

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ
ANABİLİM DALI



LEVREK BALIĞININ RAF ÖMRÜ VE BESİN KOMPOZİSYONU
ÜZERİNE KOMBİNE İŞLEME (SIVI DUMAN VE SOUS VIDE)
TEKNİKLERİNİN ETKİSİ

RUKİYE KÖKLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. HÜLYA TURAN

SİNOP- 2023

TEZ KABUL

Rukiye KÖKLÜ tarafından hazırlanan “**Levrek Balığının Raf Ömrü ve Besin Kompozisyonu Üzerine Kombine İşleme (Sıvı Duman ve Sous Vide) Tekniklerinin Etkisi**” başlıklı bu çalışma, 28.12.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Prof. Dr. Hülya TURAN	
(Danışman)	Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
Üye	Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa EVREN Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi	İmza

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Fadime DİRİK

İmza

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Rukiye KÖKLÜ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LEVREK BALIĞININ RAF ÖMRÜ VE BESİN KOMPOZİSYONU ÜZERİNE KOMBİNE İŞLEME (SIVI DUMAN VE SOUS VİDE) TEKNİKLERİNİN ETKİSİ

RUKIYE KÖKLÜ

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. HÜLYA TURAN

Bu araştırmada, Akdeniz’de yetiştiriciliği yapılan levrek balığının (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758) besin kalitesi ve raf ömrü üzerine sıvı duman ve sous vide (vakum paketlenmiş ürünü sıcak su içerisinde pişirme) teknolojisinin kombine kullanımının etkisi araştırılmıştır. Sıvı duman, tuz ve ayçiçek yağı ile aroma ve lezzet kazandırılan levrek filetoları vakum paketlenerek sous vide uygulamasına hazır hale getirilmiştir. Tüm grupların süre değişkeni sabit tutularak (20 dakika) farklı sıcaklıklarda [60°C’de (X Grubu), 65°C’de (Y Grubu) ve 70°C’de (Z Grubu)] sous vide işlemi gerçekleştirilmiştir. Pişirme işleminin ardından gruplar, +2°C’de 44 gün boyunca depolanarak her 4 günde bir fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. 0. günde Y grubunun ham yağ ve ham protein içeriklerinin diğer gruplardan daha yüksek tespit edilmesine karşın, depolama sonunda Z grubunun ham yağ içeriği ile X grubunun ham protein içeriği daha yüksek belirlenmiştir ($p<0,05$). Tüm gruplarda EPA ve DHA miktarı pişirmenin etkisiyle bir miktar artış göstermiştir. Taze balığın TVB-N değeri 13,33 mg/100g olarak tespit edilmiş ve depolama sonunda en düşük TVB- N değeri Z grubunda (24,41 mg/100g) belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta pişirmenin TBARs ve TVB-N miktarını azalttığı, ayrıca mikrobiyal gelişimi de yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Depolama süresince yapılan mikrobiyolojik analizlerin sous vide pişirilen sıvı duman aromalı levrek balıklarının raf ömrünün belirlenmesinde belirteç analiz olduğu; 60 °C ve 65 °C de 20 dk pişirilen aromalandırılmış levrek balığı filetolarının raf ömrünün 28 gün, 70°C de 20 dk pişirilen Z grubunun ise raf ömrünün 32 gün olduğu tespit edilmiştir

ANAHTAR KELİMELEER: Sous vide; Sıvı duman; Levrek balığı; Mikrobiyoloji; Besin içeriği

Aralık 2023, 146 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

EFFECT OF COMBINED PROCESSING (LIQUID SMOKE AND SOUS VIDE) TECHNIQUES ON SHELF LIFE AND NUTRIENT COMPOSITION OF SEA BASS

RUKIYE KÖKLÜ

SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS

DEPARTMENT OF FISHERIES HUNTING AND PROCESSING TECHNOLOGY

SUPERVISOR: PROF. DR. HÜLYA TURAN

In this research, the combined use of liquid smoke and sous vide technology's (cooking the vacuum-packaged product in hot water) impact on the nutrient quality and shelf life of sea bass (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758) cultivated in the Mediterranean was investigated. Sea bass fillets were seasoned with liquid smoke, salt, and sunflower oil, were vacuum-packed and prepared for sous vide application. Maintaining a constant time variable for all groups (20 minutes), sous vide processing was carried out at different temperatures [60°C (Group X), 65°C (Group Y), and 70°C (Group Z)]. After the cooking process, the groups were stored at +2°C for 44 days, and physical, chemical, microbiological, and sensory analyses were conducted every 4 days. On the 0th day, although Group Y had higher crude fat and crude protein contents than the other groups, at the end of storage, Group Z had a higher crude fat content, and Group X had a higher crude protein content ($p<0.05$). EPA and DHA levels increased somewhat in all groups due to the cooking process. The TVB-N value of fresh fish was determined as 13.33 mg/100g, and at the end of storage, the lowest TVB-N value was found in Group Z (24.41 mg/100g). It was observed that high-temperature cooking reduced the TBARs and TVB-N levels and slowed down microbial development. During storage, it was found that indicator analysis, particularly the microbiological analyzes performed, played a role in determining the shelf life of sous vide cooked sea bass with liquid smoke-flavor. The shelf life of flavored sea bass fillets cooked at 60 °C and 65 °C for 20 minutes was found to be 28 days, while the shelf life of Group Z, cooked at 70 °C for 20 minutes, was found to be 32 days.

KEYWORDS: Sous vide; Liquid smoke; Seabass, Microbiology; Nutrition value.

December 2023,146 Page

TEŞEKKÜR

Duruşu, içtenliği, samimiyeti ve nezaketi ile her zaman hayran olduğum, birikim ve tecrübeleri ile yol gösteren, kendisinin öğrencisi olmaktan kıvanç duyduğum çok saygıdeğer tez danışman hocam Prof. Dr. Hülya TURAN'a;

Her düşünce ve görüşü kolaylıkla paylaşabildiğim, her konuda yardımcı olan değerli fikirlerini esirgemeyen tecrübeleri ile beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Demet KOCATEPE'ye;

Proje kapsamında yürüttüğümüz tez çalışmasına maddi destekte bulunan Su Ürünleri Yetiştiricileri Üretici Merkez Birliği'ne;

Beni her zaman anlayıp yüreklendiren, bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan kıymetli hocam Dr. Öğretim Üyesi Şennan YÜCEL'e;

Çalışmamda katkı ve desteğini esirgemeyen, zorlandığım anlarda başvurduğum, kendisine ne zaman danışsam kıymetli zamanını bana ayırıp sabırla ilgilenen Dr. Öğretim Üyesi Can Okan ALTAN'a

Proje kapsamında birlikte çalıştığımız Doç. Dr. Bengünur ÇORAPCI ve Arş. Gör. Bayram KÖSTEKLİ'ye;

Son olarak her zaman yanımda olan maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, moral veren, her zaman destekleyen, hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu araştırma, Su Ürünleri Yetiştiricileri Üretici Merkez Birliği (SUMEYBİR) tarafından finanse edilmiştir.

Rukiye KÖKLÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ KABUL.....	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Araştırmada Kullanılan Levrek Balığının (<i>Dicentrarchus labrax</i> Linneaus, 1758) Genel Özellikleri.....	4
2.2. Su Ürünlerinde Meydana Gelen Bozulmalar ve Kalite Değişimleri	5
2.2.1. Kimyasal kalite değişimleri	5
2.2.1.1. Otolitik/ Enzimatik değişimler.....	6
2.2.1.2. Azotlu bileşiklerde meydana gelen değişimler.....	7
2.2.1.3. Lipidlerde meydana gelen değişimler.....	7
2.2.1.3.1. Hidrolitik değişimler.....	8
2.2.1.3.2. Oksidatif değişimler.....	8
2.2.2. Duyusal kalite değişimleri	9
2.2.3. Mikrobiyolojik kalite değişimleri	10
2.3. Su Ürünleri Muhafazasında Yaygın Kullanılan Yöntemler	11
2.3.1. Su ürünlerinde dumanlama teknolojisi	12

2.3.1.1. Soğuk dumanlama.....	14
2.3.1.2. Sıcak dumanlama.....	14
2.3.1.3. Elektrostatik dumanlama	14
2.3.1.4. Sıvı dumanlama	15
2.4. Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Kullanılan Bazı Yeni Uygulamalar	17
2.4.1. Su ürünlerinde paketleme teknolojisi	18
2.4.2. Su ürünlerinde sous vide teknolojisi.....	19
2.4.3. Kombine tekniklerin kullanılması (Engel teknolojisi).....	21
2.5. İlgili Araştırmalar/ Literatür Özeti.....	23
2.5.1. Su ürünlerinde sıvı dumanlama ile ilgili literatür özeti	23
2.5.2. Su ürünlerinde sous vide teknolojisi ile ilgili literatür özeti	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Araştırmada kullanılan balık.....	29
3.1.2. Paketleme materyali.....	29
3.1.3. Aromalandırmada kullanılan materyaller	30
3.1.3.1. Ayçiçek yağı	30
3.1.3.2. Tuz	30
3.1.3.3. Sıvı duman	30
3.1.4. Sous vide işlemi için kullanılan cihaz ve ekipmanlar.....	32
3.1.4.1. Vakum paketleme cihazı.....	32
3.1.4.2. Sous vide makinesi	32
3.1.4.3. Termometre.....	33
3.1.5. Araştırmada kullanılan kimyasal malzemeler.....	33
3.1.6. Analizler için kullanılan cihaz ve ekipmanlar	34
3.1.6.1. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) destilasyon ünitesi.....	34

3.1.6.2. Homojenizatör	34
3.1.6.3. İnkübatör.....	35
3.1.6.4. Karbondioksitli inkübatör	35
3.1.6.5. Saf su cihazı	35
3.1.6.6. Laminar flow kabin.....	36
3.1.6.7. Rotary evaporatör	36
3.1.6.8. Dikey otoklav.....	37
3.1.6.9. Tam otomatik pipetler.....	37
3.1.6.10. Su aktivitesi cihazı	38
3.1.6.11. Hassas terazi	38
3.1.6.12. Manyetik karıştırıcı.....	39
3.1.6.13. Protein yakma ünitesi.....	39
3.1.6.14. Protein destilasyon cihazı	40
3.1.6.15. Soxhlet yağ tayin cihazı.....	41
3.1.6.16. Spektrofotometre	41
3.1.6.17. pH ölçer.....	41
3.1.6.18. Renk tayin cihazı	42
3.1.6.19. Kül fırını	42
3.1.6.20. Buzdolabı.....	43
3.1.7. Araştırmada kullanılan laboratuvarlar	44
3.2. Yöntem.....	44
3.2.1. Deneme planı	44
3.2.2. Balıkların hazırlanması	44
3.2.3. Analizler.....	47
3.2.3.1. Besin kompozisyonu analizleri.....	48
3.2.3.1.1. Kuru madde analizi	48

3.2.3.1.2. Ham kül analizi	48
3.2.3.1.3. Ham protein analizi.....	49
3.2.3.1.4. Ham yağ analizi	49
3.2.3.1.5. Balık etinin enerji hesabı	50
3.2.3.1.6. Yağ asitleri kompozisyonu analizi.....	50
3.2.3.1.7. Amino asit analizi	50
3.2.3.2. Fiziksel analizler	50
3.2.3.2.1. Su aktivitesi (aw)	50
3.2.3.2.2. Renk ölçümleri.....	51
3.2.3.2.3 pH ölçümü.....	51
3.2.3.3. Kimyasal analizler	51
3.2.3.3.1. Total uçucu bazik azot (TVB-N) analizi.....	51
3.2.3.3.2. Tiyobarbitürik asit (TBARs) analizi	51
3.2.3.4. Mikrobiyolojik analizler	52
3.2.3.4.1. Toplam mezofil ve psikrofil aerob bakteri analizi.....	52
3.2.3.4.2. Toplam anaerob bakteri analizi.....	53
3.2.3.4.3. Toplam maya- küf analizi	53
3.2.3.4.4. Toplam koliform bakteri analizi	53
3.2.3.5. Duyusal analiz.....	53
3.2.3.6. İstatistiksel analizler	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	56
4.1. Besin Kompozisyonuna İlişkin Bulgular	56
4.2. Yağ Asitlerine İlişkin Bulgular.....	63
4.3. Amino Asitlere İlişkin Bulgular	71
4.4. Fiziksel Analizlere İlişkin Bulgular	77
4.4.1. Su aktivitesine (aw) ilişkin bulgular	77

4.4.2 Renk analizine ilişkin bulgular	79
4.4.3. pH analizine ilişkin bulgular	83
4.5. Kimyasal Analizlere İlişkin Bulgular	85
4.5.1. TVB-N analizine ilişkin bulgular	85
4.5.2. TBARs analizine ilişkin bulgular	88
4.6. Mikrobiyolojik Analize İlişkin Bulgular	90
4.6.1. Toplam mezofil aerob bakteri bulguları	90
4.6.2. Toplam psikrofil aerob bakteri bulguları	92
4.6.3. Toplam anaerob bakteri bulguları	94
4.6.4. Toplam koliform bakteri bulguları	96
4.6.5. Toplam maya küf sayımı bulguları	98
4.7. Duyusal Analiz Bulguları	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	126

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2. 1 Sous vide teknolojisinin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar	20
Tablo 2.2 Gıda teknolojisinde kullanılan bazı uygulamalar	21
Tablo 3. 1 Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemeler	33
Tablo 3. 2 Denemede kullanılan fileto sayısı	45
Tablo 3. 3 Sous vide uygulanmış balığın duyusal değerlendirme kriterleri	54
Tablo 3. 4 Duyusal değerlendirme formu	55
Tablo 4. 1 Taze ve işlenmiş levreklerde besin kompozisyonu ile enerji içeriği (% , kcal/100 g).....	57
Tablo 4. 2 Taze ve işlenmiş levreklerde yağ asitleri kompozisyonu (%)	64
Tablo 4. 3 Taze ve işlenmiş levreklerde amino asit ve türevleri (g/100g).....	72
Tablo 4. 4 Taze ve işlenmiş levreklerde depolama süresince a_w değerleri	77
Tablo 4. 5 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre a_w değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	78
Tablo 4. 6 Taze ve işlenmiş levreklerde a^* değerleri	79
Tablo 4. 7 Taze ve işlenmiş levreklerde b^* değeri	80
Tablo 4. 8 Taze ve işlenmiş levreklerde L^* değerleri.....	81
Tablo 4. 9 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre renk (L^* , a^* ve b^*) değişimlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	82
Tablo 4. 10 Taze ve işlenmiş levreklerde pH değerleri	84
Tablo 4. 11 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre pH değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları.....	85
Tablo 4. 12 Taze ve işlenmiş levreklerde TVB-N analizi sonuçları (mg N/100 g).....	86
Tablo 4. 13 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre TVB-N değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	87

Tablo 4. 14 Taze ve işlenmiş levreklerde TBARs analizi ölçüm sonuçları (mg MDA/kg)	88
Tablo 4. 15 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre TBARs değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	89
Tablo 4. 16 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam mezofil aerob bakteri sayıları (logkob/g)	90
Tablo 4. 17 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam mezofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	91
Tablo 4. 18 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam psikrofil aerob bakteri sayıları	93
Tablo 4. 19 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam psikrofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	94
Tablo 4. 20 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam anaerob bakteri sayıları	95
Tablo 4. 21 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam anaerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	96
Tablo 4. 22 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam koliform bakteri sayıları	97
Tablo 4. 23 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koliform bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	98
Tablo 4. 24 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam maya küf sayıları	99
Tablo 4. 25 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre maya küf sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	100
Tablo 4. 26 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince tat ve sululuk puanları	101
Tablo 4. 27 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tat ve sululuk puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	102
Tablo 4. 28 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince koku puanları	103
Tablo 4. 29 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koku puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	104
Tablo 4. 30 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince tekstür puanları	105
Tablo 4. 31 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	106

Tablo 4. 32 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince aroma puanları.....	107
Tablo 4. 33 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre aroma puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	108
Tablo 4. 34 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince görünüş puanları.....	109
Tablo 4. 35 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre görünüş puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları	110



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Levrek balığı (orijinal).....	4
Şekil 2. 2 Sıvı duman üretim basamakları	15
Şekil 2. 3 Sous vide akış şeması	19
Şekil 3. 1 Araştırmada kullanılan levrek balığı	29
Şekil 3. 2 Araştırmada kullanılan sous vide paketleri	30
Şekil 3. 3 Araştırmada kullanılan sıvı dumanın özellikleri	31
Şekil 3. 4 Araştırmada kullanılan vakum paketleme makinesi (orijinal)	32
Şekil 3. 5 Araştırmada kullanılan sous vide makinesi (orijinal).....	32
Şekil 3. 6 Araştırmada kullanılan TVB-N destilasyon ünitesi (orijinal)	34
Şekil 3. 7 Araştırmada kullanılan homojenizatör (orijinal)	34
Şekil 3. 8 Araştırmada kullanılan inkübatör (orijinal).....	35
Şekil 3. 9 Araştırmada kullanılan karbondioksitli inkübatör (orijinal).....	35
Şekil 3. 10 Araştırmada kullanılan saf su cihazları (orijinal)	36
Şekil 3. 11 Araştırmada kullanılan laminar flow kabin (orijinal).....	36
Şekil 3. 12 Araştırmada kullanılan rotary evaporatör (orijinal).....	37
Şekil 3. 13 Araştırmada kullanılan dikey otoklav (orijinal)	37
Şekil 3. 14 Araştırmada kullanılan tam otomatik pipetler (orijinal).....	38
Şekil 3. 15 Araştırmada kullanılan su aktivitesi ölçüm cihazı (orijinal)	38
Şekil 3. 16 Araştırmada kullanılan hassas terazi (orijinal)	39
Şekil 3. 17 Araştırmada kullanılan manyetik karıştırıcı (orijinal)	39
Şekil 3. 18 Protein yakma ünitesi (orijinal)	40
Şekil 3. 19 Protein destilasyon cihazı (orijinal).....	40
Şekil 3. 20 Soxhlet yağ tayin cihaz (orijinal).....	41

Şekil 3. 21 Araştırmada kullanılan spektrofotometre	41
Şekil 3. 22 Araştırmada kullanılan pH ölçer.....	42
Şekil 3. 23 Araştırmada kullanılan renk tayin cihazı.....	42
Şekil 3. 24 Araştırmada kullanılan kül fırını	43
Şekil 3. 25 Araştırmada kullanılan buzdolabı.....	43
Şekil 3. 26 Araştırmada balıklara uygulanan işlem basamakları.....	46
Şekil 3. 27 İşlem basamaklarının görüntüleri (orijinal).....	47
Şekil 4. 1 Levrek balığının besin kompozisyonu.....	56
Şekil 4. 2 Taze ve işlenmiş levreklerde nem miktarı (%).....	57
Şekil 4. 3 Taze ve işlenmiş levreklerde ham kül miktarı (%).....	58
Şekil 4. 4 Taze ve işlenmiş levreklerde ham yağ miktarı (%).....	59
Şekil 4. 5 Taze ve işlenmiş levreklerde ham protein miktarı (%).....	60
Şekil 4. 6 Taze ve işlenmiş levreklerde karbonhidrat miktarı (%)	62
Şekil 4. 7 Taze ve işlenmiş levreklerde enerji miktarları (Kcal/100g)	62
Şekil 4. 8 Taze ve işlenmiş levreklerde doymuş yağ asitleri (SFA) (%).....	66
Şekil 4. 9 Taze ve işlenmiş levreklerde tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) (%).....	67
Şekil 4. 10 Taze ve işlenmiş levreklerde çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) (%)	68
Şekil 4. 11 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam SFA, MUFA ve PUFA değerleri (%)	69
Şekil 4. 12 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam $\omega 3$ ve $\omega 6$ değerleri (%).....	69
Şekil 4. 13 Taze ve işlenmiş levreklerde esansiyel amino asit ve türevleri (g/100g).....	74
Şekil 4. 14 Taze ve işlenmiş levreklerde esansiyel olmayan amino asit ve türevleri (g/100g).....	75
Şekil 4. 15 Taze ve işlenmiş levreklerde a_w değerleri.....	78
Şekil 4. 16 Taze ve işlenmiş levreklerde a^* değeri.....	80
Şekil 4. 17 Taze ve işlenmiş levreklerde b^* değeri	81
Şekil 4. 18 Taze ve işlenmiş levreklerde L^* değeri.....	82

Şekil 4. 19 Grupların depolama süresince pH değerleri	84
Şekil 4. 20 Grupların depolama süresince TVB-N miktarlarındaki değişim (mg N/100 g)	86
Şekil 4. 21 Grupların depolama süresince TBARs miktarlarındaki değişim (mg MDA/kg)	89
Şekil 4. 22 Gruplarda depolama süresince toplam mezofil aerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).	91
Şekil 4. 23 Gruplarda depolama süresince toplam psikrofil aerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).	93
Şekil 4. 24 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam anaerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).	95
Şekil 4. 25 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam koliform bakteri sayısı değişimi (logkob/g).	97
Şekil 4. 26 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam maya küf bakteri sayısı değişimi (logkob/g).	99
Şekil 4. 27 X, Y, Z gruplarının depolama süresince tat ve sululuk puanları	101
Şekil 4. 28 X, Y, Z gruplarının depolama süresince koku puanları.....	103
Şekil 4. 29 X, Y, Z gruplarının depolama süresince tekstür puanları.....	105
Şekil 4.30 X, Y, Z gruplarının depolama süresince aroma puanları.....	107
Şekil 4. 31 X, Y, Z gruplarının depolama süresince görünüş puanları.....	109

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μg	: Mikrogram
μl	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
$\omega 3$	: Omega 3
$\omega 6$	: Omega 6
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	: Dietil eter
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
$\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$	: Tiyobarbitürik asit
CH_3COOH	: Glasiyel asetik asit
Cl_3CCOOH	: Triklorasetik asit
cm	: Santimetre
cm^2	: Santimetrekare
g	: Gram
H_2O	: Su
H_2SO_4	: Sülfürik asit
H_3BO_3	: Borik asit
HCl	: Hidroklorik asit
Kcal	: Kilokalori
Kg	: Kilogram
kGy	: Kilo Gray
kHz	: kilohertz
KIO_3	: Potasyum iyodat
Kob	: Koloni oluşturan birim

L	: Litre
Log	: Logaritma
MgO	: Magnezyum oksit
NaCl	: Sodyum klorür
N	: Normal
MHz	: Megahertz
ml	: Mililitre
W	: Watt



Kısaltmalar

HDL	: İyi Kolesterol (High-Density Lipoprotein)
HK	: Ham Kül
HP	: Ham Protein
HxR	: İnozin
HY	: Ham Yağ
IMP	: İnozin Monofosfat
K	: Karbonhidrat
L	: Lipit Radikali
LDL	: Kötü Kolestrol (Low-Density Lipoprotein)
LOOH	: Lipit Hidroperoksit
MA	: Modifiye Atmosferde
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
MDA	: Malondialdehit
Mpa	: Megapascal
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asidi
One-Way ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
PAH	: Polisilik Aromatik Hidrokarbon
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Potato Dextrose Agar
RCA	: Reinforced Clostridial Agar
STT	: Son Tüketim Tarihi
TBA	: Tiyoarbütirik Asit
TBARs	: Tiyoarbiturik Asit Reaktif Maddeleri
TMA	: Trimetilamin
TMAO	: Trimetilamin Oksit

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TVB-N	: Toplam Uçucu Bazik Azot
VP	: Vakum Paketleme
VRBA	: Violet Red Bile Agar



1. GİRİŞ

Sağlıklı beslenmenin önemi, kronik hastalıkların önlenmesinden enerji seviyelerinin artırılmasına, bilişsel sağlığın desteklenmesinden bağışıklık sisteminin güçlendirilmesine kadar birçok açıdan ortaya çıkmaktadır. Değişen yaşam koşulları, teknolojik gelişmeler, çalışma şartları ve toplumsal yapı, bireylerin beslenme alışkanlıklarını etkileyerek sağlıklı beslenmeye olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Beslenme konusundaki bilinçlenme arttıkça insanlar besin değeri yüksek gıdalara yönelmektedir. Su ürünleri de bu talebi karşılayabilecek gıdalar arasında yer almaktadır. Su ürünlerinin yüksek düzeyde kaliteli protein, esansiyel aminoasitler, omega-3 grubu çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve diğer esansiyel besin maddelerini içermesinden dolayı beslenmedeki yeri oldukça önemlidir. Su ürünleri diğer protein kaynaklarına göre doymamış yağ asitleri açısından belirgin bir üstünlüğe sahiptir. Bunun yanı sıra doymamış yağ asitleri önemli derecede esansiyel yağ asitlerini içermektedir (Turan vd., 2006). Doymamış yağ asitleri arasında öne çıkan omega-3 yağ asitleri, vücut tarafından üretilmeyen ve özellikle balıkta yoğun olarak bulunan son derece faydalı bir yağ asidi grubunu oluşturur (Küçük vd., 2022). Omega-3; kalp ve damar sağlığını korumakta ve kan şekerinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Omega-3 yağ asitleri, kötü kolesterolü (LDL) azaltırken iyi kolesterolü (HDL) artırır. Aynı zamanda kandaki trigliserit, yani serbest yağ düzeyini düşürerek, kalp yetmezliği ve inme riskinden koruma sağlar (Djoussé vd., 2012).

Dünya’da su ürünleri sektörüne gelişmiş ülkeler tarafından yön verilmektedir. Buna istinaden ülkelerin refah seviyeleri, insanların beslenme alışkanlıkları, yaşam tarzları; sektörü ve şekillenmesini etkilemektedir. Tüketici tercihlerinin değişmesi ile dünya genelinde su ürünleri tüketimi artmıştır. Dünyada su ürünleri tüketimi en fazla olan ülkeler arasında Çin, Japonya, Hindistan, ABD ve Endonezya bulunmaktadır. 2019 verilerine göre, dünya genelinde hayvansal protein ihtiyacının %17’si balıktan karşılanmış ve kişi başı su ürünleri tüketiminin %75’ni balıklar oluşturmuştur (FAO, 2022). Dünyada balık tüketimi ülkelerin gelir düzeyine göre değişkenlik göstermektedir. En düşük gelirli ülkelerde 2019 yılında kişi başına düşen balık tüketimi 5,4 kg iken yüksek gelirli ülkelerde kişi başı balık tüketimi 26,5 kg olarak saptanmıştır (FAO, 2022).

Su ürünleri tüketiminin artmasıyla birlikte ihtiyacı karşılamak amacıyla su ürünleri üretimi de her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda Türkiye’ye bakıldığında 25 milyar hektar deniz alanı, 1,5 milyon iç su alanı, 200’ü aşkın doğal göl ve 706 adet baraj gölünü

içerisinde bulundurmaktadır (Tolon, 2019). Bu veriler Türkiye'nin su ürünleri yetiştiriciliği ve üretimi için yeterli miktarda kaynağa ve alana sahip olduğumuzu göstermektedir. Bu sebepten ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği büyük bir öneme sahiptir.

Türkiye'de su ürünleri üretiminin %60,5 ini yetiştiricilik oluşturmaktadır. Üretimin %72'si denizlerde, geriye kalan %28'lik kısmı ise iç sularda yapılmaktadır. Alabalık iç sularda üretimde önemli bir yere sahip iken denizlerde üretimde levrek ön plandadır. Denizlerimizde yetiştiricilik yoluyla üretilen balıkların %30'unun levrek olduğu görülmektedir (TÜİK, 2023).

2015 yılında 75 bin ton olan levrek üretimi 2017 yılında 100 bin tona ulaşmış, 2019 yılında ise 137 bin tonu aşmıştır. Toplam üretim rakamları değerlendirildiğinde, 5 yılda üretimdeki artışın yaklaşık %83 olduğu görülmektedir. Levrek balığına dair ihracat rakamları incelendiğinde, 2015 yılında yaklaşık 34 bin ton olan ihracat miktarı, 2017 yılında 41 bin 500 tona, 2019 yılında ise 56 bin tona ulaşmış ve 5 yıllık ihracattaki artış yaklaşık %64 olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2022).

TÜİK 2023 verilerine göre de, denizde en çok yetiştiriciliği yapılan levrek balığının üretiminin yıllara göre arttığı ve en fazla üretimin Muğla'da yapıldığı bildirilmiştir. 2018 yılında 116 915 ton olan üretimin 2022 yılında 156 602 tona yükselmesi de levrek balığına olan talebin yükseldiğini göstermektedir (TÜİK, 2023).

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan balıkların başında gelen ve hem iç pazarda hem de Avrupa ülkeleri başta olmak üzere dış pazarda önemli bir yer edinen levrek balıkları kaliteli besin içeriği bakımından tüketiciler tarafından en çok tercih edilen balıklardandır. Levrek balığı yapımı ve hazırlanmasının kolay olması sebebi ile de özellikle çalışan ve zaman kısıtı bulunan bireylerde daha çok tercih edilmektedir

Dış pazardan gelen talepler doğrultusunda ihraç edilen levreklerin çok büyük bir çoğunluğu herhangi bir işlem görmeden taze/soğutulmuş levreklerden oluşurken, temizlenmiş ve fileto haline getirilmiş levrekler ise ikinci sırada yer almaktadır. İşlenmiş/yüksek katma değerli ürün bakımından ele alındığında ise dumanlanarak işlenmiş ve tüketime hazır levrekler, en çok talep gören işlenmiş ürün olarak karşımıza çıkmakta ve bütün halde soğutulmuş ihraç edilenler ile fileto haline getirilmiş levreklerden sonra üçüncü büyük dış pazar talebi olarak karşımıza çıkmaktadır (FAO,

2022). Levrek balığı tercih edilen balıklar arasında olması sebebiyle su ürünleri işleme teknolojisinde çeşitli araştırmalarda materyal olarak kullanılmıştır.

Su ürünleri işleme yöntemlerinden biri olan dumanlamada tuzlama, kurutma, ısıtma ve dumanlama etkileri birleştirilir (Alasalvar vd., 2011). Günümüzde tüketiciler tarafından beğenilen dumanlanmış ürünlere rağbet oldukça artmıştır. Sıcak dumanlama ile yapılan ürünlerin tüketici beğenisine rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar, ürünlerin içerdikleri PAH değerleri, uzun sürede hazırlanması, yüksek sıcaklıklara maruz kalması ve ayrıca dumanlama fırınlarının yüksek maliyetli olmasıdır. Buna alternatif olarak sıvı dumanlama işlemi sıcak dumanlamadaki olumsuzlukları içermez ve uygulama açısından daha kolay ve pratiktir. Sıvı dumanlanan ürünler birçok pişirme tekniği ile kombine edilebilmektedir.

Su ürünleri işleme teknolojilerinden olan sous vide teknolojisi ise minimal işleme tekniği olup, geleneksel pişirme tekniklerine göre gıdalardaki besin kayıplarını önlemektedir. Günümüzde restoranlarda ve hazır yemek şirketlerinde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Sous vide tekniği ile ürün kalitesi bozulmamakta, vakum paketli olması sebebi ile ürünler kontaminasyona uğramamaktadır. Gıdalar yüksek sıcaklıklara maruz kalmadığı için tüketicilerin tercihini olumlu yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada, levrek balığının tercih edilen balıklar arasında olması, dumanlanmış ürünlere olan talebin artması ve sous vide teknolojinin besin değerlerini koruyan bir teknoloji olması sebebiyle dumanlama teknolojisi ile sous vide teknolojisi kombine edilerek tüketime hazır, ulaşımı kolay, minimum düzeyde işlenmiş, yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmamış ve besin değerlerinde kayıp olmamış bir ürün ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Araştırmada Kullanılan Levrek Balığının (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758) Genel Özellikleri

Levrek balığı Doğu Atlantik'te, Karadeniz'den tüm Akdeniz'e, Norveç'ten Senegal'e kadar geniş bir yayılım göstermektedir (Pérez-Ruzafa ve Marcos, 2014).



Şekil 2. 1 Levrek balığı (orijinal)

Levrek balığının sistematikteki yeri şöyledir:

Şube: Chordata

Alt şube: Vertebrata

Sınıf: Osteichthyes

Alt sınıf: Actinopterygii

Alt bölüm: Teleostei

Üst takım: Acanthopterygii

Takım: Perciformes

Alt takım: Percoidei

Aile: Moronidae

Cins: *Dicentrarchus*

Tür : *Dicentrarchus labrax* (Linneaus, 1758) (Anonim, 2023a)

5-28°C arası sıcaklıkta ve tuzluluk oranı %3-50 olan deniz sularında, kıyı sularda, nehirlerde yaşayabilir (Pérez-Ruzafa ve Marcos, 2014). Boyları 40-70 cm olup, en fazla 1 m'ye ulaşabilir. Ağırlıkları ise en fazla 12 kg'a kadar ulaşabilir (Demirsoy, 2001;

Volckaert vd., 2008). Dişi balıklar geniş, erkekler ise ince ve uzun vücut yapısına sahiptir. Gri renkli levrek balığının karın bölgesi beyazdır. Solungaç kapaklarının kenarı çok keskin ve serttir (Alpbaz, 2005).

Levrek balığı; %18,06 protein, %10,7 yağ, %69,3 su, %0,1 karbonhidrat ve %1,3 kül, içermektedir (Kocatepe ve Turan, 2012). Çiftlik levreği etindeki doymuş yağ asitleri, toplam yağ asitlerinin %24,21'ini, tekli doymamış yağ asitleri %40,96'sını, çoklu doymamış yağ asitleri ise %33,24'ini oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en fazla oleik asit bulunan levrekler ayrıca iyi bir eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) açısından da zengindir. Levrek balığının glutamik asit, lizin, lösin ve aspartik asit içeriği diğer aminoasit miktarlarına göre yüksektir (Kocatepe ve Turan 2012). Taze levrek balığının buzdolabı koşullarında (+4°C) ve aerobik ortamda raf ömrü 5-6 gündür (Kostaki vd., 2009).

Levrek balıkları (*Dicentrarchus labrax*), Türkiye ve Akdeniz ülkeleri için büyük bir öneme sahiptir. Bu balık genellikle taze olarak tüketilir ve beyaz eti ile düşük yağ içeriği tüketiciler tarafından oldukça beğenilmektedir (Alparslan ve Baygar, 2009).

2.2. Su Ürünlerinde Meydana Gelen Bozulmalar ve Kalite Değişimleri

Su ürünlerinde bağ doku miktarının diğer et türlerine göre daha düşük olması çeşitli bozulma mekanizmalarıyla çok hızlı bir şekilde bozulmasına neden olmaktadır. Su ürünlerinde bozulma, renk ve doku değişiklikleri ile başlar, ardından tat ve aroma kayıpları ve kötü koku oluşumu ile devam eder (Toldra ve Reig, 2011)

Balık eti yüksek düzeyde protein, esansiyel aminoasitler, ω 3 grubu çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve diğer azotlu bileşikler içerdiği için yüksek besin değerine sahiptir. Bu durum ürünleri özellikle mikrobiyal bozulmaya karşı çok duyarlı hale getirmektedir (Çaklı ve Kışla, 2003). Mikroorganizmaların metabolik aktivitesi, enzimatik aktiviteler, kimyasal ve fiziksel değişiklikler sonucunda bozulma gerçekleşmektedir (Boziaris, 2014).

2.2.1. Kimyasal kalite değişimleri

Su ürünlerinde birçok etken kimyasal bozulmaya neden olmaktadır. Bunlar başta balık etinde bulunan otolitik enzimler, lipid oksidasyonu (oksidatif acılaşma) ve enzimatik

olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu) gibi kimyasal reaksiyonlar ve bu sürede ilerleyen mikroorganizma faaliyetleridir (Kocatepe, 2010).

