

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI YOĞUNLUKTAKİ ULTRASONUN VAKUM
AMBALAJLANMIŞ SARDALYA (*Sardina pilchardus*) BALIĞININ
BAZI KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hatice IŞIK

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 15/06/2015

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR

ÇANAKKALE

Hatice IŞIK tarafından Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR yönetiminde hazırlanan ve 15/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Farklı Yoğunluktaki Ultrasonun Vakum Ambalajlanmış Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balığının Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR

Başkan

Prof. Dr. Ufuk ÇELİK

Üye

Yrd. Doç. Dr. Fikret ÇAKIR

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu tez çalışması ÇOMÜ BAP tarafından FYL-2014-379 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Hatice IŞIK

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden yardımlarını eksik etmeyen saygı değer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR'a, tez çalışmasının planlanması ve yürütülmesi sırasındaki önemli desteklerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Olcay HİSAR'a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübeleri ile yanımda olan Sayın Doç. Dr. Zayde ALÇİÇEK'e ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Fikret ÇAKIR'a, maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan Sayın Doç. Dr. Harun YILDIZ'a ve Sayın Doç. Dr. Sefa ACARLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerin gerçekleştirilmesi konusunda yardımlarından dolayı Arş. Gör. Ender KÜNİLLİ'ye, Arş. Gör. Rıza TEMİZKAN'a ve Öğr. Gör. Pervin Vural'a teşekkürlerimi sunarım.

Labaratuvar çalışmalarında ve tezin yazım aşamasında sağladığı büyük desteğinden ötürü nişanlım Yüksek Mühendis Fettah GÜNDÜZ'e başta olmak üzere labaratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu zor süreçte ve hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hatice IŞIK

Çanakkale, Haziran 2015

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
<, >	Küçük, büyük işareti
°C	Derece Celcius
CFU	Colony forming unit
kob	Koloni oluşturan birim
log	Logaritma
sn	Saniye
TVB-N	Toplam Uçucu Bazik Azot
TBAR's	Thiobarbiturik Asit Reaktif Substans
TMA-N	Trimetil Amin Azot
%	Yüzde Oranı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
ATP	Adenozin Trifosfat
EPA	Eikosapentaenoik Asit
DHA	Dekosaheksaenoik Asit
g	Gram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mJ	Milijoule
MA	Malonaldehit
L	Litre
TPA	Tekstür Profil Analiz
kHz	Kilohertz
W	Watt
MPa	Megapascal
TCA	Trichloroaceticacid
TBA	Thiobarbituricacid
TEP	Tetraetoksipropan
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic Acid
NaOH	Sodyum hidroksit
HCl	Hidroklorik asit
PCA	Plate Count Agar
MRS	De Man, Rogosa and Sharpe

MEA

Malt Ekstrakt Agar

SPSS

Statistical Package for the Social Sciences

ÖZET

FARKLI YOĞUNLUKTA Kİ ULTRASONUN VAKUM AMBALAJLANMIŞ SARDALYA (*Sardina pilchardus*) BALIĞININ BAZI KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hatice IŞIK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR

15/06/2015, 52

Su ürünlerinin daha uzun süre tüketilmesini sağlamak amacıyla birçok muhafaza yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu muhafaza yöntemlerinin dışında olan gıdalarda mikrobiyal gelişimi engelleyen ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlayan yüksek güçteki ultrason dalgalarının su ürünlerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda farklı yoğunluklardaki (200 W/L, 300 W/L, 500 W/L) ultrason dalgalarının, vakum ambalajlanmış sardalya balığı filetolarının (*Sardina pilchardus* W.,1972) kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12. ve 14. günlerde pH, TVB-N, TBAR's analizleri ile mikrobiyolojik analizler yapılmış ve su aktivitesi ile tekstür özelliklerinin değişimleri de değerlendirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlardan 200 W/L yoğunlukta ultrasonun kullanımı mikrobiyal bozulmayı geciktirdiği ve ürünlerin sertlik özelliği açısından diğer gruplara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ultrason teknolojisinin su ürünlerinde bağ dokusunu olumsuz yönde etkilemediğinin tespit edilmesi bu teknolojinin su ürünlerinde geliştirilerek kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Ultrason teknolojisi, Sardalya balığı, Vakum ambalaj, TBAR's, TVB-N.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ULTRASOUND IN DIFFERENT INTENSITY ON SOME QUALITY PARAMETERS SARDINES (*Sardina pilchardus*) PACKED IN VACUUM PACKAGING

Hatice IŞIK

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Marine Sciences - Fishing & Processing Technology

Advisor: Prof. Dr. Şükriye ARAS HİSAR

15/06/2015, 52

Many preservation methods have been used with the aim to ensure longer shelf life of seafood products throughout history. The purpose of this study investigated to effect of prevention of microbial growth and inactivation of enzymes providing high-power ultrasonic sound waves in seafood. In this context, the effect of sound waves in different intensity (200 W/L, 300 W/L, 500 W/L) on the chemical, microbiological and physical quality parameters of sardine fillets (*Sardina pilchardus* w.,1972) packed in vacuum packaging were investigated. The determination of quality parameters were studied to be performed by using pH, TVB-N, TBAR's analyses and various microbiological analyses and by evaluating texture properties and water activity changes in 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12. and 14. days. Consequently, it was observed to use of 200 W / L density ultrasound delayed microbial spoilage and gave better results compared to the other groups in terms of hardness of product. It was observed the use of ultrasound technology in seafood product didn't effect negatively connective tissue of product. Accordingly this technology can use in seafood product but it need to improve.

Keywords: Ultrasound technology, sardine fish, vacuum packaging, TBAR's, TVB-N.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Kaynak Özetleri.....	4
2.1.1. Sardalya balığının genel özellikleri ve taksonomisi	4
2.1.2. Ultrason teknolojisi.....	5
2.1.2.1. Mikroorganizmaların inaktivasyonunda ultrasonun kullanımı	7
2.2. Önceki Çalışmalar	8
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.1.1. Balık materyali.....	10
3.1.2. Ambalaj materyali	10
3.2. Metot	11
3.2.1. Deneme planı	11
3.2.2. Ultrason işleminin uygulanması	12
3.2.3. Örneklerin muhafazası.....	13
3.2.4. Besin kompozisyonu analizleri.....	14
3.2.4.1. Nem tayini.....	14
3.2.4.2. Ham protein tayini	14
3.2.4.3. Ham yağ tayini	14
3.2.4.4. Ham kül tayini.....	15
3.2.5. Kimyasal analizler	15
3.2.5.1. pH değerinin belirlenmesi.....	15
3.2.5.2. Su aktivitesi miktarının ölçülmesi	15
3.2.5.3. TVB-N miktarının belirlenmesi	16

3.2.5.4. TBAR's değerinin belirlenmesi	17
3.2.6. Mikrobiyolojik analizler	18
3.2.6.1. Toplam aerobik bakteri sayısı	18
3.2.6.2. <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı	18
3.2.6.3. Maya ve küf sayımı	18
3.2.7. Fiziksel analizler	18
3.2.7.1. Tekstür analizi	18
3.2.8. İstatistik analizleri	19
BÖLÜM 4 – ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA	20
4.1. Besin Kompozisyonu Analizleri Bulguları	20
4.2. Kimyasal Analizlerin Bulguları	21
4.2.1. pH değerinde meydana gelen değişimler	21
4.2.2. Su aktivitesinde meydana gelen değişimler	23
4.2.3. TVB-N miktarında meydana gelen değişimler	24
4.2.4. TBAR's değerinde meydana gelen değişimler	27
4.3. Mikrobiyolojik Analizlerin Bulguları	30
4.3.1. Toplam aerobik bakteri sayısı	30
4.3.2. <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı	32
4.3.3. Maya ve küf sayımı	33
4.4. Fiziksel Analiz Bulguları	35
4.4.1. Tekstür analizi bulguları	35
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	48
ZGEÇMİř	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Çalışmada materyal olarak kullanılan sardalya balığı	10
Şekil 3.2. Deneysel uygulama şeması	11
Şekil 3.3. Örneklerin paketlenmesi sırasında kullanılan vakum ambalaj cihazı.....	12
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan ultrason cihazı	13
Şekil 3.5. Örneklerin muhafazası sırasında kullanılan buzdolabı	13
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan su aktivitesi cihazı	16
Şekil 3.7. TVB-N analizi sırasında kullanılan su buharı distilasyon ünitesi.....	17
Şekil 3.8. Analizler sırasında kullanılan tekstür cihazı	19
Şekil 4.1. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki pH değerlerinde meydana gelen değişimler.....	22
Şekil 4.2. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki su aktivitesinde (aw) meydana gelen değişimler	24
Şekil 4.3. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler	26
Şekil 4.4. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TBAR’s değerlerinde meydana gelen değişimler	28
Şekil 4.5. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasında toplam aerobik bakteri sayısında meydana gelen değişimler	31
Şekil 4.6. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasında <i>Enterobacteriaceae</i> sayısında meydana gelen değişimler	33
Şekil 4.7. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasında maya-küf sayısında meydana gelen değişimler	34
Şekil 4.8. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden sertlik değerinde meydana gelen değişimler.....	36

Şekil 4.9. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden yapışkanlık değerinde meydana gelen değişimler.....	38
Şekil 4.10. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik değerinde meydana gelen değişimler.....	40
Şekil 4.11. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden kohesivlik değerinde meydana gelen değişimler.....	42
Şekil 4.12. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden elastikiyet değerinde meydana gelen değişimler.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1.	Sardalya'nın (<i>Sardina pilchardus</i>) sistematikteki yeri	4
Çizelge 2.2.	Türkiye'de yıllara göre ton bazında sardalya balığının avlanma miktarları	5
Çizelge 2.3.	Sardalya balığının bölgelere göre avcılık miktarları	5
Çizelge 4.1.	Sardalya balığı filetolarının besin değerleri	20
Çizelge 4.2.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki pH değerleri	21
Çizelge 4.3.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki elde edilen su aktivitesi (aw) değerleri	24
Çizelge 4.4.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler	25
Çizelge 4.5.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki TBAR's değerlerinde meydana gelen değişimler.	28
Çizelge 4.6.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası boyunca sayımı yapılan toplam aerobik bakteri sayısı bulguları (log kob/g)	31
Çizelge 4.7.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası boyunca sayımı yapılan <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı bulguları (log kob/g)	33
Çizelge 4.8.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası boyunca sayımı yapılan maya ve küf sayımı bulguları (log kob/g)	34
Çizelge 4.9.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden sertlik değerleri	35
Çizelge 4.10.	200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden yapışkanlık değerleri.	37

Çizelge 4.11. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik değerleri	39
Çizelge 4.12. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden kohesivlik değerleri.....	41
Çizelge 4.13. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden elastikiyet değerleri	43

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Beslenme konusunda doğru bir yaşam tarzına artan ilgi ve gıdaların kalitesi üzerine dikkatlerin artması; tüketicilerin insan sağlığı için önemli olan ve yüksek besin değerine sahip su ürünlerine yönelmesine katkı sağlamıştır (Cortesi ve ark., 2009).

Balık eti %18-22 protein içeriğiyle, protein kalitesi ve beslenme değeri bakımından mükemmel bir gıdadır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Su ürünleri diğer protein içeriği yüksek olan gıdalar içerisinde daha yüksek sindirilme oranına ve daha düşük yağ miktarına sahiptir. Ayrıca diğer etlere göre kalorisi düşük ve doymamış yağ asidi oranı yüksektir. Su ürünleri sağlığa yararı kanıtlanan n-3 serisi çoklu doymamış uzun zincirli yağ asitlerinin en ideal kaynağıdır. Yapılan çeşitli araştırmalarla su ürünlerinde bulunan iki predominant omega-3 yağ asidi Eikosapentaenoik asit (EPA) ve Dekosaheksaenoik asit (DHA)'ın sağlık açısından olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu iki yağ asidi vücutta mühim biyokimyasal ve fizyoloji değişikliklere yol açar. Omega-3 yağ asitleri, insan sağlığını etkileyen kalp hastalığı, kanser, şeker hastalığı, yüksek tansiyon gibi hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde faydalı etkilerinden dolayı önerilmektedir (Bilir, 2011). Bu özelliklerinin yanında su ürünleri aynı zamanda önemli mineral kaynaklarındandır. Özellikle bağışıklık sistemi için çok önemli olan selenyumu içinde ihtiva eder. Ayrıca balık etinde potasyum, sodyum, klor, magnezyum, fosfor ve kalsiyum gibi mineraller 1 mg/100 g'ın üzerinde bulunurken; demir, çinko, bakır ve iyot gibi mineraller 1 mg/100 g'ın altında bulunmaktadır (Kietzman ve ark., 1974). İnsanların sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmesi için ihtiyaç duydukları 13 vitamin vardır ve balık eti bu vitaminlerin hepsini içerir. Su ürünleri, suda çözünen B ve C vitaminlerini kara hayvanlarının içerdiği kadar yapısında bulundururken, yağda eriyen A, D, E ve K vitaminlerini ise genellikle karasal hayvanlara göre daha çok içerir (Turan ve ark., 2006).

Su ürünleri zengin besin içeriğine ve yüksek pH seviyesine sahip olmalarından dolayı ve içerdikleri su miktarının fazla olması nedeniyle ölüm sonrasında hızlı bir şekilde bozulabilen ürünler arasındadır. Balıkta avlandıktan hemen sonra birçok postmortem değişiklik meydana gelmektedir. Bu değişiklikler hücresel yapısının yıkılmasına ve balığın florasında bulunan ya da taşıma sırasında kontamine olan mikroorganizmaların gelişimine sebep olur (Li ve ark., 2011). ATP ve protein yıkımı, pH değişimi, lipid oksidasyonu, bakteriyel faaliyetlerin sebep olduğu trimetilamin (TMA-N) ve düşük molekül ağırlıklı uçucu bazlar (TVB-N) gibi istenmeyen bileşiklerin oluşumu ürünün raf ömrüne ve

kalitesine doğrudan etki eder. Bu arada kasların renginde ve dokusunda değişiklikler meydana gelir (Li ve ark., 2011).

Balıklarda bozulma rigor mortis, rigorun çözülmesi, otoliz (tazeliğin kaybolması) ve bakteriyel bozulma olmak üzere dört aşamada gerçekleşir. Bu bozulma aşamaları balığın türüne, fizyolojik durumuna, mikrobiyal yüküne ve sıcaklığa bağlı olarak hızlı ya da yavaş olarak gerçekleşebilir. Avlama ve işleme sırasında bu değişikliklere sebep olan en önemli faktör sıcaklıktır. Bu yüzden avlama sonrasında sıcaklık mümkün olduğunca çabuk bir şekilde düşürülmelidir (Ocano-Higuera ve ark., 2009).

Su ürünlerinde bozulmaların önlenmesi ve onların daha uzun süre tüketilebilmeleri için bazı işleme süreçlerine tabi tutulması gerekmektedir. Geçmişten günümüze kadar kurutma, tuzlama, dumanlama, soğutma, dondurma gibi uygulamalar kullanılmaktadır (Ovayolu, 1997).

Günümüz dünyasında araştırmacılar, ürünlerin kendine has özelliklerini daha uzun süre koruyabileceği, ürünlerin tat ve besinsel özelliklerine zarar vermeyen, ısıl işlemin kullanılmadığı yeni teknolojiler üzerine çalışmalar yapmaktadır.

Isıl işlemin kullanılmadığı (non-thermal) bu teknolojiler; yüksek basınç uygulaması, ışınlama teknolojisi, darbeli elektrik alan, darbeli beyaz ışık teknolojisi, ultraviyole uygulaması ve ultrason teknolojisi (Ohlsson ve Bengtsson, 2002). Bu yeni gıda teknolojilerinden yüksek basınç uygulaması dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır; yüksek yoğunlukta darbeli elektrik alan ise ticarileşme yolunda ilerlemektedir (Knorr ve ark., 2004).

Ultrason teknolojisi ise, gıdalarda mikrobiyal gelişimin engellenmesi ve enzimlerin inaktivasyonun sağlanması amacıyla yüksek güçlü ultrason dalgalarının tek başına ve diğer muhafaza yöntemleri ile kombine edilerek kullanılmasıdır. Bu teknoloji hem duyusal açıdan ve hem de gıdanın bileşimindeki besin öğelerinin korunması açısından önemli bir katkı sağlamakla birlikte ürün kalitesinin muhafazasında başarıyla kullanılabilecek bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır (Ulusoy ve Karakaya, 2011).

