

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**GELENEKSEL HARDALIYE İÇECEĞİNİN YENİLİKÇİ**  
**PROSES TEKNOLOJİLERİ İLE PASTÖRİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERVE DEMİRAY**

**BOLU, MAYIS - 2019**

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GELENEKSEL HARDALİYE İÇECEĞİNİN YENİLİKÇİ**  
**PROSES TEKNOLOJİLERİ İLE PASTÖRİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERVE DEMİRAY**

**BOLU, MAYIS - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Merve DEMİRAY tarafından hazırlanan "GELENEKSEL HARDALIYE İÇECEĞİNİN YENİLİKÇİ PROSES TEKNOLOJİLERİ İLE PASTÖRİZASYONU" adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 3.05.2019 tarihinde savunularak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

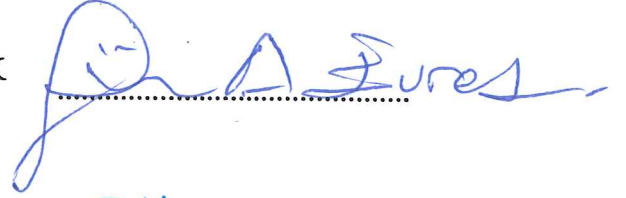
### Jüri Üyeleri

Danışman  
Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK  
Ardahan Üniversitesi

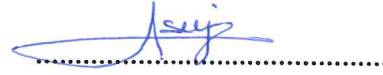
Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Sibel UZUNER  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ  
Çukurova Üniversitesi

### İmza







Prof. Dr. Ömer ÖZYURT 

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**AILEME,**

## ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve DEMİRAY



## ÖZET

**GELENEKSEL HARDALIYE İÇECEĞİNİN YENİLİKÇİ PROSES  
TEKNOLOJİLERİ İLE PASTÖRİZASYONU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MERVE DEMİRAY  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)**

**BOLU, MAYIS - 2019**

Bu çalışmanın amacı, sadece besinsel bileşimi ile değil insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri yönünden de kıymetli olan geleneksel hardaliye içeceğini yüksek hidrostatik basınç (YHB) ve ultrasonikasyon (US) gibi yenilikçi proses teknolojileri ile pastörize etmek ve bu teknolojilerin hardaliye içeceğinin önemli kalite kriterleri üzerindeki etkisini belirlemektir. Bu kapsamda; pH, toplam asitlik (g/L), °Briks, kondaktivite (mS/cm), bulanıklık (NTU), renk ölçümü ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$ ,  $\Delta E$ ), renk yoğunluğu (IC), renk tonu, renk bileşimi (%OY<sub>420</sub>, %OY<sub>520</sub>, %OY<sub>620</sub>), toplam fenolik madde (mg/L), toplam antioksidan aktivite (%), toplam monomerik antosiyanin (mg/L) ve indirgen şeker (g/L) gibi fizikokimyasal analizlerin yanında toplam mezofilik aerobik canlı bakteri (log kob/mL) ve toplam maya küf (log kob/mL) yükünde azalmaları tespit etmek için mikrobiyal analizler de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu teknolojiler ile işlenen ürünlerin duyu özellikler bakımından da kabul edilebilirliği test edilmiştir.

YHB ve US uygulamaları için yanıt yüzey tasarımından yararlanarak Box-Behnken yöntemine göre deney tasarımı oluşturulmuştur. YHB işlemine ilişkin açıklayıcı değişkenler olan basınç, sıcaklık ve süre için alt ve üst limitler sırasıyla; 200-500 MPa, 4-40 °C, 3-15 dk. olarak belirlenmiştir. US işlemine ilişkin açıklayıcı değişkenler olan genlik, sıcaklık ve süre için alt ve üst limitler ise sırasıyla; 50-90 %, 4-40 °C, 5-45 dk. olarak belirlenmiştir. YHB uygulamaları pH, toplam asitlik, °Briks,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$ ,  $\Delta E$ , toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin ve indirgen şeker değerinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ). US uygulamalarının ise pH, toplam asitlik, °Briks, kondaktivite,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $C^*$ ,  $\Delta E$ , toplam fenolik madde ve toplam monomerik antosiyanin değerine etkisi önemsiz düzeyde tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Hem YHB hem de US uygulamaları hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> değerinde kayda değer artış meydana getirmiştir ( $p \leq 0.05$ ). YHB ile hardaliye içeceğinin pastörizasyonunda 5.10 log kob/mL olan başlangıç toplam mezofilik aerobik bakteri yükü YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) denemelerinde; 4.21 log kob/mL olan toplam maya küf yükü YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB7 (500 MPa, 3 dk., 22 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C), YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) denemelerinde tamamen yok edilmiştir. US ile hardaliye içeceğinin pastörizasyonunda 4.84 log kob/mL olan başlangıç toplam mezofilik aerobik bakteri yükü US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) denemesinde; 4.00 log kob/mL olan toplam maya küf yükü US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C), US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 °C) ve US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) denemelerinde tamamen inaktivite

edilmiştir. Hardaliye ieeğinin bu teknolojiler ile pastörize edilebileceğinin tespit edilmesine dayanarak bu ieeğın endüstriyel üretiminde sodyum benzoat ve potasyum sorbat gibi katkı maddeleri kullanımının önüne geçilebileceğı öngörölmüştür. Ayrıca YHB ve US ile muamele edilen hardaliye ieeğı duyuşal özellikler açısından da kontrol örneğinden farklı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Bu çalışmada hardaliye ieeğı için YHB ve US teknolojisinin ikisinde de olumlu sonuçlar elde edilmesine karşın YHB teknolojisinde mikrobiyal yükte daha fazla inaktivasyon sağlanırken fizikokimyasal özelliklerde de minimum değişimler gözlemlenmiştir.



**ANAHTAR KELİMELELER:** Hardaliye ieeğı, Yüksek hidrostatik basınç, Ultrasonikasyon, Isıl olmayan yenilikçi teknolojiler, Alternatif gıda koruma

## ABSTRACT

### PASTEURIZATION OF TRADITIONAL HARDALIYE DRINK BY INNOVATIVE FOOD PROCESSING TECHNOLOGIES

MSC THESIS

MERVE DEMİRAY

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)

BOLU, MAY 2019

The purpose of this work is to pasteurize traditional hardaliye drink, which is of value not only in terms of nutrient composition, but also its positive impacts on human health with innovative process technologies, such as; high hydrostatic pressure (HHP) and ultrasonication (US) and identify the impact of these technologies on significant quality criteria of hardaliye drink. In this context; alongside of physico-chemical analysis, such as; pH, total acidity (g/L), °Brix, conductivity (mS/cm), turbidity (NTU), color measurement ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$ ,  $\Delta E$ ), color intensity (IC), color tone, color composition (%OY<sub>420</sub>, %OY<sub>520</sub>, %OY<sub>620</sub>), total phenolic content (mg/L), total antioxidant activity (%), total monomeric anthocyanin (mg/L) and reducing sugar (g/L); microbial analysis had been carried out to determine reductions in total mesophilic aerobic viable bacteria (log cfu/mL) and total yeast and mold load (log cfu/mL), as well. Besides, the acceptability of the products processed with these technologies were tested in terms of sensorial properties.

An experimental design was constituted according to Box-Behnken method by benefiting from response surface designs for HHP and US applications. Sub and upper limits for pressure, temperature and time, which are the explanatory variables in reference to HHP, were identified in turn as; 200-500 MPa, 4-40 °C, 3-15 min. Sub and upper limits for amplitude, temperature and time, which are the explanatory variables in reference to US, were identified in turn as; 50-90 %, 4-40 °C, 5-45 min. HHP applications did not induce alteration in estimation of pH, total acidity, °Brix,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$ ,  $\Delta E$ , total phenolic content, total antioxidant activity, total monomeric anthocyanin and reducing sugar in a significant degree ( $p > 0.05$ ). The effect of US applications on the estimation of pH, total acidity, °Brix, conductivity,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $C^*$ ,  $\Delta E$ , total phenolic content and total monomeric anthocyanin was determined in an insignificant degree ( $p > 0.05$ ). Both HHP and US applications generated considerable augmentation in %OY<sub>520</sub> value of hardaliye drink ( $p \leq 0.05$ ). In pasteurization of hardaliye drink with HHP, initial total mesophilic aerobic bacteria load, which is 5.10 log cfu/mL, HHP3 (350 MPa, 15 min., 40 °C), HHP9 (500 MPa, 9 min., 4 °C) and HHP14 (500 MPa, 9 min., 40 °C) at experiments; total yeast and mold load, which is 4.21 log cfu/mL, HHP3 (350 MPa, 15 min., 40 °C), HHP7 (500 MPa, 3 min., 22 °C), HHP9 (500 MPa, 9 min., 4 °C), HHP11 (500 MPa, 15 min., 22 °C) and HHP14 (500 MPa, 9 min., 40 °C) at experiments were completely annihilated. In pasteurization of hardaliye drink with US, initial total mesophilic aerobic bacteria load, which is 4.84 log cfu/mL, US3 (1207.50 W, 25 min., 40 °C) at experiment; total yeast and mold load, which is 4.00 log cfu/mL,



US3 (1207.50 W, 25 min., 40 °C), US5 (1207.50 W, 45 min., 22 °C) and US9 (1207.50 W, 25 min., 4 °C) at experiments were completely inactivated. Based upon the detection of hardaliye drink could be pasteurized with these technologies, it was envisioned that utilization of the additives, such as; sodium benzoate and potassium sorbate in industrial production of this drink could be obviated. Besides, hardaliye drink that treated with HHP and US, was not found different from its control sample in terms of sensorial properties ( $p > 0.05$ ). In this work, although obtaining positive results in both HHP and US technologies for hardaliye drink; while more inactivation was being provided in microbial load, minimum alteration was be observed in physico-chemical properties in HHP technology.



**KEYWORDS:** Hardaliye drink, High hydrostatic pressure, Ultrasonication, Nonthermal innovative technologies, Alternative food preservation

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ .....	xix
TEŞEKKÜR .....	xx
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Hardaliye İçeceğinin Ana Hammaddesi Üzüm .....	5
2.2 Geleneksel Fermente Ürün Hardaliye İçeceği.....	8
2.3 Hardaliye İçeceğinin Mikrobiyolojik Özellikleri .....	11
2.4 Yeni Yöntemlerle Gıdaların Korunması .....	14
2.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç .....	14
2.4.1.1 Gıda Muhafazasında Yüksek Hidrostatik Basıncın Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi.....	17
2.4.1.2 YHB ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	19
2.4.2 Ultrasonikasyon .....	22
2.4.2.1 Gıda Muhafazasında Ultrasonikasyonun Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi.....	26
2.4.2.2 US ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	27
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>31</b>
3.1 Materyal.....	31
3.1.1 Numune Temini .....	31
3.2 Yöntem .....	32
3.2.1 Ultrasonikasyon Uygulamaları .....	32
3.2.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları .....	33
3.2.3 Fizikokimyasal Analizler .....	36
3.2.3.1 pH.....	36
3.2.3.2 Titrasyon Asitliği .....	36
3.2.3.3 Suda Çözünür Kuru Madde.....	37
3.2.3.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü .....	37
3.2.3.5 Bulanıklık Düzeyinin Ölçülmesi.....	37
3.2.3.6 Renk Ölçümü .....	37
3.2.3.7 Renk Yoğunluğu Tayini .....	38
3.2.3.8 Renk Tonu Tayini .....	38
3.2.3.9 Renk Bileşimi Tayini .....	39
3.2.3.10 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....	39
3.2.3.11 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini .....	40
3.2.3.12 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini .....	42

3.2.3.13 İndirgen Şeker Tayini.....	43
3.2.4 Mikrobiyal İnaktivasyon Çalışmaları .....	45
3.2.5 Duyusal Analizler .....	46
3.2.6 İstatiksel Analiz .....	46
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>48</b>
4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Bulguları.....	48
4.1.1 Yüksek Hidrostatik Basınç ile İşlemede Çıkış Sıcaklıklarının Uygunluğu .....	48
4.1.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının pH Değeri Üzerine Etkisi .....	48
4.1.3 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi .....	50
4.1.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi .....	52
4.1.5 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Kondaktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	53
4.1.6 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Bulanıklık Değeri Üzerine Etkisi .....	55
4.1.7 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının $L^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	57
4.1.8 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının $a^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	59
4.1.9 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının $b^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	61
4.1.10 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Chroma (Renk Yoğunluğu, $C^*$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	63
4.1.11 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Hue (Renk Tonu, $h^0$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	64
4.1.12 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Renk Farkı ( $\Delta E$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	66
4.1.13 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Renk Yoğunluğu (IC) Değeri Üzerine Etkisi .....	68
4.1.14 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Renk Tonu Üzerine Etkisi .....	70
4.1.15 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Sarı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi .....	71
4.1.16 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Kırmızı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi.....	73
4.1.17 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Mavi Renk Bileşimi Üzerine Etkisi .....	75
4.1.18 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi.....	77
4.1.19 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	78
4.1.20 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi .....	80
4.1.21 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının İndirgen Şeker İçeriği Üzerine Etkisi.....	82
4.1.22 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İnaktivasyonu Üzerine Etkisi.....	83

4.1.23	Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Maya ve Küf İnaktivasyonu Üzerine Etkisi.....	86
4.1.24	Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi .....	88
4.1.25	Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarında Yanıt Değişkenleri Arasındaki Korelasyon .....	91
4.2	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Bulguları.....	92
4.2.1	Ultrasonikasyon ile İşlenen Ürünlerin Çıkış Sıcaklıklarının Uygunluğu .....	92
4.2.2	Ultrasonikasyon Uygulamalarında Enerji Bulguları.....	93
4.2.3	Ultrasonikasyon Uygulamalarının pH Değeri Üzerine Etkisi .....	94
4.2.4	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi .....	95
4.2.5	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi .....	97
4.2.6	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Kondaktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	98
4.2.7	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Bulanıklık Değeri Üzerine Etkisi .....	100
4.2.8	Ultrasonikasyon Uygulamalarının $L^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	102
4.2.9	Ultrasonikasyon Uygulamalarının $a^*$ Değeri Üzerine Etkisi .....	104
4.2.10	Ultrasonikasyon Uygulamalarının $b^*$ Değeri Üzerine Etkisi.....	105
4.2.11	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Chroma (Renk Yoğunluğu, $C^*$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	107
4.2.12	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Hue (Renk Tonu, $h^0$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	109
4.2.13	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Renk Farkı ( $\Delta E$ ) Değeri Üzerine Etkisi .....	111
4.2.14	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Renk Yoğunluğu (IC) Değeri Üzerine Etkisi .....	112
4.2.15	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Renk Tonu Üzerine Etkisi ..	114
4.2.16	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Sarı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi .....	116
4.2.17	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Kırmızı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi .....	117
4.2.18	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Mavi Renk Bileşimi Üzerine Etkisi .....	119
4.2.19	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi .....	121
4.2.20	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	123
4.2.21	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi .....	124
4.2.22	Ultrasonikasyon Uygulamalarının İndirgen Şeker İçeriği Üzerine Etkisi .....	126
4.2.23	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İnaktivasyonu Üzerine Etkisi .....	127
4.2.24	Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Maya ve Küf İnaktivasyonu Üzerine Etkisi.....	129

4.2.25 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi .....	132
4.2.26 Ultrasonikasyon Uygulamalarında Yanıt Değişkenleri Arasındaki Korelasyon .....	134
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>136</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>141</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>152</b>
EK A Duyusal Analiz Formu .....	152
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>153</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. UP200S ultrasonikasyon cihazı .....	33
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan pilot ölçekli yüksek hidrostatik basınç sistemi.....	35
Şekil 3.3. Yüksek hidrostatik basınç uygulamalarına ilişkin numunelerin ambalajlanması, vakum paketlenmesi ve proses sonrası analizler için hazırlanmasına ilişkin görseller.....	36
Şekil 3.4. Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi.....	40
Şekil 3.5. Kontrol örneklerinde toplam antioksidan aktivite tayini sonucu gözlemlenen renk değişimi .....	42
Şekil 3.6. D (+) glukoz monohidrat standart kalibrasyon eğrisi.....	45
Şekil 3.7. Mikrobiyal inaktivasyon çalışmaları .....	46

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 4.1. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin pH değeri üzerine etkisi .....	49
Çizelge 4.2. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin pH değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	49
Çizelge 4.3. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin toplam asitliği üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.4. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin toplam asitliğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	51
Çizelge 4.5. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin °Briks değeri üzerine etkisi .....	52
Çizelge 4.6. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin °Briks değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	53
Çizelge 4.7. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin kondaktivite değeri üzerine etkisi .....	54
Çizelge 4.8. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin kondaktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	55
Çizelge 4.9. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin bulanıklık değeri üzerine etkisi .....	56
Çizelge 4.10. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin bulanıklık değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	57
Çizelge 4.11. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin L* değeri üzerine etkisi .....	58
Çizelge 4.12. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin L* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	58
Çizelge 4.13. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin a* değeri üzerine etkisi .....	60
Çizelge 4.14. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin a* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	60
Çizelge 4.15. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin b* değeri üzerine etkisi .....	61
Çizelge 4.16. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin b* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	62
Çizelge 4.17. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin C* değeri üzerine etkisi .....	63
Çizelge 4.18. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin C* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	64
Çizelge 4.19. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin h <sup>0</sup> değeri üzerine etkisi .....	65
Çizelge 4.20. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin h <sup>0</sup> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	66
Çizelge 4.21. Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin ΔE değeri üzerine etkisi .....	67
Çizelge 4.22. Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin ΔE değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	67

<b>Çizelge 4.23.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değeri üzerine etkisi.....	68
<b>Çizelge 4.24.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	69
<b>Çizelge 4.25.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin renk tonu üzerine etkisi .....	70
<b>Çizelge 4.26.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk tonu değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	71
<b>Çizelge 4.27.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>420</sub> değeri üzerine etkisi.....	72
<b>Çizelge 4.28.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>420</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	73
<b>Çizelge 4.29.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>520</sub> değeri üzerine etkisi .....	74
<b>Çizelge 4.30.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>520</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	74
<b>Çizelge 4.31.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>620</sub> değeri üzerine etkisi .....	75
<b>Çizelge 4.32.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>620</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	76
<b>Çizelge 4.33.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi .....	77
<b>Çizelge 4.34.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları ..	78
<b>Çizelge 4.35.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değeri üzerine etkisi.....	79
<b>Çizelge 4.36.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	80
<b>Çizelge 4.37.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkisi .....	81
<b>Çizelge 4.38.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	82
<b>Çizelge 4.39.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine etkisi .....	83
<b>Çizelge 4.40.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	83
<b>Çizelge 4.41.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonu üzerine etkisi .....	84
<b>Çizelge 4.42.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları .....	85
<b>Çizelge 4.43.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonu üzerine etkisi .....	87
<b>Çizelge 4.44.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları .....	88



<b>Çizelge 4.45.</b> Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin duysal özellikleri üzerine etkisi.....	90
<b>Çizelge 4.46.</b> Yüksek hidrostatik basınç ile işlenen hardaliye ieeğinin renk yoğunluğu (IC), renk tonu, sarı renk bileşimi, kırmızı renk bileşimi ve mavi renk bileşimi değerlerine ilişkin korelasyon matrisi .....	91
<b>Çizelge 4.47.</b> Ultrasonikasyon ile işlenen hardaliye ieeğinin çıkış sıcaklıkları .....	92
<b>Çizelge 4.48.</b> Ultrasonikasyon uygulamaları için hesaplanan enerji, ortalama enerji ve enerji yoğunluğu değerleri.....	93
<b>Çizelge 4.49.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin pH değeri üzerine etkisi .....	94
<b>Çizelge 4.50.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin pH değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	95
<b>Çizelge 4.51.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin toplam asitliği üzerine etkisi .....	96
<b>Çizelge 4.52.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin toplam asitliğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	97
<b>Çizelge 4.53.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin °Briks değeri üzerine etkisi .....	98
<b>Çizelge 4.54.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin °Briks değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	98
<b>Çizelge 4.55.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin kondaktivite değeri üzerine etkisi .....	99
<b>Çizelge 4.56.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin kondaktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	100
<b>Çizelge 4.57.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin bulanıklık değeri üzerine etkisi .....	101
<b>Çizelge 4.58.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin bulanıklık değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	102
<b>Çizelge 4.59.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin L* değeri üzerine etkisi .....	103
<b>Çizelge 4.60.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin L* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	103
<b>Çizelge 4.61.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin a* değeri üzerine etkisi .....	104
<b>Çizelge 4.62.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin a* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	105
<b>Çizelge 4.63.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin b* değeri üzerine etkisi .....	106
<b>Çizelge 4.64.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin b* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	107
<b>Çizelge 4.65.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin C* değeri üzerine etkisi .....	108
<b>Çizelge 4.66.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin C* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	109
<b>Çizelge 4.67.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin h <sup>0</sup> değeri üzerine etkisi .....	110
<b>Çizelge 4.68.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin h <sup>0</sup> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	110

<b>Çizelge 4.69.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin $\Delta E$ değeri üzerine etkisi .....	111
<b>Çizelge 4.70.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin $\Delta E$ değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	112
<b>Çizelge 4.71.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değeri üzerine etkisi.....	113
<b>Çizelge 4.72.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	114
<b>Çizelge 4.73.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin renk tonu üzerine etkisi .....	115
<b>Çizelge 4.74.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk tonu değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	115
<b>Çizelge 4.75.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>420</sub> değeri üzerine etkisi .....	116
<b>Çizelge 4.76.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>420</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	117
<b>Çizelge 4.77.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>520</sub> değeri üzerine etkisi .....	118
<b>Çizelge 4.78.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>520</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	119
<b>Çizelge 4.79.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY <sub>620</sub> değeri üzerine etkisi .....	120
<b>Çizelge 4.80.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY <sub>620</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	120
<b>Çizelge 4.81.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi.....	121
<b>Çizelge 4.82.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	122
<b>Çizelge 4.83.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değeri üzerine etkisi .....	123
<b>Çizelge 4.84.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları....	124
<b>Çizelge 4.85.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkisi .....	125
<b>Çizelge 4.86.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	126
<b>Çizelge 4.87.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine etkisi .....	127
<b>Çizelge 4.88.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	127
<b>Çizelge 4.89.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonu üzerine etkisi.....	128
<b>Çizelge 4.90.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	129
<b>Çizelge 4.91.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonu üzerine etkisi.....	130
<b>Çizelge 4.92.</b> Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	131

<b>Çizelge 4.93.</b> Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin duyusal özellikleri üzerine etkisi .....	133
<b>Çizelge 4.94.</b> Ultrasonikasyon ile işlenen hardaliye ieeğinin toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin, indirgen şeker ve renk yoğunluğu (IC) değerlerine ilişkin korelasyon matrisi .....	134



## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b><math>\mu</math>L</b>	: Mikrolitre
<b><math>\mu</math>m</b>	: Mikrometre
<b>abs</b>	: Absorbans
<b>C3GE</b>	: Siyanidin-3-glikozit eşdeğeri
<b>dk.</b>	: Dakika
<b>DNS</b>	: 3,5-dinitrosalisilik asit
<b>DPPH</b>	: 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
<b>GAE</b>	: Gallik asit eşdeğeri
<b>kob</b>	: Koloni oluşturan birim
<b>LAB</b>	: Laktik asit bakterisi
<b>mM</b>	: Milimolar
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>NTU</b>	: Nephelometric Turbidity Unit
<b>TAA</b>	: Toplam Antioksidan Aktivite (%)
<b>TFM</b>	: Toplam Fenolik Madde (mg/L)
<b>TMA</b>	: Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/L)
<b>TMAB</b>	: Toplam mezofilik aerobik canlı bakteri (log kob/mL)
<b>TMK</b>	: Toplam maya ve kűf (log kob/mL)
<b>US</b>	: Ultrasonikasyon
<b>W</b>	: Watt
<b>YHB</b>	: Yűksek Hidrostatik Basınç

## TEŞEKKÜR

Her Őeyden önce y¼ksek lisans ¼ğrenim s¼resince bana çalışma olanağı sağlayan, karŐılaŐtıđım b¼t¼n zorluklarda g¼ler y¼z¼ ve sabrı ile bana yol g¼steren, bu tezin oluŐmasında engin bilgi ve tecr¼belerinden yararlandığım saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. G¼ls¼n AKDEMİR EVRENDİLEK'e,

Tez çalıŐmam s¼resince her konuda bilgi ve deneyimlerini benimle paylaŐmaktan geri durmayan, birlikte çalıŐmaktan mutluluk ve onur duyduğum saygıdeğer hocam Dr. ¼ğr. Üyesi Sibel UZUNER'e,

Tezimin değerlendirilmesini gerçekleştiren, bilimsel katkıları ile tezimi daha g¼çlü kılan değerli tez jurisi saygıdeğer hocam Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ'a,

Bu tezin gerçekleŐmesinde çok değerli g¼r¼Ő ve bilimsel katkılarını sunan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Fatih EVRENDİLEK'e

Tez çalıŐmamın bir kısmını gerçekleŐtirmem için bana fırsat vererek laboratuvar imkanlarını sunan Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (YENİGİDAM) değerli y¼netimine ve ekibine,

“Gıda Kalitesi ve Emniyeti Y¼n¼nden Geleneksel İeceklerimize Yenilikçi Proses Teknolojilerinin Uygulanması” (Proje No TAGEM 16/AR-GE/35) baŐlıklı proje kapsamında yer alan tez çalıŐmamın gerçekleŐmesinde destek ve katkılarından dolayı TAGEM'e

Çalışma boyunca hardaliye ieeğini temin eden KARLIBAĞ HARDALIYE'ye,

Ayrıca bu uzun s¼rete her zaman yanımda olan sevgili AİLEME,

Sonsuz teŐekk¼rlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Gıda güvenliğinin sağlanması için yaygın olarak kullanılan fiziksel yöntem ısıtma işlemleridir. Isıtma işlemlerinin amacı gıda bileşenlerini koruyarak, mikrobiyal yükün düşürülmesi ve gıda patojenlerinin elimine edilmesi için gıdaya uygun sıcaklık/zaman kombinasyonu uygulanması ile gıdayı güvenli hale getirmektir. Isıtma işlemleri ayrıca gıdalarda meydana gelen enzimatik bozulmalara da engel olur. Gıda sanayinde temel olarak kullanılan ısıtma işlemi yöntemleri pastörizasyon ve sterilizasyon işlemleridir. Pastörizasyon, kullanılan sıcaklık dereceleri bakımından ılımlı bir ısıtma işlemidir. Bu amaçla genel olarak pastörizasyonda 100 °C'nin altındaki sıcaklıklar kullanılır. Isıtma işlemlerinin diğer gıda koruma yöntemlerine kıyasla enzimlerin ve mikroorganizmaların yıkıcı etkisinden dolayı uzun süre koruma sağlamak ve gıda güvenliğini garanti altına almak açısından önemli avantajları vardır. Ancak şu da unutulmamalıdır ki, ısıtma işlemleri ile ürünlerin uçucu bileşenler, vitaminler (C ve E), karotenoidler, antosiyaninler, organik asitler, pH ve renk gibi besleyici ve fizyokimyasal özelliklerinde olumsuz değişimler meydana gelebilmektedir. Günümüzde tüketiciler az ısıtma görmüş doğalına yakın, duyu ve besinsel özellikleri mümkün olduğunca korunmuş gıda ürünlerini talep etmektedir. Söz konusu gıda ürünlerine olan talebi karşılamak için yüksek kalitede, kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikeler açısından güvenli gıdaların üretilmesi amacıyla ısıtma olmayan yeni gıda koruma yöntemleri geliştirilmiş ve hatta yöntemlerin birlikte kullanılması yoluna gidilmiştir. Gıda ürünleri ne kadar güvenli olursa olsun duyu özellikleri açısından tüketici beğenisini kazanmazsa talep görmesi mümkün değildir. Bu nedenle fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerin yanında duyu özelliklerinin de korunması gerekmektedir. Bu yeni teknolojilerin kullanımı ile üretilen ürünler geleneksel ısıtma uygulanarak üretilen ürünlere göre daha yüksek duyu kalitede olmaları nedeniyle tercih edilmektedir.

Son zamanlarda tüketiciler ne yediklerine olduğu kadar güvenilir gıda için ödedikleri fiyat konusuna da önem vermektedirler fakat pazarda yer alan çoğu gıda ürünü tüketici güvenliğini sağlamak için aşırı işlenmiş, besinsel ve duyu özelliklerinde önemli zarara uğramış durumdadır. Tüketiciler artık gıda içeriği ve

gıdaları işlemek için kullanılan teknolojilerin farkında olup kimyasallar ve katkı maddeleri içermeyen doğal ürünleri daha fazla tercih etmektedirler. Böylelikle mikrobiyal inaktivasyonu başarabilen, gıdanın tazelik özelliklerini koruyabilen, çevre dostu ürünler sağlayan ve bütün bunları makul bir maliyette gerçekleştiren alternatif işleme yöntemleri gıda bilimcileri ve uzmanlarının da ilgisini çekmiştir. Termal olmayan teknolojiler şu anda yeni bir gıda işleme alanını temsil etmekte ve küresel ölçekte araştırılmaktadır (Zhang vd., 2011).

Özellikle gelişmiş ülkelerde 1990'lı yıllardan itibaren minimum işlem görmüş ürünlerin geliştirilmesine yönelik yeni yöntemler üzerinde yapılan araştırmalar hızlanmıştır. Mikrobiyolojik açıdan güvenli gıda ürünlerinin üretiminde ısıl işlemlerin yerini alabilecek yöntemlerin içerisinde yüksek hidrostatik basınç (YHB), yüksek basınçlı karbon dioksit, ultrasonikasyon (US), atımlı elektrik alanı (AEA), ultraviyole ışınım (UV), salınımlı manyetik alan (SMA), ohmik ısıtma, mikrodalga ısıtma, atımlı ışık, yüksek voltaj ark deşarjı (YVAD) gibi yöntemler yer almaktadır. Bunların yanı sıra mikrobiyal yolla üretilen ya da bitkisel kaynaklı doğal antimikrobialler, yenilebilir filmle gıdaların kaplanması ve ozon kullanımını da son yıllarda yeni gıda koruma yöntemleri olarak önem arz etmeye başlamıştır (Evrendilek vd., 2017).

Meyve sularının üretiminde gerek mikrobiyal riskleri ve enzim aktivitesini azaltmak gerekse ürün stabilitesini sağlamak ve muhafazasını kolaylaştırmak için ayıklama, presleme, durultma, pastörizasyon ve konsantrasyon gibi işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001). Bu işlemlerden insan sağlığını ve ürün kalitesini etkileyen en kritik basamaklarından biri pastörizasyondur. Nitekim Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) meyve suyundaki hedef mikroorganizma sayısında 5 log azalma sağlayacak işlemi pastörizasyon normu olarak belirlemiştir. Bu doğrultuda çalışmaların yoğunlaştığı alternatif pastörizasyon yöntemleri yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonikasyon uygulamalarıdır (Dinçer ve Topuz, 2018). Oda sıcaklığında uygulanan bu tekniklerden YHB etten meyve suyuna kadar tüm gıdalara başarıyla uygulanmaktayken, US sıvı sistemlerde daha etkili olmaktadır. Bu durum viskoz yapıda olmayan hardaliye içeceğinin prosesini her iki yöntem için daha kolay kılmaktadır. Gıdada asitlik arttıkça YHB ve US uygulaması sonucunda daha fazla inaktivasyon gerçekleşmesi bu teknolojilerin düşük pH değerine sahip hardaliye içeceğinde kullanımında avantaj sağlamaktadır. Doğal koruma ortamı olan düşük

pH'da kısıtlı türde organizmaların sayısının YHB ve US ile kolayca düşürülebileceği öngörülmüştür.

Trakya Bölgesi'nde geçmişe dayanan bağıcılık uygulamaları nedeniyle, üzüm ve üzüm ürünleri bu bölgenin yeme ve içme kültürü içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Hardaliye Trakya Bölgesi'nde, özellikle Kırklareli ve çevresinde geleneksel olarak üretilen fermente bir üzüm içeceğidir. Ülkemizde hardaliye tüketimi ise maalesef sadece yöre halkı ile sınırlıdır. Hardaliye, olgunlaşmış üzümün işlenmesiyle elde edilen dövülmüş hardal tohumu ve vişne yaprağıyla aromalandırılmış, alkolsüz, buruk ve ferahlatıcı etkisi ile karakteristik bir içecektir.

Hardaliyenin, taze üzümlerden elde edilmesi ve üretimindeki fermantasyon süreci nedeniyle, resveratrol vb. fenolik bileşikler bulundurabileceği, dolayısıyla antioksidan özelliklere sahip olabileceği ön görülmektedir. Hardaliyenin bazı özellikleri, fonksiyonel bir içecek olarak daha geniş kitleler tarafından tüketilmesine de olanak sağlar. Hardaliye besin marketindeki diğer fermente içecekler ile karşılaştırıldığında; alkolsüz olması ve tatlımsı tadı nedeniyle; küçük çocuklar, yağ içermemesi nedeniyle; hiperlipidemik bireyler, süt içermemesi nedeniyle; süt alerjisi ya da laktoz intoleransı olan bireyler, tuz içermemesi nedeniyle; özellikle tansiyon problemi olan bireyler, ayrıca vejetaryenler tarafından tüketilebilir bir içecektir (Amoutzopoulos, 2013). Besin bileşimi yönünden kıymetli olan hardaliye içeceğinin bu yenilikçi teknolojiler ile prosesi ısıya bağlı kayıpların önlenmesi bakımından önem arz etmektedir. Hardaliye, sadece besin içerikleri yönünden önem taşımakla kalmayıp; insan sağlığı üzerine olan son derece olumlu etkileri nedeniyle de büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı ülkemize özgü geleneksel ve besin değeri yüksek bir ürün olan hardaliye içeceğinin YHB ve US yöntemleri ile işlenerek bu teknolojilerin bu ürün üzerinde etkinliğini belirlemektir. Bu nedenle; bu çalışma kapsamında hardaliye içeceğinin bu teknolojiler ile pastörizasyonu, önemli kalite kriterlerindeki değişimlerin belirlenmesi ve duyu analizi çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir. Bu yöntemlerle işlenen hardaliye örneğinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri araştırılmış ve herhangi bir işlem görmeyen kontrol örneği ile karşılaştırılmıştır. Tez çalışması kapsamında bahsi geçen tekniklerle hardaliye içeceğinde gerekli kılınan mikrobiyal azalmanın sağlanıp sağlanmadığı, önemli kalite



kriterlerindeki değişimlerin kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca pastörizasyon için gerekli kılınan mikrobiyal azalmanın sağlanması durumunda, hardaliye içeceğinin üretiminde kullanılan toksisitesi yüksek katkı maddeleri (sodyum benzoat, potasyum sorbat vb.) kullanımının bertaraf edilmesi ya da azaltılması hedeflenmiştir.



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Hardaliye İçeceğinin Ana Hammaddesi Üzüm

Üzüm asmagiller (*vitaceae*) familyasının vitis cinsinden sarılgan bir bitki ve yeryüzünde kültürü yapılan en eski meyve türüdür. Dünya’da ve ülkemizde en fazla üretimi yapılan meyvelerin başında gelen üzüm değişik tüketim şekillerine sahip, besin değeri yüksek, insan sağlığı üzerinde çok yönlü etkileri bulunan ve bu nedenlerle yaygın olarak tüketilen bir meyve türüdür (Çağındı, 2016; Çetin vd., 2012). Türkiye, uygun ekolojik (iklim, toprak) koşullar yanında, sahip olduğu zengin üzüm gen potansiyeli ile Dünya’da önemli bir bağcılık merkezi konumundadır (Gülcü ve Dağlıoğlu, 2018). Dünya genelinde en büyük üzüm üreticisi 2017 yılında 13 083 000 ton ile Çin’dir. Bunu İtalya, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, İspanya ve Türkiye izlemektedir. Türkiye 2000 yılında Dünya’da üzüm üretiminde 5. sırada yer alırken 2001 yılında 6. sırada yer almıştır ve 2017 yılına kadar dünya üzüm üretimindeki yerini korumuştur (FAO, 2017). TÜİK veri tabanında bulunan üretim miktarlarına göre Türkiye’de 2017 yılında 4 169 068 dekar alanda 4 200 000 ton üzüm üretimi gerçekleştirilmiştir. 2013 yılından itibaren verilere bakılırsa en yüksek üzüm üretimi 2017 yılında elde edilmiştir (TÜİK, 2017).

Dünya’da üzüm denilince sofralık tüketim haricinde, akla ilk gelen ürün şarap olmakla birlikte sirke, meyve suyu ve diğer bazı alkollü içkilerin üretimi üzümün hammadde olarak kullanıldığı başlıca alanlardır. Çok eski ve köklü bir bağcılık kültürüne sahip Anadolu topraklarında sıralanan ürünlerin yanında üzümün önemli bir kısmı kuru üzüme işlenmekte, pekmez başta olmak üzere köfter, pestil, cevizli sucuk, şıra, hardaliye vb. daha sayamadığımız pek çok geleneksel gıdanın üretiminde kullanılmaktadır (Gülcü ve Dağlıoğlu, 2018).

Üzümün kimyasal bileşimi üzerine başta üzüm çeşidi olmak üzere toprak ve iklim koşulları, uygulanan teknik ve kültürel işlemler ile özellikle olgunluk derecesi vb. faktörler etkilidir. Belirli bir üzüm çeşidinden üretilen üzüm suyu için kesin bir kimyasal bileşim belirlenmemektedir. Bunun nedeni her yıl üzümün olgunluğuna göre bileşiminin değişmesidir; ayrıca aynı tür üzüm çeşitlerinin kimyasal bileşimi toprak yapısına, sıcaklık, nem, güneş gibi dış faktörlere ve iklim koşullarına bağlı

olarak da değişmektedir. Genel olarak meyve olgunlaştıkça şeker oranı artmakta, renk kırmızı-mor olmakta, titrasyon asitliği ise düşmektedir. Üzümlerin bileşiminde su, şekerler, organik asitler, fenol bileşikleri, pektik maddeler, aroma maddeleri, azotlu maddeler, enzimler, vitaminler ve mineraller bulunur (Kılıç, 2013). Üzüm sırasında toplam eriyebilir kuru madde oranının büyük bölümü karbonhidratlardır. Örneğin olgun bir üzümde kuru madde oranı %17.3'tür denildiği zaman bunun; %5.35'i glukoz, %5.33'ü fruktoz, %1.2'si sakkaroz, %2.19'u mannoz ve geri kalan %3'e yakın kısmı da şeker olmayan bileşiklerden (aminoasitler vb. bileşikler) oluşmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Glukozun fruktoza oranı, olgunluk başlangıcından olgunluk anına kadar geçen süre içerisinde önemli ölçüde değişir. Tanelerin erken olgunlaşma aşamasında glukoz üstün durumdayken olgunluk aşamasında glukoz ve fruktoz miktarları birbirine eşit olur. Fazla olgunlaşmış üzümde ise fruktoz miktarı fazladır (Yavaş ve Fidan, 1986; Soleas vd., 1997). Üzümlerde olgunlaşma arttıkça invert şeker miktarı artmaktadır. Toplam şeker içeriğine çeşidin ve olgunluğun etkisi büyüktür. Ham üzümde toplam şeker içeriği oldukça az iken olgun üzümde şeker içeriği fazladır (Coşkun ve Arıcı, 2011). Üzümlerde başlıca iki organik asit bulunmakta olup, bunlar toplam asitlerin %70-90'ını oluşturan tartarik asit ve malik asittir (Canbaş, 2003). Olgunlaşma periyodu sırasında üzümdeki tartarik asit miktarı genellikle değişmez. Ancak, malik asit miktarında düşüşler meydana gelmektedir (Jackson, 2003). Üzümlerde üçüncü sırayı sitrik asit alırken, olgun üzümde bu asidin miktarı %0.02-0.03 arasında değişmektedir. Bunlar dışında üzüm tanesinde yirmiden fazla farklı organik asit olduğu bildirilmektedir. Üzümün organik asit içeriğinin yetiştirildiği bölgenin iklimik özellikleri ile ilişkili olduğu, soğuk bölgelerde yetişen üzümde organik asit miktarlarının daha yüksek olduğu bilinmektedir (Patil vd., 1995). Ayrıca üzüm, mineral maddelerden kalsiyum, potasyum, sodyum ve demir yönünden zengin olduğu gibi bazı vitaminler (A, B1, B2, Niasin ve C vitaminleri) yönünden de önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Gülcü vd., 2008).

Üzümün içermiş olduğu karbonhidrat ve mineral maddelerin yanı sıra, diğer meyveler içerisinde ayrı ve özel bir yere sahip olmasının asıl nedeni üzümün kabuğunda ve çekirdeklerinde oldukça fazla miktarlarda bulunan fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Fenolik bileşikler insan sağlığı bakımından antioksidan özellikleri ile ön plana çıkan doğal bileşiklerin başında gelmektedir. Yapılan bilimsel çalışmalar,

fenolik bileşiklerin çeşitli mekanizmalar aracılığı ile vücudu koruduğunu ve insan bağışıklık sisteminin daha aktif bir şekilde çalışmasını sağladığını ortaya koymuştur (Gülcü vd., 2008). Fenolik bileşikler, kimyasal açıdan flavonoid olmayanlar (hidroksisinnamik, hidroksibenzoik asit ve türevleri, fenolik alkoller) ve flavonoidler (antosiyeninler, flavon-3-ol monomerleri ve polimerleri, flavonoller ve proantosiyeninler) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Akalin, 2011). Flavonoid olmayanların başlıcaları fenolik asitlerdir. Fenolik asitler, hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik asitler olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Flavonoidler gıdalarda en yaygın bulunan polifenollerdir. Yaklaşık 6500 farklı flavonoid bilinmektedir. Yapısal olarak antosiyeninler, flavonlar ve flavonoller, flavanonlar, kateşinler ve lökoantosiyeninler ve proantosiyeninler olmak üzere beş gruba ayrılırlar (Saldamlı, 2007; Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). Üzümde en fazla bulunan polifenoller; flavonoller (kuersetin, kamferol, mirisetin), flavan-3-ol'ler (kateşin, epikateşin, tanenler) ve antosiyeninlerdir. Flavonoid yapısında olmayan polifenoller arasında ise hidroksisinnamik asit ve gallik asit türevleri ile *trans*-resveratrol yer alır (Gülcü vd., 2008). Üzüm ürünlerindeki resveratrol varlığı ve miktarı başta hammadde olarak işlenen üzüm çeşidine, uygulanan üretim teknik ve teknolojilerine, depolama süresi ve koşullarına göre değişebilmektedir. Üzümde bulunan resveratrol içeriği çekirdek ve kabuk kısımlarında yoğunlaştığından, üzümde üretilen ürünlerin resveratrol içeriği de üretim prosesinde uygulanacak maserasyon vb. işlemlerle, ürünün kabuk ve çekirdek kısımlarıyla temas süresine bağlı olarak değişiklik gösterecektir (Gülcü, 2016). Fenolik bileşikler, gıdaların hem duyuşsal hem de beslenme özelliklerine önemli katkı sağlamaktadır. Nitekim, gıdaların acı ve buruk lezzetleri içerdikleri fenolik maddelere bağlıdır. Proses ve depolama aşamalarında polifenollerin oksidasyonu sonucu ürün istenilen özellikleri kazanabildiği gibi ürün hoş olmayan özellikler de kazanabilmektedir (Bravo, 1998).