Balık yakalandıktan sonra kaslardaki oksijen varlığı ile canlılığı bir süre korunur. Oksijenin bitmesi ile canlılığını yitirir ve kaslar bir takım kimyasal değişikliğe uğrayarak sertleşir. Bu olaya rigor mortis denir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Ölüm sonrasında metabolik aktiviteler anaerobik yolla oluşan enerji ile gerçekleşir. Anaerobik metabolizma sonucu glikojen laktik aside parçalanır. Kaslarda oluşan laktik asit, dokuda pH düşüşüne neden olur. Glikolizis ölüm sonrası bir süre devam eder. Laktik asit üretiminde etkili olan enzimler inaktif hale geldiğinde glikolizis sona erer (Gökoğlu, 2002). Yüksek pH'da etkili olmayan enzimler pH'nın düşmesiyle birlikte aktif hale gelerek balık etinde bulunan büyük moleküllü organik bileşikleri parçalamaya başlar (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Kimyasal bozulmalar; otolitik/enzimatik değişimler, azotlu bileşiklerde meydana gelen değişimler ve lipidlerde meydana gelen değişimler olarak üç başlıkta açıklanabilir.

2.2.1.1. Otolitik/ Enzimatik değişimler

Balık avlandıktan bir süre sonra büyük moleküllerin enzimatik parçalanması ile kimyasal ve biyolojik bozulmalar meydana gelir. Balıkların bozulmasında mikrobiyolojik faaliyetler rol alsada balığın bağırsaklarında ve kas dokusunda bulunan endojen enzimlerin de katkısı ile yoğun otoliz meydana gelir (Toldra ve Reig, 2011).

Post-mortem dönemde balığın kas dokusunda enzimlerin aktif rol aldığı birçok reaksiyon gerçekleşir. ATP yıkımı, proteinlerin ve yağların parçalanması, TMA oluşumu ve protein olmayan azotlu bileşiklerin yıkımında enzimatik reaksiyonlar meydana gelmektedir (Hisar vd., 2004).

Metabolik aktive için gerekli olan balık etindeki adenosin trifosfatın (ATP) ölüm sonrası yıkımlanmasında çeşitli enzimatik olaylar rol almaktadır. ATP yıkımlanması ATPaz enziminin ATP'yi yıkarak adenosin difosfat (ADP) oluşumu ile başlar. ADP myokinaz enzim ile adenosin monofosfata (AMP) dönüşür ve AMP yıkımı sonucu inozin monofosfat (IMP) oluşur. IMP fosfataz enzimi etkisiyle inozin (HxR) yıkılır ve inozin de nükleosit hidrolizi sonucu hipoksantine (Hx) yıkımlanır (2.1) (Gökoğlu, 2002; Çaklı, 2007).



2.2.1.2. Azotlu bileşiklerde meydana gelen değişimler

Ölüm sonrası balık etinde bozulmaya neden olan değişimler protein olmayan azotlu bileşiklerin dekompozisyonu ile gerçekleşmektedir (Gökoğlu, 2002). Çoğu deniz balığı türlerinde bulunan trimetilamin oksit (TMAO), bozulmaya neden olan bakterilerin yardımıyla indirgenerek trimetilamine (TMA) dönüşür (Lougovois ve Kyra, 2005). TMA taze balıkta bulunmaz veya az miktarlarda bulunur (Jay, 2000). TMAO kokusuz bir bileşiktir. Çoğu balık türünde bozulmanın indikatörü olan TMA ise karakteristik balıksı amonyak kokusunu veren bileşiktir (Hisar vd., 2004). Otoliz sonuna doğru mikroorganizmaların etkisiyle TMAO indirgenerek TMA'ya dönüşür. TMA endojen enzimlerin etkisiyle dimetilamine (DMA) ve formaldehite kolayca parçalanır ve laktik asitle reaksiyona girerek karbondioksit ve asetik asit gibi uçucu bileşiklere parçalanır (Simpson vd., 2012). Uçucu bileşikler oluşurken bakteriler çoğalır ve bakterilerin salgıladıkları enzimler, büyük moleküllü proteinleri parçalayarak polipeptidler, dipeptidler ve aminoasitlere dönüştürürler. Aminoasitler bakterilerin yardımıyla parçalanarak amonyak, yağ asitleri, aminler, karbondioksit, hidrojen, hidrokarbonlar (metan, etan), merkaptanlar, krezol, fenol ve hidrojen sülfür gibi bileşiklere dönüşür ve oluşan ürünler kötü koku ve bozuk tat verir (Gökoğlu, 2002).

Balıklarda ölüm sonrası bozulmaya proteolitik enzimler de katkıda bulunmaktadır. Proteoliz, proteinlerin parçalanması ve küçük peptitler ile serbest amino asitlerin oluşumuna neden olan bir biyokimyasal reaksiyondur. Balıklarda bulunan pH etkisiyle yapısal miyofibriller proteinleri parçalayarak büyük peptitler ve protein parçaları oluşturabilir. Bu parçalanma sonucu balığın kas dokusunda yumuşama meydana gelir. Büyük peptitle hidrolize edildiğinde küçük peptitler ve serbest aminoasitler meydana gelir. Bu bileşikler mikroorganizmalar tarafından kullanılır ve biyogenik aminler veya amonyak gibi bileşiklerin oluşmasına neden olur (Ghaly vd., 2010; Toldra ve Reig, 2011).

2.2.1.3. Lipidlerde meydana gelen değişimler

Ölüm sonrası lipidlerde meydana gelen değişimler hidrolitik ve oksidatif değişimler olarak açıklanabilir.

2.2.1.3.1. Hidrolitik değişimler

Ölüm sonrası enzimatik hidroliz ile lipidlerde değişim meydana gelmektedir. Lipid hidrolizi iki şekilde meydana gelmektedir. Birincisi kimyasal hidroliz ikincisi ise enzimatik hidrolizdir. Kimyasal hidrolizde suyun kimyasal bir madde gibi etki göstermesinde ortam sıcaklığı ve suyun lipidlerde çözünme durumu etkilidir. Ayrıca suyun etkisi serbest asitlik miktarına da bağlıdır (Saldamlı, 2007). Sıcaklık artışı ve kötü muhafaza koşulları hidrolizi hızlandırır (Pigott ve Tucker, 1990). Enzimatik hidrolizde ise asıl etken esterez grubu enzimlerdir. Lipid hidrolizi donma noktası civarındaki sıcaklıklarda yüksek orandadır ama sıcaklık düştükçe oran düşmektedir (Gökoğlu, 2002). Depo yağlarında bulunan trigliserit lipaz tarafından ayrıştırılmaktadır (Huss, 2007).

2.2.1.3.2. Oksidatif değişimler

Taze balıkların bozulmasındaki en önemli nedenlerden biri lipid oksidasyonudur. Su ürünlerinin oksidasyona karşı hassas olma sebebi, içerdikleri fazla miktarda fosfolipidler ve çoklu doymamış yağ asitleridir. Balıkta lipid oksidasyonu için substratlar; lipitler ve moleküler oksijendir (Hisar vd., 2004). Doymamış yağ asitlerinin oksijene maruz kalmasıyla otooksidasyon meydana gelir (Kocatepe, 2010).

Birçok doymamış yağ asitleri birden çok çift bağ içermektedir. Yağ asidinin açıl zincirleri bulunduğu pentadiene yapısında merkez karbonundan bir hidrojen atomunu ayrılması oksidasyon reaksiyonunun aşağıdaki gibi başlamasına neden olur:



Lipit radikali (L); lipit hidroperoksit (LOOH) ve yeni bir radikal L ile bir peroksi- radikal oluşturur. Bu yapı başka açıl zincirden tekrar hidrojen alabilir ve oksijenle çok çabuk reaksiyona girmektedir. Radikallerden biri daha az reaktif ya da başka radikal uzaklaşmaya kadar parçalanma devam eder. Parçalanma sırasında hidroperoksitler oldukça fazla miktarda üretilir. Hidroperoksitler ağır metal iyonları ile katalize olarak aldehitler, ketonlar, alkolle, karboksilik asitler ve alkanlar oluşur (Huss, 2007). Doymamış aldehitler ve ketonlar oksidasyon sonucu oluşan aromadan sorumludur. Isı, ışık, oksijen, metal iyonlarının etkisi otooksidasyonu hızlandırır (Demirci, 2019). Hidroperoksitler ve bozulma ürünleri acılaşmış yağların karakteristik lezzetini ve kokusunu verirken reaksiyon sonunda oluşan aldehitler asıl acılaşmadan sorumludur (Gökoğlu, 2002).

Depolama sırasında balık etindeki oksidasyon hızını etkileyen faktörler arasında yağ asidi kompozisyonu, serbest radikal başlatıcıların varlığı, oksijen varlığı, katkı maddelerinin kullanımı pro- ve antioksidanların miktarı, işleme koşulları (ışınlama, pişirme, öğütme, dilimleme, karıştırma), paketlenme (oksijen geçirgen, vakum, modifiye atmosfer, aktif ambalajlama) ve saklama koşulları (sıcaklık ve süre) yer almaktadır (Huang ve Ahn, 2019).

Yağlarda oksidasyon sonucu oluşan bileşikler Tiyobarbiturik Asit Reaktif Maddeleri (TBARs) testi ile ölçülebilir (Çaklı, 2007). TBA değeri 3'ten az olan ürünler "çok iyi", 3-5 arası "iyi", 7-8 arası ise tüketilebilir sınır değer olarak kabul edilmektedir (Varlık vd., 1993).

2.2.2. Duyusal kalite değişimleri

Gıda ürünlerinde tüketici algısını en çok etkileyen faktörlerin başında gıda ürününün görünüşü gelmektedir (Navaz vd., 2021). Su ürünleri yüksek hassasiyete sahip, koku, görünüş, renk ve tekstür değişimleri ile bozulmanın kolaylıkla anlaşılacağı gıdalardır. Su ürünlerinin tazeliğini belirlemede en etkin yöntemlerden biri duyusal analizlerdir (Botta, 1994). Su ürünlerinin tazelik kaybı, taze haldeki duyusal niteliklerden renk, doku, koku ve lezzet gibi özelliklerin ölüm sonrası değişmesi ile anlaşılabilir (Sikorski vd., 1990).

Duyusal analizler, otolitik ve mikrobiyal bozulmalarla birlikte görünüş, renk, kıvam, yapı, tekstür, doku ve tatla oluşan değişimlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu analizler 'organoleptik' analizler olarak da isimlendirilmektedir (Varlık vd., 2007).

Tüm kalite kontrol analizleri ile bir gıdanın sağlıklı tüketilebilir düzeyde olduğu tespit edilse de duyusal olarak olumsuz değerlendirilen gıdalar tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir (Özturan, 2009).

Renk, tekstür ve kokuda meydana gelen değişimler şöyle açıklanabilir:

Endüstrinin en önemli problemlerinden olan renk değişimi balık dokusundaki enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyonun sonucudur. Balık ve kabuklularda görülen sarı, kırmızı renkler ve renksizlik deri ve kabuklarda bulunan karotenoidlerin oksidasyonu nedeniyle gerçekleşmektedir. Melaninlerin neden olduğu balık derisinin koyu kahverenginden siyaha pigmentasyon kaybı olur, derinin parlaklığı kaybolur ve canlı görünümü yok olur (Gökoğlu, 2002).

Balık eti bozulmaya başladıkça rengi açık kremsiden griye doğru değişir. Kimyasal enzimatik oksidasyon nedeniyle koyu kırmızı kaslar ise kahverengiye döner. Taze balık yüzeyindeki mukoz tabaka başlangıçta sulu ve berrak iken bozulma sonrası bakterilerin artması nedeniyle bulanıklaşır, yoğunlaşır ve koyu renk alır (Sikorski vd., 1990).

Rigor mortis ya da ölüm katılığı kara hayvanlarında ve balıklarda farklı seyretmektedir. Balıklar kara hayvanlarına göre rigor mortis dönemini daha az bağ dokusu içerdikleri için daha hızlı geçirirler. Rigor mortis döneminde balık kası sertleşir ve kas yapısının elastikiyeti kalmaz. Post rigor döneminde balık kasında bulunan endojen proteazlar, miyofibriller proteinleri parçalama eğilimine girer. Parçalanma sonucunda dokuda gevşeme meydana gelir ve kas dokusu yumuşamaya başlar (Gökoğlu, 2002; Hisar vd., 2004).

Taze balığın kokusu ve rengi, tüketicilerin satın alma kararları için önemli kalite özellikleridir. Kalite kaybı, ölümden sonra uzun süreli depolama sırasında daha belirgin hale gelir (Thiansilakul vd., 2010). Taze balıklar deniz yosunu kokusundadır. Ölüm sonrası otolitik faaliyetler sonrasında kokuda değişimler başlar. Balığın türüne ve bozulma tipine (aerobik, anaerobik) bağlı olarak kötü kokular yayılır. Depo başlangıcında ATP hızla IMP'ye indirgenir. Oluşan IMP arzu edilen koku oluşumunu sağlar. IMP'ın parçalanması ile acı tattan sorumlu hipoksantin oluşur. Kötü koku yayılımı başlar. Koku oluşumunun nedenlerinden biri de TMAO'nin bakteriyel yıkımlanmasıyla çok karakteristik "balıksı" kokuya sahip olan TMA' nin oluşmasıdır. Daha sonraki aşamalarda tatlı, lahana benzeri, amonyagımsı, sülfürlü acı kokular yayılmaktadır. Bir diğer kötü koku oluşumu sebebi ise lipid oksidasyonu ile oluşan ransit (acı) kokudur (Gökoğlu, 2002; Çaklı, 2007; Huss, 2007).

2.2.3. Mikrobiyolojik kalite değişimleri

Taze balığın tüm dış yüzeyinde (deri ve solungaçlar) ve bağırsak içerisinde mikroorganizmalar bulunur. Yeni avlanan balıktaki bakteriyel flora avlandığı su ortamının mikroorganizma yüküne bağlı olarak değişir. Çok soğuk temiz sulardan avlanan balıklarda mikrobiyal yük daha azdır (Huss, 2007).

Balık avlandıktan sonra bakteriyel gelişimi önlemek veya geciktirmek için hızlı bir şekilde 0°C'de soğuk zincir uygulanmalıdır. (Çaklı, 2007).

Yeni avlanan balık eti steril iken, ölümden sonra balık derisinde bulunan mikrobiyal popülasyon tarafından kontamine olurlar (Tavares, 2021). Taze balıklarda bağırsaklarda, deride, solungaçta bulunan bazı bakteriler, *Flavobacterium*, *Alteromonas*, *Bacillus*, *Rhodotorula*, *Corynebacterium*, *Photoacterium*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia* ve *Candida*'dır (Gökoğlu, 2002).

Balığın yüksek su aktivitesi, nispeten düşük asitlik ($6 \leq \text{pH}$) ve balıkta yüksek miktarda bulunan protein dışındaki azotlu bileşikler, mikroorganizmaların hızlı bir şekilde artmasına neden olur (Leroi, 2011). İlk önce balığın yüzeyinde oluşan bakteriler daha sonra iç kısımlara yayılır. *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Shewanella*, *Alcaligenes*, *Vibrio* ve koliform bozulmaya neden olan bakterilerdir. *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella* ve *Flavobacterium* türü bakteriler genellikle düşük sıcaklıkta muhafaza edilen balıklarda görülmektedir. İyi muhafaza edilmemiş balıklarda *Micrococcus*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Proteus*, *Serratia*, *Sarcina*, *Clostridium* vb. bakteri grupları bozulmada etkili olabilmektedirler (Çaklı ve Kışla, 2003).

Mikrobiyal bozulma sırasında aminler, putresin, histamin, kadaverin, merkaptalar, organik asitler, sülfidler, alkoller, aldehytler, ketonlar açığa çıkmaktadır. Balıkta ortaya çıkan bu bozulma ve(ya) parçalanma bileşikleri, kötü kokudan, arzu edilmeyen tattan ve istenmeyen renk oluşumundan sorumludurlar (Ghaly vd., 2010). Tüketicilerin tercihi bakımından oldukça önemli bir parametre olan ve ticari değeri belirleyen en önemli fiziksel parametrelerin başında balığın rengi gelmektedir. Doğal formundan uzaklaşarak arzu edilmeyen renklerin oluşumlarına başlıca mikrokoklar ve *P. fluorescens* grubu mikroorganizmalar sebep olur. Sarı renkten yeşile değişen birçok renk oluşur. Maya ve küflerin gelişimi sonucu pembe veya kırmızı renk ortaya çıkar (Sikorski, 1990).

2.3. Su Ürünleri Muhafazasında Yaygın Kullanılan Yöntemler

Su ürünleri biyolojik yapılarından dolayı bozulmaya karşı oldukça hassas gıdalardır. Yüksek kalitede besin içeriğine sahip olan su ürünlerinin besin değerlerini korumak amacıyla muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Su ürünlerinde bozulmayı önlemek ve raf ömrünü artırmak amacıyla uzun yıllardan beri çeşitli muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Su ürünlerinde yaygın olarak kullanılan geleneksel muhafaza yöntemleri aşağıda verilmiştir.

- Soğutma teknolojisi
- Dondurarak muhafaza teknolojisi
- Kurutma teknolojisi
- Tuzlama teknolojisi
- Konserve teknolojisi
- Marinat teknolojisi
- Dumanlama teknolojisi

2.3.1. Su ürünlerinde dumanlama teknolojisi

Dumanlama işlemi tarihteki en eski koruma yöntemlerinden birisidir ve antioksidatif ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle çok uzun yıllar boyunca kullanılmıştır (Günlü, 2007; Oğuzhan ve Yangılar, 2013). Bununla birlikte geçmişte raf ömrünü artırmak ve koruyucu özelliğinden dolayı kullanımı yaygınken günümüzde ise aromatik ve organoleptik özelliklerinden dolayı kullanımı oldukça artmıştır (Arvanitoyannis ve Kotsanopoulos, 2012). Su ürünlerinde dumanlama teknolojisi özellikle Avrupa, Afrika ve Uzak Doğu da oldukça popüler hale gelmiştir (Adeyeye, 2019). Ülkemizde de son yıllarda bu teknolojiye olan ilgi artmakta ve üretilen ürünler yurt dışına ihraç edilmektedir. (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Kışın yaprağını döken, reçinesiz sert ağaçların, odun talaşından elde edilen duman içerisinde belli teknikler ile taze, tuzlanmış, kurutulmuş, marine edilmiş vb. ürünlerin bekletilmesiyle elde edilen ürünler dumanlanmış ürünler olarak anılmaktadır (Stolhywo ve Sikorski, 2005; Oğuzhan ve Yangılar, 2013). Duman eldesinde meşe, gürgen, kayın, kavak, akasya, ıhlamur ağaçları kullanılmaktadır. Ayrıca farklı aromalar kazandırmak amacıyla elma, limon, portakal gibi ağaçlar kullanılmakta, Batı Afrika ülkelerinde ise hindistan cevizi kabuğu ve mango gibi ağaçlar tercih edilebilmektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999; Adeyeye, 2019). Dumanlama işlemi için iğne yapraklı ve reçineli ağaçlar içerdikleri yoğun katrandan dolayı ürüne istenmeyen acı bir tat bıraktıkları için tercih edilmezler (Gökoğlu, 2002).

Dumanlama teknolojisinde prensip; balıktaki su içeriği azaltmak, dumanın içerdiği bakterisit maddelerin balık etine nüfus etmesi ile mikroorganizmaların gelişmelerini engellemek ve ürüne aroma katmaktır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Dumanın koruyucu etkisini sağlayan 4 faktör bulunmaktadır. Bunlar başlıca; dumanın balık dokusuna nüfus etmesinden dolayı fiziksel bariyer olarak (yüzey kuruması) görev alması, hava ile teması azaltarak özellikle aerobik bakteriler ve patojenlerin gelişimini

yavaşlatması, dumanlama işlemi öncesi yapılan tuzlamanın su aktivitesini düşürmesine bağlı patojenik inhibisyon etkisi, dumanın içerdiği fenolik bileşikler ile otooksidasyonu geciktirmesi ve dumanın yapısında bulunan fenoller, aldehitler, nitritler vb. dokuda antimikrobiyal özellik göstermesidir (Adeyeye, 2019).

Dumanın içeriğinde bulunan polifenolik bileşikler dumanın balık etine nüfus etmesiyle yüzeyde birikir ve bakterisit etki göstererek korumayı artırır ve ayrıca içerdiği fenolik bileşikler antioksidan özellik kazandırır (Adeyeye, 2019). Duman tadını ve kokusunu oluşturan bileşiklerin %66'sını fenolik bileşikler %14'ünü karboniller ve %20'sini diğer duman bileşikleri oluşturur (Erkan, 2004). Dumanlama işlemi içerdiği bakteri yok edici, nem giderici ve antioksidan özelliği ile koruma sağlarken aynı zamanda ürüne özel tat, aroma ve renk verir (Simko, 2002). Dumanın ürün rengine etkisi, duman içeriğinin gıdaya alınması, yoğunlaşarak yükseltgenmesi, proteinlerle tepkiye girmesi ve fenolik asitlerle rengin sabitlenmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Ertaş, 2000).

Dumanın olumlu etkilerinin yanı sıra bir de arzu edilmeyen özelliği vardır. Duman içeriğinde bulunan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) kansorejen etkiye sahiptir (Nollet ve Toldra, 2009). Odun dumanında birçoğu kanserojen etkiye sahip PAH bileşiklerinden olan benzo(a)pyrene (BaP) dumanlanmış balık ürünlerinde bulunan türdür (Stołyhwo ve Sikorski, 2005). PAH bileşiklerinin esas kaynağı odun, kömür ve yağ gibi eksik yanması sonucu oluşan organik bileşiklerdir (Duedahl-Olesen vd., 2006). PAH'ların gıdada bulunma sebebi iki şekildedir. Birincisi hava, toprak veya su kaynaklı oluşmalarıdır. İkincisi ise gıdaların işlenmesi ve pişirilmesi sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalarak oluşmalarıdır (Ergönül ve Kaya, 2015). PAH oluşumunda en önemli neden duman oluşurken maruz kaldığı sıcaklıktır. Duman oluşumu esnasında sıcaklığı 300-400°C'de tutmak ve filtre kullanımı PAH oluşumunu oldukça düşürmektedir. (Stołyhwo ve Sikorski, 2005). Dumanlanmış balıklar 0,05'ten 60 µg BaP/kg kadar farklı oranlarda PAH içerebilirler. Dumanlanmış su ürünleri PAH bulunmasına rağmen insan sağlığına zarar vermeyecek düzeydedir (Çaklı, 2007).

Dumanlama işlemi temel olarak soğuk dumanlama, sıcak dumanlama, elektrostatik dumanlama ve sıvı dumanlama olmak üzere 4'e ayrılır (Oğuzhan ve Yangılar, 2013).

2.3.1.1. Soğuk dumanlama

Soğuk dumanlama, raf ömrünü artıran, ürünü kökten değiştirmeyen, yapıya çok zarar vermeyen bir işlemdir (Messina vd., 2021). 30°C altında yapılan dumanlama işlemidir (Arvanitoyannis ve Kotsanopoulos, 2012). Soğuk dumanlamada ürünleri bozulma ve patojen mikroorganizmalara karşı korumak için balık eti tuz ile muamele edilerek su aktivitesini azaltmak gerekmektedir (Huang vd., 2002). Bu yüzden etteki tuz oranı yüksek tutulmalıdır, aksi halde bozulmalar başlayabilir (Karaca ve Saygın, 2008). Soğuk dumanlanmış ürünlerde %8 oranlarına kadar tuz kullanılabilir (Çaklı, 2007). Soğuk dumanlama ile ürünlerdeki su oranı %40'ın altına düşürülmektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Sıcaklık ayarlaması düzgün bir şekilde yapıldığında istenen soğuk duman lezzeti korunmuş olur (Patır ve Duman, 2006). Ayrıca bu ürünlerinde mikroorganizmaların gelişimini önlemek için buzdolabı sıcaklıklarında saklanması ve vakum paketlenme önerilmektedir (Arvanitoyannis ve Kotsanopoulos, 2012).

2.3.1.2. Sıcak dumanlama

Sıcak dumanlama işleminde balık etini pişirmek için sıcaklık ve duman kullanılır (Huang vd., 2002). Sıcaklık genelde 50-80°C arasında tutulur, bazen ise sıcaklık 120°C ye yükseltilebilir (Varlık ve ark, 2004). Dumanlama süresi 3 ile 8 saat arasında değişebilir. Sıcak dumanlama soğuk dumanlamaya göre daha çok tercih edilmektedir. Sıcak dumanlama ile duman lezzetinin kazandırılması, raf ömrünün daha uzun olması, tuz oranının daha az olması tercih nedenleri arasındadır (Arvanitoyannis ve Kotsanopoulos, 2012). Sıcak dumanlanmış ürünlerde genellikle tuz oranı soğuk dumanlamaya göre daha azdır ve %1-3 arasında değişmektedir (Çaklı, 2007). Sıcak dumanlama esas olarak sıcaklık yardımıyla proteinlerin denatüre edilmesidir. Sıcak dumanlanmış ürünlerde raf ömrünü stabil tutabilmek için balık etindeki su aktivitesini 0,85 veya daha alt düzeylerde tutmak gerekmektedir (Arason vd., 2014). Sıcak dumanlama ile %40-50 nem içeriğine sahip olan ürünler, 1 ila 3 gün arasında çok sınırlı bir raf ömrüne sahiptir.

2.3.1.3. Elektrostatik dumanlama

Elektrostatik dumanlama, balıkların dumanlanması için genellikle Japonya ve İskandinav ülkelerinde tercih edilen bir yöntemdir (Oğuzhan ve Yangılar, 2013). Bir elektrik alanında ürünler genellikle pozitif yüklü olan duman ile muamele edilir (Arason vd., 2014). Bu elektrik alanı uzun bir tünelden oluşur. 3 bölümden oluşan bu tünelin birinci

bölümünde balık etinin sıcaklığı 30-40°C'ye yükseltilir. Bu kısımda sıcaklık artarken balık eti de pozitif elektrik yükü ile yüklenir. İkinci bölümde sıcaklık 30-40°C'de olup asıl dumanlama işlemi yapılmaktadır. Üçüncü kısımda ise ürün sıcaklığı artırılarak 64-68°C'ye ulaşır ve uygulanan işlem ile üründeki renk stabilitesi sağlanır. Ürün yarı pişmiş halde olup soğutma işlemine alınır (Rehbronn ve Rutkowski, 1984; Varlık ve ark, 2004).

2.3.1.4. Sıvı dumanlama

Sıvı dumanlama yöntemi günümüzde gittikçe popüler hale gelmektedir. Sıvı dumanlama geleneksel dumanlama tekniğine göre dumanlı bir tat vermek için kullanılan duman konsantresinden oluşan doğal bir üründür (Racioppo vd., 2023). Sıvı duman üretimi için meşe, kayın gibi sert ağaçlar kullanılmaktadır (Nollet ve Toldra, 2009). Sert ağaç talaşlarından oluşan duman yoğunlaştırılır. Yoğunlaşan dumanın filtre edilmesiyle duman bileşiminde bulunan kanserojen madde olan PAH bileşenlerinden uzaklaştırılır (Alçiçek vd, 2009). Şekil 2.4'te sıvı duman üretim basamakları verilmiştir.



Şekil 2. 2 Sıvı duman üretim basamakları (Haris, 2015)

Sıvı duman uygulamasında, sıvı duman ürüne püskürtülerek ya da buharında bekletilerek ya da seyreltik çözeltisine daldırılarak uygulanmaktadır (Alçiçek, 2010). Sıvı dumanlama yönteminin birçok avantajı bulunmaktadır. Doğal dumanda bulunan bileşiklerden aldehit

ve ketonu içerirken, istenmeyen bileşiklerin de büyük çoğunluğu uzaklaştırılmıştır. Diğer yöntemlere göre ürünün rengi ve aroması daha homojen durumdadır. Diğer dumanlama yöntemlerinde bulunan antioksidatif ve antimikrobiyal özellikler sıvı dumanda da oldukça fazladır. İstenilen düzeyde duman uygulamasında dozaj ayarlaması oldukça kolay ve kontrol edilebilir. Ayrıca duman jeneratörüne ihtiyaç duyulmadan ürüne aroma kazandırmaktadır. Hem maliyet açısından hem de zaman açısından oldukça ekonomik olan bu yöntem bu özelliklerinin yanı sıra daha çevreci ve daha sağlıklıdır (Oğuzhan ve Yangılar, 2013; Arason vd., 2014; Racioppo vd., 2023).

Dumanlanmış ürünlerin bozulmasına neden birçok faktör bulunmaktadır. Dumanlanmış ürünler muhafaza esnasında fiziksel, kimyasal ve duyuşsal değışimlere uğrayarak bozulmaya başlar. Dumanlanmış ürünlerde bozulmayı etkileyen faktörler arasında balığın tazeliğı, balığın türü, balığın yağ oranı, kullanılan dumanlama yöntemi, kullanılan tuz oranı, dumanlanmış balıktaki su oranı, paketlenme ve muhafaza şartları bulunmaktadır (Varlık, 2004).

Dumanlama işlemi için kullanılacak olan balıkların taze olması ve mikrobiyal yükünün oldukça az olması istenmektedir. Dumanlama sırasında duman içinde bulunan krezol, aldehytler, fenol ve organik asitlerin etkisi ile mikroorganizmalar etkisini gösteremezler. Fakat bakteri sporları ölmez. Bakterilerin ölme süresi bakteri ürüne göre değışmekte olup sporla çoğalan bakteriler 5-6 saat dumanlandığında inhibe olurlar. Dumanlama esnasında sıcaklığın yetersiz kullanımı veya dumanlama süresinin düşük tutulması bazı mezofilik ve psikrofilik bakterileri inaktif hale getiremez. Özellikle dumanlama işlemi doğru olarak gerçekleştirilmemiş ürünlerde *Listeria monocytogenes* riski artmaktadır. Ayrıca *Pseudomonas sp.* ve *Aeromonas sp.* türleri de dumanlanmış balıklarda kokuşmaya neden olurlar. Uygun sıcaklıkta depolanmayan dumanlanmış ürünlerde bozulmaya, canlı kalmış aeorob basiller, mikrokoklar ve ardından mayalar neden olurlar (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999; Varlık, 2004; Arason vd., 2014).

Dumanlama işleminde kullanılan balığın yağ oranı önemlidir. Yağ oranı %5 ve üzerinde olan balıklar tercih edilmektedir. Yağ oranı düşük olan balıklarda dumanlama işlemi sürecinde balık etinin yüzeyi sertleşerek dumanın balık etinin iç kısımlarına girmesi engellenir. Bu da duman etkisini azaltarak balığın çabuk bozulmasına ve görüşünün bozuk olmasına neden olur (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Dumanlama işleminde kullanılan tuz oranı dumanlama işleminde oldukça önemli rol oynamaktadır. Tuz balıktaki suyun uzaklaşmasını sağlar. Böylece balık etinin su aktivitesini düşürür ve antiseptik özelliğinden dolayı mikroorganizma faaliyetlerini engeller. Kullanılan tuz oranının düşük olması dumanlanmış ürünün çabuk bozulmasına neden olur. Su aktivitesi düşük bu ürünlerin bozulmasında ise bakterilerden ziyade maya ve küfler aktif rol oynarlar (Doe vd., 1998; Gökoğlu, 2002).

Sıcak dumanlama, soğuk dumanlamaya göre raf ömrü kısa ürünlerdir. Soğuk dumanlamada pastörize işlemi olmadığından dolayı E tipi *Clostridium botulinum* önemli risk taşır. Bunu engellemek amacıyla su aktivitesini oldukça düşürmek gerekmektedir ve dumanlanmış ürün doğru materyalle paketlenmesi yapılarak uygun şartlarda muhafaza edilmelidir (Huang vd., 2002).

Dumanlanmış ürünlerde çoğu bozulmalar mikroorganizma kökenlidir. Dumanlanmış ürünün kontamine olmasında pek çok etken bulunmaktadır. Dumanlama işlemi bittiğinde uygun ambalaj malzemeleri ve uygun paketlenme yöntemi kullanılarak kontaminasyonlar azaltılabilmektedir. Soğuk muhafazanın yanı sıra soğuk zincirin korunumu ile ürünlerin raf ömrü uzamaktadır (Arason vd., 2014).

2.4. Su Ürünleri İşleme Teknolojisinde Kullanılan Bazı Yeni Uygulamalar

Su ürünleri geleneksel ya da klasik endüstriyel işleme yöntemleri ile işlendiklerinde yüksek besinsel kayıplar meydana gelebilmekte, kimyasal işleme yöntemleri ile işlendiğinde ise tüketici algısının olumsuz yönde etkilendiği bilinmektedir. Bu amaçla klasik işleme yöntemleriyle işlenen ürünlerin yerini minimal işlenmiş, besinsel değerlerde en az kayıp meydana getiren yeni teknolojiler almaktadır. Bu teknolojiler, genel olarak su ürünlerinin işleme kalitesini artıran, raf ömrünü uzatan minimal işleme teknikleri olarak tanımlanmaktadır. Minimal işleme teknikleri ürünlerin depolanması, işlenmesi ve paketlenmesine kadar olan gıda zincirinin her basamağında uygulanabilmektedir.

Su ürünlerinde yaygın olarak kullanılan minimal işleme teknikleri aşağıda verilmiştir (Siddiqui ve Rahman, 2014).

- Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi
- Vurgulu elektrik alan teknolojisi
- Işınlama teknolojisi
- Ultrases teknolojisi

- Paketleme teknolojisi
- Sous vide teknolojisi
- Kızılötesi ısıtma teknolojisi
- Mikrodalga ısıtma teknolojisi
- Ohmik ısıtma teknolojisi
- Doğal antimikrobiyaller teknolojisi
- Engel (Hurdle) teknolojisi

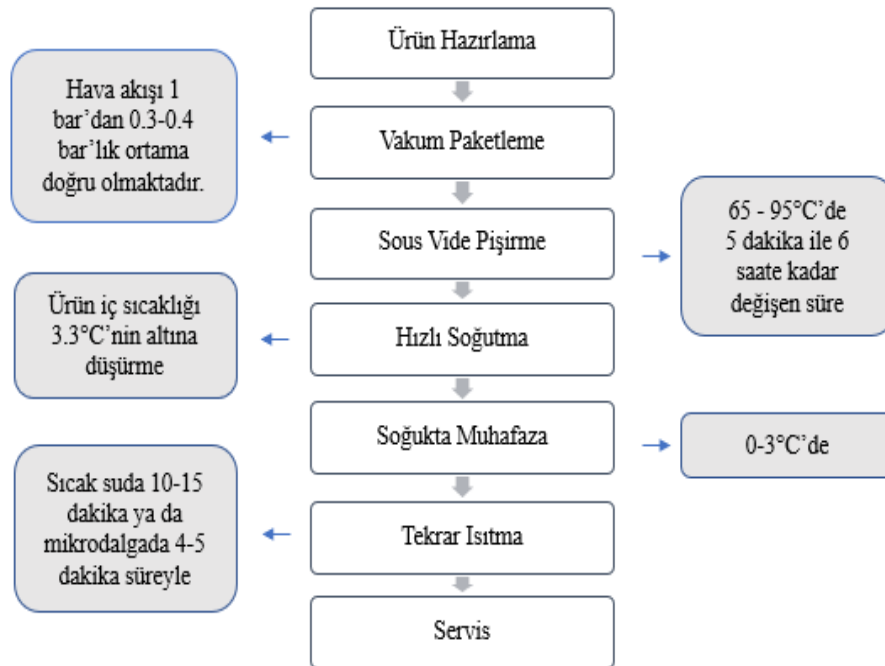
2.4.1. Su ürünlerinde paketleme teknolojisi

Paketleme teknolojisi gıdayı bozmadan kaliteli bir şekilde muhafaza ederek ve gıdanın kontaminasyonunu önleyerek tüketiciye güvenilir bir şekilde ulaşmasını sağlayan bir yöntemdir (Cutter, 2006). Taze veya işlenmiş ürünlerin paketlenmesinde vakum paketleme (VP), modifiye atmosfer paketleme (MAP) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda akıllı paketleme, aktif paketleme gibi yeni paketleme teknolojileri de kullanılmaya başlanmıştır (Hassan vd, 2023). Modifiye atmosferde (MA), mikroorganizmaların aktivitelerini geciktirmek için ambalajdaki hava farklı gaz karışımları ile değiştirilir. Paket içerisindeki oksijen uzaklaştırılıp içerisine CO₂ ve N₂ doldurulur. Bu işlem ile mikroorganizmaların gelişimi inhibe edilir ve enzimatik ve oksidatif bozulmalar önlenir (Kocatepe, 2010). Akıllı paketleme, paketlenmiş gıdaların taşıma ve depolama sırasında kalitesi hakkında bilgi sağlamak için paketlenmiş gıdaların durumunu izleyen paketleme sistemleri olarak tanımlanmıştır. Bunlar; zaman-sıcaklık göstergeleri, sızıntı göstergesi, tazelik göstergesi vb. bilgiler içermektedir (Nagarajarao, 2016). Aktif paketleme, paketlenmiş gıdanın kalitesini korurken raf ömrünü uzatmak veya duyuşsal özelliklerini geliştirmek için ambalajın durumunu değiştiren ve saklama süresi boyunca bu koşulları koruyan bir ambalaj türüdür. Bu, ambalaj filmine veya ambalaj kaplarının içine ürünün raf ömrünü korumak için belirli katkı maddelerinin eklenmesini içermektedir (Nagarajarao, 2016). Vakumlu paketleme ile paketteki hava uzaklaştırılır ve paketin ağzı hiç hava almayacak şekilde kapatılmaktadır. Havanın çıkarılması, paketlerin içinde bir vakum oluşturur ve paketlerdeki O₂ eksikliği, oksidatif bozulma reaksiyonlarını ve aerobik bakteri üremesini en aza indirir. Ayrıca, vakum paketleme ile ürünün atmosferdeki oksijen ve nem ile teması engellenir ve raf ömrünün uzaması sağlanır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992).