Sebze, meyve ve et ürünleri gibi ürünlerde ultrasonun ürünlerin yapısına etkisinin araştırıldığı birçok çalışma vardır (Aday ve ark., 2013; Anese ve ark., 2013; Lagnika ve ark., 2013; Pohlman ve ark., 1997). Fakat bu yeni teknolojinin su ürünlerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma bulunamamıştır. Bu çalışmada ultrason teknolojisinin, vakum ambalajlanmış sardalya balığı filetolarının (*Sardina pilchardus*

W.,1972) kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel kalite özellikleri üzerine araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda çeşitli mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak ürünün yapısında meydana gelen değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kaynak Özetleri

2.1.1. Sardalya balığının genel özellikleri ve taksonomisi

Sardina pilchardus, Clupeidae familyasına ait bir türdür (Çizelge 2.1). Dünya genelinde dağılım gösterirler ve ılıman sularda yaşarlar. Denizlerin orta ve yüzey katmanlarında yaşayan pelajik bir balık türüdür (Gökoğlu ve ark., 1998). Ülkemiz sularında Ege ve Marmara denizlerinde dağılım gösterirler. Boyları maksimum olarak 20 cm'dir. Littoral türlerden olan sardalya balığı, yumurtlamak için açık denizlere göç etmektedir. Üreme genel olarak bir yaşında başlar ve genellikle Sonbahar-İlkbahar mevsimleri arasında gerçekleşir. Sardalya balığının besinlerini balık yavruları, planktonik krustaseler, kopepodlar, nauplii ve diatomlar oluşturmaktadırlar (Altın, 2006). Sardalya balığı insan gıdası olarak kullanılmasının yanında balık yağı ve balık yemi üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Gökoğlu ve ark., 1998).

Çizelge 2.1. Sardalya'nın (*Sardina pilchardus*) sistematikteki yeri

Alem	Animalia (Hayvanlar)
Şube	Chordata (Kordalılar)
Sınıf	Actinopterygii (Işınsal yüzgeçliler)
Takım	Clupeiformes
Aile	Clupeidae
Cins	<i>Sardina</i>
Tür	<i>S. pilchardus</i> (Walbaum, 1792)

Dünya genelinde FAO 2013 verilerine göre; 94.6 milyon tonu avcılık, 83.7 milyon tonu yetiştiricilik olmak üzere yaklaşık 178.3 milyon ton su ürünleri üretimi bulunmaktadır. Ülkemiz sularında ise 2013 TÜİK verilerine göre toplam 607 515 ton üretimin 339 047 tonu denizden avcılık yoluyla elde edilen ürünlerdir. Bu üretim içerisinde sardalya balığı, 23 919 ton avlanma miktarı ile hamsiden sonra ülkemizde en çok avlanan 2. balık türüdür (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Türkiye’de yıllara göre ton bazında sardalya balığının avlanma miktarları (TÜİK, 2013)

Yıl	Avlanma Miktarı (Ton)
2008	17 531
2009	30 091
2010	27 639
2011	34 708
2012	28 248
2013	23 919

Ülkemizde 2013 yılındaki 23 919,0 ton sardalya avcılığının yaklaşık %39’u Ege Denizi’nden, %35’i Marmara Denizi’nden, %20’si, Akdeniz’den, %6’sı Karadeniz’den karşılanmaktadır (TÜİK, 2013; Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Sardalya balığının bölgelere göre avcılık miktarları (TÜİK, 2013)

Bölge	Avlanma Miktarı (Ton)	Avlanma Oranı (%)
Doğu Karadeniz	17,5	1
Batı Karadeniz	1 279,3	5
Marmara	8 358,7	35
Ege	9 414,9	39
Akdeniz	4 848,6	20
Toplam	23 919,0	100

2.1.2. Ultrason teknolojisi

Ultrason, insan kulağının algılayabileyeceği frekansın (16 kHz) üzerindeki frekanstaki ses dalgalarının oluşturduğu enerji formudur (Jayasooriya ve ark., 2004). Doğada yunus ve yarasalar düşük yoğunlukta ultrason dalgalarını avlarının yerlerini tespit etmek amaçlı kullanırken bazı denizel hayvanlar yüksek yoğunlukta ultrason dalgalarını avlarını şaşırtmak için kullanırlar. Ultrason hayvanların iletişimi dışında betonarme

binalarda çatlakların tespiti, kimyasalların sentezi, hastalıkların tedavisi gibi çok çeşitli amaçlarda kullanılmaktadır. Bu şekilde çok geniş alanlarda kullanımı olmasına rağmen gıda sektöründe yeni bir uygulama alanıdır (Mason, 2003). Gıda sektöründe ultrason teknolojisinin kullanımı düşük yoğunlukta ve yüksek yoğunlukta olmak üzere 2 gruba ayrılır.

Düşük enerjide ultrason uygulaması (düşük güç, düşük yoğunluk), 100 kHz'den yüksek frekansa ve 1W/L'nin altında yoğunluğa sahiptir. Düşük enerjide ultrason, ürünlerin işlenmesi ve depolanması sırasında, yüksek kalite ve güvenliklerini sağlamak için çeşitli gıda materyallerinin görüntülenmesinde ve invazif olmayan analizlerinde kullanılır. Ayrıca işlenmemiş veya fermente et, tavuk ve balık ürünlerinin bileşimlerini değerlendirmek için kullanılır. Gıdaların karakterizasyonu için düşük yoğunlukta ultrason teknolojisinin kullanımı ilk kez 1930'lu yıllarda keşfedilmiştir, ancak bu teknik son zamanlarda tam anlamıyla kullanılabilmektedir (Dolatowski ve ark., 2007).

Son yıllarda gıda teknolojisi dikkatini güçlü yoğunlukta ultrasonun kullanımına çevirmiştir. Gıdalarda yüksek yoğunlukta ultrason teknolojisinin kullanımı "Yüksek frekansta ses dalgalarının kimyasal etkileri hakkında ön çalışma" adlı çalışmanın yayınlandığı 1927 yılına dayanır (Richards ve Loomis, 1927). Yüksek yoğunlukta ultrason genellikle yayıldığı ortamı etkileyen sıvı ya da biyolojik dokuda kavitasyonu oluşturan titreşim hareketine bağlıdır. Kavitasyon ortamın ya da materyalin fiziksel yapısını zayıflatabilir (Got ve ark., 1999).

Yüksek yoğunlukta ultrason uygulaması 1 W cm⁻²'den yüksek yoğunlukta (genellikle 10-1000 W cm⁻² aralığında) 18-100 kHz frekanstaki ses dalgalarının kullanıldığı yüksek enerjili (yüksek güç, yüksek yoğunluk) ultrason uygulamasıdır (Jayasooriya ve ark., 2004). Yüksek yoğunlukta ultrason emülsiyon oluşturmada ve hücrelerin parçalanmasında yıllardır kullanılmaktadır. Son zamanlarda ise kristalizasyon işleminin kontrolü ve modifikasyonunda, sıvı gıdalarda gaz giderme işleminde, enzimlerin inaktivasyonunda, kurutma ve filtrasyon işlemlerinin ilerletilmesinde ve oksidasyon reaksiyonunun indüksiyonunda kullanılmaktadır (Dolatowski ve ark., 2007). Yüksek yoğunlukta ultrason dalgalarının fiziksel, mekanik ve kimyasal etkileri ani basınç, sıcaklık ve kesme etkisi oluşturarak, materyalin özelliklerini değiştirebilir. Ultrason işlemi sırasında, ses dalgaları sıvı ortamla buluşunca boyuna dalgalar meydana gelir ve sıkışma ve gevşeme meydana gelir. Bölgedeki basınç değişikliği kavitasyonun oluşmasına ve ortamda gaz balonlarının meydana gelmesine sebep olur (Dolatowski ve ark., 2007). Bu balonlar gevşeme döngüsü sırasında geniş alana sahip olurlar, gaz difüzyonu artar ve

balonların genişlemesine sebep olur. Sağlanan ultrasonik enerji balondaki buhar fazını tutmak için yeterli olmadığı bir noktaya ulaştığında hızlı kondensasyon (yoğunlaştırma) gerçekleşir (Dolatowski ve ark., 2007). Yoğunlaşmış moleküller hızlıca çarpışır ve şok dalgaları oluştururlar. Bu şok dalgaları bölgede ani sıcaklık artışına (5500°C) ve basınç artışına (50 MPa) sebep olur (Jayasooriya ve ark., 2004, Zheng ve Sun, 2006). Bu sıcaklık oluşumu çok hızlı şekilde meydana gelir ve son bulur. Bu nedenle üründe pişme meydana gelmez fakat ani sıcaklık artışı sonucu mikroorganizmaların hücre zarında bozulma meydana gelmektedir ve bu durum mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamaktadır. Buradaki mikroorganizmaların inaktivasyon oranı büyük oranda ultrason frekansına, dalga büyüklüğüne ve bakteriyel yoğunluğa bağlıdır (Raso ve ark., 1998).

Biyokimyada yüksek yoğunlukta ultrasonun kullanıldığı alanlardan biri de; hücrenin içeriğini serbest bırakmak için biyolojik hücre duvarının yıkılmasıdır. Yüksek yoğunlukta ultrason immobil enzimlerin aktif hale getirilebilmesinde kullanılabilir. Ayrıca enzimleri inhibe etmede kullanılabilir (Mason ve ark., 1996). Chambers (1937) ultrason işlemi sonucu oluşan kaviteasyonun pepsin enzimini inaktive ettiğini bildirmiştir. Ultrason işleminin 3 saatten fazla uygulanması kötü tadın ve kahve rengi pigmentlerin oluşmasına sebep olan peroksidaz enzimini aktivitesini %90 azaltmaktadır (Mason ve ark., 1996).

2.1.2.1. Mikroorganizmaların inaktivasyonunda ultrasonun kullanımı

Gıda ürünlerindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunda en yaygın kullanılan yöntemler pastörizasyon ve sterilizasyondur. Termal işlem vejetativ mikroorganizmaları ve bazı sporları öldürmektedir, ancak termal işlemin etkisi uygulanan sıcaklık ve zamana bağlıdır. Bunun yanında uygulanan sıcaklığın miktarı ve zamanı artıkcı besin kayıplarına, istenmeyen tatların oluşmasına ve gıdanın fonksiyonel özelliklerinin bozulmasına sebep olur. Yüksek yoğunlukta ultrason uygulaması yaşayan hücrelerin yıkımı ile sonuçlanan biyolojik hücre duvarının yıkılmasına sebep olur (Dolatowski ve ark., 2007).

Kalıcı bir sterilizasyon isteniyorsa çok yüksek yoğunlukta ultrasonun kullanılması gerekir. Ya da basınç veya ısı gibi diğer dekontaminasyon teknikleri ile bir arada kullanılabilir. Termosonik (ısı ve sonikasyon), monosonic (basınç ve sonikasyon), manotermosonik (ısı, basınç ve sonikasyon) uygulamalar mikroorganizmaların inaktivasyonu için en iyi metotlardır (Dolatowski ve ark., 2007). Isı ile pastörizasyona göre ultrason daha az tat kaybına neden olur ve önemli enerji tasarrufu sağlar (Mason ve ark., 1996, Piyasena ve ark., 2003). Mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine ultrasonun

etkisi hakkında oldukça fazla araştırma vardır (Piyasena ve ark., 2003).

Escherichia coli ve *Saccharomyces cerevisiae*'de ultrason uygulaması sonunda %99'dan fazla azalma görülürken; *Lactobacillus acidophilus*'da uygulandığı materyale göre %72 ila %84 arasında bir azalma gözlenmiştir (Cameron ve ark., 2008). Ayrıca sıvıya uygulanan ultrason uygulamasında, suda OH^- , H^+ ya da hidroperoksitler gibi serbest radikaller meydana gelmektedir. Oluşan bu serbest radikaller yüksek bakterisit etkisine sahiptir (Ulusoy ve Karakaya, 2011).

Ultrason uygulamasının etkisi test edilen bakterini çeşidine, gıdanın kompozisyonuna, uygulanan gıdanın hacmine, uygulama zamanına ve sıcaklığına ve ultrason dalgasının büyüklüğüne bağlıdır (Dolatowski ve ark., 2007). Sporların, gram pozitiflerin ve kokların ultrason işlemine direnci vejetatif hücrelerden, gram negatiflerden ve çubuk şeklindeki bakterilerden daha fazladır (Feng ve ark., 2008).

2.2. Önceki Çalışmalar

Choulira ve ark. (2010) işlenmemiş, ısıl işlem görmüş, ve pastörize edilmiş süt örnekleri üzerine ultrason işlemi uyguladıklarında toplam bakteri sayısında ve psikrofil bakteri sayısında azalış gözlemlerken, lipid oksidasyonunun başlıca ürünü olan uçucu bileşiklerde artış gözlemlenmiştir.

Sagong ve ark. (2011) Yaptıkları çalışmada organik taze marul üzerindeki patojenleri azaltmada ultrason ile organik asit uygulamalarının ve bu uygulamaların kombinasyon kullanımlarının etkilerini karşılaştırmışlardır. Marullara *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* inoküle edilmiştir. 1. gruba yalnız ultrason, 2. gruba yalnız organik asit, diğer gruba ise ikisinin kombinasyonu uygulanmıştır. Bireysel işlemlerle karşılaştırıldığında kombine işlem sonrası patojen sayısında ilave 0,8-1,0 log azalma gözlenmiştir. Kombine işlem sonrası marulların renk ve dokusunda bir bozulma meydana gelmemiştir. Yalnız ultrasonun kullanıldığı grupta *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* ve patojen sayısında önemli bir azalma olmadığı ortaya çıkmıştır. Fakat 20 dakikalık ultrason uygulaması, 5 dakikalık ultrason uygulaması ile karşılaştırıldığında 20 dakikalık ultrason uygulaması sonrası patojen sayısında önemli bir azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Ancak 30 dakikalık ultrason uygulaması sonrasında marulların tekstüründe ve renginde bozulma meydana geldiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Aday ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada uyguladıkları 30 W/L, 60 W/L, 90 W/L ultrason yoğunlukları ile 5 dakika ve 10 dakika olan uygulama sürelerinin çileklerin kalitesi üzerine etkisini belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada paketler içinde oksijen konsantrasyonu 30 W/L ve 60 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çileklerde 90 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çileklerden ve kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca pH, toplam suda çözünebilir kuru madde ve renk gibi özellikleri bakımından 30 W/L ve 60 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çilekler 90 W/L yoğunluğunda ultrason uygulanan çileklerden ve kontrol grubundan daha iyi sonuç vermiştir. Tüm ultrason uygulamaları küfü azaltmakta etkili olmuştur. 30 W/L ve 60 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çilekler 90 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çileklere ve kontrol grubuna göre tekstür özellikleri bakımından daha iyi korunmuştur. Sonuçta 90 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çileklerin kalitesi üzerinde olumsuz sonuçlar elde edilmiştir. 30 W/L ve 60 W/L yoğunlukta ultrason uygulanan çileklerin kalitesinin arttığını belirtilmiştir ve bu ultrason yoğunluğunun çileğin raf ömrünü uzatmak için kullanılabileceği bildirmiştir.

Lagnika ve ark. (2013) yüksek basınçlı argon, ultrason uygulaması ve bunların kombinasyonunu, beyaz mantarın fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkilerini 4 °C’de hasat sonrası 9 gün depolama sırasında çalışmıştır. Sonucunda ultrason uygulamasının mantar için işleme öncesi soğuk depolama sırasında raf ömrünü uzatmak ve kalite bozulmasını azaltmak için umut vaat eden bir teknik olduğu söylenmiştir.

Pohlman ve ark. (1997) düşük yoğunluklu ultrason uygulamasının paketlenmiş sığır kaslarının kesme özellikleri, renk ve raf ömrü üzerine etkisini değerlendirmek için bir takım araştırmalar yapılmıştır. Vakum ambalajlanmış örneklerine 1.55 W/L ultrason uygulanmıştır. Düşük yoğunluklu ultrason, kesme kuvveti azaltmak ve uzun vadeli mikrobiyal gelişmeyi engellemek için başarısız olsa da ilk mikrobiyal yükü indirmede etkili olmuştur.

