treatments, Journal of Food Engineering, 108, 383-392, 2012.
- Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B., C., Min-Tze, L., Karim, A. A., Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality, Ultrasonics Sonochemistry, 18, 1295–1300, 2011.
- Caminiti, I. M., Noci, F., Munoz, A., Whyte, P., Morgan, J. D., Cronin, D. A., Lyng, J. G., Impact of selected combinations of non-thermal processing technologies on the quality of an apple and cranberry juice blend, Food Chemistry, 124, 1387-1392, 2011.
- Cao, X., Cai, C., Wang, Y., Zheng, X., The inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 45, 169-178, 2018.
- Carvalho, J. L. V., Smiderle, L. A. S. M., Carvalho, J. L. V., Cardoso, F. S. N., Koblitz, M. G. B., Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions, Food Science and Technology, 34, 365-370, 2014.
- Chemat, F., Huma, Z., Khan, M. K., Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, Ultrasonics Sonochemistry, 18, 813–835, 2011.
- Chen, H. E., Peng, H. Y., Chen, B. H., Changes of carotenoids colour and vitamin A contents during processing of carrot juice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43, 1912–1918, 1995.
- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., Zhou, Y., Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short- and medium-wave infrared radiation, LWT - Food Science and Technology, 64, 759-766, 2015.

- Costa, M. G. M., Fonteles, T. V., de Jesus, A. L. T., Almeida, F. D. L., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S., High-Intensity ultrasound processing of pineapple juice. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 997–1006, 2013.
- Cruz-Cansino, N. S., Esther Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís García, E., Ariza-Ortega, J. A., Manríquez-Torres, J. J., Jaramillo-Bustos, D. P., Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment, *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 277–286, 2015.
- Cserhalmi, Zs., Sass-Kiss, A., Toth-Markus, M., Lechner, N., Study of pulsed electric field treated citrus juices, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(1-2), 49-54, 2006.
- Darrudi, R., Nazeri, V., Soltani, F., Shakrpour, M., Ereolano, M. R., Evaluation of combining ability in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* Duchesene accessions for fruit and seed quantitative traits, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 9, 70-77, 2018.
- Demirdöven A. ve Baysal, T., The use of ultrasound and combined technologies in food preservation, *Food Reviews International*, 25, 1–11, 2009.
- Dinçer, C. ve Topuz, A., Inactivation of *Escherichia coli* and quality changes in black mulberry juice under pulsed sonication and continuous thermosonication treatments, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1744-1753, 2015.
- Dinçer, C., Ultrases Pastörizasyon ve Membran Konsantrasyon Yöntemlerinin Karadut (*Morus nigra* L) Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Akdeniz Üniversitesi, Doktora Tezi, Antalya, 2014.
- Dini, I., Tenore, G. C., Dini, A., Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties, *LWT- Food Science and Technology*, 53, 382-385, 2013.
- Donahue, D. W., Canitez, N., Bushway, A. A., UV Inactivation of *E. coli* O157:H7 in apple cider: quality, sensory and shelf-life analysis, *Journal of Food Processing and Preservation*, 28 (5), 368-387, 2004.
- FAOSTAT, “Kabak üretimi ilk 10 ülke sıralaması (2006-2016)” 2018a.