Vakum paketlenme için kullanılacak ambalajların yapısal hasar olmadan sıcaklık değişimlerine dayanması, sıvı ve gazlara karşı geçirgenliğinin olmaması gerekmektedir (Nagarajarao, 2016). Vakum paketlenme ile her ne kadar aerob bakterilerin üremesi engellense de anaerob bir bakteri olan *Clostridium botulinum*'un gelişme olasılığı bulunmaktadır. *C. botulinum* sporlarının gelişimini önlemek için soğuk muhafazaya dikkat edilmelidir (Erdem ve Karakaya, 2021). Vakum paketlenme dumanlanmış ürünlerin paketlenmesine uygundur (Oğuzhan ve Angiş, 2008).

2.4.2. Su ürünlerinde sous vide teknolojisi

Sous vide, Fransızca'da "vakum altında" anlamına gelir ve sous vide pişirme, "ısıya dayanıklı, vakumlu poşetler içinde kontrollü sıcaklık ve süre koşulları altında pişirilen ara gıdalar ile hammadde veya ham maddeler" olarak tanımlanır (Schellekens, 1996). Bu teknikle pişirilen ürünler 2 şekilde tüketilebilir. Bunlardan ilki pişirme-servis (cook serve/hold), yani ürünün vakum paketlenerek sıcak su içerisinde pişirilmesi ve ardından tüketime sunulmasıdır. Diğer tüketim yöntemi ise pişirme-soğutma (cook-chill/freze), yani ürünün vakum paketlenerek sıcak su içerisinde pişirilmesi ve ardından hızlıca soğutulurak buzdolabında veya dondurucuda servis edileceği zamana kadar muhafaza edilip, tekrar ısıtma işlemi ile tüketime sunulması şeklindedir. Sous vide teknolojinin işlem basamakları Şekil 2.3. de görülmektedir.



Şekil 2. 3 Sous vide akış şeması (Şengör, 2009)

Sous vide teknolojisi ürünün raf ömrünü artırmak ve besin bileşenlerini kaybetmemiş ürünlerin eldesinde kullanılan bir muhafaza tekniği olarak kullanılmaktadır (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013). Bu teknikte paket içindeki havanın tamamının vakum ile uzaklaştırılması, yiyeceğin her tarafında eşit olacak şekilde ısınmasına ve sıcaklığını daha uzun süre korumasına imkân verir. Teknikte kullanılan vakum paket pişirme sırasında ısı transferini artırmaktadır. Pişirilen ürün depolanacak ise hava temasını önleyerek çapraz kontaminasyonu ve oksidasyon riskini ortadan kaldırmakta ve böylece ürüne daha raf ömrü sağlanmaktadır (Creed ve Reeve, 1998; Armstrong ve McIlveen, 2000; Roldan vd., 2013). Ayrıca sous vide yöntemi ile pişirme ve depolama süresinde istenmeyen koku ve tatların gıdaya geçişini engellemektedir. (Baldwin, 2012). Sous vide teknolojisinin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar tablo 2.1’ de verilmiştir.

Tablo 2. 1 Sous vide teknolojisinin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar (Creed ve Reeve, 1998).

Avantajlar	Dezavantajlar
Et, tavuk, balık gibi hassas gıdalara uygulanabilmesi, Raf ömrünü uzatması, İşlem basamaklarının pratik olması, Vakum paketlemeden dolayı bakteri gelişimini önlemesi, Tüketici açısından kullanım kolaylığı, Kısa süre ve az iş gücü, Paketleme sayesinde kontaminasyonun önlemesi, Besin kayıplarının az olması.	Ekipman ve ambalajlamanın ek maliyet getirmesi, Soğuk zincirin kırılmaması için özenli olunması, Uygulanan sıcaklık düşük olduğunda <i>C. Botulinum</i> oluşma riski, Uygun pastörizasyon sıcaklığının belirlenebilmesi için eğitimli elemanların gerekmesi.

Geleneksel pişirme yöntemlerinde sıcaklık uygulaması ile üründe yapısal bozulmalar ve besin öğelerinde kayıplar meydana gelirken, sous vide işleminde daha az zamanda ve daha düşük sıcaklıklarda pişirmeden dolayı besinler, ürün içinde kalan sıvının tutulması ile besin kaybı en az şekilde görülmektedir (Armstrong, 2004).

Sous vide yöntemi ile pişirilen balıklarda bulunan faydalı yağ asitlerinin, geleneksel yöntemler kullanılarak pişirilen balıklara göre daha fazla korunduğu tespit edilmiştir (Ghazala vd., 1996; Stankov vd., 2020). Sous vide yöntemi ile elde edilecek ürünler

yaklaşık 65-95°C arasındaki sıcaklıklarda ve uzun sürede pişirilir. Pişirme süresi, yiyeceğin kalınlığı ve pişirme sıcaklığına göre 5 dakikadan 6 saate kadar değişebilir (Baldwin, 2012). Pişirme sonrası yiyecekler ağız kapalı olarak düşük sıcaklıkta saklandığı için çapraz bulaşma riski oldukça düşer (Denizer, 2005). Sous vide teknolojisi, diğer pişirme yöntemlerine göre değerlendirildiğinde soğuk depolamada ürünün raf ömrünü önemli derecede arttırdığı bilinmektedir (Ceylan ve Şengör, 2017).

2.4.3. Kombine tekniklerin kullanılması (Engel teknolojisi)

Gıda muhafazasında mikroorganizmaların gelişimini önlemek için kullanılan her bir koruyucu faktör engel olarak kullanılmaktadır. Bu engeller arasında gıda işleme sırasında yüksek sıcaklık, depolamada düşük sıcaklık, su aktivitesinin düşürülmesi, asitliğin artması, redoks potansiyelinin azalması ve koruyucuların kullanılması gibi uygulamalar bulunmaktadır (Leistner 2000). Çeşitli engellerin birlikte kullanılması işlemleri, “kombine yöntemler, Hurdle teknolojisi veya muhafaza kombinasyonları” olarak adlandırılmaktadır (Leistner ve Gorris, 1995; Fellows, 2000). Engeller teknolojisinin temel prensibi, gıdaların muhafazasından sterilizasyon, derin dondurma gibi çok yüksek düzeyde tek bir etken kullanmak yerine daha düşük düzeyde daha fazla sayıda etkenden yararlanmaktır (Leistner, 2000).

Tablo 2.2’ de engeller kombine edilerek mikroorganizmaların gelişimini engelleyecek ve ürün kalitesini en üst düzeyde tutacak uygulamalar yapılmaktadır.

Tablo 2.2 Gıda teknolojisinde kullanılan bazı uygulamalar (Ohlsson ve Bengtsson, 2002)

Engel Çeşidi	Örnek Uygulamalar
Fiziksel engeller	• Aseptik paketleme • Elektromanyetik enerji: - Mikrodalga, radyo frekansı, vurgulu manyetik alanlar, yüksek elektrik alanları. • Yüksek sıcaklıklar: - Ağartma, pastörizasyon, sterilizasyon, buharlaşma, ekstrüzyon, pişirme, kızartma. • İyonik radyasyon • Düşük sıcaklık: Dondurma ve soğutma işlemi • Modifiye atmosferler - Vakum paketleme • Paketleme filmleri: - Aktif paketleme, yenilebilir kaplamalar dâhil • Fotodinamik etkisizleştirme • Ultra yüksek basınçlar

	• Ultrasound • Ultraviyole ışınlımı
Fiziko-kimyasal engeller	• Karbondioksit • Etanol • Laktik asit • Laktoperoksidaz • Düşük pH • Düşük redoks potansiyeli • Düşük su aktivitesi • Maillard reaksiyon ürünleri • Organik asitler • Oksijen • Ozon • Fenol • Fosfat • Tuz • Dumanlama • Sodyum nitrit / nitrat • Sodyum veya potasyum sülfat • Baharat ve otlar • Yüzey aktif ajanlar
Mikrobiyal engeller	• Antibiyotikler • Kompetitif flora • Koruyucu kültürler • Bakteriyosinler

2.5. İlgili Araştırmalar/ Literatür Özeti

2.5.1. Su ürünlerinde sıvı dumanlama ile ilgili literatür özeti

Swatawati vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada yazılı orkinos balığı (*Euthynnus affinis*) filetolarına sıcak dumanlama ve sıvı dumanlama işlemi uygulanmıştır. Sıvı dumanlanan balıklara 40-80°C arasında sıcaklıklar uygulanmıştır. Çalışma sonucunda sıvı dumanlama yapılan örneklerin ω -3 ve DHA değerinin daha yüksek olduğu ve raf ömrünün daha uzun olduğunu belirtmişlerdir.

Hattulla vd. (2001) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarını geleneksel dumanlama ve sıvı dumanlama işlemlerine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda sıvı dumanlanan gökkuşağı alabalıklarında PAH içeriğinin daha düşük olduğunu saptamışlardır.

Muratore ve Licciardello (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada, kılıç balığı (*Xiphias gladius*) dilimleri sıvı dumanlama işlemine tabi tutulmuştur. Sıvı dumanlanan dilimler vakum ve modifiye atmosfer ambalajlama (%5O₂ + %45 CO₂ + %50 N₂) yapıldıktan sonra 4°C'de muhafaza edilmiştir. İşleme tabi tutulan örneklerin raf ömrünün modifiye atmosferde paketlenmiş gruplarda 12 gün, vakum paketlenmiş gruplarda ise 42 gün olduğu bildirilmiştir.

Siskos vd. (2007) alabalık (*Salmo gairdnerii*) filetolarını, buharlaştırıcıya sıvı duman ilave ederek 2 bar basınçta ve 115°C'de farklı sürelerde (30, 45 ve 60 dakika) pişirmiş ve ardından 4°C'de depolamışlardır. Araştırmacılar, 60 dakika boyunca sıvı dumanlanan örneklerin en uzun raf ömrüne sahip olduğunu bildirmişlerdir.

İbrahim vd. (2008) tarafından yapılan araştırmada kefal balıklarına sıvı dumanlama ve geleneksel dumanlama yöntemleri uygulanmıştır. Dumanlama işleminden sonra vakum paketlenme ve modifiye atmosferde paketlenme işlemi yapılmıştır. Örnekler 4±1°C'de 8 hafta depolanmıştır. Depolama sonunda, sıvı dumanlama yapılan grupların maya ve küf sayısının daha az olduğu bildirilmiştir.

Alçiçek (2010) tarafından gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları ile yapılan çalışmada, filetolara sıvı dumanlama ve sıcak dumanlama işlemi uygulanmıştır. Daha sonra örnekler vakum paketlenerek 4°C'de depolanmıştır. Uygulanan işlemler sonunda PAH bileşimi sıcak dumanlanan örneklerde tespit edilirken sıvı dumanlanan örneklerde tespit edilmemiştir.

Alçiçek (2011) tarafından yapılan başka bir araştırmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları sıvı duman ve kekik yağı ilaveli çözeltide bekletildikten sonra ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrası örnekler vakum paketlenip 4°C’de 150 gün depolanmıştır. Depolama sonunda sıvı dumanlamanın ve kekik yağının koruyucu etkiyi artırdığı ve kekik yağı yoğunluğunun yüksek olduğu grupların raf ömrünün daha uzun olduğu bildirilmiştir.

Chatzikiyakidou ve Katsanidis (2012) tarafından yapılan çalışmada kolyoz (*Scomber japonicus*) filetoları 4 farklı gruba ayrılmıştır. Gruplar; çiğ ve dumanlanmamış, dumanlanmadan pişirilmiş, sıvı dumanlanmış pişirilmemiş ve sıvı dumanlanıp pişirilmiş şeklinde oluşturulmuştur. Grupların yarısı MAP ile diğer yarısı da vakum paketlenerek 4°C’de depolanmıştır. Depolama sonunda sıvı dumanlanmış örneklerin TBARs ve TVB-N değerlerinin, dumanlanmamış örneklerin değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Vidal vd. (2017) sıvı dumanın levrek filetoları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sıvı dumanlanan filetoları vakum paketlenerek soğuk muhafaza etmişlerdir. Çalışma sonucunda, sıvı dumanın levrek balığının kokusunu, rengini ve dokusunu olumlu yönde etkilediği, bununla birlikte oksidasyon ve mikroorganizma gelişimini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Racioppo vd. (2023) çipura (*Sparus aurata*) ve levrek balıklarına (*Dicentrarchus labrax*) limon ekstraktı, asetik asit, sıvı duman ve tuz içeren çözeltileri püskürtülerek uygulamışlardır. Örnekler vakum paketlenerek 4°C’de 14 gün muhafaza edilmiştir. Araştırmacılar, asetik asidin varlığı ve duman konsantrasyonu arttıkça patojen mikroorganizmaların büyüme oranının daha hızlı azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Can Tunçelli ve Özden (2023) farklı konsantrasyonlarda sıvı duman içeren çözeltilerde alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları bekletildikten sonra tuzlama ve kurutma işlemi uygulamışlardır. Tüm gruplar vakum paketlenerek +4°C’de muhafaza edilmiştir. Çalışma sonucu sıvı dumanın raf ömrünü %10 ila %20 oranında uzattığını ve duyuşal açıdan daha çok tercih edildiğini bildirmişlerdir.

2.5.2. Su ürünlerinde sous vide teknolojisi ile ilgili literatür özeti

Garcia Linares vd. (2004) somon balıklarında ve gökkuşağı alabalıklarında geleneksel pişirme yöntemi ile sous vide pişirme yöntemini kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda sous vide pişirilen balıkların yağ içeriğinin korunduğunu, geleneksel yöntem ile pişirilenlerin ise yağ içeriğinde önemli ölçüde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Gonzales-Fandos vd. (2005), somon balıklarına farklı sıcaklık ve sürelerde (65°C/ 5 dakika, 90°C/ 10 dakika, 90°C/ 15 dakika) sous vide işlemi uygulamış ve pişirilen örnekleri 2°C ile 10°C'de depolamışlardır. Araştırma sonucunda 2°C'de depolanan balıklarda mezofilik ve psikrofilik bakterilerin daha düşük oranda artış gösterdiğini ve 90°C' de 15 dakika sous vide uygulanan grupların raf ömrünün 45 gün olduğunu bildirmişlerdir.

Diaz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada somon (*Salmo salar*) filetoları 300°C'de 3 dakika kavrulduktan sonra vakum paketlenerek 80°C'de 43 dakika boyunca sous vide ile pişirilmiş, işlem sonunda örnekler 2°C'de depolanmıştır. 18. günden itibaren tespit edilen *Enterobacteriaceae* sayısı <10 kob/g olarak tespit edilse de duyu analizlerin sonucuna göre raf ömrü 18 gün olarak belirlenmiştir.

Coşansu vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada limon suyu ile muamele edilen palamut balıkları (*Sarda sarda*) vakum paketlenildikten sonra 70°C'de 10 dakika sous vide işlemi uygulanmış ve 4±1°C' de depolanmıştır. Çalışmada limon suyunun etkisi biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu açıdan incelenmiştir. Limon suyu ilaveli grupların raf ömrü 49 gün olarak belirlenirken limon suyu ilave edilmeyen grupların 35 gün olduğunu bildirmişlerdir.

Mol vd. (2012b), palamut balıklarını (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) 70°C'de 10 dakika sous vide işlemine tabi tutmuşlardır. Sosu vide işlemi sonrası örnekler iki grup olarak buzdolabında (4°C) ve kötü sıcaklık koşullarında (12°C) depolamışlardır. 4°C ve 12°C'de depolanan örneklerin TVB-N limitlerinin sırasıyla 35. ve 12. günlerde aşıldığı bildirilmiştir.

Çetinkaya vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) 3 farklı sıcaklıkta ve sürelerde (75°C'de 20 dk, 85°C'de 15 dk ve 90°C'de 10 dk) sous vide işlemine tabi tutulmuştur. Örneklerde farklı sıcaklıkların besin kaybı üzerindeki

etkisi incelenmiştir. 75°C’de muamele edilen grupların protein miktarı %20,02±0,43 olarak tespit edilirken 90°C’de ise 18,59±0.47 olarak belirlenmiştir.

Öz ve Seyyar (2016) tarafından yapılan çalışmada alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları farklı sıcaklık ve sürelerde (65°C’ de 90 ve 150 dakika; 75°C’ de 75 ve 135 dakika; 85°C’ de 60 ve 120 dakika) sous vide yöntemi ile pişirilmişlerdir. Araştırma sonucunda, pişirme sıcaklıklarındaki artışın TBARS değerlerini azalttığı ancak pişirme kayıplarını artırdığı tespit edilirken, pişirme sürelerindeki artışın ise üründe beyazlık ve sarılık değerlerini artırdığı da ortaya konulmuştur.

Çağlak vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada sudak balığına farklı sıcaklıklarda (60°C, 70°C’ ve 80°C) sous vide işlemi uygulanmış ve çalışma sonucunda 80°C’de sous vide uygulanan gruplarda toplam mezofil bakteri sayısı ve psikrofil bakteri sayısı depolama süresi sonunda (63. gün) sınır değeri aşmamıştır.

Cropotova vd. (2019), uskumru filetolarını farklı sıcaklıkta (60, 70 ve 90°C) ve farklı sürelerde (10, 15 ve 20 dakika) sous vide işlemine tabi tutmuşlar ve 4±1°C’de depolamışlardır. Çalışmada TBARS değeri 0,61 mmol MDA/kg iken 90°C’de 20 dakikada pişirilen grupların 7 gün depolama sonrasında TBARS değeri 5,23 mmol MDA/kg olarak tespit edilmiştir.

Wan vd. (2019), farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, buharda pişirme, vakumda kaynatma, vakumlu buharlama ve sous vide) büyük ağızlı levrek balığının (*Micropterus salmoides*) kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Örneklerde renk, pH, TBARS ve tekstür analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda TBARS değerinin en düşük grubun sous vide ile pişirilen grup olduğu bildirilmiştir.

Ceylan ve Ünal Şengör (2019) tarafından yapılan çalışmada, kurutulmuş fesleğen (%0,5), taze sarımsak (%0,25) ve dereotu (%0,5) kullanarak elde edilen karışım, levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları ile muamele edilmiş ve ardından sous vide ile pişirilmiştir (65°C/20 dk). Pişirme işleminin ardından 3°C’de depolanmıştır. Araştırma sonucu olarak, bu kombinasyon ile pişirilen balıkların raf ömrünün 42 gün olduğu tespit edilmiş ve bu kombinasyonun levrek balıkları duyu ve kimyasal kalite üzerinde olumlu etkisi olduğu rapor edilmiştir.

Pino-Hernandez vd. (2020), arapaima balıkları (*Arapaima gigas*) 4 kesime (sırt, ventral, göbek ve kuyruk) ayırarak sous vide işleminin kesimlere olan etkisini incelemişlerdir. Sous vide işlemi 60°C 9,48 dakika uygulandıktan sonra 2°C’ de 49 gün depolanmıştır.

Çalışma kapsamında besin kompozisyonları, kimyasal ve mikrobiyoloji analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda sırt kesiminin sous vide işlemi için uygun olduğu ve depolama sırasında mezofilik ve psikrofilik anaerobların kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını bildirmişlerdir.

Alves vd. (2020) antioksidanların sous vide yöntemine etkisini incelemek amacıyla Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) filetolarına antioksidan ilave ederek (kekik ekstraktı, biberiye ekstraktı ve fesleğen ekstraktı) sous vide işlemi (60,5°C’de 41dk) uygulamışlardır. Antioksidan ilavesiz olan kontrol grubunun TBARs değerinin, antioksidan ilaveli gruplara göre daha yüksek olduğunu saptamışlar ve antioksidanların sous vide işleminde kullanıldığında raf ömrünü uzattığını bildirmişlerdir.

Antimikrobiyal esansiyel yağ ile sous vide kombine işleminin *L. monocytogenes* inhibisyonunda etkisi üzerine yapılan araştırmada gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) doğal antimikrobiyal esansiyel yağ (kişniş, defne biberiye ve fesleğen) ile muamele edildikten sonra vakum paketlenmiştir. Örnekler iki farklı sıcaklıkta (50 ve 55°C) sous vide işlemine tabi tutulmuşlardır. Sous vide işlemi sonrası örnekler 4°C’de 36 gün depolanmış ve araştırma sonucunda kişniş yağı ilaveli sous vide uygulamasının *L. monocytogenes* inhibisyonunda 2 kat etkili olduğunu bildirmişlerdir (Öztürk vd., 2021).

Bozova ve İzci (2021) tarafından yapılan çalışmada, sarıağzı balığı (*Argyrosomus regius*) filetolarına biberiye ve kekik özütleri ilave edildikten sonra sous vide yöntemi ile pişirilmiştir. Örnekler 4±1°C’de muhafaza edilmiş ve bu uygulamaların sarıağzı balığı üzerindeki bazı kalite değişimleri incelenmiştir. Depolama süresince TVB-N ve TBARs değerlerinin limiti aşmadığı, ayrıca kekik ve biberiye özütü ile sous vide ile pişirilen örneklerin TVB-N ve TBARs değerlerinin kontrol grubuna göre düşük bulunduğunu bildirmişlerdir.

Pongsetkul ve Benjakul (2022) tarafından yapılan çalışmada *Megalaspis cordyl* balığı Tayland’da geleneksel tuz ile fermente edilip kurutulmuştur. Araştırmacılar bu işlemler ile sous vide işlemini kombine ederek balık kalitesine etkisini araştırmışlardır. Fermente kurutulmuş ekşi-tuzlu balıklar vakum paketlenerek, farklı sıcaklıkta (40°C’de 30, 60, 90 ve 120 dakika) ve farklı sürelerde (60°C’de 15 ve 30 dakika) sous vide pişirme işlemi uygulanarak 28-30°C’de 30 gün depolanmıştır. Çalışma sonucunda 40°C’de 30 ve 60 dakika sous vide işlemi fermente kurutulmuş balıkların raf ömrünü 1 haftadan 4 haftaya uzattığını bildirmişlerdir.

Modzelewska-Kapituła vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada sudak balığına 65°C'de 45 dakika, 75°C'de 20 dakika ve 90°C'de 10 dakika sous vide işlemi uygulanmıştır. Sous vide pişirilmiş gruplar taze balık ile karşılaştırıldığında, SFA, MUFA, PUFA içeriği en yüksek 65°C' de sous vide pişirilen grupta olduğunu tespit etmişlerdir.

Modzelewska-Kapituła vd. (2023) mikrodalga ve sous vide işleminin sudak balığı (*Sander lucioperca*) filetolarının yağ asidi bileşimi ve kalite özellikleri üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Sous vide işleminde balık filetoları vakum paketlenmiş ve 65°C'de 40 dakika pişirilmiştir. Mikrodalga işleminde ise balık filetoları mikrodalga fırında 539 Watt'ta 3 dakika pişirilmiştir. Isıl işlem sonrasında örneklerde besin kompozisyonu analizi, yağ asidi kompozisyonu analizi, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyu analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda mikrodalga ve sous vide işlemi ile pişirilen örnekler duyu ve mikrobiyal kalite olarak benzer bulunsada sous vide işlemi ile pişirilen örneklerin yağ asidi içeriği daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar mikrodalga ve sous vide işlemi ile pişirmenin balık eti dokusundaki yağ asitlerini iyi koruduğunu bildirmişlerdir.

Doğruyol ve Mol (2017), sous vide işlemi ile ışınlama teknolojisi kombine tekniğinin Atlantik uskumru (*Scomber scombrus*) balıklarının raf ömründeki değişimlere etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada 3 grup belirlenmiş, birinci gruba 70°C'de 10 dakika sous vide pişirme işlemi uygulanmış, 2. gruba 70°C'de 10 dakika sous vide işlemi uygulandıktan sonra 2,5 kGy gamma ışını ile ışınlama işlemi yapılmıştır. 3. grupta ise 70°C'de 10 dakika sous vide işlemi sonrasında 5 kGy dozunda gama ışınlama yapılmıştır. Altıncı haftada kontrol örneklerinin toplam mezofilik ve psikrofilik bakteri sayısı ile TVB-N değerleri limitlerin üzerinde olduğunu ancak ışınlanmış numuneler hiçbir zaman limitleri aşmadığını bildirmişlerdir.

Zhou vd. (2022) sous vide işlemi ile yüksek hidrostatik basınç teknolojisi kombine tekniğinin büyük ağızlı levrek balığının depolama sırasında kalitesine etkisini araştırmışlardır. Sadece yüksek basınç uygulanan gruplar ile sous vide ve yüksek hidrostatik basınç kombine tekniği uygulanan gruplar karşılaştırıldığında, kombine tekniğin raf ömrünü uzattığını bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan balık

Araştırmada toplam boyu $32,79 \pm 0,26$ cm olan toplam 38 kg Akdeniz’de yetiştirilen levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) kullanılmış olup balıklar (Şekil 3.1), Organize Sanayi Bölgesinde (Sinop, Türkiye) faaliyet gösteren Yıldız Balıkçılık’tan temin edilmiştir. Balıklar işleme tesisinde iç organları çıkarıldıktan sonra fileto haline getirilmiş ve strafor kutularda buzlanarak Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri İşleme ve Kalite Kontrol Laboratuvarına yaklaşık 1 saat içerisinde transfer edilmiştir.



Şekil 3. 1 Araştırmada kullanılan levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) (orijinal)

3.1.2. Paketleme materyali

Balıkların paketlenmesinde kullanılan Sous Vide paketleri Makro Endüstriyel Ürünler Yatırım İthalat ve İhracat Tic. Ltd. Şti.’den temin edilmiş olup; PE/PA/PE vakum/ Film torba 25*35 cm olup paket kalınlığı 82 mikrondur (Şekil 3.2). Intertek Test Hizmetleri A.Ş. İstanbul Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı’nın 05.03.2020 tarihli rapor sonuçlarına göre paket materyali gıda ile temas edebilir niteliktedir.



Şekil 3. 2 Araştırmada kullanılan sous vide paketleri

3.1.3. Aromalandırmada kullanılan materyaller

3.1.3.1. Ayçiçek yağı

Aromalandırma için kullanılan ayçiçek yağı, Yudum marka rafine ayçiçek yağıdır (Savola Gıda San. ve Tic. A.Ş., Balıkesir, Türkiye). Yağ; %11 doymuş yağ asidi (SFA), %35 tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve %53,8 çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içermektedir.

3.1.3.2. Tuz

Aromalandırmada kullanılan tuz 27026 parti numaralı Samire marka rafine iyotlu sofratuzudur. Tuzun içeriğinde rafine NaCl ve KIO₃ bulunmaktadır.

3.1.3.3. Sıvı duman

Aromalandırmak için FR.GN.028 doküman nolu 01-210218-101 parti numaralı sıvı duman kullanılmıştır. Kullanılan sıvı dumanın özellikleri Şekil 3.3'te verilmiştir.

ÜRÜN SPESİFİKASYONU

Yayın Tarihi: 25/01/2021

Ürün Adı :	G-AROME 24TB FLAVOUR	Doküman No :	FR.GN.028
Ürün Kodu :	152.SMK.6501	Spesifikasyon No :	AR.SM.6501
Ürün Tanımı:	Et ve tavuk ürünleri için aroma verici.		

ÖZELLİKLER:

Et ve tavuk ürünleri için sıvı duman.

ÜRÜN İÇERİĞİ:

Su, duman ekstraktı, asetik asit
100 g Üründe : Enerji 67 kJ/16 kcal, Yağ 1,2 g, Doymuş yağ 0,1 g, Karbonhidrat 1,3 g, Şekerler 0,3 g, Protein 0 g, Tuz 0 g

DUYUSAL VERİLER:		ANALİTİK VERİLER:		MİKROBİYOLOJİK VERİLER:	
Tat	Kendine Has	pH	2,5 - 3,5		
Koku	Kendine Has	Asetik Asit (%)	7,0 - 9,0		
Renk	Kahverengi	Yoğunluk (lbs/gal)	9,4 - 9,6		
Görünüm	Likit				

ÖNERİLEN KULLANIM MİKTARI: Ürün yüzeyine sprey edilir ya da ürün karışımına daldırılarak kullanılır.

PAKET: Müşteri isteği doğrultusunda farklı gramajlarda yapılan dolum belirler.

RAF ÖMRÜ: Son kullanma tarihi üretim tarihinden itibaren 12 aydır.

DEPOLAMA KOŞULLARI: Serin ve kuru yerde güneş görmeyecek şekilde muhafaza ediniz.
Ambalajı açtıktan sonra depolamada ağzını kapalı tutunuz.

SEVKİYAT / TAŞIMA ŞEKLİ: Temiz ve gıda dışı kimyasal taşıması yapmayan araçlarla taşıma yapılmalı, ürün ambalajına zarar vermeyecek şekilde istifleme yapılmalı, güneş ışığı ve nemden etkilenmeyecek şekilde dizayn edilmiş kapalı araçlarla taşınmalı.

ETİKET BİLGİLERİ :

Ürün Adı	: G-AROME 24TB FLAVOUR
Net Miktarı	: Müşteri isteği doğrultusunda farklı gramajlarda yapılan dolum belirler.
Üretim Tarihi	: Üretilmiş olduğu gün, ay ve yıl olarak belirtilir.
Son Kullanma Tarihi	: Üretim tarihinden itibaren 12 aydır. Gün, ay ve yıl olarak belirtilir.
Parti No	: Üretim yılı ve üretim sayısına bağlı olarak verilir.
İçindekiler	: Yukarıda belirtildiği haliyle eklenir.
Muhafaza Koşulları	: 6-25°C sıcaklık aralığında muhafaza edilmelidir.
İşleme Kayıt No	: TR-16-K-000876
Firma Adı	: GMT Uluslararası Yenilikçi Gıda Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş.
Firma Adresi	: Battalgazi Mah. Şarkı Cad. Aytıp Gıda sitesi H 4 Blok 34935 Sultanbeyli / İSTANBUL
Ticari Marka Adı	: GMT
Orjin Ülke	: Türkiye

G-AROME

REVİZYON NO : 0

REVİZYON TARİHİ :

Battalgazi Mah. Şarkı Cad. Aytıp Gıda Sitesi H 4 Blok 34935
Sultanbeyli / İstanbul / Türkiye
T: 0(216) 458 75 40 F: 0(216) 458 75 50 www.g-arome.com

Turkey



Şekil 3. 3 Araştırmada kullanılan sıvı dumanın özellikleri

3.1.4. Sous vide işlemi için kullanılan cihaz ve ekipmanlar

3.1.4.1. Vakum paketlenme cihazı

Araştırmada ürünlerin vakum paketlenmesi için Abant MG42 marka/model vakum paketlenme makinesi kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4 Araştırmada kullanılan vakum paketlenme makinesi (orijinal)

3.1.4.2. Sous vide makinesi

Araştırmada ürünlerin pişirilmesi için Packtech-IPX7 Sous Vide Pişirici (PackTech Machine, Mısır) makinesi kullanılmıştır (Şekil 3.5). Materyalin hacimce fazla yer kaplaması nedeniyle orijinal su kabı yerine farklı bir kap kullanılmış ve su sirkülasyonunu sağlamak için ilave 2 su pompası kullanılmıştır.



Şekil 3. 5 Araştırmada kullanılan sous vide makinesi (orijinal)

3.1.4.3. Termometre

Ürünlerin sous vide işlemleri sırasında pişirme süresi boyunca sıcaklık takibi için termometre kullanılmıştır.

3.1.5. Araştırmada kullanılan kimyasal malzemeler

Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemelerin listesi Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3. 1 Araştırmada kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik malzemeler

Kimyasal Adı	Marka	Ürün Numarası
Triklorasetik asit (Cl_3CCOOH)	Merck	1.00810.0250
Magnezyum oksit (MgO)	Tekkim	TK.200920.01000
Tiyobarbitürik asit ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)	Merck	1.08180.0025
Reinforced clostridial agar (RCA)	Merck	1.05410.0500
Glasiyel asetik asit (CH_3COOH)	Merck	1.00063.2500
Hidroklorik asit (HCl) (%37)	Merck	1.00317.2500
Plate count agar (PCA)	Biolife	4021452
Borik asit (H_3BO_3)	Merck	1.00165.1000
Sülfürik asit (H_2SO_4)	Merck	1.00731.2500
Violet red bile agar (VRBA)	Merck	1.01406.0500
Dietil eter ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$)	Merck	1.00923.5000
Kjeldahl katalizör tabletleri	Merck	1.15348.1000
3,5-Di-tert-4-Butilhidroksitoluen (BHT)	Sigma	CA47168
Potato Dextrose Agar (PDA)	Biolife	4019352
Alkaline Peptone Water	Merck	1.01800.0500
Sodyum Klorür (NaCl)	Merck	1.06404.1000

3.1.6. Analizler için kullanılan cihaz ve ekipmanlar

3.1.6.1. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) destilasyon ünitesi

Araştırmada TVB-N analizlerinde Şimşek AP-1106 marka/model azot tayin cihazı kullanılmıştır (Şekil 3. 6).