Polifenoller olarak da adlandırılan fenolik bileşenler, serbest radikalleri süpürücü özellikleriyle metabolizmada antioksidan etki gösterebilen biyoaktif bileşiklerdir. Çok sayıda araştırma, bitkilerin antioksidan aktivitesinin fenolik bileşen içerikleri ile aynı oranda olduğunu bildirmiştir. Bu da gıdaların fenolik bileşen kompozisyonu ve antioksidan aktivitesi arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır (Chiva-Blanch ve Visioli, 2012; Niki, 2011). Örneğin, bir fenolik bileşen grubu olan antosiyeninler, doğal renk maddeleri olup meyvelerin pembe, kırmızı, mavi ve mor

renklerini oluşturmakta, aynı zamanda antioksidan özellik göstermektedirler. Aromatik bitki metabolitleri olan fenolik asitler, bitkisel ürünlerin aromalarını zenginleştirme yanında oksidatif hasara karşı koruyucu rol oynamaktadırlar (Robbins, 2003). Bazı meyvelerin yapısında bulunan kuersetin bileşiklerinin de metabolizmada antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). İnsanlar üzerinde gerçekleştirilen pek-çok klinik çalışma, üzüm suyu ve şarap gibi ana ham maddesi üzüm olan içeceklerin antioksidan özellik gösterdiğini tespit etmiş ve bu etkinin üzümün bileşimindeki polifenollerden kaynaklandığını ön görmüştür (Castilla vd., 2006; Yuan vd., 2011; Park vd., 2009; Covas vd., 2010). Üzüm suyu ile kıyaslandığında ise kırmızı şarabın polifenol içeriğinin ve dolayısıyla antioksidan potansiyelinin çok daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Seeram vd., 2008). Kırmızı şarabın yüksek polifenol içeriğinin nedeni olarak, özellikle şarap üretimindeki fermantasyon süreci ve de üretim tekniğine bağlı olarak üzümün çekirdek, kabuk ve sap kısımlarından ürüne polifenol geçişi gösterilmektedir (Sun vd., 2001; Sun vd., 1999; Vinson vd., 1995). Yüksek üzüm içeriği, üretiminde fermantasyon aşamasının varlığı, üzümün çekirdek ve zar kısımları ile fermente edilmesi, hardaliyenin antioksidan etkisinin üzüm suyundan daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir (Arıcı ve Coşkun, 2001; Coşkun, 2001; Amoutzopoulos, 2013).

## **2.2 Geleneksel Fermente Ürün Hardaliye İçeceği**

Dünyanın en eski ve ekonomik gıda hazırlama yöntemlerinden biri olan fermantasyon, gıdaları korumak için mikroorganizmaların büyüme ve metabolik aktivitelerinin kullanıldığı bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Nuraida, 2015; Terefe, 2016; Wilburn and Ryan, 2017). Fermantasyon nispeten az enerji gerektiren, pahalı olmayan bir işlem olmasının yanında özellikle kolay bozunabilen gıdaların raf ömrünü uzatması, gıdaların organoleptik özelliklerini iyileştirmesi, protein ve karbonhidratların sindirilebilirliğini, vitamin ve minerallerin biyoyararlılığını arttırması gibi faydalar sağlar (Altay vd., 2013; Hwang vd., 2017). Fermente gıdalar kan kolesterol seviyesini azaltma, bağışıklığı artırma, patojenlere karşı koruma, karsinogenez, osteoporoz, diyabet, obezite, alerji ve damar tıkanıklığı ile savaşma ve laktöz intoleransı semptomlarını hafifletme gibi birçok sağlığa yararlı etkiler gösterir (Tamang ve Kailasapathy, 2010). Geçmişte fermente gıdaların sağlık üzerindeki

yararlı etkileri bilinmiyordu ve bu nedenle temel olarak gıdaları korumak, raf ömrünü uzatmak ve duyuşsal özellikleri iyileştirmek için kullanılıyordu. Zamanla fermente gıdalar birçok kültürde diyetin önemli bir parçası haline gelmiştir ve birçok sağlık yararıyla ilişkilendirilmiştir. Artık fermente gıdaların antioksidan, aktimikrobiyal, antifungal, antiinflamatuvar, antidiyabetik ve antiaterosklerotik aktivite gösterdiği bilindiğinden fermantasyon işleminin, bu işlem sonucunda üretilen fermente ürünler ve fermantasyon işlemine katkıda bulunan mikroorganizmalar birçok bilimsel araştırmanın odağı haline gelmiştir (Şanlıer vd., 2017). Ülkemiz geleneksel fermente ürünler açısından özgün bir konuma sahip olup; Türkiye'nin birçok yöresinde o yöreye özgü üretilen geleneksel fermente ürünler bulunmaktadır (Aydoğdu vd., 2014).

Hardaliye, Trakya bölgesinde özellikle koyu renkli ve aromatik üzümünün şıralarının laktik asit fermantasyonuna uğratılması sonucu üretilen geleneksel bir üründür (Bayram vd., 2015). Hardaliye laktik asit florası nedeniyle süt ihtiva etmeyen probiyotik içecek olarak sınıflandırılır (Başyigit Kılıç vd., 2015). Üzümlerin iyice olgunlaştığı bağbozumu zamanında (Eylül, Ekim, Kasım aylarında) geleneksel yöntemler kullanılarak üzüm şırasını koruyabilmek amacı ile üretilmiştir. Üretimde Cabernet, Merlot, Shiraz, Öküzgözü, Pamit, Papazkarası, Cardinal ve Alphonse cinsi kırmızı-siyah renkli, kokulu üzümler tercih edilmektedir. Olgunlaşan üzümler toplanıp yıkandıktan sonra çekirdekleri ve kabukları ile ezilir. Cibrelili üzüm suyu paslanmaz çelik kazanlara veya meşe fıçılara doldurulur. Üzüm cibresi üstüne vişne yaprağı ve ezilmiş hardal tohumu da ilave edilerek fermantasyon kabı biraz kabarma payı bırakılarak doldurulur ve kabın ağzı kapatılır (Faikoğlu vd., 2016; Bayram vd., 2015). Katkı maddesi olarak Na-Benzoyat veya K-Sorbat kullanılabilir; kullanılacak Na-Benzoyat miktarının %0.1 olması, K-Sorbat ile birlikte kullanılacak ise iki koruyucunun toplam miktarının %0.1 olması uygun görülmüştür (Coşkun, 2001). Na-Benzoyat ve K-Sorbat, şıradaki maya faaliyetini engelleyerek alkol fermantasyonunu önlemektedir. Üretimde şıra cibresi ile fermente edildiği için ürünün kabuğundan da hardaliyeye birçok bileşen geçmektedir. Fermantasyon oda sıcaklığında 1 hafta 10 gün sürer. Fermantasyon sıcaklığı düşükse bu süre 2-3 haftaya çıkabilir (Coşkun, 2012, 2017). Fermantasyon tamamlandıktan sonra, hardaliye filtrasyon yoluyla hardal tohumlarından, asma yapraklarından ve üzüm tortularından uzaklaştırılır (Başyigit Kılıç vd., 2015). Şişelenen ürünün muhafaza süresi soğuk ortamda yaklaşık 3-4 aydır

(Coşkun, 2017). Hardaliye hem taze olarak hem de yllandırılarak tüketilebilir. Yllandırılması durumunda alkol ihtiva edebilir (Arıcı ve Coşkun, 2001, 2006).

Hardaliyenin tat gelişimi, fermantasyonun başlangıcından itibaren 3 aşama geçirmektedir. Birinci aşamada tat; sert, acı ve yakıcıdır. İkinci aşama glikozitlerin biyolojik parçalanmasının sona erdiği zaman olup, tat eski acılığını ve yakıcılığını kaybetme eğilimindedir. Üçüncü aşamada ise hardaliyenin tadı normal şıra lezzetine yaklaşır (Öztunç, 1940).

Hardaliye üretiminde, hardal tohumu ürünün muhafazasına katkıda bulunmak amacıyla kullanılmaktadır. Hardal tohumlarındaki uçucu yağ türlerine göre değişiklik göstermektedir. Uçucu yağın en etkin maddesi allil izotiyosiyanatır ve bu madde bakterisidal etkiye sahiptir. Tohum halindeki hardalda izotiyosiyanatlar bulunmaz. Bu maddeler glukozinolatların enzimatik hidrolizleri sonucunda öğütme sonrası açığa çıkarlar. Siyah hardal, sinigrin, potasyum allil glukozinolat, beyaz hardal ise sinalbin (sinapın *p*-hidroksibenzil glukozinolat) olmak üzere suda çözünen glukozinolatları içerirler. Beyaz hardalın bileşiminde yaklaşık %25 uçmayan yağ, kristal tiyoglukozit, sinalbin ve mirosinaz enzimi bulunmaktadır. Sinalbin ortamda su bulunduğunda pH ve sıcaklığa bağlı olarak D-glukoz, sinapin hidrojen sülfat ve *p*-hidroksibenzil izotiyosiyanata parçalanır. Bunun sonucunda ürün, hafif bir kokuya fakat yakıcı ve acı bir tada sahip olur. Siyah hardalın bileşiminde %35-40 yağ, %20 protein, tiyoglukozit, sinigrin ve mirosinaz enzimi bulunur. Sinigrin sinalbinin parçalanmasına benzer şekilde allil izotiyosiyanata parçalanır. Allil izotiyosiyanat kuvvetli ve göz yaşartıcı kokulu, fakat hafif yakıcı lezzetlidir. Siyah hardal uçucu yağları %0.40-1.80 oranında allil izotiyosiyanat içerir. Allil izotiyosiyanattan dolayı siyah hardal uçucu yağları çok kuvvetli bir antimikrobiyaldir (Coşkun ve Arıcı, 2011). Coşkun (2001), hardaliye üretiminde siyah hardal tohumunun aroma ve mikrobiyolojik özellikler yönünden kullanımının daha uygun olduğunu belirtmiş olup daha hafif aroma tercih edilmesi durumunda siyah hardal tohumu ile beyaz hardal tohumu karşımı kullanılabileceğini de eklemiştir. Tüm bu hardaliye üretimlerinde kullanılan hardal tohumu miktarının ise %1-2 oranında olduğu belirtilmektedir.

Amoutzopoulos (2013), hardaliyenin serum antioksidan ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisini incelediği çalışmasında; hardaliye besin bileşiminin önemli bir kısmını su (88.51 g/100 mL), karbonhidrat (17.53 g/100 mL) ve şekerin

(18.9 g/100 mL) oluşturduğunu ayrıca hardaliyenin yağ (0.20 g/100 mL) ve diyet lif (0.98 g/100 mL) içeriğinin düşük olduğunu, protein içermediğini belirtmiştir. Hardaliye bileşiminin önemli düzeyde demir minerali (0.91 mg/100 mL) içerdiği de tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada; hardaliyenin toplam antioksidan aktivitesi (6.4 mmol TE/100 mL) ve toplam fenol düzeyinin (212.78 mg GAE/100 mL) antioksidan özelliği ile bilinen portakal ve nar suyu literatür verilerinden oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

### 2.3 Hardaliye İçeceğinin Mikrobiyolojik Özellikleri

Meyve ve sebzelerin üzerinde laktik asidin koruyucu bir etkisi olduğu ve bu etkiden dolayı meyve ve sebzelerin dayanıklı hale getirilmesinde laktik asit fermantasyonundan yararlanıldığı bilinmektedir. Dünya’da pek çok meyve sebze doğal fermantasyon veya bir önceki üretimden inokülasyon yapılmak suretiyle gerçekleştirilir. Fermente gıdalar fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmalarla doğrudan ya da dolaylı şekilde ilişkili karakteristik bir tat ve aromaya sahiptir (Coşkun, 2001; Erkmén, 2017).

Laktik asit bakterileri çoğunluğu uzun, kısa çubuk veya kok formunda, tamamı Gram-pozitif, sporsuz, çoğunluğu mikroaerofilik fakat mutlak anaerobları da bulduran, katalaz negatif ve sitokrom içermeyen, aside toleranslı veya asidofilik mikroorganizma topluluğudur (Çakmakçı vd., 2011; Okcu, 2011). *Sporolactobacillus inulinus* hariç hiçbiri spor oluşturmaz. Laktik asit bakterileri olarak bilinen on iki cins *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Oenococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weissella*’dan oluşmaktadır (Tunail, 2009; Ünér, 2012). *Bifidobacterium* türleri ise her ne kadar filogenetik olarak bu türlerden bağımsız olsalar da biyokimyasal, fizyolojik ve ekolojik olarak benzerliklerinden dolayı laktik asit bakterileri olarak kabul edilmektedir (Adams ve Marteau, 1995). Laktik asit bakterileri glikoz katabolizmaları sonucu baskın ürün olarak laktik asit üretmeleri ile bilinen mikroorganizmalardır (König vd., 2009). Çoğu laktik asit bakterileri, yalnızca şeker ve fermente edilebilir bileşiklerin metabolizmasından enerji sağladıkları için şekerlerin bol bulunduğu ortamlarda çok iyi gelişebilmektedirler (Tangüler, 2010).



Laktik asit bakterileri karbonhidrat mekanizmaları göz önüne alındığında homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakterileri olmak üzere iki gruba ayrılır. Homofermantatif LAB (Bazı *Lactobacilluslar*, *Pediococcus*, *Lactococcus* vb.) Embden-Meyerhof Parnas (EMP) yolunu kullanarak şekerlerden esas ürün olarak laktik asit oluştururken, heterofermantatif LAB (Bazı *Lactobacilluslar*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella* vb.) heksoz monofosfat (pentoz fosfat) kullanarak birincil ürün olarak laktik asit yanında, etil alkol, asetik asit, diasetil ve karbondioksit gibi ikincil ürünleri de üretirler (Tangüler, 2010).

Laktik asit bakterileri gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmalara ve gıda kaynaklı patojenlere karşı antagonistik etkiye sahiptir. Laktik asit bakterilerinin bu koruyucu etkisi, esas olarak organik asitlerin (laktik asit gibi) üretiminden dolayı pH düşüşü ile ilgilidir. Laktik asit bakterileri ayrıca hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub>, diasetil, asetaldehit, amino asitlerin D-izomerleri, reuterin ve bakteriyosinler gibi antimikrobiyal bileşikler de üretirler (Hwanhlem vd., 2017).

Arıcı vd. (2014) yaptıkları bir çalışmada, Türkiye’de Kırklareli’nin farklı bölgelerinden toplanan 23 hardaliye örneğinden ve laboratuvar şartlarında geleneksel yöntemler ile üretilen 5 hardaliye örneğinden 50 adet LAB izole edilmiş ve API 50 CHL hızlı test kiti (BioMérieux, Fransa) kullanılarak tanımlanmıştır. Geleneksel ve moleküler biyolojik yöntemler uygulandıktan sonra, tüm LAB türlerinin *Lactobacillus* cinsine ait olduğu bulunmuştur. API 50 CHL test kitine göre; 23 izolat (%46) *Lactobacillus plantarum*, 20 izolat (%40) *Lactobacillus pentosus*, 4 izolat (%8) *Lactobacillus brevis*, geri kalan 3 izolat (%6) ise *Lactobacillus collinoides* olarak tanımlanmıştır. İzolatların yaklaşık %98’i birbirine benzerken mikrobiyotadaki baskın tür *Lactobacillus plantarum* olarak tespit edilmiştir. Bundan dolayı, fermantasyon sırasında etkili LAB çeşitliliğinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca LAB’nin antimikrobiyal etkileri ve asit üretim yetenekleri göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmanın sonuçları izolatların hardaliye üretiminde kullanılmak için starter kültür olarak potansiyele sahip olduklarını göstermiştir.

Meyve ve sebzelerin doğal mikroflorasında bozulmaya neden olan saprofit mikroorganizmaların yanında, fermente sebze ve meyvelerin üretiminde rol oynayan laktik asit bakterileri ile alkol fermantasyonu gerçekleştiren mayalar da bulunur (Coşkun, 2001). Meyve suları ve konsantrelerinde üç tip mikrobiyolojik bozulma

görülür. Bunlar; asetik asit, laktik asit ve bütirik asit bakterileri tarafından asit oluşumu, mayaların neden olduğu alkol ve CO<sub>2</sub> oluşumu, küflerin neden olduğu küflenme ve mitotoksin oluşumu şeklinde sıralanmaktadır (Evren, 2009). Meyveler düşük pH içerikleri nedeniyle çoğunlukla maya, küf ve nadir olarak asitliği tolere edebilen bakteriler (LAB, *Acetobacter*, *Gluconobacter*) tarafından bozulurlar. Oda sıcaklığında muhafaza edilen meyve sularında maya ve bakteriler alkol ya da asidik fermantasyonlar gerçekleştirirler, ardından oksidatif mayalar veya küfler alkolü ve meyve asitlerinin oksidasyonunu ve asetik asit bakterileri alkolün asetik aside oksidasyonunu gerçekleştirirler. Bu gıdaların 15 ile 35 °C arasında muhafazasında istenmeyen mayaların çoğalma olasılığı daha yüksektir. 32 ile 35 °C üzerinde laktobasiller çoğalarak laktik asit ve bazı uçucu asitleri oluştururlar. 15 °C altında ise yabani mayalar çoğalabilir fakat sıcaklığın donma sıcaklığına doğru düşmesi, mayalardan daha çok bakteri ve küflerin çoğalma olasılığını artırır. Meyve sularında oksidatif mayaların ve küflerin çoğalması sonucu asitlik düşer ve ekşi tat oluştururlar. Ayrıca asitliğin düşmesi, meyve sularında rengin açılmasına da neden olabilir. Berrak meyve sularında özellikle mayaların çoğalması sonucu bulanıklık oluşabilir (Erkmen, 2017). Mayaların fermentatif türlerinin bazıları meyve suyunun alt kısmında, oksidatif olanları ise yüzeyinde gelişirler. Her iki grupta da bulunan mayaların ürettikleri maddeler son ürünün aromasına etki eder. Bununla beraber, oksidatif mayalar laktik asiti oksidatif olarak parçalamakta dolayısıyla üründe gerçekleşen pH yükselmesi bozulmaya neden olan bakterilerin gelişimini teşvik etmektedir. Mayaların sebep olduğu diğer bozulma karakteristikleri ise yumuşama, köpürme ve gaz oluşturmadır (Özer Özhan, 2009; Karaoğlan, 2013).

Üzümlerin doğal mikroflorasında maya, LAB, asetik asit bakterileri ve küfler bulunur. Üzüm ve şıralarda en yaygın maya türleri *Saccharomyces ellipsoides* ile *Kloeckera apiculata* veya *Hanseniaspora uvarum*'dur. Bazı araştırmacılar, üzüm çeşidine göre maya türlerinin ve maya popülasyonunun değişiklik gösterdiğini gözlemlemiştir. Üzüm yüzeyindeki maya popülasyonu üzüm olgunlaştıkça artmaktadır. Genelde olgunlaşmamış üzüm tanelerinde 10<sup>1</sup>-10<sup>3</sup> cfu/cm<sup>2</sup> maya hücresi tespit edilmişken, olgunlaşma boyunca bu değer 10<sup>4</sup>-10<sup>6</sup> cfu/cm<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. Bu artış olgunlaşma boyunca şekerlerin alt dokulardan yüzeye çıkması ile açıklanmaktadır. Bununla birlikte olgunluk ve hasat zamanındaki iklim şartlarının da maya popülasyonu üzerine önemli etkileri vardır. Soğuk ve yağışlı koşullar daha fazla

maya popülasyonunu desteklerken sıcak ve kuru koşullar bazı mayaların gelişmesini önleyebilir hatta sıcaklığın 38-40 °C'yi aşması maya popülasyonunun azalması ile sonuçlanır. Genelde olgunlaşmamış üzüm tanelerinde *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, *Candida* türleri hakimken bazı araştırmalarda da *Sporobolomyces*, *Sporidiobolus* ve *Rhodosporidium* türleri de tespit edilmiştir. Bu türlerin çoğu olgun üzüm tanelerinden de izole edilebilir fakat olgunlaşma zamanında daha çok *Kloeckera apiculata* ve *Metschnikowia pulcherrima* baskın durumdadır. Hasar gören üzüm tanesinin iç dokularına mikroorganizma geçişinin ve besin öğelerinin kullanımının artması ile maya popülasyonu da ( $>10^6$  cfu/cm<sup>2</sup>) artar. Ekşime ve çürümeye *C. stellata*, *C. krusei*, *H. uvarum*, *M. pulcherrima* gibi türlerde artış ve *Rhodotorula* ve *Cryptococcus* gibi türlerde azalış eşlik etmektedir. Böyle üzümlerde *Saccharomyces* ve *Zygosaccharomyces* gibi fermantatif türlerde öne çıkmaktadır. *Botrytis cinerea* bulaşmış üzümler de benzer maya florasına sahiptir. Bu fungusların bazı mayaları inhibe eden botrycin ürettikleri ileri sürülmüştür (Boekhout ve Robert, 2002; Coşkun ve Arıcı, 2011).

Üzüm mikroflorası oksidatif veya zayıf fermantatif özellikteki mayalarla baskın durumdadır. *Kloeckera apiculata* üzümde toplam maya popülasyonunun %60'tan fazlasını oluşturur. Buna karşın *S. cerevisiae* az sayıda ve nadiren bulunur. Üzümde kendiliğinden gelişen fermantasyonda *Kloeckera*, *Hanseniaspora*, *Rhodotorula*, *Hansenula*, *Candida*, *Metschnikowia*, *Debaryomyces*, *Saccharomyces* türleri önemli rol oynar (Erkmen, 2017). Hardaliye üzerinde mikrobiyolojik yönden yapılan çalışmalar daha çok fermantasyona neden olan laktik asit bakterilerinin tanımlanması üzerinde yoğunlaşmış olup üründe bozulmaya neden olan maya türlerinin tanımlanması yapılmamıştır.

## **2.4 Yeni Yöntemlerle Gıdaların Korunması**

### **2.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç**

YHB, gelecek vaat eden termal olmayan gıda muhafaza tekniklerinden biri olarak görülmektedir ve günümüzde giderek artan sayıda gıda ürünlerinin ticari pastörizasyonunda kullanılmaktadır (Wang, 2016). Küresel düzeyde YHB ile işlenen

ürünlerde en büyük pazar payı meyve sebze ürünlerine aittir. Meyve sebze ürünlerini et ürünleri daha sonra deniz ve balık ürünleri izlemektedir. YHB prosesi ile üretimi yapılan ve ticari olarak satılan ürünler arasında Japonya'da satılan reçel ve marmelatlar, Amerika Birleşik Devletleri'nde satılan gulucomale (avakado püresi) sayılabilir. Ayrıca portakal suları, ananas dilimleri, marul, domates, balık ve kıyım YHB ile işlenen ürünler arasındadır. Yüksek basınç istiridy ve midye gibi kabuklu su ürünlerinin saklanması ve kolay açılması için de kullanılarak ürünlerin kalitesi arttırılmakta, raf ömürleri uzatılmakta ve maliyetleri düşürülmektedir. Ticari olarak üretilen gıda ürünleri Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa, Japonya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde raflarda yerini almıştır (Kaletunç, 2009; Koutchma, 2014; Evrendilek vd., 2017). YHB'nin gıda teknolojisinde en önemli kullanım alanları arasında mikroorganizma inaktivasyonu, protein denatürasyonu, enzim inaktivasyonu veya aktivasyonu, raf ömrünü uzatma, ekstraksiyonda verim arttırılması, donma ve çözünme noktalarının değiştirilmesi gelmektedir (Şanal ve Çalımlı, 2000). Paketlenmiş veya paketsiz gıdalar YHB sistemiyle 100 ile 1000 MPa aralığındaki basınçlarda 0 °C ile 100 °C arasındaki sıcaklıklarda işleme tabi tutulurlar. Ticari işletmelerdeki uygulamaları birkaç mili saniye ile 20 dk. arasında değişmektedir (Evrendilek vd., 2017).

Yüksek basınç sistemlerinde basınç doğrudan ya da dolaylı olarak gerçekleştirilir. Laboratuvar ölçekli olan basıncın doğrudan gerçekleştirildiği sistemlerde piston bulunur, pistonu uygulanan hidrolik basıncın etkisi ile kabın hacmi azaltılır. Dolaylı basınç sisteminde ise istenilen basınca ulaşmak için basınç ileten sıvıyı kapalı basınç kabına pompalayan yüksek basınç pompası kullanılır. Basınç pompası YHB kabininden ayrı bir ünite olarak çalışmaktadır. Dolaylı basınç sistemleri YHB gıda proseslerinin ticari uygulamalarında kullanılmaktadır (Mertens ve Deplace, 1993; Koutchma, 2014).

Endüstriyel YHB sistemleri; basıncın uygulandığı yüksek basınç kabı, yüksek basınç üretim mekanizması, sıcaklık kontrol mekanizması, materyal yerleştirme sistemi olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır (Şanal ve Çalımlı, 2000). YHB teknolojisinde gıda maddelerinin basınca maruz kaldığı basınç kabı, bu sistemin en önemli parçasıdır. Hite (1899), içine monte edilmiş basınç kabından oluşan ilk yüksek basınçlı gıda işleme ekipmanını sütte kullanmıştır. Hite basınç kabını, çelikten

yapılmış basit kalın duvarlı silindir olarak tanımlamıştır. Basınç kabinleri genellikle düşük alaşımli çelikten yapılmış yekpare silindirik bir kaptır. YHB kabinleri yatay, dikey veya eğilebilir modellerde üretilmektedir. Basınç kabinlerinin cidar kalınlığı uygulanacak maksimum işlem basıncına, basınç kabininin çapına ve işlem döngü sayısına göre belirlenmektedir. Yüksek basınç uygulamalarının ekonomik değerlendirilmesinde yüksek basınç kabının tasarımı çok önemlidir (Mertens, 1995). Duvar kalınlığı ön gerilimli tasarımlar kullanılarak azaltılabilir. Ön gerilimli kap tasarımları geleneksel tek parça tasarımlara kıyasla uzun ömürlü, dayanıklı, çok yüksek basınç seviyelerinde uygulanabilir olması, emniyetli olması nedeni ile günümüzde endüstriyel boyutta kullanılmaktadır. Bununla birlikte tel sargı tasarımı gibi ön gerilimli yüksek basınç kapları ekipman maliyetini artırdığından 600 MPa ve daha fazla YHB işlemlerinde tercih edilmektedir (Zhang vd.2011; Rao vd., 2014; Elamin vd., 2015).

Gıdalara YHB uygulanmasında basıncın etkisi üç temel prensip ile açıklanmaktadır. Bunlardan birincisi *Le Chatelier Prensibi*'dir. Bu prensip, dengede bulunan bir sisteme dışardan bir etkiye sunulduğunda sistemin bu etkiyi azaltıcı yönde yeni bir denge hali oluşturmasıdır. Bu durum basınçtaki artışa karşı hacimdeki azalış anlamına gelmektedir. (Le Chatelier 1884; Yordanov ve Angelova, 2010; Jaeger vd., 2012) İkincisi ise *İzostatik Basınç Kuralı*'dır ve Pascal kanununa dayanmaktadır. Bu kanuna göre kapalı durumda ve sızdırmaz nitelikte bir sistemdeki sıvıya basınç uygulanırsa, bu sıvı içerisindeki her noktaya basıncı eşit olarak dağıtacaktır. Basınç uygulanan alanda basıncın gıdaya transferi çabuk olur ve basıncın gıda üzerindeki etkisi gıdanın şeklinden, büyüklüğünden ve geometrik yapısından bağımsızdır (Yordanov ve Angelova, 2010; Evrendilek vd., 2017). Mikroskobik Düzen Prensibi ise sabit bir sıcaklıkta basınçtaki artışın belirli bir maddenin moleküler düzeninde artışa neden olduğunu belirtir. Dolayısıyla daha yüksek basınçta moleküller daha az düzensiz yapıda olacak ve moleküler düzeni artıran kimyasal reaksiyonlar meydana gelecektir. YHB esnasında sistemin serbest enerjisi artar. Basınç Destekli Isıl İşlem (PATP) sırasında ise daha fazla artar ve moleküler düzen hacimdeki değişim ile birlikte uygulanan sıcaklık ve basınca bağlıdır. Genelde, basıncın arttırılması hacimde azalma ve moleküler düzende artış oluştururken sıcaklığın arttırılması hacimde ve moleküler düzensizlikte artış oluşturur. (Chauhan, 2019).

YHB boyunca önceden paketlenmiş gıdalara basıncı homojen bir şekilde ve anlık olarak aktarmak için basınç ileten sıvılar kullanılmaktadır. Basınç ileten akışkanın seçimi, basınç haznesinin yapıldığı malzemeye dayanmaktadır. Korozyonu önlemek için ticari basınçlı kaplarda paslanmaz çelik kaplama kullanılır. Bu durum gıdaların YHB ile işleminde akışkan olarak suyun kullanılmasına imkân verir. Suyun sıkıştırma karşısındaki ısısal değişimi minimum düzeydedir. Örneğin, suyun sıcaklığı her 100 MPa'lık uygulamada 3 °C artarken basınç ileten sıvı olarak silikon yağı kullanıldığında sıcaklık her 100 MPa'lık uygulamada yaklaşık 20 °C artmaktadır. Ayrıca su kolay bulanabilir olması, toksik olmaması ve düşük maliyetli olması nedeni ile basınç ileten sıvı olarak tercih edilmektedir. Gıdalarda kullanılabilir glikol su karışımı, silikon yağı, etanol çözeltisi, sodyum benzoat çözeltisi ve hint yağı laboratuvar ölçekli ekipmanlarda kullanılan diğer basınç ileten akışkanlardandır (Zhang vd., 2011; Balasubramanian ve Balasubramaniam, 2003; Balasubramaniam ve Farkas, 2008).

#### **2.4.1.1 Gıda Muhafazasında Yüksek Hidrostatik Basıncın Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi**

YHB'nin mikroorganizmalar üzerine etkisi; basıncın hücre yapısında neden olduğu değişimler, biyokimyasal değişiklikler ve genetik materyaldeki değişiklikler olarak ifade edilebilir (Evrendilek vd., 2017). Basınç etkisi ile mikroorganizma ölümlerinin birincil nedeninin hücre zarındaki değişimler olduğu bilinmektedir. Hücre zarı yapısı fosfolipit ve proteinlerden oluşmaktadır. Zarar görmemiş hücre zarı normalde geçirgen değilken YHB uygulaması ile hücre zarının geçirgenliği artmaktadır. Hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler hücrenin inaktivasyonuna neden olmaktadır. YHB'nin hücre zarına yaptığı başlıca etkilerden birinin hücre zarındaki fosfolipitlerin düzeninin bozulması olduğu görülmüştür. Hücrenin iç yapısı, örneğin organellerin morfolojisi basınca daha duyarlıdır (Tülek ve Filizay, 2006; Özlü ve Atasever, 2007). YHB uygulaması hacimde artışa neden olan reaksiyonları engellerken veya geciktirirken hacimde azalışa neden olan reaksiyonları da kolaylaştırmaktadır. Biyokimyasal reaksiyonların çoğu hacim değişimine neden olduğu için basınç uygulamasından etkilenirler (Tülek ve Filizay, 2006). Büyük bir kısmını hidrojen bağlarının oluşturduğu heliks yapıdaki DNA ise basınca karşı

stabildir ancak DNA replikasyonu ve transkripsiyonunda yer alan enzimler YHB uygulamasıyla bozulabilmektedir (Yuste vd., 2001; Patterson 2005). YHB uygulaması ile hücre zarı geçirgenliği artar, hücre içi bileşenler parçalanır, hücrede enerji üreten reaksiyonlar yavaşlar, hücre büyümesi için gerekli enzimler fonksiyonlarını kaybeder ve büyüme için gerekli optimum pH aralığı azalır (Şanal ve Çalimli, 2000).

YHB uygulamasında kritik faktörler; prosese, inaktivasyonun hedeflenen mikroorganizmaya ve gıdaya bağlı faktörler olarak sınıflandırılabilir. Uygulanan basıncın miktarı, uygulama süresi ve uygulama sıcaklığı genel olarak prosese bağlı faktörlerdir ve bu parametrelerde artış mikrobiyal inaktivasyonun daha fazla gerçekleşmesine neden olur (Evrendilek vd., 2017). Mikrobiyal inaktivasyonda YHB uygulamalarının etkisi sıcaklıktan önemli oranda etkilenmektedir. YHB uygulaması genellikle oda sıcaklığında daha az mikrobiyal inaktivasyona neden olurken, orta ve yüksek sıcaklıklarda YHB'nin daha çok etkili olduğu görülmüştür. 45-50 °C arasındaki sıcaklıkların gıda patojenlerinin ve gıdaları bozan mikroorganizmaların inaktivasyon hızlarını arttırdığı belirlenmiştir (Farkas ve Hoover, 2000). Gıdada yağ, protein gibi organik maddelerin miktarının artması koruyucu etki yapar ve mikrobiyal inaktivasyon azalır. Gıdada asitlik arttıkça YHB uygulaması sonucunda daha fazla inaktivasyon gerçekleşir. Düşük pH değerlerinde kısıtlı türde mikroorganizma sayısı kolayca azaltılır. Ayrıca YHB uygulamasında su aktivitesi azaldıkça mikroorganizmaların inaktivasyonu da azalır (Evrendilek vd., 2017).

Genel olarak ısıya dirençli mikroorganizmalar yüksek basınç işlemlerine karşı da dirençlidir (Smelt, 1998). Farklı mikroorganizmaların YHB'ye dirençleri farklıdır. Bazı istisnalar olmakla birlikte genel olarak YHB'ye bakteriler mayalardan, mayalarda küflerden daha dirençlidir. Gram pozitif bakteriler gram negatif bakterilerden ve koklarda çubuklardan YHB'ye karşı daha dirençli olma eğilimindedir (İbanoğlu 2002; Özlü ve Atasever, 2007). Psikrotrofik bakteriler basınca karşı mezofilik bakterilerden daha fazla duyarlıdır (Yuste vd., 1998). YHB'ye logaritmik artış fazındaki mikroorganizma hücreleri durağan fazdaki hücrelerden daha duyarlıdır (Issacs ve Chilton, 1995; McClements vd., 2001). Durağan fazda hücrelerin yüksek basınca dayanıklı olması sağlam bir sarkoplazmik zar ile ilişkilendirilmiştir (Özlü ve Atasever, 2007). Gıdaların YHB ile inaktivasyonunda en büyük direnci bakteri sporları gösterir. Sporların basınçla inaktivasyonunda öncelikle sporlar aktive edilir yani çimlendirilir,

daha sonra aktive olmuş sporlar ve vejetatif hücreler inaktive edilir (Heinz ve Knorr, 1998). Gıdaların basınçla pastörizasyonun emniyetini sağlamada işlem parametrelerini belirlemek için gıda kaynaklı patojenlerin hangi türlerinin YHB uygulamasına dirençli olduğunun bilinmesi gerekmektedir (Alpas vd., 1999).

Pastörizasyon işlemi belirli bir işlem süresinde, ortam sıcaklığında ya da ortam sıcaklığına yakın sıcaklıklarda ve 600 MPa basınç aralığında gerçekleştirilir. Yüksek basınç pastörizasyonunda patojen ve bozulma yapan bakteriler, mayalar ve küfler etkisiz hale getirilirken sporlara ve enzimlere karşı etkinliği sınırlıdır. Yüksek basınç pastörizasyonunda ilk hedef patojen bakterilerdir ve işlemden sonra ürün soğuk depolama gerektirir (Cheftel, 1995; Farkas and Hoover, 2000; Koutchma, 2014).

#### **2.4.1.2 YHB ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Mert (2010), YHB işleminin beyaz (Sultaniye) ve kırmızı (Alicante Bouschet) üzüm suyunun mikrobiyal yük ve kalite parametreleri üzerine etkisini incelediği araştırmasında üç farklı basınç (150 MPa, 200 MPa, 250 MPa), sıcaklık (20 °C, 30 °C, 40 °C) ve süre (5 dk., 10 dk., 15 dk.) düzeylerinde YHB işlemini uygulamıştır. Beyaz üzüm suyunda 7.3 log cfu/mL olan başlangıç toplam aerobik bakteri yükü, 40 °C sıcaklıkta bütün süreler için 200 MPa ve 250 MPa basınç muamelesi ile tamamen yok edilmiştir. Kırmızı üzüm suyunda ise 5.0 log cfu/mL olan toplam aerobik bakteri yükü 250 MPa, 40 °C, 10 dk. ve 250 MPa, 40 °C, 15 dk. YHB uygulamalarında tamamen yok edilmiştir. Artan basınç ve sıcaklık beyaz ve kırmızı üzüm suyunun mikrobiyal yükünün azalmasına önemli katkı sağlamıştır ( $p \leq 0.05$ ). Beyaz ve kırmızı üzüm suyunda işlem süresinin ise mikrobiyal yük azalması üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Endüstriyel olarak pastörize edilen (65 °C'de 30 dk.) üzüm sularında HMF oluşumu belirlenirken, YHB işlemi uygulanmış örneklerde HMF tespit edilmemiştir.

Gültekin (2012), yapmış olduğu bir çalışmada YHB işleminin nar suyunun bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisini araştırmıştır. Nar suyu 200 MPa, 300 MPa, 400 MPa; 5 °C, 15 °C, 25 °C; 5 dk., 10 dk. ve iki farklı presleme basıncı için tüm kombinasyonlarda YHB ile muamele edilmiştir. Her sıcaklık derecesinde, 400 MPa/10 dakikalık YHB kombinasyonları her iki pres derecesinde sıkılmış nar suyunda



mikrobiyal yükü 4.0 log azaltmaya yeterli olmuştur. Uygulanan hiçbir YHB uygulaması antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde ve toplam monomerik antosiyanin içeriğinde önemli bir değişime yol açmazken ( $p>0.05$ ), ısıtıl işlem uygulanmış nar suyundaki azalış önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). 30 gün süren raf ömrü çalışmasında HHP ile muamele edilen örnek ısıtıl işlem gören örneğe göre kalite bileşenlerini daha iyi korumuştur.

Morata vd. (2014), *Tempranillo* çeşidi üzümle 10 dk. boyunca 200 MPa, 400 MPa ve 550 MPa düzeyinde yüksek basınç uygulamışlar ve mikrobiyal popülasyon, fenol ekstraksiyonu, şarap kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sıcaklığın 20 °C’de kontrolü basınç haznesine yerleştirilen 2 termokupl ile sağlanmıştır. 200 MPa YHB uygulaması, kontrol örneğinde saptanan 4 log cfu/mL başlangıç yabani maya popülasyonunu 10 kat azaltmıştır. 400 MPa ve 550 MPa YHB ile muamele edilen üzüm örneklerinde ise yabani maya popülasyonu tamamen inaktivite edilmiştir. Muhtemelen aynı türlerin her iki besiyeri ortamında artması nedeniyle toplam aerobik bakteri ve LAB popülasyonu YHB işleminde benzer bir eğilim göstermiştir. Yaklaşık 2 log kob/mL olan başlangıç toplam aerobik bakteri ve LAB yükü 200 MPa, 400 MPa ve 550 MPa basınç uygulandıktan sonra 1 log kob/mL ve buna yakın değerlere düşmüştür. Bakteriler daha fazla direnç göstermiş olup 550 MPa’da işlemden sonra bile geriye mikrobiyal yük kalmıştır. HHP ile işlenen üzümlerden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu arttırılmış olup, geleneksel yöntemle kıyasla daha yüksek fenolik madde konsantrasyonu elde edilmiştir. Antosiyanin ekstraksiyonu da arttırılarak daha iyi renk yoğunluğuna sahip şaraplar üretilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, tüm basınçlarda toplam mikrobiyal yükün azaltılması ile şarap üretiminde kullanılan SO<sub>2</sub> gibi katkı maddelerine olan ihtiyacın azalacağı sonucuna varılmıştır.

Chang vd. (2017) yapmış oldukları bir araştırmada yüksek hidrostatik basınç ve termal yöntem ile pastörizasyonun beyaz üzüm suyunun kalite parametreleri üzerine etkisini incelemişlerdir. YHB işlemi beyaz üzüm suyuna başlangıç işlem sıcaklığı 20 °C, 3 dk. süre boyunca 300 MPa ve 600 MPa basınç düzeylerinde uygulanmıştır. Termal pastörizasyon işlemi ise 90 °C’de 1 dk. boyunca gerçekleştirilmiştir. Beyaz üzüm suyunun başlangıç toplam aerobik bakteri, toplam koliform bakteri ve toplam maya küf yükü sırasıyla 3.5 log cfu/mL, 2.1 log cfu/mL, 2.2 log cfu/mL olarak tespit edilmiştir. 300 MPa’da 3 dk. için gerçekleştirilen YHB

işlemi ile toplam aerobik bakteri yükü 1.0 log cfu/mL, koliform bakteri yükü 0.6 log cfu/mL ve maya küf yükü ise 1.1 log cfu/mL azalma göstermiştir. 600 MPa'da 3 dk. için gerçekleştirilen YHB işlemi ise toplam aerobik bakteri yükünde 2.0 log cfu/mL'den daha fazla azalma sağlarken toplam koliform bakteri ve maya küf yükü <1.0 log cfu/mL olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, 600 MPa düzeyindeki YHB işleminin gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan termal pastörizasyon ile aynı mikrobiyal azalmayı sağladığını göstermiştir. Depolamanın 20. gününde 600 MPa YHB ile muamele edilen beyaz üzüm suyu herhangi bir işlem görmeyen örneklerle kıyaslandığında pH, titrasyon asitliği, çözünür kuru madde gibi fizikokimyasal özellikler bakımından önemli bir fark göstermemiştir ( $p>0.05$ ). YHB ile muamele edilmiş beyaz üzüm suyunun renginde, antioksidan içeriği ve antioksidan aktivitesinde önemli farklılıklar gözlemlense de bu farklılığın boyutunun termal pastörizasyon ile kıyaslandığında oldukça düşük bulunması YHB'nin beyaz üzüm suyunun kalitesini daha iyi koruduğunu göstermiştir. Ayrıca YHB ile işlenen ve herhangi bir işlem görmeyen örnekler duyusal özellikler yönünden farksız bulunurken termal pastörizasyon ile işlenen örnekler daha az kabul görmüştür.