- FAOSTAT, “Kıtalara göre 1994-2016 yılları arasında bal kabağı üretim oranları” 2018b.
- FDA, “Guidance for industry: Juice HACCP hazards and controls guidance (1st ed.)”. Food and Drug Administration of United States of America. Final Guidance, 2004.
- Fernández-García, E., Carvajal-Lérída, I., Jarén-Galán, M., Garrido- Fernández, J., Pérez-Gálvez, A., Hornero-Méndez, D., Carotenoids bioavailability from foods: from plant pigments to efficient biological activities. *Food Research International*, 46(2), 438- 450, 2012.
- Garcia- Parra, J., Gonzalez-Cebrino, F., Delgado- Adamez, J., Cava, R., Martin-Belloso, O., Elez-Martinez, P., Ramirez, R., Application of innovative technologies, moderate-intensity pulsed electric fields and high-pressure thermal treatment, to preserve and/or improve the bioactive compounds content of pumpkin, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 533-61, 2018.
- Geankoplis, C. J., Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri, İzmir Güven Kitabevi, 2011.
- Geveke, D. J., UV inactivation of *E. coli* in liquid egg white, *Food Bioprocess Technology*, 1, 201–206, 2008.
- Gülçin, İ., Huyut, Z., Elmastaş, M., Aboul-Enein, H. Y., Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid, *Arabian Journal of Chemistry*, 3, 43–53, 2010.
- Güzel, B. H., Inactivation of foodborne pathogens and enzymes by ultrasound under pressure or non-lethal and lethal and lethal temperatures in apple and orange, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi*, Ankara, 240, 2013.
- İnan, N., Yıldız, M., Sensoy, S., Kafkas, S., Abak, K., Efficacy of Issr and srp Techniques for molecular characterization of some Cucurbita, genotypes including naked (Hull-Less) seed pumpkin, *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22, 126-136, 2012.
- Jabbar, S., Abid, Hu, B., Hashim, M. M., Lei, S., Wu, T., Zeng, X., Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing, *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7002-7013, 2015.

- Karaağaç, O., Karadeniz Bölgesinden Toplanan Kestane Kabağı (*C. maxima* Duchesne) ve Bal Kabağı (*C. moschata* Duchesne) Genotiplerinin Karpuza Anaçlı Potansiyellerinin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Doktora Tezi, Samsun, 2013.
- Kaya, D., Bal Kabağı Suyu Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.
- Khandpur, P. ve Gogate P. R., Evaluation of ultrasound-based sterilization approaches in terms of shelflife and quality parameters of fruit and vegetable juices, *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 337-353, 2016.
- Kırmusaoğlu, S., Elimination of certain foodborne pathogens in various fruit juices by combination of ultrasonication mustard seed, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Doktora Tezi, Bolu, 168, 2013.
- Knockaert, G., Roeck, A. D., Lemmens, L., Buggenhout, S. V., Hendrickx, M., Loey, A. V., Effect of thermal and high pressure processes on structural and health-related properties of carrots (*Daucus carota*), *Food Chemistry*, 125, 903-912, 2011.
- Martini, S., Sonocrystallization of Fats, *SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition*, 2013.
- Milani, E. A. ve Silva, F. V. M., Ultrasound assisted thermal pasteurization of beers with different alcohol levels: Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* ascospores, *Journal of Food Engineering*, 198, 45-53, 2017.
- Mohideen, F. W., Solval, K. M., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A., Prudente, A. D. A., Bankston, J. D., Sathivel, S., Effect of continuous ultrasonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice, *LWT- Food Science and Technology*, 60, 563-570, 2015.
- Murakami, E. G., Jackson, L., Madsen, K., Schickedanz, B., Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia coli* K12 in apple juice and a model system, *Journal of Food Process Engineering*, 29, 53–71, 2006.
- Noelia, J.-V., Roberto, M.-J. M., Jesús, de Z.-M. J., Alberto, G.-I. J., Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca: A Review. *Food Research International* 44, 2587–2593, 2011.

- Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J., Arias-Jaramillo, M. E., Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice, *Food Chemistry*, 233, 96–100, 2017.
- Paniwnyk, L., Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review, *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 794–806, 2017.
- Piyasena, P., Mohreb, E., McKellar, R. C., Inactivation of microbes using ultrasound: a review, *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216, 2003.
- Pokhrel, P. R., Bermúdez-Aguirre, D., Martínez-Flores, H. E., Garnica-Romo, M. G., Sablani, S., Tang, J., & Barbosa-Cánovas, G. V., Combined Effect of Ultrasound and Mild Temperatures on the Inactivation of *E. coli* in Fresh Carrot Juice and Changes on its Physicochemical Characteristics. *Journal of Food Science*, 82(10), 2343–2350, 2017.
- Qiao, L., Sun, Y., Chen, R., Fu, Y., Zhang, W., Li, X., Chen, J., Shen, Y., Ye, X., Sonochemical Effects on 14 Flavonoids Common in Citrus: Relation to Stability, 2014.
- Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Rodrigo, M., Effect of PEF and heat pasteurization on the physical- chemical characteristics of blended orange and carrot juice, *Swiss Society of Food Science and Technology*, 39, 1163-1170, 2006.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., Somasundram, C., Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1276–1282, 2013.
- Seshadri, R., Weiss, J., Hulbert, G. J., Mount, J., Ultrasonic processing influences rheological and optical, properties of high-methoxyl pectin, dispersions, *Food Hydrocolloids*, 17, 191-197, 2003.
- Sun, H., Wu, S., Zhang, G., Jiao, C., Guo, S., Ren, Y., Zhang, J., Zhang, H., Gong, G., Jia, Z., Zhang, F., Tian, J., Lucas, W., J., Doyle, J. J., Li, H., Fei, Z., Xu, Y., Karyotype stability and unbiased fractionation in the paleo-allotetraploid Cucurbita genomes, *Molecular Plant*, 10, 1293–1306, 2007.
- Sungpuag, P., Tangehitpianvit, S., Chittchang, U., Wasantwisut, E., Retinol and beta carotene content of indigenous raw and home-prepared foods in Northern Thailand, *Food Chemistry*, 64(2), 162-167, 1999.