Şekil 3. 6 Araştırmada kullanılan TVB-N destilasyon ünitesi (orijinal)

3.1.6.2. Homojenizatör

Analizler öncesinde numunenin homojenize edilmesi için IKA T-25 digital Ultra – Turrax model homojenizatör kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7 Araştırmada kullanılan homojenizatör (orijinal)

3.1.6.3. İnkübatör

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen anaerob ve psikrofil bakteri grupları hariç diğer tüm bakteri gruplarının inkübasyonunda Microtest Min120 marka/model inkübasyon cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Araştırmada kullanılan inkübatör (orijinal)

3.1.6.4. Karbondioksitli inkübatör

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen anaerob bakterilerin inkübasyonunda Heal Force HF90 CO₂ model inkübatör kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9 Araştırmada kullanılan karbondioksitli inkübatör (orijinal)

3.1.6.5. Saf su cihazı

Analizlerde kullanılan saf su için MILLIPORE / RiOs-8 marka / model ve MILLIPORE Synergy-UV marka / model ultra saf su cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10 Araştırmada kullanılan saf su cihazları (orijinal)

3.1.6.6. Laminar flow kabin

Mikrobiyolojik analizler kapsamında ekimler için Bilser Class II model laminar flow kabin kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11 Araştırmada kullanılan laminar flow kabin (orijinal)

3.1.6.7. Rotary evaporatör

Yağ analizlerinde balonlarda kalan eterin ayrıştırılmasında Heidolph Hei-VAP Core marka / model rotary evaporatör kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3. 12 Araştırmada kullanılan rotary evaporatör (orijinal)

3.1.6.8. Dikey otoklav

Araştırma kapsamında analizlerde kullanılacak malzemelerin sterilizasyonunda Nüve OT-40L marka/model dik tip otoklav kullanılmıştır (Şekil 3.13)



Şekil 3. 13 Araştırmada kullanılan dikey otoklav (orijinal)

3.1.6.9. Tam otomatik pipetler

Araştırmada Brandtech Transferpette marka/model tam otomatik pipet takımı kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3. 14 Araştırmada kullanılan tam otomatik pipetler (orijinal)

3.1.6.10. Su aktivitesi cihazı

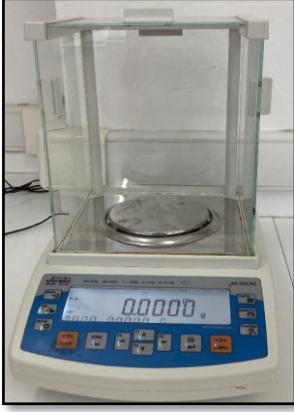
Araştırmada su aktivitesi (aw) ölçümleri için Novasina LabShift-aw marka / model cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3. 15 Araştırmada kullanılan su aktivitesi ölçüm cihazı (orijinal)

3.1.6.11. Hassas terazi

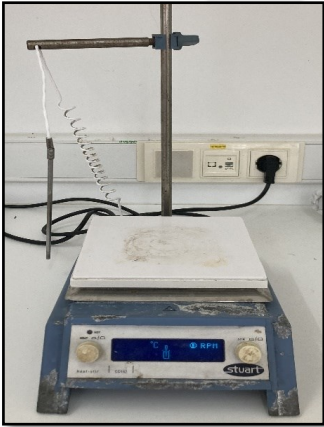
Araştırma sürecinde tüm analizler için kullanılan kimyasal maddelerin ve örneklerin tartımında Radwag/AS 220-C-2 marka/model kabinli hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3. 16 Araştırmada kullanılan hassas terazi (orijinal)

3.1.6.12. Manyetik karıştırıcı

Analizlerde kullanılan kimyasal çözeltilerin hazırlanmasında Stuart CD 162 model manyetik karıştırıcı kullanılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3. 17 Araştırmada kullanılan manyetik karıştırıcı (orijinal)

3.1.6.13. Protein yakma ünitesi

Araştırmada protein analizi için örneklerin yakılmasında Buchi Speed Digester K-425 marka/model yakma ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3. 18 Protein yakma ünitesi (orijinal)

3.1.6.14. Protein destilasyon cihazı

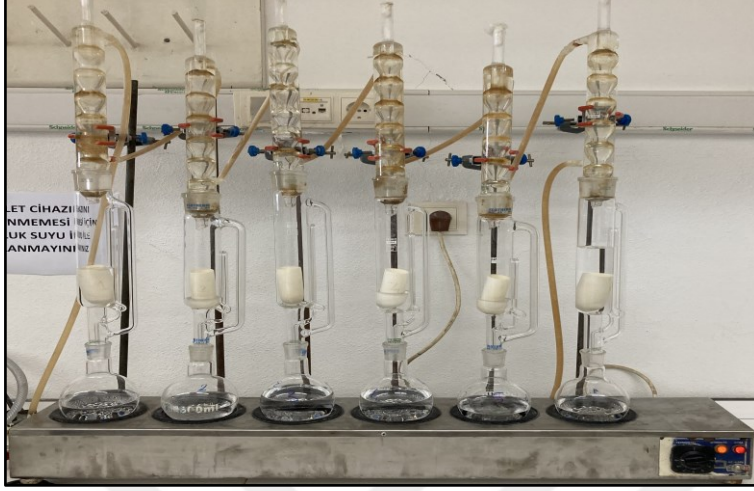
Araştırmada protein analizinin destilasyon aşamasında Buchi K350 marka/model Kjeldahl destilasyon ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3. 19 Protein destilasyon cihazı (orijinal)

3.1.6.15. Soxhlet yağ tayin cihazı

Araştırmada balık örneklerindeki yağ miktarının tespit edilmesinde 6'lı Soxhlet yağ tayin cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3. 20 Soxhlet yağ tayin cihaz (orijinal)

3.1.6.16. Spektrofotometre

Tiyobarbütirik asit (TBA) – tayininde standart ve örnek absorbanslarının belirlenmesi amacı ile Rayleigh VIS 723G model spektrofotometre kullanılmıştır (Şekil 3.21)



Şekil 3. 21 Araştırmada kullanılan spektrofotometre

3.1.6.17. pH ölçer

pH ölçümü için Werkstaten 82362 Weilheim, (Germany) marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3. 22 Araştırmada kullanılan pH ölçer

3.1.6.18. Renk tayin cihazı

Konica Minolta/CR-A33a marka cihaz ile renk ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3. 23 Araştırmada kullanılan renk tayin cihazı

3.1.6.19. Kül fırını

Araştırmada, örneklerdeki ham kül miktarının belirlemek için 600°C'ye kadar ulaşabilen Protherm marka kül fırını kullanılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3. 24 Araştırmada kullanılan kül fırını

3.1.6.20. Buzdolabı

Araştırma kapsamında elde edilen ürünlerin $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmesinde Uğur marka cam kapaklı buzdolabı kullanılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3. 25 Araştırmada kullanılan buzdolabı

3.1.7. Araştırmada kullanılan laboratuvarlar

Araştırmada yağ asitleri kompozisyonu ve amino asit kompozisyonu analizleri Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (SÜBİTAM) yapılmıştır. Diğer tüm analizler Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakülte İşleme Teknolojisi Laboratuvarı, Mikrobiyoloji Laboratuvarı ve Yem ve Balık Analizi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Çalışma 4 günde bir analiz yapılacak şekilde 3 gruplu, iki tekerrürlü ve 44 gün olarak planlanmıştır. Araştırma süresince yapılacak tüm analizler için sıvı dumanlanan ve sous vide yapılan filetolar her pakette iki adet fileto olacak şekilde (yaklaşık 200g) paketlenmiştir.

3.2.2. Balıkların hazırlanması

İç organlarından ayrılmış temizlenmiş balık filetolarından, taze balıkta ve sıvı dumanlama sonrası yapılacak analizler için yedek filetolar ile birlikte toplam 8 adet fileto ayrılmıştır. Geriye kalan tüm filetolar gruplara ayrılarak %2,5 tuz, %3 yağ ve %5 sıvı duman ile aromalandırılmıştır. Filetolar aroma içerisinde 3 dk bekletildikten sonra her pakette 2 fileto olacak şekilde poşetlere alınarak vakum paketlenmiştir. Paketlenen balıklar sous vide pişirme yöntemi ile 20 dk pişirilmiştir. Pişirme süresince 5 dk'da bir termometre ile sıcaklık takibi yapılarak istenilen sıcaklık sağlanmıştır. Pişirilen balıklarda orta sıcaklık kontrolü yapılmıştır. Pişirmenin hemen ardından hızlı soğumayı sağlamak için paketler buzlu suyun içerisinde 5 dk bekletilmiştir. Daha sonra paketler plakalı soğutucuya alınarak 20 dk bekletilmiştir. Soğuyan filetolarda iç sıcaklık kontrolü yapılmıştır ve iç sıcaklık yaklaşık 2,5-3°C olarak tespit edilmiştir. 3 grup içinde aynı işlemler uygulanmıştır. Deneme kullanılan fileto sayısı Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3. 2 Denemede kullanılan fileto sayısı

Gruplar	X(60°C)		Y(65°C)		Z(70°C)	
Gün	1.Tek.	2. Tek	1.Tek.	2. Tek	1. Tek	2. Tek
0	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
4	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
8	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
12	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
16	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
20	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
24	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
28	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
32	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
36	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
40	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
44	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
Toplam	24 fileto	24 fileto	24 fileto	24 fileto	24 fileto	24 fileto
Yedek	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto	2 fileto
Toplam Fileto Sayısı					74	

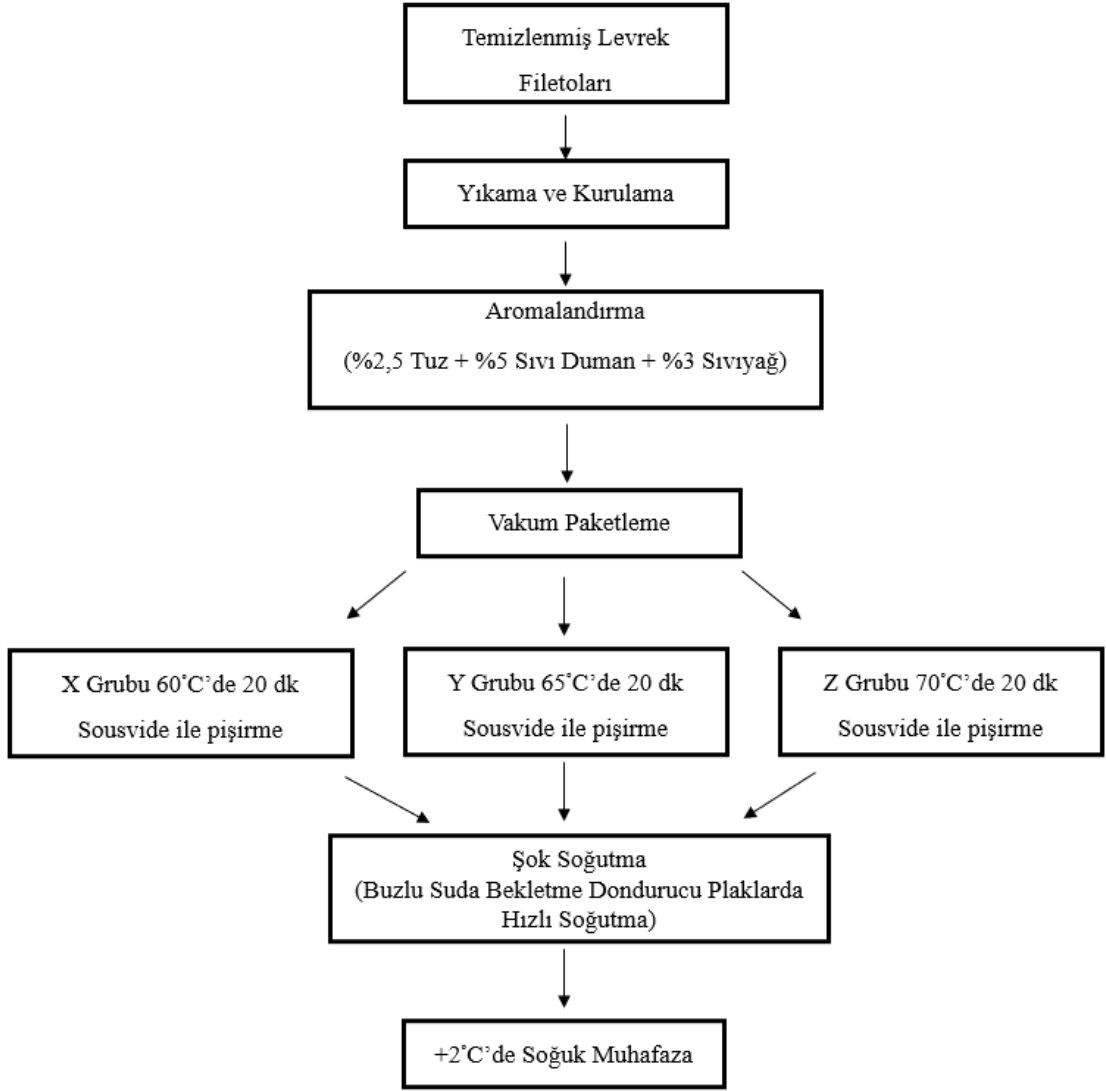
Gruplar şu şekilde uygulanmıştır.

X grubu: Aromalandırılan balık filetoları sous vide poşetleri içerisine konularak vakum paketlenmiş ve ardından 60°C’de 20 dakika süreyle pişirilmiştir.

Y grubu: Aromalandırılan balık filetoları sous vide poşetleri içerisine konularak vakum paketlenmiş ve ardından 65°C’de 20 dakika süreyle pişirilmiştir.

Z grubu: Aromalandırılan balık filetoları sous vide poşetleri içerisine konularak vakum paketlenmiş ve ardından 70°C’de 20 dakika süreyle pişirilmiştir.

Araştırmada aromalandırıldıktan sonra vakum paketlenen X, Y ve Z olarak gruplanarak sous vide uygulanan balıklara ait işlem basamağı Şekil 3.26’da verilmiştir.



Şekil 3. 26 Araştırmada balıklara uygulanan işlem basamakları

Balıklara uygulanan yöntemlerdeki işlem basamakları görsel olarak Şekil 3.27'de verilmiştir.



Şekil 3. 27 İşlem basamaklarının görüntüleri (orijinal)

3.2.3. Analizler

Besin kompozisyonu, yağ asitleri kompozisyonu ve amino asit kompozisyonuna ilişkin analizler çalışma başlangıcında taze balıkta, aromalandırma sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve grupların raf ömrünü tamamladıkları son günlerde yapılmıştır.

Su aktivitesi, renk, pH, TVB-N, TBARs, toplam mezofil/psikrofil aerob/anaerob bakteri, toplam maya küf ve toplam koliform analizleri; taze balık etinde, aromalandırma işlemi sonrasında ve sous vide işlemi sonrasında yapılmıştır. Analizler depolama süresince 4 günde bir 2 tekerrür 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Besin kompozisyonu analizleri

Çalışmanın ilk günü (0.gün) taze balık filetosundan, aromalandırma sonrası balık filetosundan ve sous vide işlemi uygulanan filetolardan örnek alınarak homojenize örneklerde, ham yağ analizi, ham protein analizi, ham kül analizi ve kuru madde analizi yapılmıştır. Ayrıca sous vide uygulanan filetolarda raf ömrü sonu besin kompozisyonu analizleri de yapılmıştır.

3.2.3.1.1. Kuru madde analizi

AOAC (1995)'a göre yapılan kuru madde analizinde kuru madde kapları kurutma dolabında 105°C'de yaklaşık 3 saat kurutulmuştur. Daha sonra kuru madde kapları desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılmıştır. Soğutulan kuru madde kaplarının 10⁻⁴ g duyarlı hassas terazide daraları alınmıştır. Daraları alınan kuru madde kaplarının içerisine homojenize edilmiş numunelerden 3-4 g tartılmıştır. Tartılan örnekler daha önceden ayarlanmış 105°C'deki etüve yerleştirilerek sabit bir ağırlığa gelene kadar yaklaşık 8 saat kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin sıcaklıkları oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde bekletilmiştir. Soğutulan örnekler desikatörden alınarak hassas terazide son tartımları yapılmıştır.

Kuru madde miktarı aşağıdaki formül (3.1) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Madde (\%)} = [(Dara (g) + Kuru madde (g)) - Dara (g)] / (\text{Örnek Miktarı (g)}) \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.3.1.2. Ham kül analizi

Ham kül analizi için kullanılacak porselen krezeler kurutma dolabında 105°C'de kurutulmuştur. Kurutulan krezeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. Soğutulan krezelerin 10⁻⁴ g hassasiyetindeki terazide daraları alınmıştır. Analiz için krezelerin içine homojenize edilmiş numunelerden 2-3 g tartılmıştır. Krezeler tam otomatik kül fırınına yerleştirilerek 550°C'de yakma işlemi yapılmıştır. 12 saat sonra yakma işleminin tamamlanmasıyla açık gri kül halinde olan örnekler soğuması için desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına gelen örnekler hassas terazide tartılmıştır (AOAC, 1995).

Ham kül miktarı aşağıdaki formül (3.2) ile hesaplanmıştır:

$$\text{Ham Kül (\%)} = [(Dara (g) + Ham kül(g)) - Dara(g)] / (\text{Örnek miktarı (g)}) \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.3.1.3. Ham protein analizi

Kjeldahl metoduna (AOAC, 1995) göre yapılan ham protein analizi için homojenize edilmiş balık etinden 1 g tartılmış ve Kjeldahl tüplerin içerisine koyulmuştur. Üzerine 2 adet Kjeldahl katalizör ve 15 ml derişik H₂SO₄ eklenerek tüpler yakma ünitesine yerleştirilmiştir. Örnekler 420°C’de 1-2 saat yakılmıştır. Bu işlem sonunda tüplerin oda sıcaklığında soğuması beklenmiştir. Soğuyan tüplerin içerisine 50 ml saf su eklenmiştir. Erlen içerisine 50 ml %4’lük borik asit (H₃BO₃) çözeltisi ve 3 damla taşıro reaktifi ilave edilmiştir. Kjeldahl cihazına erlen ve Kjeldahl tüpü yerleştirilerek destilasyon işlemi yapılmıştır. Destilasyon sonunda oluşan destilat 0.1N HCl ile titre edilmiştir. Titrasyon işlemine destilat rengi şeffaf renge dönene kadar devam edilmiştir ve titrasyon sonucunda harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir. Örneklerdeki protein miktarı % ham protein formülüne (3.3) göre hesaplanmıştır.

$$\%N = [0,014 \times N \times (V1-V2) \times 100] / m \quad (3.3)$$

$$\text{Ham Protein (\%)} = \%N \times 6.25$$

V1 = Titrasyonda sarf edilen HCl asit çözeltisinin miktarı (ml)

V2 = Kör için titrasyonda sarf edilen HCl asit çözeltisinin miktarı (ml)

N = Hidroklorik asit çözeltisinin derişimi

m = Örneğin ağırlığı (g)

3.2.3.1.4. Ham yağ analizi

Ham yağ analizi (AOAC, 2005)’a göre yapılmıştır. Analizde Soxhlet Gerhardt marka cihaz kullanılmıştır. Homojenize edilmiş numunelerden 3-4 g tartılarak selüloz süzme kartuşunun içerisine konulmuştur. Kartuşun ağızı ham pamukla kapatılarak Soxhlet tüpüne yerleştirilmiştir. Daha önceden 105°C’de etüvde kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş, darası alınmış balonlar Soxhlet tüplerinin altına yerleştirilmiştir. Her bir tüpe 180 ml dietil eter ((C₂H₅)₂O) ilave edilmiştir. Kurulan düzenek sıcak su banyosunun (55°C) üzerine yerleştirilip geri soğutucuya bağlanmıştır. 6 saat süren ekstraksiyon işlemi sonrasında balonlarda kalan eteri uzaklaştırmak için Heidolph Hei-VAP Core marka / model rotary evaporatör kullanılmıştır. Balon içerisinde kalan kalıntı düzeyindeki eterin uzaklaştırılması için balonlar 105°C’deki etüve alınmıştır ve etüvde yaklaşık 6 saat bekletilmiş ve soğutulmuştur. Ağırlığı kaydedilen balonlar tekrar 6 saat boyunca etüve

alınmış, desikatörde soğutularak tekrar tartılmıştır. Balonların son ağırlığı kaydedildikten sonra içindeki yağ miktarı % ham yağ olarak aşağıdaki formüle göre (3.4) hesaplanmıştır.

$$\text{Ham yağ \%} = [\text{Balon son ağırlık (g)} - \text{Balon dara(g)}] / (\text{Örnek Miktarı(g)}) \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.3.1.5. Balık etinin enerji hesabı

Balık etindeki su, yağ, protein ve karbonhidrat değeri hesaplandıktan sonra Atwater metodu kullanılarak balık etinin enerji değeri hesaplanmıştır (3.5) (Falch vd., 2010):

$$\text{Karbonhidrat değeri} = 100 - (\text{Su} + \text{Yağ} + \text{Protein} + \text{Kül}) \quad (3.5)$$

$$\text{Enerji (kcal)} = (\text{Yağ} \times 9) + (\text{Protein} \times 4) + (\text{Karbonhidrat} \times 4)$$

3.2.3.1.6. Yağ asitleri kompozisyonu analizi

Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (SÜBİTAM) yaptırılan yağ asitleri kompozisyonu analizi IID-19 metodu [International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, 1979)] esas alınarak yapılmıştır.

3.2.3.1.7. Amino asit analizi

Amino asit analizleri LC/MS/MS cihazında (Agilent Technologies/6460 Triple Quad LC/MS) digestion sonrası HPLC kolon öncesi türevlendirme (Anonim,1998) yöntemi ile SÜBİTAM'da yapılmıştır.

3.2.3.2. Fiziksel analizler

3.2.3.2.1. Su aktivitesi (aw)

Su aktivitesi (aw) değerini belirlemek için Novasina LabSwift–aw marka cihaz kullanılmıştır. Homojenize edilen örneklerden cihazın şeffaf, yuvarlak numune kutularına yaklaşık 5 g koyulmuştur ve cihaza yerleştirilmiştir. Örneklerin su aktivitesi değerleri kaydedilmiştir (Horwitz vd., 1980).

3.2.3.2.2. Renk ölçümleri

Konica Minolta/CR-A33a marka cihaz ile renk ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Hunter kolorimetre skalasına göre yapılmıştır. Örneklerde a değeri (kırmızı), b değeri (sarılık) ve L değeri (parlaklık) olmak üzere 3 renk değeri belirlenmiştir (Schubring, 2003).

3.2.3.2.3 pH ölçümü

Örneklerde pH ölçümü Werkstätten 82362 Weilheim, (Germany) marka cihaz ile Curran vd. (1980) göre yapılmıştır. Homojenize edilmiş örneklere pH metre probu saplanarak pH ölçümü yapılmıştır.

3.2.3.3. Kimyasal analizler

3.2.3.3.1. Total uçucu bazik azot (TVB-N) analizi

Balığın tazeliğinin belirlenmesinde önemli rol oynayan Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) miktarının belirlenmesi için Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke-Geidel metodu kullanılmıştır (Varlık vd., 1993). 10 g homojenize örnek üzerine 1 g MgO, birkaç damla silikon yağı ve 100 ml saf su ilave edilerek cam balona konulmuştur. Aynı yerde titrasyon için kullanılan erlenmayer içerisinde %3'lük borik asitten 10 ml, taşıro indikatöründen 8 damla ve 100 ml saf su eklenmiştir. İçerisinde örnek bulunan cam balon ve erlen destilat alacak şekilde yerleştirildikten sonra 15-20 dk destilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen destilat 0,1 N HCl ile renk yeşilden pembeye dönene dek titre edilmiştir. TVB-N miktarı aşağıdaki formüle (3.6) göre hesaplanmıştır;

$$TVB-N \text{ mg}/100g = \text{Harcanan HCl} \times 0.14 / \text{örnek miktarı}(g) \quad (3.6)$$

3.2.3.3.2. Tiyobarbitürik asit (TBARs) analizi

Erkan vd. (2011)'e göre yapılan Tiyobarbitürik asit (TBA) analizi için homojenize edilmiş 10 g balık tartılmıştır. Örneklerin üzerine 100 µl bütil hidroksi tolüen (BHT) ilave edilmiştir. Daha sonra örneklerin üzerine 90 ml trikloroasetik asit (TCA) ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekleri homojenize etmek için ultra toraks kullanılmıştır. Örnekler 3 dakika homojenize edilmiştir. Erlenmayerlerin üzerine huniler koyularak üzerlerine Whatman No. 1 filtre kâğıtları yerleştirilmiştir. Elde edilen homojenizatlar erlenmayere süzölmüştür. Süzöntülerden 5'er ml test tüplerinin içerisine alınmıştır. Tüplerin içerisine daha öncesinde % 10'luk glasiel asitle hazırlanmış tiyobarbitürik asit reaktifi eklenmiştir.

Örnekler 75-79°C'deki sıcak plaka üstünde 30 dakika bekletildikten sonra soğuması için sıcak plaka üzerinden alınmıştır. Tüpler soğuduktan sonra çözelti, spektrofotometre küvetlerine aktararak spektrofotometrede köre karşı 532 nm'de okunmuştur.

Standartların Hazırlanması: 50 µl ((MA) Malondialdehyde bis (diethylacetal)) maddesi 50 ml 0,1 N HCl ile dilüe edilmiştir. Dilüsyon 90°C'de 10 dakika ısıtılmıştır. Bunun sonucunda oluşan hidrolize asetalin 2,4 ml'si 100 ml'lik balonda işarete kadar saf su eklenerek stok standart hazırlanmıştır. Aşağıdaki standartlar bu sırada hazırlanmıştır:

Standart 1: 1 ml stok standarttan alınarak 50 ml saf su ile tamamlanmıştır.

Standart 2: 3 ml stok standarttan alınarak 50 ml saf su ile tamamlanmıştır.

Standart 3: 5 ml stok standarttan alınarak 50 ml saf su ile tamamlanmıştır

Standart 4: 7 ml stok standarttan alınarak 50 ml saf su ile tamamlanmıştır.

Sonrasında tüpler içerisine 5ml standartlardan alınıp üzerlerine 5 ml TBA ayırıcı eklenmiştir. Tüpler sıcak plaka üstünde 30 dakika 75-79°C'de bekletilmiştir ve daha sonra soğutulmuştur. Soğutulan standartlar spektrofotometre küvetlerine aktararak köre karşı okuma yapılmıştır. Spektrofotometrede okunan değerler standartların regresyon denklemi ile hesaplanarak TBARS (µg malonaldehyde (MA)/ml) konsantrasyonu belirlenmiştir.

Hesaplama için aşağıdaki formül (3.7) kullanılmıştır:

$$TBARs (\mu g MA/g) = MA (\mu g MA/ml) \times 90 ml/\text{örnek ağırlığı (g)}$$

$$MA (\mu g MA/ml): \text{örneğin absorbansı-a/b (90:seyreltme faktörü)} \quad (3.7)$$

3.2.3.4. Mikrobiyolojik analizler

10 g homojenize edilmiş balık eti 90 ml %0,85'lik steril serum fizyolojik ile karıştırılmıştır. Daha sonra dilüsyonlar oluşturularak mikrobiyolojik ekimler dökme plak yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.4.1. Toplam mezofil ve psikrofil aerob bakteri analizi

Plate Count Agar (PCA) kullanılarak hazırlanan besiyeri steril petrilere dökülmüştür. Ardından 1 ml preparattan ekim yapılarak inkübatörde mezofil aerob bakteriler için 37°C'de 1 gün (Halkman, 2005), psikrofil bakteriler için ise 7°C'de 10 gün inkübe

edilmiştir (AOAC, 2000). İnkübasyon sonunda petrilere oluşan koloniler okunup kaydedilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.4.2. Toplam anaerob bakteri analizi

Toplam anaerob bakteri sayımı için Reinforced Clostridial Agar (RCA) besiyeri kullanılmıştır. Besiyerinde gelişen bütün koloniler ‘Mezofil anaerob bakteri’ olarak sayılmış ve standart şekilde hesaplanıp sonuçlar Log kob/g (ml) olarak verilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.4.3. Toplam maya- küf analizi

Toplam maya küf sayımı için Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılmıştır. Ekim sonrası petrilere inkübatörde 25-28°C’de 4-5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petrilere oluşan koloniler okunup kaydedilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.4.4. Toplam koliform bakteri analizi

Toplam koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA) kullanılmış olup ekim sonrası petrilere inkübatörde 37°C’de 1 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petrilere oluşan kırmızı renkli etrafı koyu halkalı koloniler okunmuş ve kaydedilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3.5. Duyusal analiz

Ürünlerin duyusal karakteristiklerini belirlemek amacıyla oluşturulan test paneli Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde çalışan alanında uzman 5 panelistin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Panelistler önceden, uygulayacakları test konusunda ön çalışmalarda denenen ürün ile duyusal analiz parametreleri konusunda eğitilmiştir. Tablo 3.3’ te sous vide uygulanmış balığın duyusal değerlendirme kriterleri verilmektedir. Duyusal analizi için Pons vd. (2006) ve Turan ve Kocatepe (2013)’den modifiye edilen duyusal değerlendirme formundan (Tablo 3.4) yararlanılmıştır. Hazırlanan duyusal analiz formunda pişirilmiş balık özelliklerinin tanımlanmasında 0-10 arası hedonik skala kullanılmıştır. 10-9 puan “son derece beğendim”; 8-7 puan “beğendim”; 7-6 puan “ne beğendim ne beğenmedim”; 5 “biraz beğenmedim”; 4 ve altı “son derece beğenmedim” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3. 3 Sous vide uygulanmış balığın duyuusal değerlendirme kriterleri

Kriter/ Puan	KOKU	TAT	TEKSTÜR	AROMA	GÖRÜNÜŞ
10	Karakteristik dumanlanmış balık kokusunda	Karakteristik dumanlanmış balık lezzetinde, oldukça sulu	Düzgün ve sıkı	Sıvı duman aroması yüksek derecede hissediliyor	Balık eti yüzeyi duman renginde parlak Alt doku beyaz ve parlak
9	Karakteristik dumanlanmış balık kokusunda, kuvvetsiz	Karakteristik dumanlanmış balık lezzetinde, sulu	Kısmen düzgün ve sıkı yapıda	Sıvı duman aroması orta derecede hissediliyor	Balık eti yüzeyi duman renginde parlak Alt doku beyaz ve parlak
8	Karakteristik dumanlanmış balık kokusunda, kuvvetsiz	Karakteristik dumanlanmış balık lezzetinde, sulu	Çok az sıkı	Duman aroması hafif hissediliyor	Balık eti yüzeyi duman renginde az parlak Alt doku beyaz ve az parlak
7	Karakteristik dumanlanmış balık kokusu azalmış, kısmen hoş giden	Karakteristik dumanlanmış balık lezzeti azalmış, az hoş giden tatta, kısmen sulu	Çok az sıkı	Duman aroması hissedilmiyor	Balık eti yüzey rengi kahverengi ve mat Alt doku beyaz ve az parlak
6	Mayhoş, meyvemsi koku	Kısmen metalik, ekşi tatta, susuz	Keçeleşmiş yapıda	Duman aroması bozulmuş	Balık eti yüzey rengi koyu kahverengi ve mat Alt doku açık sarı ve mat
5	Bozuk balık kokusunda	Yoğun metalik ve ekşi tatta, susuz	Yumuşamış tekstür	Acılaşmış duman	Balık eti yüzey rengi koyu kahverengi Alt doku sarı
4	Oldukça fazla bozuk balık kokusu	Acımsı tatta	Tekstürde tamamıyla bozulma	-	Balık eti yüzey rengi koyu kahverengi ve mat Alt doku sarı ve mat
3	Laktik asit kokusu, yoğun amonyak kokusu	-	-	-	-
2	Amonyak, sülfid kokusu	-	-	-	-

Tablo 3. 4 Duyusal değerlendirme formu

	<u>X1</u>	<u>X2</u>	<u>Y1</u>	<u>Y2</u>	<u>Z1</u>	<u>Z2</u>
<u>Koku</u>						
<u>Tat</u>						
<u>Tekstür</u>						
<u>Aroma</u>						
<u>Genel</u>						

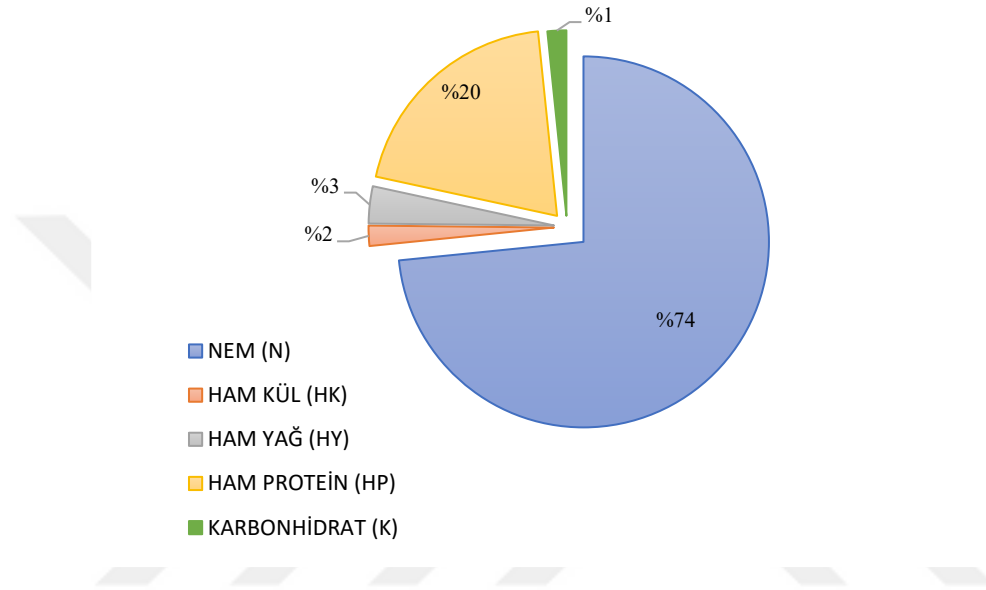
3.2.3.6. İstatistiksel analizler

Araştırma sonunda elde edilen veriler Minitab (Ver. 21.1) paket programı kullanılarak, Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Grup içi ve gruplar arasındaki farklılıkların önem derecesinin belirlenmesinde ise Tukey testi kullanılmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2007). şekil ve izelgeler MS Office 2020 programı kullanılarak hazırlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Besin Kompozisyonuna İlişkin Bulgular

Araştırmada kullanılan taze balığın besin kompozisyonu analiz sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4. 1 Levrek balığının besin kompozisyonu

Taze balıkta, aromalandırma sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında 0. günde ve gruplar için belirlenen son tüketim tarihinde (STT) (32.gün raf ömrü sonu) yapılan besin kompozisyonu analiz sonuçları Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Taze levreğin ham yağ, ham protein, ham kül, nem ve karbonhidrat içeriği sırasıyla; %3,23, %19,96, %1,76, %73,41 ve %1,64’tur. Kocatepe ve Turan (2012) çiftlik levreğinin ham yağ, ham protein, ham kül, nem ve karbonhidrat içeriklerini sırasıyla; %10,7, %18,6, %1,3, %69,3 ve %0,1 olarak bildirmiştir. Baki vd. (2015) çiftlik levreğinin ham protein içeriğini %18,0, ham yağ içeriğini %10,3, nem içeriğini %68,8 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda kullanılan levrek balığının ham protein içeriği; belirtilen çalışmalar ile benzer iken, yağ içeriği daha düşük, nem içeriği daha yüksek bulunmuştur. Balık etinin besin bileşimini pek çok faktör etkilemektedir. Bunlar endojen (balık türü, büyüklüğü, cinsiyeti ve olgunluk düzeyi) ve eksojen (diyet, mevsim, tuzluluk, sıcaklık vb.) faktörlerdir (Borresen, 1992).