Santos vd. (2013) SO<sub>2</sub> içermeyen kırmızı şarapları YHB ile muamele etmişler ve basıncın şarabın fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada YHB ile işlenen ve şişelerde yıllandırılan kırmızı şarapların renk, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde değişimleri 12 ay boyunca izlenmiştir. YHB ile muamele edilen kırmızı şaraplar hem kontrol örneği hem de 40 ppm düzeyinde SO<sub>2</sub> ilave edilerek hazırlanan örnekler ile karşılaştırılmıştır. SO<sub>2</sub> içermeyen kırmızı şaraplar alkol fermantasyonundan sonra 20 °C'de 5 dk. boyunca 425 MPa ve 500 MPa düzeylerinde YHB işlemine tabi tutulmuştur. 12 ay sonra YHB ile muamele edilen kırmızı şaraplar YHB ile muamele edilmeyen kırmızı şaraplara göre daha yüksek L\*, a\*, b\* değerleri ve daha düşük monomerik antosiyanin içeriği (%45-61) göstermiştir. YHB ile muamele edilen kırmızı şarapların duyusal yönden daha üstün ve yıllanmış şaraba benzer özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca YHB ile işlenen kırmızı şarap tortusunun daha fazla fenolik madde (proantosiyandin) içerdiği tespit edilmiştir. YHB uygulanmış kırmızı şarabın özelliklerinde daha fazla turuncu-kırmızı renk, daha düşük antioksidan aktivite, daha düşük fenolik madde ve daha düşük antosiyanin içeriği gibi meydana gelen değişimler basınç ile desteklenen fenolik bileşiklerin yoğunlaşma reaksiyonlarından kaynaklanmıştır. Bulunan veriler, kırmızı

şarabın pastörizasyonunda YHB kullanımının uzun dönemde şarap kalitesi üzerine etkiyi en aza indirmek için dikkatli uygulanması ve optimum koşulların belirlenmesi gerektiğini de ortaya çıkartmıştır.

#### 2.4.2 Ultrasonikasyon

Ultrason 20 kHz veya daha fazla frekansa sahip ses dalgalarıdır. Ultrason ses dalgalarına benzer ancak frekansları insanların işitebileceği frekans aralığının üzerinde (16-20 kHz) olduğundan insan kulağı tarafından algılanamaz (Evrendilek vd., 2017).

Ultrasonik bir dalga genlik (Amplitude,  $A$ ) ve frekans ( $f$ ) ile karakterize edilmektedir. Ses dalgalarındaki birbirine yakın iki tepe arasındaki mesafeye dalga boyu ( $\lambda$ ) denilmektedir. Frekans ( $f$ ) ise 1 saniyede oluşan ses titreşim sayısı veya bir noktadan geçen salınım olarak ifade edilebilmekte olup birimi Hertz (Hz)'dir. Ses dalgalarının yüksekliğine genlik denir ve genlik ses dalgalarının gücünü belirler. Nitekim ses dalgasının içerdiği enerji genliğin karesiyle doğru orantılıdır (Torley ve Bhandari, 2007; Başlar, 2011).

Gıda teknolojisinde ultrases kullanımında en önemli hususlarından biri sisteme uygulanacak enerji miktarının belirlenmesidir. Birçok ultrases ekipmanı üretilen gücü yani genliği değiştirebilme özelliğine sahiptir ancak bu gerçekte sisteme giren mutlak gücün bir ölçüsü değildir. Sisteme giren ultrases enerjisi; ultrases gücü ( $W$ ), ultrases yoğunluğu ( $W/cm^2$ ) veya ses enerjisi yoğunluğu ( $kJ/cm^3$ ) olarak ifade edilebilir (O'Donnell vd., 2010; Cullen vd., 2012).

Ultrasonikasyon enerji yoğunluğu parametresi ultrasonik güç, uygulama süresi ve örnek miktarı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Ultrasonikasyon enerji yoğunluğu için tanımlanan eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$E = \frac{P_U * t}{M} \quad (2.1)$$

Eşitlikte geçen  $E$  ultrasonikasyon enerji yoğunluğunu ( $kJ/cm^3$ ),  $P_u$  ultrasonik gücü ( $W$ ),  $t$  uygulama süresini ( $s$ ) ve son olarak  $M$  kullanılan örnek miktarını ( $cm^3$ ) ifade etmektedir (Ağçam, 2017; Silva vd., 2017).

Gıda işlemede ultrasonik dalgalar frekans ve ses yoğunluğuna göre iki gruba ayrılmaktadır. Tanısal ultrason olarak bilinen yüksek frekanslı ultrason  $0.1-1 \text{ W/cm}^2$  ses yoğunluğu ile 2-20 MHz frekans aralıklarını kullanır. Düşük frekanslarda yüksek güce sahip ultrason “power ultrasound” olarak adlandırılır ve genelde  $10-1000 \text{ W/cm}^2$  ses yoğunluğu ile 20-100 kHz frekans aralıklarını kullanır (Feng and Yang, 2005). Düşük yoğunluklu ultrases uygulandığı materyalde fiziksel ve kimyasal bir değişime neden olmamaktadır. Gıda sanayinde düşük yoğunluklu ultrases daha çok gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin (sertliği, olgunluğu, kompozisyonu, parçacık büyüklüğü, asitliği vb.) belirlenmesinde ve proses kontrolünde kullanılmaktadır (Soysal ve Ercan, 2011; Dinçer ve Topuz, 2018). Fermantasyon süresince düşük yoğunluklu ses dalgaları uygulandığında, bira ve şarap üretiminde fermantasyon hızında artışın ortaya çıktığı gösterilmiştir (Ulusoy ve Karakaya, 2011). Yüksek enerjili ultrases ise ekstraksiyon, homojenizasyon, emülsifikasyon, kurutma, filtrasyon, dondurma ve kristalizasyon işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, etin tenderizasyonunda, yüzey dekontaminasyonunda, enzim ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesinde uygulanmaktadır (Cullen vd., 2012; Zhang vd., 2011). Ayrıca bu dalgalar gıda proseslerinde kesme, parçalama, dilimleme, şekil verme gibi birçok aşamada olası zararları engellemek amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. Bu aşamalarda kullanılan aletin kenar kısmında ultrasonik titreşim ile elde edilen düşük basınçla kesme, parçalama gibi işlemler hızlıca gerçekleştirilir. Bu yöntem daha çok dondurulmuş ve yumuşak gıdalarda kullanılmaktadır (Ulusoy ve Karakaya, 2011; Cullen vd., 2012).

Gıdalarda kullanılan ultrases sistemleri genel olarak jeneratör, dönüştürücü ve dağıtıcı olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Jeneratör elektrik enerjisini dönüştürücünün kullanabileceği yüksek frekanslı alternatif akıma çevirir. Dönüştürücü ise yüksek frekanslı alternatif akımı mekanik titreşimlere çevirmektedir. Dağıtıcı kısım da titreşimleri sıvı ortama göndermektedir. Gıda proseslerinde ultrases kullanımında gerekli enerjiyi sağlayan temel bileşen ultrasonik dönüştürücülerdir. Sıvı zorlamalı, manyetostriktif ve piezoelektrik olmak üzere 3 tip dönüştürücü vardır. Piezoelektrik dönüştürücüler; ultrases oluşumunda en çok kullanılan dönüştürücü tipidir (Dinçer ve Topuz, 2018). Piezoelektrik dönüştürücüler; baryum titanat, lityum sülfat, kurşun metaniobat veya kurşun zirkonat titanat gibi malzemelerden yapılmış

tek veya çift kat kalınlıkta piezoelektrik seramik diskten meydana gelmektedir (Zhang vd., 2011).

Küçük ve büyük ölçekli ultrases uygulamalarında farklı ultrases cihazları kullanılabilmeyle birlikte yaygın olarak kullanılanlar ultrasonik banyo ve ultrasonik prob sistemleridir. Bir ultrasonik banyo sistemi jeneratör, dönüştürücü ve sonikasyon banyosundan oluşmaktadır. Bu sistemde ses dalgası üreten unsurlar gıda ile direkt temas halinde değildir. Genellikle su banyosunun alt kısmına monte edilirler. Ses dalgası sonikasyon banyosuna yerleştirilen gıdaya sudan iletilmektedir. Ultrasonik banyolar problu sistemlere göre oldukça düşük ultrases yoğunluğu üretmektedirler. Ayrıca ultrasonik banyo sisteminin zayıf sıcaklık kontrolü ve sonikasyon boyunca gıdaya iletilen gücün zor ölçülmesi gibi dezavantajları vardır. Tank içinde akustik enerji dağılımı homojen değildir. Bu sistemlerde ultrasonikasyon uygulanan gıdaya akustik enerjinin daha iyi iletilmesi için çoğunlukla gaz uzaklaştırma işleminin yapılması gerekmektedir. Bu sınırlamalara rağmen ultrasonik banyo sistemleri kullanım kolaylığı ve tasarımdaki basitlik nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda ultrasonik banyo sistemleri çiğ gıdaların yüzey temizliği ya da dekontaminasyonunda test edilmektedir. Prob sistemlerde ise ultrasonik enerji direkt olarak işlem gören gıdaya aktarılmaktadır. Prob sistemler jeneratör, dönüştürücü ve titreşimleri sıvı ortama dağıtan prob kısımdan oluşmaktadır. Problar genellikle titanyum, alüminyum ya da çelik malzemelerden yapılmaktadır ve çubuk, plaka ya da küre şeklinde olabilmektedir (Zhang vd., 2011). Isıya ve aşındırıcı ortamlara karşı direnci göz önüne alındığında titanyum alaşımlı problar daha çok tercih edilmektedir. Bununla birlikte kullanıma bağlı olarak problu sistemler prob ucunun kavitasyon etkisiyle aşınması, içine daldırıldığı ürünün ısınması ve serbest radikal oluşumu gibi dezavantajlara da sahiptir. Kavitasyona bağlı olarak uçta meydana gelen aşınma metal kontaminasyonuna neden olabilmektedir. Ayrıca aşınmaya bağlı olarak prob boyunda küçülme ve etkinliğinde azalma da meydana gelebilmektedir. Probu kullanımında aşırı ısınma ve aşınmanın azaltılabilmesi için kesikli çalışma modunun kullanılması tavsiye edilmektedir. Probu daldırıldığı ürünün sıcaklığında meydana gelen artışları engellemek için ise soğutucu sıvı dolaşımının sağlandığı çift cidarlı kaplar kullanılabilir. Problu sistemlerde dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta probun sıvı içerisindeki derinliğidir. Köpük oluşumu ve aerosolü önlemek için prob

yeterince derine daldırılmalıdır (Mason, 1998; De Castro ve Capote, 2006; Santos ve Capelo, 2007; Dinçer ve Topuz, 2018).

Ultrason uygulanan materyalde; mekaniksel (kavitasyon, koagülasyon, emülsiyon), termal (sıcaklık artışı) ve fizikokimyasal (polimerizasyon, depolimerizasyon, iyonlaşmada artış, reaksiyon hızında artış) olmak üzere 3 temel etki ortaya çıkar (Suslick, 1990; Povey ve Mason, 1998, Mason ve Lorimer, 2002). Ultrasonikasyon işlemi sırasında ultrasonik dalgalar sıvı bir ortama ulaştıklarında boyuna dalgalar olan basınç dalgaları oluşur. Bu dalgalar sıvı ortamda dönüşümlü olarak sıkışan ve genişleyen bölgeler meydana getirir. Basınç değişimlerinin olduğu bu bölgelerde kavitasyon meydana gelir yani sıvı içinde hızlı bir şekilde gaz baloncukları oluşur ve kaybolur. Ultrasonik enerjinin bu gaz baloncukları içindeki buhar fazını devam ettirecek kadar yeterli olmadığı noktada hızlı bir yoğunlaşma meydana gelir. Yoğunlaşan moleküller çarpışarak şok dalgaları meydana getirirler. Bu şok dalgaları sıcaklığın (5500 °C) ve basıncın (50 MPa) çok yüksek olduğu bölgeler oluşturur. Sıcaklık ve basınç yükselmesi çok kısa bir zaman aralığında meydana gelir. Ultrasonun bakterisidal etkisine bu ani basınç değişimleri neden olur. Oluşan çok sıcak bölgelerde mikrobiyal yıkım olabilir ancak etki bölgeseldir ve yeteri kadar geniş bir alana yayılmaz (Evrendilek vd., 2017).

Ultrasonun mikroorganizmaları ortadan kaldırdığı ispatlanmasına rağmen bu yöntem tek başına uygulandığında ürünlerdeki mikroorganizma sayısının gerekli oranda düşmediği ve dolayısıyla etkisinin sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda ultrasonun başka yöntemlerle birlikte uygulanması kanaatine varılmıştır. Bunlar; ultrason ve ısıl işlemin birlikte kullanıldığı termosonikasyon; ultrason ve basıncın birlikte kullanıldığı manosonikasyon; ultrason, basınç ve ısıl işlemin birlikte kullanıldığı manotermosonikasyon uygulamaları olarak sıralanabilir (Soysal ve Ercan, 2011). Ayrıca ultrason ve UV ışımının eş zamanlı kullanıldığı fotosonikasyon uygulamaları da mevcuttur (Başlar, 2011). Fotosonikasyon işleminin özellikle mikrobiyal inaktivasyon açısından önemli sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (Şengül vd., 2011). Termosonikasyonun amacı pastörizasyon ve sterilizasyon gibi geleneksel yöntemlerle elde edilen letal etkinin ultrases ve ısı kombinasyonu ile daha düşük sıcaklık ve daha kısa sürede elde edilmesidir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Manotermosonikasyon işleminin etkisi aynı sıcaklıkta gerçekleştirilen ısıl işlemin

etkisinden 6-30 kat daha fazladır. Ultrasonun çeşitli kimyasallarla kombine halde kullanılması da mümkündür. Örneğin tavuk karkaslarının mikrobiyal yükünün azaltılmasında ultrason klor ile birlikte uygulandığında, karkas yüzeyine tutunmuş olan *Salmonella* hücreleri ultrasonun mekanik etkisi ile serbest kalır ve böylece klor serbest kalan hücrelere daha kolay etki eder (Evrendilek, 2017).

#### **2.4.2.1 Gıda Muhafazasında Ultrasonikasyonun Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi**

Ultrasenin mikrobiyal inaktivasyon mekanizmasıyla ilgili farklı teoriler olmakla birlikte kavitasyonun ana etken olduğu kabul görmektedir. Buna bağlı olarak ultrasenin inaktivasyon etkisinin genel olarak hücre membranlarındaki hasar, bölgesel ısınma ve serbest radikal oluşumundan kaynaklandığı yorumlanmaktadır. Hücre içi kavitasyonla oluşan mikromekanik şokların hücrede yeni porlar açması ve fonksiyonel bileşenlere zarar vermesi sonucunda hücrenin şişerek lizise sebep olması ultrasenin başlıca bakterisidal etkilerinden biri olarak gösterilmektedir. Ultrasen işleminin etki mekanizmalarından biri olan kimyasal etki de mikrobiyal inaktivasyonda önemli bir rol almaktadır. Yüksek sıcaklık ve basınç sonucu su moleküllerinin kırılmasıyla oluşan OH<sup>-</sup> ve H<sup>+</sup> radikalleri ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) bakterisidal etkiye sahiptir (Dinçer, 2014).

Mikroorganizmaların US ile inaktivasyonunda kritik faktörler; hedef mikroorganizma tipi, ultrasonik dalgaların büyüklüğü, uygulama süresi, uygulama sıcaklığı, işlenen gıdanın bileşimi ve miktarı olarak belirtilmektedir (Award vd., 2012; Dinçer, 2014).

Genel olarak ultrasene karşı küçük hücrelerin büyük hücrelerden, gram-pozitif bakterilerin gram-negatif bakterilerden, aerobik bakterilerin anaerobik bakterilerden, kok şeklindeki hücrelerin çubuk şeklindeki hücrelerden ve bakteri sporlarının vejetatif hücrelerden daha dirençli olduğu bildirilmektedir. Ayrıca sıcaklığa karşı dirençli olduğu bilinen mikroorganizmaların çoğunun benzer şekilde ultrasene de dirençli olduğu rapor edilmektedir (Dinçer, 2014). Gram pozitif bakterilerin gram negatif bakterilere kıyasla ultrasonik işleme karşı daha dayanıklı olması, gram pozitif bakterilerinin hücre duvarlarının daha kalın olması ile açıklanmıştır (Drakopoulou vd.,

2009). Yüksek yoğunluklu ultrasonik ses dalgası uygulaması ile *E. coli* ve *L. rhamnosus* hücrelerinde meydana gelen hücresel tahribat araştırılmış ve bu dalganın letal etkisinin gram pozitif olan *L. rhamnosus*'un gram negatif olan *E. coli*'ye göre daha dirençli olduğu gösterilmiştir (Ananta vd., 2005).

#### 2.4.2.2 US ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Tiwari vd. (2010) yaptıkları bir çalışmada, ultrasonikasyon prosesinin kırmızı üzüm suyunun antosiyanin ve renk gibi kalite parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kırmızı üzüm suyu 20 kHz sabit frekansta ve 5 sn. atım süresinde, farklı genlik seviyelerinde (24.4-61.0  $\mu\text{m}$ ) ve farklı işlem sürelerinde (2-10 dk.) ultrasonikasyon ile proses edilmiştir. Ultrasonikasyon işlemi kırmızı üzüm suyunun pH, titrasyon asitliği ve °Briks değerinde önemli bir değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ). İşlem sonucunda kırmızı üzüm suyunun renk değerlerinde ve antosiyanin içeriğinde ise önemli değişimler gözlemlenmiştir ( $p\leq 0.05$ ). Üzüm suyunda başlıca bulunan siyanidin-3-glikozit, delfinidin-3-glikozit ve malvidin-3-glikozit antosiyaninleri ultrasonikasyon işleminden önemli düzeyde etkilenmiştir ( $p\leq 0.05$ ). Ultrasonikasyon işleminde genlik ve işlem süresi faktörleri, renk değerleri ve antosiyanin içeriğine lineer ya da interaktif olarak etki etmiştir. Maksimum işlem koşullarında siyanidin, malvidin ve delfinidin antosiyaninleri tutulma oranları sırasıyla; %97.5, %48.2 ve %80.9 bulunmuştur. Ayrıca renk indeksi (CI) ve diğer renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ile antosiyanin içeriği arasında kuvvetli korelasyon tespit edilmiştir. Bu çalışma ultrasonikasyonun yüksek antosiyanin tutulmasının arzu edildiği meyve suyu ürünlerinin prosesinde bir muhafaza tekniği olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Ertugay ve Başlar (2014) elma suyunun bazı kalite özellikleri üzerine ultrasonikasyon işleminin etkisini incelemişlerdir. US işlemi farklı genlik (50  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ ), atım (%50, %100), sıcaklık (40°C, 50°C, 60°C) ve süre (5dk., 10dk.) koşullarında ultrasonik prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 60 °C'de uygulanan US işlemi ile (100  $\mu\text{m}$ , %100 atım, 5 dk.) elma suyunda bulunan maya ve küf popülasyonu tamamen yok edilmiştir. 50 °C'de US işlemi (100  $\mu\text{m}$ , 5 dk.) maya ve küf popülasyonunda yaklaşık 2 log cfu/mL azalma sağlarken aynı sıcaklıkta US işlemi 10 dk.



uygulandığında maya ve küf yükü tamamen etkisiz hale getirilmiştir. US işlemi elma suyunda kaba partikülleri parçalayarak elma suyunun bulanıklık düzeyini ve bulanıklık kararlılığını arttırmıştır. Genlik, işlem sıcaklığı ve işlem süresi değişkenleri elma suyunun bulanıklık özelliklerine mühim düzeyde etki etmiştir ( $p<0.01$ ). En iyi sonuçlar yüksek işlem düzeylerinde elde edilmiştir ve bu koşullarda bulanıklık kararlılığı %21.8 olarak tespit edilmiştir. Bu işlem koşulları sonrası elde edilen elma suyunun bulanıklık düzeyi kontrol örneğine göre 16.9 kat bulanıklık kararlılığı ise 9.8 kat artmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, bulanık elma suyu prosesinde istenilen bulanıklık ve mikrobiyal inaktivasyon için termosonikasyon yönteminin geleneksel yöntemlere alternatif olabileceğini göstermiştir.

Jambrak vd. (2015) yüksek güçlü ultrasonikasyon teknolojisinin şarap örneklerinde bulunan *Brettanomyces* türü maya ve LAB yükü üzerine etkisini araştırmışlardır. Yüksek güçlü ultrasonikasyon 9 farklı deney noktasında gerçekleştirilmiştir. Örneklerin başlangıç sıcaklığı 30 °C veya 40 °C olarak ayarlanmış olup işlem boyunca sıcaklıklar 50 °C'nin üzerine çıkmamıştır. Yüksek güçlü ultrasonikasyon deney noktalarının hepsinde genlik 100 µm'ye ayarlanmıştır. Deney noktalarında iki farklı sıcaklıkta (30 °C ve 40 °C) ve farklı akış hızlarında (0.25 L/dk., 0.33 L/dk., 0.50 L/dk., 0.75L/dk. ve 1.00 L/dk.) çalışılmıştır. İşlem süreleri ise akış hızlarına göre hesaplanarak 15 sn. ve 60 sn. arasında değişmiştir. Şarap örneklerinin başlangıç *Brettanomyces* türü maya yükü  $4.4 \times 10^3$  cfu/mL, başlangıç LAB yükü ise  $8.5 \times 10^6$  olarak tespit edilmiştir. Yüksek güç ultrasonikasyon işlemi ile hem *Brettanomyces* türü maya yükünde (%89.1-%99.7) hem de LAB yükünde (%71.8-%99.3) önemli düzeyde azalma sağlanmıştır. *Brettanomyces* maya yükünde %90 azalma için 1 dk.'dan daha az işlem süresi gerekiyken LAB yükünde bu azalma oranı için süre (yaklaşık 1.5 dk.) biraz daha fazladır. Çalışmada gerçekleştirilen duyusal analizler, ultrasonikasyon işleminin şaraplarda hoşta gitmeyen oksidatif koku ve aromaya neden olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, ultrasonikasyon işleminde mikroorganizma popülasyonunda sağlanan azalma ile şarap üretiminde SO<sub>2</sub> ve koruyucu kullanımının da azaltılabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte bu çalışmada, şarabın duyusal özelliklerinde ortaya çıkan olumsuzlukların dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Pala vd. (2015) US işlemleri ile gerçekleştirdikleri bir çalışmada nar suyunun fizikokimyasal özelliklerini, *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 2366 seviyelerini araştırmışlardır. US işlemleri farklı genliklerde (%50, %75, %100) ve farklı işlem sürelerinde (0 dk., 6 dk., 12 dk., 18 dk., 24 dk. ve 30 dk.) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca US boyunca nar suyunun sıcaklığı bir su banyosu kullanılarak 35 °C'nin altında tutulmuş ve genliğe bağlı olarak sıcaklıklar 14.3 °C ile 30.8 °C arasında değişmiştir. %100 genlik ve 30 dk. işlem süresi *Escherichia coli* ATCC 25922 yükünde 6.64 log cfu/mL, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 2366 yükünde ise 1.36 log cfu/mL azalma sağlamıştır. US ile muamele edilmiş nar suyunun pH değerinde, °Briks değerinde ve toplam fenolik madde içeriğinde önemli düzeyde değişiklik tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Yüksek genlik düzeylerinde (%75 ve %100) ve 18 dk. dan fazla işlem sürelerinde US ile muamele nar suyunun monomerik antosiyanin konsantrasyonunda önemli düzeyde azalma meydana getirmiştir ( $p\leq 0.05$ ). Genel olarak bu çalışma, güç seviyesi ve işlem süresine bağlı olarak nar suyunun US teknolojisi ile mikrobiyolojik ve fizikokimyasal açıdan iyileştirilebileceğini göstermiştir.

Zhang vd. (2015), US işleminin fizikokimyasal özellikler üzerindeki etkisini ultrasonik banyo kullanarak kırmızı şarap içeceğinde test etmişlerdir. Dört farklı deney setinde gerçekleştirilen çalışmada ultrasonik güç (W), frekans (kHz), sıcaklık (°C) ve işlem süresi (dk.) faktörleri sırasıyla değiştirilmiştir. İlk olarak; frekans, sıcaklık ve işlem süresi (100 kHz, 20 °C, 20 dk.) faktörleri sabit tutularak 120 W, 150 W, 180 W, 210 W, 240 W, 270 W ve 300 W gücünde US işlemleri gerçekleştirilmiş olup ultrasonik gücün etkisi araştırılmıştır. Daha sonra; 300 W, 20 °C ve 20 dk. işlem koşulları için farklı frekanslar (45 kHz, 80 kHz, 100 kHz) kullanılarak kırmızı şarap örneği US ile muamele edilmiştir. 300 W, 100 kHz ve 20 dk. işlem koşullarında farklı sıcaklık düzeyleri (20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C) ile çalışılarak sıcaklık faktörünün etkisi tespit edilmiştir. Son olarak 300 W, 100 kHz ve 20 °C sabit koşullarda farklı işlem süreleri (20 dk., 40 dk., 60 dk., 80 dk., 100 dk.) kullanılarak şarap örnekleri US ile proses edilmiştir. Farklı ultrasonik güç, frekans, sıcaklık ve işlem sürelerinde gerçekleştirilen US işlemleri kırmızı şarabın toplam fenolik madde içeriğinde ve elektriksel iletkenlik değerinde önemli düzeyde değişime neden olmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Kırmızı şarabın pH ve titrasyon asitliği değerleri ise hemen hemen her koşulda US işleminden önemli düzeyde etkilenmemiştir ( $p>0.05$ ). US işleminden sonra toplam

antioksidan aktivite (DPPH) ve toplam fenolik madde içeriği arasında kuvvetli korelasyon bulunmuştur. Deneysel veriler temel bileşenler analizine (PCA) göre analiz edilmiş olup sonuçlar işlem süresi faktörünün şarabın fizikokimyasal özelliklerini daha çok etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmada kırmızı şarabın US ile prosesinde en uygun koşullar 240 W, 80 kHz, 20 °C ve 80 dk. olarak belirlenmiştir.



## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1 Materyal

#### 3.1.1 Numune Temini

Çalışmada kullanılan hardaliye ieeği, Kırklareli'nin köylerinden Deveatak Köyü yakınlarında bulunan bağ arazisinden elde edilen ve Kırklareli Hardaliesi'ni özel kılan cabarnet, merlot ve shiraz eğidi üzümlerin Karlıbağ Bağcılık, zm Suyu ve Hardaliye İşletmeleri tarafından fabrika Şartlarında işlenmesiyle üretilmiştir.

Bağbozumu zamanında olgunlaşan kırmızı-siyah renkli, kokulu üzümler zedelenmeden toplanarak kısa sürede fabrikaya getirilmektedir. zmler depolanmadan ve bekletilmeden imalat sürecine alınmaktadır. Hardaliye retimi sürecinde, önce üzümler yıkanarak renginin koyu olması için sadece kabuğu kırılacak kadar ezilmektedir. Bu süreçte, üzümlerin saplarından ayrılması ve ezilmesi makineler yardımıyla yapılmaktadır. Sonraki aşamada bir kat ezilmiş üzüm, bir kat vişne yaprağı Şeklinde yaprak katmanlar paslanmaz krom elik kazanlara yerleştirilmekte ve üzümlerin ezilmesi ile elde edilen zm Őırası da kazanlara aktarılmaktadır. Yine bu aşamada kabuğu çatlayacak kadar ezilen hardal tohumu kazanlara serpilmektedir. Dolum işlemi kazanın üstü 20-30 cm boş kalacak Şekilde gerçekleştirilmektedir. Kazanda cibrenin alınması için genişçe bir kapak ve hardaliesinin alınması için musluk bulunmaktadır. Cibrenin üste çıkmaması için paslanmaz çelikten yapılan delikli baskı aparatı konulmakta ve kazanın kapağı kapatılmaktadır. Bu Şekilde fermantasyona bırakılan karışıma, ilk 1-2 hafta her gün alt musluktan sıvı alınıp üstten dökülerek homojenlik kazandırılır. 20-22 C'de 4-5 hafta fermente olan karışım sıvısı dinlenme kazanına alınır. Bu kazanın altı konik olup taban noktasından 20-30 cm yukarıda musluk olmalıdır. Dinlenme kazanında tercihen 15 C altında 2-3 hafta dinlendirilen sıvı bulanıklık maddeleri dibe ker. Musluktan berrak olarak alınan hardaliye ieeği Őiřelenip mümkün olduğunca soğuk ortamda (5-10 C) depolanır veya tüketime sunulur. Bu Şekilde üretilen hardaliye, buzdolabı Şartlarında 4-6 ay depolanabilir.

Yukarıda anlatılan işlemler endüstriyel ölçekte hardaliye ieeğinin üretim sürecini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan Hardaliye ieeğİ dolum işlemleri yapıldıktan sonra Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliğı Bölümü Gıda Muhafaza ve Reoloji Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Herhangi bir ısıl işlem uygulanmadan temin edilen numune, alternatif teknolojiler uygulanana kadar oksidasyonu önlemek için kapağı parafilm ile sarılarak +4 °C’de muhafaza edilmiştir.

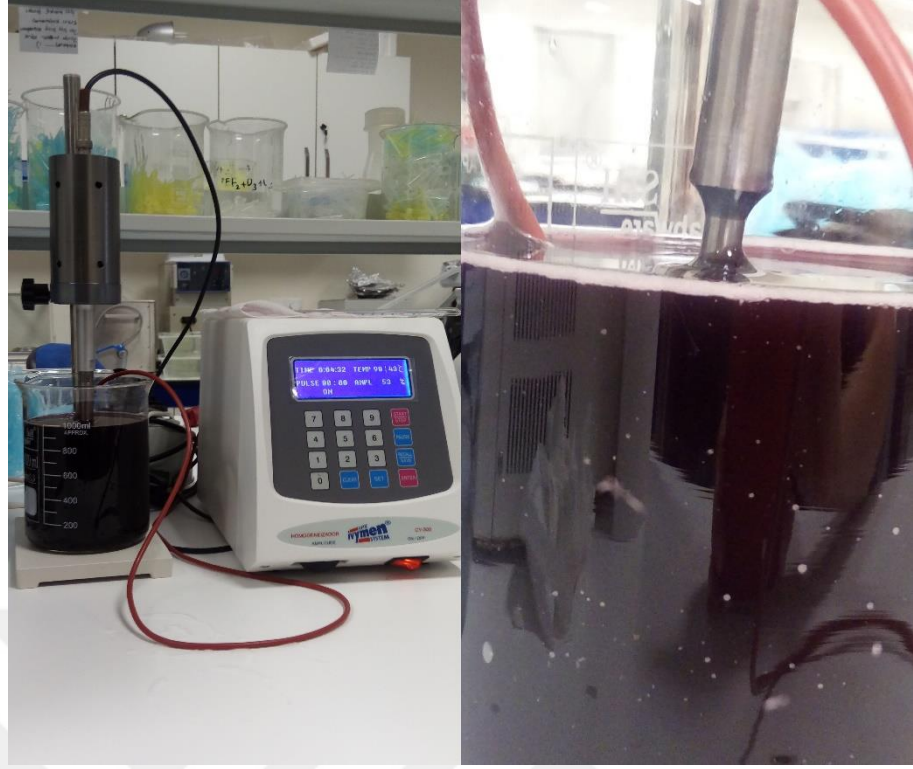
## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Ultrasonikasyon Uygulamaları

Ultrasonikasyon uygulamaları, UP200S (Hielscher, Germany) cihazıyla 24 kHz frekansta ve cihazın standartlara uygun olan S14 prob kullanımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Uygulamalar sırasında ürünün ön sıcaklıkları deneme deseninde belirlenen derecelere ayarlanmış yine desende belirlenen süre ve genliklerde işlemler gerçekleştirilmiştir. Hardaliye ieeğİ steril, çift cidarlı cam behere 600 mL ölçüsünde aktarılmış olup prob cam beherin ortasına gelecek şekilde sıvıya daldırılmıştır. Proses süresince sıcaklık, kalan süre ve uygulanan genlik LCD ekran arayüzünden sürekli izlenebilmiştir. Sıcaklığın istenen değerde kalmasını sağlamak ve kavitasyondan ötürü aşırı sıcaklık artışlarının önüne geçmek için su sirkülatörü kullanılmıştır. Ayrıca yine sıcaklık parametresini gözlemlemek amacı ile işlem sonunda sabit bir örnek miktarı için her bir prosesin çıkış sıcaklığı not edilmiştir. İşlem süresince bir adaptör ile ultrasonikasyon cihazının ses üretiminde kullandığı elektriksel güç watt (W) cinsinden takip edilmiş olup değerler her 5 dk. sonunda kaydedilmiştir. Ultrasonikasyon enerji yoğunluğı parametresi ultrasonik güç, işlem süresi ve örnek miktarı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır. Ultrasonikasyon enerji yoğunluğı için kullanılan (3.1) eşitliğı aşağıdaki gibidir:

$$E = \frac{P_U * t}{M} \quad (3.1)$$

Eşitlikte geçen  $E$  ultrasonikasyon enerji yoğunluğunu ( $\text{kJ}/\text{cm}^3$ ),  $P_u$  ultrasonik gücü (W),  $t$  uygulama süresini (s) ve son olarak  $M$  kullanılan örnek miktarını ( $\text{cm}^3$ ) ifade etmektedir.



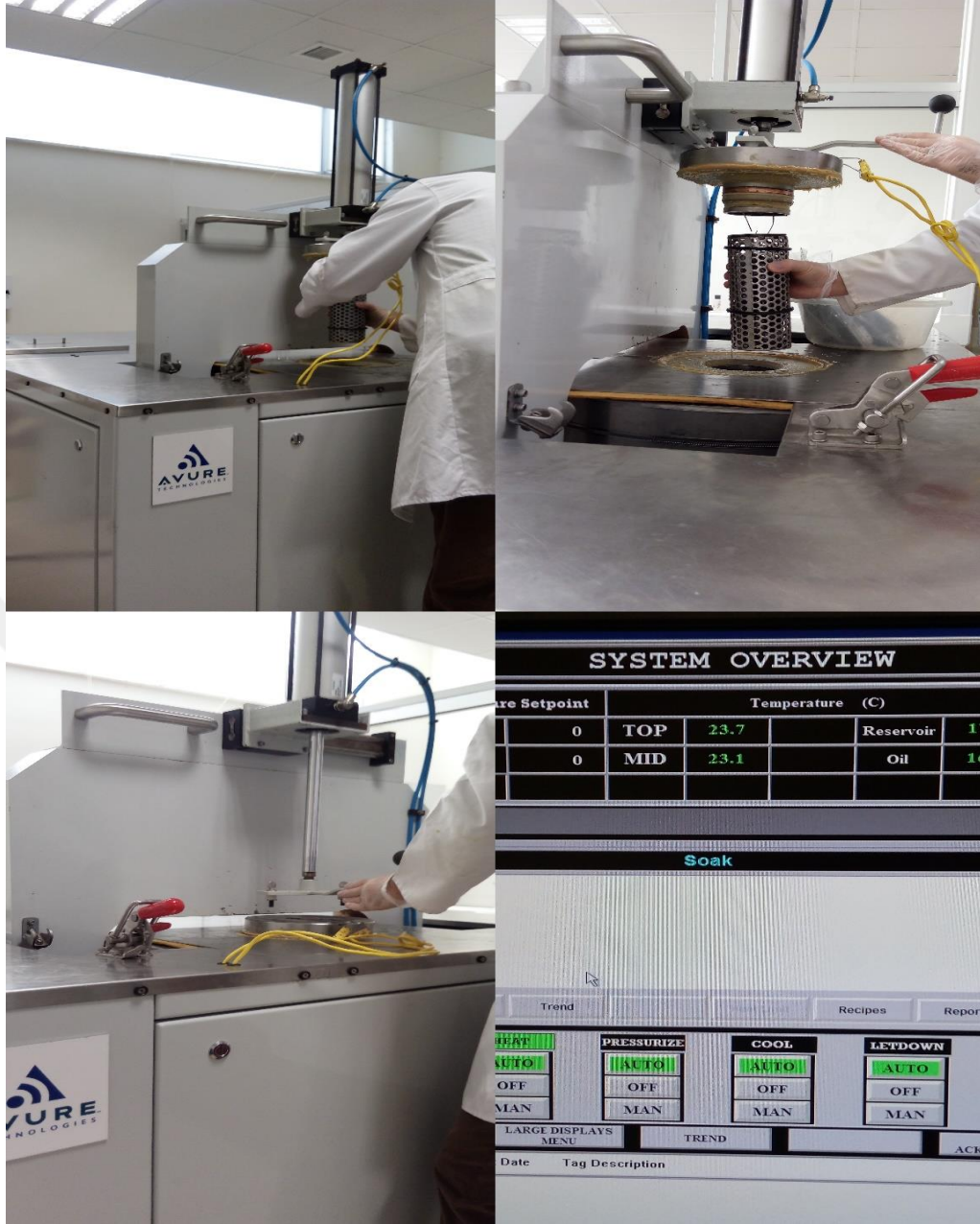
**Şekil 3.1.** UP200S ultrasonikasyon cihazı.

### **3.2.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları**

Çalışma kapsamında yüksek basınç uygulamaları Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan 2 L hacminde basınç odasına sahip, 690 MPa'a kadar adyabatik sistemde basınç uygulayabilen pilot ölçekli yüksek hidrosostatik basınç sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Avure Technologies, Columbus, OH, USA). Yüksek basınç sistemi; basınç kabini, basınç üreten sistem, kontrol ünitesi ve materyal yerleştirme sisteminden oluşmaktadır (Şekil 3.2). Basınç, iletken sıvının rezervuardan basınç haznesine transfer edilip sıkıştırılmasını sağlayan bir pompa vasıtası ile üretilmiştir. Kontrol ünitesinden proses basıncı ve süresi ayarlanarak yine bir monitör vasıtasıyla basınç, kalan süre ve iletken sıvının sıcaklığı sürekli izlenmiştir. Kullanılan yüksek basınç sisteminde basınç haznesinde basınç ileten sıvı olarak distile su kullanılmış ve proses sırasında basınç haznesinin sıcaklığı K tipi termokupllar vasıtasıyla ölçülmüştür. Proses boyunca sıcaklık artışı soğutma suyu vasıtasıyla kontrol altında tutulmuştur. Öncelikle hardaliye içeceği deneme deseninin öngördüğü başlangıç sıcaklıklarına ön ısıtma ya

da ön soğutma uygulanarak getirilmiştir. Daha sonra numuneler basınca dayanıklı, esnek polipropilen poşetlere 600 mL olarak aktarılmış sıcaklık ayarı yapılan poşet yapıştırma makinesi ile kol poşetin üstüne getirilerek yapıştırılmıştır. Ağızları kapatılan örnekler ikinci bir poşete daha konularak vakum paketlenme cihazı ile vakumlanmıştır (Şekil 3.3). Yüksek basınç uygulaması süresince basınç ileten sıvının sıcaklığının izlenebilmesi için K tipi termokupl sepetin içine monte edilmiştir. Basınç uygulandığında sıcaklık artmış, uygulanan basınç ortadan kalktığında sıcaklık geri başlangıç değerine düşmüştür. Sudaki sıcaklık artışı çok yüksek derecelere ulaşmadığından kaydedilmemiştir.





Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan pilot ölçekli yüksek hidrostatik basınç sistemi.





**Şekil 3.3.** Yüksek hidrostatik basınç uygulamalarına ilişkin numunelerin ambalajlanması, vakum paketlenmesi ve proses sonrası analizler için hazırlanmasına ilişkin görseller.

### 3.2.3 Fizikokimyasal Analizler

#### 3.2.3.1 pH

Homojen olarak alınan 10 mL örneklerin pH'sı doğrudan cam elektrotlu pH metre (SELECTA, pH-2005) kullanılarak ölçülmüştür.

#### 3.2.3.2 Titrasyon Asitliği

5 mL hardaliye örneğine 5 mL saf su ilave edilerek homojen bir karışım elde edildikten sonra 0.5 mL fenolftalein indikatörü eklenip 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda pH 8.1'e gelince harcanan NaOH miktarı (3.2) eşitliğinde yerine konularak sonuçlar tartarik asit cinsinden g/L olarak verilmiştir (AOAC, 1990; Mbaeyi-Nwaoha ve Ajumobi, 2013).

$$\text{Titrasyon Asitliği (g/L)} = \frac{V \cdot N \cdot E}{M} \cdot 1000 \quad (3.2)$$

Formülde  $V$  titrasyonda harcanan NaOH miktarını (mL),  $N$  NaOH'ın normalitesini,  $E$  hâkim olan tartarik asitin miliekivalen ağırlığını ve  $M$  titrasyonda kullanılan örnek miktarını (mL) ifade etmektedir.

### 3.2.3.3 Suda Çözünür Kuru Madde

Örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri ( $^{\circ}$ Briks) 507-1 model refraktometre (Nippon Optical Works Co. Ltd, JAPAN) kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar  $^{\circ}$ Briks derecesi olarak belirtilmiştir.

### 3.2.3.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü

Örneklerin kondaktivitesi Sension 5 model (HACH, CO, ABD) el kondaktivitesi kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak kaydedilmiştir.

### 3.2.3.5 Bulanıklık Düzeyinin Ölçülmesi

Bulanıklık düzeyi bir türbidimetre (MICRO TPI, Model 20008) yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar NTU (Nefolimetric Turbidity Unit) değeri ile ifade edilmiştir. Cihaz sırasıyla 1000 NTU, 10.0 NTU, 0.02 NTU kalibrasyon standartları ile kalibre edildikten sonra hardaliye içeceğinin bulanıklık düzeyi doğrudan  $23^{\circ}\text{C}$ 'de belirlenmiştir.