Lillard (1993)’e göre tavuk derisine verilen Salmonella pepton içersinde 20 kHz 30 dakika ultrason işlemi sonucunda azalmıştır. Dolatowski ve Stasiak (2002) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma ultrason işleminin mikrobiyal kontaminasyon üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Yapılan literatür taraması sırasında su ürünlerinin muhafazasında ultrason teknolojisinin kullanımı ile alakalı yapılan bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Balık materyali

Bu çalışmada materyal olarak sardalya balığı (*Sardina pilchardus* W.,1972) kullanılmıştır. Çanakkale balık halinden temin edilen sardalya balıkları (Şekil 3.1), buz eklenmiş strafor kutular içinde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi İşleme Laboratuvarına getirilmiştir. İç organları çıkarılıp kanı giderildikten sonra filetosu alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada materyal olarak kullanılan sardalya balığı (*Sardina pilchardus* W.,1972)

3.1.2. Ambalaj materyali

Yapılan ön çalışmalar sırasında vakum ambalaj olmadan yapılan ultrason uygulaması sırasında balık örneklerinde meydana gelen parçalanmaların gözlenmesi sonucu vakum ambalajlama işleminin ardından ultrason uygulanmasına karar verilmiştir. Got ve ark., (1999) yaptıkları çalışmada kırmızı et örneklerini 50 µm kalınlığında ambalaj materyali ile vakum ambalajlama işleminin ardından ultrason işlemine tabi tutmuşlardır. Kullanılan ambalaj materyalinin ultrasonu geçirmede yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada 50 µm kalınlığında ve 160 cm³/m²/24h oksijen geçirgenliğine sahip vakum ambalaj malzemesi kullanılmıştır. Multivac (C100- Almanya) markalı vakum ambalaj cihazı ile vakum ambalajlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

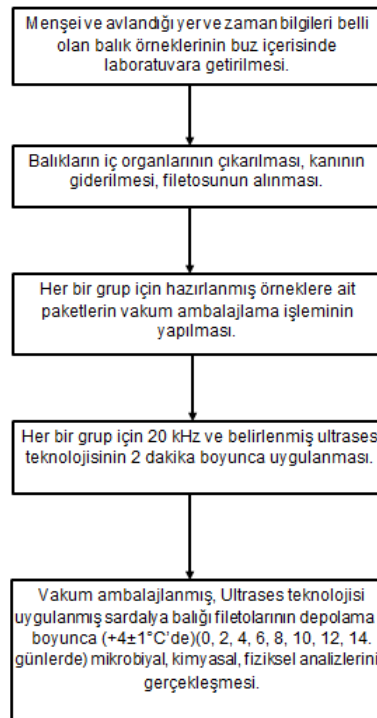
3.2. Metot

3.2.1. Deneme planı

Çalışmada 4 ayrı grup vardır. Grupların dağılımı şu şekildedir;

- Kontrol grubu: Taze sardalya balığı filetoları vakum ambajlanmıştır.
- 1. grup: Taze sardalya balığı filetoları vakum ambajlanıp 20 kHz, 200 W/L, 2 dakika ultrason uygulanmıştır.
- 2. grup: Taze sardalya balığı filetoları vakum ambajlanıp 20 kHz, 300 W/L, 2 dakika ultrason uygulanmıştır.
- 3. grup: Taze sardalya balığı filetoları vakum ambajlanıp 20 kHz, 500 W/L, 2 dakika ultrason uygulanmıştır.

Mikrobiyolojik analizler, pH değerinin belirlenmesi, TBAR's, TVB-N, tekstür ve su aktivitesi özelliklerinin belirlenmesi için paketler oluşturulmuştur. Analizler 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 14. günlerde yapılmıştır (Şekil 3.2). Analiz süresi boyunca her grup için 24 adet ambalaj kullanılmıştır. Her ambalaja yaklaşık 70 gram olacak şekilde sardalya filetoları yerleştirilmiş ve vakum ambalajlama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Her bir grup için iç organları çıkarılıp filetosu alınmış yaklaşık olarak 1700 g sardalya balığı kullanılmıştır. 4 grup için yaklaşık olarak 7 kg ayıklanmış sardalya balığı kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Deneyisel uygulama şeması

Kontrol grubu, vakum ambalajlama işleminin ardından $+4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de buzdolabında depolanmış, diğer gruplar ise ultrason işlemi uygulandıktan sonra depolanmış ve analizler boyunca isimlendirilme sırasına göre analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Örneklerin ambalajlanması sırasında kullanılan vakum ambalaj cihazı

3.2.2. Ultrason işleminin uygulanması

Ultrason teknolojisi, insan kulağının işitebileceğinin üzerindeki ses dalgalarının kullanılarak üründeki mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlayarak raf ömrünü uzatan bir teknolojidir. Ultrason uygulaması için vakum ambalajlanan sardalya filetoları 1000 ml su ile dolu cam kap içine konulmuştur. Metalik prop, sıvı içinde bulunan moleküllerin titreşmesi ve bu titreşimi diğer moleküle aktararak devam ettirmesi ile meydana gelen akustik kavitasyon oluşturması için su ile dolu cam kabın içine daldırılmıştır (Şekil 3.4). Ultrason cihazında (Hielscher/ UIP1000hd, Almanya) 1. gruba 20 kHz, 200 W/L, 2 dakika; 2. gruba 20 kHz, 300 W/L, 2 dakika; 3. gruba 20 kHz, 500 W/L, 2 dakika olacak şekilde ultrason işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan ultrason cihazı

3.2.3. Örneklerin muhafazası

İşlemler sonrasında örnekler +4 °C'deki dijital buzdolabında (Emsaş EKT 725-Türkiye) depolama boyunca muhafaza edilmiştir (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Örneklerin muhafazası sırasında kullanılan buzdolabı

3.2.4. Besin kompozisyonu analizleri

3.2.4.1. Nem tayini

Numunelerin nem içeriği kurutma metoduna göre belirlenmiştir (AOAC,2000). Bu yöntemle göre homojenize edilmiş örnekten 5 g alınarak, 105 °C ‘deki etüvde (JSR / JSON-100-Kore) 16-18 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrasında petriler desikatörde soğutulduktan sonra tartılıp aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Nem Miktarı (gr/100gr)} = (T_0 - T_1) \times 100 / m$$

T1: Son Tartım T0: İlk Tartım m: Numunenin Ağırlığı

3.2.4.2. Ham protein tayini

Protein tayini Kjeldahl yöntemine (AOAC, 2000) göre yapılmıştır. Analiz için önceden homojenize edilmiş örnekten 1 g tüpe alınarak üzerine 20 ml %96 lık H₂SO₄, 1 adet kjeldahl tableti (He/Se) ilave edilmiş ve yakma işlemi uygulanmıştır. Yakma işlemi (Buchi/K-436 - İsviçre)sonrasında tüpü, içerisinde 25 ml doymuş borik asit çözeltisi ve 3-4 damla indikatör bulunan erlenmayer ile birlikte distilasyon ünitesine (Buchi/K-350 - İsviçre) yerleştirilerek NaOH ile destilasyona tabi tutulup, elde edilen destilat 0,1 N’lik HCl ile titre edilerek sarfiyat ilgili formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ham Protein(gr/100gr)} = \frac{(T_t - T_b) \times 14,007 \times 6,25}{m} \times 100$$

Tt: Titrasyonda Harcanan Miktar,

Tb: Kör Örneğin Titrasyonunda Harcanan Miktar,

m: Örnek Ağırlığı

3.2.4.3. Ham yağ tayini

Numunelerin yağ içeriğinin tespitinde Blig ve Dyer (1959) yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle analiz için 20 g örnek alınarak 100 ml metanolkloroform (1/2) ile birlikte homojenize edilmiştir. Homojenizat 20 ml metanolkloroform ile yıkanarak, elde edilen süzüntüye 20 ml %0 4 ‘ lük CaCl₂ ilave edilerek ve balon jojenin kapağı kapatılarak 24 saat karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bu süre sonunda içerikte oluşan alt faz balon jojeye alınmıştır. Alt fazın bulunduğu balon joje rotary evaporatöre (IKA-RV 10 basic) yerleştirilerek çözücü uçurulacak, 105 °C ‘deki etüvde (JSR / JSON-100-Kore) 1 saat bekletildikten sonra tartımı yapılmıştır. Aradaki farklılık yağ içeriğini vermiştir.

$$\% \text{Yağ miktarı} = \frac{\text{Son tartım} - \text{İlk tartım} \times 100}{\text{Numune ağırlığı}}$$

3.2.4.4. Ham kül tayini

Kül tayini, yakma metoduna göre yapılmıştır. Darası alınan krozelere 2 gr balık örneği hassas terazide (Shimadzu/ATX224 - Filipinler) tartılarak, krozeler kül fırınına (Protherm Furnaces/PLF 115 M - Türkiye) yerleştirilmiştir ve 550 °C 'de sigara külü rengine dönüşüncüye kadar yaklaşık 4-5 saat yakma işlemi uygulanmıştır. Yakma işlemi sonrasında krozeler desikatörde soğutulularak tekrar tartımları alınmış, aradaki farklılık kül değeri olarak kaydedilmiştir (AOAC, 2000).

$$\text{Kül Miktarı (gr/100gr)} = (T1-T0) \times 100 / m$$

T1: Son Tartım, T0: İlk Tartım, m: Numunenin Ağırlığı

3.2.5. Kimyasal analizler

3.2.5.1. pH değerinin belirlenmesi

Küçük parçalar haline getirilmiş örneklerden paralelli olarak 10'ar gram alınarak üzerine 100'er ml saf su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım Ultra Turrax'ta (Yellow line) 1 dakika homojenize edildikten sonra 4.00 ve 7.00'lık tampon çözeltileri ile kalibre edilmiş pH metre (Hanna/ HI 8314 – Amerika) ile pH değerleri ölçülmüştür (Gökalp ve ark., 2001).

3.2.5.2. Su aktivitesi miktarının ölçülmesi

Her gruptaki balıkların su aktiviteleri (Aqua Lab Series/ 4 TE – Amerika) 25°C'deki su aktivite cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler homojenize edilip cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye gelmesi beklenmiş ve cihazın ikaz sesinin duyulmasıyla göstergedeki değer su aktivitesi değeri olarak okunmuştur.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan su aktivitesi cihazı

3.2.5.3. TVB-N miktarının belirlenmesi

Balıkların total volatil baz-azot miktarı Anon (1988) tarafından verilen yöntemle belirlenmiştir. Buna göre, küçük parçalar haline getirilen örneklerden paralelli olarak 10'ar g ($10g \pm 0.1g$) alınarak, üzerlerine 90 ml 0,1 N perklorik asit çözeltisi ilave edilmiş, karışım Ultra Turrax'ta 1-2 dakika homojenize edildikten sonra, filtre kağıdı (Faltenfilter Ø150 mm, hızlı filtre edebilen) ile filtre edilmiştir. Elde edilen ekstraktan 50 ml alınarak üzerine 1-2 damla fenol fitalein (1g/100ml %96'lık etanol) ve birkaç damla köpük kırıcı (Silicone Antifoam, Emulsion; 30% in Water, Fluka) ve 6,5 ml %20'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ilave edildikten sonra su buharı distilasyonuna geçilmiştir (Şekil 3.7). Distilat erlenine 100 ml borik asit çözeltisi (3g/1000ml, çözelti günlük olarak kaynatılıp soğutulmuş saf sudan hazırlanmıştır) ve 3-5 damla indikatör (2g metil kırmızısı ve 1g metilen mavisi; 1000ml etanol; %96) damlatılmıştır. Su buharı distilasyon sistemi 10 dakikada 100ml distilat toplanacak şekilde ayarlanmış ve elde edilen distilat 0.01 N HCl çözeltisi ile gri renk oluncaya kadar titre edilmiştir. Balıklardaki total volatil baz-azot miktarı, titrasyonda harcanan HCl çözeltisi dikkate alınarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Total volatil baz-azot miktarı (mg/100 g) = (V1-Vo)x 0.01 x 14 x 200/m

V1: Titrasyonda harcanan HCl (ml)

Vo: Kör için harcanan HCl (ml)

m: Örnek miktarı (g)



Şekil 3.7. TVB-N analizi sırasında kullanılan su buharı distilasyon ünitesi

3.2.5.4. TBAR's değerinin belirlenmesi

Örnekten 5 g alınarak üzerine 15 ml TCA çözeltisi [%7,5 TCA, %0,1 EDTA (Ethylenediaminetetraacetic Acid), %0,1 Propil galat ilave edilerek, 15-20 sn ultraturrax'da homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Süzöntüden 2 ml alınarak deney tüpüne aktarılmış, üzerine 2 ml 0,02 M TBA çözeltisi konulup karıştırılmıştır. Deney tüpleri 100°C'de 40 dakika su banyosunda (Water Bath / HH-S4 - Çin) bekletildikten sonra 5 dakika soğuk su içerisinde soğutulmuştur. Spektrofotometrede (Optizen POP QX - Kore) 530 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur. Standardın hazırlanmasında TEP (1,1,3,3-tetraetoksipropan) kullanılmıştır. Sonuç µmol/kg olarak verilmiştir (Lemon 1975; Kılıç ve Richards 2003).

3.2.6. Mikrobiyolojik analizler

10 g balık örneği steril plastik torbada tartılıp, üzerine 90 ml steril serum fizyolojik ilave edilerek Stomacher'de (Seward stomacher / 400 Circulator - İngiltere) homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizat mikrobiyolojik analizlerde kullanılmıştır.

3.2.6.1. Toplam aerobik bakteri sayımı

Toplam aerobik bakteri sayımı için PCA (Plate Count Agar) besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan damla plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kutuları, 37°C'de 48 saat aerobik şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petri kutuları sayılarak, toplam aerobik bakteri sayısı belirlenmiştir.

3.2.6.2. *Enterobacteriaceae* sayımı

Uygun dilüsyonlardan ENDO Agar plaklarına 0,05'er ml aktararak damla plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petri plakları 30°C'de 2 gün aerobik şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda çapı 1 mm'nin üzerindeki koloniler sayılarak, *Enterobacteriaceae* sayısı tespit edilmiştir.

3.2.6.3. Maya ve küf sayımı

Balık örneklerinde maya ve küf sayımı için MEA (Malt Ekstrakt Agar) besiyeri kullanılmıştır. Belirlenen dilüsyonlardan damla plak yöntemi ile ekimler yapıp ve 25°C'de 5 günlük inkübasyondan sonra sayım yapılarak maya ve küf sayısı belirlenmiştir.

3.2.7. Fiziksel analizler

3.2.7.1. Tekstür analizi

Tekstür gıdanın kinestetik bir özelliğidir (Kramer, 1975) ve bir gıda örneğinin sertlik, yumuşaklık, yapışkanlık, gevreklik, dağılabilirlik gibi birçok özelliğini kapsayan bir terimdir (Gönül, 1986). Tekstür özellikleri Bourne (1978) tarafından belirlenen tekstür profil analiz (TPA) metoduna göre oda sıcaklığında TA-TX Plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, Haslemere, İngiltere), (Şekil 3.8) ile 10 mm'lik silindirik prob kullanarak aşağıda belirtilen şartlarda örneklerin TPA'sına ait parametreler belirlenmiştir.

Test hızı : 0,80 mm/sn

Gerinim : 55.00 %

Zaman : 5.00 sn

Tetik kuveti : 3.0 g



Şekil 3.8. Analizler sırasında kullanılan tekstür cihazı

Tekstür profil analizinde ürüne uygulanan basınç süresince hardness (sertlik) (g), adhesiveness (yapışkanlık) (mJ), cohesiveness (kohesivlik, bağlılık), springiness (elastikiyet) (mm), ve chewiness (çiğnenebilirlik) (mJ) değerleri okunarak tekstür analizi gerçekleştirilmiştir.

3.2.8. İstatistik analizleri

Araştırmada elde edilen veriler SPSS 16.0 (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak One way ANOVA ve Duncan Çoklu Testi kullanılarak %95 güven eşiğinde uygulamalar arasındaki fark ve günlere göre değişim belirlenmiştir ($p < 0.05$).

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Besin Kompozisyonu Analizleri Bulguları

Sardalya balığı (*Sardina pilchardus*) filetolarının besin kompozisyonu analizi bulguları çizelge 4.1’de verilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda sardalya balığının protein içeriği %19,69, yağ içeri 4,40, nem miktarı 73,41, kül miktarı 1,94 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Sardalya balığı filetolarının besin değerleri

Besin değerleri	%Ortalama ± Standart Hata
Protein	19,69±0,29
Yağ	4,40±0,35
Nem	73,41±0,63
Kül	1,94±0,40

Örnek sayısı; n:3

Gökoğlu ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada sardalya balığının protein, yağ, kül ve nem oranlarını sırasıyla %20,75, %14,1, %1,95 ve % 69,91 olarak tespit etmişlerdir.

Kenar (2009) sardalya filetosunda protein içeriğini %20,01, yağ içeriğini %9,83, nem miktarını %68,51, kül miktarını %1,28 olarak tespit etmiştir.

Özoğul ve ark. (2004) sardalya balığında protein, yağ, nem ve kül miktarlarını sırasıyla %17,8, %12,2, %67,7 ve %1,1 olarak bildirmişlerdir.

Kılınç (1998) yaptığı çalışmada sardalya balığının protein, yağ, nem, kül miktarlarını sırasıyla %18,4, %7,21, %72,23, %1,67 olarak bulmuştur.

Dumay ve ark. (2006) sardalya balığında protein, yağ, kül miktarlarını sırasıyla %15,8, %4,9, %77,65, %1,19 olarak belirlemişlerdir.

Acar (2012) yaptığı çalışmada sardalya balığının protein, yağ, nem, kül miktarlarını sırasıyla %16,4, %11,7, %70,20, %1,30 olarak bulmuştur.

Stamatis ve Arkoudelos (2007) sardalya balığının protein, yağ, nem, kül miktarlarını sırasıyla %18,8, %8,6, %71,40 , %1,40 olarak bulmuştur.

Karakoltsidis ve ark. (1995) sardalya balığının protein, yağ, nem, kül miktarlarını sırasıyla %18,0 %7,0, %74,0, %1,0 olarak bulmuştur.

Durmuş (2010) kış mevsiminde avlanan sardalya balıklarında protein içeriğini %19,93, yağ içeriğini 1,39, nem miktarını 77,20, kül miktarını 1,38 olarak belirlerken ilkbahar mevsiminde avlanan sardalya balıklarında protein içeriğini %20,08, yağ içeriğini 4,58, nem miktarını 73,83, kül miktarını 1,45 olarak belirlemiştir.