Tablo 4. 1 Taze ve işlenmiş levreklerde besin kompozisyonu ile enerji içeriği (% kcal/100 g)

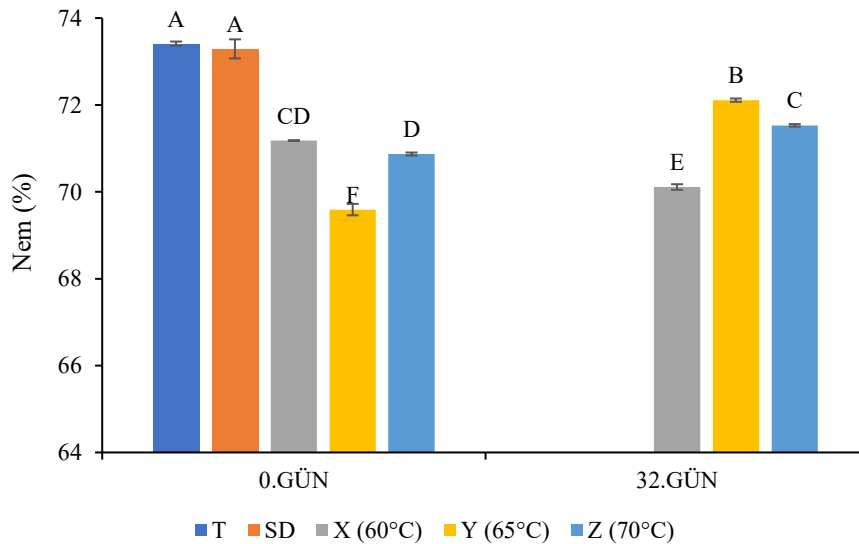
	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Ham Kül (%)	Nem (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (%)
T	3,23±0,04 ^C	19,96±0,07 ^C	1,76±0,12 ^D	73,41±0,05 ^A	1,64±0,04 ^A	115,95±0,46 ^{DE}
SD	3,37±0,20 ^C	20,83±0,18 ^{BC}	2,43±0,04 ^D	73,29±0,22 ^A	0,08±0,03 ^D	113,97±1,81 ^E
0. gün X (60°C)	4,46±0,19 ^{AB}	20,79±0,01 ^{BC}	2,90±0,10 ^{BC}	71,18±0,01 ^{CD}	0,67±0,13 ^{BC}	125,98±1,13 ^{BC}
Y (65°C)	4,71±0,13 ^A	22,38±0,08 ^A	3,11±0,08 ^B	69,59±0,13 ^F	0,21±0,03 ^D	132,74±1,07 ^A
Z (70°C)	4,56±0,12 ^A	21,68±0,13 ^{AB}	2,84±0,06 ^{CD}	70,87±0,03 ^D	0,05±0,02 ^D	127,95±0,77 ^{AB}
Raf Ömrü Sonu (32. gün) X (60°C)	3,60±0,23 ^C	21,37±0,56 ^B	4,10±0,35 ^A	70,11±0,06 ^E	0,82±0,05 ^B	121,14±0,35 ^{CD}
Y (65°C)	3,67±0,19 ^{BC}	20,27±0,22 ^C	3,37±0,06 ^B	72,11±0,04 ^B	0,58±0,02 ^C	116,44±0,92 ^{DE}
Z (70°C)	4,74±0,16 ^A	20,09±0,05 ^C	3,48±0,01 ^{AB}	71,53±0,03 ^C	0,16±0,05 ^D	123,68±1,07 ^{BC}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)

T: Taze balık SD: Sıvı dumanlanmış fileto X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş

Taze balıkta, aromalandırma sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve grupların depolama sonundaki nem miktarı Şekil 4.2 'te, ham kül miktarı Şekil 4.3'te, ham yağ miktarı Şekil 4.4'te, ham protein miktarı Şekil 4.5'te ve karbonhidrat miktarı Şekil 4.6'da görülmektedir.

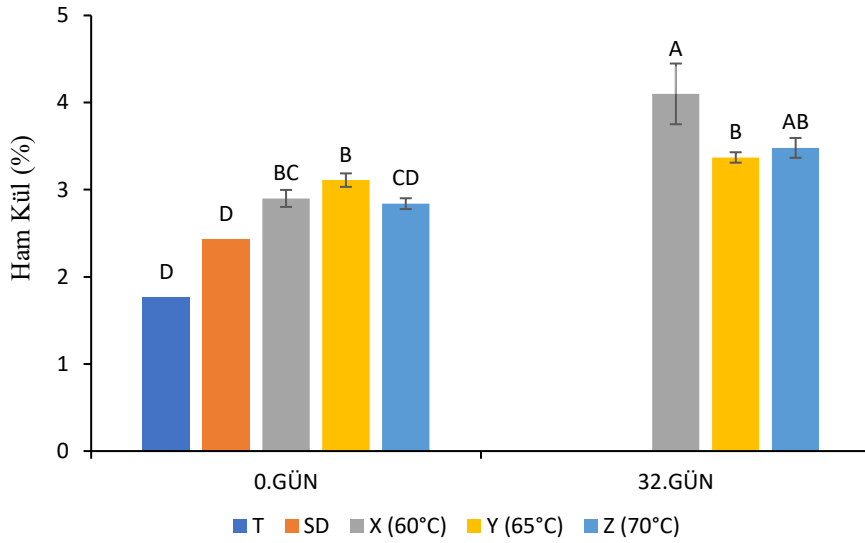


Şekil 4. 2 Taze ve işlenmiş levreklerde nem miktarı (%)

Taze balığın nem içeriği %73,41 olarak tespit edilmiştir. Şen (2020), taze levreğin nem içeriğini %72,76, Akgözlü (2018) ise %71,79 olarak tespit etmişlerdir. Günlü (2007), taze

levrekte (*D. labrax*) ve pişirilmemiş soğuk dumanlanan levrekte nem içeriğini sırasıyla %73,86; %67,32 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda sıvı dumanlama işlemi sonrası levrek balığının nem içeriği %73,29 olarak tespit edilmiş olup, istatistiksel olarak taze balığın nem içeriği ile benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

Sous vide işlemi sonrası gruptaki nem içeriği SD grubuna göre azalmıştır ve gruplar arasında farklılık görülmektedir ($p<0,05$). Isıl işlemler su içeriğinin azalması ile dehidrasyonla ilişkilendirilen değişimlere neden olur ve bu da protein ve yağ miktarının artmasına yol açar (Kocatepe vd., 2011). Balıktaki nem içeriği işleme yönteminden oldukça etkilenir ve ısı işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça su kaybı da artar (Gökoğlu vd., 2004; Weber vd., 2008). Öz ve Seyyar (2016), 65, 75 ve 85 °C’ de sous-vide yöntemi uygulaması ile alabalık filetolarının nem içeriğinin pişirme sıcaklığından etkilendiğini, sıcaklığın artmasının pişirme kaybını artırdığını belirtmişlerdir

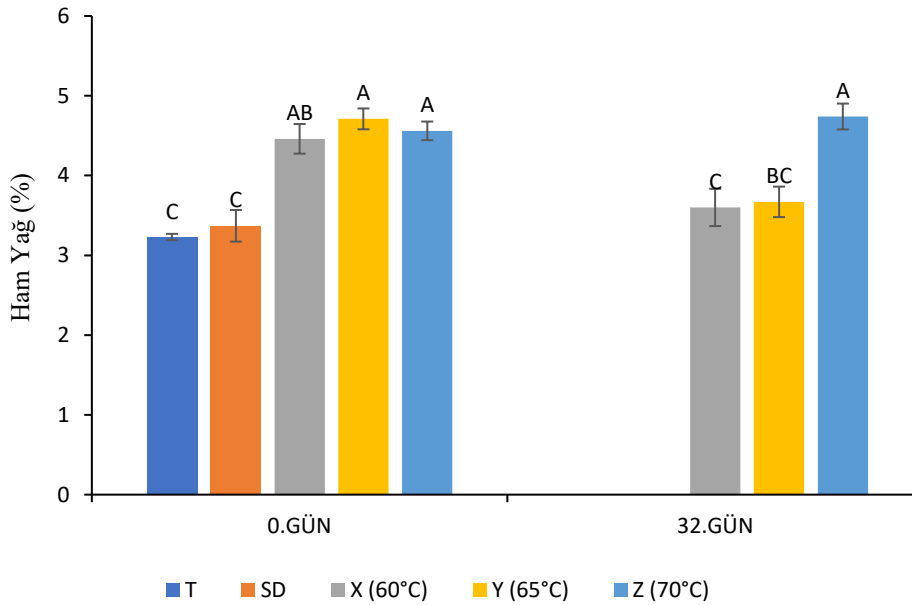


Şekil 4. 3 Taze ve işlenmiş levreklerde ham kül miktarı (%)

Araştırmamızda taze balığın kül miktarı %1,76 olarak bulunmuştur. Marimuthu vd. (2014), taze levreğin kül miktarını %0,88 olarak tespit etmiş, Alasalvar vd. (2002) ise taze levreğin kül miktarını %1,5 olarak saptamışlardır. Taze levrekteki kül miktarı yapılan çalışmalarda farklılıklar göstermiştir. SD grubunda tespit edilen ham kül miktarı ise Messina vd., (2021)’nin bulgularından yüksek, Günlü (2007)’den ise düşük tespit edilmiştir. Bu farklılıkların temel nedenlerinden biri hazırlık ve uygulamadaki değişkenler olduğu düşünülmektedir. Ve ayrıca balığın yaşam döngüsü, su sıcaklığı ve

tuzluluğu, avlanma rejimi, balığın boyu ve ağırlığı gibi parametreler kül miktarındaki farklılıkların oluşmasında en büyük etkidir (Borresen, 1992; Huss, 2007). Araştırmamızda kullanılan balığın kültür balığı olduğu da dikkate alındığında bu farkın nedeni daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Balık etindeki kül miktarı sous vide işleminin sonrasında tüm gruplarda artış göstermiştir. 0. günde %3,11 olarak Y grubunda saptanırken, depo sonunda en yüksek X grubunda %4,10 olarak tespit edilmiştir. Pişirme işleminin sonucunda nem içeriğinde azalma protein, yağ ve kül içeriğinin önemli ölçüde artmasına neden olan değişiklik olarak tanımlanabilir (Garcia Arias vd., 2003).

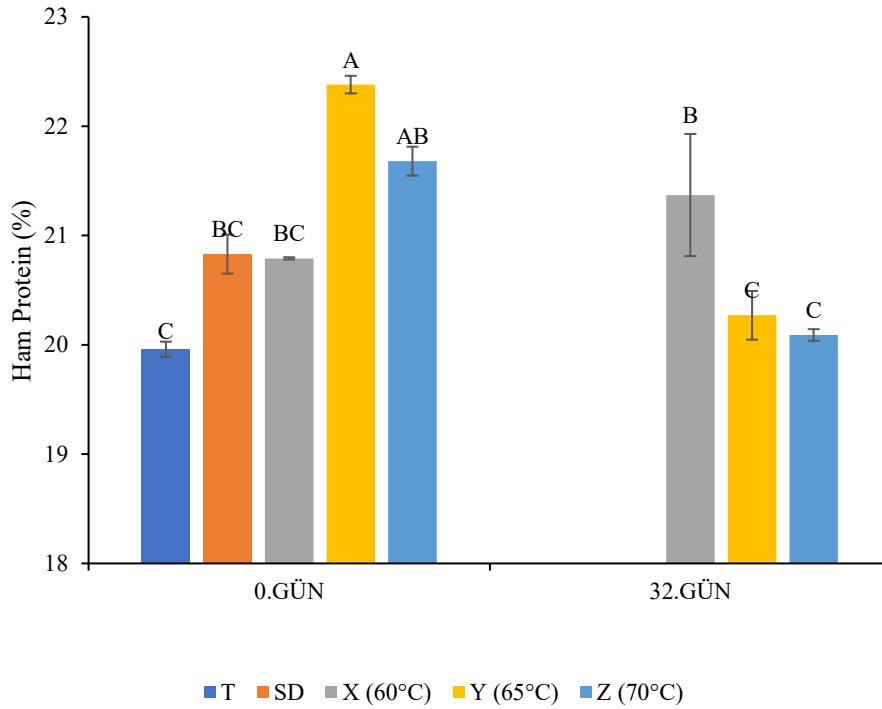


Şekil 4. 4 Taze ve işlenmiş levreklerde ham yağ miktarı (%)

Taze balığın ham yağ oranı %3,23 iken uygulanan sous vide işleminin etkisi ile balık etinde nem kaybı olmuş (Şekil 4.2) ve ham yağ miktarında oransal bir artış gözlenmiştir (Şekil 4.4). Ancak farklı sıcaklıklarda pişirmenin balık eti ham yağ değeri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bununla birlikte depolama sonunda 32. güne ait ham yağ miktarı bakımından Z grubu, X ve Y grubundan önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Özellikle yem rasyonu, balıklarda tespit edilen ham yağ miktarı üzerinde en önemli unsur olarak bildirilmektedir (Borresen, 1992). Çiftlik balıklarında kullanılan endüstriyel diyetler; balığın yalnızca büyüme hızını değil aynı zamanda besin kompozisyonunu

doğrudan belirler (Izquierdo vd., 2003). Ham yağ miktarı bakımından taze balık ile SD grubun arasında her ne kadar istatistiksel olarak fark belirlenmediyse de ilave yağ girişi ile SD grubunda bir miktar ham yağ artışı gözlenmiştir. Pişirmenin etkisi ile 0. günde SD grubuna göre diğer tüm gruplarda ham yağ miktarında artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Bu artışın temel nedeni ise pişirme ile birlikte gruplarda bir miktar nem kaybına bağlı olarak oransal yağ artışının yaşanmasıdır. Ham yağ miktarının artışıdaki bir diğer unsur ise pişirme yönteminden kaynaklanmaktadır. Pek çok pişirme yönteminin aksine, sous vide yönteminin yağ kaybına yol açmadığı, hatta ham yağ miktarında oransal artışa neden olduğu bildirilmiştir (Ramos vd., 2016). Nieva-Echevarría vd. (2017), çalışmalarında çiftlik levreğinin yağ içeriğinin; kaynatma, buharda pişirme ve sous vide uygulaması ile arttığını bildirmiştir. Bu çalışmada da sous vide işlemi ile balıkların ham yağ içeriği benzer şekilde artmıştır.

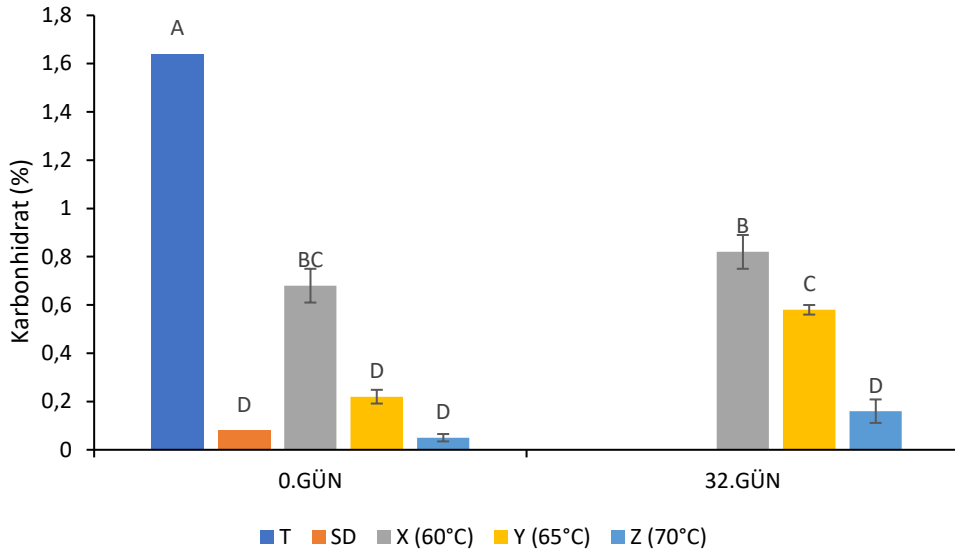


Şekil 4. 5 Taze ve işlenmiş levreklerde ham protein miktarı (%)

Çalışmada kullanılan taze levrek balığının ham protein içeriği %19,96 olarak tespit edilmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından (Türkkan vd., 2008; Kocatepe, 2010; Badiani vd., 2013; Şen, 2020) levrek balığının ham protein miktarları sırasıyla 18,47; 18,6; 17,91; 18,47 olarak tespit edilmiştir. Protein değerindeki farklılıklar balıkların yaşam döngüsüne

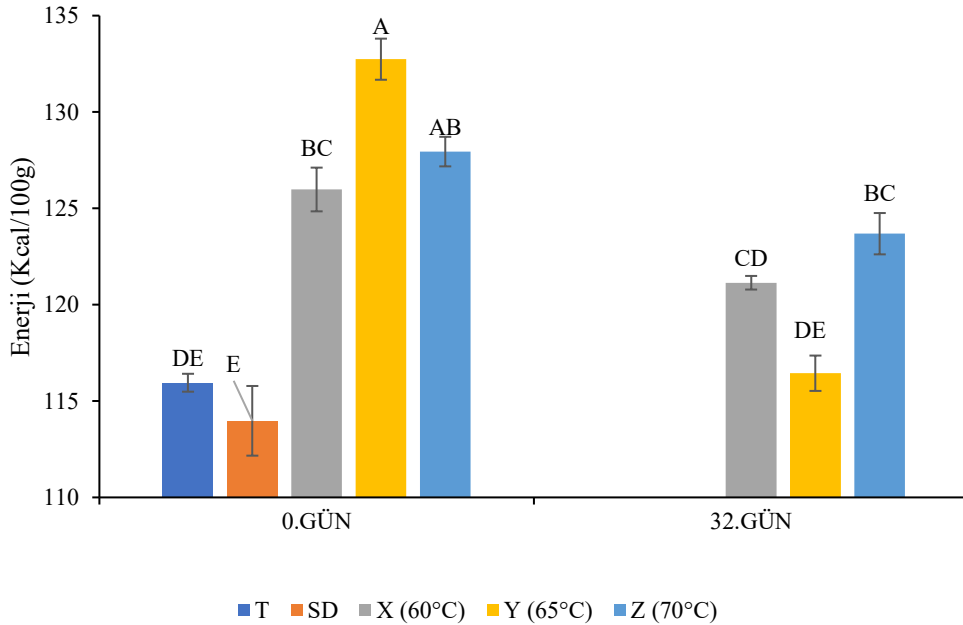
ve balıkların boyutlarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Shearer, 1994). Levrek etinin protein değeri sıvı dumanlama işlemi sonrasında bir miktar artmış ve sous vide işlemi sonrası gruplarda taze gruba göre farklılık göstermişlerdir ($p<0,05$).

60°C’de yapılan sous vide pişirmenin protein miktarında önemli bir değişikliğe yol açmadığı görülmektedir ($p>0,05$). Pişirme sıcaklığı arttıkça artan nem kaybı nedeniyle protein miktarı nispeten daha fazla tespit edilmiştir. 0. günde sous vide işlemi sonrası Z ve Y grubunun ham protein içeriği birbiri ile benzer iken ($p>0,05$), X grubunda daha düşüktür ($p<0,05$). Depolama süresince grupların ham protein içeriği düşüş göstermiştir. Depolama sonunda en yüksek protein oranı X grubunda tespit edilmiştir ve Y ve Z grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemektedir ($p>0,05$). Bulgular göz önüne alındığında, depolama süresinin artışı ile nispeten yüksek sıcaklıklar ve protein miktarı arasında ters bir ilişki görülmüştür. Sous vide işlemi sonrası sıcaklık etkisiyle balık etinin nem kaybı ile orantılı olarak protein içeriği artış göstermiştir. Çetinkaya vd. (2016) ve Modzelewska-Kapituła vd. (2022) 90°C’de sous vide pişirilmiş grupların daha az protein içerdiğini, 65°C sous vide uygulanan grupların ise protein değerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çağlak vd. (2017) bu çalışmaya benzer olarak düşük sıcaklıkta (60°C) sous vide uygulanan sudak balığının protein içeriği düşük iken yüksek sıcaklıklarda (70°C ve 80°C) sous vide uygulanan sudak balığının protein içeriklerini benzer tespit etmişlerdir. Protein içeriklerinin farklılığının sebebi su ürünlerindeki proteinlerin yüksek ısıya oldukça duyarlı olmalarıdır. Gonzalez Fandos vd. (2005), 90°C’de sous vide yöntemi ile pişirilen somon balıklarında, 65°C’de sous vide yöntemi ile pişirilen gruplara kıyasla önemli derecede daha yüksek protein çökmesi olduğunu gözlemlemişlerdir. 60°C ile 80°C’de uygulanan sous vide işlemi ile protein kaybı aza indirgenmektedir (Baldwin, 2012).



Şekil 4. 6 Taze ve işlenmiş levreklerde karbonhidrat miktarı (%)

Taze levrek balığının karbonhidrat miktarı %1,64 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Dinçer vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada Karadeniz’de yetiştirilen levrek balığının karbonhidrat miktarını %1,20; Ege denizinde yetiştirilen levrek balıklarının ise %1,95 olarak tespit etmişlerdir. Pişirmenin etkisi ile tüm gruplarda karbonhidrat miktarı azalış göstermiştir.



Şekil 4. 7 Taze ve işlenmiş levreklerde enerji miktarları (Kcal/100g)

Taze levrek balığının enerji miktarı 115,95 Kcal/100g olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7). Maksimum enerji içeriği ise depolamanın ilk gününde 65°C’de pişirilen Y grubunda gözlemlenmiştir (Şekil 4.7). Kocatepe ve Turan (2012) ise levrek balığının enerji miktarını 171 Kcal/100g bildirmiştir. İki kalori değeri arasındaki bu farklılık büyük oranda balık etinin yağ içeriğinden kaynaklanmaktadır.

Pino-Hernandez vd. (2020) yaptıkları çalışma sonucunda sous vide işleminin (60°C, 9,48 dk) başta protein olmak üzere tüm besin maddelerini çok iyi bir şekilde muhafaza ettiğini bildirmişlerdir.

4.2. Yağ Asitlerine İlişkin Bulgular

Araştırmada kullanılan taze balıkta, aromalandırma sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve grupların depolama sonundaki yağ asitleri kompozisyonları Tablo 4.2, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4. 2 Taze ve işlenmiş levreklerde yağ asitleri kompozisyonu (%)

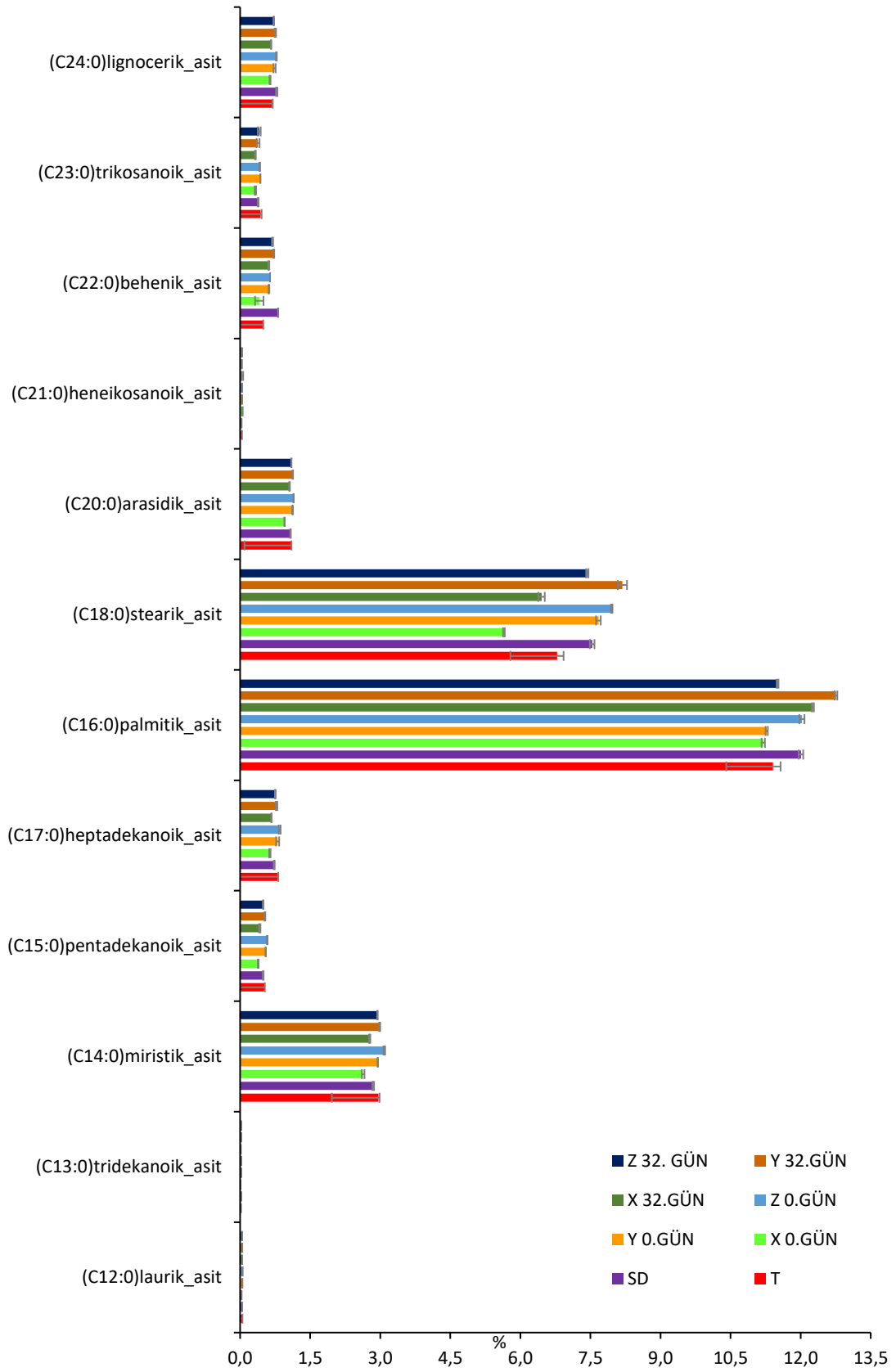
			<u>0.GÜN</u>			<u>32.GÜN</u>		
	T	SD	X(60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)	X(60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
(C12:0) laurik_asit	0,05±0,00 ^A	0,04±0,00 ^B	0,03±0,00 ^C	0,04±0,00 ^{AB}	0,05±0,00 ^A	0,04±0,00 ^B	0,04±0,00 ^{AB}	0,04±0,00 ^B
(C13:0) tridekanoik_asit	0,02±0,00 ^A	0,02±0,00 ^A	0,01±0,00 ^B	0,02±0,00 ^A	0,02±0,00 ^A	0,01±0,00 ^B	0,02±0,00 ^A	0,02±0,00 ^A
(C14:0) miristik_asit	2,96±0,02 ^B	2,85±0,02 ^C	2,63±0,03 ^D	2,95±0,00 ^B	3,09±0,02 ^A	2,77±0,01 ^C	2,99±0,01 ^B	2,94±0,01 ^B
(C15:0) pentadekanoik_asit	0,53±0,00 ^{BC}	0,49±0,01 ^C	0,39±0,01 ^D	0,55±0,00 ^{AB}	0,58±0,01 ^A	0,42±0,02 ^D	0,53±0,01 ^{BC}	0,49±0,00 ^C
(C17:0) heptadekanoik_asit	0,80±0,02 ^{AB}	0,73±0,01 ^{BC}	0,64±0,01 ^D	0,80±0,03 ^{AB}	0,85±0,02 ^A	0,67±0,02 ^{CD}	0,78±0,02 ^{AB}	0,75±0,00 ^{BC}
(C16:0) palmitik_asit	11,41±0,16 ^C	12,01±0,05 ^B	11,20±0,04 ^C	11,27±0,02 ^C	12,03±0,06 ^B	12,26±0,02 ^B	12,76±0,03 ^A	11,51±0,02 ^C
(C18:0) stearik_asit	6,79±0,14 ^D	7,54±0,05 ^C	5,65±0,02 ^E	7,67±0,05 ^{BC}	7,96±0,01 ^{AB}	6,45±0,07 ^D	8,18±0,10 ^A	7,43±0,02 ^C
(C20:0) arasidik_asit	1,09±0,01 ^{CD}	1,08±0,01 ^{DE}	0,95±0,00 ^F	1,12±0,01 ^{ABC}	1,14±0,00 ^A	1,06±0,01 ^E	1,13±0,01 ^{AB}	1,10±0,00 ^{BCD}
(C21:0) heneikosanoik_asit	0,04±0,00 ^A	0,03±0,00 ^A	0,05±0,00 ^A	0,04±0,00 ^A	0,04±0,00 ^A	0,05±0,02 ^A	0,03±0,01 ^A	0,04±0,00 ^A
(C22:0) behenik_asit	0,49±0,00 ^{CD}	0,81±0,00 ^A	0,41±0,09 ^D	0,62±0,01 ^{BC}	0,64±0,00 ^{BC}	0,61±0,01 ^{BC}	0,72±0,01 ^{AB}	0,69±0,01 ^{AB}
(C23:0) trikosanoik_asit	0,44±0,02 ^A	0,39±0,00 ^{AB}	0,33±0,02 ^B	0,43±0,00 ^A	0,42±0,00 ^A	0,33±0,01 ^B	0,38±0,03 ^{AB}	0,41±0,03 ^{AB}
(C24:0) lignocerik_asit	0,69±0,01 ^{BCD}	0,78±0,01 ^A	0,64±0,01 ^D	0,74±0,02 ^{AB}	0,78±0,01 ^A	0,66±0,00 ^{CD}	0,75±0,01 ^A	0,72±0,01 ^{ABC}
(C14:1) miristoleik_asit	0,21±0,00 ^A	0,18±0,00 ^{BC}	0,13±0,01 ^D	0,20±0,00 ^{AB}	0,22±0,00 ^A	0,16±0,01 ^C	0,20±0,01 ^{AB}	0,18±0,00 ^{BC}
(C16:1) palmitoleik_asit	0,32±0,01 ^{DE}	0,30±0,01 ^E	0,18±0,01 ^F	0,31±0,01 ^E	0,35±0,00 ^D	0,54±0,01 ^C	0,74±0,01 ^A	0,67±0,00 ^B
(C15:1) cis_10_pentadekenoik_asit	0,09±0,00 ^{BC}	0,08±0,00 ^{BC}	0,05±0,00 ^E	0,09±0,00 ^{ABC}	0,10±0,00 ^A	0,06±0,00 ^{DE}	0,09±0,00 ^{AB}	0,08±0,00 ^{CD}
(C17:1) cis_10_heptadekenoik_asit	0,94±0,01 ^B	0,90±0,01 ^{BC}	0,66±0,01 ^E	0,94±0,02 ^B	1,01±0,00 ^A	0,72±0,01 ^D	0,88±0,01 ^C	0,85±0,01 ^C
(C18:1n9t) elaidik_asit	0,91±0,05 ^{BC}	0,83±0,02 ^{CD}	0,72±0,02 ^D	0,82±0,01 ^{CD}	0,82±0,00 ^{CD}	1,33±0,03 ^A	0,85±0,03 ^{CD}	0,99±0,02 ^B
(C18:1n9c) oleik_asit	23,70±0,07 ^{CD}	23,20±0,14 ^D	24,10±0,06 ^{BC}	23,47±0,08 ^D	22,20±0,15 ^E	25,54±0,05 ^A	23,12±0,15 ^D	24,34±0,08 ^B
(C20:1) cis_11_eikosenoik_asit	4,92±0,08 ^A	4,68±0,02 ^B	4,50±0,00 ^B	3,61±0,02 ^C	3,54±0,01 ^C	3,14±0,05 ^D	2,90±0,06 ^E	3,05±0,02 ^{DE}
C22_1n9_erusik asit	0,11±0,00 ^{AB}	0,09±0,00 ^{AB}	0,05±0,02 ^C	0,10±0,00 ^{AB}	0,10±0,01 ^{AB}	0,12±0,00 ^A	0,09±0,00 ^B	0,10±0,00 ^{AB}

Tablo 4.2'nin devamı...