- Taştan, Ö., Berrak meyve suyu üretiminde durultma ajanı olarak kitosan kullanımının meyve suyu ve konsantresinin kalite özelliklerinin etkilerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 169, 2014.
- Tchabo, W., Ma, Y., Kwaw, E., Zhang, H., Li, X., Afoakwa, N. A., Effects of ultrasound, high pressure, and manosonication processes on phenolic profile and antioxidant properties of a sulfur dioxide-free mulberry (*Morus nigra*) wine, *Food and Bioprocess Technology*, 10, 1210-1223, 2017.
- Tiwari, B. K., Donnella, C. P., Cullen, P. J., Effect of non-thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices, *Trends in Food Science & Technology*, 20, 137-145, 2009.
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., Donnell, C. P. O., Cullen, P. J., Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology, *LWT – Food Science and Technology*, 41, 1876–1883, 2008.
- Türken, T., Erge, H. S., Effect of ultrasound on some chemical and microbiological properties of sour cherry juice by response surface methodology, *Food Science and Technology International*, 23, 540-549, 2017.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M. D. R., Ponce, A., Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice, *Journal of Food Process Engineering*, 40, e12533, 2017.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R., Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9559–9570, 2007.
- Uysal Pala, Ç. ve Kirca Toklucu, A., Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 790-795, 2011.
- Ünlütürk, S., Atılğan, M. R., Baysal, A. H., Tarı, C., Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP), *Journal of Food Engineering*, 85, 561–568, 2008
- Ünlütürk, S. ve Atılğan, M. R., UV-C Irradiation of freshly squeezed grape juice and modeling inactivation kinetics, *Journal of Food Process Engineering*, 37, 438-449, 2014.

- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N., Lizama, V., Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing, *Journal of Food Engineering*, 80, 509–516, 2007.
- Villamiel, M. ve Jong, P., Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in Trypticase Soy Broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating, *Journal of Food Engineering*, 45, 171-179, 2000.
- Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J., Alanís-García, E., Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1283–1288, 2013.
- Zenker, M., Heinz, V., Knorr, D., Application of ultrasound-assisted thermal processing for preservation and quality retention of liquid foods, *Journal of Protection*, 66, 1642–1649, 2003.
- Zou, Y. ve Jiang, A., Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice, *Food Science and Technology*, 36(1), 111-115, 2016.

ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı** : Ayşe KILINÇ
2. **Doğum Tarihi** : 19.01.1992
3. **Ünvanı** : Gıda Mühendisi
4. **Öğrenim Durumu** : Yüksek Lisans

| Derece | Bölüm/Program | Okul/Üniversite | Bitirme Yılı |
|--------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Lise | Sayısal | Gaziantep Anadolu Lisesi | 2010 |
| Lisans | Gıda Mühendisliği | Ardahan Üniversitesi | 2016 |

5. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:

Demir, H., **Kılınç, A.**, Effects of thermosonication on quality of pumpkin juice, *3rd International Congress on Food Technology*, Ekim 10-12, 2018, Nevşehir, Türkiye (sözlü bildiri).