Mart ayında avlanan sardalya balıkları ile yürütülen bu çalışmada elde edilen besin kompozisyonu değerleri ile Durmuş (2010)'un ilkbahar mevsiminde avlanan sardalya balıklarının besin kompozisyonu sonuçları paralellik gösterirken; Kenar (2009), Özoğul ve ark. (2004), Kılınç (1998)'in elde ettiği bulgulardan farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Burt ve Hardy (1992) sardalya balığının %57-78 su içeriğine, %17-21 protein miktarına, %1-21 yağ içeriğine sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Sardalya balığının besin kompozisyonlarındaki bu farklılıklar balığın büyüklüğüne, yakalandığı mevsime, yaşadığı alana, cinsiyetine, beslenmesine bağlı değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Pacheco-Aguiler ve ark. 2000). Çalışma sonucunda elde ettiğimiz veriler araştırmacının bildirdiği durum ile yakından ilişkilidir.

4.2. Kimyasal Analizlerin Bulguları

4.2.1. pH değerinde meydana gelen değişimler

Vakum ambalajlanmış sardalya balıklarının (*Sardina pilchardus*) +4°C'de muhafazası sırasındaki pH değişimi Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1'de verilmistir.

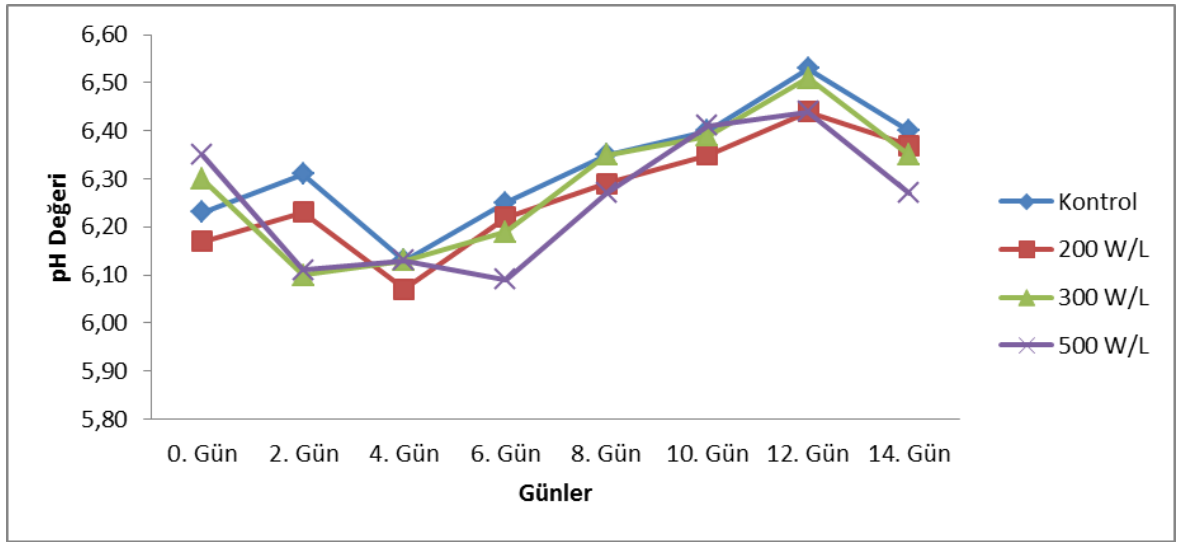
Çizelge 4.2. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasındaki pH değerleri

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	6,23 ± 0,07 ³⁴	6,17 ± 0,04 ³⁴	6,3 ± 0,07 ²³	6,35 ± 0,08 ¹
2. Gün	6,31 ± 0,03 ^{a23}	6,23 ± 0,05 ^{a234}	6,10 ± 0,06 ^{b4}	6,11 ± 0,06 ^{b2}
4. Gün	6,13 ± 0,05 ⁴	6,07 ± 0,07 ⁴	6,13 ± 0,05 ⁴	6,13 ± 0,03 ²
6. Gün	6,25 ± 0,01 ²³⁴	6,22 ± 0,10 ²³⁴	6,19 ± 0,06 ³⁴	6,09 ± 0,12 ²
8. Gün	6,35 ± 0,02 ^{a23}	6,29 ± 0,01 ^{ab123}	6,35 ± 0,03 ^{a12}	6,27 ± 0,03 ^{b12}
10. Gün	6,40 ± 0,03 ¹²	6,35 ± 0,02 ¹²	6,39 ± 0,03 ¹²	6,41 ± 0,02 ¹
12. Gün	6,53 ± 0,07 ¹	6,44 ± 0,07 ¹	6,51 ± 0,04 ¹	6,44 ± 0,02 ¹
14. Gün	6,40 ± 0,07 ¹²	6,37 ± 0,01 ¹²	6,35 ± 0,05 ¹²	6,27 ± 0,08 ¹²

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5; Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE(n=3, p<0.05)$

Depolamanın başlangıcında en düşük pH değeri 6,17 ile 200 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilirken, en yüksek pH değeri 6,35 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir. Depolamanın sona erdiği 14. günde en düşük pH değeri 6,27 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilirken, en yüksek pH değeri 6,40 ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. pH ölçümünde elde edilen veriler yapılan diğer analizlerle paralellik göstermiştir. Bozulmanın başlamasıyla kimyasal değişikliklerin meydana gelmesi ve mikrobiyal faaliyetlerin artması 6. gün ve sonrasında pH değerinde artışa sebep olmuştur.

Taze balık için belirtilen pH değeri 6,0-6,5 arasındadır. Tüketilebilirlik sınır değeri ise 6,8-7,0'dır. Fakat pH değeri tek başına kesin bir kriter olmayıp diğer yapılacak olan analizlerle tamamlanması gerekmektedir (Varlık ve ark. 1993).



Şekil 4.1. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki pH değerlerinde meydana gelen değişimler

2. ve 8. gün haricinde gruplar arası istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gökoğlu ve ark. (1998) +4 °C ‘de muhafaza ettikleri sardalya balıklarında depolama başlangıcında 6,20 olan pH değerinin depolamanın sonu olan 10. günde 7,50’e ulaştığı tespit edilmiştir. Nunes ve ark. (1992)’de depolama boyunca sardalya balıklarının pH değerinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Varlık (1994) +4 °C ‘de depolanan sardalya balıklarında pH değerinin 6,35’den 7. günün sonunda 6,71’e ulaştığını bildirmiştir.

Durmuş (2010) kış ve ilkbahar mevsiminde avlanan ve vakum paketlenerek +4 °C 'de depolanan sardalya balıklarında meydana gelen kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik değişimleri araştırmıştır. Kış mevsiminde avlanıp depolanan sardalya balıklarında depolama başlangıcında 6,78 olan pH değeri depolama sonunda 6,90'a ulaşmıştır. İlkbahar mevsiminde avlanan sardalya balıklarında depolama başlangıcında 7,10 olan pH değeri depolamanın sonu olan 18. Günde 6,97 olarak ölçülmüştür.

Acar (2012) kıyma halindeki sardalya balığı kıyması üzerinde zeytin yaprağı ekstresinin 10 günlük depolama boyunca etkisini araştırmıştır. Depolama süresince zeytin yaprağı ekstresi uygulanmayan kontrol grubu pH değerlerinde başlangıçta 6,36 olarak ölçülen pH değeri, depolamanın son günü olan 10. günde 6,60 olarak belirlemiştir.

Özden (1995) soğukta depolanan sardalya balıklarında duyuşal, fiziksel ve kimyasal değişimleri araştırmıştır. Depolamanın başında 6,17 olan pH değeri depolama süresince artış göstermiş ve depolamanın 11. Gününde 7,52 pH değerine ulaşmıştır.

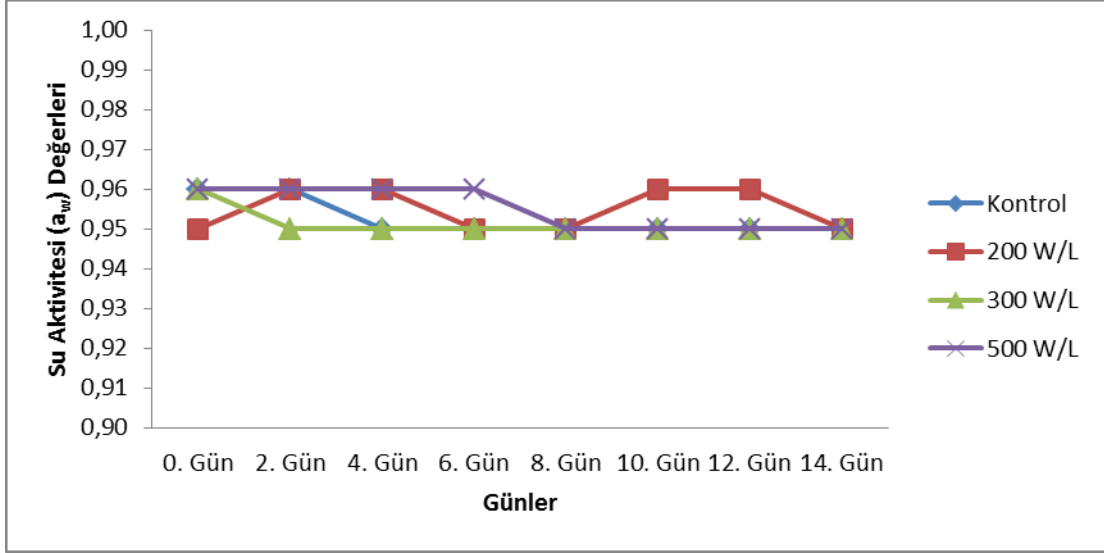
El Marrakchi ve ark. (1990) buz içerisinde depolanan sardalya balıklarında pH değerini 0. gün 5,83, 9. gün 6,36 ve 18. gün 6,57 olarak bulmuşlardır ve pH ölçümünün sardalya balığının bozulma miktarını belirlemede etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmada depolama sırasında pH değerinde artış gözlenmiştir ancak El Marrakchi ve ark. (1990) ile Varlık ve ark. (1993)' nın da vurguladığı gibi pH değeri ölçümünün tek başına balıklarda bozulmayı belirleyen bir kriter olmadığı düşünülmektedir.

4.2.2. Su aktivitesinde meydana gelen değişimler

200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetoalarının +4°C'de muhafazası sırasındaki su aktivitesinde meydana gelen değişimler Şekil 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Depolamanın başlangıcında en düşük su aktivitesi değeri 200W/L ultrason uygulanan grupta 0,95olarak tespit edilirken, diğer grup su aktivitesi değeri 0,96 olarak ölçülmüştür. Depolamanın sonunda tüm gruplarda su aktivitesi değeri 0,95 olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki su aktivitesi değerleri 0,95 ile 0,96 arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.2. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki su aktivitesinde (a_w) meydana gelen değişimler

Çizelge 4.3. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki elde edilen su aktivitesi (a_w) değerleri (n=3)

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,02	0,96 ± 0,01	0,96 ± 0,02
2. Gün	0,96 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,96 ± 0,01
4. Gün	0,95 ± 0,02	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,96 ± 0,01
6. Gün	0,95 ± 0,01	0,95± 0,02	0,95 ± 0,02	0,96 ± 0,01
8. Gün	0,95 ± 0,02	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01
10. Gün	0,95 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,02
12. Gün	0,95 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,02	0,95 ± 0,01
14. Gün	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,02	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01

4.2.3. TVB-N miktarında meydana gelen değişimler

TVB-N iç su ve deniz balıklarında depolama sırasında balık etinin kalitesinin tespitinde ve bozulma miktarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Kılınç, 1998).

TVB-N su ürünlerinde en önemli bozulma kriterlerinden biridir. Bu nedenle balıklarda 25 mg N/100 g’ ın altındaki TVB-N miktarı oldukça iyi, 30 mg N/100 g’ın altındaki TVB-N mikarı iyi, 35 mg N/100 g’ın altındaki TVB-N miktarı tüketilebilir olarak kabul edilirken 35 mg N/100g’ın üzerindeki TVB-N mikarı ise bozulmuş olarak kabul

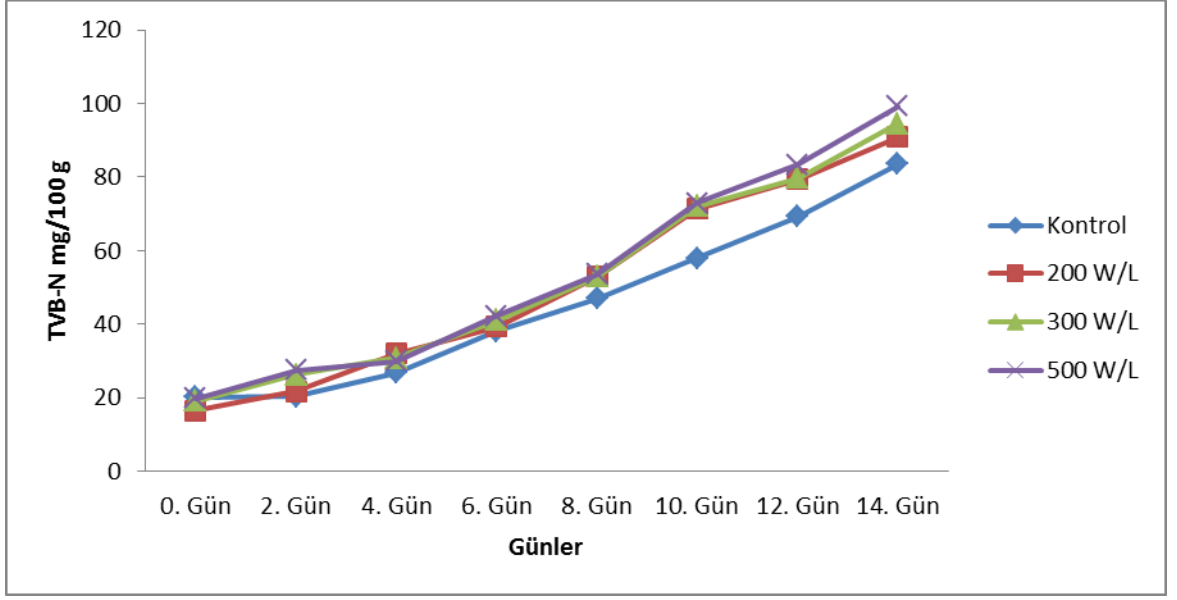
edilir (Kietzmann ve ark., 1969).

Vakum ambalajlanmış sardalya balıklarının +4 °C’de muhafazası sırasındaki TVB-N değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3’te verilmiştir. TVB-N miktarı taze sardalya balığı filetolarında 20,22 mg N/100 g olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplarda depolama süresi arttıkça TVB-N değeri de artmış ($p<0,05$) ve depolamanın 6. gününde tüm gruplar TVB-N tüketilebilirlik sınırı olan 35 mg N/100 g değerini aşmıştır.

Çizelge 4.4. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	20,22 ± 0,39 ^{a7}	16,55 ± 0,24 ^{b8}	19,06 ± 0,45 ^{a8}	19,81 ± 0,62 ^{a7}
2. Gün	20,32 ± 1,14 ⁷	21,79 ± 3,31 ⁷	26,29 ± 2,09 ⁷	27,51 ± 0,83 ⁶
4. Gün	26,88 ± 0,39 ^{b6}	32,03 ± 0,91 ^{a6}	30,76 ± 0,87 ^{a6}	29,89 ± 1,39 ^{ab6}
6. Gün	38,14 ± 0,81 ^{c5}	39,41 ± 0,38 ^{bc5}	41,01 ± 0,92 ^{ab5}	42,31 ± 0,92 ^{a5}
8. Gün	47,01 ± 0,33 ^{b4}	52,84 ± 0,27 ⁴	52,93 ± 0,61 ⁴	53,53 ± 0,49 ⁴
10. Gün	58,05 ± 0,97 ^{b3}	71,34 ± 2,93 ^{a3}	72,06 ± 0,90 ^{a3}	72,92 ± 2,44 ^{a3}
12. Gün	69,34 ± 0,75 ^{b2}	79,42 ± 0,63 ^{a2}	79,73 ± 2,09 ^{a2}	83,41 ± 1,68 ^{a2}
14. Gün	83,54 ± 1,20 ^{c1}	90,89 ± 0,95 ^{b1}	94,62 ± 1,38 ^{b1}	99,31 ± 1,06 ^{a1}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE$ ($n=3$, $p<0.05$)



Şekil 4.3. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler

0. gün en yüksek TVB-N değeri 20,22 mg/100 g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

2. gün en yüksek TVB-N değeri 27,51 mg/100 g ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

4. gün en yüksek TVB-N değeri 32,03 mg/100 g ile 200 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak kontrol grubu haricinde ($p<0,05$) diğer gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

6. gün en yüksek TVB-N değeri 42,31 mg/100 g ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 300W/L ultrason uygulanan grup haricinde ($p>0,05$) diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

8., 10. ve 12. günlerde en yüksek TVB-N değerleri 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak kontrol grubu haricinde diğer gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

14. gün 200 W/L ve 500 W/L ultrason uygulanan grupların TVB-N değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmezken ($p>0,05$), diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek TVB-

N değeri 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Durmuş (2010), kış ve ilkbahar mevsimlerinde avlanan sardalyaların $+4^{\circ}\text{C}$ 'de vakum paketli olarak depolanmaları esnasında meydana gelen kimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik değişimleri araştırmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda TVB-N değerini kış mevsiminde avlanan sardalya balıklarında depolamanın başlangıcında 18,39 mg N/100 g olarak, depolama sonu olan 18. günde 29,45 mg N/100 g olarak bulmuştur. Yaz mevsiminde avlanan sardalya balıklarında ise depolamanın başlangıcında 16,25 mg N/100 g olarak, depolama sonu olan 18. günde 20,25 mg N/100 g olarak bulmuştur.