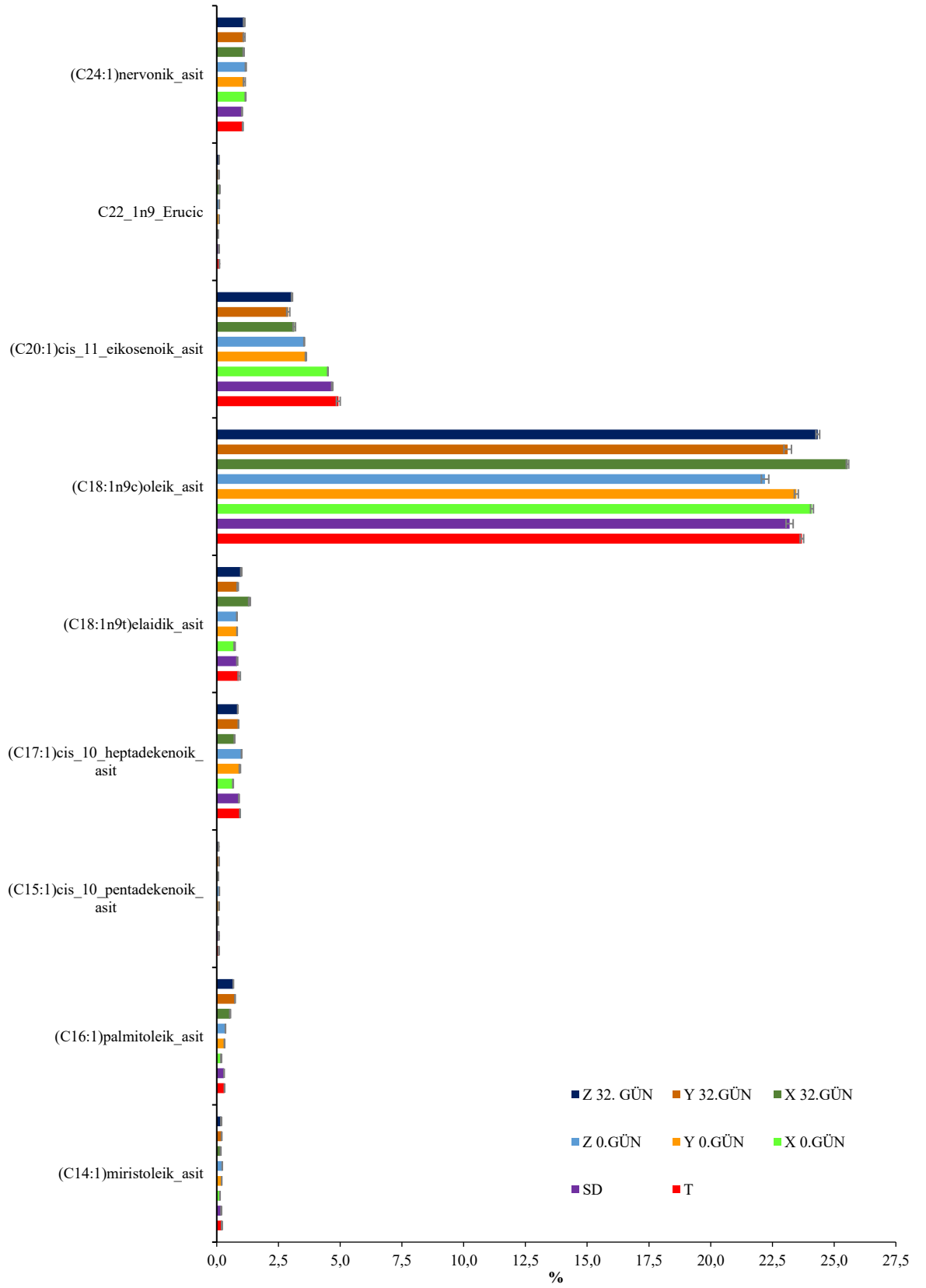
(C24:1) nervonik_asit	1,06±0,01 ^{BC}	1,03±0,01 ^C	1,17±0,01 ^{AB}	1,12±0,04 ^{ABC}	1,18±0,02 ^A	1,09±0,02 ^{ABC}	1,11±0,04 ^{ABC}	1,11±0,03 ^{ABC}
(C18:2n6t) linoleaidik_asit	0,79±0,01 ^A	0,73±0,01 ^{CD}	0,62±0,01 ^E	0,78±0,00 ^{AB}	0,78±0,00 ^A	0,72±0,01 ^D	0,76±0,00 ^{AB}	0,75±0,01 ^{BC}
(C18:2n6c) linoleik_asit	13,38±0,19 ^D	14,04±0,12 ^C	16,18±0,12 ^A	14,12±0,03 ^C	12,99±0,05 ^D	15,87±0,01 ^{AB}	15,48±0,10 ^B	15,73±0,02 ^{AB}
(C18:3n3) alpha_linolenik_asit	5,57±0,08 ^B	5,35±0,03 ^C	6,09±0,03 ^B	5,50±0,03 ^{BC}	5,48±0,02 ^{BC}	4,66±0,01 ^D	4,51±0,01 ^D	4,60±0,03 ^D
(C18:3n6) gama_linolenik	1,13±0,00 ^{AB}	1,06±0,01 ^C	0,90±0,01 ^D	1,10±0,01 ^B	1,14±0,00 ^A	0,45±0,00 ^F	0,49±0,01 ^E	0,50±0,00 ^E
(C20:2) cis_11_14_eikosadienoik_asit	2,75±0,02 ^C	2,66±0,02 ^D	2,88±0,01 ^A	2,84±0,01 ^{AB}	2,84±0,01 ^{AB}	2,61±0,02 ^D	2,79±0,01 ^{BC}	2,76±0,01 ^C
(C20:4n6) arasidonik_asit	1,88±0,01 ^E	1,97±0,01 ^{CD}	2,00±0,01 ^C	2,06±0,00 ^B	2,26±0,01 ^A	1,73±0,01 ^F	2,06±0,01 ^B	1,94±0,01 ^D
(C20:3n3) cis_11_14_17_eikosatrienoik_asit	1,90±0,01 ^C	2,02±0,02 ^B	0,98±0,01 ^F	2,08±0,00 ^B	2,31±0,01 ^A	0,99±0,01 ^{EF}	1,05±0,02 ^{DE}	1,08±0,01 ^D
(C20:3n6) cis_8_11_14_eikosatrienoik_asit	1,16±0,02 ^{BC}	1,15±0,01 ^{BC}	0,98±0,01 ^D	1,20±0,00 ^{AB}	1,24±0,01 ^A	0,74±0,01 ^F	0,86±0,01 ^E	1,14±0,00 ^C
(C20:5n3) cis_5_8_11_14_17_eikosapentaenoik	5,02±0,07 ^D	5,04±0,04 ^D	6,26±0,06 ^A	5,10±0,01 ^D	5,33±0,05 ^{BC}	5,46±0,01 ^B	5,09±0,06 ^D	5,23±0,02 ^{CD}
(C22:2) cis_13_16_dokosadienoik_asit	0,12±0,00 ^{ABC}	0,13±0,00 ^A	0,10±0,01 ^C	0,12±0,00 ^{ABC}	0,13±0,00 ^{AB}	0,12±0,01 ^{ABC}	0,11±0,01 ^{BC}	0,12±0,01 ^{ABC}
(C22:6n3)cis_4_10_13_16_19_dokosahegzaenoik asit	7,72±0,15 ^D	8,13±0,04 ^C	8,53±0,06 ^{AB}	8,20±0,03 ^{BC}	8,37±0,03 ^{ABC}	8,57±0,04 ^A	8,47±0,08 ^{AB}	8,60±0,01 ^A
TOPLAM	99,97±0,01 ^{AB}	99,99±0,01 ^{AB}	100,01±0,02 ^A	100,00±0,01 ^{AB}	99,99±0,01 ^{AB}	99,96±0,01 ^B	99,97±0,00 ^{AB}	99,96±0,01 ^B
TOPLAM SFA	25,31±0,31 ^E	26,77±0,13 ^{BC}	22,92±0,11 ^E	26,26±0,12 ^{CD}	27,59±0,08 ^{AB}	25,34±0,1 ^{DE}	28,05±0,37 ^A	26,14±0,01 ^{CDE}
TOPLAM MUFA	32,38±0,07 ^A	31,28±0,019 ^B	31,57±0,06 ^B	30,66±0,08 ^C	29,53±0,15 ^D	32,70±0,10 ^A	29,97±0,16 ^D	31,37±0,05 ^B
TOPLAM PUFA	41,98±0,02 ^{DE}	42,14±0,08 ^{DE}	45,53±0,16 ^A	43,09±0,05 ^B	42,87±0,07 ^{BC}	41,92±0,03 ^{DE}	41,67±0,27 ^E	42,45±0,06 ^{CD}
TOPLAM ESANSİYEL YAĞ ASİTLERİ	18,95±0,27 ^{DE}	19,04±0,33 ^{DE}	22,27±0,14 ^A	19,62±0,05 ^{CD}	18,47±0,07 ^E	20,52±0,01 ^B	19,98±0,10 ^{BC}	20,33±0,03 ^{BC}
OMEGA 3 YAĞ ASİTLERİ	20,21±0,32 ^{CD}	20,53±0,10 ^C	21,86±0,03 ^A	20,87±0,04 ^{BC}	21,50±0,08 ^{AB}	19,68±0,04 ^{DE}	19,12±0,16 ^E	19,51±0,05 ^E
OMEGA 6 YAĞ ASİTLERİ	18,34±0,23 ^E	18,60±0,34 ^{DE}	20,69±0,12 ^A	19,25±0,02 ^{CD}	18,41±0,05 ^E	19,51±0,03 ^{BC}	19,65±0,12 ^{BC}	20,06±0,02 ^{AB}
OMEGA 6 / OMEGA 3	0,91±0,00 ^{BC}	0,91±0,02 ^C	0,95±0,00 ^B	0,92±0,00 ^{BC}	0,86±0,00 ^D	0,99±0,00 ^A	1,03±0,00 ^A	1,03±0,00 ^A
EPA+DHA	12,75±0,22 ^E	13,16±0,08 ^{DE}	14,79±0,01 ^A	13,30±0,03 ^{CD}	13,70±0,08 ^{BC}	14,03±0,04 ^B	13,56±0,14 ^{BCD}	13,83±0,02 ^B

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir (p ≤ 0,05)

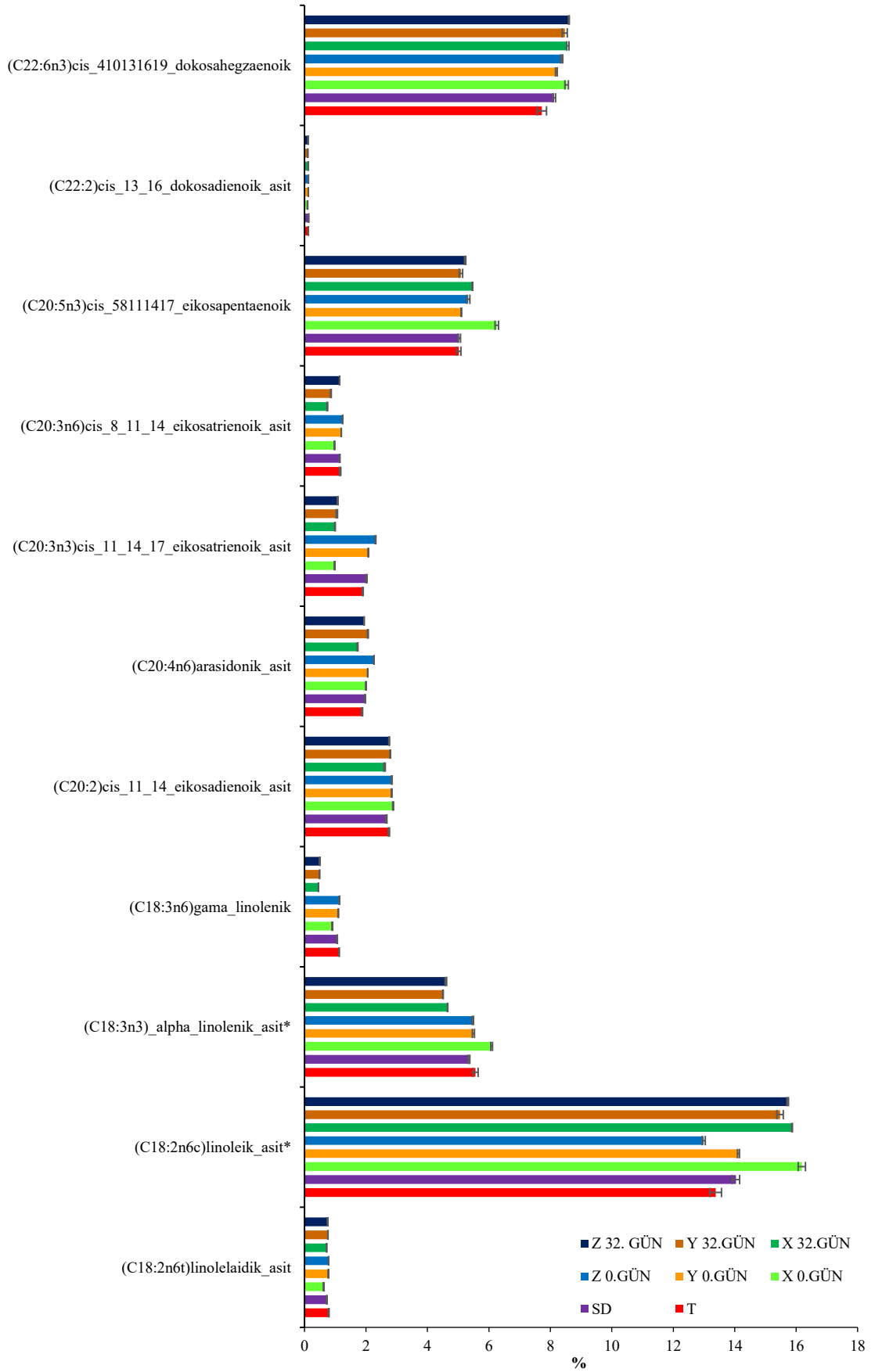
T: Taze balık SD: Sıvı dumanlanmış fileto X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 8 Taze ve işlenmiş levreklerde doymuş yağ asitleri (SFA) (%)

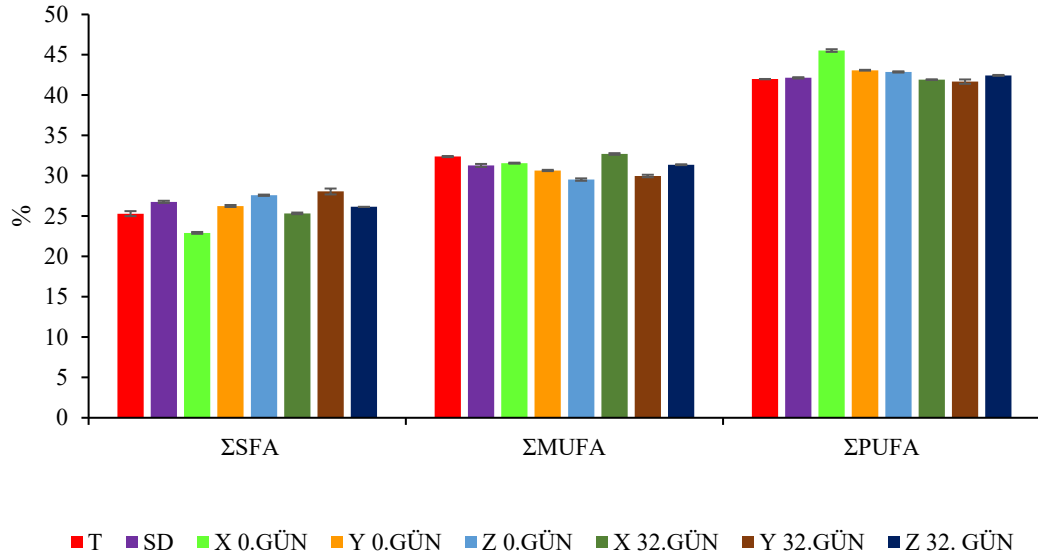


Şekil 4. 9 Taze ve işlenmiş levreklerde tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) (%)

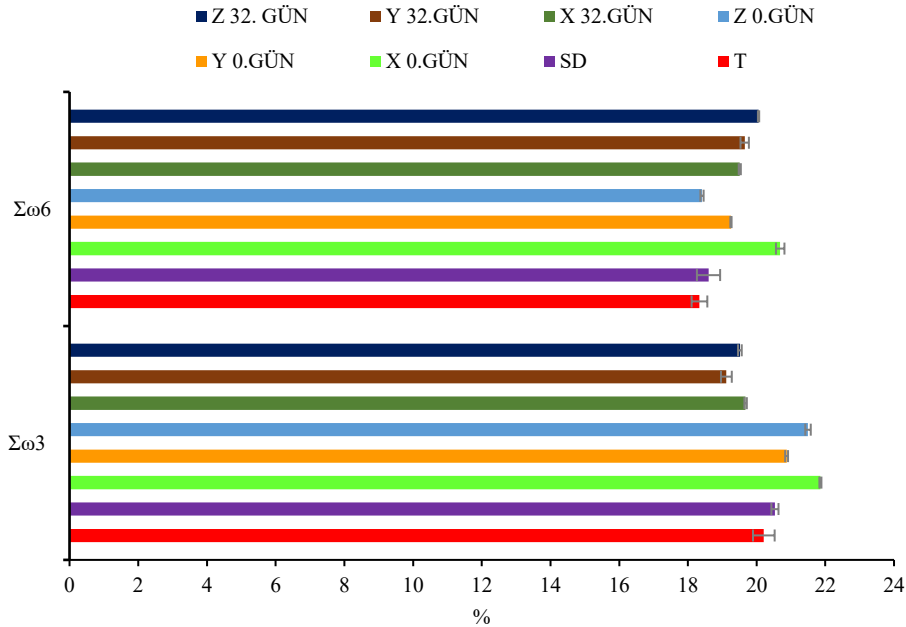


Şekil 4. 10 Taze ve işlenmiş levreklerde çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) (%)

Şekil 4.11’de tüm grupların SFA, MUFA ve PUFA değerleri, Şekil 4.12’ de toplam omega-6 ve toplam omega-3 değerleri verilmiştir.



Şekil 4. 11 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam SFA, MUFA ve PUFA değerleri (%)



Şekil 4. 12 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam ω3 ve ω6 değerleri (%)

Taze balık etinin toplam doymuş yağ asitleri (SFA) içeriği %25,31 iken sıvı dumanlama işlemi sonrasında %26,77 olarak saptanmıştır. 0. günde sous vide işleminin etkisiyle en yüksek SFA içeriği Z grubunda %27,59 olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolama sonunda ise en düşük SFA içeriği X grubunda %25,34 olarak bulunurken en yüksek değer %28,05 olarak Y grubunda saptanmıştır (Tablo 4.2, Şekil 4.8).

Taze balık etinin tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içeriği %32,38 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.2, Şekil 4.9). Bu değer sıvı dumanlama işlemi sonrasında %31,28 olarak tespit edilmiştir. Pişirilme sonrasında sıcaklık etkisiyle tüm gruplarda MUFA içeriği azalmış ve X grubu hariç bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama sonrasında ise toplam MUFA içeriği %29,97 ile %32,70 arasında değişmektedir ($p<0,05$).

Taze balık etinin toplam PUFA içeriği çiğ balıkta %41,98 iken, sıvı dumanlama işlemi ile bu değer %42,14'e çıkmıştır ($p>0,05$). Sous vide işlemi sonrasında 0. günde X grubunun en yüksek PUFA içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Hem sıcaklık sous vide uygulaması hem de raf ömrünün artışı ile grupların PUFA içeriği dalgalanma göstermiştir (Tablo 4.2, Şekil 4.10).

Çeşitli araştırmacılar tarafından (Periago vd., 2005; Yanar vd., 2007; Erkan ve Özden, 2007) taze balığın SFA içerikleri sırasıyla 27,46; 26,17; 28,01, MUFA içerikleri sırasıyla, 41,63; 33,72; 25,87 ve PUFA içerikleri sırasıyla 30,90; 32,68; 26,73 olarak tespit edilmiştir. Balığın yetiştirme koşulları, avlanma rejimi, yem rasyonu gibi faktörler balıkların yağ asitleri içeriklerini önemli derecede etkileyebilmektedir (Grigorakis, 2007).

Depolama süresince grupların $\omega 3$ içeriğinde kayıp gözlemlenmiş; bu da $\omega 6 / \omega 3$ oranında artışa sebep olmuştur. Balık eti yüksek $\omega 3$ ve PUFA içeriği nedeniyle tüketimi tercih edilmektedir (Khalili Tilami ve Samples, 2018). Simopoulos (2002a), modern diyetlerde artan tahıl tüketiminin vücuda alınan $\omega 6$ oranını artırdığını ve $\omega 3$ alımını ise azalttığını belirtmektedir. Çalışmada kullanılan levrek balığı ve dumanlanmış sous vide levreklerin $\omega 6 / \omega 3$ oranları 0,86 ile 1,03 arasında değişmektedir. Bu ürünlerin oldukça sağlıklı ve $\omega 3$ açısından değerli olduğu söylenebilir. Farklı çalışmalarda (Simopoulos 2001; 2002b) $\omega 6 / \omega 3$ oranı 1 ile 4 arasında önerilmektedir. Ayrıca günlük alınması gereken EPA+DHA içeriğinin yetişkinler için 0,22 g'dan az olmaması gerektiği bildirilmiştir (Simopoulos 2002b).

Taze balık etinin EPA+DHA içeriği hem sıvı dumanlama hem de pişirme işlemleri ile orantısız olarak artmıştır. Depolamanın son günü gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Nurhan (2007), pişirme metotlarının yağ asitleri bileşimini etkilediğini; SFA içeriği düşerken MUFA içeriğini artırdığını, özellikle $\omega 3$ ve $\omega 6$ içeriğinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığını belirtmektedir. Çalışmada Nurhan (2007)'a benzer bulgular yer almakla birlikte; MUFA içeriğinde kayıp gözlenmiştir. Çalışmada yalnızca pişirme değil; sıvı duman, vakum ve sous vide teknolojileri birlikte kullanılmış olup farklılık bu işlemlerden kaynaklanabilir. Nieva-Echevarría vd. (2017), sous vide işlemi ile çiftlik levreğinin toplam SFA, toplam doymamış yağ asiti, $\omega 3$ ve DHA içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir.

4.3. Amino Asitlere İlişkin Bulgular

Araştırmada kullanılan taze balıkta, sıvı dumanlama işlemi sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve grupların depolama sonunda amino asit ve türevlerine ait sonuçlar Tablo 4.3 ve Şekil 4.13'te esansiyel amino asit ve türevleri ile esansiyel olmayan aminoasit ve türevleri Şekil 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4. 3 Taze ve işlenmiş levreklerde amino asit ve türevleri (g/100g)

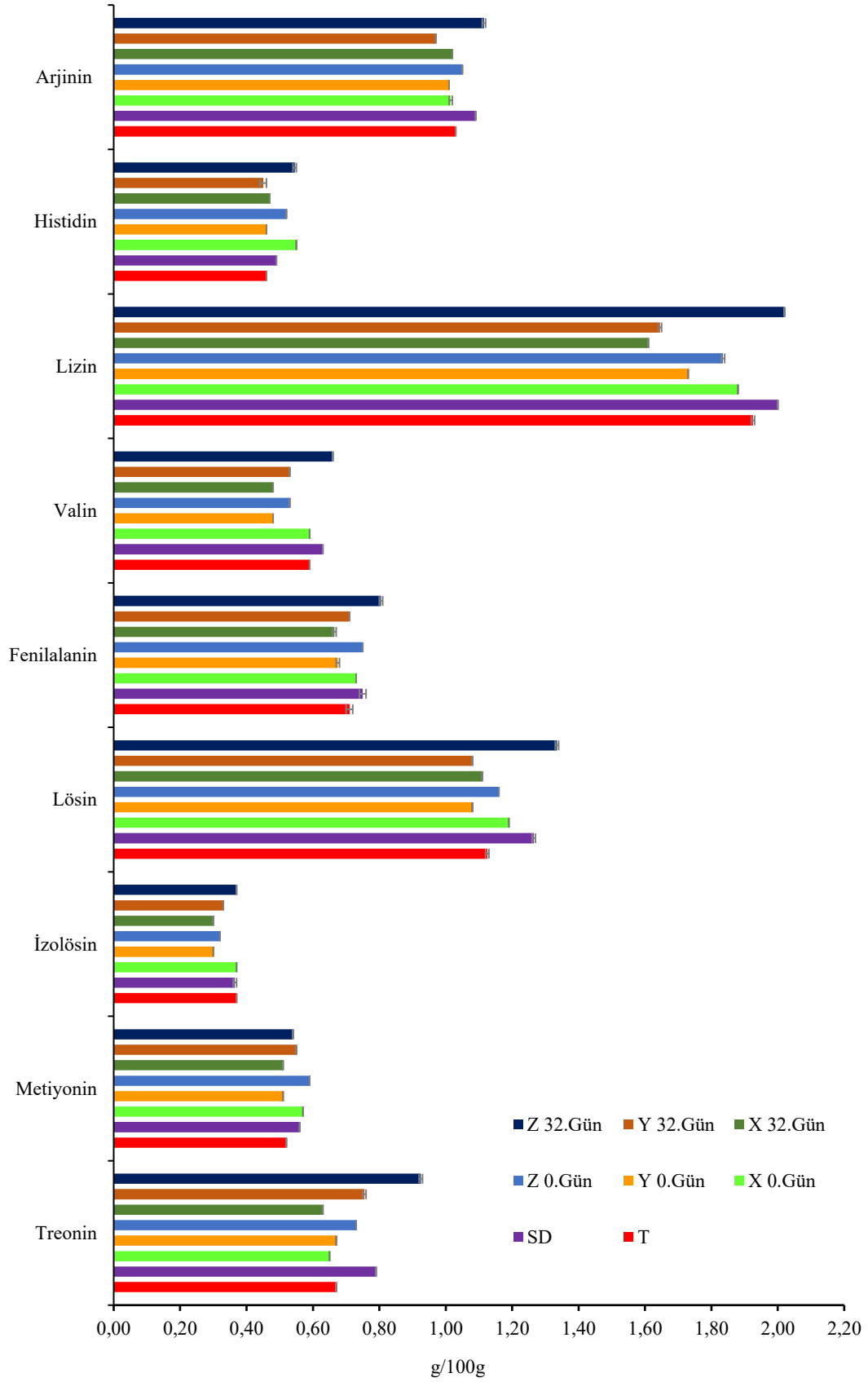
Esansiyel/ Esansiyel Olmayan Aminoasitler	<u>0.Gün</u>					<u>32.Gün</u>		
	T	SD	X(60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)	X(60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Treonin	0,67±0,00 ^E	0,79±0,00 ^B	0,65±0,00 ^F	0,67±0,00 ^E	0,73±0,00 ^D	0,63±0,00 ^G	0,76±0,01 ^C	0,93±0,01 ^A
Metiyonin	0,52±0,00 ^F	0,56±0,00 ^C	0,57±0,00 ^B	0,51±0,00 ^H	0,59±0,00 ^A	0,51±0,00 ^G	0,55±0,00 ^D	0,54±0,00 ^E
İzolösin	0,37±0,00 ^A	0,37±0,01 ^A	0,37±0,00 ^A	0,30±0,00 ^D	0,32±0,00 ^C	0,30±0,00 ^D	0,33±0,00 ^B	0,37±0,00 ^A
Lösin	1,13±0,00 ^E	1,27±0,01 ^B	1,19±0,00 ^C	1,08±0,00 ^F	1,16±0,00 ^D	1,11±0,00 ^E	1,08±0,00 ^F	1,34±0,00 ^A
Fenilalanin	0,71±0,01 ^C	0,75±0,01 ^B	0,73±0,00 ^{BC}	0,68±0,01 ^D	0,75±0,00 ^B	0,67±0,01 ^D	0,71±0,00 ^C	0,81±0,01 ^A
Valin	0,59±0,00 ^D	0,63±0,00 ^B	0,59±0,00 ^C	0,48±0,00 ^H	0,53±0,00 ^F	0,48±0,00 ^G	0,53±0,00 ^E	0,66±0,00 ^A
Lizin	1,93±0,01 ^C	2,00±0,00 ^B	1,88±0,00 ^D	1,73±0,00 ^F	1,84±0,01 ^E	1,61±0,00 ^H	1,65±0,01 ^G	2,02±0,00 ^A
Histidin	0,46±0,00 ^D	0,49±0,00 ^C	0,55±0,00 ^A	0,46±0,00 ^D	0,52±0,00 ^B	0,47±0,00 ^{CD}	0,45±0,01 ^D	0,55±0,01 ^A
Arginin	1,03±0,00 ^D	1,09±0,00 ^B	1,02±0,01 ^E	1,01±0,00 ^E	1,05±0,00 ^C	1,02±0,00 ^{DE}	0,97±0,00 ^F	1,12±0,01 ^A
ΣEAA	7,40±0,01 ^E	7,94±0,01 ^B	7,55±0,00 ^C	6,92±0,01 ^G	7,49±0,00 ^D	6,80±0,00 ^H	7,02±0,01 ^F	8,32±0,01 ^A

Tablo 4.3'ün devamı...

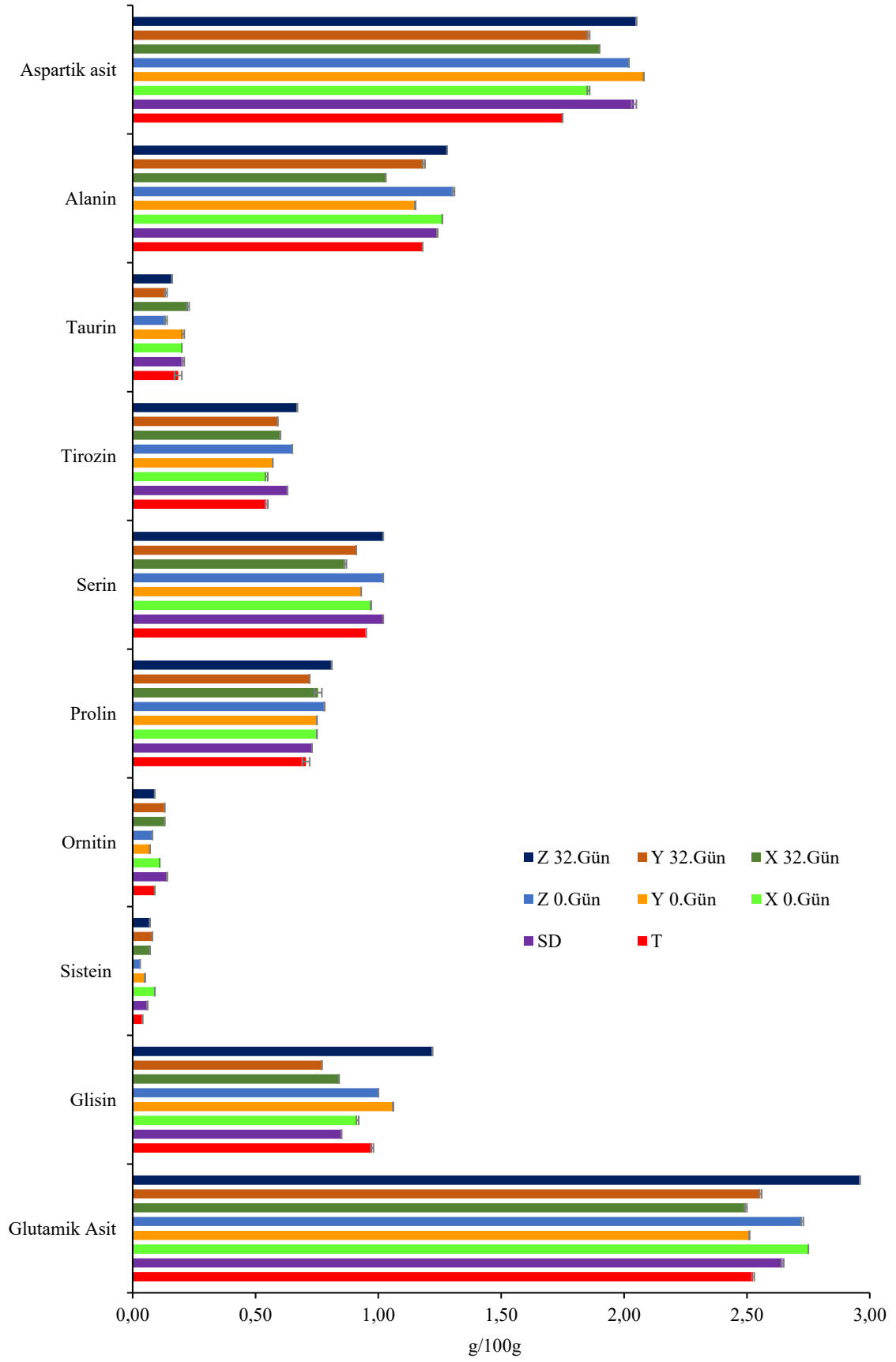
Aspartik Asit	1,75±0,00 ^F	2,04±0,01 ^{BC}	1,86±0,01 ^E	2,08±0,00 ^A	2,02±0,00 ^C	1,90±0,00 ^D	1,86±0,01 ^E	2,05±0,00 ^B
Sistein	0,04±0,00 ^G	0,06±0,00 ^E	0,09±0,00 ^A	0,05±0,00 ^F	0,03±0,00 ^H	0,07±0,00 ^D	0,08±0,00 ^B	0,07±0,00 ^C
Prolin	0,71±0,02 ^D	0,73±0,00 ^{BC}	0,75±0,00 ^{BC}	0,75±0,00 ^{BC}	0,78±0,00 ^{BC}	0,76±0,02 ^{BC}	0,72±0,00 ^{CD}	0,81±0,00 ^A
Taurin	0,19±0,02 ^{BC}	0,21±0,00 ^{AB}	0,20±0,00 ^{AB}	0,21±0,00 ^{AB}	0,14±0,00 ^D	0,23±0,00 ^A	0,14±0,00 ^D	0,16±0,00 ^{CD}
Serin	0,95±0,00 ^C	1,02±0,00 ^A	0,97±0,00 ^B	0,93±0,00 ^D	1,02±0,00 ^A	0,87±0,01 ^F	0,91±0,00 ^E	1,02±0,00 ^A
Glutamik Asit	2,53±0,00 ^F	2,65±0,00 ^D	2,75±0,00 ^B	2,51±0,00 ^{FG}	2,73±0,00 ^C	2,50±0,00 ^G	2,56±0,01 ^E	2,96±0,00 ^A
Glisin	0,98±0,01 ^D	0,85±0,00 ^F	0,92±0,01 ^E	1,06±0,00 ^B	1,00±0,00 ^C	0,84±0,00 ^F	0,77±0,00 ^G	1,22±0,00 ^A
Alanin	1,18±0,00 ^E	1,24±0,00 ^D	1,26±0,00 ^C	1,15±0,00 ^F	1,31±0,01 ^A	1,03±0,00 ^G	1,19±0,01 ^E	1,28±0,00 ^B
Tirozin	0,55±0,01 ^F	0,63±0,00 ^C	0,55±0,01 ^F	0,57±0,00 ^E	0,65±0,00 ^B	0,60±0,00 ^D	0,59±0,00 ^D	0,67±0,00 ^A
Ornitin	0,09±0,00 ^F	0,14±0,00 ^A	0,11±0,00 ^D	0,07±0,00 ^H	0,08±0,00 ^G	0,13±0,00 ^C	0,13±0,00 ^B	0,09±0,00 ^E
ΣNEAA	8,95±0,01 ^F	9,56±0,00 ^C	9,45±0,00 ^D	9,38±0,01 ^E	9,75±0,01 ^B	8,91±0,02 ^F	8,93±0,01 ^F	10,33±0,00 ^A
EAA/NEAA	0,83±0,00 ^A	0,83±0,00 ^A	0,80±0,00 ^B	0,74±0,00 ^G	0,77±0,00 ^E	0,76±0,00 ^F	0,79±0,00 ^D	0,80±0,00 ^B
ΣTAA	16,35±0,01 ^E	17,50±0,01 ^B	17,00±0,01 ^D	16,29±0,01 ^E	17,23±0,01 ^C	15,71±0,01 ^G	15,95±0,01 ^F	18,65±0,01 ^A

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

T: Taze balık SD: Sıvı dumanlanmış fileto X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 13 Taze ve işlenmiş levreklerde esansiyel amino asit ve türevleri (g/100g)



Şekil 4. 14 Taze ve işlenmiş levreklerde esansiyel olmayan amino asit ve türevleri (g/100g)

Taze balık etinde 9'u esansiyel (EAA) ve 10'u esansiyel olmayan (NEAA) toplamda 19 amino asit tespit edilmiştir. Esansiyel amino asitlerden lizin, lösin ve arginin yoğun iken; esansiyel olmayan aminoasitlerden glutamik asit aspartik asit ve alanin yoğun olarak bulunmuştur. Kocatepe ve Turan (2012) ve Baki vd. (2015) de çiftlik levreğinde benzer sonuçları bildirmiştir. Taze levreğin toplam amino asit içeriğinde esansiyel amino asit miktarı %45,26'dır. Bu oran Kocatepe ve Turan (2012) tarafından %49 olarak belirtilmiştir. Taze balık etinde EAA/NEAA'e oranı 0,83 iken sıvı duman uygulaması bu oranda değişikliğe neden olmamıştır ($p>0,05$). Ancak sous vide uygulaması ve depolama süreci ile bu oran düşüş göstermiştir.

Sıvı duman uygulaması ile taze balık etinin izolösin, taurin ve glisin dışında diğer tüm amino asit miktarlarında artış gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Farklı sıcaklıklarda sous vide uygulamasında sıcaklık arttıkça grupların treonin, Σ EAA, glutamik asit ve tirosin içeriği artmıştır. Depolama süresi başında grupların esansiyel amino asit içerikleri karşılaştırıldığında X grubunun esansiyel amino asit içeriği en yüksek (7,55 g/100g) ($p<0,05$) iken raf ömrü sonunda Z grubunun esansiyel amino asit içeriği daha yoğun (8,32 g/100g) ($p<0,05$) bulunmuştur. Z grubunun depolama sonunda lösin, lizin, arginin, glutamik asit ve glisin içeriği diğer gruplara kıyasla artmıştır (Tablo 4.3). Nurhan (2007), gökkuşağı alabalıkları ile ilgili yaptığı çalışmada toplam esansiyel amino asit içeriğinin sıcaklık etkisiyle arttığını bildirmiştir.

İsmail ve İkram (2004), farklı balıklara uygulanan ısıl işlemin sonucunda balıkların içerdiği aminoasitlerin, taze balıkların içerdiği amino asitler ile farkının, anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.

Pongestkul vd. (2022), araştırmamıza benzer olarak umamiden sorumlu olan glutamik ve aspartik asitin sous vide işlemi sonrası sıcaklığın etkisi ile önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca bulgularımızda tespit edilenle benzer olarak glisinde de azalma bildirilmiştir.