### 3.2.3.6 Renk Ölçümü

Örneklerin renk ölçümü amacıyla Hunterlab Colorflex 45 Spektrofotometresi (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston VA, ABD) kullanılmış ve analiz için 25 mL örnek 20 mm Glass Optical Cell Light Path küvetine aktarılmıştır. Sonuçlar CSI sisteminde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri olarak verilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri matematiksel olarak 3 boyutlu koordinat sistemi ile ifade edilmekte olup bu koordinat sisteminde  $L^*$  değeri dikey eksenle parlaklıktan (beyaz, 100) koyuluğa (0, siyah) gidişi  $+a^*$

kırmızılığa, -a\* yeşillige, +b\* sarılığa, -b\* ise maviliğe gidişi göstermektedir. L\*, a\* ve b\* temel renk değerleri kullanılarak Chroma (renk yoğunluğu, C\*) ve hue (renk tonu, h<sup>0</sup>) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

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

$$h^0 = \arctan(b/a) \quad (3.4)$$

L<sub>0</sub>, a<sub>0</sub> ve b<sub>0</sub> değerleri kontrol örneklerinin; L\*, a\* ve b\* değerleri işlem görmüş örneklerin renk değerlerini belirtmek üzere kontrol ve işlem görmüş örneklerin arasındaki toplam renk farkı (TCD, ΔE) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (3.5)$$

### 3.2.3.7 Renk Yoğunluğu Tayini

Hardaliye içeceği örnekleri 3000 devirde 5 dk. santrifüj edilerek 1 mm kalınlığındaki küvetlerde 420 nm, 520 nm ve 620 nm'de saf suya karşı absorbansları ölçülmüştür. Her bir dalga boyundaki absorbans değerleri o dalga boyundaki optik yoğunluğu (OY) ifade etmektedir. Bu üç noktadaki OY değerlerinin toplamı hesaplanarak renk yoğunluğu (IC) değeri saptanmıştır (Ribereau-Gayon vd., 2000).

$$\text{Renk yoğunluğu (IC)} = OY_{420} + OY_{520} + OY_{620} \quad (3.6)$$

### 3.2.3.8 Renk Tonu Tayini

Örnekler 3000 devirde 5 dk. santrifüj edilerek 1 mm kalınlığındaki küvetlerde 420 nm ve 520 nm'de saf suya karşı absorbansları ölçülmüştür. Bu ölçümlerin oranları renk tonu olarak verilmiştir (Ribereau-Gayon vd., 2000).

$$\text{Renk tonu} = OY_{420} / OY_{520} \quad (3.7)$$

### 3.2.3.9 Renk Bileşimi Tayini

Örnekler 3000 devirde 5 dk. santrifüj edilerek 1 mm kalınlığındaki küvetlerde 420 nm, 520 nm ve 620 nm’de saf suya karşı absorbanları belirlenip aşağıda verilen eşitlikler ile renk bileşimleri elde edilmiştir. %OY<sub>420</sub> sarı, %OY<sub>520</sub> kırmızı, %OY<sub>620</sub> ise mavi rengin % miktarını belirtmektedir (Ribereau-Gayon vd., 2000).

$$\%OY_{420} = \frac{OY_{420}}{IC \text{ (renk yoğunluğu)}} \times 100 \quad (3.8)$$

$$\%OY_{520} = \frac{OY_{520}}{IC \text{ (renk yoğunluğu)}} \times 100 \quad (3.9)$$

$$\%OY_{620} = \frac{OY_{620}}{IC \text{ (renk yoğunluğu)}} \times 100 \quad (3.10)$$

### 3.2.3.10 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

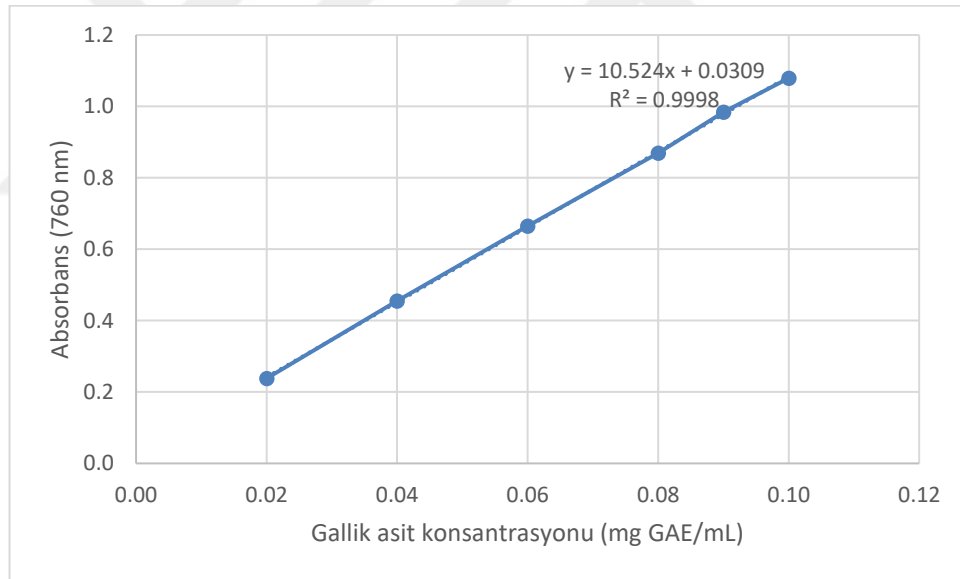
Toplam fenolik madde miktarı Spanos ve Wrolstad (1990)’ın belirttikleri Folin-Ciocalteu ayraç kullanılarak spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır.

Doğrudan alınan sıvı hardaliye içeceği fazla miktarda fenolik bileşik ihtiva ettiğinden sıvı örnekler 760 nm dalga boyunda 0.2-0.8 absorban gösterecek şekilde seyreltilmiştir. Seyreltmenin gerekli oranda yapılmış veya yapılmamış olduğu analizlerin aşamalarında anlaşılmıştır. Eğer uygun bir seyreltme yapılmamışsa başa dönüp analize yeniden başlanmıştır. Seyreltilmiş örnekten 1 mL tüpe alınıp üzerine 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra doğrudan hazırlanan 75 g/L konsantrasyonda susuz sodyum karbonat çözeltisinden 4 mL eklenmiş tüp içeriğinin homojen karışımı sağlanmıştır. 50±5 °C’ye ayarlanmış su banyosunda 5 dk. bekletildikten sonra tüp içeriği hemen buz banyosunda soğutulup 760 nm dalga boyunda UV spektrofotometreyle (pg instruments, T80+ UV/VIS Spectrophotometer) şahide karşı absorban ölçülmüştür. Elde edilen absorban değerlerinden fenolik madde miktarını saptayabilmek için daha önce hazırlanmış olan standart kalibrasyon eğrisinden yararlanılmıştır.

Standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanması:

0.1g gallik asit 100 mL saf suda çözündürülerek 1 g/L konsantrasyonda stok gallik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Stok gallik asit çözeltisinden sırasıyla 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.09 g gallik asit/L konsantrasyonda 3 paralelli çalışılarak 5 farklı çözelti konsantrasyonu hazırlanmıştır. Bu çözeltiler ile 1g gallik asit/L konsantrasyonda hazırlanan stok çözeltiliye hardaliye içeceğine uygulanan analiz aşamaları uygulanmış ve yine tüp içerikleri hızla soğutulduktan sonra 760 nm dalga boyunda şahide karşı her birinin absorbansı saptanmıştır. Saptanmış absorbans değerleri gallik asit konsantrasyonlara karşı bir grafiğe aktarılnca gallik asit standart eğrisi elde edilmiştir. Analizlerde elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır.

Regresyon eşitliği yardımıyla bulunan hardaliye örneklerinin konsantrasyon değerleri uygulanan seyreltme faktörleri ile çarpılarak örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir.



**Şekil 3.4.** Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi.

### 3.2.3.11 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini

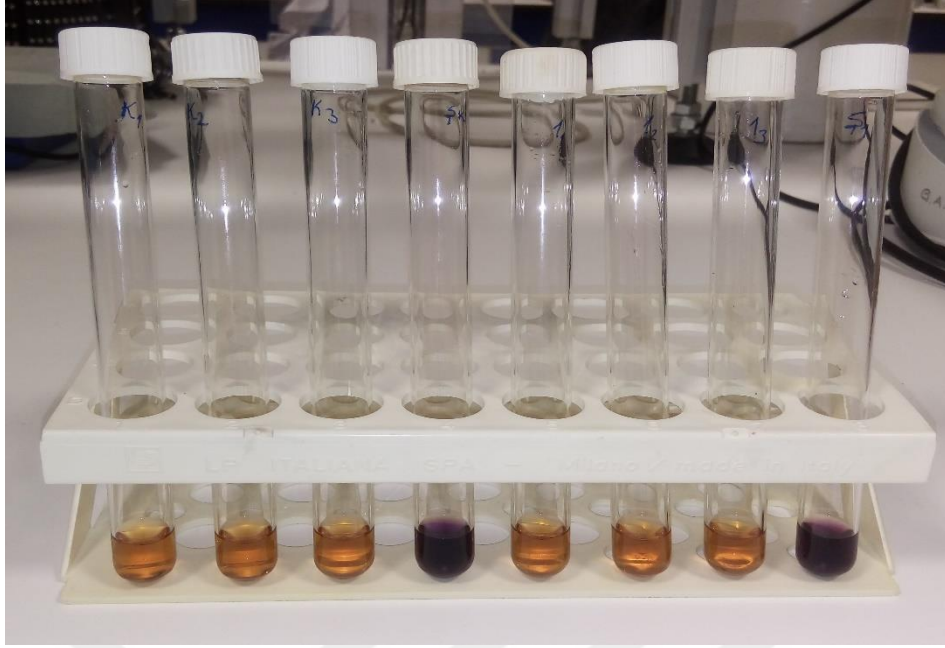
Toplam antioksidan aktivite tayininde Brand-Williams vd. (1995) tarafından rapor edilen ve uzun zamandan beri kullanılan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme kapasitesi yöntemi kullanılmıştır.

Analiz edilecek örnek sıvı materyal olduğundan örnek hazırlamak için herhangi bir işleme gerek kalmamıştır. Hardaliye içeceğinin hangi oranda seyreltilmesi gerektiği ve reaksiyon süresi ön deneyle saptanmıştır. 1/25, 1/20, 1/10, 1/5 ve 1/1 oranlarında ve 30 dk., 45 dk., 1 saat, 1.5 saat ve 2 saat sürelerinde denemeler yapılmıştır. 1/5 ve 1/1 seyreltme oranlarında beklenen sarı renk dönüşümü gözlenmiştir (Şekil 3.5). Reaksiyon süresi içinde 30 dk. ve 1 saat arasında saptanan fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). 1 saatten sonraki sürelerde ise antioksidan aktivite kapasitesi sabit kalmıştır. Sonuç olarak örneğin 1/1 oranında ve 1 saat reaksiyon süresi boyunca bekletilmesine karar verilmiştir. Hardaliye örneklerinin analizi öncesinde DPPH• radikal çözeltisi ve Tris-HCl tampon çözeltisi hazırlanmıştır. 0.5 mM DPPH• radikal çözeltisinde çözücü olarak etanol kullanılmıştır. Tris-HCl tampon çözeltisi ise 100 mM konsantrasyonunda, distile su içinde çözündürülerek ve HCl ile pH 7.4'e ayarlanarak hacmine tamamlanmıştır. Örnek çözeltisi için 1/1 oranında seyreltilmiş hardaliye örneğinden 0.1 mL alınarak üzerine 0.9 mL Tris-HCl tampon çözeltisi ve 1 mL DPPH• radikal çözeltisi eklenerek homojen karışım elde edilmiştir. Kontrol ve örnek çözeltisinin bulunduğu deney tüpleri karanlıkta 1 saat bekletilmiştir. Reaksiyon süresi sonunda UV spektrofotometreyle (pg instruments, T80+ UV/VIS Spectrophotometer) 517 nm dalga boyunda etanole karşı kontrol ve örnek çözeltisinin absorbans değerleri ölçülmüştür. Kalan DPPH• yüzdesi toplam antioksidan derişimi ile doğru orantılıdır ve aşağıdaki eşitlikte yerine konularak % toplam antioksidan aktivite (TAA) değeri bulunmuştur.

$$\text{DPPH}\cdot_{\text{kalan}} (\%) = 100 \times (\text{DPPH}\cdot_{\text{kalan}}) / (\text{DPPH}\cdot_{t=0}) \quad (3.11)$$

Diğer bir gösterim ile:

$$\text{TAA} (\%) = \left(1 - \left(\frac{\text{Abs örnek } 517 \text{ nm}}{\text{Abs kontrol } 517 \text{ nm}}\right)\right) \times 100 \quad (3.12)$$



**Şekil 3.5.** Kontrol örneklerinde toplam antioksidan aktivite tayini sonucu gözlemlenen renk değişimi.

#### **3.2.3.12 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini**

Bu çalışmada toplam monomerik antosiyanin tayini, pH differansiyel metoduna göre yapılmıştır (Lee vd., 2005). Hardaliye içeceğinin hangi oranda seyreltilmesi gerektiği ön deneyle saptanmıştır. Burada ilke örneğin potasyum klorür tampon çözeltisi ile 520 nm dalga boyundaki absorbans okumaları spektrofotometrenin linear sınırlarında kalacak şekilde seyreltilmesidir. Fakat en iyisi absorbans okumalarının 0.4-0.6 arasında kalmasıdır. Bu ilkeye göre yapılan seyreltmenin, “seyreltme faktörü” hesaplanıp kaydedilmiştir.

Analiz için ilk olarak 0.1 mL hardaliye içeceği cam deney tüplerine otomatik pipetle enjekte edilmiştir. Aynı örnek bulunan tüplerden birisi 0.025 molar potasyum klorür tampon ile (HCl ile pH=1.0'e ayarlı), diğeri 0.4 molar sodyum asetat tampon ile (HCl ile pH=4.5'e ayarlı) deney başlangıcında saptanmış olan seyreltme faktörüne uygun iki seyreltme yapılmıştır. Her ikisinde de seyreltmenin aynı oranda olması temel koşuldur. Okumalar, örnekler vortekste karıştırıldıktan sonra ilk 45 dk. zaman aralığında yapılmalıdır. 1 saatten sonra yapılacak okumalarda biraz daha yüksek değerlerin oluşma eğilimi vardır. Burada örneklerin 20 dk. boyunca karanlıkta

dengeye gelmeleri beklenmiştir. Ölçümler, şahit olarak tampon çözeltilere karşı yapılmıştır. Bu süre sonunda her iki seyreltiğin 520 nm ve 700 nm dalga boyundaki absorbans değerleri UV spektrofotometrede (pg instruments, T80+ UV/VIS Spectrophotometer) saptanmıştır. Hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin miktarı (TMA), doğada en yaygın bulunan antosiyaninlerden biri olan siyanidin-3-glikozit eşdeğeri (C3GE) cinsinden aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\text{TMA (mg C3GE/L)} = \frac{A * MW * Sf * 10^3}{\epsilon * l} \quad (3.13)$$

A: p H=1.0 ve 4.5 değerlerinde ölçülen absorbans farkı;

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5} \quad (3.14)$$

MW= Baz olarak alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı (449.2 g/mol)

Sf= Seyreltme faktörü

$\epsilon$ = Molar absorpsiyon katsayısı (26900 L/mol\* cm)

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

$10^3$ = gramı miligramıya çevirme faktörü

### 3.2.3.13 İndirgen Şeker Tayini

Bu çalışmada toplam indirgen şeker miktarı 3,5-dinitrosalisilik asit (DNS) yöntemi ile belirlenmiştir (Miller, 1959).

Hardaliye içeceği örneğinin hangi oranda seyreltilmesi gerektiği yapılan ön deneylerle saptanmıştır. Örneğin seyreltilmesi işlemi maksimum absorbans 0.9 olacak şekilde yapılmıştır. Eğer örnek absorbansı bu değerden daha yüksek ise seyreltme oranı artırılmış ve ayarlanan seyreltme faktörü kaydedilmiştir. Analizde kullanılan %1'lik DNS çözeltisi; 1g DNS, 1g sodyum hidroksit (NaOH), 0.05 g sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) ve 0.2 g fenol 100 mL saf suda çözüldürülerek hazırlanmıştır. Deney tüplerine seyreltilmiş örnekten 3 mL alınarak üzerine %1'lik DNS çözeltisinden 3 mL

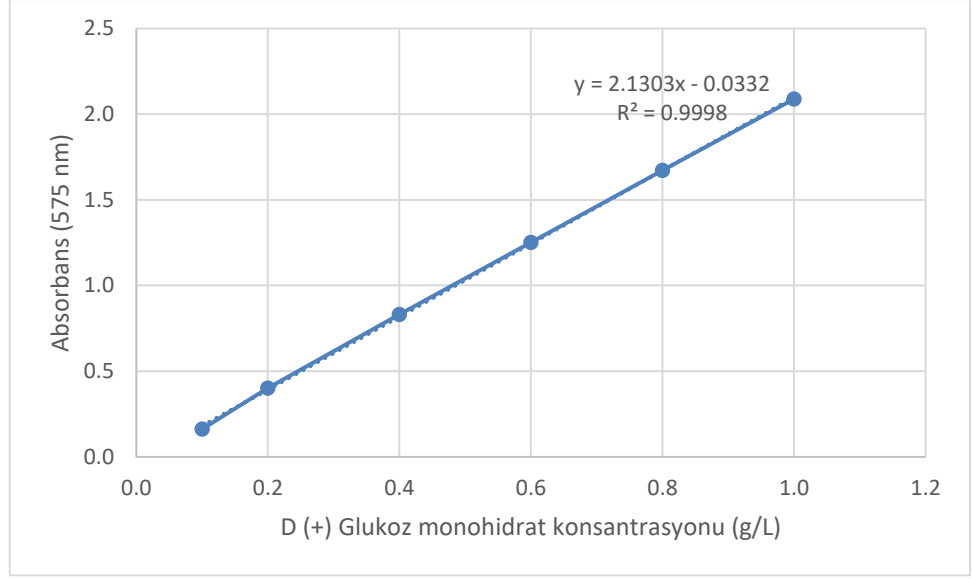


eklenmiş ve içerik homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Solüsyon 90 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 15 dk. bekletilmiştir. Tüpler hızla oda sıcaklığına soğutulurken renk stabilitesini sağlamak için zorunlu olan %40'lık potasyum sodyum tartarat çözeltisinden 1 mL şahitte dahil olmak üzere tüplere ilave edilmiştir. Yapılan çalışmalarda sıcaklığın renkli reaksiyon ürünün absorbandsına etkisi onaylanarak ortam sıcaklığına soğutma gerekli kılınmıştır. Homojen karışımı sağlanan tüp içeriklerinin 575 nm dalga boyunda UV spektrofotometreyle şahide karşı absorbands değerleri ölçülmüştür.

Standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanması:

Standart eğri hazırlamada D (+) glukoz monohidrat kullanılmıştır. Burada D (+) glukoz monohidrat ana stok çözeltisi hazırlandıktan sonra bu çözeltiden sırasıyla 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1 g/L konsantrasyonlarda 3 paralel olacak şekilde 6 farklı ara stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu 6 farklı ara stok çözeltilerinden 3 mL alınıp üzerlerine 3 mL %1'lik DNS çözeltisi eklendikten sonra örneğe uygulanan analiz aşamalarında değinildiği gibi işlemler gerçekleştirilmiştir. Tüp içeriklerinin absorbands değerleri şahide karşı 575 nm dalga boyunda UV spektrofotometre ile ölçülmüştür. Saptanmış absorbands değerleri glukoz konsantrasyonlara karşı bir grafiğe aktarılınca glukoz standart eğrisi elde edilmiştir. Analizlerde elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır.

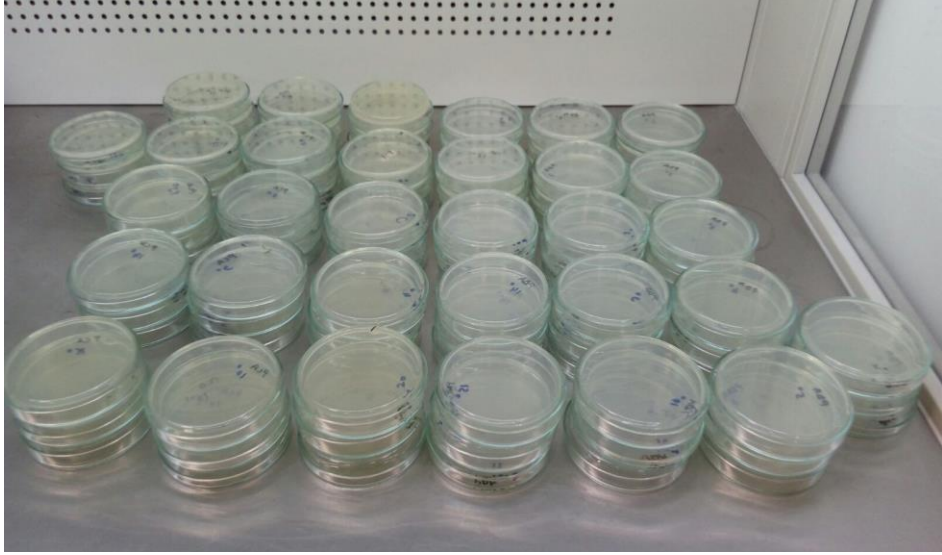
Regresyon eşitliği yardımıyla bulunan hardaliye örneklerinin konsantrasyon değerleri uygulanan seyreltme faktörleri ile çarpılarak örneklerdeki toplam indirgen şeker miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar glukoz eşdeğeri olarak verilmiştir.



**Şekil 3.6.** D (+) glukoz monohidrat standart kalibrasyon eğrisi.

### 3.2.4 Mikrobiyal İnaktivasyon Çalışmaları

Numuneler buzdolabı sıcaklığından (-18 °C) çıkarılıp çözündürüldükten sonra homojenize edilir. Homojenattan 100 µL alınıp 900 µL peptonlu su (%0.1 pepton, w/v) içeren tüpe aktarılarak önce 10<sup>-1</sup> seyrelti elde edilir ve aynı yol izlenerek bu seyreltiden de toplam mikrobiyal yük dikkate alınarak yeter sayıda diğer seyreltiler hazırlanır. Analiz örneğinden (10<sup>0</sup>) ve bundan hazırlanan uygun seyreltilerden 0.1 mL olmak üzere toplam mezofilik aerobik canlı bakteri (TMAB) sayımında uygun kalınlık veya hacimde dökülen PCA (Plate Count Agar) besiyerine, toplam maya küf (TMK) sayımında da PDA (Potato Dextrose Agar) besiyerine aseptik ortamda yayma ekim yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan besiyerlerinden PCA 35 °C'de 24-48 saatlik, PDA ise oda sıcaklığında (22±2 °C) 48-72 saatlik inkübasyon sonucunda üreme kontrol edilip oluşan koloniler sayılmıştır. Sonuçlar seyrelti faktörü ile çarpılarak log kob/mL olarak kaydedilmiştir.



**Şekil 3.7.** Mikrobiyal inaktivasyon çalışmaları.

### **3.2.5 Duyusal Analizler**

Duyusal analizlerde 10 puanlı hedonik skala değerlendirme modeli esas alınmıştır. İşlem görmüş ya da görmemiş örnekler rastgele numaralandırılarak eğitimli 10 panelist tarafından renk yoğunluğu, bulanıklık, partikül durumu, koku, tatlılık ve ağızda bıraktığı his gibi özellikler açısından organoleptik olarak analiz edilmiştir. Duyusal analizde kullanılan form EK A'da sunulmuştur.

### **3.2.6 İstatiksel Analiz**

Çalışma kapsamında ilk adım olarak ultrasonikasyon (US) ve yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulamalarına ilişkin ön deneyler gerçekleştirilmiştir. Ön deneyler neticesinde işlemlerin açıklayıcı faktörleri ve bu faktörlerin aralıkları belirlenerek deney tasarımı oluşturulmuştur. US ve YHB uygulamalarından önce tüm analizler için gereken toplam örnek miktarı hesaplanmış olup analizlerin tek bir partiden gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Böylece farklı partiden kaynaklanan hatalar ortadan kaldırılmıştır. Kullanılacak örnekler buzdolabından (+4 °C) çıkarılarak homojen bir şekilde karışımı sağlandıktan sonra istenen sıcaklık sürelerine getirilmiştir. Sıcaklık değişkeni ayarlandıktan sonra belirlenen diğer değişkenlerde istenen değerlere getirilerek 15 adet deney noktası bir ya da en fazla iki gün içinde

proses edilmiştir. Proses edilen örnekler analiz yapılmak üzere hangi deney noktasına ait olduğu, kullanılacağı analiz ve proses tarihi üzerlerinde belirtilen falcon tüplere gereken miktarda ayrılmıştır. Örnekler analiz için ayrılırken kontrol örneği de unutulmamıştır. Proses bitiminde örneklerin duyuşal analizleri, renk ölçümleri ve spektrofotometrik renk yoğunlukları vakit kaybetmeden gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin, indirgen şeker ve mikrobiyolojik analizler için falcon tüplere ayrılan örnekler -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Analizler 3 paralel 3 tekerrür şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bütün analizler depolamadan kaynaklanan hataları bertaraf etmek için en kısa sürede yapılmıştır.

US ve YHB uygulamalarının geleneksel hardaliye içeceğinin bazı kalite özellikleri ve mikrobiyal yükü üzerine etkisini belirleyebilmek için yanıt yüzey tasarımından yararlanarak Box-Behnken yöntemine göre deney tasarımı oluşturulmuştur. Bu amaçla Minitab 17 bilgisayar programı kullanılarak US uygulamaları için genlik, sıcaklık, işlem süresi; YHB uygulamaları için basınç, sıcaklık, işlem süresi açıklayıcı değişkenleri seçilmiştir. Box-Behnken tasarımları için deneme noktasının sayısı (N),  $N=2k(k-1)+n_c$  denklemiyle belirlenmektedir. Bu denklemde k etken sayısını,  $n_c$  merkezi deneme sayısını belirtmektedir. Deneysel hataları görmek amacıyla 3 merkez noktaya sahip deney tasarımı düzenlenmiştir. Hem YHB hem US uygulamaları merkez noktada 3 tekrar olacak şekilde toplamda 15 adet deney noktası içermektedir. US işlemine ilişkin açıklayıcı değişkenler olan genlik, sıcaklık ve süre için alt ve üst limitler sırasıyla; 50-90 %, 4-40 °C, 5-45 dk. olarak belirlenmiştir. YHB işlemine ilişkin açıklayıcı değişkenler olan basınç, sıcaklık ve süre için alt ve üst limitler ise sırasıyla; 200-500 MPa, 4-40 °C, 3-15 dk. olarak belirlenmiştir.

YHB ve US prosesi açıklayıcı değişkenlerinin ürünün kalite parametreleri ve mikrobiyal inaktivasyonu üzerindeki etkileri tek yönlü ANOVA (alfa:0.05) kullanılarak analiz edilmiştir. Hem YHB hem de US uygulamalarına ait 15 adet deney noktası ve kontrol grubu ortalamaları arasındaki farklılıklar ortak bir hata yaklaşımı ile eşanlı olarak Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Verilerin analizinde Minitab 17 istatistik programı kullanılmıştır.

## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Bulguları**

#### **4.1.1 Yüksek Hidrostatik Basınç ile İşlemede Çıkış Sıcaklıklarının Uygunluğu**

Hardaliye ieeğinin belirlenen farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşullarında işleminden hemen sonra çıkış sıcaklıkları ölçölmüştür. En yüksek basınç, süre ve sıcaklık koşullarında (500 MPa, 15dk., 22 °C) bile ürünün çıkış sıcaklığındaki artış önemsiz olduğundan kaydedilmemiştir.

#### **4.1.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının pH Değeri Üzerine Etkisi**

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen pH değerleri izelge 4.1’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre ortalama pH değerleri  $3.783\pm 0.003$  ile  $3.823\pm 0.003$  arasında değişmiştir.

Herhangi bir işlem uygulamadığımız kontrol grubu ortalama pH değeri  $3.800\pm 0.003$  olarak kaydedilmiştir. YHB deney noktalarından YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) en düşük ortalama pH değerine sahip olurken, en yüksek ortalama pH değeri YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) ve YHB15 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup pH ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Tukey testine göre kontrol grubu pH ortalaması YHB2, YHB3, YHB4, YHB5, YHB6, YHB7, YHB9, YHB12 ve YHB14 deney noktaları pH ortalamalarından farksız olarak belirlenmiştir ( $p> 0.05$ ). Kontrol grubu ortalama pH değerine göre en az değişim YHB2 deney noktasında saptanmıştır.

**Çizelge 4.1.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin pH değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	pH
<b>Kontrol</b>	–	–	–	3.800±0.003 <sup>ef</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	3.783±0.003 <sup>g</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	3.800±0.007 <sup>ef</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	3.811±0.002 <sup>bcde</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	3.798±0.007 <sup>f</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	3.801±0.002 <sup>def</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	3.803±0.003 <sup>cdef</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	3.803±0.003 <sup>cdef</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	3.812±0.002 <sup>abcd</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	3.804±0.002 <sup>cdef</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	3.818±0.002 <sup>ab</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	3.823±0.003 <sup>a</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	3.807±0.006 <sup>bcdef</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	3.813±0.003 <sup>abc</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	3.811±0.004 <sup>bcde</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	3.823±0.003 <sup>a</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde pH değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. pH yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin pH değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.000334	0.000111	1.02	0.394
Hata	44	0.004822	0.000110		
Toplam	47	0.005157			
İşlem süresi (dk.)	3	0.001801	0.000600	7.87	0.000
Hata	44	0.003356	0.000076		
Toplam	47	0.005157			
Sıcaklık (°C)	3	0.000489	0.000163	1.54	0.219
Hata	44	0.004668	0.000106		
Toplam	47	0.005157			

YHB ile işlenmiş hardaliye ieeğinin pH değeri üzerine basınç (MPa) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin etkisi önemsiz olarak bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), işlem

süresi (dk.) değişkeninin etkisi önemli olarak belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C) deney noktalarında basınç (MPa) ve sıcaklık (°C) değişkenleri aynı iken işlem süresinin 3 dk. dan 15 dk. ya yükseltilmesi ortalama pH değerini 0.028 birim arttırmıştır. Bu durum YHB uygulamasında işlem süresi (dk.) değişkeninin önemli olduğunu tekrardan kanıtlar niteliktedir. Çalışmada YHB işlemi çoğu deney noktasında hardaliye ieeğinin pH değerinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.1.3 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen toplam asitlik değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre toplam asitlik değerleri  $4.950 \pm 0.000$  g/L ile  $5.900 \pm 0.173$  g/L arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.3.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin toplam asitliği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Toplam asitlik (g/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$5.800 \pm 0.087^{ab}$
<b>YHB1</b>	350	3	40	$5.350 \pm 0.173^{cdef}$
<b>YHB2</b>	200	3	22	$5.550 \pm 0.150^{abcde}$
<b>YHB3</b>	350	15	40	$5.650 \pm 0.173^{abc}$
<b>YHB4</b>	350	9	22	$5.500 \pm 0.173^{abcde}$
<b>YHB5</b>	200	15	22	$5.650 \pm 0.087^{abc}$
<b>YHB6</b>	350	3	4	$5.200 \pm 0.087^{def}$
<b>YHB7</b>	500	3	22	$5.300 \pm 0.087^{cdef}$
<b>YHB8</b>	350	15	4	$5.350 \pm 0.229^{cdef}$
<b>YHB9</b>	500	9	4	$5.600 \pm 0.229^{abcd}$
<b>YHB10</b>	350	9	22	$4.950 \pm 0.000^f$
<b>YHB11</b>	500	15	22	$5.250 \pm 0.150^{cdef}$
<b>YHB12</b>	200	9	40	$5.150 \pm 0.087^{ef}$
<b>YHB13</b>	200	9	4	$5.900 \pm 0.173^a$
<b>YHB14</b>	500	9	40	$5.450 \pm 0.087^{bcde}$
<b>YHB15</b>	350	9	22	$5.450 \pm 0.173^{bcde}$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Herhangi bir işleme tabi tutulmamış ürünün toplam asitliği  $5.800 \pm 0.087$  g/L olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından YHB10 (350 MPa, 9 dk., 22 °C)  $4.950 \pm 0.000$  g/L ile en düşük toplam asitliğe sahip olurken, en yüksek değer  $5.900 \pm 0.173$  g/L ile YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup toplam asitlik ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Tukey testine göre kontrol grubu toplam asitlik ortalaması YHB2, YHB3, YHB4, YHB5, YHB9, YHB13, YHB14 ve YHB15 deney noktaları toplam asitlik ortalamalarından farksız olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). YHB1, YHB7, YHB8 ve YHB11 deney noktaları toplam asitlik ortalamaları arasında da anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ( $p > 0.05$ ). YHB13 uygulamasında elde edilen toplam asitlik değeri kontrol grubuna en yakın çıkmıştır.

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde toplam asitlik üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup toplam asitlik yanıt değişkeni için istatistik bulgular Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam asitliğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.7575	0.25250	4.11	0.012
Hata	44	2.7056	0.06149		
Toplam	47	3.4631			
İşlem süresi (dk.)	3	0.5028	0.16759	2.49	0.073
Hata	44	2.9604	0.06728		
Toplam	47	3.4631			
Sıcaklık (°C)	3	0.5496	0.18321	2.77	0.056
Hata	44	2.9135	0.06622		
Toplam	47	3.4631			

YHB ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam asitliği üzerine işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin etkisi önemsiz olarak bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), basınç (MPa) değişkeninin etkisi önemli olarak belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Çalışmada YHB ile muamele hardaliye içeceğinin toplam asitlik değerinde genel olarak düşüşe neden olmuşken, bu düşüş sadece bazı deney noktalarında önemli düzeyde kalmıştır. Ayrıca YHB ile muamele edilen hardaliye içeceğinin pH ve toplam asitlik veri analizi birlikte



incelendiğinde hemen hemen aynı deney noktalarında kontrol grubuna göre farksızlık tespit edilmiş olup bu durum ölçümlerin tutarlı olduğunu göstermiştir.

#### 4.1.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.), sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen °Briks değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre ortalama °Briks değerleri 26.867±0.116 ile 27.022±0.168 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.5.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin °Briks değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	°Briks
<b>Kontrol</b>	–	–	–	27.022±0.168 <sup>a</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	27.022±0.039 <sup>a</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	27.022±0.039 <sup>a</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	26.867±0.116 <sup>a</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	26.889±0.102 <sup>a</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	26.889±0.102 <sup>a</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	26.978±0.039 <sup>a</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	27.000±0.000 <sup>a</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	27.000±0.000 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p≤0.05). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Kontrol grubu ortalama °Briks değeri 27.022±0.168 olarak kaydedilmiştir. YHB deney deseninde ortalama °Briks değeri en düşük YHB8 (350 MPa, 15 dk., 4 °C) koşullarında işlem gören hardaliye içeceği için tespit edilmişken, en yüksek değer YHB2 (200 MPa, 3 dk., 22 °C) ve YHB4 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) koşullarında işlem gören üründe belirlenmiştir. YHB işlemi uygulanmayan kontrol grubu ortalama °Briks

değeri de YHB2 ve YHB4 deney noktalarında belirlenen ortalama °Briks değerlerine eşit çıkmıştır. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama °Briks değerleri birbirlerinden önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ( $p>0.05$ ). YHB işlemi deney noktalarının hiçbirinde ortalama °Briks değeri üzerinde önemli bir değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde °Briks değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup °Briks yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.6’da verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin °Briks değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.007143	0.002381	0.43	0.730
Hata	44	0.241376	0.005486		
Toplam	47	0.248519			
İşlem süresi (dk.)	3	0.03381	0.011270	2.31	0.089
Hata	44	0.21471	0.004880		
Toplam	47	0.24852			
Sıcaklık (°C)	3	0.01265	0.004215	0.79	0.508
Hata	44	0.23587	0.005361		
Toplam	47	0.24852			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin °Briks değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.730, 0.089 ve 0.508 olarak saptanmıştır. Kontrol grubu ile bütün deney noktaları arasında saptanan farksızlık faktörlerin °Briks değeri üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu tekrardan kanıtlar niteliktedir.

#### 4.1.5 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Kondaktivite Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen kondaktivite değerleri Çizelge 4.7’de

verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre ortalama kondaktivite değerleri  $3.608 \pm 0.018$  mS/cm ile  $3.776 \pm 0.008$  mS/cm arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.7.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin kondaktivite değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç	Süre	Sıcaklık	değişkeni
Deneme noktaları	(P, MPa)	(t, dk.)	(T, °C)	Kondaktivite (mS/cm)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$3.608 \pm 0.018^f$
<b>YHB1</b>	350	3	40	$3.674 \pm 0.028^{bc}$
<b>YHB2</b>	200	3	22	$3.674 \pm 0.017^{bc}$
<b>YHB3</b>	350	15	40	$3.617 \pm 0.006^{ef}$
<b>YHB4</b>	350	9	22	$3.698 \pm 0.004^b$
<b>YHB5</b>	200	15	22	$3.640 \pm 0.003^{cdef}$
<b>YHB6</b>	350	3	4	$3.630 \pm 0.003^{cdef}$
<b>YHB7</b>	500	3	22	$3.647 \pm 0.006^{cdef}$
<b>YHB8</b>	350	15	4	$3.616 \pm 0.005^{ef}$
<b>YHB9</b>	500	9	4	$3.674 \pm 0.008^{bc}$
<b>YHB10</b>	350	9	22	$3.703 \pm 0.006^b$
<b>YHB11</b>	500	15	22	$3.622 \pm 0.007^{def}$
<b>YHB12</b>	200	9	40	$3.763 \pm 0.049^a$
<b>YHB13</b>	200	9	4	$3.670 \pm 0.018^{bcd}$
<b>YHB14</b>	500	9	40	$3.776 \pm 0.008^a$
<b>YHB15</b>	350	9	22	$3.660 \pm 0.009^{bcde}$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Kontrol grubu ortalama kondaktivite değeri  $3.608 \pm 0.018$  mS/cm olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından YHB8 (350 MPa, 15 dk., 4 °C)  $3.616 \pm 0.005$  mS/cm ile en düşük ortalama kondaktivite değeriine sahip olurken, en yüksek değeri  $3.776 \pm 0.008$  mS/cm ile YHB14 (500MPa, 9 dk., 40 °C) için belirlenmiştir. YHB işlemi uygulanmayan hardaliye ieeğinin ortalama kondaktivite değeri en düşük olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup kondaktivite ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu kondaktive değeri ortalaması ile YHB3, YHB5, YHB6, YHB7, YHB8 ve YHB11 deney noktaları kondaktive değeri ortalamaları arasındaki fark önemsizdir ( $p > 0.05$ ). Buna karşın kontrol grubu ile diğer deney noktaları arasındaki fark kayda değeri bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Kondaktivite değeri ortalamaları bakımından YHB8 koşullarında elde edilen değeri kontrol grubuna en yakın çıkmıştır.

Her bir açıklayıcı değişkenin kondaktivite değeri üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup kondaktivite yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin kondaktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	9.889	3.2962	5.05	0.004
Hata	44	28.714	0.6526		
Toplam	47	38.602			
İşlem süresi (dk.)	3	26.80	8.9321	33.29	0.000
Hata	44	11.81	0.2683		
Toplam	47	38.60			
Sıcaklık (°C)	3	11.73	3.9097	6.40	0.001
Hata	44	26.87	0.6107		
Toplam	47	38.60			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin kondaktivite değeri üzerine tek başına etkileri önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Genel olarak YHB ile muamele hardaliye içeceği kondaktivite değerinde önemli artışla sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.1.6 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Bulanıklık Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen bulanıklık değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bulanıklık değerleri  $340.478 \pm 1.269$  NTU ile  $862.890 \pm 3.966$  NTU arasında değişmiştir.

Bulanıklık değeri ortalaması en düşük  $340.478 \pm 1.269$  NTU ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C) koşullarında işlem gören hardaliye içeceğinde tespit edilmişken, en yüksek değer  $862.890 \pm 3.966$  NTU ile muamele edilmeyen kontrol grubunda belirlenmiştir. Kontrol grubu dahil 16 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup bulanıklık değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği bulanıklık değeri ortalaması tüm deney noktalarında işlem görmüş örneklerin bulanıklık değeri

ortalamalarından kayda değer farklı çıkmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu bulanıklık değeri ortalamasına en yakın sonuç veren YHB9 uygulamasında bile önemli düzeyde azalma saptanmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Deney deseninde orta nokta olan YHB10 ile YHB15 deney noktaları incelendiğinde birbirinden farksız çıkmıştır ( $p > 0.05$ ) ve bu durum ölçümlerin tutarlı olduğunu desteklemiştir.

**Çizelge 4.9.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin bulanıklık değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	862.890±3.966 <sup>a</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	439.530±2.521 <sup>c</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	359.410±2.091 <sup>fgh</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	340.478±1.269 <sup>i</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	357.270±1.901 <sup>h</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	373.920±2.017 <sup>de</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	373.840±2.766 <sup>de</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	369.980±4.523 <sup>defg</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	358.900±2.902 <sup>gh</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	482.190±10.908 <sup>b</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	363.840±2.455 <sup>efgh</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	381.233±1.090 <sup>d</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	371.210±3.979 <sup>def</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	479.290±5.004 <sup>b</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	370.567±0.967 <sup>defg</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	364.690±3.768 <sup>efgh</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde bulanıklık değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup bulanıklık değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.10’da verilmiştir.

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye ieeğinin bulanıklık değeri üzerine tek başına etkileri önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). YHB ile muamele tüm deney noktalarında hardaliye ieeğinin bulanıklık değerinde önemli düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.10.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin bulanıklık değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	19.70	6.5682	10.38	0.000
Hata	44	27.83	0.6325		
Toplam	47	47.54			
İşlem süresi (dk.)	3	16.22	5.4061	7.60	0.000
Hata	44	31.32	0.7118		
Toplam	47	47.54			
Sıcaklık (°C)	3	16.79	5.5982	8.01	0.000
Hata	44	30.74	0.6987		
Toplam	47	47.54			

#### 4.1.7 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının L\* Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen L\* değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre L\* değerleri  $2.049 \pm 0.043$  ile  $3.546 \pm 0.811$  arasında değişmiştir.