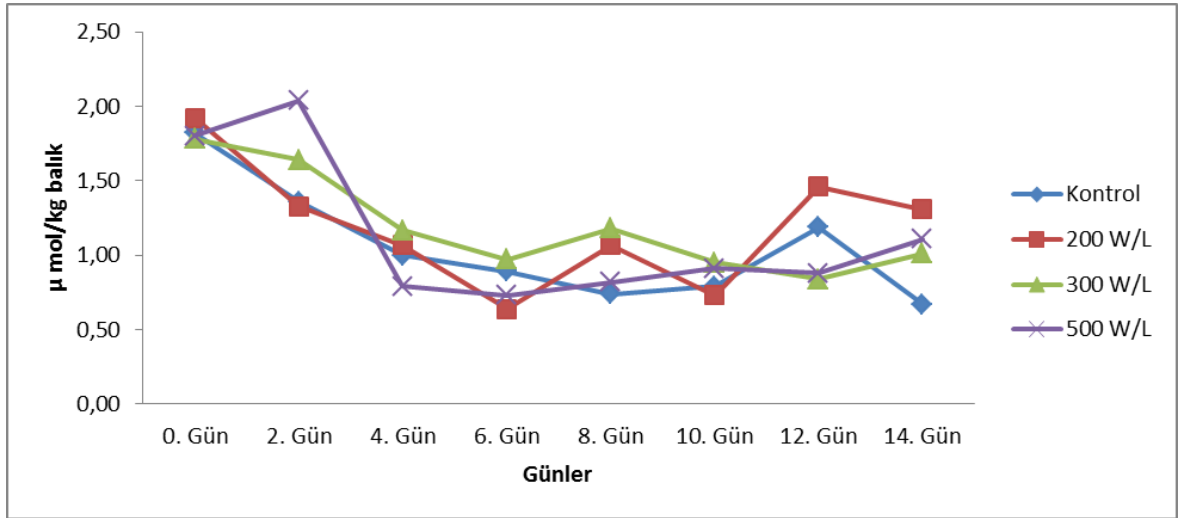
Özoğul ve ark. (2004) $+4^{\circ}\text{C}$ 'de modifiye atmosfer paketlenme ve vakum paketlenme uygulanarak 15 gün depoladıkları sardalya balıklarındaki duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite değişimlerini araştırmışlardır. Depolama başında 5 mg N/100 g olan TVB-N değeri depolamanın sonunda ambalaj uygulanmadan muhafaza edilen grupta 15 mg N/100 g'a, vakum paket uygulanan grupta 19 mg N/100 g'a, modifiye atmosfer paketlenme uygulanan grupta ise 17 mg/100 g'a ulaştığını bildirilmişlerdir.

Özden (1995) soğukta depolanan sardalya balıklarında duyusal, fiziksel ve kimyasal değişimleri araştırmıştır. Depolamanın başında 13,18 mg N/100 g olan TVB-N değeri 6. gün 36,34 N/100 g ile tüketilebilirlik sınırını aştığını; depolamanın sonu olan 11. günde 64,80 N/100 g'a ulaştığını belirtmiştir.

Gökoğlu ve ark. (1998) $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza ettikleri sardalya balıklarında başlangıçta 13,18 mg/100 g olan TVB-N miktarının 10. günde 64,80 mg/100 g'a yükseldiğini belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmaya benzer şekilde Gökoğlu ve ark. (1998)'nin ile Özden (1995)'in yaptığı çalışmalarda da sardalya balıklarında TVB-N miktarının 6. günde tüketilebilirlik sınırı olan 35 mg/100 g değerini aştığı gözlemlenmiştir.

4.2.4. TBAR's değerinde meydana gelen değişimler

TBAR's lipit oksidasyonunun bir göstergesidir. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış sardalya filetoalarının $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası sırasındaki TBAR's değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.4. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TBAR’s değerlerinde meydana gelen değişimler.

Çizelge 4.5. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki TBAR’s değerlerinde meydana gelen değişimler

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	1,82 ± 0,38 ¹	1,92 ± 0,37 ¹	1,78 ± 0,30 ¹	1,80 ± 0,31 ¹
2. Gün	1,36 ± 0,33 ¹²	1,33 ± 0,07 ²	1,64 ± 0,30 ¹²	2,04 ± 0,06 ¹
4. Gün	1,00 ± 0,11 ^{ab2}	1,07 ± 0,14 ^{ab23}	1,17 ± 0,04 ^{a23}	0,79 ± 0,07 ^{b2}
6. Gün	0,89 ± 0,09 ²	0,64 ± 0,03 ³	0,97 ± 0,17 ³	0,73 ± 0,05 ²
8. Gün	0,74 ± 0,05 ^{b2}	1,07 ± 0,06 ^{a23}	1,18 ± 0,08 ^{a23}	0,82 ± 0,06 ^{b2}
10. Gün	0,79 ± 0,09 ²	0,73 ± 0,04 ³	0,95 ± 0,09 ³	0,91 ± 0,04 ²
12. Gün	1,19 ± 0,39 ¹²	1,46 ± 0,17 ¹²	0,84 ± 0,10 ³	0,88 ± 0,28 ²
14. Gün	0,67 ± 0,02 ^{c2}	1,31 ± 0,09 ^{a2}	1,01 ± 0,02 ^{b3}	1,11 ± 0,09 ^{ab2}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. X±STE (n=3, p<0.05)

0. gün en yüksek TBAR’s değeri 1,92 μmol/kg ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05).

2. gün en yüksek TBAR's değeri 2,04 $\mu\text{mol/kg}$ ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca 500 W/L ultrason uygulanan grup dışında tüm gruplarda TBAR's değerinde düşüş gözlenmiştir. Bu düşüşün sebebinin depolama sıcaklığı ile ve ışık-oksidasyon ilişkisiyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

4. gün en yüksek TBAR's değeri 1,17 $\mu\text{mol/kg}$ ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak 500W/L ultrason uygulanan grup hariç ($p<0,05$) diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Depolama şartlarıyla bağlantılı olduğu düşünülen TBAR's değerindeki düşüş tüm gruplarda gözlemlenmiştir.

6. gün en yüksek TBAR's değeri 0,97 $\mu\text{mol/kg}$ ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). 6. Gün depolamanın başından beri gözlemlenen TBAR's değerindeki düşüş devam etmiştir.

8. gün en yüksek TBAR's değeri 1,18 $\mu\text{mol/kg}$ ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 300W/L ultrason uygulanan grup ile 500W/L ultrason uygulanan grup ve kontrol grubu arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın başından beri TBAR's değerinde gözlemlenen düşüş kontrol grubu dışındaki gruplarda artış gözlemlenmiştir.

10. gün en yüksek TBAR's değeri 0,95 $\mu\text{mol/kg}$ ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

12. gün en yüksek TBAR's değeri 1,46 $\mu\text{mol/kg}$ ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

14. gün en yüksek TBAR's değeri 1,31 $\mu\text{mol/kg}$ ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 500W/L ultrason uygulanan grup hariç ($p>0,05$) diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Selmi ve Sadok (2007) taze sardalya balığında TBAR's değerini 0,87 mg malonaldehit/kg olarak tespit etmişlerdir.

Nunes ve ark. (1992) sardalya balığının buzda muhafazası sırasında meydana gelen kalite değişimlerini araştırdıkları çalışmanın başında TBA değerini 0,08 mg/kg malonaldehit olarak tespit ederlerken, depolama sonu olan 9. günde ise 7 mg/kg malonaldehit olarak tespit etmişlerdir.

Özden (1995) soğukta depolanan sardalya balıklarında duyuşal, fiziksel ve kimyasal değişimleri araştırdığı çalışmasında depolama başlangıcında TBA değerini 1,39 mg malonaldehit/kg olarak belirlerken, depolamanın 11. gününde 6,44 mg malonaldehit/kg olarak tespit etmiştir.

Acar 2012’de yaptığı çalışmada zeytin yaprağı ekstresinin kıyma halindeki sardalya balığı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda ekstrenin uygulanmadığı kontrol grubunun TBAR’s değerini depolamanın başında 1.34 μ mol MDA/g olarak, 5. gününde μ mol MDA/g olarak, 10. gününde ise bu değeri 1,59 μ mol MDA/g olarak tespit etmiştir. Ancak TBAR’s değeri depolama boyunca düzenli bir artış göstermemiş ve bizim yaptığımız çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da dalgalanmalar gözlemlenmiştir.

Kenar ve ark. (2010) vakum ambalajlanmış sardalya balığı filetelorında doğal antioksidanların etkilerini araştırmışlardır. Kontrol grubunda ve antioksidan uygulanan gruplarda TBAR’s değerinde dalgalanmalar gözlemlenmişlerdir. Tüm gruplara bakıldığında en yüksek TBAR’s değerinin 2,4 mg malonaldehyde kg^{-1} olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda TBAR’s değerlerindeki düşüklüğün paket içerisinde oksijenin uzaklaştırılması ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Kenar ve ark. (2010)’nın çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da tüm grupların TBAR’s değerlerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Çalışmada belirlenen en yüksek TBAR’s değerinin 2,04 $\mu\text{mol/kg}$ ’ı aşmadığı belirlenmiştir. Kenar ve ark. (2010)’nın da belirttiği gibi vakum ambalajlanan paketlerde oksijenin paketlerden uzaklaştırılmasının oksidasyonu önlediği düşünülmektedir.

4.3. Mikrobiyolojik Analizlerin Bulguları

4.3.1. Toplam aerobik bakteri sayısı

200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası boyunca sayımı yapılan toplam aerobik bakteri sayısı bulguları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5’te verilmiştir.

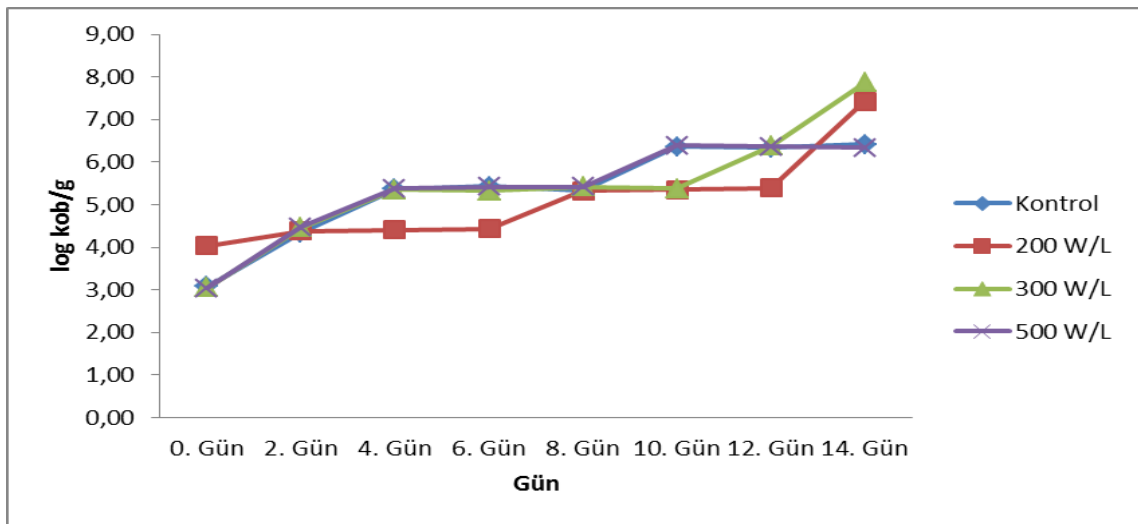
Depolama boyunca toplam bakteri sayısında düzenli bir artışın olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubunun ve 500 W/L ultrason uygulanan grubun 10. günün sonunda 10^6 kob/g’a ulaştığı; 300 W/L ultrason uygulanan grubun 12. gün sonunda 10^6

kob/g'a ulaştığı; 200 W/L ultrason uygulanan grubun ise 14. gün sonunda 10^6 kob/g sınırını aştığı belirlenmiştir. 200 W/L ultrason uygulanan grubun diğer gruplara göre mikrobiyal kaliteyi artırmada daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası boyunca sayımı yapılan toplam aerobik bakteri sayısı bulguları (log kob/g)

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	3,07 ± 0,01 ^{b5}	4,03 ± 0,00 ^{a4}	3,05 ± 0,00 ^{c5}	3,03 ± 0,00 ^{c4}
2. Gün	4,35 ± 0,00 ^{b4}	4,39 ± 0,02 ^{b3}	4,46 ± 0,01 ^{a4}	4,48 ± 0,02 ^{a3}
4. Gün	5,37 ± 0,03 ^{a23}	4,40 ± 0,02 ^{b3}	5,35 ± 0,01 ^{a3}	5,38 ± 0,01 ^{a2}
6. Gün	5,44 ± 0,04 ^{a2}	4,43 ± 0,06 ^{b3}	5,32 ± 0,00 ^{a3}	5,41 ± 0,04 ^{a2}
8. Gün	5,33 ± 0,01 ^{b3}	5,32 ± 0,00 ^{b2}	5,41 ± 0,02 ^{a3}	5,41 ± 0,03 ^{a2}
10. Gün	6,37 ± 0,00 ^{a1}	5,35 ± 0,00 ^{b2}	5,37 ± 0,01 ^{b3}	6,39 ± 0,01 ^{a1}
12. Gün	6,33 ± 0,01 ^{b1}	5,39 ± 0,00 ^{c2}	6,37 ± 0,01 ^{ab2}	6,36 ± 0,01 ^{a1}
14. Gün	6,41 ± 0,05 ^{b1}	7,43 ± 0,02 ^{a1}	7,86 ± 0,35 ^{a1}	6,34 ± 0,01 ^{b1}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE$ (n=3, p<0.05)



Şekil 4.5. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası sırasında toplam aerobik bakteri sayısında meydana gelen değişimler

Pohlman ve ark. (1997) vakum ambalajlanmış et örneklerine 20 kHz, 1.55 W/L yoğunlukta ultrason işlemi uygulamışlardır. Ultrason uygulamasının et örneklerindeki toplam bakteri yükünü azaltmada etkili olduğunu ancak kontrol grubu ile arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca depolamanın 0. gününde ultrason işlemi uygulandıktan sonra mikroorganizma sayısında azalış gözlediklerini ve bu azalışın depolamanın 5. gününe kadar devam ettiğini belirtmişlerdir.

El Marrakchi ve ark. (1990) 18 gün boyunca sardalya balıklarını buz içerisinde muhafaza ettikleri çalışmada toplam bakteri sayısının 12. gün sonunda 10^6 CFU/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Özoğul ve ark. (2004), modifiye atmosfer paketleme ve vakum paketleme ile ambalajlanan sardalyanın +4 °C'de depolama sırasında kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesinde meydana gelen değişimleri 15 gün boyunca araştırmışlardır. Ambalaj uygulanmadan depolanan grubun toplam bakteri sayısının 3. günde 10^6 CFU/g'a ulaştığı, vakum ambalaj uygulanan grupta toplam bakteri sayısının 8. günde 10^6 CFU/g'a ulaştığını, modifiye atmosfer paketleme uygulanan grupta ise toplam bakteri sayısının 10. günde 10^6 CFU/g'a ulaştığını belirtmişlerdir.

Stamatis ve Arkoudelos (2007) yaptıkları çalışmada +3°C'de ambalajsız ve vakum ambalaj uygulayarak muhafaza ettikleri sardalya filetolarında meydana gelen kalite değişimlerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda ambalajsız olarak depolanan sardalya balıklarının toplam bakteri sayısının 7. günde 10^6 CFU/g'a ulaştığı, vakum ambalajlanarak depolanan grupta ise toplam bakteri sayısının 13. günde 10^6 CFU/g'a ulaştığını belirtmişlerdir.