4.4. Fiziksel Analizlere İlişkin Bulgular

4.4.1. Su aktivitesine (a_w) ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan taze balıkta, sıvı dumanlama sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve depolama süresince grupların a_w analiz sonuçları Tablo 4.4 ve Şekil 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4. 4 Taze ve işlenmiş levreklerde depolama süresince a_w değerleri

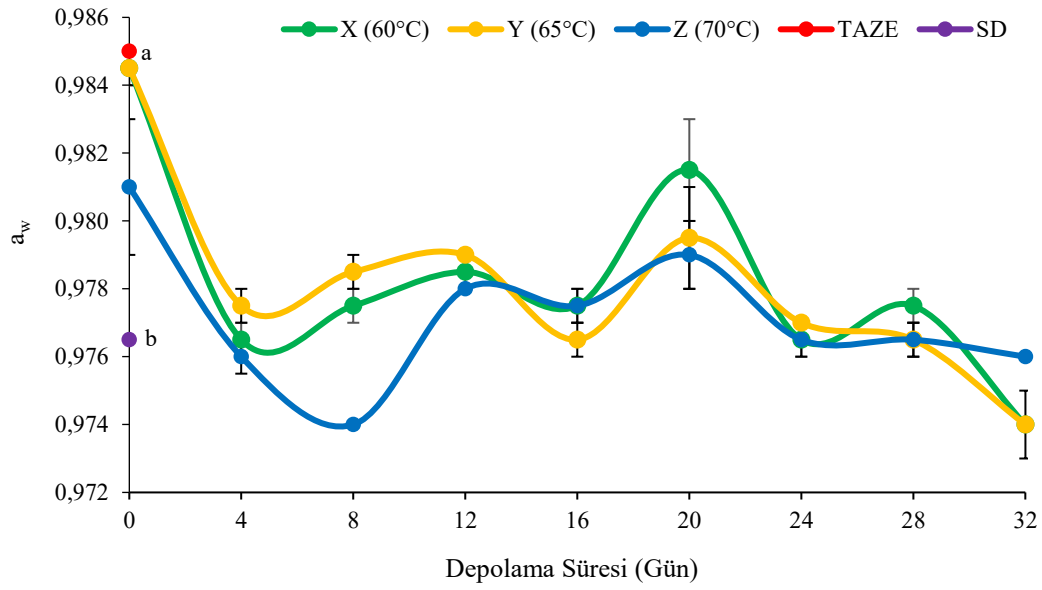
Depolama Süresi (Gün)	<u>Taze Fileto</u> 0,985±0,00 ^a	<u>Sıvı Dumanlanmış Fileto</u> 0,977±0,00 ^b	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	0,985±0,00 ^{Aa}	0,985±0,00 ^{Aa}	0,981±0,00 ^{Aab}
4	0,977±0,00 ^{CDa}	0,978±0,00 ^{BCa}	0,976±0,00 ^{BCa}
8	0,978±0,00 ^{CDa}	0,979±0,00 ^{Ba}	0,974±0,00 ^{Cb}
12	0,979±0,00 ^{BCa}	0,979±0,00 ^{Ba}	0,978±0,00 ^{ABCa}
16	0,978±0,00 ^{CDa}	0,977±0,00 ^{BCa}	0,978±0,00 ^{ABCa}
20	0,982±0,00 ^{ABa}	0,980±0,00 ^{Ba}	0,979±0,00 ^{ABa}
24	0,977±0,00 ^{CDa}	0,977±0,00 ^{BCa}	0,977±0,00 ^{ABCa}
28	0,978±0,00 ^{CDa}	0,977±0,00 ^{BCa}	0,977±0,00 ^{ABCa}
32	0,974±0,00 ^{Da}	0,974±0,00 ^{Ca}	0,976±0,00 ^{BCa}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4.15 Taze ve işlenmiş levreklerde a_w değerleri

Tablo 4.5 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre a_w değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
Su Aktivitesi (a_w)	$y = -0,0006x + 0,9814$ $r = 0,56$	$y = -0,0008x + 0,9821$ $r = 0,75$	$y = -0,0002x + 0,9782$ $r = 0,28$

Su aktivitesi, gıdalardaki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı ya da gıdaların atmosferden aldığı veya verdiği suyun nispi nem dengesinin 1/100' ü şeklinde tanımlanmaktadır. Su aktivitesi, gıdalarda bulunan protein, yağ, şeker gibi besin öğelerine bağlı olmayan serbest su miktarının ölçüsüdür. Su aktivitesi mikroorganizmaların gelişimi ve biyokimyasal reaksiyonların gelişiminde aktif rol oynar (Ayhan, 2000).

Araştırmada taze balık eti su aktivitesi değeri 0,985 olarak tespit edilmiş (Tablo 4.4) olup, sıvı dumanlama işlemi ile azalmıştır ($p < 0,05$). Ancak sous vide uygulaması ile tekrar taze balığın su aktivitesi değerine ulaşmıştır ($p > 0,05$) (Tablo 4.4). Bu çalışmaya benzer şekilde Toldrá ve Hui (2007) dumanlamanın et dokusunun su aktivitesinde düşüşe neden olduğunu belirtmiştir. Aynı günler içerisinde farklı grupların su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel bir değişim saptanmazken ($p > 0,05$); depolama süresince grupların su aktivitesi değerlerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Diaz vd. (2011) su aktivitesi

değerini 0. günde 0,92, depolama sonunda ise 0,93 olarak tespit etmişlerdir. Gonzales-Fandos vd. (2005) sous vide pişirme yöntemi ile yaptıkları çalışmada da su aktivitesinde önemli ölçüde değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

4.4.2 Renk analizine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan taze balık, sıvı dumanlama sonrası balık filetoları ve X, Y, Z gruplarının a* (Tablo 4.6 ve Şekil 4.16), b* (Tablo 4.7 ve Şekil 4.17) ve L* (Tablo 4.8, Şekil 4.18), değerleri aşağıda görülmektedir. Ayrıca X, Y ve Z gruplarının regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.9’de yer almaktadır.

Tablo 4. 6 Taze ve işlenmiş levreklerde a* değerleri

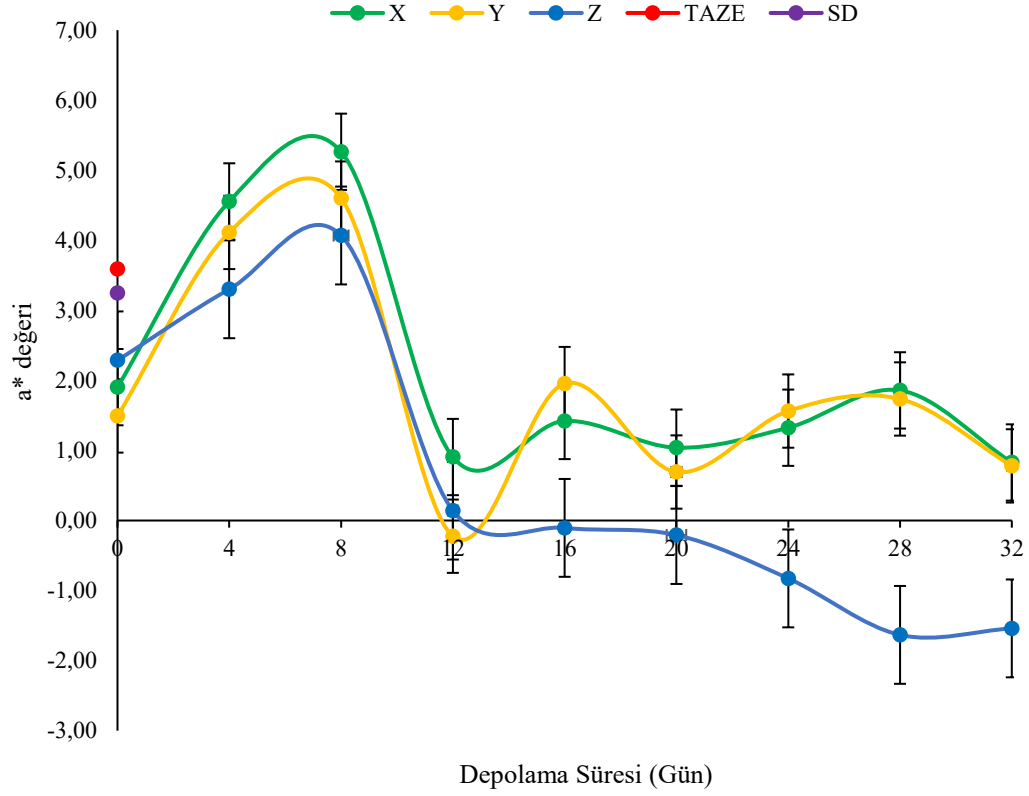
Depolama Süresi (Gün)	<u>Taze Fileto</u> 3,59±0,12 ^a		<u>Sıvı Dumanlanmış Fileto</u> 3,25±0,11 ^b
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	1,90±0,02 ^{Cd}	1,49±0,06 ^{Ce}	2,29±0,04 ^{Bc}
4	4,56±0,09 ^{Ba}	4,11±0,12 ^{Ba}	3,30±0,13 ^{Ab}
8	5,26±0,06 ^{Aa}	4,60±0,05 ^{Ab}	4,07±0,27 ^{Ab}
12	0,91±0,07 ^{Fa}	-0,22±0,02 ^{Eb}	0,14±0,18 ^{Cb}
16	1,42±0,05 ^{Db}	1,96±0,06 ^{Ca}	-0,105±0,15 ^{CDc}
20	1,04±0,01 ^{EFa}	0,69±0,19 ^{Da}	-0,21±0,35 ^{CDa}
24	1,33±0,08 ^{DEb}	1,56±0,04 ^{Ca}	-0,83±0,03 ^{DEc}
28	1,88±0,06 ^{Ca}	1,74±0,05 ^{Ca}	-1,63±0,03 ^{Eb}
32	0,83±0,04 ^{Fa}	0,78±0,16 ^{Da}	-1,54±0,08 ^{Eb}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C’de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C’de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 16 Taze ve işlenmiş levreklerde a* değeri

Tablo 4. 7 Taze ve işlenmiş levreklerde b* değeri

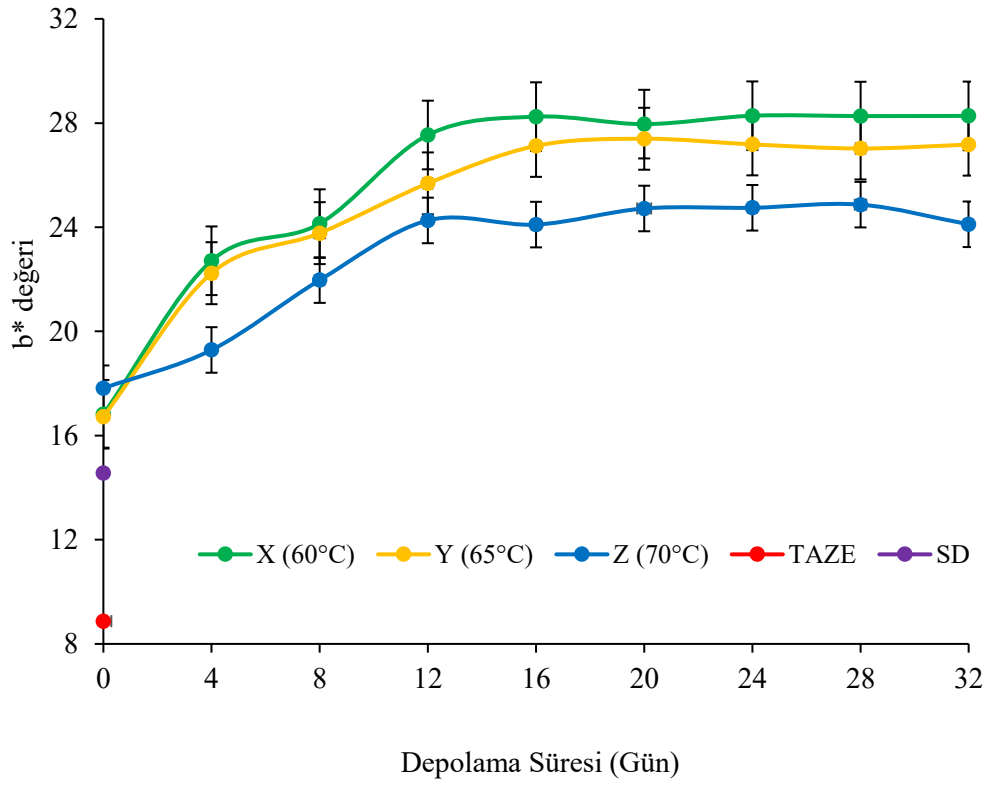
Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 8,87±0,29 ^d	Sıvı Dumanlanmış Fileto 14,56±0,16 ^c	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	16,82±0,05 ^{Eb}	16,73±0,08 ^{Eb}	17,82±0,06 ^{Ea}
4	22,71±0,16 ^{Da}	22,23±0,15 ^{Da}	19,29±0,10 ^{Db}
8	24,14±0,03 ^{Ca}	23,77±0,19 ^{Ca}	21,97±0,18 ^{Cb}
12	27,54±0,10 ^{Ba}	25,68±0,16 ^{Bb}	24,26±0,07 ^{ABc}
16	28,25±0,07 ^{Aa}	27,12±0,09 ^{Ab}	24,10±0,16 ^{ABc}
20	27,96±0,09 ^{Aa}	27,40±0,09 ^{Aa}	24,72±0,26 ^{ABb}
24	28,28±0,09 ^{Aa}	27,18±0,06 ^{Ab}	24,75±0,16 ^{ABc}
28	28,27±0,04 ^{Aa}	27,02±0,17 ^{Ab}	24,87±0,21 ^{Ac}
32	28,27±0,08 ^{Aa}	27,17±0,06 ^{Ab}	24,11±0,18 ^{Bc}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 17 Taze ve işlenmiş levreklerde b* değeri

Tablo 4. 8 Taze ve işlenmiş levreklerde L* değerleri

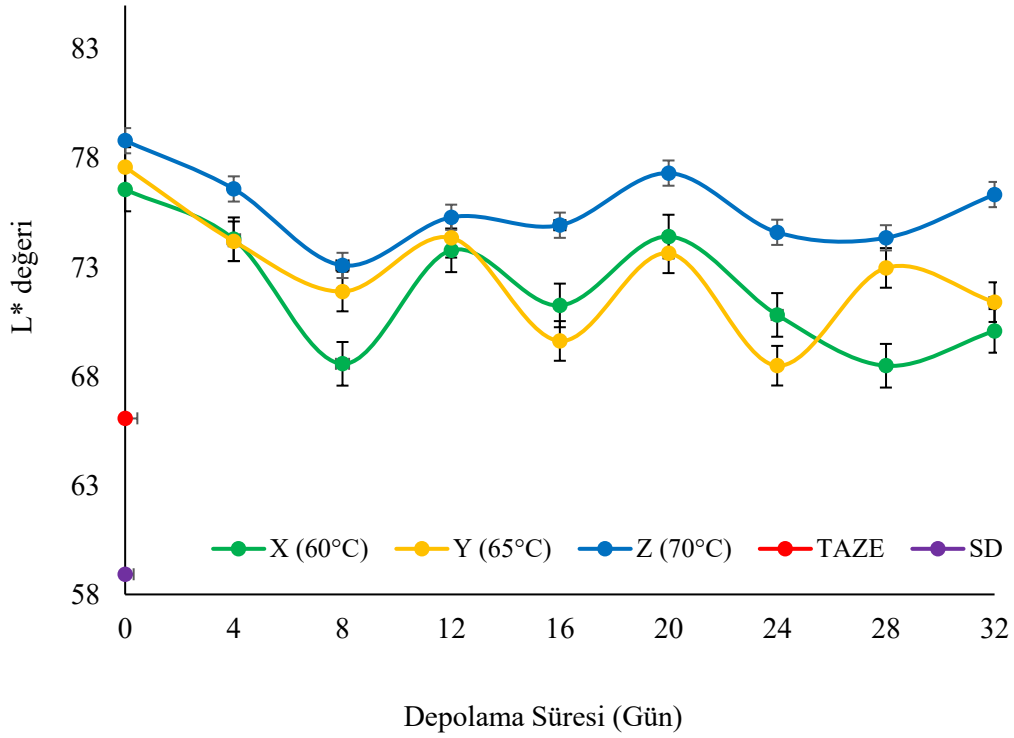
Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 66,07±0,13 ^d	Sıvı Dumanlanmış Fileto 58,93±0,16 ^e	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	76,57±0,48 ^{Ac}	77,60±0,82 ^{Ab}	78,80±0,60 ^{Aa}
4	74,29±0,25 ^{Bb}	74,19±0,61 ^{Bb}	76,59±0,36 ^{Ca}
8	68,57±0,58 ^{Ec}	71,89±0,39 ^{CDb}	73,09±0,44 ^{Ga}
12	73,78±0,61 ^{Bc}	74,35±0,31 ^{Bb}	75,29±0,16 ^{Da}
16	71,25±0,61 ^{Cb}	69,62±0,40 ^{Ec}	74,93±0,42 ^{DEb}
20	74,41±0,42 ^{Bb}	73,64±0,67 ^{BCc}	77,32±0,53 ^{Ba}
24	70,82±0,63 ^{CDb}	68,49±0,26 ^{Ec}	74,60±0,60 ^{EFa}
28	68,49±0,26 ^{Ec}	72,97±0,60 ^{BCDb}	74,35±0,24 ^{Fa}
32	70,08±0,48 ^{Db}	71,40±0,42 ^{Db}	76,33±0,39 ^{Ca}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş

Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 18 Taze ve işlenmiş levreklerde L* değeri

Tablo 4. 9 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre renk (L*, a* ve b*) değişimlerine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
L*	$y = -0,1592x + 74,575$ $r = 0,61$	$y = -0,1498x + 75,079$ $r = 0,60$	$y = -0,0481x + 76,469$ $r = 0,30$
a*	$y = -0,0839x + 3,465$ $r = 0,60$	$y = -0,0631x + 2,8663$ $r = 0,44$	$y = -0,1677x + 3,2926$ $r = 0,88$
b*	$y = 0,2966x + 21,058$ $r = 0,82$	$y = 0,2695x + 20,611$ $r = 0,83$	$y = 0,1997x + 19,68$ $r = 0,83$

Gıdalarda renk, tüketici tercihini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Ramirez-Navas ve Stouvenel, 2012). Gıda ürünlerindeki renk ölçümü aroma, pigment içeriği gibi bileşenler kalite özellikleri yanında dolaylı yoldan bilgi veren ölçüm yöntemleri olarak kullanılabilir çünkü renk ölçümü daha basit, hızlı ve diğer fiziksel parametreler ile iyi bir ilişkiye sahiptir (Pathare vd., 2013).

Taze balık eti, sıvı dumanlama işlemi sonrası balık eti ve sous vide pişirilen balıkların a^* , b^* ve L^* değerlerine ait bulgular Tablo 4.6, 4.7 ve 4.8’de verilmiştir. Pişirme işlemi etkisi ile grupların $+a^*$ kırmızılık değeri düşmüştür. Depolamanın 4. ve 8. günlerinde kırmızılık değeri artış göstermiş ardından yeniden düşmüştür. Y grubunda 16. günden itibaren yeşilleşme başlamış olup bu değer depolama sonuna kadar ise -1,54’e ulaşmıştır. Diğer gruplarda yeşilleşme gözlemlenmemiştir. Yüksek sıcaklık uygulamasının sous vide uygulanan balık etinde zamanla yeşilleşmeye sebep olduğu söylenebilir (Tablo 4.9). Pişirmenin etkisi ile grupların $+b^*$ (sarılık) değerlerinde artış olmuştur. X ve Y gruplarının $+b^*$ (sarılık) değerlerindeki değişim 16. günden itibaren önemsizdir ($p>0,05$). Pişirmenin etkisi ile grupların L parlaklık değerinde de artış gözlenmiştir. Depolama süresince Z grubunun parlaklık değeri diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Dong vd. (2017) yaptığı çalışmada sous vide işlemi sonrası a^* değerinde azalma b^* değerinde artış olduğunu, L değerinde ise önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Wan vd. (2019), sous vide pişirme yöntemini diğer vakumlu ısıtma işlemleri ile karşılaştırdığında L değerinin arttığını tespit etmiştir. Diaz vd. (2011), sous vide yöntemi ile pişirilen balıkların L değerinde artış olduğunu ve bu çalışmaya benzer şekilde depolama süresince artış olduğunu bildirmişlerdir. L değerinin artışına, proteinlerin ısıtma işlemleri sonucunda protein denatürasyonu ve yağ oksidasyonu neden olduğu düşünülmektedir.

Sous vide teknolojisi ile pişmiş su ürünlerinin renk gelişimi farklı pişirme sıcaklıkları ve süreleri ile etkilenebilir. Ayrıca renkli sosların kullanımı, farklı antimikrobiyal bileşenlerle kombine edilmesi de renk değişiminde oldukça etkilidir (Cui vd., 2022).

Sous vide teknolojisi gıdada renk bozulmasının önlenmesi açısından değerli bir teknolojidir (Erdem vd. 2022).

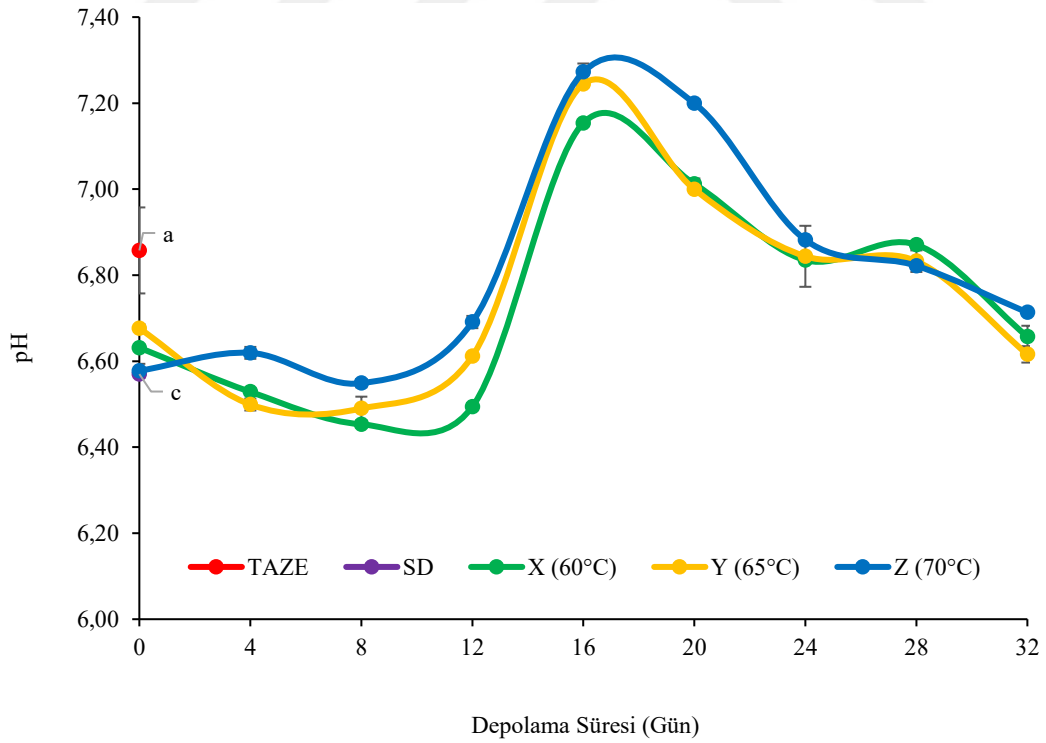
4.4.3. pH analizine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan taze balıkta, sıvı dumanlama sonrası balık filetosunda, sous vide işlemi sonrasında ve grupların depolama süresince belirlenen pH değerleri Tablo 4.10 ve Şekil 4.19’ da verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre pH değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ise Tablo 4.11’de yer almıştır.

Tablo 4. 10 Taze ve işlenmiş levreklerde pH değerleri

Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 6,86±0,00 ^a	Sıvı Dumanlanmış Fileto 6,57±0,02 ^c	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	6,63±0,01 ^{Db}	6,68±0,01 ^{Db}	6,58±0,02 ^{FGc}
4	6,53±0,00 ^{Eb}	6,50±0,01 ^{Eb}	6,62±0,01 ^{Fa}
8	6,45±0,00 ^{Fb}	6,49±0,03 ^{Eab}	6,55±0,01 ^{Ga}
12	6,49±0,01 ^{EFc}	6,61±0,00 ^{DEb}	6,69±0,01 ^{Ea}
16	7,15±0,01 ^{Ab}	7,24±0,01 ^{Aa}	7,27±0,02 ^{Aa}
20	7,01±0,01 ^{Bb}	7,00±0,01 ^{Bb}	7,20±0,01 ^{Ba}
24	6,84±0,00 ^{Ca}	6,84±0,07 ^{Ca}	6,88±0,01 ^{Ca}
28	6,87±0,01 ^{Ca}	6,83±0,03 ^{Ca}	6,82±0,00 ^{Da}
32	6,66±0,03 ^{Da}	6,62±0,02 ^{DEa}	6,71±0,00 ^{Ea}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C' de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C' de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C' de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 19 Grupların depolama süresince pH değerleri

Tablo 4. 11 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre pH değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
pH	$y = 0,01x + 6,5766$ $r = 0,45$	$y = 0,0077x + 6,6334$ $r = 0,34$	$y = 0,0097x + 6,659$ $r = 0,40$

Depolama süresince balık kalitesini önemli derecede etkileyen parametrelerden birisi pH'dır. Taze balık etinin pH değeri 6.0-6.5 arasındadır (Varlık vd. 1993). Ölüm sonrası pH mevsime, türe, diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Mokrani vd., 2018).

Taze balığın başlangıç pH'sı $6,86 \pm 0,00$, aromalandırmada kullanılan sıvı dumanın pH'sı $2,65 \pm 0,00$ tir. Bu uygulama ile balığın pH düzeyi 6,57'ye düşmüştür. Racioppo vd. (2023), taze levrek balığının pH'sını 6,10; sıvı dumanlama işlemi sonrasında 5,70 olarak tespit etmiştir. Taze levrek pH'larında farklılık görünse de her iki çalışmada da sıvı duman etkisi ile pH düşmüştür. Sous vide işlemi sonrasında gruplarda pH tekrar artmıştır ancak bu artış Z grubunda önemsizdir ($p > 0,05$). Korelasyon katsayıları karşılaştırıldığında X grubunun zamana karşı değişiminin diğer gruplara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Şişmanlar Altıkaya (2016), taze balık pH'sını 6,28 olarak tespit etmiş ve yüksek sıcaklıkta (80°C) sous vide uygulanan grubun pH'sı diğer gruplara göre daha az artış göstermiştir. Wan vd. (2019) taze balık pH'sının sıcaklık ile artma sebebini pişirme sırasında disülfid bağlarının oluşumundan kaynaklandığını bildirmiştir. Depolama süresince tüm grupların pH değerleri dalgalanma göstermiştir. Tüm gruplarda 24 ve 28. günlerdeki artış/azalışlar önem arz etmemektedir ($p > 0,05$) (Tablo 4.5). Benzer şekilde önceki çalışmalarda sous vide işlenip soğuk depolama yapılan örneklerin depolama sırasında pH değerinin arttığı saptanmıştır (Garcia-Linares vd., 2004; Mol vd., 2012a; Şişmanlar-Altıkaya, 2016; Ceylan ve Şengör, 2019). pH değerinde artışın sebebi mikroorganizmaların ve enzimlerin ürettiği uçucu bazlar olabileceğini bildirmişlerdir (Ceylan vd. 2018).

4.5. Kimyasal Analizlere İlişkin Bulgular

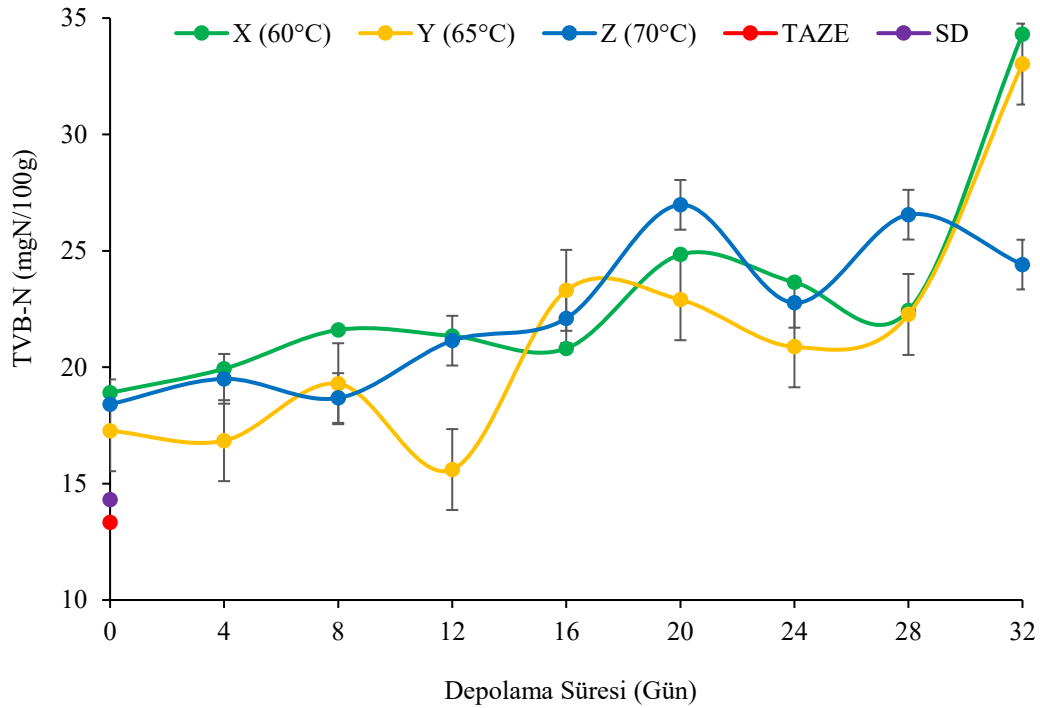
4.5.1. TVB-N analizine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan taze balık, sıvı dumanlama sonrası balık filetoları ve X, Y, Z gruplarının TVB-N analizi sonuçları Tablo 4.12'de ve Şekil 4.20'de sunulmaktadır.

Tablo 4. 12 Taze ve işlenmiş levreklerde TVB-N analizi sonuçları (mg N/100 g)

Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 13,33±0,13 ^b	Sıvı Dumanlanmış Fileto 14,32±0,16 ^b	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	18,90±0,48 ^{Fa}	17,27±0,82 ^{DEa}	18,41±0,60 ^{Ea}
4	19,94±0,25 ^{EFa}	16,85±0,61 ^{CDEb}	19,50±0,36 ^{Ea}
8	21,60±0,58 ^{CDa}	19,29±0,39 ^{CDb}	18,68±0,44 ^{Eb}
12	21,34±0,61 ^{DEa}	15,60±0,31 ^{Eb}	21,14±0,16 ^{CDa}
16	20,81±0,61 ^{DEFb}	23,30±0,40 ^{Ba}	22,10±0,42 ^{Cab}
20	24,84±0,42 ^{Bb}	22,90±0,67 ^{Bb}	26,98±0,53 ^{Aa}
24	23,65±0,63 ^{BCa}	20,88±0,26 ^{BCb}	22,77±0,60 ^{BCab}
28	22,43±0,26 ^{CDb}	22,27±0,60 ^{Bb}	26,55±0,24 ^{Aa}
32	34,31±0,48 ^{Aa}	33,02±0,42 ^{Aa}	24,41±0,39 ^{Bb}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$)
X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 20 Grupların depolama süresince TVB-N miktarlarındaki değişim (mg N/100 g)

Tablo 4. 13 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre TVB-N değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
TVB-N	$y = 0,3197x + 17,976$ $r = 0,75$	$y = 0,3739x + 15,282$ $r = 0,79$	$y = 0,2465x + 18,337$ $r = 0,84$

Balık etindeki bozulmayı belirlemede toplam uçucu bazik azot (TVB-N) en yaygın kullanılan yöntemlerdendir (Ruiz-Capillas ve Moral, 2001). Su ürünlerinin TVB-N değeri 25 mg/100g ve altı “çok iyi”, 25 ile 30 mg/100g arası “iyi”, 30 ile 35 mg/100g arası “pazarlanabilir”, 35mg/100g’den fazla olanlar ise “bozulmuş” olarak değerlendirilmiştir (Kietzmann vd., 1969).

Çalışmada kullanılan taze levrek balığı etinin TVB-N içeriği 13,33 mg/100g, sıvı dumanlama sonrası ise 14,32 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Kullanılan taze balık TVB-N değerlerine bakıldığında çok iyi olarak değerlendirilebilir.

Günlü (2007) taze levrek etinin TVB-N içeriğini 15,48 mg/100g soğuk dumanlama sonrası ise 18,25 mg/100g olarak tespit etmiştir. TVB-N içerikleri bu çalışmaya benzer şekilde dumanlama sonrası bir miktar artış göstermiştir. Hem sıvı dumanlama işlemi hem de farklı sıcaklıklarda uygulanan sous vide işlemleri ile TVB-N değeri artış göstermiştir. Depolama süresince tüm grupların TVB-N içeriği 35 mg/100g’ı geçmemiştir. Y grubunun TVB-N içeriği 4., 12., 20. ve 24. günlerde diğer gruplara oranla daha düşüktür. 32. gün sonunda Z grubunun TVB-N içeriği X ve Y gruplarına kıyasla oldukça düşük olup, diğer gruplara kıyasla yüksek sıcaklık uygulaması depolamanın 28. gününde TVB-N artışını engellemiş olabilir (Tablo 4.12). TVB-N değişimi ile mikroorganizmaların depolama süresince gelişimi karşılaştırıldığında 16. günden itibaren bu değerlerde yoğun artış görülmektedir. TVB-N değerinin mikroorganizmaların çoğalması ile orantılı olarak arttığı bunun sebebinin ise uçucu bazik bileşiklerin mikroorganizmaların metabolik aktivitesi sonucunda oluştuğu bildirmiştir (Qui vd., 2014).

Mol vd. (2012b) sous vide uygulanıp 4°C’de depolanan mezzgit balıklarının 35. günde TVB-N içeriğini, 29,15 mg/100g olarak saptamışlardır.

Şişmanlar Altıkaya (2016) taze sudak balığının TVB-N içeriğini 14,01 mg/100g ve 28. günde 60°C, 70°C ve 80°C’de sous vide uygulanan grupların TVB-N içeriğini ise sırasıyla 28,82; 24,81 ve 18,91 mg/100g olarak tespit etmiştir. Erümit ve Yıldız (2022), 55, 65 ve

70°C’de sous vide uygulanan grupların 18. günde TVB-N içeriğini sırasıyla 21.17; 20.07 ve 19,48 mg/100g tespit etmişlerdir. Russo vd. (2023) midyelere uygulanan sous vide işlemi sonrasında TVB-N değerinin 21 gün sonra sınırı aştığını tespit etmiştir.

Bahsi geçen çalışmalarda yüksek sıcaklıkta uygulanan sous vide işleminin TVB-N değeri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Sous vide işlemi uygulanmış çalışma sonuçlarındaki farklılıkların, kullanılan balık türü, kullanılan katkı maddeleri ve uygulanan sıcaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5.2. TBARs analizine ilişkin bulgular

Araştırmada kullanılan taze balık, aromalandırma sonrası balık filetoları ve X, Y, Z gruplarının TBARs analizi sonuçları Tablo 4.14’te ve Şekil 4.21’de görülmektedir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre TBARs değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ise Tablo 4.15’te verilmiştir.