YHB işlemi uygulanmayan hardaliye örneğinde L\* değeri ortalaması  $3.326 \pm 0.217$  olarak kaydedilmiştir. L\* değeri en düşük YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) koşullarında işlem gören hardaliye örneğinde tespit edilmişken, en yüksek değer YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) koşullarında işlem gören örnekte belirlenmiştir. Kontrol ile deneme desenine göre işlem görmüş 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup L\* değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). L\* değeri ortalamaları bakımından kontrol örneği YHB1, YHB5, YHB7, YHB9, YHB11, YHB13 ve YHB15 koşullarında muamele edilen örneklerden farksız çıkmıştır ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.11.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin L\* değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	L*
<b>Kontrol</b>	–	–	–	3.326±0.217 <sup>ab</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	2.886±0.275 <sup>abcde</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	2.224±0.077 <sup>de</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	2.329±0.101 <sup>de</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	2.348±0.187 <sup>de</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	3.266±0.091 <sup>abc</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	2.299±0.097 <sup>de</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	3.501±0.492 <sup>a</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	2.310±0.130 <sup>de</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	3.546±0.811 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	2.382±0.099 <sup>de</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	3.464±0.213 <sup>a</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	2.449±0.273 <sup>cde</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	2.979±0.214 <sup>abcd</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	2.049±0.043 <sup>e</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	2.557±0.067 <sup>bcde</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde L\* değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup L\* değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin L\* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	7.287	2.4289	2.90	0.045
Hata	44	36.805	0.8365		
Toplam	47	44.092			
İşlem süresi (dk.)	3	4.101	1.3669	1.50	0.227
Hata	44	39.991	0.9089		
Toplam	47	44.092			
Sıcaklık (°C)	3	2.353	0.7844	2.73	0.055
Hata	44	12.652	0.2875		
Toplam	47	15.005			

YHB ile işlemde hardaliye içeceğinin L\* değeri üzerine basınç (MPa) değişkenin etkisi önemli düzeyde bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık

(°C) değişkeninin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). YHB2 (200 MPa, 3 dk., 22 °) ile YHB7 (500 MPa, 3 dk., 22 °C) deney noktalarında işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörleri aynı iken sadece basınç düzeyinin artırılması  $L^*$  değerinde önemli düzeyde değişime neden olmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Bu durum basınç değişkeninin etkisinin önemli olduğunu kanıtlar niteliktedir. Deney deseninde orta nokta olan YHB4, YHB10 ve YHB15 koşullarında elde edilen  $L^*$  değerlerinin istatistiksel açıdan birbirine benzer çıkması ölçümlerin tutarlı olduğunu göstermiştir. Genel olarak YHB ile muamele hardaliye içeceği  $L^*$  değeri ortalamalarında azalma ile sonuçlanmış olup bu azalma bazı deney noktaları hariç istatistiksel açıdan önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

#### **4.1.8 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının $a^*$ Değeri Üzerine Etkisi**

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen  $a^*$  değeri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $a^*$  değerleri  $7.379\pm 0.291$  ile  $10.638\pm 1.105$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama  $a^*$  değeri  $8.374\pm 0.735$  olarak kaydedilmiştir. YHB deney deseninde ortalama  $a^*$  değeri en düşük YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) koşullarında işlem görmüş hardaliye içeceği için tespit edilmişken, en yüksek değer YHB5 (200 MPa, 15 dk., 22 °C) koşullarında işlem görmüş üründe belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup  $a^*$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Farklılığın hangi deney noktasından kaynaklandığına bakıldığında ise kontrol grubu  $a^*$  değeri ortalaması YHB5 deney noktası  $a^*$  değeri ortalamasından farklı olarak bulunurken ( $p\leq 0.05$ ), diğer tüm deney noktaları ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p>0.05$ ).



**Çizelge 4.13.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin a\* değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni a*
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	
<b>Kontrol</b>	–	–	–	8.374±0.735 <sup>b</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	8.739±0.444 <sup>ab</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	8.140±0.815 <sup>b</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	8.713±1.151 <sup>ab</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	9.074±1.060 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	10.638±1.105 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	8.086±0.589 <sup>b</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	8.722±0.760 <sup>ab</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	7.953±0.129 <sup>b</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	8.360±0.572 <sup>b</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	8.143±0.401 <sup>b</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	8.841±0.502 <sup>ab</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	8.820±0.496 <sup>ab</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	8.414±0.458 <sup>b</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	7.379±0.291 <sup>b</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	8.409±0.232 <sup>b</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde a\* değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup a\* değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.14'te verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin a\* değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	3.419	1.140	1.12	0.351
Hata	44	44.706	1.016		
Toplam	47	48.125			
İşlem süresi (dk.)	3	3.291	1.097	1.08	0.369
Hata	44	44.835	1.019		
Toplam	47	48.125			
Sıcaklık (°C)	3	4.343	1.4476	1.45	0.240
Hata	44	43.783	0.9951		
Toplam	47	48.125			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin a\* değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz

bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.351, 0.369 ve 0.240 olarak saptanmıştır. Deney deseninde YHB5 uygulaması dışında hiçbir uygulamanın a\* değerinde kayda değer değişime neden olmaması (p>0.05), YHB işlem faktörlerinin a\* değeri üzerine etkisiz olduğunu kanıtlar niteliktedir.

#### 4.1.9 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının b\* Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen b\* değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre b\* değerleri 0.429±0.081 ile 1.736±0.487 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.15.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin b\* değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni b*
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	
<b>Deneme noktaları</b>				
<b>Kontrol</b>	–	–	–	0.958±0.264 <sup>abcd</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	0.632±0.320 <sup>cd</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	1.686±0.325 <sup>ab</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	1.713±0.521 <sup>a</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	1.728±0.410 <sup>a</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	1.736±0.487 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	1.468±0.137 <sup>abc</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	0.610±0.438 <sup>cd</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	0.701±0.064 <sup>cd</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	0.997±0.157 <sup>abcd</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	0.847±0.258 <sup>abcd</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	0.429±0.081 <sup>d</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	0.817±0.239 <sup>bcd</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	1.094±0.143 <sup>abcd</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	1.178±0.113 <sup>abcd</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	1.253±0.185 <sup>abcd</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p≤0.05). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

YHB ile muamele edilmeyen kontrol grubunun b\* değeri ortalaması 0.958±0.264 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) 0.429±0.081 ile en düşük b\* değerine sahip olurken,

en yüksek değer  $1.736 \pm 0.487$  ile YHB5 (200 MPa, 15 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup  $b^*$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu  $b^*$  değeri ortalaması tüm deney noktaları ortalamalarından önemli düzeyde farklılık göstermezken ( $p > 0.05$ ), farklılık YHB uygulamaları arasında mevcut bulunmuştur. Örneğin, YHB5 deney noktası  $b^*$  değeri ortalaması YHB11 deney noktası  $b^*$  değeri ortalamasından farklı olarak tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $b^*$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $b^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.16'da verilmiştir.

**Çizelge 4.16.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $b^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	1.934	0.6447	2.95	0.043
Hata	44	9.614	0.2185		
Toplam	47	11.548			
İşlem süresi (dk.)	3	0.0929	0.03097	0.12	0.948
Hata	44	11.4549	0.26034		
Toplam	47	11.5478			
Sıcaklık (°C)	3	0.2148	0.07161	0.28	0.841
Hata	44	11.3329	0.25757		
Toplam	47	11.5478			

YHB ile işlemde hardaliye içeceğinin  $b^*$  değeri üzerine basınç (MPa) değişkeninin etkisi önemli düzeyde bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Hardaliye içeceğine uygulanan 200 MPa ve 500 MPa düzeyindeki basınç uygulamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Örneğin, YHB5 (200 MPa, 15dk., 22 °C) ve YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) deney noktalarında yalnız basınç düzeyindeki artış ile  $1.736 \pm 0.487$  olan  $b^*$  değeri  $0.429 \pm 0.081$ 'e düşmüştür. Çalışma sonucunda, YHB ile muamele hardaliye içeceğinin  $b^*$  değerinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.1.10 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Chroma (Renk Yoğunluğu, $C^*$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen  $C^*$  değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $C^*$  değerleri  $7.476\pm 0.300$  ile  $10.782\pm 1.168$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.17.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin  $C^*$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$ )	$C^*$
Kontrol	–	–	–	$8.436\pm 0.707^b$
YHB1	350	3	40	$8.765\pm 0.467^{ab}$
YHB2	200	3	22	$8.315\pm 0.861^b$
YHB3	350	15	40	$8.886\pm 1.231^{ab}$
YHB4	350	9	22	$9.240\pm 1.117^{ab}$
YHB5	200	15	22	$10.782\pm 1.168^a$
YHB6	350	3	4	$8.219\pm 0.601^b$
YHB7	500	3	22	$8.750\pm 0.785^{ab}$
YHB8	350	15	4	$7.986\pm 0.122^b$
YHB9	500	9	4	$8.426\pm 0.574^b$
YHB10	350	9	22	$8.191\pm 0.418^b$
YHB11	500	15	22	$8.853\pm 0.497^{ab}$
YHB12	200	9	40	$8.861\pm 0.502^{ab}$
YHB13	200	9	4	$8.488\pm 0.474^b$
YHB14	500	9	40	$7.476\pm 0.300^b$
YHB15	350	9	22	$8.506\pm 0.212^b$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). YHB: Yüksek Hidrostatik Basınç

Kontrol grubu ortalama  $C^*$  değeri  $8.436\pm 0.707$  olarak kaydedilmiştir.  $C^*$  değeri en düşük YHB14 (500 MPa, 9dk.,  $40^{\circ}\text{C}$ ) koşullarında işlem gören hardaliye içeceği için tespit edilmişken, en yüksek değer YHB5 (200 MPa, 15dk.,  $22^{\circ}\text{C}$ ) koşullarında işlem görmüş örnekte belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup  $C^*$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol grubu  $C^*$  değeri ortalaması YHB5 deney noktasında işlem görmüş örneğin  $C^*$  değeri ortalamasından farklı bulunurken ( $p\leq 0.05$ ), diğer tüm deney noktalarında işlem görmüş örnek ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p> 0.05$ ). Ayrıca  $a^*$  değeri veri

analizi incelendiğinde, kontrol grubuna göre farklı olan tek uygulamanın yine YHB5 deney noktası olması sonuçların tutarlı olduğunu desteklemektedir.

Her bir açıklayıcı değişkenin  $C^*$  değeri üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $C^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.18’de verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $C^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	3.554	1.1848	1.27	0.298
Hata	44	41.195	0.9362		
Toplam	47	44.749			
İşlem süresi (dk.)	3	2.802	0.9339	0.98	0.411
Hata	44	41.947	0.9534		
Toplam	47	44.749			
Sıcaklık (°C)	3	4.116	1.3719	1.49	0.232
Hata	44	40.633	0.9235		
Toplam	47	44.749			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin  $C^*$  değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.298, 0.411 ve 0.232 olarak saptanmıştır. Kontrol grubu ile YHB uygulamaları arasında saptanan farksızlık faktörlerin  $C^*$  değeri üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu tekrardan kanıtlar niteliktedir.

#### 4.1.11 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Hue (Renk Tonu, $h^0$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen  $h^0$  değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $h^0$  değerleri  $0.049 \pm 0.011$  ile  $0.203 \pm 0.020$  arasında değişmiştir.

YHB işlemine tabi tutulmayan örneğin  $h^0$  değeri  $0.116 \pm 0.039$  olarak kaydedilmiştir. Hardaliye içeceğine YHB uygulamaları sonucu elde edilen en düşük  $h^0$  değeri YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) deney noktasında tespit edilmişken, en

yüksek  $h^0$  değeri YHB2 (200 MPa, 3 dk., 22 °C) deney noktası için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup  $h^0$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu  $h^0$  değeri ortalaması YHB2 deney noktasında işlem gören örneğin  $h^0$  değeri ortalamasından kayda değer farklı çıkmasına rağmen ( $p \leq 0.05$ ), diğer deney noktalarında işlem gören örneklerin  $h^0$  değeri ortalamalarından kayda değer farklı çıkmamıştır ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.19.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin  $h^0$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni $h^0$
<b>Kontrol</b>	–	–	–	0.116±0.039 <sup>bcd</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	0.071±0.032 <sup>de</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	0.203±0.020 <sup>a</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	0.192±0.032 <sup>ab</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	0.187±0.022 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	0.160±0.029 <sup>abc</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	0.179±0.006 <sup>ab</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	0.068±0.044 <sup>de</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	0.088±0.010 <sup>cde</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	0.119±0.018 <sup>bcde</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	0.103±0.028 <sup>cde</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	0.049±0.011 <sup>e</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	0.092±0.026 <sup>cde</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	0.129±0.010 <sup>abcd</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	0.158±0.010 <sup>abc</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	0.149±0.024 <sup>abc</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin  $h^0$  değeri üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $h^0$  değeri yanıt değişkeni için istatistik bulgular Çizelge 4.20'de verilmiştir.

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin  $h^0$  değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.091, 0.904 ve 0.974 olarak saptanmıştır. Tukey testine göre

kontrol grubu ve YHB uygulamaları arasında saptanan farksızlık değişkenlerin  $h^0$  değeri üzerinde etkilerinin önemsiz olduğunu tekrardan kanıtlar niteliktedir.

**Çizelge 4.20.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $h^0$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.01689	0.005630	2.30	0.091
Hata	44	0.10790	0.002452		
Toplam	47	0.12478			
İşlem süresi (dk.)	3	0.001576	0.000525	0.19	0.904
Hata	44	0.123209	0.002800		
Toplam	47	0.124785			
Sıcaklık (°C)	3	0.000613	0.000204	0.07	0.974
Hata	44	0.124171	0.002822		
Toplam	47	0.124785			

#### 4.1.12 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Renk Farkı ( $\Delta E$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen  $\Delta E$  değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $\Delta E$  değerleri  $0.667 \pm 0.327$  ile  $2.077 \pm 1.190$  arasında değişmiştir.

Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C)  $0.667 \pm 0.327$  ile en düşük  $\Delta E$  değerine sahip olurken, en yüksek değer  $2.077 \pm 1.190$  ile YHB5 (200 MPa, 15 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup  $\Delta E$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Hardaliye içeceği  $\Delta E$  değeri ortalamaları bakımından birbirinden farklı olan deney noktaları belirlendiğinde YHB5 ortalaması YHB1, YHB11 ve YHB13 ortalamalarından mühim düzeyde farklı olarak saptanmıştır ( $p \leq 0.05$ ). YHB5 ve YHB13 uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar kontrol örneği ile gösterdiği  $\Delta E$  değeri açısından birbiri ile benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kontrol grubu ile en fazla renk farkı gösteren YHB5 deney noktasında bile  $\Delta E$ ,  $2.077 \pm 1.190$  değerini alarak renk farkının görünür seviyede olmadığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni $\Delta E$
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	
<b>Kontrol</b>	–	–	–	–
<b>YHB1</b>	350	3	40	0.747±0.114 <sup>bc</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	1.619±0.148 <sup>abc</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	1.597±0.482 <sup>abc</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	1.576±0.401 <sup>abc</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	2.077±1.190 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	1.410±0.171 <sup>abc</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	0.930±0.010 <sup>abc</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	1.331±0.120 <sup>abc</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	0.945±0.308 <sup>abc</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	1.175±0.314 <sup>abc</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	0.723±0.184 <sup>bc</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	1.018±0.221 <sup>abc</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	0.667±0.327 <sup>c</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	1.897±0.234 <sup>ab</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	0.942±0.141 <sup>abc</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $\Delta E$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $\Delta E$  değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.22’de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	2	1.089	0.5446	0.49	0.614
Hata	42	46.393	1.1046		
Toplam	44	47.482			
İşlem süresi (dk.)	2	1.320	0.6602	0.60	0.553
Hata	42	46.162	1.0991		
Toplam	44	47.482			
Sıcaklık (°C)	2	1.417	0.7084	0.65	0.529
Hata	42	46.065	1.0968		
Toplam	44	47.482			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz



bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.614, 0.553 ve 0.529 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar, YHB ile işlemin hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değerinde kayda değer bir değişim meydana getirmediğini tekrardan göstermektedir ( $p>0.05$ ).

#### 4.1.13 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Renk Yoğunluğu (IC) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen renk yoğunluğu (IC) değerleri Çizelge 4.23'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre renk yoğunluğu (IC) değerleri  $4.742\pm 0.006$  ile  $4.869\pm 0.011$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.23.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Renk yoğunluğu (IC, abs)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$4.853\pm 0.005^{ab}$
<b>YHB1</b>	350	3	40	$4.848\pm 0.001^{abc}$
<b>YHB2</b>	200	3	22	$4.794\pm 0.020^d$
<b>YHB3</b>	350	15	40	$4.742\pm 0.006^e$
<b>YHB4</b>	350	9	22	$4.812\pm 0.011^{bcd}$
<b>YHB5</b>	200	15	22	$4.804\pm 0.032^{cd}$
<b>YHB6</b>	350	3	4	$4.797\pm 0.013^d$
<b>YHB7</b>	500	3	22	$4.806\pm 0.001^{cd}$
<b>YHB8</b>	350	15	4	$4.803\pm 0.031^{cd}$
<b>YHB9</b>	500	9	4	$4.813\pm 0.011^{bcd}$
<b>YHB10</b>	350	9	22	$4.821\pm 0.010^{bcd}$
<b>YHB11</b>	500	15	22	$4.800\pm 0.010^d$
<b>YHB12</b>	200	9	40	$4.839\pm 0.006^{abcd}$
<b>YHB13</b>	200	9	4	$4.869\pm 0.011^a$
<b>YHB14</b>	500	9	40	$4.840\pm 0.016^{abcd}$
<b>YHB15</b>	350	9	22	$4.807\pm 0.016^{bcd}$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Kontrol örneği ortalama renk yoğunluğu (IC) değeri  $4.853\pm 0.005$  olarak kaydedilmiştir. Hardaliye içeceği için elde edilen ortalama renk yoğunluğu (IC) değerlerinden en düşük olanı YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C) koşullarında tespit

edilmişken, en yüksek olanı YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C) koşullarında belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup renk yoğunluğu (IC) ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu renk yoğunluğu (IC) ortalaması YHB2, YHB3, YHB5, YHB6, YHB7, YHB8 ve YHB11 deney noktaları renk yoğunluğu (IC) ortalamalarından farklı olarak belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde renk yoğunluğu değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup renk yoğunluğu (IC) yanıt değişkeni için istatistik bulgular Çizelge 4.24'te verilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.008253	0.002751	3.09	0.057
Hata	44	0.039148	0.000890		
Toplam	47	0.047401			
İşlem süresi (dk.)	3	0.01757	0.005858	8.64	0.000
Hata	44	0.02983	0.000678		
Toplam	47	0.04740			
Sıcaklık (°C)	3	0.006306	0.002102	2.25	0.096
Hata	44	0.041095	0.000934		
Toplam	47	0.047401			

YHB ile muamelede hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) üzerine basınç (MPa) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), işlem süresi (dk.) faktörünün etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C) deney noktaları karşılaştırıldığında, basınç (MPa) ve sıcaklık (°C) değişkenleri aynı iken sadece işlem süresinin 3 dk. dan 15 dk. ya uzatılması renk yoğunluğu (IC) değerinde 0.106 birimlik değişime neden olmuştur. Bu değişim de renk yoğunluğu (IC) üzerine işlem süresi (dk.) faktörünün etkisini kanıtlar niteliktedir. Genel olarak, YHB ile muamele renk yoğunluğu (IC) ortalamalarında azalmaya neden olsa da bu azalma sadece bazı deney noktalarında kayda değer çıkmıştır.

#### 4.1.14 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Renk Tonu Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen renk tonu değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre renk tonu değerleri  $0.419\pm 0.004$  ile  $0.432\pm 0.005$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.25.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin renk tonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni Renk tonu (abs)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$0.425\pm 0.001^{ab}$
<b>YHB1</b>	350	3	40	$0.427\pm 0.004^{ab}$
<b>YHB2</b>	200	3	22	$0.426\pm 0.002^{ab}$
<b>YHB3</b>	350	15	40	$0.419\pm 0.006^{ab}$
<b>YHB4</b>	350	9	22	$0.425\pm 0.008^{ab}$
<b>YHB5</b>	200	15	22	$0.428\pm 0.007^{ab}$
<b>YHB6</b>	350	3	4	$0.428\pm 0.003^{ab}$
<b>YHB7</b>	500	3	22	$0.422\pm 0.004^{ab}$
<b>YHB8</b>	350	15	4	$0.424\pm 0.005^{ab}$
<b>YHB9</b>	500	9	4	$0.425\pm 0.004^{ab}$
<b>YHB10</b>	350	9	22	$0.423\pm 0.001^{ab}$
<b>YHB11</b>	500	15	22	$0.419\pm 0.004^b$
<b>YHB12</b>	200	9	40	$0.428\pm 0.003^{ab}$
<b>YHB13</b>	200	9	4	$0.425\pm 0.004^{ab}$
<b>YHB14</b>	500	9	40	$0.425\pm 0.002^{ab}$
<b>YHB15</b>	350	9	22	$0.432\pm 0.005^a$

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Kontrol grubu ortalama renk tonu değeri  $0.425\pm 0.001$  olarak kaydedilmiştir. Hardaliye içeceğine uygulanan YHB deney noktalarından YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C)  $0.419\pm 0.004$  ile en düşük renk tonu değerine sahip olurken,  $0.432\pm 0.005$  ile en yüksek renk tonu değeri YHB15 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) için tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup renk tonu değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ( $p>0.05$ ). Kontrol grubu renk tonu değeri ortalaması hiçbir deney noktası renk tonu değeri ortalamasından kayda değer farklı çıkmamıştır

( $p>0.05$ ). Çalışmada sadece YHB11 deney noktası renk tonu ortalaması YHB15 deney noktası renk tonu ortalamasından farklı olarak belirlenmiştir ( $p\leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde renk tonu üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup renk tonu yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.26'da verilmiştir.

**Çizelge 4.26.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk tonu değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.000097	0.000032	1.35	0.271
Hata	44	0.001059	0.000024		
Toplam	47	0.001156			
İşlem süresi (dk.)	3	0.000131	0.000044	1.87	0.148
Hata	44	0.001025	0.000023		
Toplam	47	0.001156			
Sıcaklık (°C)	3	0.000005	0.000002	0.07	0.976
Hata	44	0.001151	0.000026		
Toplam	47	0.001156			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin renk tonu değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.271, 0.148 ve 0.976 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar da YHB işleminin hardaliye içeceğinin renk tonu değerinde önemli düzeyde değişime neden olmadığını göstermektedir ( $p>0.05$ ).

#### 4.1.15 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Sarı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>420</sub> değerleri Çizelge 4.27'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>420</sub> değerleri 21.359±0.166 ile 21.968±0.198 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.27.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>420</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	%OY <sub>420</sub>
<b>Kontrol</b>	–	–	–	21.440±0.035 <sup>b</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	21.600±0.114 <sup>ab</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	21.614±0.073 <sup>ab</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	21.476±0.265 <sup>ab</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	21.635±0.286 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	21.757±0.307 <sup>ab</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	21.779±0.123 <sup>ab</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	21.582±0.172 <sup>ab</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	21.637±0.168 <sup>ab</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	21.527±0.143 <sup>ab</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	21.484±0.039 <sup>ab</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	21.392±0.134 <sup>b</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	21.607±0.148 <sup>ab</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	21.359±0.166 <sup>b</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	21.533±0.121 <sup>ab</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	21.968±0.198 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Kontrol grubu ortalama %OY<sub>420</sub> değeri 21.440±0.035 olarak kaydedilmiştir. En düşük %OY<sub>420</sub> değeri YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C) koşullarında işlem gören hardaliye içeceğinde bulunmuşken, en yüksek değer ise YHB15 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) koşullarında işlem gören örnekte tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup %OY<sub>420</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu %OY<sub>420</sub> değeri ortalaması YHB15 deney noktası ortalamasından farklı bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm deney noktaları ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Hardaliye içeceğinin %OY<sub>420</sub> değeri bakımından YHB15 deney noktası, kontrol grubu ile birlikte YHB11 ve YHB13 deney noktalarından da farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde sarı renk bileşimi üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup sarı renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.28’de verilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>420</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	3.912	1.3040	1.64	0.193
Hata	44	34.941	0.7941		
Toplam	47	38.853			
İşlem süresi (dk.)	3	2.646	0.8820	1.07	0.371
Hata	44	36.207	0.8229		
Toplam	47	38.853			
Sıcaklık (°C)	3	1.921	0.6404	0.76	0.521
Hata	44	36.932	0.8394		
Toplam	47	38.853			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin sarı renk bileşimi üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.193, 0.371 ve 0.521 olarak saptanmıştır. Genele baktığımızda, hardaliye içeceğinin YHB ile muamelesi ürünün sarı renk bileşiminde artışa neden olurken bu artış istatistiksel olarak önemli düzeye ulaşmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### **4.1.16 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Kırmızı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi**

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>520</sub> değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>520</sub> değerleri 50.214±0.133 ile 51.284±0.200 arasında değişmiştir.

Kontrol grubu %OY<sub>520</sub> ortalama değeri 50.413±0.095 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C) %50.214±0.133 ile en düşük kırmızı renk bileşimine sahip olurken, en yüksek değer %51.284±0.200 ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup %OY<sub>520</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol grubu %OY<sub>520</sub> değeri ortalaması YHB3, YHB7, YHB8 ve YHB11 koşullarında işlem görmüş örneklerin %OY<sub>520</sub> değeri

ortalamalarından farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm koşullardaki ortalamalardan farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.29.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	50.413±0.095 <sup>de</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	50.565±0.157 <sup>cde</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	50.733±0.247 <sup>bcde</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	51.284±0.201 <sup>a</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	50.905±0.364 <sup>abcd</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	50.890±0.119 <sup>abcd</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	50.914±0.113 <sup>abcd</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	51.094±0.072 <sup>ab</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	51.028±0.215 <sup>abc</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	50.611±0.193 <sup>bcde</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	50.839±0.074 <sup>abcd</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	51.095±0.134 <sup>ab</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	50.458±0.059 <sup>de</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	50.214±0.133 <sup>e</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	50.678±0.113 <sup>bcde</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	50.832±0.182 <sup>abcd</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde kırmızı renk bileşimi üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup kırmızı renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.30’da verilmiştir.

**Çizelge 4.30.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	1.362	0.45401	6.21	0.001
Hata	44	3.219	0.07317		
Toplam	47	4.581			
İşlem süresi (dk.)	3	1.832	0.61080	9.78	0.000
Hata	44	2.749	0.06248		
Toplam	47	4.581			
Sıcaklık (°C)	3	0.8792	0.29307	3.48	0.024
Hata	44	3.7022	0.08414		
Toplam	47	4.5814			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin kırmızı renk bileşimi üzerine ayrı ayrı etkileri önemli olarak bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Genele baktığımızda hem YHB açıklayıcı değişkenlerin hepsinin istatistiksel olarak anlam ifade etmesi hem de kontrol grubunun bazı YHB koşullarından kayda değer farklı olarak belirlenmesi, hardaliye içeceğinin kırmızı renk bileşiminde meydana gelen artışı önemli düzeye taşımıştır.

#### 4.1.17 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Mavi Renk Bileşimi Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>620</sub> değerleri Çizelge 4.31'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>620</sub> değerleri 27.199±0.062 ile 28.427±0.062 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.31.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni %OY <sub>620</sub>
<b>Kontrol</b>	–	–	–	28.147±0.078 <sup>ab</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	27.835±0.056 <sup>bcd</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	27.653±0.264 <sup>cdef</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	27.240±0.241 <sup>fg</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	27.460±0.193 <sup>defg</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	27.353±0.226 <sup>efg</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	27.308±0.119 <sup>fg</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	27.325±0.135 <sup>fg</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	27.335±0.056 <sup>fg</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	27.862±0.108 <sup>bcd</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	27.677±0.100 <sup>cdef</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	27.513±0.082 <sup>cdefg</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	27.935±0.160 <sup>bc</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	28.427±0.062 <sup>a</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	27.789±0.191 <sup>bcd</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	27.199±0.062 <sup>g</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç



Kontrol örneği %OY<sub>620</sub> değeri 28.147±0.078 olarak kaydedilmiştir. %OY<sub>620</sub> değeri en düşük YHB15 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) koşullarında işlem gören hardaliye örneği için tespit edilmişken, en yüksek değer YHB13 (200 MPa, 9 dk., 4 °C) koşullarında işlem gören örnekte belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup %OY<sub>620</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir (p≤0.05). %OY<sub>620</sub> değeri ortalaması bakımından kontrol örneği YHB1, YHB9, YHB12, YHB13 ve YHB14 deney noktalarında muamele gören örnekler ile farksız bulunurken (p>0.05), diğer deney noktalarında muamele gören örneklerden farklı bulunmuştur (p≤0.05).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde mavi renk bileşimi üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup mavi renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.32’de verilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	2.130	0.71011	7.49	0.000
Hata	44	4.170	0.09478		
Toplam	47	6.301			
İşlem süresi (dk.)	3	2.172	0.72392	7.71	0.000
Hata	44	4.129	0.09384		
Toplam	47	6.301			
Sıcaklık (°C)	3	1.635	0.5450	5.14	0.004
Hata	44	4.666	0.1060		
Toplam	47	6.301			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin mavi renk bileşimi üzerine ayrı ayrı etkileri önemli olarak bulunmuştur (p≤0.05). Genele baktığımızda, YHB ile muamele hardaliye örneğinin mavi renk bileşiminde azalışa neden olmuş ve bu azalış çoğu deney noktasında istatikselsel olarak anlam ifade etmiştir (p≤0.05).

#### 4.1.18 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TFM içerikleri Çizelge 4.33'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TFM içerikleri 2222.180±36.639 mg/L ile 2382.237±17.139 mg/L arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.33.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni TFM (mg/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	2310.022±22.910 <sup>abc</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	2222.180±36.639 <sup>c</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	2312.555±25.872 <sup>abc</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	2278.348±14.390 <sup>bc</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	2340.006±32.507 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	2236.116±12.305 <sup>c</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	2332.827±28.640 <sup>ab</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	2348.030±30.486 <sup>ab</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	2351.831±33.208 <sup>ab</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	2382.237±17.139 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	2277.926±47.647 <sup>bc</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	2346.763±45.345 <sup>ab</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	2347.608±27.651 <sup>ab</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	2302.842±37.463 <sup>abc</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	2236.116±12.042 <sup>c</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	2290.384±18.813 <sup>abc</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Kontrol grubu ortalama TFM içeriği 2310.022±22.910 mg/L olarak kaydedilmiştir. TFM içeriği için elde edilen sonuçlardan en düşük olanı 2222.180±36.639 mg/L ile YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) deney noktasında belirlenmişken, en yüksek olanı 2382.237±17.139 mg/L ile YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) deney noktasında tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup TFM içeriği ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu ortalama TFM içeriği hiçbir deney noktası ortalamasından önemli düzeyde farklılık göstermezken ( $p > 0.05$ ), farklılık YHB uygulamaları arasında

mevcut bulunmuştur. Örneğin, YHB9 deney noktası ortalama TFM içeriği YHB1, YHB3, YHB5, YHB10 ve YHB14 deney noktaları ortalama TFM içeriklerinden farklı olarak tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TFM içeriği üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TFM içeriği yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.34'te verilmiştir.

**Çizelge 4.34.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye ieeğinin toplam fenolik madde içeriğinin ilişkili varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	7197	2399	0.85	0.473
Hata	43	121089	2816		
Toplam	46	128286			
İşlem süresi (dk.)	3	803	267.8	0.09	0.965
Hata	43	127483	2964.7		
Toplam	46	128286			
Sıcaklık (°C)	3	30607	10202	4.49	0.008
Hata	43	97680	2272		
Toplam	46	128286			

YHB ile işlemde hardaliye ieeğinin TFM içeriği üzerine basınç (MPa) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin etkisi önemsiz bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Sıcaklık değişkeninin etkisi YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktaları incelendiğinde daha net anlaşılmaktadır. Bu koşullarda yalnız sıcaklıkta gerçekleşen artış TFM içeriğinde 146.121 mg/L değişim meydana getirmiştir. Genele baktığımızda ise YHB ile muamele hardaliye ieeğinin TFM içeriğinde önemli değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.1.19 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TAA değerleri Çizelge 4.35'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TAA değerleri  $68.912 \pm 1.023$  ile  $71.094 \pm 0.868$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.35.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	TAA (%)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	70.201±0.913 <sup>a</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	71.094±0.868 <sup>a</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	69.802±0.915 <sup>a</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	70.026±1.339 <sup>a</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	71.058±1.362 <sup>a</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	70.746±0.998 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	70.291±0.854 <sup>a</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	70.792±0.940 <sup>a</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	68.953±0.259 <sup>a</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	69.505±0.769 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	69.573±0.848 <sup>a</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	69.813±0.706 <sup>a</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	69.605±0.867 <sup>a</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	69.973±0.892 <sup>a</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	68.912±1.023 <sup>a</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	69.074±0.889 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Kontrol grubu ortalama TAA değeri %70.201±0.913 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) %68.912±1.023 ile en düşük TAA değerine sahip olurken, en yüksek değer %71.094±0.868 ile YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama TAA değerleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ( $p > 0.05$ ). Kontrol örneği TAA ortalaması tüm deney noktalarında işlem gören örneklerin TAA ortalamalarından farksız olarak tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Ayrıca tüm YHB koşulları da birbiri ile benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TAA değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TAA değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.36'da verilmiştir.

**Çizelge 4.36.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	0.7899	0.2633	0.24	0.871
Hata	44	49.2943	1.1203		
Toplam	47	50.0841			
İşlem süresi (dk.)	3	5.422	1.807	1.78	0.165
Hata	44	44.662	1.015		
Toplam	47	50.084			
Sıcaklık (°C)	3	1.695	0.5652	0.51	0.675
Hata	44	48.389	1.0997		
Toplam	47	50.084			

YHB ile muamelede basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin TAA değeri üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.871, 0.165 ve 0.675 olarak saptanmıştır. Genel olarak bakıldığında, YHB ile muamele hardaliye içeceğinin TAA değerinde herhangi bir değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### **4.1.20 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi**

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TMA içerikleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMA içerikleri  $123.247\pm 1.116$  mg/L ile  $150.707\pm 7.339$  mg/L arasında değişmiştir.

YHB ile muamele edilmeyen örneğin ortalama TMA içeriği  $126.912\pm 9.301$  mg/L olarak kaydedilmiştir. Farklı YHB koşulları için elde edilen TMA içeriklerinden en düşük olanı YHB8 (350 MPa, 15 dk., 4 °C) için tespit edilmişken, en yüksek olanı YHB15 (350 MPa, 9 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama TMA içerikleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol örneği ortalama TMA içeriği, YHB15 hariç bütün deney noktalarında YHB işlemi gören örneklerin ortalamalarından farksızlık

göstermiştir ( $p>0.05$ ). YHB8 ve YHB15 deney noktalarında işlem gören örneklerin ortalama TMA içerikleri birbirinden mühim düzeyde farklı bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Deney noktalarından YHB8 hariç diğer tüm YHB koşulları örneğin TMA içeriğinde artışa neden olmuş ancak bu artış sadece YHB15 uygulamasında istatistiksel olarak kayda değer bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.37.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin toplam monomerik antosiyanin içeriğii üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	TMA (mg/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	126.912±9.301 <sup>b</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	137.209±8.559 <sup>ab</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	133.034±2.923 <sup>ab</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	136.421±6.060 <sup>ab</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	140.039±4.428 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	140.410±2.101 <sup>ab</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	135.122±2.299 <sup>ab</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	131.225±9.336 <sup>ab</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	123.247±1.116 <sup>b</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	130.530±4.260 <sup>ab</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	137.627±8.935 <sup>ab</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	139.250±7.982 <sup>ab</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	133.174±3.567 <sup>ab</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	128.581±15.185 <sup>ab</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	130.669±10.847 <sup>ab</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	150.707±7.339 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

Her bir açıklayıcı değişkenin TMA içeriğii üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TMA yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.38’de verilmiştir.

YHB ile muamele hardaliye ieeğinin TMA içeriğii üzerine basınç (MPa) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin etkisi önemsiz olarak bulunmuşken ( $p>0.05$ ), sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemli olarak belirlenmiştir ( $p\leq 0.05$ ). Genele baktığımızda, YHB ile muamele hardaliye ieeğinin TMA içeriğinde artışla sonuçlansa da bu artış istatistiksel olarak önemli düzeyde olmamıştır ( $p>0.05$ ).

**Çizelge 4.38.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	360.4	120.14	1.58	0.208
Hata	44	3346.3	76.05		
Toplam	47	3706.8			
İşlem süresi (dk.)	3	216.1	72.03	0.91	0.445
Hata	44	3490.7	79.33		
Toplam	47	3706.8			
Sıcaklık (°C)	3	894.3	298.09	4.66	0.006
Hata	44	2812.5	63.92		
Toplam	47	3706.8			

#### 4.1.21 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının İndirgen Şeker İçeriği Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen indirgen şeker içerikleri Çizelge 4.39'da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre indirgen şeker içerikleri  $208.321 \pm 1.518$  g/L ile  $253.198 \pm 5.356$  g/L arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama indirgen şeker içeriği  $220.307 \pm 2.072$  g/L olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından YHB8 (350 MPa, 15 dk., 4 °C)  $208.321 \pm 1.518$  g/L ile en düşük indirgen şeker içeriğine sahip olurken, en yüksek değer  $253.198 \pm 5.356$  g/L ile YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol grubu dahil 16 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama indirgen şeker içerikleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği sadece YHB9 deney noktasında muamele edilen örneğin ortalama indirgen şeker içeriğinden farklı bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Hardaliye içeceğinin YHB9 koşullarında muamelesi indirgen şeker içeriğinde önemli düzeyde artışa neden olmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.39.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	İndirgen şeker (g/L)
<b>Deneme noktaları</b>				
<b>Kontrol</b>	–	–	–	220.307±2.072 <sup>bcde</sup>
<b>YHB1</b>	350	3	40	211.388±7.287 <sup>de</sup>
<b>YHB2</b>	200	3	22	242.495±12.544 <sup>abc</sup>
<b>YHB3</b>	350	15	40	227.661±8.577 <sup>abcde</sup>
<b>YHB4</b>	350	9	22	245.405±17.558 <sup>ab</sup>
<b>YHB5</b>	200	15	22	226.785±5.773 <sup>bcde</sup>
<b>YHB6</b>	350	3	4	218.993±3.946 <sup>cde</sup>
<b>YHB7</b>	500	3	22	219.556±3.461 <sup>bcde</sup>
<b>YHB8</b>	350	15	4	208.321±1.518 <sup>e</sup>
<b>YHB9</b>	500	9	4	253.198±5.356 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	350	9	22	220.432±8.724 <sup>bcde</sup>
<b>YHB11</b>	500	15	22	238.739±11.606 <sup>abc</sup>
<b>YHB12</b>	200	9	40	237.300±5.995 <sup>abcd</sup>
<b>YHB13</b>	200	9	4	232.136±3.061 <sup>abcde</sup>
<b>YHB14</b>	500	9	40	238.207±13.996 <sup>abc</sup>
<b>YHB15</b>	350	9	22	228.444±8.168 <sup>abcde</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin indirgen şeker içeriği üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup indirgen şeker yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.40’da verilmiştir.

**Çizelge 4.40.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	3	2229	743.0	4.47	0.008
Hata	44	7315	166.2		
Toplam	47	9544			
İşlem süresi (dk.)	3	1960	653.3	3.79	0.017
Hata	44	7584	172.4		
Toplam	47	9544			
Sıcaklık (°C)	3	383.7	127.9	0.61	0.609
Hata	44	9159.9	208.2		
Toplam	47	9543.6			

YHB ile muamelede hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine basınç (MPa) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin etkisi önemli olarak bulunmuşken



( $p \leq 0.05$ ), sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değişkeninin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Genele baktığımızda YHB uygulaması hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriğinde artış meydana getirmiş fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.1.22 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İnaktivasyonu Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen TMAB sayımlarındaki azalmalar Çizelge 4.41’de log kob/mL olarak verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMAB sayımında azalma değerleri  $0.46 \pm 0.042$  log kob/mL ile  $5.10 \pm 0.000$  log kob/mL arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.41.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni	
	Deneme noktaları	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$ )	Azalan TMAB (log kob/mL)
Kontrol	–	–	–	–	–
YHB1	350	3	40	3.06 $\pm$ 0.035 <sup>d</sup>	
YHB2	200	3	22	0.46 $\pm$ 0.042 <sup>k</sup>	
YHB3	350	15	40	5.10 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>	
YHB4	350	9	22	2.56 $\pm$ 0.051 <sup>ef</sup>	
YHB5	200	15	22	1.10 $\pm$ 0.025 <sup>j</sup>	
YHB6	350	3	4	2.36 $\pm$ 0.036 <sup>g</sup>	
YHB7	500	3	22	4.10 $\pm$ 0.000 <sup>b</sup>	
YHB8	350	15	4	3.62 $\pm$ 0.025 <sup>c</sup>	
YHB9	500	9	4	5.10 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>	
YHB10	350	9	22	2.56 $\pm$ 0.032 <sup>e</sup>	
YHB11	500	15	22	4.10 $\pm$ 0.000 <sup>b</sup>	
YHB12	200	9	40	1.76 $\pm$ 0.051 <sup>h</sup>	
YHB13	200	9	4	1.56 $\pm$ 0.051 <sup>i</sup>	
YHB14	500	9	40	5.10 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>	
YHB15	350	9	22	2.46 $\pm$ 0.032 <sup>f</sup>	

Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

YHB ile muamele edilmeyen hardaliye içeceğinin başlangıç TMAB popülasyonu  $5.10 \pm 0.015$  log kob/mL olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan

deney noktalarından YHB2 (200 MPa, 3 dk., 22 °C)  $0.46 \pm 0.042$  ile en az logaritmik birimlik azalma değerine sahip olmuştur. TMAB sayımında en fazla logaritmik birimlik azalma ise  $5.10 \pm 0.000$  ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktalarında tespit edilmiştir. Hardaliye içeceğinde YHB3, YHB9 ve YHB14 deney noktalarında TMAB popülasyonunun tamamı elimine edildiğinden en iyi uygulamalar olarak belirlenmiştir. TMAB yükünde bu üç deney noktasını  $4.10 \pm 0.000$  log kob/mL azalma ile YHB7 (500 MPa, 3 dk., 22 °C) ve YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) izlemiştir.

Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup TMAB popülasyonu azalma ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Sonuçlar incelendiğinde YHB3, YHB9 ve YHB14 koşullarında işlem gören örneğin TMAB popülasyonundaki azalmalar birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). TMAB popülasyonundaki azalmalar bakımından YHB7 ve YHB11 deney noktaları da birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kontrol grubuna göre yapılan karşılaştırmada en az azalmanın görüldüğü YHB2 koşullarında bile TMAB popülasyonunda önemli düzeyde azalma sağlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TMAB popülasyonunun azalması üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup azalan TMAB yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.42’de verilmiştir.

**Çizelge 4.42.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	2	69.04	34.5202	61.87	0.000
Hata	42	23.43	0.5579		
Toplam	44	92.47			
İşlem süresi (dk.)	2	5.809	2.904	1.41	0.256
Hata	42	86.664	2.063		
Toplam	44	92.472			
Sıcaklık (°C)	2	12.88	6.439	3.40	0.043
Hata	42	79.59	1.895		
Toplam	44	92.47			

YHB ile muamelede hardaliye ieeğinin TMAB yükünün azalması üzerine basınç (MPa) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemli olarak bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) faktörünün etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). YHB12 (200 MPa, 9 dk., 40 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktaları incelendiğinde sadece basınç düzeyinde gerçekleştirilen artış TMAB yükünde meydana gelen azalma değerini 3.34 logaritmik birim değiştirmiştir. YHB işleminde basınç düzeyi arttıkça TMAB inaktivasyonu da önemli ölçüde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Deneme deseninde 500 MPa basınç düzeyinde gerçekleştirilen bütün deney noktalarında TMAB azalma ortalamaları  $4.10 \pm 0.000$  log kob/mL değerinin altına düşmemiştir. Sıcaklık düzeylerine bakıldığında TMAB yükünde en fazla azalma 40 °C YHB uygulamalarında gerçekleşirken, en az azalma 22 °C YHB uygulamalarında gerçekleşmiştir. Genele baktığımızda, en düşük işlem seviyelerinde YHB uygulamaları bile hardaliye ieeğinin TMAB popülasyonunda anlamlı düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### **4.1.23 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Toplam Maya ve Küf İnaktivasyonu Üzerine Etkisi**

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TMK sayımlarındaki azalmalar Çizelge 4.43'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMK sayımında azalma değerleri  $0.57 \pm 0.060$  log kob/mL ile  $4.21 \pm 0.000$  log kob/mL arasında değişmiştir.