4.3.2. *Enterobacteriaceae* sayımı

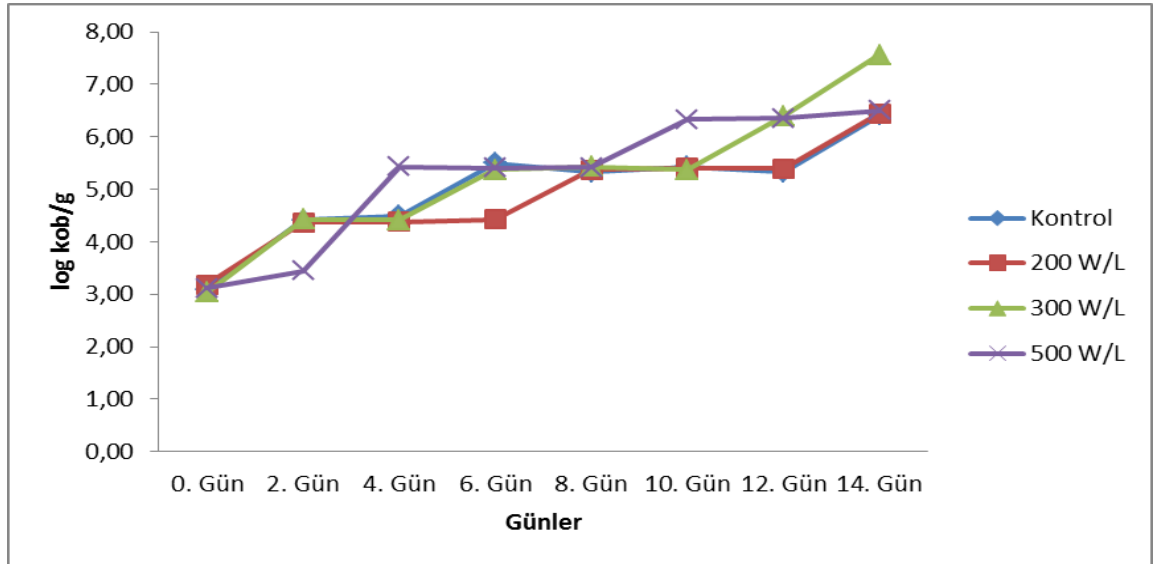
200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C'de muhafazası boyunca sayımı yapılan *Enterobacteriaceae* sayısı bulguları Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Depolama boyunca *Enterobacteriaceae* sayısında genel olarak bir artışın olduğu gözlemlenmiştir. 500 W/L ultrason uygulanan grubun 4. günün sonunda 10^5 kob/g'a ulaştığı; kontrol grubunun ve 300 W/L ultrason uygulanan grubun 6. gün sonunda 10^5 kob/g'a ulaştığı; 200 W/L ultrason uygulanan grubun ise 8. gün sonunda 10^5 kob/g sınırına ulaştığı tespit edilmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı toplam bakteri sayısındaki sonuçlarla paralellik göstermiştir ve 200 W/L ultrason işleminin uygulanması diğer gruplara oranla *Enterobacteriaceae* bakterilerinin gelişimini geciktirmiştir.

Çizelge 4.7. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası boyunca sayımı yapılan *Enterobacteriaceae* sayısı bulguları(log kob/g)

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	3,08 ± 0,06 ^{b5}	3,19 ± 0,00 ^{a4}	3,19 ± 0,00 ^{b5}	3,19 ± 0,00 ^{a5}
2. Gün	4,42 ± 0,03 ^{a4}	4,37 ± 0,00 ^{a3}	4,42 ± 0,06 ^{a4}	3,44 ± 0,04 ^{b4}
4. Gün	4,50 ± 0,01 ^{b4}	4,38 ± 0,03 ^{b3}	4,42 ± 0,07 ^{b4}	5,43 ± 0,02 ^{a3}
6. Gün	5,50 ± 0,03 ^{a2}	4,43 ± 0,07 ^{b3}	5,38 ± 0,04 ^{a3}	5,41 ± 0,01 ^{a3}
8. Gün	5,32 ± 0,01 ^{b3}	5,37 ± 0,02 ^{ab2}	5,43 ± 0,04 ^{a3}	5,41 ± 0,04 ^{ab3}
10. Gün	5,43 ± 0,03 ^{a2}	5,41 ± 0,05 ^{a2}	5,37 ± 0,01 ^{a3}	6,33 ± 0,01 ^{b2}
12. Gün	5,33 ± 0,00 ^{b3}	5,39 ± 0,04 ^{b2}	5,39 ± 0,01 ^{a2}	5,39 ± 0,00 ^{a2}
14. Gün	6,41 ± 0,03 ^{c1}	6,45 ± 0,02 ^{bc1}	7,56 ± 0,00 ^{a1}	6,50 ± 0,03 ^{b1}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. X±STE (n=3, p<0.05)



Şekil 4.6. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasında *Enterobacteriaceae* sayısında meydana gelen değişimler

4.3.3. Maya ve küf sayımı

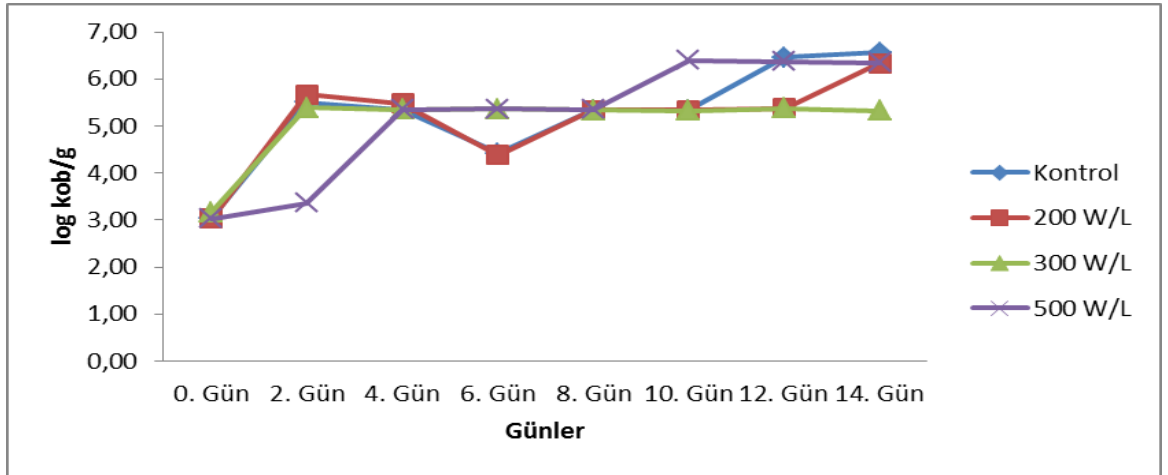
200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası boyunca sayımı yapılan maya-küf sayısı bulguları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Maya ve küf sayısı açıkta pazarlanan, ambalajlama işleminden önce havayla temas eden ve ambalaj materyalinden bulaşma olabilen ürünlerde önemli bir kalite göstergesidir.

Çizelge 4.8. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası boyunca sayımı yapılan Maya ve küf sayısı bulguları(log kob/g)

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	3,04 ± 0,00 ^{b6}	3,03 ± 0,00 ^{b5}	3,17 ± 0,00 ^{a6}	3,03 ± 0,01 ^{b5}
2. Gün	5,51 ± 0,01 ^{a3}	5,67 ± 0,32 ^{a3}	5,38 ± 0,01 ^{a1}	3,36 ± 0,02 ^{b4}
4. Gün	5,36 ± 0,02 ^{b4}	5,48 ± 0,03 ^{a2}	5,35 ± 0,00 ^{b34}	5,35 ± 0,01 ^{b3}
6. Gün	4,41 ± 0,02 ^{b5}	4,41 ± 0,02 ^{b4}	5,36 ± 0,01 ^{a23}	5,36 ± 0,01 ^{a3}
8. Gün	5,34 ± 0,01 ^{ab4}	5,34 ± 0,01 ^{b3}	5,34 ± 0,00 ^{ab45}	5,36 ± 0,00 ^{a3}
10. Gün	5,34 ± 0,00 ^{b4}	5,34 ± 0,00 ^{b3}	5,33 ± 0,01 ^{b5}	6,40 ± 0,02 ^{a1}
12. Gün	6,46 ± 0,00 ^{a2}	5,37 ± 0,01 ^{c3}	5,37 ± 0,00 ^{c12}	6,37 ± 0,02 ^{b12}
14. Gün	6,56 ± 0,00 ^{a1}	6,34 ± 0,00 ^{c1}	5,33 ± 0,00 ^{d5}	6,35 ± 0,00 ^{b2}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. X±STE (n=3, p<0.05)



Şekil 4.7. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasında maya-küf sayısında meydana gelen değişimler

4.4. Fiziksel Analiz Bulguları

4.4.1. Tekstür analizi bulguları

Tekstür bir gıdanın mekaniksel ve yapısal özellikleriyle yakından ilişkili kalite özelliklerini içermektedir. Bir ürünün tüketici tarafından kabulünde en önemli kriterlerden biri de tekstürel özellikleridir. Tekstür profil analizi ölçümü, tekstür analiz cihazına bağlı olan baskı plakası altında, gıda örneğinin ardı ardına iki kez sıkıştırılması ile gerçekleştirilmektedir (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978).

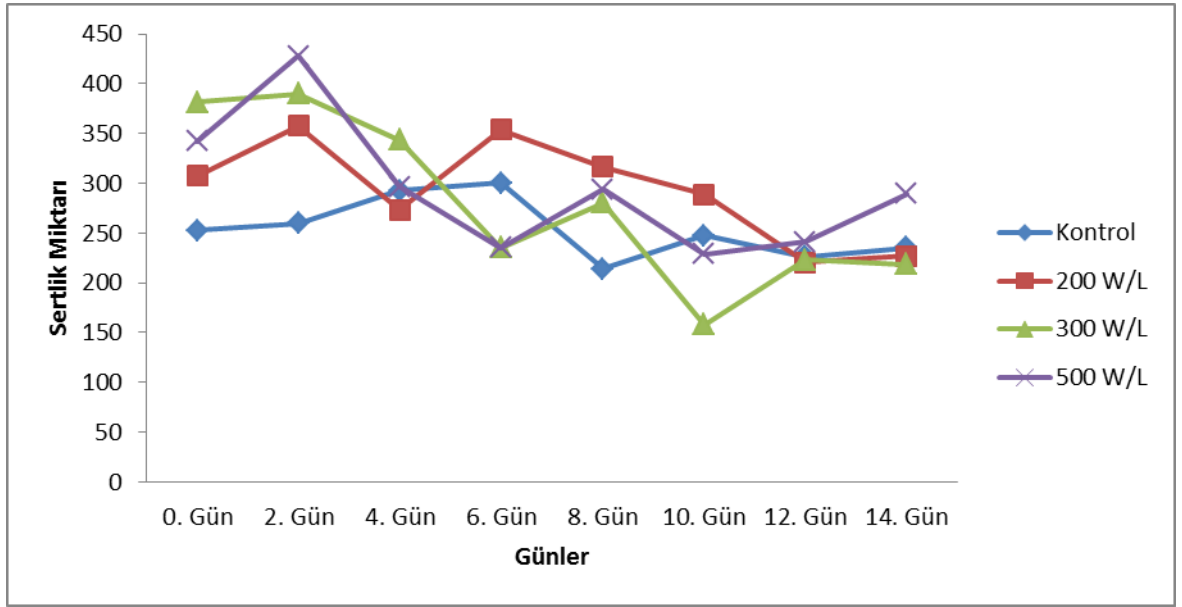
200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, kohesivlik ve elastikiyet değerinde meydana gelen değişimler sırası ile Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’te ve Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12’de verilmiştir.

Birinci sıkıştırma esnasında ölçülen maksimum kuvvet olan sertlik, gıda maddesinin yapısında belirli bir deformasyonu sağlamak amacıyla uygulanması gereken güç olarak da tanımlanmaktadır (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978).

Çizelge 4.9. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden sertlik değerleri

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	252,39 ± 21,17 ^b	307,33 ± 47,34 ^{ab12}	381,41 ± 42,78 ^{a1}	342,26 ± 40,80 ^{ab12}
2. Gün	259,60 ± 36,49 ^b	357,61 ± 17,01 ^{ab1}	389,69 ± 22,71 ^{a1}	427,88 ± 66,00 ^{a1}
4. Gün	292,50 ± 21,60	273,19 ± 24,99 ¹²	343,78 ± 45,36 ¹²	296,82 ± 38,62 ²
6. Gün	300,51 ± 29,05	354,10 ± 70,60 ¹	235,52 ± 33,58 ²³⁴	235,52 ± 33,58 ²
8. Gün	214,32 ± 55,58	316,24 ± 31,50 ¹²	280,23 ± 59,95 ¹²³	294,01 ± 33,96 ²
10. Gün	247,41 ± 15,50 ^{ab}	288,96 ± 40,50 ^{a12}	157,69 ± 8,21 ^{b4}	228,99 ± 45,83 ^{ab2}
12. Gün	226,45 ± 24,26	220,30 ± 27,71 ²	223,09 ± 31,35 ³⁴	241,07 ± 8,81 ²
14. Gün	235,46 ± 36,82	227,17 ± 27,78 ²	218,43 ± 29,08 ³⁴	289,12 ± 38,30 ²

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. X±STE (n=6, p<0.05)



Şekil 4.8. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya fileolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden sertlik değerinde meydana gelen değişimler.

0. gün en yüksek sertlik değeri 381,41 ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

2. gün en yüksek sertlik değeri 427,88 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4. gün en yüksek sertlik değeri 343,78 ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

6. gün en yüksek sertlik değeri 354,10 ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

8. gün en yüksek sertlik değeri 316,24 ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

10. gün en yüksek sertlik değeri 288,96 ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 300W/L ultrason uygulanan grup ile arasında istatistiksel anlamda

önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

12. gün en yüksek sertlik değeri 241,07 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

14. gün en yüksek sertlik değeri 289,12 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Su ürünleri için en önemli tekstürel özelliklerden biri ürünün sertliğidir. Depolamanın 2. gününden sonra sertlik değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. TVB-N analizlerinde elde edilen veriler bozulmanın 6. gün itibarıyla başladığını gösterirken; 6., 8. ve 10. günlerde 200 W/L ultrason uygulanan grupta sertlik değerleri hala yüksektir. 200 W/L ultrason uygulanan grupta mikrobiyel bozulmanın diğer gruplara göre daha geç gerçekleşmesi, kaslarda meydana gelen kimyasal ve enzimatik faaliyetlerin daha geç oluşmasına yol açarak yumuşamayı geciktirdiği düşünülmektedir.

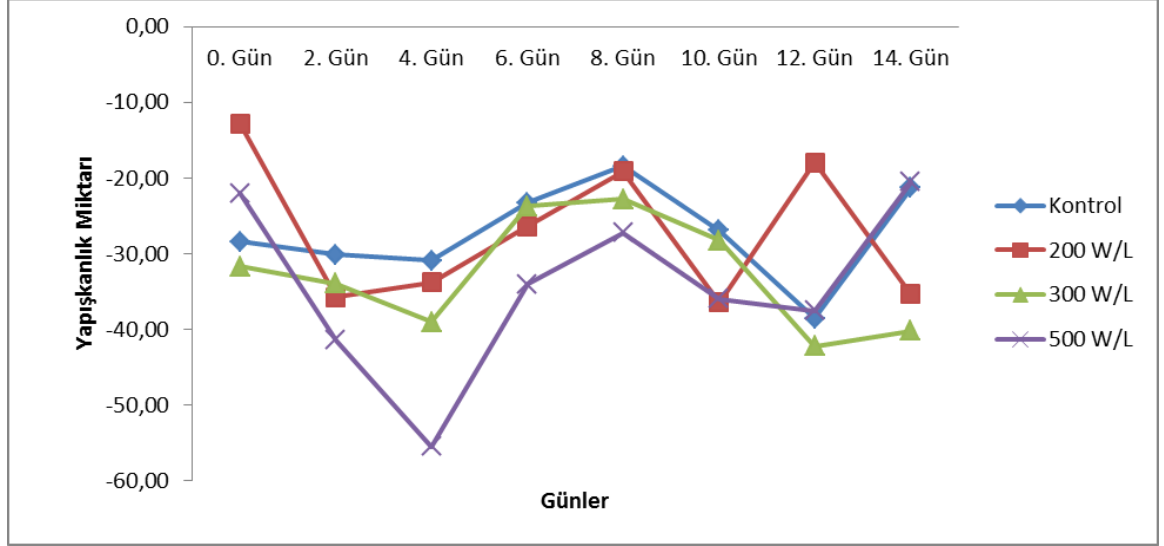
Yapışkanlık değeri gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey (dil, diş, damak veya prop) arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gerekli iş olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmada gözlenen negatif alandır (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978).