YHB ile muamele edilmeyen hardaliye ieeğinin başlangıç TMK popülasyonu  $4.21 \pm 0.036$  log kob/mL olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından YHB2 (200 MPa, 3 dk., 22 °C)  $0.57 \pm 0.060$  ile en az logaritmik birimlik azalma değerine sahip olmuştur. TMK sayımında en fazla logaritmik birimlik azalma ise  $4.21 \pm 0.000$  ile YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB7 (500 MPa, 3 dk., 22 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C), YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktalarında tespit edilmiştir. Hardaliye ieeğinde YHB3, YHB7, YHB9, YHB11 ve YHB14 deney noktalarında TMK popülasyonunun tamamı yok edildiğinden en iyi uygulamalar olarak belirlenmiştir. TMK yükünde bu

deney noktalarını  $3.21 \pm 0.000$  log kob/mL azalma ile YHB1 (350 MPa, 3 dk., 40 °C) ve YHB8 (350 MPa, 15 dk., 4 °C) izlemiştir.

Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup TMK popülasyonu azalma ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). YHB3, YHB7, YHB9, YHB11 ve YHB14 koşullarında işlem görmüş örneklerin ortalama TMK sayımındaki azalmalar birbirinden farksız olarak bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). TMK sayımındaki azalmalar bakımından YHB1 ve YHB8 deney noktaları da birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kontrol grubuna göre yapılan kıyaslamada ise TMK popülasyonunda en az azalmanın görüldüğü YHB2 koşullarında bile önemli düzeyde azalma sağlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.43.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Basınç (P, MPa)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni Azalan TMK (log kob/mL)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	–
<b>YHB1</b>	350	3	40	$3.21 \pm 0.000^b$
<b>YHB2</b>	200	3	22	$0.57 \pm 0.060^h$
<b>YHB3</b>	350	15	40	$4.21 \pm 0.000^a$
<b>YHB4</b>	350	9	22	$2.73 \pm 0.025^c$
<b>YHB5</b>	200	15	22	$1.17 \pm 0.051^g$
<b>YHB6</b>	350	3	4	$2.51 \pm 0.050^e$
<b>YHB7</b>	500	3	22	$4.21 \pm 0.000^a$
<b>YHB8</b>	350	15	4	$3.21 \pm 0.000^b$
<b>YHB9</b>	500	9	4	$4.21 \pm 0.000^a$
<b>YHB10</b>	350	9	22	$2.73 \pm 0.025^c$
<b>YHB11</b>	500	15	22	$4.21 \pm 0.000^a$
<b>YHB12</b>	200	9	40	$1.77 \pm 0.035^f$
<b>YHB13</b>	200	9	4	$1.69 \pm 0.025^f$
<b>YHB14</b>	500	9	40	$4.21 \pm 0.000^a$
<b>YHB15</b>	350	9	22	$2.61 \pm 0.040^d$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TMK popülasyonunun azalması üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup azalan TMK yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.44'te verilmiştir.

**Çizelge 4.44.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam maya ve küf inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Basınç (MPa)	2	51.693	25.8466	120.09	0.000
Hata	42	9.040	0.2152		
Toplam	44	60.773			
İşlem süresi (dk.)	2	2.020	1.010	0.72	0.491
Hata	42	58.713	1.398		
Toplam	44	60.733			
Sıcaklık (°C)	2	4.258	2.129	1.58	0.217
Hata	42	56.475	1.345		
Toplam	44	60.733			

YHB ile muamelede hardaliye içeceğinin TMK yükünün azalması üzerine basınç (MPa) faktörü önemli olarak bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). YHB ile muamelede basınç düzeyi arttıkça TMK popülasyonunda azalma da önemli düzeyde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). İşlem süresi arttıkça ortalama TMK yükünde azalma da artmış fakat bu artış istatistiksel olarak anlam ifade etmemiştir ( $p > 0.05$ ). Sıcaklık düzeylerine bakıldığında; 40 °C YHB uygulamalarında en fazla logaritmik birimlik azalma gözlenirken, 22 °C’de en az azalma gözlenmiştir. 22 °C YHB uygulamalarında dahi hardaliye içeceğinin başlangıç TMK popülasyonu önemli düzeyde yok edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Genele baktığımızda, bütün YHB uygulamaları hardaliye içeceğinin TMK popülasyonunda anlamlı düzeyde azalma sağlamıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### **4.1.24 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarının Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi**

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.45’te verilmiştir. YHB ile muamele edilmeyen kontrol örneği de dahil tüm örneklerin görsellik, koku ve tad ile ilgili organoleptik özellikleri panelistler tarafından analiz edilmiştir.

Bulanıklık-berraklık, matlık-parlaklık, renk yoğunluğu, parçacık-partikül durumu olarak belirlenen görsel değişkenler bakımından kontrol örneği ve YHB

işlemi görmüş örnekler arasında anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Kontrol örneği koku-aroma yönünden YHB işleme gören örneklerden farklı çıkmamıştır ( $p>0.05$ ). Yine kontrol örneği ile YHB işleminden geçen örnekler tipik hardaliye tadı, acı tad varlığı, ekşi tad varlığı, tatlılık ve ağızda bıraktığı his gibi belirlenen 5 tad parametresi bakımından karşılaştırılmış olup önemli düzeyde farklı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Genel olarak YHB ile muamele hardaliye içeceğinin duyuşsal özellikleri üzerinde önemli değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ).



**Çizelge 4.45.** Yüksek hidrostatik basınç koşullarının hardaliye ieeğinin duysal özellikleri üzerine etkisi

Deneme noktaları	Bulanıklık Berraklık	Matlık Parlaklık	Renk yoğunluğu	Paracak Partikül	Koku-aroma	Yoğunluk	Hardaliye tadı	Acı tad varlığı	Ekşi tad varlığı	Tatlılık	Ağızda bıraktığı his
<b>Kontrol</b>	6.27±1.456 <sup>a</sup>	5.18±1.860 <sup>a</sup>	7.81±0.883 <sup>a</sup>	5.91±2.200 <sup>a</sup>	8.30±0.257 <sup>a</sup>	8.12±1.017 <sup>a</sup>	7.23±1.011 <sup>a</sup>	6.33±1.256 <sup>a</sup>	7.28±0.406 <sup>a</sup>	7.90±0.527 <sup>a</sup>	7.44±0.344 <sup>a</sup>
<b>YHB1</b>	7.79±2.233 <sup>a</sup>	7.14±2.880 <sup>a</sup>	8.29±1.704 <sup>a</sup>	8.29±1.890 <sup>a</sup>	8.36±1.282 <sup>a</sup>	7.93±1.239 <sup>a</sup>	8.43±0.976 <sup>a</sup>	7.86±1.215 <sup>a</sup>	7.43±2.440 <sup>a</sup>	8.14±1.144 <sup>a</sup>	8.43±0.976 <sup>a</sup>
<b>YHB2</b>	7.67±2.544 <sup>a</sup>	6.88±2.993 <sup>a</sup>	8.42±2.618 <sup>a</sup>	8.33±2.544 <sup>a</sup>	8.83±1.482 <sup>a</sup>	8.46±1.389 <sup>a</sup>	8.08±2.234 <sup>a</sup>	7.08±2.984 <sup>a</sup>	6.83±1.572 <sup>a</sup>	7.04±2.784 <sup>a</sup>	8.63±1.432 <sup>a</sup>
<b>YHB3</b>	8.07±2.388 <sup>a</sup>	7.14±2.940 <sup>a</sup>	8.43±1.456 <sup>a</sup>	8.07±1.742 <sup>a</sup>	8.14±1.345 <sup>a</sup>	7.79±1.350 <sup>a</sup>	7.50±3.180 <sup>a</sup>	7.57±1.766 <sup>a</sup>	7.71±1.933 <sup>a</sup>	8.43±0.886 <sup>a</sup>	7.93±1.718 <sup>a</sup>
<b>YHB4</b>	7.75±2.709 <sup>a</sup>	7.04±2.726 <sup>a</sup>	8.42±1.893 <sup>a</sup>	7.88±2.460 <sup>a</sup>	8.50±1.822 <sup>a</sup>	7.88±1.967 <sup>a</sup>	8.25±2.509 <sup>a</sup>	7.13±3.630 <sup>a</sup>	7.42±2.704 <sup>a</sup>	8.13±2.046 <sup>a</sup>	7.88±2.612 <sup>a</sup>
<b>YHB5</b>	7.21±3.129 <sup>a</sup>	7.17±3.179 <sup>a</sup>	8.13±1.967 <sup>a</sup>	7.75±2.888 <sup>a</sup>	8.67±1.542 <sup>a</sup>	8.21±2.137 <sup>a</sup>	8.25±2.281 <sup>a</sup>	7.83±2.934 <sup>a</sup>	7.75±1.645 <sup>a</sup>	7.63±2.366 <sup>a</sup>	7.88±2.487 <sup>a</sup>
<b>YHB6</b>	6.00±2.315 <sup>a</sup>	6.81±1.624 <sup>a</sup>	6.56±1.935 <sup>a</sup>	6.81±2.344 <sup>a</sup>	7.63±1.788 <sup>a</sup>	7.44±1.821 <sup>a</sup>	7.19±1.945 <sup>a</sup>	6.50±3.040 <sup>a</sup>	7.06±1.954 <sup>a</sup>	7.75±1.890 <sup>a</sup>	7.31±2.267 <sup>a</sup>
<b>YHB7</b>	8.42±1.690 <sup>a</sup>	7.63±2.781 <sup>a</sup>	8.50±1.523 <sup>a</sup>	8.46±1.270 <sup>a</sup>	8.25±2.251 <sup>a</sup>	8.13±2.035 <sup>a</sup>	6.92±3.161 <sup>a</sup>	6.42±3.500 <sup>a</sup>	6.42±2.401 <sup>a</sup>	7.71±2.359 <sup>a</sup>	6.92±2.795 <sup>a</sup>
<b>YHB8</b>	6.81±1.033 <sup>a</sup>	6.44±1.425 <sup>a</sup>	7.56±1.782 <sup>a</sup>	6.81±2.764 <sup>a</sup>	7.50±2.018 <sup>a</sup>	6.69±2.170 <sup>a</sup>	6.56±2.008 <sup>a</sup>	6.38±2.910 <sup>a</sup>	7.31±0.988 <sup>a</sup>	7.88±1.747 <sup>a</sup>	5.81±2.219 <sup>a</sup>
<b>YHB9</b>	5.69±1.850 <sup>a</sup>	5.94±1.678 <sup>a</sup>	6.19±2.520 <sup>a</sup>	6.25±2.104 <sup>a</sup>	7.00±2.840 <sup>a</sup>	7.44±1.972 <sup>a</sup>	7.44±2.337 <sup>a</sup>	6.19±2.764 <sup>a</sup>	6.56±2.243 <sup>a</sup>	7.13±2.489 <sup>a</sup>	6.69±2.203 <sup>a</sup>
<b>YHB10</b>	7.67±2.972 <sup>a</sup>	7.04±3.100 <sup>a</sup>	8.67±2.219 <sup>a</sup>	7.96±2.536 <sup>a</sup>	8.67±1.656 <sup>a</sup>	8.13±1.721 <sup>a</sup>	8.17±2.103 <sup>a</sup>	8.13±2.068 <sup>a</sup>	7.25±1.948 <sup>a</sup>	7.46±2.518 <sup>a</sup>	7.38±2.916 <sup>a</sup>
<b>YHB11</b>	7.33±2.815 <sup>a</sup>	7.79±2.580 <sup>a</sup>	8.33±2.004 <sup>a</sup>	7.54±3.003 <sup>a</sup>	8.58±1.428 <sup>a</sup>	8.38±1.208 <sup>a</sup>	7.50±2.486 <sup>a</sup>	7.50±2.796 <sup>a</sup>	7.75±1.406 <sup>a</sup>	6.88±2.764 <sup>a</sup>	7.83±2.038 <sup>a</sup>
<b>YHB12</b>	7.64±2.212 <sup>a</sup>	7.21±2.940 <sup>a</sup>	8.50±1.118 <sup>a</sup>	8.21±1.822 <sup>a</sup>	8.14±1.345 <sup>a</sup>	7.79±1.577 <sup>a</sup>	8.00±1.472 <sup>a</sup>	8.00±1.354 <sup>a</sup>	8.14±1.345 <sup>a</sup>	8.43±1.058 <sup>a</sup>	7.86±1.909 <sup>a</sup>
<b>YHB13</b>	5.38±2.083 <sup>a</sup>	5.19±1.981 <sup>a</sup>	6.75±2.950 <sup>a</sup>	7.00±2.000 <sup>a</sup>	7.25±2.070 <sup>a</sup>	8.31±1.132 <sup>a</sup>	6.94±2.821 <sup>a</sup>	6.50±2.890 <sup>a</sup>	6.94±2.060 <sup>a</sup>	7.44±1.613 <sup>a</sup>	7.31±1.731 <sup>a</sup>
<b>YHB14</b>	7.50±2.566 <sup>a</sup>	6.93±2.780 <sup>a</sup>	8.36±1.249 <sup>a</sup>	8.36±1.887 <sup>a</sup>	8.14±1.345 <sup>a</sup>	8.00±1.354 <sup>a</sup>	7.64±1.547 <sup>a</sup>	8.00±1.155 <sup>a</sup>	7.14±2.478 <sup>a</sup>	8.29±1.113 <sup>a</sup>	8.29±1.439 <sup>a</sup>
<b>YHB15</b>	7.54±2.950 <sup>a</sup>	7.83±2.716 <sup>a</sup>	8.71±1.270 <sup>a</sup>	8.25±2.518 <sup>a</sup>	8.58±1.844 <sup>a</sup>	7.79±2.241 <sup>a</sup>	8.00±2.541 <sup>a</sup>	7.25±3.293 <sup>a</sup>	7.50±1.919 <sup>a</sup>	7.46±2.444 <sup>a</sup>	7.21±2.888 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). YHB: Yüksek hidrostatik basınç*

#### 4.1.25 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamalarında Yanıt Değişkenleri Arasındaki Korelasyon

YHB ile işlenen hardaliye içeceğinde ölçülen yanıt değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki, Minitab 17 istatistik programı ile korelasyon matrisi oluşturularak belirlenmiştir. YHB ile muamele edilen hardaliye içeceğine ait renk yoğunluğu (IC), renk tonu, %OY<sub>420</sub>, %OY<sub>520</sub> ve %OY<sub>620</sub> değerleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri Çizelge 4.46'da verilmiştir.

**Çizelge 4.46.** Yüksek hidrostatik basınç ile işlenen hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC), renk tonu, sarı renk bileşimi, kırmızı renk bileşimi ve mavi renk bileşimi değerlerine ilişkin korelasyon matrisi

	Renk yoğunluğu (IC, abs)	Renk tonu (abs)	%OY <sub>420</sub>	%OY <sub>520</sub>
Renk tonu (abs)	0.389 0.006			
%OY <sub>420</sub>	-0.049 0.739	<b>0.852</b> 0.000		
%OY <sub>520</sub>	<b>-0.820</b> 0.000	-0.567 0.000	-0.052 0.726	
%OY <sub>620</sub>	<b>0.728</b> 0.000	-0.001 0.996	-0.524 0.000	<b>-0.823</b> 0.000

YHB verilerinin analizi sonucunda hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> ile renk yoğunluğu (IC) değeri arasında ( $r=-0.820$ ,  $p\leq 0.05$ ), %OY<sub>620</sub> ile %OY<sub>520</sub> değeri arasında ( $r=-0.823$ ,  $p\leq 0.05$ ) negatif yönlü, kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon; %OY<sub>620</sub> ile renk yoğunluğu (IC) değeri arasında ( $r=0.728$ ,  $p\leq 0.05$ ), %OY<sub>420</sub> ile renk tonu değeri arasında ( $r=0.852$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır.

Bunların dışında YHB uygulanan hardaliye içeceğinin bulanıklık düzeyi (NTU) ve toplam asitliği arasında ( $r=0.440$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, nisbeten zayıf ve 0.002 önem seviyesinde korelasyon;  $C^*$  ile  $a^*$  değeri arasında ( $r=0.998$ ,  $p\leq 0.05$ ) ve  $h^0$  ile  $b^*$  değeri arasında ( $r=0.954$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, çok kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Ayrıca azalan TMK değerleri ile azalan TMAB



değerleri arasında da ( $r=0.971$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, çok kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır.

## 4.2 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Bulguları

### 4.2.1 Ultrasonikasyon ile İşlenen Ürünlerin Çıkış Sıcaklıklarının Uygunluğu

US ile işlem görmüş ürünlerin çıkış sıcaklıkları kaydedilerek Çizelge 4.47’de gösterildiği şekilde bulunmuştur.

**Çizelge 4.47.** Ultrasonikasyon ile işlenen hardaliye içeceğinin çıkış sıcaklıkları

Deney noktaları	Enerji (E, W)	Genlik (G, %)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Çıkış sıcaklığı	Çıkış sıcaklığı
					(T, °C) 1000 mL	(T, °C) 100 mL
US1	1007.24	70	25	22	29.5	58.5
US2	761.59	50	45	22	29.0	52.0
US3	1233.90	90	25	40	43.4	63.0
US4	970.57	70	25	22	30.0	58.0
US5	1145.00	90	45	22	35.4	65.0
US6	987.54	70	45	40	43.4	64.0
US7	1030.55	70	5	40	40.1	47.0
US8	773.91	50	25	40	39.5	49.0
US9	1197.21	90	25	4	18.0	55.5
US10	760.59	50	5	22	23.8	30.0
US11	1253.89	90	5	22	25.0	39.5
US12	1012.55	70	5	4	9.0	21.0
US13	1003.90	70	25	22	42.0	60.5
US14	992.58	70	45	4	43.0	60.0
US15	753.93	50	25	4	26.2	36.5

US ile işlemde ürünün işlem sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki farkın fazla olmadığı gözlenmiştir. Buna karşın ürünün çıkış sıcaklığı örnek miktarına bağlı olarak değişmiştir. Örnek miktarı 1000 mL’den 100 mL’ye düşürüldüğünde çıkış sıcaklıkları artmıştır. Örnek miktarı 1000 mL olduğunda bütün deney noktalarında çıkış sıcaklıkları 50° C’nin altında kaydedilmiştir. Yapılan US işlemlerinde örnek miktarına

bağlı olarak çıkış sıcaklıkları sürekli kontrol altında tutulmuş olup ısıl olmayan yöntemlerde istenilen düşük işleme sıcaklığı (<50) sağlanmıştır.

#### 4.2.2 Ultrasonikasyon Uygulamalarında Enerji Bulguları

Her bir deney noktası için hesaplanan enerji (W), ortalama enerji (W) ve enerji yoğunluğu (kJ/cm<sup>3</sup>) değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir.

**Çizelge 4.48.** Ultrasonikasyon uygulamaları için hesaplanan enerji, ortalama enerji ve enerji yoğunluğu değerleri

<b>Deney noktaları</b>	<b>Genlik (G, %)</b>	<b>Enerji (E, W)</b>	<b>Ortalama enerji (E, W)</b>	<b>Enerji yoğunluğu (EY, kJ/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>US1</b>	70	1007.24	1000.70	15.11
<b>US2</b>	50	761.59	762.51	20.56
<b>US3</b>	90	1233.90	1207.50	18.51
<b>US4</b>	70	970.57	1000.70	14.56
<b>US5</b>	90	1145.00	1207.50	30.92
<b>US6</b>	70	987.54	1000.70	26.66
<b>US7</b>	70	1030.55	1000.70	3.09
<b>US8</b>	50	773.91	762.51	11.61
<b>US9</b>	90	1197.21	1207.50	17.96
<b>US10</b>	50	760.59	762.51	2.28
<b>US11</b>	90	1253.89	1207.50	3.76
<b>US12</b>	70	1012.55	1000.70	3.04
<b>US13</b>	70	1003.90	1000.70	15.06
<b>US14</b>	70	992.58	1000.70	26.80
<b>US15</b>	50	753.93	762.51	11.31

Çalışmamızda yanıt değişkenleri üzerine proses süresinin etkisini ayrı görmek istediğimizden enerji yoğunluğu (kJ/cm<sup>3</sup>) değeri yerine enerji (W) değeri açıklayıcı değişken olarak seçilmiştir. Her bir deney noktasında 5 dk. da bir ölçülen enerji (W) değerleri ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Sabit örnek miktarı için (100 cm<sup>3</sup>) hesaplanan enerji (W) değerleri sadece genliğe bağlı değiştiğinden her bir genlik değeri için ortalama enerji değeri yeniden hesaplanmıştır. Böylece enerji (W) açıklayıcı değişkeni için 3 alt seviye oluşturulmuştur.

### 4.2.3 Ultrasonikasyon Uygulamalarının pH Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), süre (dk.), sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen pH değeri Çizelge 4.49’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre pH değerleri  $3.623\pm 0.025$  ile  $4.467\pm 0.005$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.49.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin pH değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	pH
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$4.002\pm 0.005^d$
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$3.647\pm 0.028^k$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$3.760\pm 0.011^l$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$3.623\pm 0.025^k$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$3.723\pm 0.009^j$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$3.929\pm 0.007^g$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$3.939\pm 0.011^{fg}$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$3.917\pm 0.005^{gh}$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$3.937\pm 0.007^{fg}$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$3.965\pm 0.006^{ef}$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$3.890\pm 0.002^h$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$4.012\pm 0.004^d$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$3.984\pm 0.008^{de}$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$4.324\pm 0.011^c$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$4.422\pm 0.002^b$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$4.467\pm 0.005^a$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

US ile işlem görmemiş örneğin ortalama pH değeri  $4.002\pm 0.005$  olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C)  $3.623\pm 0.025$  ile en düşük pH değerine sahip olurken, en yüksek değer  $4.467\pm 0.005$  ile US15 (762.51 W, 25 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol grubu dahil 16 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama pH değerleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol örneği pH değeri US11 ve US12 koşullarında işlem gören örneklerin ortalama pH değerinden farksız bulunurken ( $p> 0.05$ ), diğer deney noktalarından farklı bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin pH değeri üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup pH yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.50'de verilmiştir.

**Çizelge 4.50.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin pH değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	0.1737	0.05791	0.99	0.406
Hata	60	3.5242	0.05874		
Toplam	63	3.6979			
İşlem süresi (dk.)	3	0.04502	0.01501	0.25	0.864
Hata	60	3.65290	0.06088		
Toplam	63	3.69792			
Sıcaklık (°C)	3	1.283	0.42757	10.62	0.000
Hata	60	2.415	0.04025		
Toplam	63	3.698			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin pH değeri üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) faktörlerinin etkisi ayrı ayrı önemsiz bulunurken ( $p>0.05$ ), sıcaklık (°C) faktörünün etkisi önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Genele baktığımızda ise US işlemi hardaliye içeceğinin pH değeri üzerinde kayda değer değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.4 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen toplam asitlik değerleri Çizelge 4.51'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre sonuçlar  $3.450\pm 0.123$  g/L ile  $4.763\pm 0.075$  g/L arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama toplam asitlik değeri  $4.100\pm 0.158$  g/L olarak kaydedilmiştir. US uygulamaları sonucu elde edilen en düşük toplam asitlik değeri US1 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) deney noktasında tespit edilmişken, en yüksek toplam asitlik değeri US13 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) deney noktasında tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup toplam asitlik ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol örneği toplam asitlik

ortalaması US1, US3, US13, US14 deney noktalarında işlem gören örneklerin ortalamalarından farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm deney noktaları ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). US1, US3 ve US4 deney noktaları toplam asitlik ortalamaları da birbirinden farksızlık göstermiştir ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.51.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam asitliği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni Toplam asitlik (g/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	4.100±0.158 <sup>cd</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	3.450±0.123 <sup>e</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	4.050±0.000 <sup>cd</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	3.487±0.256 <sup>e</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	3.788±0.144 <sup>de</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	4.313±0.189 <sup>bc</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	4.275±0.087 <sup>bc</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	4.275±0.087 <sup>bc</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	3.975±0.087 <sup>cd</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	4.050±0.173 <sup>cd</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	4.013±0.189 <sup>cd</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	4.050±0.123 <sup>cd</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	3.975±0.087 <sup>cd</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	4.763±0.075 <sup>a</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	4.538±0.075 <sup>ab</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	4.013±0.189 <sup>cd</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde toplam asitlik değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup toplam asitlik değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.52’de verilmiştir.

US ile işlemde hardaliye içeceğinin toplam asitliği üzerine işlem süresi (dk.) değişkenin etkisi önemli düzeyde bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), enerji (W) ve sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). US12 (1000.70 W, 5 dk., 4 °C) ve US14 (1000.70 W, 45 dk., 4 °C) koşulları karşılaştırıldığında, sadece işlem süresinin uzatılması 3.975±0.087 g/L olan toplam asitlik değerini 4.538±0.075 g/L değerine yükseltmiştir. Genele baktığımızda ise US işlemine tabi tutulmayan örneğin toplam asitlik ortalaması US işlemine tabi tutulan örneklerin toplam asitlik ortalamalarından önemli düzeyde farklı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.52.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieinin toplam asitliğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	2.462	0.8208	1.01	0.393
Hata	60	48.597	0.8100		
Toplam	63	51.060			
İşlem süresi (dk.)	3	10.70	3.5654	5.30	0.003
Hata	60	40.36	0.6727		
Toplam	63	51.06			
Sıcaklık (°C)	3	0.8801	0.2934	0.35	0.789
Hata	60	50.1795	0.8363		
Toplam	63	51.0596			

#### 4.2.5 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Suda Çözünür Kuru Madde Üzerine Etkisi

Hardaliye ieine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen °Briks değerleri Çizelge 4.53'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre °Briks değerleri  $19.525 \pm 0.042$  ile  $23.600 \pm 0.000$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama °Briks değeri  $21.650 \pm 0.038$  olarak kaydedilmiştir. °Briks değeri en düşük US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 °C) koşullarında işlem gören hardaliye iei için tespit edilmişken, en yüksek değer US14 (1000.70 W, 45 dk., 4 °C) koşullarında işlem görmüş örnekte belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup °Briks değerleri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.53.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin °Briks değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni °Briks
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	
<b>Kontrol</b>	–	–	–	21.650±0.038 <sup>g</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	23.167±0.039 <sup>c</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	23.317±0.100 <sup>b</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	23.167±0.067 <sup>c</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	23.067±0.077 <sup>cd</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	19.525±0.042 <sup>j</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	19.767±0.067 <sup>i</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	21.017±0.034 <sup>h</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	21.117±0.064 <sup>h</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	21.833±0.047 <sup>f</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	21.983±0.034 <sup>e</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	21.833±0.067 <sup>f</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	22.000±0.000 <sup>e</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	23.100±0.000 <sup>cd</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	23.600±0.000 <sup>a</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	23.008±0.017 <sup>d</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde °Briks değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup °Briks değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.54’te verilmiştir.

**Çizelge 4.54.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin °Briks değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	6.569	2.190	1.51	0.221
Hata	60	86.901	1.448		
Toplam	63	93.470			
İşlem süresi (dk.)	3	16.09	5.362	4.16	0.010
Hata	60	77.38	1.290		
Toplam	63	93.47			
Sıcaklık (°C)	3	16.99	5.663	4.44	0.007
Hata	60	76.48	1.275		
Toplam	63	93.47			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin °Briks değeri üzerine işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin etkisi önemli düzeyde bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), enerji (W)

değişkeninin etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Genele baktığımızda US işlemi hardaliye içeceğinin °Briks değeri üzerinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.6 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Kondaktivite Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen kondaktivite değerleri Çizelge 4.55'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre kondaktivite değerleri  $2.523\pm 0.003$  mS/cm ile  $2.920\pm 0.000$  mS/cm arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.55.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin kondaktivite değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni Kondaktivite (mS/cm)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$2.607\pm 0.005^{ef}$
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$2.802\pm 0.031^c$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$2.726\pm 0.006^d$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$2.853\pm 0.005^b$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$2.814\pm 0.009^c$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$2.624\pm 0.003^e$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$2.608\pm 0.007^{ef}$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$2.560\pm 0.012^g$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$2.562\pm 0.013^g$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$2.523\pm 0.003^h$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$2.593\pm 0.005^f$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$2.533\pm 0.003^h$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$2.533\pm 0.005^h$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$2.897\pm 0.003^a$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$2.920\pm 0.000^a$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$2.543\pm 0.003^{gh}$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Kontrol grubu ortalama kondaktivite değeri  $2.607\pm 0.005$  mS/cm olarak kaydedilmiştir. US deneme desenlerinden US9 (1207.50 MPa, 25 dk., 4 °C) en düşük kondaktivite değerine sahip olurken, en yüksek kondaktivite değeri US14 (1000.70 MPa, 45 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup



ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup kondaktivite değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu kondaktivite değeri ortalaması US5, US6 ve US10 deney noktalarında işlem görmüş örneklerin ortalamalarından farksızlık göstermiştir ( $p > 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde kondaktivite değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup kondaktivite değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.56’da verilmiştir.

**Çizelge 4.56.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin kondaktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	0.2157	0.07190	4.29	0.008
Hata	60	1.0046	0.01674		
Toplam	63	1.2203			
İşlem süresi (dk.)	3	0.3198	0.10659	7.10	0.000
Hata	60	0.9005	0.01501		
Toplam	63	1.2203			
Sıcaklık (°C)	3	0.1024	0.03413	1.83	0.151
Hata	60	1.1179	0.01863		
Toplam	63	1.2203			

US ile muamelede hardaliye içeceğinin kondaktivite değeri üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli düzeyde bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Genel olarak bakıldığında US işlemi hardaliye içeceğinin kondaktivite değerinde önemli düzeyde değişim meydana getirmemiştir ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.7 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Bulanıklık Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen bulanıklık değerleri Çizelge 4.57’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bulanıklık değerleri  $283.067 \pm 3.840$  NTU ile  $524.642 \pm 2.410$  NTU arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.57.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin bulanıklık değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni Bulanıklık (NTU)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	523.145±4.120 <sup>a</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	311.358±46.800 <sup>gh</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	339.083±38.400 <sup>efg</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	377.033±1.852 <sup>e</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	283.067±3.840 <sup>h</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	462.200±7.200 <sup>d</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	359.967±7.520 <sup>ef</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	481.650±2.810 <sup>bcd</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	470.292±3.360 <sup>cd</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	321.375±6.010 <sup>fgh</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	510.517±2.580 <sup>ab</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	507.825±2.670 <sup>abc</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	519.208±1.709 <sup>ab</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	504.225±1.692 <sup>abc</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	490.392±2.170 <sup>abcd</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	524.642±2.410 <sup>a</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon*

Kontrol grubu ortalama bulanıklık değeri 523.145±4.120 NTU olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden US4 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) 283.067±3.840 NTU ile en düşük bulanıklık değerine sahip olurken, en yüksek değer 524.642±2.410 NTU ile US15 (762.51 W, 25 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup bulanıklık değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). US10, US11, US12, US13, US14 ve US15 deney noktalarında işlem gören örneklerin bulanıklık değeri ortalamaları birbirinden ve kontrol örneğinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde bulanıklık değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup bulanıklık değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.58’de verilmiştir.

**Çizelge 4.58.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin bulanıklık değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	13.03	4.3431	5.76	0.002
Hata	60	45.21	0.7535		
Toplam	63	58.24			
İşlem süresi (dk.)	3	19.97	6.6558	10.43	0.000
Hata	60	38.27	0.6379		
Toplam	63	58.24			
Sıcaklık (°C)	3	15.02	5.0056	6.95	0.000
Hata	60	43.22	0.7204		
Toplam	63	58.24			

US ile muamelede hardaliye içeceğinin bulanıklık değeri üzerine enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Hem tüm açıklayıcı değişkenlerin önemli çıkması hem de bazı deney noktalarının kontrol örneğinden farklı çıkması US işleminin bulanıklık düzeyindeki değişimini anlamlı kılmıştır. Genel olarak bakılırsa US işlemi hardaliye içeceğinin bulanıklık değerinde mühim düzeyde azalmaya neden olmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.8 Ultrasonikasyon Uygulamalarının L\* Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen L\* değerleri Çizelge 4.59'da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre L\* değerleri  $1.247 \pm 0.112$  ile  $2.357 \pm 0.539$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu L\* değeri ortalaması  $2.205 \pm 0.250$  olarak kaydedilmiştir. US uygulamaları sonucu elde edilen en düşük L\* değeri US2 (762.51 W, 45 dk., 22 °C) deney noktasında tespit edilirken, en yüksek L\* değeri US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 °C) deney noktasında tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup L\* değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). US ile işlem görmeyen örneğin L\* değeri ortalaması US2, US3 ve US4 koşullarında işlem gören örneklerin ortalamalarından farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer US koşullarında işlem gören örneklerin ortalamalarından farksız

bulunmuştur ( $p>0.05$ ). US6, US10 ve US11 deney noktaları dışında diğer US uygulamaları hardaliye içeceğinin  $L^*$  değerinde azalma ile sonuçlanmıştır.

**Çizelge 4.59.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin  $L^*$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni $L^*$
<b>Kontrol</b>	–	–	–	2.205±0.250 <sup>ab</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	1.790±0.499 <sup>bcd</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	1.247±0.112 <sup>d</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	1.429±0.090 <sup>d</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	1.487±0.170 <sup>cd</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	2.118±0.118 <sup>ab</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	2.357±0.539 <sup>a</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	2.039±0.108 <sup>abc</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	2.148±0.204 <sup>ab</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	2.025±0.113 <sup>abc</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	2.214±0.080 <sup>ab</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	2.227±0.088 <sup>ab</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	2.088±0.106 <sup>ab</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	2.084±0.055 <sup>ab</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	2.165±0.064 <sup>ab</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	2.007±0.084 <sup>abc</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $L^*$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $L^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.60'da verilmiştir.

**Çizelge 4.60.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $L^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1.451	0.4836	0.50	0.681
Hata	60	57.565	0.9594		
Toplam	63	59.016			
İşlem süresi (dk.)	3	9.115	3.0384	3.65	0.017
Hata	60	49.901	0.8317		
Toplam	63	59.016			
Sıcaklık (°C)	3	1.942	0.6472	0.68	0.568
Hata	60	57.075	0.9512		
Toplam	63	59.016			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin  $L^*$  değeri üzerine enerji (W) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değişkenlerinin etkisi önemsiz bulunmuşken ( $p>0.05$ ), işlem süresi (dk.) değişkeninin etkisi önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). US2 (762.51 W, 45 dk.,  $22^{\circ}\text{C}$ ) ve US10 (762.51 W, 5 dk.,  $22^{\circ}\text{C}$ ) deney noktaları incelendiğinde işlem süresinin etkisi daha net görülmektedir. Bu koşullarda sadece işlem süresindeki değişim  $L^*$  değerinde 0.967 birim fark yaratmıştır. Genel olarak US ile muamele hardaliye içeceğinin  $L^*$  değerinde azalmaya neden olurken bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.9 Ultrasonikasyon Uygulamalarının $a^*$ Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen  $a^*$  değerleri Çizelge 4.61’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $a^*$  değerleri  $4.232\pm 0.160$  ile  $6.496\pm 0.423$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.61.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin  $a^*$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$ )	değişkeni $a^*$
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$4.763\pm 0.111$ <sup>bcde</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$4.342\pm 0.251$ <sup>cde</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	$4.324\pm 0.199$ <sup>de</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$4.232\pm 0.160$ <sup>e</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$5.262\pm 1.165$ <sup>bcde</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$5.372\pm 0.191$ <sup>bcd</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$5.149\pm 0.230$ <sup>bcde</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$5.228\pm 0.394$ <sup>bcde</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	$5.407\pm 0.220$ <sup>abcd</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$6.496\pm 0.423$ <sup>a</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	$5.390\pm 0.513$ <sup>bcd</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$5.420\pm 0.620$ <sup>abc</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$5.479\pm 0.390$ <sup>ab</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$4.821\pm 0.159$ <sup>bcde</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$5.272\pm 0.215$ <sup>bcde</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	$5.234\pm 0.258$ <sup>bcde</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Kontrol örneği ortalama  $a^*$  değeri  $4.763 \pm 0.111$  olarak kaydedilmiştir. Deneme desenlerine göre işlem görmüş hardaliye içeceğinin ortalama  $a^*$  değeri en düşük US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) için tespit edilmişken, en yüksek ortalama  $a^*$  değeri US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup  $a^*$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği  $a^*$  değeri ortalaması US9 deney noktasında işlem görmüş örneğin ortalamasından farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm deney noktalarında işlem görmüş örneklerin ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $a^*$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $a^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.62’de verilmiştir.

**Çizelge 4.62.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $a^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1.636	0.5453	1.28	0.291
Hata	60	25.651	0.4275		
Toplam	63	27.287			
İşlem süresi (dk.)	3	1.702	0.5672	1.33	0.273
Hata	60	25.585	0.4264		
Toplam	63	27.287			
Sıcaklık (°C)	3	5.186	1.7286	4.69	0.005
Hata	60	22.101	0.3684		
Toplam	63	27.287			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin  $a^*$  değeri üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin etkisi önemsiz bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) ile US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) uygulamalarında enerji düzeyi (W) ve işlem süresi (dk.) değişkenleri aynı iken sıcaklığın farklı tutulması  $a^*$  değerinde 2.264 birim değişime neden olmuştur ve bu iki deney noktası birbirinden en farklı prosesler olarak tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Genel olarak US işlemi hardaliye içeceğinin  $a^*$  değerini artırsa da bu artış anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.10 Ultrasonikasyon Uygulamalarının b\* Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen b\* değerleri Çizelge 4.63'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre b\* değerleri 0.187±0.185 ile 0.952±0.128 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.63.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin b\* değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	b*
<b>Kontrol</b>	–	–	–	0.187±0.185 <sup>g</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	0.863±0.178 <sup>abc</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	0.477±0.061 <sup>efg</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	0.677±0.059 <sup>abcdef</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	0.901±0.308 <sup>ab</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	0.378±0.131 <sup>fg</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	0.544±0.189 <sup>bcdefg</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	0.747±0.098 <sup>abcdef</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	0.682±0.101 <sup>abcdef</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	0.814±0.206 <sup>abcde</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	0.379±0.074 <sup>fg</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	0.487±0.079 <sup>defg</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	0.848±0.072 <sup>abcd</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	0.709±0.064 <sup>abcdef</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	0.952±0.128 <sup>a</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	0.532±0.112 <sup>cdefg</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

US ile muamele edilmeyen kontrol örneği 0.187±0.185 ile en düşük ortalama b\* değerine sahip olmuştur. Farklı US koşulları için elde edilen b\* değerlerinden en düşük olanı US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 °C) için tespit edilmişken, en yüksek olanı US14 (1000.70 W, 45 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup b\* değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu b\* değeri ortalaması US2, US5, US6, US10, US11 ve US15 deney noktalarında işlem gören örneklerin ortalamalarına benzerlik gösterirken ( $p > 0.05$ ), diğer deney noktaları ortalamalarından farklı bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $b^*$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $b^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.64'te verilmiştir.

**Çizelge 4.64.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $b^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1.773	0.59116	16.81	0.000
Hata	60	2.110	0.03517		
Toplam	63	3.883			
İşlem süresi (dk.)	3	1.154	0.38467	8.46	0.000
Hata	60	2.729	0.04549		
Toplam	63	3.883			
Sıcaklık (°C)	3	1.219	0.40625	9.15	0.000
Hata	60	2.665	0.04441		
Toplam	63	3.883			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin  $b^*$  değeri üzerine enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Hem tüm açıklayıcı değişkenlerin önemli çıkması hem de bazı deney noktalarının kontrol örneğinden farklı çıkması US işleminin  $b^*$  değerindeki değişimini anlamlı kılmıştır. Genele bakılırsa US ile muamele hardaliye içeceğinin  $b^*$  değerinde önemli düzeyde artışla sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.11 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Chroma (Renk Yoğunluğu, $C^*$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen  $C^*$  değerleri Çizelge 4.65'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre sonuçlar  $4.289 \pm 0.162$  ile  $6.551 \pm 0.439$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama  $C^*$  değeri  $4.783 \pm 0.120$  olarak kaydedilmiştir. US deney noktalarından US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) en düşük  $C^*$  değerine sahip olurken, en yüksek  $C^*$  değeri US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup  $C^*$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Farklılığın hangi deney noktasından



kaynaklandığına bakıldığında ise kontrol grubu  $C^*$  değeri ortalaması US9 deney noktası  $C^*$  değeri ortalamasından farklı olarak bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer deney noktaları ortalamalarından farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.65.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin  $C^*$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni $C^*$
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	
<b>Deneme noktaları</b>				
<b>Kontrol</b>	–	–	–	4.783±0.120 <sup>bcd</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	4.437±0.242 <sup>cd</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	4.352±0.193 <sup>cd</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	4.289±0.162 <sup>d</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	5.342±1.197 <sup>bcd</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	5.388±0.187 <sup>bcd</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	5.181±0.230 <sup>bcd</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	5.281±0.404 <sup>bcd</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	5.456±0.206 <sup>abc</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	6.551±0.439 <sup>a</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	5.405±0.515 <sup>bc</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	5.444±0.613 <sup>bc</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	5.550±0.395 <sup>ab</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	4.878±0.151 <sup>bcd</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	5.364±0.220 <sup>bcd</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	5.264±0.268 <sup>bcd</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $C^*$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $C^*$  değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.66'da verilmiştir.

US ile muamelede hardaliye içeceğinin  $C^*$  değeri üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), sıcaklık (°C) faktörünün etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). US10 (762.51 W, 5 dk., 22 °C) ve US11 (1207.50 W, 5 dk., 22 °C) koşullarında yalnızca enerji düzeyinin artırılmasına paralel olarak hardaliye içeceğinin ortalama  $C^*$  değeri de artmış ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz düzeyde kalmıştır ( $p > 0.05$ ). Çalışmamızda, 4 °C sıcaklıkta yürütülen US9 uygulaması dışında hiçbir uygulama hardaliye içeceğinin  $C^*$  değeri üzerinde kayda değer değişim meydana getirmemiştir ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.66.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $C^*$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1.626	0.5419	1.26	0.297
Hata	60	25.822	0.4304		
Toplam	63	27.447			
İşlem süresi (dk.)	3	1.743	0.5809	1.36	0.265
Hata	60	25.705	0.4284		
Toplam	63	27.447			
Sıcaklık (°C)	3	5.522	1.8408	5.04	0.004
Hata	60	21.925	0.3654		
Toplam	63	27.447			

#### 4.2.12 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Hue (Renk Tonu, $h^0$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen  $h^0$  değerleri Çizelge 4.67’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $h^0$  değerleri  $0.036\pm 0.048$  ile  $0.198\pm 0.042$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu  $0.036\pm 0.048$  ile en düşük ortalama  $h^0$  değerine sahip olmuştur. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US10 (762.51 W, 5 dk., 22 °C)  $0.070\pm 0.011$  ile en düşük  $h^0$  değerine sahip olurken, en yüksek değer  $0.198\pm 0.042$  ile US1 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup  $h^0$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). US5, US10 ve US11 koşulları hardaliye içeceğinin  $h^0$  değerinde mühim düzeyde değişime neden olmazken ( $p>0.05$ ), diğer tüm işlem koşullarında değişim önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.67.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin  $h^0$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	$h^0$
<b>Kontrol</b>	–	–	–	0.036±0.048 <sup>g</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	0.198±0.042 <sup>a</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	0.111±0.017 <sup>cdef</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	0.158±0.010 <sup>abcd</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	0.167±0.026 <sup>abc</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	0.071±0.026 <sup>fg</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	0.105±0.036 <sup>cdef</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	0.142±0.008 <sup>abcde</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	0.127±0.023 <sup>bdef</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	0.124±0.027 <sup>bdef</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	0.070±0.011 <sup>fg</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	0.092±0.023 <sup>efg</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	0.155±0.008 <sup>abcde</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	0.146±0.017 <sup>abcde</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	0.180±0.020 <sup>ab</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	0.101±0.016 <sup>def</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $h^0$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $h^0$  değeri yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.68’de verilmiştir.

**Çizelge 4.68.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $h^0$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	0.07006	0.023354	18.42	0.000
Hata	60	0.07607	0.001268		
Toplam	63	0.14613			
İşlem süresi (dk.)	3	0.04664	0.015547	9.38	0.000
Hata	60	0.09949	0.001658		
Toplam	63	0.14613			
Sıcaklık (°C)	3	0.03638	0.012126	6.63	0.001
Hata	60	0.10975	0.001829		
Toplam	63	0.14613			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin  $h^0$  değeri üzerine enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Sonuçlar, US ile işlemin hardaliye içeceğinin  $h^0$  değeri üzerinde önemli artışa neden olduğunu göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.13 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Renk Farkı ( $\Delta E$ ) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen  $\Delta E$  değerleri Çizelge 4.69’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre  $\Delta E$  değerleri  $0.347 \pm 0.035$  ile  $1.978 \pm 0.974$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.69.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni $\Delta E$
	Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	
<b>Kontrol</b>	–	–	–	–
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$1.221 \pm 0.191^{abc}$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$1.306 \pm 0.068^{ab}$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$1.195 \pm 0.066^{abc}$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$1.978 \pm 0.974^a$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$0.505 \pm 0.130^{cd}$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$0.739 \pm 0.293^{bcd}$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$0.830 \pm 0.194^{bcd}$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$0.796 \pm 0.023^{bcd}$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$1.241 \pm 0.445^{abc}$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$0.472 \pm 0.206^{cd}$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$0.568 \pm 0.170^{bcd}$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$0.601 \pm 0.198^{bcd}$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$0.621 \pm 0.153^{bcd}$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$0.626 \pm 0.062^{bcd}$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$0.347 \pm 0.035^d$

Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden US15 (762.51 W, 25 dk., 4  $^{\circ}\text{C}$ )  $0.347 \pm 0.035$  ile en düşük  $\Delta E$  değerine sahip olurken, en yüksek değer  $1.978 \pm 0.974$  ile US4 (1000.70 W, 25 dk., 22  $^{\circ}\text{C}$ ) için belirlenmiştir. Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup  $\Delta E$  değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Farklılığın kaynaklandığı deney noktalarına örnek verilirse,

US4  $\Delta E$  değeri ortalaması US1, US2, US3 ve US9 hariç diğer deney noktaları ortalamalarından farklı olarak belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Elde edilen bulgular incelendiğinde kontrol grubu ile en az düzeyde renk farkı gösteren uygulamalar US10 ve US15 olarak tespit edilmiştir.

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde  $\Delta E$  değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup  $\Delta E$  değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.70’te verilmiştir.

**Çizelge 4.70.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	2	3.951	1.976	1.91	0.158
Hata	57	59.029	1.036		
Toplam	59	62.980			
İşlem süresi (dk.)	2	7.494	3.7469	3.85	0.027
Hata	57	55.486	0.9734		
Toplam	59	62.980			
Sıcaklık (°C)	2	3.935	1.968	1.90	0.159
Hata	57	59.045	1.036		
Toplam	59	62.980			

US ile muamelede hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değeri üzerine enerji (W) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), işlem süresi (dk.) faktörünün etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). US4 deney noktası hariç kontrol örneği ile diğer deney noktaları arasındaki toplam renk farkının az fark edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır. Kontrol örneği ile en fazla renk farkı gösteren US4 uygulamasında bile fark görünür düzeyin altında kalmıştır. Genel olarak, US ile muamele hardaliye içeceğinin  $\Delta E$  değerinde kayda değer bir değişim meydana getirmemiştir ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.14 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Renk Yoğunluğu (IC) Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen renk yoğunluğu (IC) değerleri Çizelge 4.71’de

verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre renk yoğunluğu (IC) değerleri  $3.939 \pm 0.036$  ile  $5.902 \pm 0.027$  arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.71.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Renk yoğunluğu (IC, abs)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$5.069 \pm 0.010^c$
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$5.719 \pm 0.096^b$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$5.714 \pm 0.085^b$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$5.902 \pm 0.027^a$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$5.828 \pm 0.039^a$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$4.098 \pm 0.053^i$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$3.939 \pm 0.036^j$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$4.422 \pm 0.021^d$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$4.387 \pm 0.012^{de}$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$3.981 \pm 0.017^j$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$4.346 \pm 0.013^{def}$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$4.278 \pm 0.015^{fg}$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$4.313 \pm 0.014^{ef}$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$4.173 \pm 0.009^{hi}$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$4.171 \pm 0.021^{hi}$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$4.201 \pm 0.025^{gh}$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Kontrol grubu ortalama renk yoğunluğu (IC) değeri  $5.069 \pm 0.010$  olarak kaydedilmiştir. Hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC) değeri en düşük US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 °C) için tespit edilmişken, en yüksek renk yoğunluğu (IC) değeri US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup renk yoğunluğu (IC) ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde renk yoğunluğu (IC) değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup renk yoğunluğu (IC) yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.72’de verilmiştir.

**Çizelge 4.72.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin renk yoğunluğu (IC) değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	0.8168	0.2723	0.54	0.659
Hata	60	30.4136	0.5069		
Toplam	63	31.2304			
İşlem süresi (dk.)	3	4.238	1.4126	3.14	0.056
Hata	60	26.993	0.4499		
Toplam	63	31.230			
Sıcaklık (°C)	3	5.919	1.9730	4.68	0.005
Hata	60	25.311	0.4219		
Toplam	63	31.230			

US ile muamelede hardaliye ieeğinin renk yoğunluğu (IC) üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p>0.05$ ), sıcaklık (°C) faktörünün etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Genele bakıldığında, US ile işlem hardaliye ieeğinin renk yoğunluğu değerinde azalmaya neden olmuştur ve bu azalma çoğu deney noktasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

#### 4.2.15 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Renk Tonu Üzerine Etkisi

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen renk tonu değerleri Çizelge 4.73'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre renk tonu değerleri  $0.434\pm 0.003$  ile  $0.613\pm 0.001$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu renk tonu değeri ortalaması  $0.588\pm 0.003$  olarak kaydedilmiştir. Renk tonu değeri  $0.434\pm 0.003$  ile en düşük US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) deney noktasında tespit edilirken, en yüksek  $0.613\pm 0.001$  ile US4 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) deney noktasında belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup renk tonu değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol örneği renk tonu ortalaması US2 deney noktası hariç bütün deney noktaları ortalamalarından farklı çıkmıştır ( $p\leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.73.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin renk tonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Renk tonu (abs)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	0.588±0.003 <sup>c</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	0.599±0.004 <sup>b</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	0.591±0.003 <sup>c</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	0.601±0.002 <sup>b</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	0.613±0.001 <sup>a</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	0.565±0.002 <sup>d</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	0.560±0.002 <sup>d</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	0.549±0.001 <sup>e</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	0.537±0.004 <sup>f</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	0.434±0.003 <sup>j</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	0.493±0.002 <sup>g</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	0.483±0.001 <sup>h</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	0.475±0.002 <sup>i</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	0.485±0.001 <sup>h</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	0.485±0.001 <sup>h</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	0.485±0.003 <sup>h</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin renk tonu üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup renk tonu yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.74'te verilmiştir.

**Çizelge 4.74.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin renk tonu değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	0.01566	0.005219	1.78	0.161
Hata	60	0.17619	0.002936		
Toplam	63	0.19184			
İşlem süresi (dk.)	3	0.03433	0.011443	4.36	0.008
Hata	60	0.15751	0.002625		
Toplam	63	0.19184			
Sıcaklık (°C)	3	0.09428	0.031427	19.33	0.000
Hata	60	0.09756	0.001626		
Toplam	63	0.19184			

US ile muamelede hardaliye içeceğinin renk tonu üzerine enerji (W) faktörünün etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve



sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Sonuç olarak, US ile muamele çoğu uygulamada hardaliye içeceğinin renk tonu değerinde azalmaya neden olmuş ve bu azalma istatistiksel olarak da anlam ifade etmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.16 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Sarı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>420</sub> değeri Çizelge 4.75'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>420</sub> değerleri 19.861±0.025 ile 26.454±0.173 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.75.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>420</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	%OY <sub>420</sub>
<b>Kontrol</b>	–	–	–	23.339±0.090 <sup>d</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	26.371±0.533 <sup>a</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	25.957±0.422 <sup>ab</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	25.814±0.108 <sup>b</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	26.454±0.173 <sup>a</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	24.656±0.275 <sup>c</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	25.499±0.213 <sup>b</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	22.460±0.064 <sup>e</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	22.254±0.149 <sup>e</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	19.861±0.025 <sup>g</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	20.791±0.118 <sup>f</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	20.368±0.074 <sup>fg</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	19.963±0.078 <sup>g</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	20.619±0.066 <sup>f</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	20.895±0.093 <sup>f</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	20.549±0.063 <sup>f</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

US ile işlem görmeyen kontrol örneğinin ortalama %OY<sub>420</sub> değeri 23.339±0.090 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) 19.861±0.025 ile en düşük %OY<sub>420</sub> değerine sahip olurken,

en yüksek değer 26.454±0.173 ile US4 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup %OY<sub>420</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir (p≤0.05).

Her bir açıklayıcı değişkenin sarı renk bileşimi üzerine ayrı ayrı etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup sarı renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.76’da verilmiştir.

**Çizelge 4.76.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>420</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	4.019	1.340	0.96	0.416
Hata	60	83.534	1.392		
Toplam	63	87.553			
İşlem süresi (dk.)	3	15.30	5.102	4.24	0.009
Hata	60	72.25	1.204		
Toplam	63	87.55			
Sıcaklık (°C)	3	37.64	12.5477	15.08	0.000
Hata	60	49.91	0.8318		
Toplam	63	87.55			

US ile işlemden hardaliye içeceğinin sarı renk bileşimi üzerine enerji (W) değişkeninin etkisi önemsiz bulunmuşken (p>0.05), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin etkisi önemli bulunmuştur (p≤0.05). Genel olarak bakıldığında, US ile muamele hardaliye içeceğinin sarı renk bileşimi üzerinde önemli düzeyde değişime neden olmuştur (p≤0.05).

#### 4.2.17 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Kırmızı Renk Bileşimi Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>520</sub> değerleri Çizelge 4.77’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>520</sub> değerleri 39.980±0.072 ile 45.759±0.267 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.77.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	%OY <sub>520</sub>
<b>Kontrol</b>	–	–	–	39.980±0.072 <sup>k</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	44.024±0.574 <sup>b</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	43.935±0.533 <sup>bc</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	42.948±0.171 <sup>defg</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	43.151±0.284 <sup>cde</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	43.680±0.603 <sup>bcd</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	45.571±0.441 <sup>a</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	40.952±0.180 <sup>j</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	41.433±0.149 <sup>j</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	45.759±0.267 <sup>a</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	42.174±0.087 <sup>ghi</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	42.214±0.177 <sup>ghi</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	42.028±0.163 <sup>hi</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	42.525±0.075 <sup>efgh</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	43.130±0.170 <sup>def</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	42.343±0.239 <sup>fgh</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Kontrol grubu ortalama %OY<sub>520</sub> değeri 39.980±0.072 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden US7 (1000.70 W, 5 dk., 40 °C) 40.952±0.180 ile en düşük %OY<sub>520</sub> değerine sahip olurken, en yüksek değer 45.759±0.267 ile US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup %OY<sub>520</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Bütün deney noktalarında US işlemi hardaliye içeceğinin kırmızı renk bileşiminin önemli düzeyde artmasına neden olmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde kırmızı renk bileşimi üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup kırmızı renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.78’de verilmiştir.

**Çizelge 4.78.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>520</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	46.65	15.549	9.50	0.000
Hata	60	98.22	1.637		
Toplam	63	144.87			
İşlem süresi (dk.)	3	76.22	25.405	22.20	0.000
Hata	60	68.65	1.144		
Toplam	63	144.87			
Sıcaklık (°C)	3	38.40	12.801	7.21	0.000
Hata	60	106.47	1.774		
Toplam	63	144.87			

US ile muamelede enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin kırmızı renk bileşimi üzerine ayrı ayrı etkileri önemli olarak bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği ile US işlemi gören örnekler karşılaştırıldığında, kontrol örneği kırmızı renk bileşimi daima mühim düzeyde düşük bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Genel olarak, US ile muamele hardaliye içeceğinin kırmızı renk bileşiminde önemli düzeyde artışa neden olmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

#### **4.2.18 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Mavi Renk Bileşimi Üzerine Etkisi**

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen %OY<sub>620</sub> değerleri Çizelge 4.79’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre %OY<sub>620</sub> değerleri  $28.930 \pm 0.643$  ile  $38.009 \pm 0.194$  arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama %OY<sub>620</sub> değeri  $36.682 \pm 0.108$  olarak kaydedilmiştir. Hardaliye içeceğine US uygulamaları sonucu elde edilen en düşük %OY<sub>620</sub> değeri US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 °C) deney noktasında tespit edilmişken, en yüksek %OY<sub>620</sub> değeri US12 (1000.70 W, 5 dk., 4 °C) deney noktası için tespit edilmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup %OY<sub>620</sub> değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği ortalama %OY<sub>620</sub> değeri US7, US8, US10, US11, US13, US14 ve US15 deney noktalarında elde edilen değerlerden

farksız bulunurken ( $p>0.05$ ), diğer deney noktalarında elde edilen değerlerden farklı bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.79.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	%OY <sub>620</sub>
<b>Kontrol</b>	–	–	–	36.682±0.108 <sup>bc</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	29.605±1.106 <sup>gh</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	30.107±0.954 <sup>fgh</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	31.238±0.245 <sup>ef</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	30.395±0.452 <sup>efg</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	31.664±0.876 <sup>c</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	28.930±0.643 <sup>h</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	36.588±0.237 <sup>bc</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	36.314±0.214 <sup>bc</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	34.379±0.245 <sup>d</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	37.035±0.203 <sup>abc</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	37.419±0.247 <sup>ab</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	38.009±0.194 <sup>a</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	36.857±0.131 <sup>abc</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	35.975±0.261 <sup>c</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	37.108±0.251 <sup>abc</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde mavi renk bileşimi üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup mavi renk bileşimi yanıt değişkeni için istatistik bulgular Çizelge 4.80’de verilmiştir.

**Çizelge 4.80.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	48.20	16.07	1.56	0.208
Hata	60	616.69	10.28		
Toplam	63	664.89			
İşlem süresi (dk.)	3	283.9	94.638	14.90	0.000
Hata	60	381.0	6.350		
Toplam	63	664.9			
Sıcaklık (°C)	3	136.3	45.426	5.16	0.003
Hata	60	528.6	8.810		
Toplam	63	664.9			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin mavi renk bileşimi üzerine enerji (W) değişkeninin etkisi önemsiz düzeyde bulunmuşken ( $p>0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli olarak belirlenmiştir ( $p\leq 0.05$ ). Genel olarak bazı uygulamalar hariç US işlemi hardaliye içeceğinin mavi renk bileşiminde kayda değer değişim yaratmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.19 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen TFM içerikleri Çizelge 4.81’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TFM içerikleri  $1522.156\pm 16.698$  mg/L ile  $1870.059\pm 59.358$  mg/L arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.81.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$ )	
<b>Deneme noktaları</b>				TFM (mg/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	$1642.384\pm 16.866^{bcd}$
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$1659.144\pm 58.789^{bc}$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$1723.481\pm 61.184^b$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$1849.629\pm 41.005^a$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$1870.059\pm 59.358^a$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$1522.156\pm 16.698^e$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$1597.183\pm 36.996^{cde}$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$1578.178\pm 12.476^{cde}$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$1583.919\pm 11.620^{cde}$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$1587.878\pm 19.875^{cde}$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$1649.048\pm 30.561^{bcd}$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$1526.511\pm 41.582^e$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$1571.448\pm 13.872^{cde}$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$1538.388\pm 21.468^e$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$1567.093\pm 27.433^{de}$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$1547.891\pm 8.114^e$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Kontrol örneği ortalama TFM içeriği  $1642.384 \pm 16.866$  mg/L olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 °C)  $1522.156 \pm 16.698$  mg/L ile en düşük TFM içeriğine sahip olurken, en yüksek değer  $1870.059 \pm 59.358$  mg/L ile US4 (1000.70 W, 25 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup ortalama TFM içerikleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol örneği ortalama TFM içeriği US3, US4, US5, US11, US13 ve US15 deney noktalarında elde edilen değerlerden kayda değer farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer deney noktalarındaki değerlerden farksız çıkmıştır ( $p > 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TFM içeriği üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TFM içeriği yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.82’de verilmiştir.

**Çizelge 4.82.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	3.291	1.0969	1.23	0.306
Hata	60	53.363	0.8894		
Toplam	63	56.653			
İşlem süresi (dk.)	3	4.807	1.6024	1.85	0.147
Hata	60	51.846	0.8641		
Toplam	63	56.653			
Sıcaklık (°C)	3	5.521	1.8403	2.16	0.102
Hata	60	51.133	0.8522		
Toplam	63	56.653			

US ile muamelede enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin TFM içeriği üzerine tek başına etkileri önemsiz bulunmuş olup enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenleri için p değerleri sırasıyla; 0.306, 0.147 ve 0.102 olarak saptanmıştır. Çalışma sonucunda, US ile muamele hardaliye içeceğinin TFM içeriğinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.20 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.), ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TAA değerleri Çizelge 4.83'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TAA değerleri %63.608±1.758 ile %73.783±3.093 arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.83.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değeri üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni TAA (%)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	64.569±0.978 <sup>de</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	68.718±4.363 <sup>abcde</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	69.001±1.646 <sup>abcde</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	70.272±1.607 <sup>abc</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	69.761±1.769 <sup>abcd</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	70.473±2.997 <sup>abc</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	73.783±3.093 <sup>a</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	71.339±1.844 <sup>ab</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	66.632±1.292 <sup>bcd</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	69.343±0.815 <sup>abcde</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	69.826±0.901 <sup>abcd</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	67.094±0.532 <sup>bcd</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	66.579±0.817 <sup>bcd</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	65.060±0.695 <sup>cde</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	64.829±1.590 <sup>cde</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	63.608±1.758 <sup>e</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

US işlemi uygulanmayan örneğin ortalama TAA değeri %64.569±0.978 olarak kaydedilmiştir. TAA değeri en düşük US15 (762.51 W, 25 dk., 4 °C) koşullarında işlem gören hardaliye içeceği için tespit edilmişken, en yüksek değer US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 °C) koşullarında işlem görmüş örnekte belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup TAA değeri ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Çalışmada US3, US5, US6 ve US7 koşullarında işlenen hardaliye içeceğinin TAA değeri kontrol örneğinden farklı sonuç vermiştir ( $p \leq 0.05$ ).



Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TAA değeri üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TAA değeri yanıt değişkeni için istatistikî bulgular Çizelge 4.84'te verilmiştir.

**Çizelge 4.84.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	80.21	26.738	2.91	0.045
Hata	45	413.38	9.186		
Toplam	48	493.60			
İşlem süresi (dk.)	3	83.25	27.751	3.04	0.038
Hata	45	410.34	9.119		
Toplam	48	493.60			
Sıcaklık (°C)	3	172.3	57.437	8.04	0.000
Hata	45	321.3	7.140		
Toplam	48	493.6			

US ile muamelede enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin hardaliye içeceğinin TAA değeri üzerine ayrı ayrı etkileri önemli olarak bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Genel olarak US ile muamele hardaliye içeceğinin TAA değerinde mühim düzeyde artış ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.21 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi

Hardaliye içeceğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TMA içerikleri Çizelge 4.85'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMA içeriği  $78.902 \pm 10.998$  mg/L ile  $138.809 \pm 7.925$  mg/L arasında değişmiştir.

Kontrol grubu ortalama TMA içeriği  $103.812 \pm 1.591$  mg/L olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 °C)  $78.902 \pm 10.998$  mg/L ile en düşük TMA içeriğine sahip olurken, en yüksek değer  $138.809 \pm 7.925$  mg/L ile US2 (762.51 W, 45 dk., 22 °C) için belirlenmiştir. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup ortalama TMA içerikleri birbirlerinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kontrol grubu TMA

içeriği ortalaması US1, US2, US3, US4, US6 ve US15 koşullarında tespit edilen ortalamalardan farklı bulunurken ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm koşullarda tespit edilen ortalamalardan farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.85.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	değişkeni TMA (mg/L)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	103.812±1.591 <sup>bc</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	124.894±7.984 <sup>a</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	138.809±7.925 <sup>a</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	126.077±12.631 <sup>a</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	129.834±13.571 <sup>a</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	89.026±5.233 <sup>cd</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	78.902±10.998 <sup>d</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	106.734±5.153 <sup>b</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	92.435±0.815 <sup>bcd</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	94.557±3.615 <sup>bcd</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	90.626±5.390 <sup>bcd</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	92.227±5.259 <sup>bcd</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	93.827±1.982 <sup>bcd</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	89.165±3.449 <sup>cd</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	86.765±1.777 <sup>cd</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	83.286±2.346 <sup>d</sup>

*Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon*

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TMA içeriği üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup TMA içeriği yanıt değişkeni için istatistiksel bulgular Çizelge 4.86’da verilmiştir.

US ile işlemde hardaliye içeceğinin TMA içeriği üzerine enerji (W) ve işlem süresi (dk.) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), sıcaklık (°C) değişkeninin etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Çalışmada US işlemi hardaliye içeceğinin TMA içeriğinde önemli bir değişime neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.86.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieinin toplam monomerik antosiyanin içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1.441	0.4804	0.49	0.693
Hata	60	59.204	0.9867		
Toplam	63	60.646			
İşlem süresi (dk.)	3	4.857	1.6188	1.74	0.168
Hata	60	55.789	0.9298		
Toplam	63	60.646			
Sıcaklık (°C)	3	8.780	2.9268	3.39	0.024
Hata	60	51.865	0.8644		
Toplam	63	60.646			

#### 4.2.22 Ultrasonikasyon Uygulamalarının İndirgen şeker İçeriği Üzerine Etkisi

Hardaliye ieine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen indirgen şeker içerikleri Çizelge 4.87’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre indirgen şeker içerikleri  $156.122\pm 5.953$  g/L ile  $190.452\pm 1.033$  g/L arasında değişmiştir.

US ile işlem görmeyen hardaliye ieinin ortalama indirgen şeker içeriği  $190.452\pm 1.033$  g/L olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deneme desenlerinden US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C)  $156.122\pm 5.953$  g/L ile en düşük indirgen şeker içeriğine sahip olurken, en yüksek değer  $188.387\pm 1.905$  g/L ile US12 (1000.70 W, 5 dk., 4 °C) için belirlenmiştir. Kontrol örneği ortalama indirgen şeker içeriği bütün US deney noktalarında işlem gören örneklerin ortalama indirgen şeker içeriğinden daima yüksek bulunmuştur. Kontrol ve 15 deney noktası grup ortalamalarının farklılığını test etmek için yararlanılan tek yönlü varyans analizinde grup ortalama indirgen şeker içerikleri birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p\leq 0.05$ ). Kontrol örneği ortalama indirgen şeker içeriği US1, US3, US12, US13 ve US15 deney noktalarında belirlenen değerlerden farklı çıkmazken ( $p>0.05$ ), diğer deney noktalarında belirlenen değerlerden farklı çıkmıştır ( $p\leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.87.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	İndirgen şeker (g/L)
<b>Deneme noktaları</b>				
<b>Kontrol</b>	–	–	–	190.452±1.033 <sup>a</sup>
<b>US1</b>	1000.70	25	22	185.257±5.341 <sup>abcd</sup>
<b>US2</b>	762.51	45	22	167.106±3.871 <sup>efg</sup>
<b>US3</b>	1207.50	25	40	178.799±1.275 <sup>abcde</sup>
<b>US4</b>	1000.70	25	22	174.492±2.279 <sup>bcdef</sup>
<b>US5</b>	1207.50	45	22	166.199±3.770 <sup>efg</sup>
<b>US6</b>	1000.70	45	40	170.705±3.063 <sup>defg</sup>
<b>US7</b>	1000.70	5	40	166.637±8.990 <sup>efg</sup>
<b>US8</b>	762.51	25	40	173.052±5.316 <sup>cdef</sup>
<b>US9</b>	1207.50	25	4	156.122±5.953 <sup>g</sup>
<b>US10</b>	762.51	5	22	160.128±4.218 <sup>fg</sup>
<b>US11</b>	1207.50	5	22	159.940±7.083 <sup>fg</sup>
<b>US12</b>	1000.70	5	4	188.387±1.905 <sup>ab</sup>
<b>US13</b>	1000.70	25	22	186.540±5.143 <sup>abc</sup>
<b>US14</b>	1000.70	45	4	160.472±4.875 <sup>fg</sup>
<b>US15</b>	762.51	25	4	185.539±7.878 <sup>abcd</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde indirgen şeker içeriği üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup indirgen şeker içeriği yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.88’de verilmiştir.

**Çizelge 4.88.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	3	1859	619.5	5.60	0.002
Hata	44	4865	110.6		
Toplam	47	6724			
İşlem süresi (dk.)	3	2050	683.5	6.44	0.001
Hata	44	4673	106.2		
Toplam	47	6724			
Sıcaklık (°C)	3	975.8	325.3	2.49	0.043
Hata	44	5748.0	130.6		
Toplam	47	6723.9			

US ile işlemde hardaliye içeceğinin indirgen şeker içeriği üzerine enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) değişkenlerinin ayrı ayrı etkisi önemli düzeyde

bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Genel olarak, hardaliye ieeğinin US ile muamelesi çoğu deney noktasında indirgen Şeker içeriğinin önemli düzeyde azalması ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.23 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İnaktivasyonu Üzerine Etkisi

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen TMAB sayımlarındaki azalmalar izelge 4.89’da log kob/mL olarak verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMAB sayımında azalma değerleri  $0.32 \pm 0.069$  log kob/mL ile  $4.84 \pm 0.000$  log kob/mL arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.89.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieeğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$ )	Azalan TMAB (log kob/mL)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	–
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$2.33 \pm 0.031^{\text{fg}}$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$0.84 \pm 0.100^{\text{k}}$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$4.84 \pm 0.000^{\text{a}}$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$2.33 \pm 0.030^{\text{fg}}$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$3.36 \pm 0.025^{\text{c}}$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$3.06 \pm 0.025^{\text{d}}$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$2.40 \pm 0.040^{\text{f}}$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$1.52 \pm 0.035^{\text{l}}$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$3.84 \pm 0.000^{\text{b}}$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$0.32 \pm 0.069^{\text{l}}$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$2.94 \pm 0.000^{\text{d}}$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$1.91 \pm 0.058^{\text{h}}$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$2.20 \pm 0.040^{\text{e}}$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$2.80 \pm 0.040^{\text{e}}$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$1.23 \pm 0.050^{\text{j}}$

*Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon*

US ile muamele edilmeyen hardaliye ieeğinin başlangıç TMAB popülasyonu  $4.84 \pm 0.053$  log kob/mL olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US10 (762.51 W, 5 dk.,  $22^{\circ}\text{C}$ )  $0.32 \pm 0.069$  ile en az logaritmik birimlik azalma değerine sahip olurken, en fazla logaritmik birimlik azalma  $4.84 \pm 0.000$  ile US3

(1207.50 W, 25 dk., 40 °C) için tespit edilmiştir. Hardaliye içeceğinde US3 deney noktasında TMAB popülasyonunun tamamı yok edildiğinden en iyi uygulama olarak belirlenmiştir. TMAB yükünde US3 deney noktasını  $3.84 \pm 0.000$  log kob/mL azalma ile US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) izlemiştir.

Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup TMAB popülasyonu azalma ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Sonuçlar incelendiğinde US1, US4 ve US7 deney noktalarında tespit edilen TMAB popülasyonundaki azalmalar birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). TMAB popülasyonundaki azalmalar bakımından US6 ve US11 deney noktaları da birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kontrol grubuna göre yapılan karşılaştırmada en az azalmanın görüldüğü US10 koşullarında bile TMAB popülasyonunda önemli düzeyde azalma sağlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TMAB popülasyonunun azalması üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup azalan TMAB yanıt değişkeni için istatistiki bulgular Çizelge 4.90'da verilmiştir.

**Çizelge 4.90.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye içeceğinin toplam mezofilik aerobik canlı bakteri inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	2	46.01	23.0045	86.57	0.000
Hata	42	11.16	0.2657		
Toplam	44	57.17			
İşlem süresi (dk.)	2	4.210	2.105	1.67	0.201
Hata	42	52.960	1.261		
Toplam	44	57.170			
Sıcaklık (°C)	2	6.373	3.187	2.63	0.084
Hata	42	50.797	1.209		
Toplam	44	57.170			

US ile muamelede hardaliye içeceğinin TMAB yükünün azalması üzerine enerji (W) faktörünün etkisi önemli olarak bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) ve US8 (762.51 W, 25 dk., 40 °C) uygulamaları incelendiğinde sadece enerji düzeyinin artırılması TMAB yükünde meydana gelen

azalma değerini 3.32 logaritmik birim değiştirmiştir. US ile muamelede artan enerji düzeylerine karşılık hardaliye ieğinin TMAB yükündeki ortalama azalmalarda mühim düzeyde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Sıcaklık düzeylerine bakıldığında TMAB yükünde en fazla azalma 40 °C US uygulamalarında gerçekleşirken, en az azalma 22 °C US uygulamalarında gerçekleşmiştir. Genel olarak bakıldığında, US işlemi bütün koşullarda hardaliye ieğinin başlangıç TMAB yükünde önemli düzeyde azalma meydana getirmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.24 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Toplam Maya ve Kf İnavasyonu zerine Etkisi

Hardaliye ieğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) koşulları sonrası elde edilen TMK sayımlarındaki azalmalar izelge 4.91’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TMK sayımında azalma değerleri  $0.43 \pm 0.031$  log kob/mL ile  $4.00 \pm 0.000$  log kob/mL arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.91.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye ieğinin toplam maya ve kf inaktivasyonu üzerine etkisi

Desen	Açıklayıcı değişkenler			Yanıt değişkeni
Deneme noktaları	Enerji (E, W)	Süre (t, dk.)	Sıcaklık (T, °C)	Azalan TMK (log kob/mL)
<b>Kontrol</b>	–	–	–	–
<b>US1</b>	1000.70	25	22	$2.40 \pm 0.000^d$
<b>US2</b>	762.51	45	22	$0.90 \pm 0.091^i$
<b>US3</b>	1207.50	25	40	$4.00 \pm 0.000^a$
<b>US4</b>	1000.70	25	22	$2.40 \pm 0.045^d$
<b>US5</b>	1207.50	45	22	$4.00 \pm 0.000^a$
<b>US6</b>	1000.70	45	40	$3.00 \pm 0.000^b$
<b>US7</b>	1000.70	5	40	$2.52 \pm 0.025^c$
<b>US8</b>	762.51	25	40	$1.56 \pm 0.040^g$
<b>US9</b>	1207.50	25	4	$4.00 \pm 0.000^a$
<b>US10</b>	762.51	5	22	$0.43 \pm 0.031^j$
<b>US11</b>	1207.50	5	22	$3.00 \pm 0.000^b$
<b>US12</b>	1000.70	5	4	$1.96 \pm 0.040^f$
<b>US13</b>	1000.70	25	22	$2.30 \pm 0.000^e$
<b>US14</b>	1000.70	45	4	$3.00 \pm 0.000^b$
<b>US15</b>	762.51	25	4	$1.28 \pm 0.020^h$

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

US ile muamele edilmeyen hardaliye ieeğinin başlangıç TMK popülasyonu  $4.00 \pm 0.100$  log kob/mL olarak kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan deney noktalarından US10 (762.51 W, 5 dk., 22 C)  $0.43 \pm 0.031$  ile en az logaritmik birimlik azalma değerine sahip olmuştur. TMK sayımında en fazla logaritmik birimlik azalma ise  $4.00 \pm 0.000$  ile US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 C), US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 C) ve US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 C) deney noktalarında tespit edilmiştir. Hardaliye ieeğinde US33, US5 ve US9 deney noktalarında TMK popülasyonunun tamamı elimine edildiğinden en iyi uygulamalar olarak belirlenmiştir. TMK yükünde bu  deney noktasını  $3.00 \pm 0.000$  log kob/mL azalma ile US6 (1000.70 W, 45 dk., 40 C), US11 (1207.50 W, 5 dk., 22 C) ve US14 (1000.70 W, 45 dk., 4 C) izlemiştir.

Kontrol grubu hariç 15 grup ortalamasının farklılığını araştırmak için yararlanılan tek yönlü varyans analizi sonucunda grup TMK popülasyonu azalma ortalamaları birbirinden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Sonuçlar incelendiğinde US3, US5 ve US9 koşullarında işlem gören rneğin TMK popülasyonundaki azalmalar birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). TMK popülasyonundaki azalmalar bakımından US6, US11 ve US14 deney noktaları da birbirinden farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kontrol grubuna göre yapılan karşılaştırmada en az azalmanın görüldüğü US10 koşullarında bile TMK popülasyonunda önemli düzeyde azalma sağlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

Her bir açıklayıcı değişkenin lineer düzeyinde TMK popülasyonunun azalması üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş olup azalan TMK yanıt değişkeni için istatistiki bulgular izelge 4.92’de verilmiştir.

**Çizelge 4.92.** Ultrasonikasyon ile işlenmiş hardaliye ieeğinin toplam maya ve kf inaktivasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Enerji (W)	2	44.078	22.0390	132.69	0.000
Hata	42	6.976	0.1661		
Toplam	44	51.054			
İşlem süresi (dk.)	2	3.843	1.921	1.71	0.193
Hata	42	47.211	1.124		
Toplam	44	51.054			
Sıcaklık (C)	2	2.634	1.317	1.14	0.329
Hata	42	48.421	1.153		
Toplam	44	51.054			



US ile muamelede hardaliye ieeğinin TMK yükünün azalması üzerine enerji (W) faktörünün etkisi önemli olarak bulunmuşken ( $p \leq 0.05$ ), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) faktörlerinin ayrı ayrı etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). US işleminde enerji düzeyi arttıa TMK inaktivasyonu da önemli ölçüde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Sıcaklık düzeylerine bakıldığında TMK yükünde en fazla azalma  $40^{\circ}\text{C}$  US uygulamalarında gerçekleşirken, en az azalma  $22^{\circ}\text{C}$  US uygulamalarında gerçekleşmiştir. Genele baktığımızda, en düşük işlem seviyelerinde US uygulamaları bile hardaliye ieeğinin TMK popülasyonunda anlamlı düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

#### **4.2.25 Ultrasonikasyon Uygulamalarının Duyusal zellikler zerine Etkisi**

Hardaliye ieeğine uygulanan farklı enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) koşulları sonrası elde edilen duyusal değerlendirme sonuçları izelge 4.93'te verilmiştir.

Bulanıklık-berraklık, matlık-parlaklık, renk yoğunluğu, parçacık-partikül durumu olarak belirlenen görsel değişkenler bakımından kontrol rneği ve US işlemi görmüş örnekler arasında anlamlı fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Kontrol rneği koku-aroma yönünden US işlemi gören örneklerden farklı çıkmamıştır ( $p > 0.05$ ). Yine kontrol rneği ile US işleminden geçen örnekler tipik hardaliye tadı, acı tad varlığı, ekşi tad varlığı, tatlılık ve ağızda bıraktığı his gibi belirlenen 5 tad parametresi bakımından karşılaştırılmış olup önemli düzeyde farklı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Genel olarak US ile muamele hardaliye ieeğinin görsellik, koku ve tad ile ilgili organoleptik özellikleri üzerinde önemli değişim meydana getirmemiştir ( $p > 0.05$ ).

**Çizelge 4.93.** Ultrasonikasyon koşullarının hardaliye içeceğinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi

Deneme noktaları	Bulanıklık Berraklık	Matlık Parlaklık	Renk yoğunluğu	Parçacık Partikül	Koku-aroma	Yoğunluk	Hardaliye tadı	Acı tad varlığı	Ekşi tad varlığı	Tatlılık	Ağızda bıraktığı his
<b>Kontrol</b>	6.96±0.523 <sup>a</sup>	6.88±0.637 <sup>a</sup>	8.42±0.556 <sup>a</sup>	8.20±0.636 <sup>a</sup>	6.85±1.198 <sup>a</sup>	7.69±0.715 <sup>a</sup>	7.90±0.799 <sup>a</sup>	7.18±0.893 <sup>a</sup>	6.82±0.501 <sup>a</sup>	7.45±0.673 <sup>a</sup>	7.20±0.133 <sup>a</sup>
<b>US1</b>	7.33±1.936 <sup>a</sup>	7.56±1.911 <sup>a</sup>	8.72±1.325 <sup>a</sup>	8.61±2.770 <sup>a</sup>	7.67±1.500 <sup>a</sup>	7.33±2.062 <sup>a</sup>	7.56±2.324 <sup>a</sup>	6.39±2.522 <sup>a</sup>	6.33±2.500 <sup>a</sup>	6.22±2.464 <sup>a</sup>	7.33±1.953 <sup>a</sup>
<b>US2</b>	7.33±2.179 <sup>a</sup>	7.28±2.181 <sup>a</sup>	8.83±1.601 <sup>a</sup>	8.50±2.750 <sup>a</sup>	8.11±1.577 <sup>a</sup>	8.00±2.031 <sup>a</sup>	7.22±1.922 <sup>a</sup>	7.50±2.107 <sup>a</sup>	6.44±2.480 <sup>a</sup>	6.78±1.202 <sup>a</sup>	7.11±1.816 <sup>a</sup>
<b>US3</b>	7.61±1.981 <sup>a</sup>	7.22±2.048 <sup>a</sup>	8.28±1.970 <sup>a</sup>	8.33±2.727 <sup>a</sup>	7.56±1.424 <sup>a</sup>	7.83±2.562 <sup>a</sup>	6.00±2.424 <sup>a</sup>	5.61±2.315 <sup>a</sup>	6.78±2.306 <sup>a</sup>	7.00±2.000 <sup>a</sup>	6.28±2.501 <sup>a</sup>
<b>US4</b>	7.44±2.157 <sup>a</sup>	7.00±2.574 <sup>a</sup>	9.17±0.829 <sup>a</sup>	7.94±3.020 <sup>a</sup>	7.17±2.278 <sup>a</sup>	8.00±1.803 <sup>a</sup>	6.44±1.878 <sup>a</sup>	5.72±2.563 <sup>a</sup>	6.50±3.010 <sup>a</sup>	5.78±2.108 <sup>a</sup>	6.72±2.033 <sup>a</sup>
<b>US5</b>	6.64±1.733 <sup>a</sup>	5.96±2.413 <sup>a</sup>	7.14±2.430 <sup>a</sup>	6.77±3.340 <sup>a</sup>	6.00±2.356 <sup>a</sup>	7.32±1.888 <sup>a</sup>	6.59±1.814 <sup>a</sup>	5.59±2.365 <sup>a</sup>	5.82±2.239 <sup>a</sup>	6.64±2.281 <sup>a</sup>	6.05±2.030 <sup>a</sup>
<b>US6</b>	7.05±2.006 <sup>a</sup>	7.36±1.832 <sup>a</sup>	8.41±1.114 <sup>a</sup>	7.86±2.531 <sup>a</sup>	7.77±1.835 <sup>a</sup>	7.18±2.101 <sup>a</sup>	7.32±1.471 <sup>a</sup>	6.27±2.582 <sup>a</sup>	6.36±2.146 <sup>a</sup>	6.91±1.800 <sup>a</sup>	7.18±1.722 <sup>a</sup>
<b>US7</b>	6.46±2.055 <sup>a</sup>	6.23±1.403 <sup>a</sup>	7.09±1.934 <sup>a</sup>	7.09±2.897 <sup>a</sup>	7.27±2.161 <sup>a</sup>	6.86±1.818 <sup>a</sup>	6.18±2.089 <sup>a</sup>	6.59±2.458 <sup>a</sup>	5.96±2.688 <sup>a</sup>	7.14±2.501 <sup>a</sup>	6.68±2.101 <sup>a</sup>
<b>US8</b>	6.41±2.333 <sup>a</sup>	7.36±2.038 <sup>a</sup>	8.14±1.485 <sup>a</sup>	7.86±2.618 <sup>a</sup>	8.05±2.006 <sup>a</sup>	7.64±2.637 <sup>a</sup>	7.86±1.583 <sup>a</sup>	6.91±2.914 <sup>a</sup>	6.00±2.674 <sup>a</sup>	7.91±1.411 <sup>a</sup>	7.86±1.485 <sup>a</sup>
<b>US9</b>	6.33±2.512 <sup>a</sup>	5.56±2.778 <sup>a</sup>	7.67±2.222 <sup>a</sup>	9.06±0.808 <sup>a</sup>	7.72±1.970 <sup>a</sup>	9.00±1.031 <sup>a</sup>	8.67±1.750 <sup>a</sup>	7.50±2.574 <sup>a</sup>	8.11±2.472 <sup>a</sup>	7.61±2.619 <sup>a</sup>	7.28±2.360 <sup>a</sup>
<b>US10</b>	7.00±2.136 <sup>a</sup>	6.50±2.525 <sup>a</sup>	8.28±2.347 <sup>a</sup>	8.33±2.121 <sup>a</sup>	6.67±3.200 <sup>a</sup>	8.94±0.768 <sup>a</sup>	8.72±1.660 <sup>a</sup>	7.78±2.279 <sup>a</sup>	7.50±2.062 <sup>a</sup>	7.72±2.412 <sup>a</sup>	7.39±2.447 <sup>a</sup>
<b>US11</b>	6.89±2.356 <sup>a</sup>	6.83±2.669 <sup>a</sup>	7.94±2.674 <sup>a</sup>	8.50±2.358 <sup>a</sup>	8.56±1.333 <sup>a</sup>	8.83±0.901 <sup>a</sup>	8.72±1.660 <sup>a</sup>	7.89±2.315 <sup>a</sup>	8.22±1.394 <sup>a</sup>	8.17±1.768 <sup>a</sup>	8.11±1.691 <sup>a</sup>
<b>US12</b>	6.67±2.278 <sup>a</sup>	5.78±2.238 <sup>a</sup>	7.72±2.279 <sup>a</sup>	9.22±0.667 <sup>a</sup>	8.11±1.900 <sup>a</sup>	8.89±0.993 <sup>a</sup>	8.61±1.557 <sup>a</sup>	7.83±1.714 <sup>a</sup>	8.11±1.453 <sup>a</sup>	7.94±1.424 <sup>a</sup>	8.33±1.458 <sup>a</sup>
<b>US13</b>	8.05±1.387 <sup>a</sup>	7.73±1.191 <sup>a</sup>	7.77±1.057 <sup>a</sup>	7.96±1.128 <sup>a</sup>	7.64±1.098 <sup>a</sup>	7.82±1.189 <sup>a</sup>	8.27±1.170 <sup>a</sup>	8.14±1.206 <sup>a</sup>	7.96±1.313 <sup>a</sup>	8.46±0.688 <sup>a</sup>	8.32±0.956 <sup>a</sup>
<b>US14</b>	8.00±1.304 <sup>a</sup>	7.55±2.055 <sup>a</sup>	7.68±2.040 <sup>a</sup>	8.27±1.009 <sup>a</sup>	7.86±1.451 <sup>a</sup>	8.55±0.879 <sup>a</sup>	7.68±1.031 <sup>a</sup>	8.18±0.717 <sup>a</sup>	7.86±0.778 <sup>a</sup>	8.14±0.977 <sup>a</sup>	8.00±1.396 <sup>a</sup>
<b>US15</b>	8.52±1.468 <sup>a</sup>	8.32±1.505 <sup>a</sup>	8.36±1.267 <sup>a</sup>	8.50±1.396 <sup>a</sup>	8.77±1.034 <sup>a</sup>	8.50±0.922 <sup>a</sup>	8.23±1.009 <sup>a</sup>	7.27±1.170 <sup>a</sup>	7.73±1.104 <sup>a</sup>	7.91±0.944 <sup>a</sup>	7.82±1.146 <sup>a</sup>

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). US: Ultrasonikasyon

#### 4.2.26 Ultrasonikasyon Uygulamalarında Yanıt Değişkenleri Arasındaki Korelasyon

US ile işlenen hardaliye içeceğinde ölçülen yanıt değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki, Minitab 17 istatistik programı ile korelasyon matrisi oluşturularak belirlenmiştir. US ile muamele edilen hardaliye içeceğine ait TFM, TAA, TMA, indirgen şeker ve renk yoğunluğu (IC) değerleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri Çizelge 4.94'te verilmiştir.