Çizelge 4.10. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden yapışkanlık değerleri

Günler	Kontrol	200 W / L	300 W / L	500 W / L
0. Gün	-28,43 ± 9,11	-12,84 ± 3,39 ¹	-31,66 ± 10,99	-22,01 ± 2,83 ¹
2. Gün	-30,1 ± 5,67	-35,77 ± 11,55 ²	-33,94 ± 7,04	-41,40 ± 13,79 ¹²
4. Gün	-30,93 ± 4,27 ^a	-33,80 ± 6,70 ^{ab2}	-39,03 ± 6,00 ^{ab}	-55,43 ± 12,52 ^{b2}
6. Gün	-23,27 ± 4,40	-26,41 ± 5,02 ¹²	-23,71 ± 4,27	-34,05 ± 9,64 ¹²
8. Gün	-18,41 ± 3,90	-19,11 ± 3,89 ¹²	-22,81 ± 3,59	-27,20 ± 3,28 ¹²
10. Gün	-26,93 ± 10,71	-36,44 ± 6,71 ²	-28,26 ± 1,60	-36,00 ± 7,65 ¹²
12. Gün	-38,55 ± 4,36 ^b	-17,93 ± 3,90 ^{a12}	-42,19 ± 5,68 ^b	-37,48 ± 7,57 ^{b12}
14. Gün	-21,34 ± 5,73 ^a	-35,34 ± 2,76 ^{ab2}	-40,20 ± 5,29 ^b	-20,55 ± 6,89 ^{a1}

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE$ ($n=6$, $p<0.05$)

Depolamanın başlangıcında en düşük yapışkanlık değeri 200 W/L ultrason uygulanan grupta, en yüksek yapışkanlık değeri 300 W/L ultrason uygulanan grupta belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en düşük yapışkanlık değeri 500 W/L ultrason uygulanan grupta, en yüksek yapışkanlık değeri 300 W/L ultrason uygulanan grupta belirlenmiştir. Depolama boyunca yapışkanlık değerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetoalarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden yapışkanlık değerinde meydana gelen değişimler

0. gün en düşük yapışkanlık değeri -31,66 ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

2. gün en düşük yapışkanlık değeri -41,40 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

4. gün en düşük yapışkanlık değeri -55,43 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

6. gün en düşük yapışkanlık değeri -34,05 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

8. gün en düşük yapışkanlık değeri -27,20 ile 500W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

10. gün en düşük yapışkanlık değeri -36,44 ile 200W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

12. gün en düşük yapışkanlık değeri -42,19 ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 200W/L ultrason uygulanan grup ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

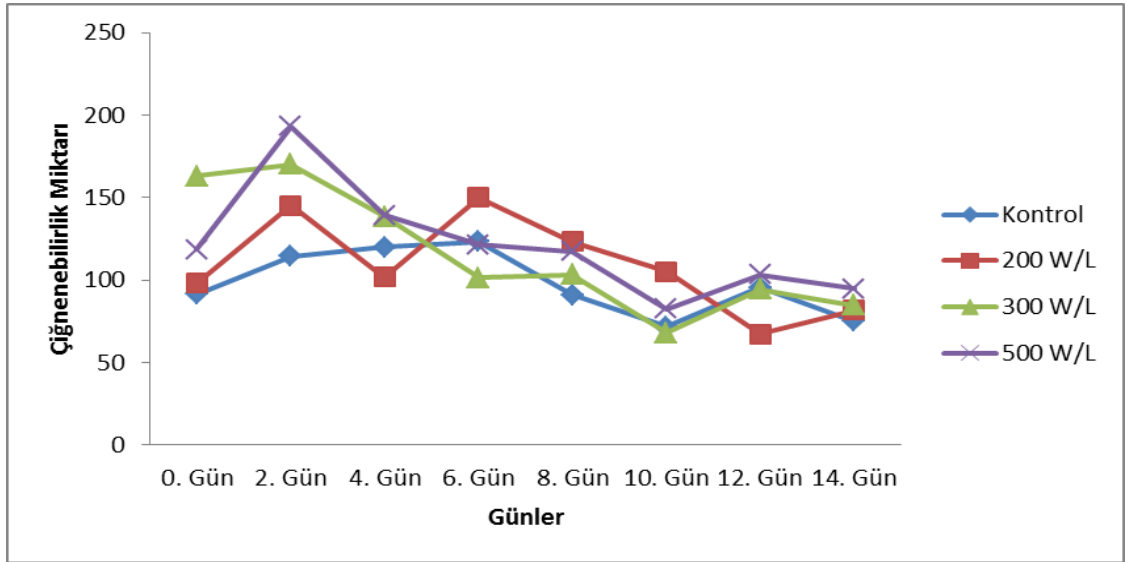
14. gün en düşük yapışkanlık değeri -40,20 ile 300W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ve 500W/L ultrason uygulanan grup ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çiğnenebilirlik katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978).

Çizelge 4.11. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik değerleri

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	91,35 ± 6,67 ^{b123}	98,04 ± 16,93 ^{b12}	163,12 ± 29,70 ^{a1}	118,35 ± 10,92 ^{ab2}
2. Gün	114,39 ± 12,24 ^{b123}	145,20 ± 9,02 ^{ab1}	170,22 ± 9,11 ^{ab1}	193,07 ± 42,13 ^{a1}
4. Gün	119,94 ± 7,85 ¹²	101,84 ± 13,41 ¹²	138,64 ± 21,36 ¹²	139,42 ± 19,05 ¹²
6. Gün	123,22 ± 12,23 ¹	150,15 ± 38,64 ¹	101,56 ± 17,20 ²³	121,49 ± 9,93 ²
8. Gün	91,04 ± 30,18 ¹²³	123,51 ± 9,84 ¹²	103,17 ± 21,09 ²³	117,28 ± 15,12 ²
10. Gün	71,58 ± 8,80 ³	105,21 ± 12,25 ¹²	68,09 ± 5,21 ³	82,6 ± 19,57 ²
12. Gün	95,35 ± 9,75 ^{a123}	67,36 ± 9,95 ^{ab2}	94,50 ± 11,52 ^{ab23}	103,41 ± 13,31 ^{a2}
14. Gün	75,09 ± 13,54 ²³	81,61 ± 8,63 ²	84,79 ± 21,24 ²³	94,81 ± 10,70 ²

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE$ ($n=6$, $p<0,05$)



Şekil 4.10. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik değerinde meydana gelen değişimler

0. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 163,12 ile 300 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ve 200 W/L ultrason uygulanan grup arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

2. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 193,07 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve kontrol grubu ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 139,42 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

6. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 150,15 ile 200 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

8. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 123,51 ile 200 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

10. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 105,21 ile 200 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

12. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 103,41 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

14. gün en yüksek çiğnenebilirlik değeri 94,81 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ancak diğer gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

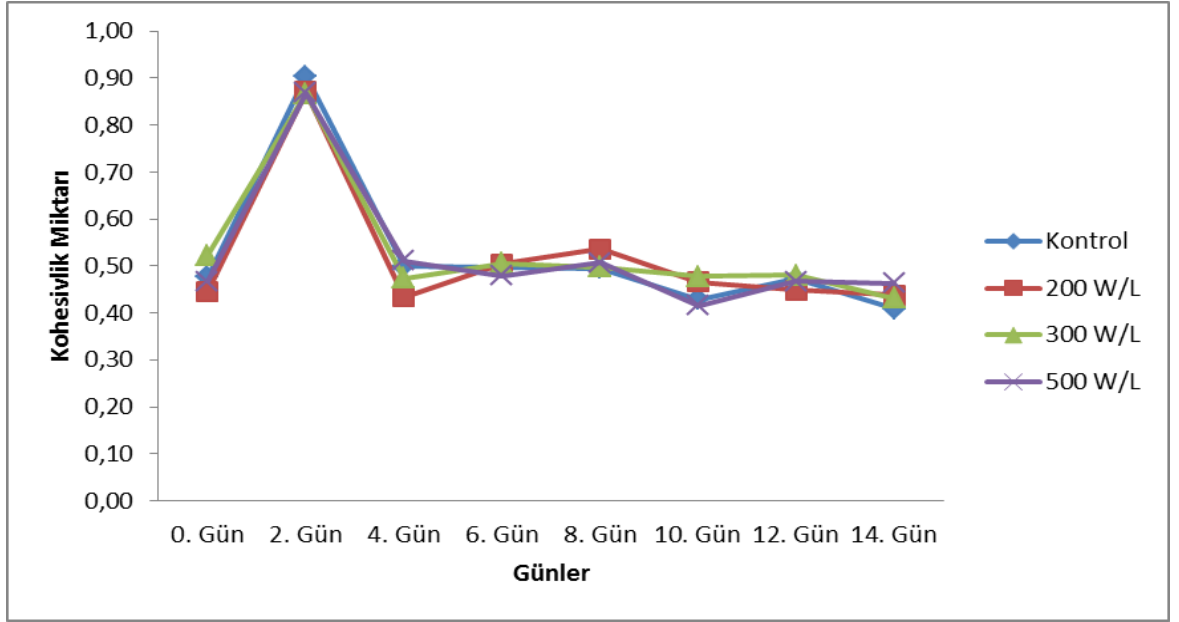
Besinin ağızdaki çiğneme sayısı ve süresiyle alakalı bir özellik olan çiğnenebilirlik değeri 2. gün tüm gruplarda artış göstermiş, daha sonraki depolama günlerinde bu değerde azalış gözlemlenmiştir. Sertliğin azalması ile bağlantılı olarak çiğnenebilirlik değeri de düşüş göstermiştir. 6., 8. ve 10. günlerde en yüksek çiğnenebilirlik değeri sertlik değerinde olduğu 200 W/L ultrason uygulanan grupta belirlenmiştir.

Kohesivlik (bağlılık) gıda maddesinin yapısını oluşturan iç bağların gücünü göstermektedir. Tekstür profili analizinde ikinci sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvetin ilk sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvete oranıdır (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978).

Çizelge 4.12. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden kohesivlik değerleri

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	0,48 ± 0,02 ^{ab23}	0,45 ± 0,01 ^{b3}	0,52 ± 0,02 ^{a2}	0,47 ± 0,01 ^{b23}
2. Gün	0,90 ± 0,02 ¹	0,87 ± 0,02 ¹	0,87 ± 0,04 ¹	0,87 ± 0,04 ¹
4. Gün	0,50 ± 0,02 ²	0,43 ± 0,03 ³	0,47 ± 0,02 ²	0,51 ± 0,02 ²
6. Gün	0,50 ± 0,01 ²	0,50 ± 0,03 ²³	0,51 ± 0,03 ²	0,48 ± 0,02 ²³
8. Gün	0,50 ± 0,02 ²	0,54 ± 0,01 ²	0,50 ± 0,02 ²	0,51 ± 0,02 ²
10. Gün	0,43 ± 0,02 ³⁴	0,47 ± 0,02 ³	0,48 ± 0,02 ²	0,42 ± 0,02 ³
12. Gün	0,47 ± 0,02 ²³	0,45 ± 0,02 ³	0,48 ± 0,03 ²	0,47 ± 0,04 ²³
14. Gün	0,41 ± 0,01 ⁴	0,44 ± 0,02 ³	0,43 ± 0,03 ²	0,46 ± 0,03 ²³

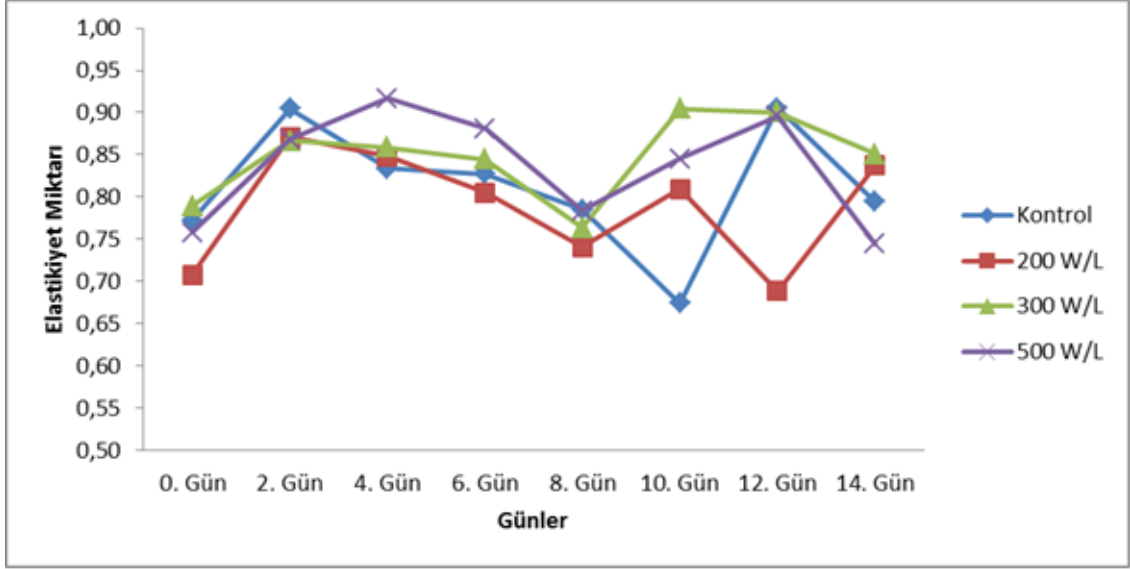
a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. $X \pm STE$ ($n=6$, $p<0.05$)



Şekil 4.11. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden kohesivlik değerinde meydana gelen değişimler

0. gün, ürünün deformasyonu ve iç bağların kuvveti hakkında bilgi veren kohesivlik değeri en yüksek 0,52 ile 500 W/L ultrason uygulanan grupta tespit edilmiştir ve 200 W/L ve 500 W/L ultrason uygulanan gruplar ile arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ancak diğer günlerde gruplar arası istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Çizelge 4.9’da Sardalya balıklarının kohesivliklik değerlerinde kontrol grubu ile ultrason uygulanan grup arasında önemli bir farkın olması bize ultrason işleminin bağ kuvvetlerini olumsuz yönde etkilemediğini göstermektedir.

Elastikiyet gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ve bunu takiben ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zaman aralığına karşılık gelmektedir (Szczesniak, 1963; Bourne, 1978).



Şekil 4.12. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden elastikiyet değerinde meydana gelen değişimler

Çizelge 4.13. 200 W/L, 300 W/L, 500W/L ultrason uygulanan vakum ambalajlanmış Sardalya filetolarının +4°C’de muhafazası sırasındaki tekstürel özelliklerinden elastikiyet değerleri

Günler	Kontrol	200 W/L	300 W/L	500 W/L
0. Gün	0,77 ± 0,05 ¹²	0,71 ± 0,02 ²³	0,79 ± 0,06 ¹²	0,76 ± 0,04 ²³
2. Gün	0,90 ± 0,02 ¹	0,87 ± 0,02 ¹	0,87 ± 0,04 ^{a12}	0,87 ± 0,04 ¹²³
4. Gün	0,83 ± 0,04 ¹	0,85 ± 0,05 ¹²	0,86 ± 0,05 ¹²	0,92 ± 0,03 ¹
6. Gün	0,83 ± 0,02 ¹	0,81 ± 0,04 ¹²³	0,84 ± 0,04 ¹²	0,88 ± 0,04 ¹²³
8. Gün	0,78 ± 0,05 ¹²	0,74 ± 0,04 ¹²³	0,76 ± 0,04 ²	0,78 ± 0,03 ¹²³
10. Gün	0,67 ± 0,07 ^{b2}	0,81 ± 0,06 ^{ab123}	0,90 ± 0,03 ^{a1}	0,85 ± 0,04 ^{a123}
12. Gün	0,91 ± 0,04 ^{a1}	0,69 ± 0,07 ^{b3}	0,90 ± 0,02 ^{a1}	0,90 ± 0,03 ^{a12}
14. Gün	0,79 ± 0,06 ¹²	0,84 ± 0,04 ¹²	0,85 ± 0,04 ¹²	0,74 ± 0,08 ³

a, b, c: Gruplar arası periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı satırda farklı harf olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. 1, 2, 3, 4, 5,: Grup içi periyotların istatistiksel karşılaştırmasını ifade eder, aynı sütunda farklı sayı olan gruplar arasında istatistiksel anlamda fark vardır. X±STE (n=6, p<0.05)

Ultrason uygulaması sardalya balıklarının elastikiyet özelliği üzerinde istatistiksel anlamda önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (p>0,05). Günlere göre bakıldığında

gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Ultrason teknolojisi ürünlere uygulanan deformasyondan önceki haline dönme hızı olan elastikiyet özelliği üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı yoğunluklardaki (200 W/L, 300 W/L, 500 W/L) ultrason teknolojisinin, vakum ambalajlanmış sardalya balığı filetolarının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Depolama süresi boyunca mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel analizler yapılarak ürünün yapısında meydana gelen değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesiyle elde edilen bazı temel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Yapılan besin kompozisyonu analizleri sonucunda çalışmada kullanılan sardalya balığının protein içeriği %19,69, yağ içeri 4,40, nem miktarı 73,41, kül miktarı 1,94 olarak tespit edilmiştir.

2. pH ölçümü sonuçları diğer analizlerden elde edilen veriler ile benzerlik göstermiştir. Bozulmanın başlamasıyla meydana gelen kimyasal değişimler ve mikrobiyal faaliyetlerin artışı, 6. gün ve sonrasında pH değerlerinde artışa sebep olmuştur. Ancak pH değerinin bozulmayı belirlemede tek başına yeterli olmadığı düşünülmektedir. pH değerinde depolama boyunca bazı farklılıklar gösterebilir; ultrason teknolojisinin sardalya balığı filetolarının pH değerleri üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

3. Kontrol grubu ve ultrason teknolojisi uygulanan gruplarda su aktivitesi değerleri 0,95 ile 0,96 arası değiştiği tespit edilmiştir. Ultrason teknolojisinin sardalya balıklarının su aktivitesi üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

4. TVB-N miktarı taze sardalya balığı filetolarında 20,22 mg N/100 g olarak tespit edilmiştir ve depolama boyunca tüm gruplarda artış göstermiştir. Depolamanın 6. günü tüm gruplarda 35 mg N/100 g'dan fazla TVB-N belirlenmiştir. TVB-N sonuçları göz önüne alındığında balıktaki kimyasal bozulma olayının 6. gün sonrasında başladığı söylenebilir.