**Çizelge 4.94.** Ultrasonikasyon ile işlenen hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin, indirgen şeker ve renk yoğunluğu (IC) değerlerine ilişkin korelasyon matrisi

	TFM (mg/L)	TAA (%)	TMA (mg/L)	İndirgen şeker (g/L)
TAA (%)	0.291			
	0.042			
TMA (mg/L)	<b>0.732</b>	0.212		
	0.000	0.143		
İndirgen şeker (g/L)	0.095	-0.328	0.128	
	0.519	0.023	0.387	
Renk yoğunluğu (IC)	<b>0.834</b>	0.087	<b>0.898</b>	0.296
	0.000	0.552	0.000	0.041

US verilerinin analizi sonucunda hardaliye içeceğinin TMA içeriği ile TFM içeriği arasında ( $r=0.732$ ,  $p\leq 0.05$ ), renk yoğunluğu (IC) ile TFM içeriği arasında ( $r=0.834$ ,  $p\leq 0.05$ ) ayrıca renk yoğunluğu (IC) ile TMA içeriği arasında ( $r=0.898$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır.

YHB uygulamalarının sonucunda olduğu gibi US uygulamalarının sonucunda da hardaliye içeceğinin bulanıklık düzeyi (NTU) ve toplam asitliği arasında ( $r=0.446$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, nisbeten zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon;  $C^*$  ile  $a^*$  değeri arasında ( $r=0.999$ ,  $p\leq 0.05$ ) ve  $h^0$  ile  $b^*$  değeri arasında ( $r=0.925$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, çok kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> ile %OY<sub>520</sub> değeri arasında ( $r=-0.679$ ,  $p\leq 0.05$ ) negatif yönlü, nisbeten kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır. Ayrıca azalan

TMK değeri ile azalan TMAB değeri arasında ( $r=0.968$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif yönlü, çok kuvvetli ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon tespit edilmiştir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve sonuçlar ışığında geliştirilen öneriler aşağıda özetlenmiştir.

1. YHB işlemi hardaliye içeceğinin pH, toplam asitlik (g/L) ve °Briks değerinde önemli düzeyde değişime neden olmamıştır ( $p>0.05$ ). YHB işlemi hardaliye içeceğinin kondaktivite (mS/cm) değerinde ise önemli düzeyde artış meydana getirmiştir ( $p\leq 0.05$ ) ve bu artış özellikle işlem sıcaklığı ile ilişkili bulunmuştur.

2. US işleminin hardaliye içeceğinin pH, toplam asitlik (g/L), °Briks ve kondaktivite (mS/cm) değerlerine etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

3. Hem YHB işlemi hem de US işlemi hardaliye içeceğinin bulanıklık düzeyinde mühim düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p\leq 0.05$ ). YHB işlemi için basınç (MPa), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin; US işlemi için enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin bulanıklık düzeyine lineer etkisi önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

4. YHB işleminin hardaliye içeceğinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$  ve  $\Delta E$  renk parametreleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

5. US işleminin ise hardaliye içeceğinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $C^*$ ,  $\Delta E$  renk parametreleri üzerine etkisi önemsiz olarak tespit edilmişken ( $p>0.05$ );  $b^*$  ve  $h^0$  renk parametreleri üzerine etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ).

6. YHB uygulamaları hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde içeriğinde (mg/L), toplam antioksidan aktivite değerinde (%), toplam monomerik antosiyanin (mg/L) ve indirgen şeker içeriğinde (g/L) kayda değer değişim meydana getirmemiştir ( $p>0.05$ ).

7. US işleminin hardaliye içeceğinin toplam fenolik madde (mg/L) ve toplam monomerik antosiyanin içeriği (mg/L) üzerine etkisi önemsiz bulunurken ( $p>0.05$ ) toplam antioksidan aktivite değeri (%) ve indirgen şeker içeriği (g/L) üzerine etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). US ile işlemde hardaliye içeceğinin toplam antioksidan aktivite değeri (%) ve indirgen şeker içeriği (g/L) üzerine enerji (W), işlem süresi (dk.) ve sıcaklık (°C) faktörlerinin ayrı ayrı etkileri önemli olarak saptanmıştır.

( $p \leq 0.05$ ). Bu etki, toplam antioksidan aktivite değeri (%) için artış indirgen şeker içeriği (g/L) için ise azalış şeklinde gerçekleşmiştir.

8. YHB işleminde hardaliye içeceğinin renk yoğunluğu (IC), renk tonu ve %OY<sub>420</sub> değerinde mühim düzeyde değişim tespit edilmezken ( $p > 0.05$ ), %OY<sub>520</sub> ve %OY<sub>620</sub> değerinde meydana gelen değişim anlamlı bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). YHB uygulaması %OY<sub>520</sub> değerinde artışa %OY<sub>620</sub> değerinde ise azalışa neden olmuştur.

9. US işleminin hardaliye içeceğinin %OY<sub>620</sub> değerine etkisi önemsiz bulunurken ( $p > 0.05$ ); renk yoğunluğu (IC), renk tonu, %OY<sub>420</sub> ve %OY<sub>520</sub> değerlerine etkisi önemli düzeyde tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). US uygulaması YHB uygulamasında olduğu gibi %OY<sub>520</sub> değerinde artış meydana getirmiştir.

10. Başlangıç TMAB yükü  $5.10 \pm 0.015$  log kob/mL olan hardaliye içeceğinin YHB ile pastörizasyonunda YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktalarında tamamen inaktivasyon sağlanmış olup en iyi uygulamalar olarak belirlenmiştir. En düşük işlem seviyeleri YHB uygulamalarında bile hardaliye içeceğinin TMAB yükü anlamlı düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ). YHB işleminde basınç düzeyi arttıkça TMAB inaktivasyonu da önemli ölçüde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). İşlem süresi arttıkça TMAB inaktivasyonu da artmıştır, fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). YHB ile muamelede hardaliye içeceğinin TMAB yükü azalması üzerine sıcaklık faktörünün etkisi önemli bulunmuş olup en fazla logaritmik birimlik azalma 40 °C YHB uygulamalarında gerçekleşmiştir.

11. Başlangıç TMK yükü  $4.21 \pm 0.036$  log kob/mL olan hardaliye içeceğinin YHB ile pastörizasyonunda YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB7 (500 MPa, 3 dk., 22 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C), YHB11 (500 MPa, 15 dk., 22 °C) ve YHB14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) deney noktalarında tamamen inaktivasyon sağlanmış olup en iyi uygulamalar olarak belirlenmiştir. En düşük işlem seviyeleri YHB uygulamalarında bile hardaliye içeceğinin TMK yükü anlamlı düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p \leq 0.05$ ). YHB ile muamelede basınç düzeyi arttıkça TMK yükünde azalma da önemli düzeyde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). İşlem süreleri arttıkça ortalama TMK yükünde azalma da artmış fakat bu artış istatistiksel olarak anlam ifade etmemiştir ( $p > 0.05$ ). En az azalmanın tespit edildiği 22 °C YHB uygulamalarında dahi hardaliye içeceğinin başlangıç TMK popülasyonu önemli düzeyde yok edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

12. Hardaliye ieeğinin YHB ile pastörizasyonunda hem TMAB hem de TMK inaktivasyonu için en iyi uygulamalar YHB3 (350 MPa, 15 dk., 40 °C), YHB9 (500 MPa, 9 dk., 4 °C) ve YHB 14 (500 MPa, 9 dk., 40 °C) olarak tespit edilmiştir.

13. US ile pastörizasyonda hardaliye ieeğinin  $4.84\pm 0.053$  log kob/mL olan başlangıç TMAB popülasyonu US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) koşullarında tamamen yok edilmiş olup en iyi uygulama olarak belirlenmiştir. US işlemi değişkenlerin bütün seviyeleri hardaliye ieeğinin başlangıç TMAB yükünde önemli düzeyde azalma meydana getirmiştir ( $p\leq 0.05$ ). US ile muamelede artan enerji düzeylerine karşılık hardaliye ieeğinin TMAB yükündeki ortalama azalmalarda mühim düzeyde artmıştır ( $p\leq 0.05$ ).

14. US ile pastörizasyonda hardaliye ieeğinin  $4.00\pm 0.100$  log kob/mL olan başlangıç TMK popülasyonu US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C), US5 (1207.50 W, 45 dk., 22 °C) ve US9 (1207.50 W, 25 dk., 4 °C) koşullarında tamamen yok edilmiş olup en iyi uygulamalar olarak tespit edilmiştir. En düşük işlem seviyeleri US uygulamalarında bile hardaliye ieeğinin TMK popülasyonu anlamlı düzeyde azalma ile sonuçlanmıştır ( $p\leq 0.05$ ). US işleminde enerji düzeyi arttıkça TMK inaktivasyonu da önemli ölçüde artmıştır ( $p\leq 0.05$ ). İşlem süresi arttıkça TMK popülasyonunda azalma da artmıştır, fakat bu artış istatikselsel olarak kayda değer bulunmamıştır ( $p> 0.05$ ). Sıcaklık düzeylerine bakıldığında, TMK yükünde en fazla azalma 40 °C US uygulamalarında gerçekleşirken en az azalma 22 °C US uygulamalarında gerçekleşmiştir.

15. Hardaliye ieeğinin US ile pastörizasyonunda hem TMAB hem de TMK inaktivasyonu için en iyi uygulama US3 (1207.50 W, 25 dk., 40 °C) olarak belirlenmiştir.

16. Hardaliye ieeğinin hem YHB hem de US teknolojisi ile pastörizasyonu için belirlenen aynı deney noktasında TMK yükünde TMAB yükünden daha fazla azalma gerçekleşmiştir. TMK yükünün tamamen inaktivasyonun sağlandığı deney noktası sayısı daha fazla olup sonuçlar mikroorganizmaların geleneksel ısıl işlemlere karşı göstermiş oldukları direnç ile benzer eğilim göstermiştir. Bu durum, hardaliye ieeğinde bulunması muhtemel laktik asit bakterilerinin kalın peptidoglikan tabakasına sahip hücre duvarı yapısı ile ilişkilendirilmiştir.

17. Hardaliye ieeğinin düşük pH içeriği nedeni ile zaten kısıtlı olan mikroorganizma yükü hem YHB hem de US ile kolayca inaktive edilebilmiştir ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından meyve suları için belirlenen gerekli pastörizasyon normu (5 log azalma) sağlanmıştır.

18. Hardaliye ieeğinin hem YHB hem de US teknolojisi ile pastörize edilebileceğinin tespit edilmesi ile bu fermente ieeğin endüstriyel üretiminde kullanılan sodyum benzoat ve/veya potasyum sorbat gibi toksisitesi yüksek katkı maddeleri kullanımının bertaraf edilebileceği veya kullanım miktarlarının azaltılabileceği ngrlmştir.

19. Viskozitesi yüksek ortamlarda US difüzyonu kolaylıkla engellenebilmekte ve bu durumda meydana gelen kavitasyonun etkinliği azalmaktadır. Hardaliye ieeğinin viskoz yapıda olmaması bu ürünün US ile prosesinde avantaj sağlamıştır.

20. US verilerinin analizi sonucunda hardaliye ieeğinin toplam monomerik antosiyanin içeriği ile toplam fenolik madde içeriği, renk yoğunluğu (IC) ile toplam fenolik madde içeriği ayrıca renk yoğunluğu (IC) ile toplam monomerik antosiyanin içeriği ilişkili bulunmuştur.

21. Hem YHB hem de US işlemi hardaliye ieeğinin renk yoğunluğu, parçacık-partikül durumu, koku-aroma, acı tad, ekşi tad vb. duyuşal özellikleri üzerine önemli düzeyde değişime neden olmamıştır. YHB veya US ile muamele edilen hardaliye ieeği duyuşal özellikler açısından da kabul grmştir.

22. Bu alışma kapsamında hardaliye ieeğinin prosesinde YHB ve US teknolojilerinin ikisinde de olumlu sonuçlar elde edilmesine karşın daha fazla mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması ve fizikokimyasal özelliklerde minimum değişimlerin gözlemlenmesi nedeni ile bu ürün için YHB teknolojisi daha etkin olarak tespit edilmiştir. Yine US sisteminin etkinliğinin işlenen ürünün miktarına bağlı olması ve ürünün giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki farkın daha fazla olması YHB teknolojisini ön plana çıkartmıştır.

23. Hardaliye ieeğinin düşük pH içeriğine ( $\leq 4.5$ ) ve yüksek şeker konsantrasyonuna sahip olması nedeni ile bu üründe istenmeyen mayaların çoğalma olasılığı yüksektir. Hardaliye ieeğinde daha önce yapılan mikrobiyolojik çalışmalar daha çok



fermantasyona aynı zamanda bozulmaya da neden olan laktik asit bakterilerinin tanımlanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle ileri araştırmalarda, hardaliye ieeğinin doğal florasında bozulmaya neden olabilecek istenmeyen mayaların tanımlanması faydalı olacaktır.

24. Hardaliyenin yenilikçi proses teknolojileri ile pastörizasyonunun konu alınacağı ileri çalışmalarda raf ömrü çalışmalarına yer verilmesi bu teknolojilerin potansiyelinin daha net olarak belirlenmesi açısından önemlidir.



## 6. KAYNAKLAR

- Adams MR and Marteau P (1995) “On The Safety of Lactic Acid Bacteria From Food”, *Journal Food Microbiology*, 27: 263-264.
- Ağçam E (2017), Hidrostatik Basınç, Ultrasonikasyon, Enzimasyon ve Isıtma Yöntemlerinin Siyah Havuç Posasından Antosiyaninlerin Geri Kazanımı ve Kalitesi Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Akalın AC (2011) Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alpas H, Kalchayanand N, Bozoğlu F, Sikes A, Dunne CP and Ray B (1999) “Variation in Resistance to Hydrostatic Pressure Among Strains of Food Borne Pathogens”, *Applied and Environmental Microbiology*, 65(9): 4248-4251.
- Altay F, Karbancıoğlu-Güler F, Daskaya-Dikmen C and Heperkan D (2013) “A Review on Traditional Turkish Fermented Non-Alcoholic Beverages: Microbiota, Fermentation Process and Quality Characteristics”, *International Journal of Food Microbiology*, 167(1): 44-56.
- Amoutzopoulos B (2013) Sağlıklı Bireylerde Geleneksel Üzüm içeceği Hardaliyenin Serum Antioksidan ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ananta E, Voigt D, Zenker M, Heinz V and Knorr D (2005) “Cellular Injuries Upon Exposure of *Esherichia coli* and *L. rhamnosus* to High-Intensity Ultrasound”, *Journal Applied Microbiology*, 99: 271-278.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Helrich K (ed.), Volume 1 and Volume 2, 15th Edition, Arlington, Virginia 22201 USA.
- Arıcı M ve Coşkun F (2001) “Hardaliye: Fermented Grape Juice As A Traditional Turkish Beverage”, *Food Microbiology*, 18: 417-421.
- Arıcı M, Coşkun F, Çelikyurt G, Mırık M, Gülcü M and Tokatlı N (2014) “Some Technological and Functional Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated From Hardaliye”, *Journal of Agricultural Sciences*, 23: 428-437.
- Award TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D and Youssef MM (2012) “Applications of Ultrasound in Analysis Processing and Quality Control of Food: A Review”, *Food Research International*, 48: 410-427.
- Aydoğdu H, Yıldırım Ş, Durgun T ve Halkman AK (2014) “A Study on Production and Quality Criteria of Hardaliye; A Traditional Drink From Thrace Region of Turkey”, *Gıda*, 39(3): 139.145.

- Balasubramanian S and Balasubramaniam VM (2003) “Compression Heating Influence of Pressure Transmitting Fluids on Bacteria Inactivation During High Pressure Processing”, *Food Research International*, 36(7): 661-668.
- Balasubramaniam VM and Farkas D (2008) “High Pressure Processing”, *Food Science and Technology*, 14(5): 413-418.
- Başlar M (2011) *Ultrases, Fotosonikasyon ve Vurgulu Elektiksel Alan İşlemlerinin Elma Suyunun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Başıyığıt Kılıç G, Ağdaş K, Gül Karahan A and Çakmakçı ML (2015) “Effect of *Lactobacillus plantarum* AK4-11 and Different Grape Varieties on the Properties of Hardaliye”, *Journal of Agricultural Science*, 22: 512-521.
- Bayram M, Kaya C, İlhan M, Akın G ve Etdöğner R (2015) “Geleneksel Yöntemle Müşküle Üzümünden Üretilen Hardaliyenin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Akademik Gıda*, 13(2): 119-126.
- Boekhout T and Robert V (2002), *Yeast In Food*, CRC Press, US, 488 p.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C (1995) “Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity”, *Lebenson Wiss Technology*, 28: 25-30.
- Bravo L (1998) “Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism and Nutritional Significance”, *Nutrition Reviews*, 56(10): 317-333.
- Canbaş A (2003) *Şarap Teknolojisi Ders Notları*, Adana.
- Castilla P, Echarri R, Davalos A, Cerrato F, Ortega H, Teruel JL vd. (2006) “Concentrated Red Grape Juice Exerts Antioxidant, Hypolipidemic, and Antiinflammatory Effects in Both Hemodialysis Patients and Healthy Subjects”, *American Journal of Clinical Nutrition*, 84(1): 252-262.
- Cemeroğlu B ve Acar J (1986) *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 512 s.
- Cemeroğlu B ve Karadeniz F (2001) *Meyve ve Suyu Üretim Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 384 s.
- Cemeroğlu B (2010) *Gıda Analizleri*, 2. Baskı, Gıda teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 657 s.
- Chang YH, Wu SJ, Chen BY, Huang HW and Wang CY (2017) “Effect of High Pressure Processing and Thermal Pasteurization on Overall Quality Parameters of White Grape Juice”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10): 3166-3172.
- Chauhan OP (2019) *Non-Thermal Processing of Foods*, CRC Press, Boca Raton, US, 476 p.

- Cheftel JC (1995) "High Pressure, Microbial Inactivation and Food Preservation", Food Science and Technology International 1: 75-90.
- Chiva-Blanch G and Visioli F (2012) "Polyphenols and Health: Moving Beyond Antioxidants", Journal of Berry Research, 2(2): 63-71.
- Coşkun F (2001) Hardaliye Üretim Teknolojisi Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Coşkun F and Arıcı M (2006) "The Effects of Using Different Mustard Seeds and Starter Cultures on Some Properties of Hardaliye", Annals of Microbiology, 56: 335.
- Coşkun F ve Arıcı M (2011) "Hardaliyenin Bazı Özellikleri Üzerine Farklı Hardal Tohumları ve Üzüm Çeşitleri Kullanımının Etkisi", Akademik Gıda, 9(3): 6-11.
- Coşkun F (2012) "Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Hardaliyenin Bazı Özelliklerinde Depolama Sonunda Meydana Gelen Değişmeler", Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty 9(3): 62-67.
- Coşkun F (2017) "A Traditional Turkish Fermented Non-Alcoholic Grape-Based Beverage, Hardaliye", Beverages, 3(2): 1-11.
- Covas MI, Gambert P, Fito M ve de la Torre R (2010) "Wine and Oxidative Stress: Up-To-Date Evidence of the Effects of Moderate Wine Consumption on Oxidative Damage in Humans", Atherosclerosis, 208(2): 297-304.
- Cullen PJ, Tiwari BK and Valdramidis VP (2012) Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods, 1. Baskı, Academic Press, London, UK, 526 p.
- Çağındı Ö (2016) "Mikroalga Uygulamasının Kırmızı Üzüm Suyunun Antosiyanin İçeriği ile Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi", Akademik Gıda, 14(4): 356-361.
- Çakmakçı ML, Karahan AG ve Çakır İ (2011) Mikrobiyoloji, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 197 s.
- Çetin ES, Babalık Z ve Göktürk Baydar N (2012) "Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Tanelerdeki Toplam Karbonhidrat, Fenolik Madde, Antosiyanin,  $\beta$ -Karoten ve C Vitamini İçeriklerinin Belirlenmesi", IV. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 3-5 Ekim 2012, Antalya, Türkiye.
- De Castro MDL and Capote FP (2006) Introduction: Fundamentals of Ultrasound and Basis of Its Analytical Uses, In: Analytical Applications of Ultrasound, Elsevier, Oxford.
- Demirdöven A and Baysal T (2009) "The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation", Food Reviews International, 25(1): 1-11.

- Dinçer C (2014) Ultrases Pastörizasyon ve Membran Konsantrasyon Yöntemlerinin Karadut (*Morus nigra L*) Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Dinçer C ve Topuz A (2018) “Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı”, Gıda, 43(4): 569-581.
- Drakopoulous S, Terzakis S, Fountoulakis MS, Mantzavinos D and Manios D (2009) “Ultrasound-Induced Inactivation of Gram Negative and Gram Positive Bacteria in Secondary Treated Municipal Wastewater”, Ultrasonics Sonochemistry, 16: 629-634.
- Elamin WM, Endan JB, Yosuf YA, Shamsudin R and Ahmedov A (2015), “High Pressure Processing Technology and Equipment Evolution: A Review”, Journal of Engineering Science and Technology Review, 8(5): 75-83.
- Erkmen O (2017) Gıda Mikrobiyolojisi, 5. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara, 550 s.
- Ertugay MF and Başlar M (2014) “The Effect of Ultrasonic Treatments on Cloudy Quality -Related Quality Parameters in Apple Juice”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1-28.
- Evren M (2009) Gıda Mikrobiyolojisi 2 Ders Notları, Samsun.
- Evrendilek GA, Mehmetoğlu AÇ, Coşansu S ve Erkmen O (2017) Yeni Yöntemlerle Gıdaların Korunması, Gıda Mikrobiyolojisi, 5. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara.
- Faikoğlu F, Yavaş H, Gürbüz O ve İstek N (2016) “Geleneksel İçeceğimiz Hardalienenin Fenolik Bileşiklerinin Araştırılması”, Journal of Food and Feed Science Technology, 16: 16-23.
- FAO (2017) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, 9 Şubat 2019.
- Farkas DF and Hoover DG (2000) “High Pressure Processing. In: Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies”, Journal of Food Science Special Supplement, 65: 47-64.
- Feng H and Yang W (2005) Power Ultrasound, In: Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Hui YH (ed.), CRC Press, New York.
- Gülcü M, Demirci AŞ ve Güner KG (2008) “Siyah Üzüm; Zengin Besin İçeriği ve Sağlık Açısından Önemi”, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Türkiye.
- Gülcü M (2016) Bazı Üzüm Çeşitlerinin Resveratrol ve Biyoaktif Özelliklerine Ürün İşleme ve Depolamanın Etkisi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Gülcü M ve Dağlıoğlu F (2018) “Kırmızı Üzüm Suyu Üretim Sürecinde Resveratrol Miktarı ve Biyoaktif Özelliklerde Meydana Gelen Değişimler”, Gıda, 43(2): 321-332.
- Gültekin NB (2012) Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on Some Quality Properties, Squeezing Pressure Effect and Shelf Life of Pomegranate (*Punica granatum*) Juice Against Thermal Treatment, Middle East Technical University, The Degree of Master of Science in Food Engineering, Ankara.
- Heinz V and Knorr D (1998) High Pressure Germination and Inactivation Kinetics of Bacterial Spores, In: High Pressure Food Science, Bioscience and Chemistry, Issacs NS (ed.), The Royal Soc. Chem., Cambridge, UK.
- Hite BH (1899) “The Effect of Pressure in the Preservation of Milk” Bull. West Virginia University Agricultural Experimental Station, 58: 15-35.
- Hwang J, Kim JC, Moon H, Yang JY and Kim M (2017) “Determination of Sodium Contents in Traditional Fermented Foods in Korea”, Journal of Food Composition and Analysis, 56: 110-4.
- Hwanhlem N, Ivanova T, Haertle T, Jaffres E and Dousset X (2017) “Inhibition of Food Spoilage and Foodborne Pathogenic Bacteria by a Nisin Z-Producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* KT2W2L” LWT-Food Science and Technology 82: 170-175.
- Issacs NS and Chilton P (1995) Microbial Inactivation Mechanisms, In: High Pressure Processing of Foods, Ledward DA, Johnston DE, Earnshaw RG and Hastings AMP (eds.), Nottingham University Press, Nottingham.
- İbanoğlu E (2002) “Gıdalarda Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulaması”, Gıda, 27(6): 505-510.
- Jackson RS (2003) Grapes, In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Ed: Trugo L, Finglas PM, Academic Press, pp. 2957-2967.
- Jaeger H, Reineke K, Schoessler K and Knorr D (2012) Effects of Emerging Processing Technologies on Food Material Properties, Food Materials Science and Engineering, Wiley-Blackwell, New York, pp. 222-262.
- Jambrak AR, Gracin L, Juretic H, Dobrovic S, Barukcic I, Grozdanovic M and Smoljanic G (2015) “Influence of High Power Ultrasound on *Brettanomyces* on Lactic Acid Bacteria in Wine in Continuous Flow Treatment”, Applied Acoustics, 1-5.
- Kaletunç G (2009) “Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler”, Bilim ve Teknik, 60-63.
- Karaoğlu HA (2013) Şalgam Suyunda Bozulma Yapan Mayaların Atımlı UV Işık ile İnaktivasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

- Kılıç S (2013) Siyah Üzüm Suyunda Biyoaktif Bileşikler ve Antioksidan Aktivitenin Proses ve Depolamada Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koutchma T (2014) Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations, Academic Press, London, UK, 67 p.
- König H, Uden G and Frölich J (2009) Biology of Microorganisms on Grapes in Must and in Wine, Hardcover, Germany.
- Le Chatelier HL (1884) “A General Statement of the Laws of Chemical equilibrium”, Comptes Rendus, 99: 786-789.
- Lee J, Durst RW and Wrolstad RE (2005) “Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study”, Journal of AOAC International, 88: 1269-1278.
- Mason TJ (1998) Power Ultrasound in Food Processing the Way Forward, In: Ultrasound in Food Processing, Povey MJW and Mason TJ (eds.), Blackie Academic & Professional, London.
- Mason TJ and Lorimer JP (2002) The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing, Applied Sonochemistry, Wiley-VCH, Weinheim.
- Mbaeyi-Nwaoha IE and Ajumobi CN (2013) “Production and Microbial Evaluation of Table Wine From Tamarind (*Tamarindus indica*) and Soursop (*Annona muricata*)”, Journal Food Science Technology.
- McClements MJ, Patterson MF, and Linton M (2001) “The Effect of Growth Stage and Growth Temperature in High Hydrostatic Pressure Inactivation of Some Psychrotrophic Bacteria in Milk”, Journal of Food Protection, 64: 625-637.
- Mert M (2010) Effect of High Hydrostatic Pressure on Microbial Load and Quality Parameters of Grape Juice, Middle East Technical University, The Degree of Master of Science in Food Engineering, Ankara.
- Mertens B and Deplace G (1993) “Engineering Aspects of High Pressure Technology in the Food Industry”, Food Technology, 47(6): 164-167.
- Mertens B (1995) Hydrostatic Pressure Treatment of Food: Equipment and Processing, New Methods of Food Preservation, Springer, Newyork.
- Miller GL (1959) “Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar”, Analytical Chemistry, 31(3): 426-428.
- Morata A, Loira I, Vejarano R, Banuelos MA, Sanz PD, Otero L and Suarez-Lepe JA (2014) “Grape Processing By High Hydrostatic Pressure: Effect on Microbial Populations, Phenol Extraction and Wine Quality”, Food Bioprocess Technology.

- Niki E (2011) "Antioxidant Capacity: Which Capacity and How to Assess It?", *Journal of Berry Research*, 1(4): 169-176.
- Nizamlıoğlu NM ve Nas S (2010) "Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri", *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1): 20-35.
- Nuraida L (2015) "A review: Health Promoting Lactic Acid Bacteria in Traditional Indonesian Fermented Foods", *Food Science and Human Wellness*, 4(2): 47-55.
- O'Donnell CP, Tiwari BK, Bourke P and Cullen PJ (2010) "Effect of Ultrasonic Processing on Food Enzymes of Industrial Importance", *Trends Food Science Technology*, 21(7): 358-367.
- Okcu G (2011) *Geleneksel Olarak Üretilen Şalgam Suyundan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Tanımlanması ve Fenolik Asit Dekarboksilaz Enzim Üreten Suşların Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Otohinoyi DA, Ekpo O and Ibraheem O (2014) "Effect of Ambient Temperature Storage on 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) as a Free Radical for the Evaluation of Antioxidant Activity", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(3): 1262-1268.
- Özçelik B, Lee JH and Min DB (2003) "Effects of Light, Oxygen and pH on the Absorbance of 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl", *Journal of Food Science*, 68(2): 487-490.
- Özer Özhan N (2009) *Şalgam Suyunun Raf Ömrünün Uzatılması için Bozulma Etmeni Yabancı Mayaların Isıl İşlem ile İnaktivasyonu, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.*
- Özlu H ve Atasever M (2007) "Gıdalarda Yüksek Basınç Uygulaması", *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(1): 7-27.
- Öztunç S (1940) *Türkiye'de Meyvelerin Şıra Halinde Kıymetlendirilmesi ve Hardaliye*", *Ziraat Sanatları Kürsüsü (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.*
- Pala ÇU, Zorba NND and Özcan G (2015) "Microbial Inactivation and Physicochemical Properties of Ultrasound Processed Pomegranate Juice", *Journal of Food Protection*, 78(3): 531-539.
- Park YK, Lee SH, Park E, Kim JS and Kang MH (2009) "Changes in Antioxidant Status, Blood Pressure, and Lymphocyte DNA Damage from Grape Juice Supplementation", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1171: 385-390.



- Patil VK, Chakrawar VR, Narwadkar PR and Shinde GS (1995) Grape, In: Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing, Salunkhe DK and Kadam SS (eds.), CRC Press, New York, pp. 7-38.
- Patterson MF (2005) "Microbiology of Pressure-Treated Foods: A Review", Journal of Applied Microbiology, 98: 1400-1409.
- Povey MJW and Mason T (1998) Ultrasound in Food Processing, Blackie Academic & Professional, London.
- Rao PS, Chakraborty S, Kaushik N, Pal Kaur B and Swami Hulle NR (2014) High Hydrostatic Pressure Processing of Food Materials, In: Introduction to Advanced Food Process Engineering, Sahu JK (ed.), CRC Press, London, UK, pp. 151-185.
- Ribereau-Gayon P, Glories Y, Maujean A and Dubourdieu D (2000) Handbook of Enology, Volume 2, The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, John Wiley and Sons Ltd.
- Robbins RJ (2003) "Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology", Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51(10): 2866-2887.
- Saldamlı İ (2007) Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 587 s.
- Santos HM and Capelo JL (2007) "Trends in Ultrasonic-Based Equipment For Analytical Sample Treatment", Talanta, 73(5): 795-802.
- Santos MC, Nunes C, Cappelle J, Gonçalves FJ, Rodrigues A, Saraiva JA and Coimbra MA (2013) "Effect of High Pressure Treatments on the Physicochemical Properties of A Sulfur Dioxide-Free Red Wine", Food Chemistry, 1-22.
- Seeram NP, Aviram M, Zhang Y, Henning SM, Feng L, Dreher M and Heber D (2008) "Comparison of Antioxidant Potency of Commonly Consumed Polyphenol-Rich Beverages in the United States", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(4): 1415-1422.
- Silva EK, Monteiro SHMC, Alvarenga VO, Moraes J, Freitas MQ, Silva MC, Raices RSL, Sant'Ana AS, Meireles MAA and Cruz AG (2017) "Effects of Ultrasound Energy Density on the Non-Thermal Pasteurization of Chocolate Milk Beverage", Ultrasonics Sonochemistry, 1-40.
- Smelt JPPM (1998) "Recent Advances in the Microbiology of High Pressure Processing", Trends in Food Science and Technology, 9: 152-158.
- Soleas GJ, Diamandis EP and Goldberg DM (1997) "Wine as a Biological Fluid: History, Production and Role in Disease Prevention", Journal of Clinical Laboratory Analysis, 11: 287-313.
- Soysal Ç ve Ercan SŞ (2011) "Ultrasonun Gıdalarda ve Enzimlerin İnaktivasyonunda Kullanılması", Gıda, 36(4): 225-231.

- Spanos GA and Wrolstad RE (1990) "Influence of Processing and Storage on the Phenolic Composition of Thompson Seedless Grape Juice", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1565-1571.
- Sun BS, Pinto T, Leandro MC, Ricardo-Da-Silva JM and Spranger MI (1999) "Transfer of Catechins and Proanthocyanidins from Solid Parts of the Grape Cluster into Wine", *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(2): 179-184.
- Sun B, Spranger I, Roque-do-Vale F, Leandro C and Belchior P (2001) "Effect of Different Winemaking Technologies on Phenolic Composition in Tinta Miuda Red Wines", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12): 5809-5816.
- Suslick KS (1990) *Sonochemistry*, Science, 247: 1439-1445.
- Şanal İS ve Çalılımlı A (2000) "Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisi ve Gıda Endüstrisinde Uygulamaları", *Gıda*, 25(3): 193-201.
- Şanlıer N, Gökçen BB and Sezgin AC (2017) "Health Benefits of Fermented Foods", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0: 1-22.
- Şengül M, Erkaya T, Başlar M and Ertugay MF (2011) "Effect of Photosonication on Inactivation of Total and Coliform Bacteria in Milk", *Food Control*, 22(11): 1803-1806.
- Tamang JP and Kailasapathy K (2010) *Fermented Foods and Beverages of the World*, CRC Press, Boca Raton, USA, 434 p.
- Tangüler H (2010) Şalgam Suyu Üretiminde Etkili Olan Laktik Asit Bakterilerinin Belirlenmesi ve Şalgam Suyu Üretim Tekniğinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Terefe NS (2016) *Food Fermentation*, In: Reference Module in Food Science, Smithers GW (ed.), Elsevier, Amsterdam.
- Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Cullen PJ and O'Donnell CP (2010), "Effect of Ultrasound Processing on Anthocyanins and Color of Red Grape Juice", *Ultrasonics Sonochemistry*, 17: 598-604.
- Torley PJ and Bhandari BR (2007) *Ultrasound in Food Processing and Preservation*, In: Handbook of Food Preservation, Rahman MS (ed.), CRS Press, USA, pp. 713-739.
- Tunail N (2009) *Mikrobiyoloji*, Pelin Ofset Tipo Matbaacılık, Ankara, Türkiye, 434 s.
- Tülek Y ve Filizay G (2006) "Gıda Endüstrisinde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları", *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3): 369-377.
- TÜİK (2017) [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), 9 Şubat 2019.

- Ulusoy K ve Karakaya M (2011) “Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı”, *Gıda*, 36(2): 113-120.
- Üner A (2012) Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Antimikrobiyal Maddelerin Gıda Patojeni Olan Mayalar Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vinson JA and Hontz BA (1995) “Phenol Antioxidant Index: Comparative Antioxidant Effectiveness of Red and White Wines”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(2): 401-403.
- Wang CY, Huang HW, Hsu CP and Yang BB (2016) “Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(4): 527-540.
- Wilburn JR and Ryan EP (2017) Fermented Food in Health Promotion and Disease Prevention: An Overview, In: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, Frias J, Martinez-Villaluenga C and Penas E (eds.), Academic Press, Boston, pp. 3-19.
- Yavaş İ ve Fidan Y (1986) “Üzümün İnsan Beslenmesindeki Değeri”, *Gıda Sanayinin Sorunları ve Serbest Bölgenin Gıda Sanayine Beklenen Etkisi Sempozyumu*, 15-17 Ekim 1986, Adana, Türkiye.
- Yordanov D and Angelova G (2010) *High Pressure Processing for Foods Preserving, Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24: 1940-1945.
- Yuan L, Meng L, Ma W, Xiao Z, Zhu X, Feng JF vd. (2011) “Impact of Apple and Grape Juice Consumption on the Antioxidant Status in Healthy Subjects”, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(8): 844-850.
- Yuste J, Mor-Mur M, Capellas M, Guamis B and Pla R (1998) “Microbiological Quality of Mechanically Recovered Poultry Meat Treated With High Hydrostatic Pressure and Nisin”, *Food Microbiology*, 15: 407-414.
- Yuste J, Cappellas M, Pla R, Fung DYC and Mor-Mur M (2001) “High Pressure Processing for Food Safety and Preservation: A Review”, *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, 9: 1-10.
- Zhang HQ, Barbosa-Canovas GV, Balasubramaniam VM, Dunne CP, Farkas DF and Yuan JTC (2011) *Nonthermal Processing Technologies for Food*, Blackwell Publishing, UK, 640 p.
- Zhang QA, Shen Y, Fan XH and Martin JFG (2015) “Preliminary Study of the Effect of Ultrasound on Physicochemical Properties of Red Wine”, *CyTA-Journal of Food*, 1-10.



# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A Duyusal Analiz Formu

DUYUSAL ANALİZ FORMU			
Hardaliye içeceği üzüm ve hardal tohumundan yapılan koyu kırmızı-bordo, berrak olmayan ve oldukça tatlı bir içecektir. Size sunulan hardaliye örneklerini tek tek tadarak 10'lu skalada uygun bulduğunuz puanlamaya göre yerleştiriniz. Bir sonraki örneği tatmadan önce size sunulan sudan içmeniz tavsiye edilmektedir.			
Teşekkürler ☺			
Ön Sorular			
Hardaliye içeceği tüketir misiniz? Evet (...) Hayır (...)			
Cevabınız evet ise ne sıklıkla tüketirsiniz?			
Her gün (...)	Haftada 2-3 kez (...)	Ayda birkaç kez (...)	Yılda birkaç kez (...)
<b>1. Görsel İnceleme</b>			
Bulanıklık-Berraklık			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
bulank			berrak
Matlık-Parlaklık			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
mat			parlak
Renk Yoğunluğu			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
tipik kırmızı-bordo değil			tipik kırmızı-bordo
Parçacık-Partikül Durumu			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
parçacık-partikül var			pürüzsüz
<b>2. Koklayarak İnceleme</b>			
Koku-Aroma			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
kötü koku-kokusuz			tipik koku-aroma
Yoğunluk			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
yoğunluğu çok az			tipik yoğunlukta
<b>3. Tadararak İnceleme</b>			
Hardaliye Tadı			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
tipik değil (yavan, bozuk tad vs.)			tipik tad
Acı Tad Varlığı			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
acı			tam tadında
Ekşi Tad Varlığı			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
ekşi			tam tadında
Tatlılık			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
tatlı değil			tam tadında
Ağızda Bıraktığı His			
1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10			
tipik değil			tipik hardaliye tadı
Yorumlarınız.....			
.....			

## 8. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Merve DEMİRAY

**Doğum Yeri ve Tarihi** : Keçiören 21.10.1988

**Lisans Üniversitesi** : Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**Elektronik posta** : demiraymerve@gmail.com

**Yayın Listesi** : □ Demiray M ve Evrendilek GA (2017)

“Ozon ve Ozonun Kanatlı Et

Endüstrisinde Uygulamaları”, Gıda

Teknolojisi, 21(3): 60-62.

□ Demiray M ve Evrendilek GA (2017)

“P<sup>08</sup> Ozone Applications in Poultry Meat

Industry”, 4<sup>th</sup> International Poultry Meat

Congress, 26-30 April 2017, Antalya,

Turkey.

□ Evrendilek GA, Demiray M and Uzun S

(2018) “Processing of Hardaliye Drink by

Ultrasonication: Changes on Quality

Parameters and Microbial Inactivation”,

International Conference on Raw Materials

to Processed Foods, 11-13 April 2018,

Antalya, Turkey.

□ **Ateş C, Bakay Ş, Demiray M, Uzuner S and Evrendilek GA (2018) “Potential of High Pressure Processing for Processing of Traditional Drinks”, International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology, 22-23 November 2018, Ankara, Turkey.**