5. Yapılan analizler sonucunda genel olarak tüm gruplarda TBAR's değerinde 0. günden 6. güne kadar bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu düşüşün sebebinin depolama sıcaklığı ve ışık-oksidasyon ilişkisi ile alakalı olduğu düşünülmektedir. 6. gün sonrasında TBAR's değerlerinde de yükselişler gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek TBAR's değeri

2,04 µmol/kg olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda vakum ambalajlama işleminin sardalya balıklarında oksidasyonu büyük ölçüde önlediği söylenilebilir.

6. Kontrol grubunun ve 500 W/L ultrason uygulanan grubun toplam bakteri sayısı 10. günün sonunda 10^6 Kob/g'a ulaştığı; 300 W/L ultrason uygulanan grubun toplam bakteri sayısı 12. gün sonunda 10^6 Kob/g'a ulaştığı; 200 W/L ultrason uygulanan grubun toplam bakteri sayısı ise 14. gün sonunda 10^6 Kob/g sınırını aştığı gözlemlenmiştir. 200 W/L ultrason uygulanan grubun diğer gruplara göre bakteriyel gelişmeyi azaltmada ve mikrobiyal kaliteyi artırmada daha etkili olduğu görülmektedir.

7. Depolama boyunca *Enterobacteriaceae* sayısında genel olarak bir artışın olduğu tespit edilmiştir. 500 W/L ultrason uygulanan grubun 4. günün sonunda 10^5 Kob/g'a ulaştığı; kontrol grubunun ve 300 W/L ultrason uygulanan grubun 6. gün sonunda 10^5 Kob/g'a ulaştığı; 200 W/L ultrason uygulanan grubun ise 8. gün sonunda 10^5 Kob/g sınırına ulaştığı gözlemlenmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı toplam bakteri sayısındaki sonuçlarla paralelik göstermiştir ve 200 W/L ultrason işleminin uygulanması diğer gruplara oranla *Enterobacteriaceae* bakterilerinin gelişimini geciktirmiştir.

8. Depolamanın 2. gününden sonra sardalya balığı filetolarının sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Ancak diğer grupların aksine 200 W/L ultrason uygulanan sardalya balığı filetoları 6., 8. ve 10. günlerde sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri hala yüksektir.

9. Ultrason teknolojisinin, sardalya balığı filetolarının deformasyonu ve bağ dokusu hakkında bilgi veren kohesivlik miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu sebeple ultrason teknolojisinin, su ürünlerinde bağ dokusunu olumsuz yönde etkilemediği söylenilebilir.

10. Ultrason teknolojisi, sardalya balığı filetolarının ürüne uygulanan deformasyondan önceki haline dönme hızı hakkında bilgi veren elastikiyet miktarı üzerinde istatistiksel anlamda önemli bir etkiye sahip değildir ($p>0,05$).

Elde edilen sonuçlardan vakum ambalajlı sardalya balığı filetolarında 200 W/L yoğunlukta ultrasonun kullanımının mikrobiyal bozulmayı geciktirdiği ve ürünlerin sertlik özelliği açısından diğer gruplara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ultrason teknolojisinin sardalya balıklarında bağ dokusunu olumsuz yönde etkilemediğinin tespit edilmesi bu teknolojinin su ürünlerinde uygulanabileceğini göstermektedir. Farklı işlem süreleri denenerek, 200W/L yoğunluktan düşük yoğunluklarda ultrason işleminin

mikrobiyal gelişime ve balığın kalitesine etkisinin yeni yapılacak çalışmalarla araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar C., 2012. Soğukta Depolanmış Sardalya (*Sardina pilchardus*), İstavrit (*Trachurus trachurus*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Kıymalarına Zeytin Yaprağı Ekstresinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi. Türkiye.
- Aday M.S., Temizkan R., Büyükcan M.B., Caner C., 2013. An Innovative Technique for Extending Shelf Life of Strawberry: Ultrasound. *LWT-Food Science and Technology*, 52(2): 93-101.
- Altın A., 2006. Sorbik Asit ve Sitrik Asitin Taze Sardalya Balığının (*Sardina Pilchardus*) Raf Ömrüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Anese M., Mirolo G., Beraldo P., Lippe G., 2013. Effect of Ultrasound Treatments of Tomato Pulp on Microstructure and Lycopene in vitro Bioaccessibility. *Food Chemistry*, 136(2): 458-463.
- Anonymous, 1988. Untersuchung von Lebensmitteln Bestimmung des Gehaltes von flüchtigen stickstoffhaltigen Basen (TVB-N) in Fischen und Fischerzeugnissen Referenzerfahren. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach 35 LMBG, 80.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis*. 17 th Edition Vol II. Assoc. Off. Anal. Chem., Wash. D.C., USA.
- Bilir M., 2011. Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balığından Marinat Üretiminde Farklı Sirke Kullanımının Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Türkiye.
- Bligh E.G., Dyer W.J., 1959. A Rapid Method of Total Lipid Ekstraktion and Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8): 911-917.
- Bourne M.C., 1978. Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32 (7): 62-72.
- Burt J.R., Hardy R. 1992. *Composition and Deterioration of Pelagic Fish*. In J. R. Burt, R. Hardy, & K. J. Whittle (Eds.), *Pelagic Fish: The Resource and Its Exploitation* (pp. 115–141). Cambridge: The University Press.
- Cameron M., McMaster L.D., Britz T.J., 2008. Electron Microscopic Analysis of Dairy Microbes İnactivated by Ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(6):960–964.
- Chambers L.A., 1937. The Influence of Intense Mechanical Vibration on The Proteolytic Activity of Pepsin. *Journal of Biological Chemistry*, 117(2): 639-649.
- Chouliara E., Georgogianni K.G., Kanellopoulou N., Kontominas M.G., 2010. Effect of Ultrasonication on Microbiological, Chemical and Sensory Properties of Raw, Thermized and Pasteurized Milk. *International Dairy Journal*, 20(5): 307-313.

- Cortesi M.L., Panebianco A., Giuffrida A., Anastasio A., 2009. Innovations in Seafood Preservation and Storage. *Veterinary Research Communications*, 33(1): 15-23.
- Dolatowski Z.J., Stadnik J., Stasiak D., 2007. Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 6(3): 89-99.
- Dolatowski Z.J., Stasiak D.M. 2002. Bacterial Contamination of Meat and Meat Products after Ultrasound Treatment. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*, 1, 55-65.
- Dumay J., Donnay-Moreno C., Barnathan G., Jaouen P., Berge J. P., 2006. Improvement of Lipid and Phospholipid Recoveries from Sardine (*Sardina pilchardus*) Viscera Using Industrial Proteases. *Process Biochemistry*, 41(11): 2327-2332.
- Durmuş M., 2010. Farklı Mevsimde Avlanan Sardalya (*Sardinella Aurita* Valenciennes, 1847)'nın 4°C'de Vakum Paketli Olarak Depolanmasında Oluşan Duyusal, Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi. Türkiye.
- El Marrakchi A., Bennour M., Bovchritt N., Hamama A., Tagafait H., 1990. Sensory, Chemical and Microbiological Assessments of Moroccan Sardines (*Sardine pilchardus*) Stored in Ice. *Journal of Food Protection*, 53(7): 600-605.
- FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department.
- Feng H., Yang W., Hielscher T., 2008. Power Ultrasound. *Food Science and Technology International*, 14(5): 433.
- Got F., Culioli J., Berge P., Vignon X., Astruc T., Quideau J.M., Lethiecq M., 1999. Effects of High-intensity High-frequency Ultrasound on Ageing Rate, Ultrastructure and Some Physico-chemical Properties of Beef. *Meat Science*, 51: 35-42.
- Göğüş A.K., Kolsarıcı N., 1992. Su Ürünleri Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1243, Ders kitabı: 358 s.38-42 Ankara.
- Gökalp H.Y., Kaya M., Tülek Y., Zorba Ö., 2001. *Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu* (4. Basım). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Gökoğlu N., Özden Ö., Erkan N., 1998. Physical, Chemical and Sensory Analyses of Freshly Harvested Sardines (*Sardina Pilchardus*) Stored at 4 C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(2): 5-15.
- Gönül M., 1986. *Gıda Analizleri*. E.Ü. Mühendislik Fakültesi. Çoğaltma Yayınları No:64 İzmir.
- Jayasooriya S.D., Bhandari B.R., Torley P., D'Arcy B.R., 2004. Effect of High Power Ultrasound Waves on Properties of Meat: A Review. *International Journal of Food Properties*, 7(2): 301-319.

- Karakoltsidis P.A., Zotos A., Constantinides S.M., 1995. Composition of the Commercially Important Mediterranean Finfish, Crustaceans, and Molluscs. *J Food Compos Anal*, 8:258–273.
- Kenar M., 2009. Aromatik Bitkilerden Elde Edilen Doğal Antioksidanların Balık Filetosu Üzerindeki Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Kılıç B., Richards M.P., 2003. Lipid Oxidation in Poultry Döner Kebab : Pro- oxidative and Anti-oxidative Factors. *Journal of Food Science*. 68 (2): 690-696.
- Kılınç B., 1998. Dondurularak Depolanmış Sardalya Balıklarında (*Sardina Pilchardus*, W., 1992) Kimyasal, Fiziksel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Türkiye.
- Kietzman U., Priebe K., Rakov D., Reichstein K., 1969. *Seefisch als Lebensmittel*. Paul Parey Verlag Hamburg-Berlin s-63-79; 99-100.
- Kietzman U., Priebe K., Rakow D., Reichstein K., 1974. *Ictiologia General in Inspeccio Ân Veterinaria de Pescados (Editorial Acribia)* (pp 21-29). Zaragoza, Spain.
- Knorr D., Zenker M., Heinz V., Lee D.U., 2004. Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5): 261-266.
- Kramer A., 1975. *Food Texture: Defination, Measurement and Relation to Other Food Quality Attributes*. In Theory, Determination and Control of Physical Properties of Food Materials (pp. 55-64). Springer Netherlands.
- Lagnika C., Zhang M., Mothibe K.J., 2013. Effects of Ultrasound and High Pressure Argon on Physico-chemical Properties of White Mushrooms (*Agaricus bisporus*) during Postharvest Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 82: 87-94.
- Lemon D.W., 1975. An improved TBA test for rancidity. New Series Circular. Editörler: Woyewoda, A. D., Ke, P. J., Burns, B. G. Halifax: Department of Fisheries and Ocean.
- Li X., Li J., Zhu J., Wang Y., Fu L., Xuan W., 2011. Postmortem Changes in Yellow Grouper (*Epinephelus awoara*) Fillets Stored under Vacuum Packaging at 0° C. *Food Chemistry*, 126(3): 896-901.
- Lillard H.S., 1993. Bactericidal Effect of Chlorine on Attached Salmonellae with and without Sonication. *Journal of Food Protection*, 56(8): 716–717
- Mason T.J., 2003. Sonochemistry and Sonoprocessing: The Link, The Trends and (Probably) The Future. *Ultrasonics Sonochemistry*, 10(4): 175-179.

- Mason T.J., Paniwnyk L., Lorimer, J.P., 1996. The Uses of Ultrasound in Food Technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3(3): 253-260.
- Nunes M., Batista I., Morao de Campos R., 1992. Physical, Chemical and Sensory Analysis of Sardine (*Sardina pilchardus*) Stored in Ice. *J. Sci. Food Agric*, 59: 37-43.
- Ocaño-Higuera V.M., Marquez-Ríos E., Canizales-Dávila M., Castillo-Yáñez F.J., Pacheco Aguilar R., Lugo-Sánchez M.E., García-Orozco K.D., Graciano-Verdugo A.Z., 2009. Postmortem Changes in Cazon Fish Muscle Stored on Ice. *Food Chemistry*, 116(4): 933-938.
- Ohlsson T., Bengtsson N. 2002. *Minimal Processing Technologies in the Food Industry* (1th. ed.). Woodhead Publishing. 288 p.
- Ovayolu H., 1997. Marine Edilmiş Hamsilerde (*Engraulis engrasicholus*) Depolama Süresinde Yağ Asitleri Değişimlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Özden O., 1995. Sardalya Balığının, *Sardina pilchardus* (WALBAUM, 1972) Soğukta Depolanması Sırasında Yağında Oluşan Bozulmaların Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Özoğul F., Polat A., Özoğul Y., 2004. The Effects of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging on Chemical, Sensory and Microbiological Changes of Sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, 49–57.
- Pacheco-Aguilar R., Lugo-Sanchez M.E., Villegas-Ozuna R.E., Robles-Burgueno R., 1998. Histamine Quantification in Monterey Sardine Muscle and Canned Products from Northwestern Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 188–195.
- Piyasena P., Mohareb E., McKellar R.C., 2003. Inactivation of Microbes Using Ultrasound: A Review. *International Journal of Food Microbiology*, 87(3): 207-216.
- Pohlman F.W., Dikeman M.E., Zayas J.F., 1997. The Effect of Low-intensity Ultrasound Treatment on Shear Properties, Color Stability and Shelf-life of Vacuum-packaged Beef Semitendinosus and Biceps Femoris Muscles. *Meat Science*, 45(3), 329-337.
- Raso J., Palop A., Pagan R., Condon S., 1998. Inactivation of Bacillus Subtilis Spores by Combining Ultrasonic Waves under Pressure and Mild Heat Treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 85(5): 849–854.
- Richards W.T., Loomis A.L., 1927. The Chemical Effects of High Frequency Sound Waves I. A Preliminary Survey. *Journal of the American Chemical Society*, 49(12): 3086-3100.

- Sadok S., Selmi S. 2007. Change in Lipids Quality and Fatty Acids Profile of Two Small Pelagic Fish: *Sardinella aurita* and *Sardina pilchardus* during Canning Process in Olive Oil and Tomato Sauce Respectively. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech.*, 34: 91-97.
- Sagong H., Lee S., Chang P., Heu S., Ryu S., Choi Y., Kang D., 2011. Combined Effect of Ultrasound and Organic Acids to Reduce Escherichia Coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, and Listeria Monocytogenes on Organic Fresh Lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, 145: 287–292.
- Stamatis N., Arkoudelos J.S., 2007. Effect of Modified Atmosphere and Vacuum Packaging on Microbial, Chemical and Sensory Quality Indicators of Fresh, Filleted *Sardina pilchardus* at 3° C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6): 1164-1171.
- Szczesniak A.S., 1963. Classification of Textural Characteristics. *J Food Sci*, 28: 385-389.
- Turan H., Kaya Y., Sönmez G., 2006. Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 23 (1/3): 505-508.
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2013. Su Ürünleri İstatistikleri. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr>.
- Ulusoy K., Karakaya M., 2011. Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı. *Gıda/The Journal of Food*, 36 (2): 113-120.
- Varlık C., 1994. Determination of Histamine Level of Sardines in Cold Storage. *Gyda*, 19(2):119-124.
- Varlık C., Ugur M., Gökoglu N., Gün H., 1993. *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara. 174p.
- Zheng L., Sun D.W., 2006. Innovative Applications of Power Ultrasound during Food Freezing Processes—A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 17(1): 16-23.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Hatice IŞIK

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 04.09.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

c) Katıldığı projeler

1. ÇOMU BAP- 17.11.2014>>Devam etmekte (Proje no:FYL-2014-379)

Farklı yoğunluktaki ses dalgalarının vakum ambalajlamış sardalya (Sardina
pilchardus) balığının raf ömrüne etkisinin belirlenmesi

2. ÇOMU BAP- 08.12.2014>>Devam etmekte (Proje no:FBA-2014-433)

Farklı karışımlarla tuzlanarak sıvı tütsülenmiş ve vakum ambalajlanmış alabalık
(Oncorhynchus mykiss) filetolarında oluşan değişimlerin raf ömrü süresince
incelenmesi

3.TUBİTAK-15.11.2014>>15.03.2015(Proje no: 114O356)

Türkiye’de Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarındaki yerli akivades (Ruditapes
decussatus) populasyonları ile istilacı Japon akivadesi populasyonlarının (Ruditapes
phileppinarium) morfolojik ve genetik yapılarının incelenmesi

4. TUBİTAK- Proje no:114R109

Farklı Yoğunluktaki Ses Dalgalarının Vakum Ambalajlamış Hamsi (Engraulis
Encrasicolus) Marinatının Rengine Ve Raf Ömrüne Etkisinin Belirlenmesi

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Kütüphanesi
Kısmi Zamanlı Öğrencilik (Eylül 2013 - Mayıs 2015)

İLETİŞİM

E-posta Adresi: htce.09@gmail.com