Tablo 4. 14 Taze ve işlenmiş levreklerde TBARs analizi ölçüm sonuçları (mg MDA/kg)

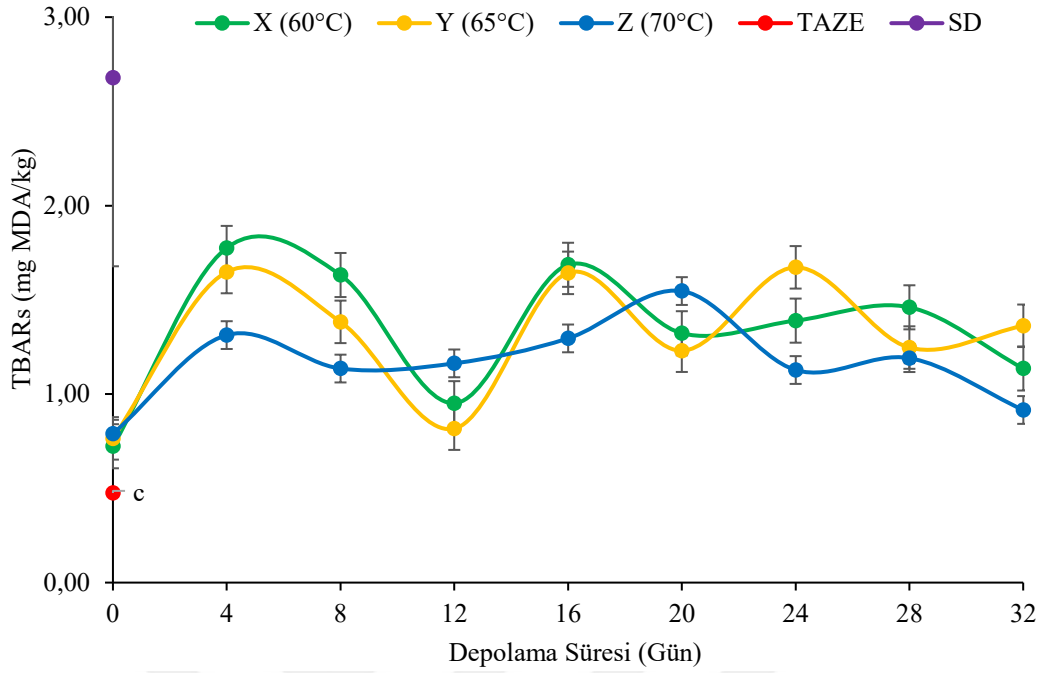
Depolama Süresi (Gün)	<u>Taze Fileto</u> 0,48±0,02 ^c		<u>Sıvı Dumanlanmış Fileto</u> 2,68±0,05 ^a
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	0,72±0,01 ^{Eb}	0,77±0,03 ^{Cb}	0,79±0,03 ^{Db}
4	1,78±0,05 ^{Aa}	1,65±0,02 ^{Aa}	1,31±0,03 ^{Bb}
8	1,63±0,02 ^{Aa}	1,38±0,03 ^{Bb}	1,14±0,05 ^{Bc}
12	0,95±0,03 ^{Db}	0,82±0,01 ^{Cc}	1,16±0,03 ^{Ba}
16	1,69±0,03 ^{Aa}	1,64±0,03 ^{Aa}	1,30±0,03 ^{Bb}
20	1,32±0,05 ^{BCab}	1,23±0,07 ^{Bb}	1,55±0,04 ^{Aa}
24	1,39±0,04 ^{Bb}	1,67±0,06 ^{Aa}	1,13±0,04 ^{Bc}
28	1,46±0,05 ^{Ba}	1,25±0,01 ^{Ba}	1,19±0,16 ^{Ba}
32	1,14±0,03 ^{Cb}	1,36±0,02 ^{Ba}	0,92±0,02 ^{CDc}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C’de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C’de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 21 Grupların depolama süresince TBARs miktarlarındaki değişim (mg MDA/kg)

Tablo 4. 15 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre TBARs değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
TBARs	$y = 0,0025x + 1,3025$ $r = 0,08$	$y = 0,0091x + 1,1624$ $r = 0,29$	$y = 0,0021x + 1,1306$ $r = 0,10$

TBA değeri, malondialdehit (MDA) içeriğini ölçen ikincil lipid oksidasyonun bir indeksidir. MDA, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon süreci sırasında oluşan bir oksidasyon ürünüdür (Fernandez vd., 1997). Çok iyi bir üründe TBA değeri 3'ten az, iyi bir üründe 3-5, pazarlanabilir bir üründe ise 8'den fazla olmamalıdır (Varlık vd., 1993).

Taze balığın TBARs değeri 0,48 mg MDA/kg'dır. Aromalandırma için kullanılan sıvı dumanın TBARs değeri ise 27,71 mg MDA/kg'dır. Aromalandırma sonrası sıvı dumanın etkisi ile balık etinin TBARs değeri yükselmiştir. Pişirmenin etkisi ile TBARs düşmüş ve sıcaklık artışının 0. günde TBARs değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p > 0,5$). Depolama süresince TBARs değeri maksimum 1,78 mg MDA/kg'a çıkmıştır. TVB-N sonuçlarına benzer şekilde depolama sonunda Z grubunun TBARs içeriği diğer iki gruptan daha düşüktür (Tablo 4.14). Pongetkul vd. (2022) farklı sıcaklıklarda sous vide yöntemi ile pişirilen grupların TBARs içeriğini benzer tespit etmişlerdir ($p > 0,05$).

Çetinkaya vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada biberiye ilavesi, ardından sous vide uygulanan gruplarda TBARs içeriği taze balığinki ile benzer iken ($p>0,05$) depolama süresi boyunca artış göstermiştir. Bozova ve İzci (2021), sous vide uygulanmış grubun TBARs içeriğini 0. günde 0,25 mg MDA/kg, depolama sonunda ise 0,71 mg MDA/kg olarak tespit etmişlerdir. Diaz vd. (2011) sous vide pişirilen somon balıklarının TBARs değerini 0. günde 1,10 mg MDA/kg, 10. Haftada ise 2,3 mg MDA/kg olarak saptamışlar fakat bu farklılığın önemli olmadığını bildirmişler ($p>0,05$). Sous vide teknolojisinde aerobik depolama şartlarına göre oksijen geçirmeyen paketlerin, pişirme ve depolama sırasında koruyucu etki gösterdiği söylenmektedir (Coşansu vd., 2022).

4.6. Mikrobiyolojik Analize İlişkin Bulgular

4.6.1. Toplam mezofil aerob bakteri bulguları

Depolama süresince grupların toplam mezofil aerob bakteri sonuçları Tablo 4.16 ve Şekil 4.22’de, X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam mezofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ise Tablo 4.17’da verilmiştir.

Tablo 4. 16 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam mezofil aerob bakteri sayıları (logkob/g)

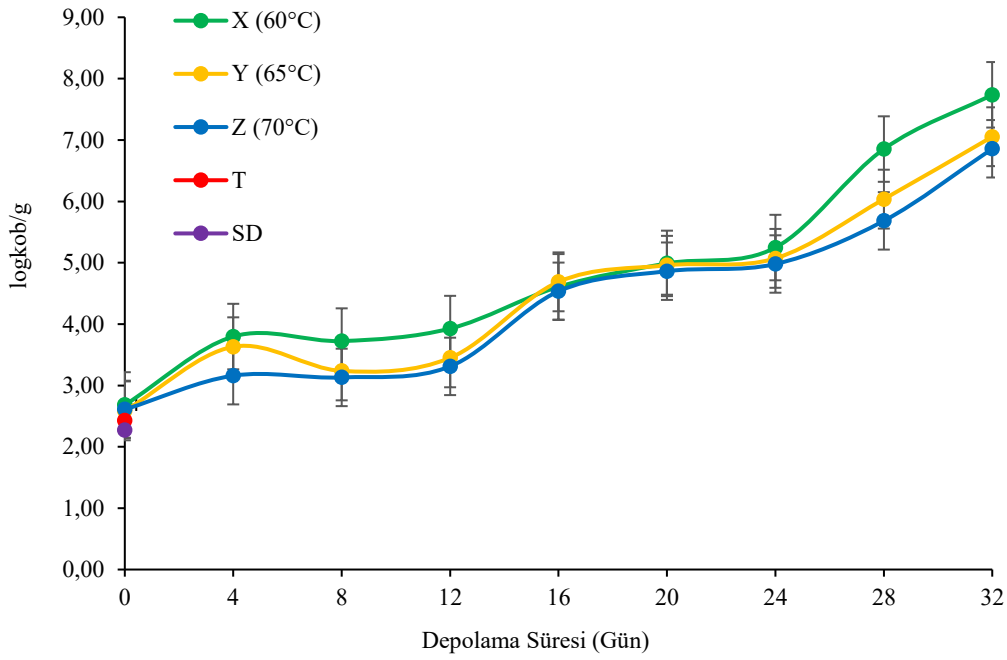
Depolama Süresi (Gün)	<u>Taze Fileto</u> 2,43±0,16 ^a		<u>Sıvı Dumanlanmış Fileto</u> 2,27±0,11 ^a
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	2,68±0,42 ^{Fa}	2,59±0,15 ^{Ga}	2,61±0,05 ^{Ea}
4	3,80±0,03 ^{Ea}	3,63±0,0 ^{Ea}	3,16±0,12 ^{Db}
8	3,72±0,07 ^{Ea}	3,24±0,0 ^{Fb}	3,13±0,06 ^{Db}
12	3,93±0,00 ^{DEa}	3,45±0,01 ^{EFb}	3,31±0,01 ^{Dc}
16	4,61±0,01 ^{CDab}	4,69±0,01 ^{Da}	4,53±0,03 ^{Cb}
20	4,99±0,03 ^{Ca}	4,96±0,01 ^{CDa}	4,86±0,06 ^{Ca}
24	5,25±0,03 ^{Ca}	5,07±0,03 ^{Cab}	4,98±0,02 ^{Cb}
28	6,85±0,03 ^{Ba}	6,04±0,04 ^{Bb}	5,68±0,12 ^{Bb}
32	7,74±0,00 ^{Aa}	7,05±0,02 ^{Ab}	6,86±0,15 ^{Ab}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş.

Z: 70°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 22 Gruplarda depolama süresince toplam mezofil aerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).

Tablo 4. 17 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam mezofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
Toplam Mezofil Bakteri Sayısı	$y = 0,1396x + 2,6072$ $r = 0,95$	$y = 0,1261x + 2,5059$ $r = 0,97$	$y = 0,1242x + 2,3599$ $r = 0,97$

Taze balığın toplam mezofil aerob bakteri yükü 2,43 logkob/g olarak tespit edilmiştir. Sıvı dumanlama işlemi sonrasında 2,27 logkob/g olan bakteri sayısı sous vide işleminden sonra X, Y, Z gruplarında sırasıyla 2,68; 2,59 ve 2,61 logkob/g olarak saptanmıştır. Ancak sıvı dumanlanan ürün ile sous vide yapılan ürün arasında mezofil aerob bakteri sayısı bakımından istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p > 0,05$). Depolama süresince tüm grupların toplam mezofil aerob yükünde zamanla artış saptanmıştır. Sous vide işlemi yapılan gruplar her ne kadar vakum paketlenme yöntemi ile paketlenirse de paketlenme işlemi balık etinde ezilmelere neden olmayacak şekilde yapılmıştır. Dolayısıyla paket içerisinde kalan bir miktar hava ve sıvı dumanlama işlemi gruplarda mezofil aerob bakteri gelişimine neden olabilecek bir ortama neden olduğundan mezofil bakteri sayısında artış olduğu söylenebilir. Ayrıca uygulanan işlemler sırasında kullanılan ürünlere bağlı olarak da bakteri sayısında artış olabilmektedir.

16-20 gün aralığında grupların toplam mezofil aerob bakteri sayısı 4-5 logkob/g arasında değişiklik göstermiştir. 16. günde TVB-N değerinde de gruplarda artış görülmektedir. Bu da gruplarda endojen enzimlerin daha aktif rol almaya başladığını ve bozulma bakterilerinin çoğalmaya başladığını göstermektedir. Toplam mezofilik bakteri yükü için sınır değer 7 logkob/g olarak önerilmiştir (ICMSF, 1986). Çalışmada gıda güvenliği göz önünde bulundurularak 6 logkob/g sınır değer olarak alınmıştır. Soğuk depolamanın 28. gününde X ve Y gruplarının sırasıyla 6,85 ve 6,04 logkob/g değerleri ile limit değeri aştığı belirlenmiştir. Z grubu bu değeri 32. günde aşmıştır. Tablo 4.17 incelendiğinde mezofil bakteri yükünün zamana bağlı değişiminde en düşük korelasyon katsayısı X grubunda görülmektedir. Gonzalez- Fandos (2005), taze örneklerde mezofil aerob bakteri sayısını 4,77 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Sous vide işlemi sonrasında bakteri sayısı düşmüş olup sıcaklığın önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). Depolama süresince mezofil aerob bakteri sayısında artış gözlemlendiğini ve 45 gün sonra mezofil aerob bakteri sayısının 6 logkob/g'ı geçtiğini bildirmişlerdir. Bolat vd. (2018), levrek balığı ile yaptığı çalışmada 0. günde sous vide yöntemi ile pişirilmiş kontrol grubunda, defne katkılı örneklerde ve zerdeçal katkılı örneklerde toplam mezofil aerob bakteri sayısını 1,03; 1,00 ve 3,25 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. 35. günlük depolama sonunda ise mikroorganizma yükünü 5,57; 2,22 ve 3,97 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında 0. günde pişmiş grupların mezofilik aerob bakteri sayısının daha yüksek değerlerde olduğu, 32. günde de benzer olarak yükseldiği görülmektedir. Çağlak vd. (2017), taze sudak balığının toplam mezofil aerob bakteri sayısının 3,80 logkob/g olduğunu ve sous vide pişirme işlemi ile bu değer 1,47 logkob/g'ın altına düştüğünü tespit etmişlerdir.

Depolama sonunda ise farklı sıcaklıklardaki grupların (60°C, 70°C, 80°C) toplam mezofil aerob bakteri sayısını sırasıyla 42. günde 6,49; 5,24 ve 1,60 olarak saptamışlardır. Sous vide işlemi mikrobiyal yükü azaltmaktadır (Ramos, 2016). Çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen bulgular göstermektedir ki, yüksek sıcaklıkta uygulanan sous vide yöntemi mezofilik bakteriler üzerinde etkilidir.

4.6.2. Toplam psikrofil aerob bakteri bulguları

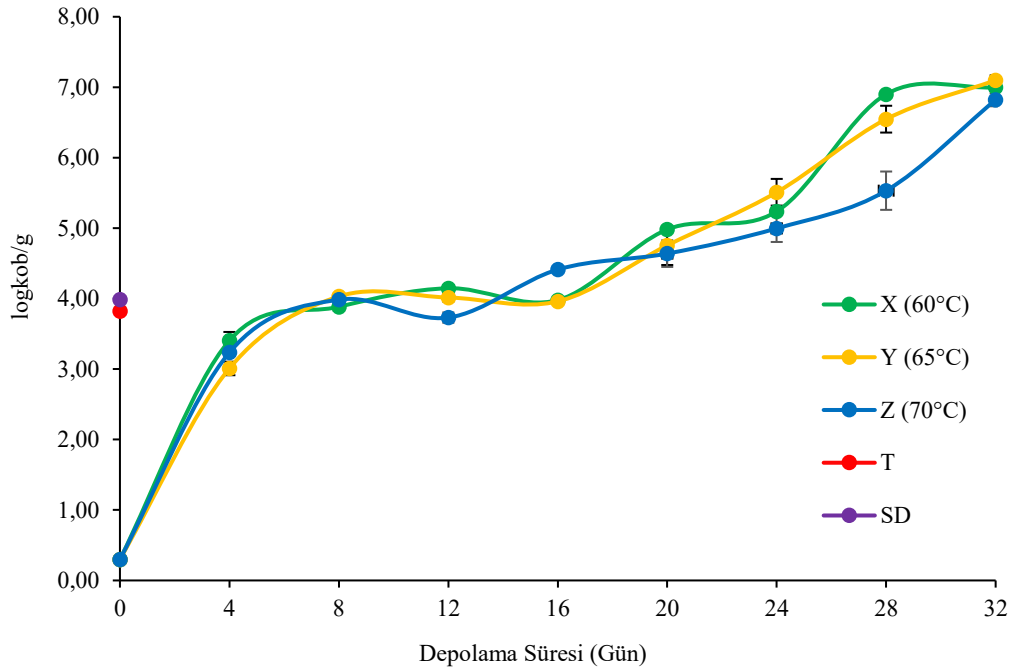
Taze balık eti, sıvı dumanlanan ve sous vide yapılan balık etinin toplam psikrofil aerob bakteri yükü Tablo 4.18' de, Şekil 4.23'te verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama

süresine göre toplam psikrofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ise Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4. 18 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam psikrofil aerob bakteri sayıları

Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 3,83±0,04 ^a	Sıvı Dumanlanmış Fileto 3,99±0,06 ^a	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	0,30±0,00 ^{Eb}	0,30±0,00 ^{Fb}	0,30±0,00 ^{Gb}
4	3,40±0,12 ^{Da}	3,01±0,10 ^{Ea}	3,23±0,05 ^{Fa}
8	3,88±0,06 ^{Ca}	4,03±0,01 ^{CDa}	3,99±0,06 ^{DEFa}
12	4,15±0,04 ^{Ca}	4,02±0,06 ^{CDab}	3,73±0,07 ^{EFb}
16	3,98±0,02 ^{Cb}	3,96±0,00 ^{Db}	4,41±0,02 ^{CDEa}
20	4,98±0,02 ^{Ba}	4,76±0,28 ^{BCa}	4,64±0,19 ^{CDa}
24	5,24±0,00 ^{Ba}	5,51±0,19 ^{Ba}	5,00±0,19 ^{BCa}
28	6,90±0,01 ^{Aa}	6,55±0,19 ^{Aab}	5,53±0,27 ^{Bb}
32	7,00±0,05 ^{Aa}	7,10±0,07 ^{Aa}	6,82±0,09 ^{Aa}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C’de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 23 Gruplarda depolama süresince toplam psikrofil aerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).

Tablo 4. 19 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam psikrofil aerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Toplam Psikrofil	$y = 0,1242x + 2,3599$	$y = 0,173x + 1,5912$	$y = 0,1496x + 1,7899$
Bakteri Sayısı	$r = 0,97$	$r = 0,94$	$r = 0,91$

Psikrofil bakteriler düşük sıcaklıklarda gelişim gösterdikleri için soğuk muhafaza edilen balıkların mikrobiyal yükünü etkilemektedir. FDA (2013)'ya göre toplam psikrofil aerob bakteri sayısının limit değeri 6 logkob/g olarak bildirilmiştir.

Toplam psikrofil aerob bakteri yükü sırasıyla taze balıkta 3,83 logkob/g ve sıvı dumanlanmış örneklerde 3,99 logkob/g olarak belirlenmiştir. Uygulanan ısı işlemi ile birlikte bu değer tüm gruplarda 0,30 logkob/g'a düşmüştür. Depolamanın 28. gününde X ve Y grupları limit değeri aşarken Z grubu 32. günde belirtilen limit değeri aşmıştır. Korelasyon katsayılarına bakıldığında depolama süresine bağlı en yüksek korelasyon katsayısı X grubunda belirlenmiştir (Tablo 4.19).

Çalışmaya benzer olarak Erümit ve Yıldız (2022), taze alabalığın toplam psikrofil aerob bakteri yükünü 3,20 logkob/g olarak tespit etmişlerdir. Sous vide pişirme ile psikrofil bakteri sayısı tüm gruplarda 2,00 logkob/g düşmüş ve depolama süresince artış göstermişlerdir. Depolama sonunda ise düşük sıcaklıkta pişirilen grubun en yüksek toplam psikrofil aerob bakteri sayısına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Özturan (2009), çiğ palamut psikrofil aerob bakteri yükünü 2,72 logkob/g olarak tespit etmiş ve sous vide işlemi sonunda bu değeri >1,00 logkob/g olarak tespit etmiştir. Şişmanlar- Altıkaya (2016)'nın çalışmasında taze sudak balığının psikrofil aerob bakteri sayısı 3,72 logkob/g iken sous vide işlemi sonrasında bu değer 1,47 altına düşmüştür. 42. günde 60°C, 70°C ve 80°C'de sırasıyla 6,29; 6,17 ve 3,31 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmalar ile yapılan çalışmada, psikrofil aerob bakteri sayısı depolama süresince artış göstermiştir.

4.6.3. Toplam anaerob bakteri bulguları

Toplam anaerob bakteri sayımı Tablo 4.20 ve Şekil 4.24'te verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam anaerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4. 20 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam anaerob bakteri sayıları

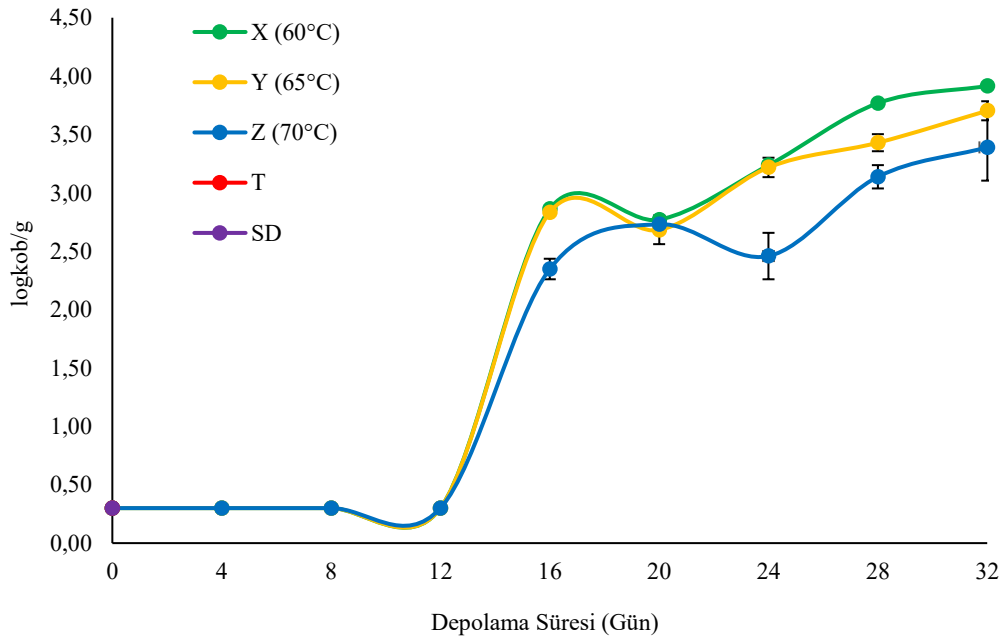
Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 0,30±0,00 ^a	Sıvı Dumanlanmış Fileto 0,30±0,00 ^a	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	0,30±0,00 ^{Fa}	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Da}
4	0,30±0,00 ^{Fa}	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Da}
8	0,30±0,00 ^{Fa}	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Da}
12	0,30±0,00 ^{Fa}	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Da}
16	2,86±0,00 ^{Da}	2,83±0,03 ^{Ca}	2,35±0,09 ^{Cb}
20	2,77±0,03 ^{Ea}	2,68±0,12 ^{Ca}	2,73±0,07 ^{ABCa}
24	3,24±0,02 ^{Ca}	3,22±0,08 ^{Ba}	2,46±0,20 ^{BCb}
28	3,77±0,00 ^{Ba}	3,43±0,07 ^{ABab}	3,14±0,10 ^{ABb}
32	3,92±0,00 ^{Aa}	3,70±0,08 ^{Aa}	3,39±0,28 ^{Aa}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X : 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 24 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam anaerob bakteri sayısı değişimi (logkob/g).

Tablo 4. 21 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre toplam anaerob bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Toplam Anaerob Bakteri Sayısı	$y = 0,1384x - 0,2415$ $r = 0,93$	$y = 0,1301x - 0,1851$ $r = 0,92$	$y = 0,1151x - 0,1453$ $r = 0,93$

Çiğ balık etinde, aromalandırma işlemi sonrası balık etinde ve sous vide pişirilen grupların 0, 4, 8 ve 12. nci günlerinde toplam anaerob bakteri sayısı 0,30 logkob/g olarak belirlenmiştir. 16. günden itibaren grupların toplam anaerob bakteri sayısı dalgalanma göstererek artmış ancak depolama süresince 3,92 logkob/g'ı aşmamıştır.

Garcia Lineras vd. (2004), sous vide pişirilen somon balıklarının anaerob bakteri sayısının 20. günden itibaren artmaya başladığını bildirmiştir. Pino Hernandez (2020), sous vide uygulaması ile pişirilen balıklarda 49 gün depolamada anaerob bakteri sayısında önemli bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Diaz vd. (2011), sous vide pişirilen somon balıklarında 5. ve 10. haftada anaerob bakterilere rastlanmadığını bildirmişlerdir. Coşansu vd. (2011), yaptıkları çalışmada 21. günden itibaren anaerob bakteri sayısının artmaya başladığını 42. günde limon suyu ilavesiz sous vide pişirilen grupların anaerob bakteri sayısının 2,77 logkob/g, limon suyu ilaveli grupların da 63. günde 2,95 logkob/g olduğunu tespit etmişlerdir.

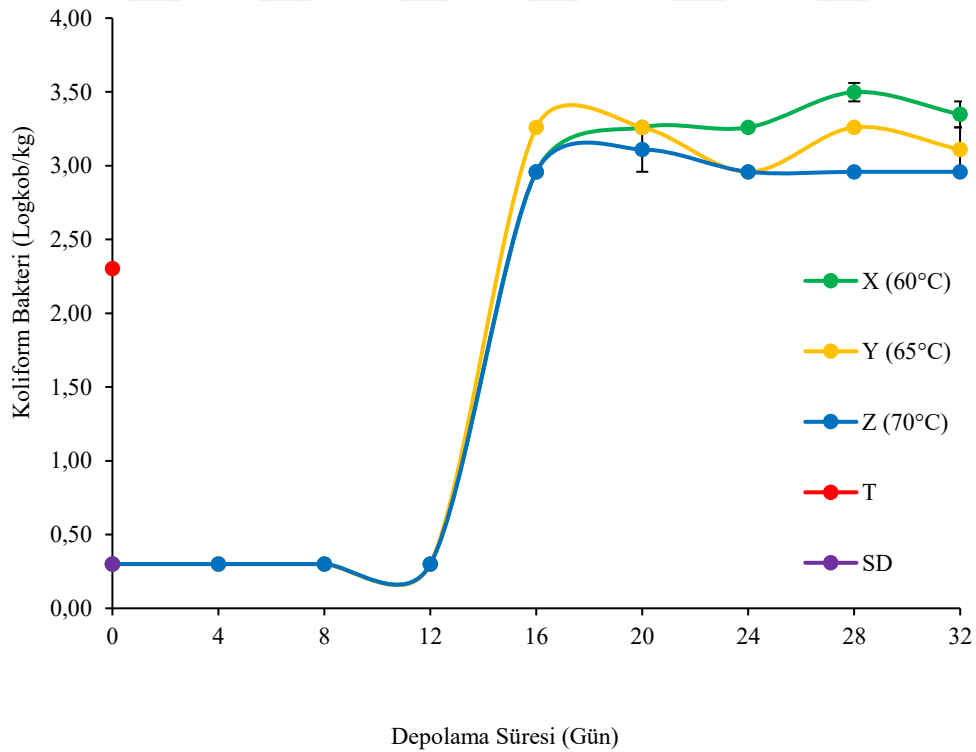
4.6.4. Toplam koliform bakteri bulguları

Toplam koliform bakteri sonuçları Tablo 4.22 ve Şekil 4.25'te verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koliform bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.23'te yer almaktadır.

Tablo 4. 22 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam koliform bakteri sayıları

Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 2,30±0,04 ^a	Sıvı Dumanlanmış Fileto 0,30±0,00 ^b	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	0,30±0,00 ^{Db}	0,30±0,00 ^{Eb}	0,30±0,00 ^{Bb}
4	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Ea}	0,30±0,00 ^{Ba}
8	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Ea}	0,30±0,00 ^{Ba}
12	0,30±0,00 ^{Da}	0,30±0,00 ^{Ea}	0,30±0,00 ^{Ba}
16	2,96±0,00 ^{Cc}	3,26±0,00 ^{Aa}	2,96±0,00 ^{Ab}
20	3,26±0,00 ^{Ba}	3,26±0,00 ^{Aa}	3,11±0,15 ^{Aa}
24	3,26±0,00 ^{Ba}	2,96±0,00 ^{Bc}	2,96±0,00 ^{Ab}
28	3,50±0,06 ^{Aa}	3,26±0,00 ^{Ab}	2,96±0,00 ^{Ac}
32	3,35±0,09 ^{Ab}	3,11±0,15 ^{ABa}	2,96±0,00 ^{Aa}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.

**Şekil 4. 25** Taze ve işlenmiş levreklerde toplam koliform bakteri sayısı değişimi (logkob/g).

Tablo 4. 23 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koliform bakteri sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Toplam Koliform	$y = 0,1278x - 0,0972$	$y = 0,1183x + 0,0013$	$y = 0,1114x + 0,0113$
Bakteri Sayısı	$r = 0,89$	$r = 0,86$	$r = 0,86$

Taze balık etinin toplam Koliform bakteri yükü 2,30 logkob/g olarak tespit edilmiştir. Sıvı dumanlama işlemi ile koliform bakteri yükü 0,30 logkob/g'ga düşmüştür. Sous vide işlemi sonrası gruplarda 16. güne kadar toplam koliform üremesi 0,30 logkob/golarak tespit edilmiş gruplar arası bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Depolama süresince grupların toplam Koliform bakteri yükünde önemli bir artış saptanmamıştır. 32. günde minimum yük, en yüksek ısıda pişirilen Z grubunda saptanmıştır. Mol vd. (2012a), sous vide pişirilen palamut balıklarında depolama süresi boyunca koliform bakteri gelişmediğini bildirmişlerdir. Alves vd. (2020), tilapia filetolarında sous vide işleminin koliform bakteri yükünü azalttığını bildirmiştir. Özturan (2022), kerevitlerle ilgili yaptığı sous vide çalışmasında, sous vide işlemi ile koliform bakterilerin inaktif halde geldiğini bildirmişlerdir. Çalışmalar göz önüne alındığında koliform bakteri oluşmaması taze balıkların iyi kalitede olduğunu, çalışma esnasında ve depolama süresince kontaminasyona uğramağını göstermektedir.

4.6.5. Toplam maya küf sayımı bulguları

Taze balık, sıvı dumanlama sonrası balık filetoları ve X, Y, Z gruplarının toplam maya küf sayıları Tablo 4.24 ve Şekil 4.26'da verilmiştir. Y ve Z gruplarının depolama süresine göre maya küf sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.25'te yer almaktadır.

Tablo 4. 24 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam maya küf sayıları

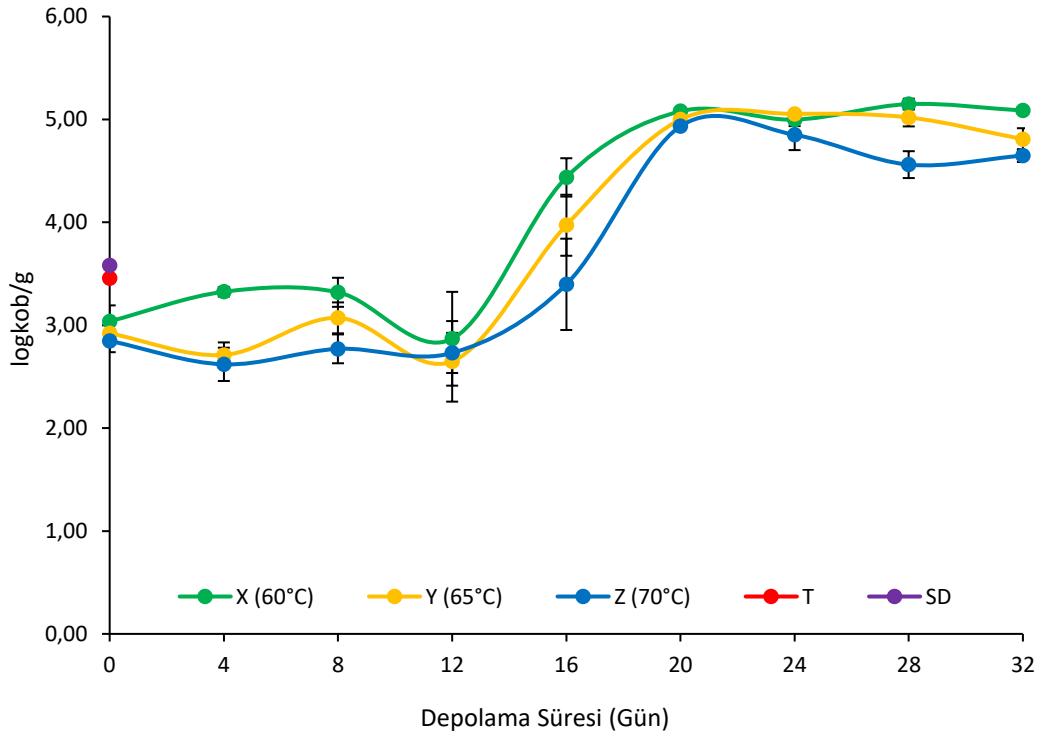
Depolama Süresi (Gün)	Taze Fileto 3,46±0,02 ^{ab}	Sıvı Dumanlanmış Fileto 3,58±0,02 ^a	
	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	3,04±0,03 ^{Cbc}	2,92±0,12 ^{Cc}	2,85±0,11 ^{Bc}
4	3,32±0,11 ^{Ca}	2,71±0,15 ^{Ca}	2,62±0,18 ^{Ba}
8	3,32±0,02 ^{Ca}	3,07±0,03 ^{Ca}	2,77±0,33 ^{Ba}
12	2,87±0,13 ^{Ca}	2,65±0,21 ^{Ca}	2,73±0,07 ^{Ba}
16	4,44±0,00 ^{Ba}	3,97±0,01 ^{Bb}	3,40±0,02 ^{Bc}
20	5,08±0,04 ^{ABa}	5,00±0,00 ^{Aa}	4,93±0,03 ^{Aa}
24	5,00±0,01 ^{ABb}	5,05±0,00 ^{Aa}	4,85±0,01 ^{Ac}
28	5,15±0,11 ^{Aa}	5,02±0,02 ^{Aa}	4,56±0,30 ^{Aa}
32	5,09±0,05 ^{Aba}	4,81±0,15 ^{Aa}	4,65±0,09 ^{Aa}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$).

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$).

X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 26 Taze ve işlenmiş levreklerde toplam maya küf bakteri sayısı değişimi (log kob/g).

Tablo 4. 25 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre maya küf sayısı değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
Toplam Maya Küf Sayısı	$y = 0,0801x + 2,8622$ $r = 0,89$	$y = 0,0866x + 2,5255$ $r = 0,88$	$y = 0,0808x + 2,4138$ $r = 0,87$

FDA (2013)’a göre pişmiş ve soğuk muhafaza edilmiş su ürünlerinin kabul edilebilir değeri <5 logkob/g olarak bildirilmiştir.

Taze balık etinin toplam maya küf sayısı 3,46 logkob/g olarak tespit edilmiştir. Başlangıç değerinin yüksek olması araştırmada kullanılan balıkların işleme tesisinden temizlenmiş olarak temin edilmesi ile ilişkili olabilir. Zira balıkların doğrudan yetiştiricilik kafeslerinden canlı temin edilerek usulüne uygun yapılan öldürme işlemine müteakip yapılan temizleme işlemi ve işlenmeye hazır hale getirilmesi süreçleri balığın tazelik kalitesini etkileyen en önemli hususlardan biridir. İşleme tesisindeki balıkların temizlenme koşulları ve depolama koşulları balıkların başlangıçtaki bakteri yükünü doğrudan etkilemektedir. Bununla birlikte başlangıçtaki maya küf sayısı FDA (2013)’ya göre kabul edilebilir sınır değerinin altındadır. Sıvı dumanlama işlemi ile toplam maya küf sayısı bir miktar artış göstermiştir ($p > 0,05$). Sous vide işlemi sonrası gruplarda 16. güne kadar toplam maya küf sayısı 3 logkob/g’ı geçmemiştir. Depolama süresince grupların toplam maya küf sayısında dalgalanmalar gözlenmiştir. Depolama sonunda ise X, Y ve Z gruplarında sırasıyla maya küf sayısı 5,09; 4,81 ve 4,65 logkob/g olarak tespit edilmiştir. İnanlı ve Yaz (2020), Fırat turnası balığında kontrol grubunda maya küf sayısını 3,93 logkob/g olarak saptamışlardır. 42°C’de 20 dakika pişirilen grupların toplam maya küf sayısını 4,09 logkob/g ve 56°C’de 10 dakika pişirilen grupların maya küf sayısını 8,10 logkob/g olarak tespit etmişlerdir.

4.7. Duyusal Analiz Bulguları

X, Y, Z grupları tat ve sululuk, koku, tekstür, aroma ve görünüş parametreleri açısından panelistler tarafından değerlendirilmiştir.

Grupların tat ve sululuk sonuçları Tablo 4.26 ve Şekil 4.27’de verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tat ve sululuk puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4. 26 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince tat ve sululuk puanları

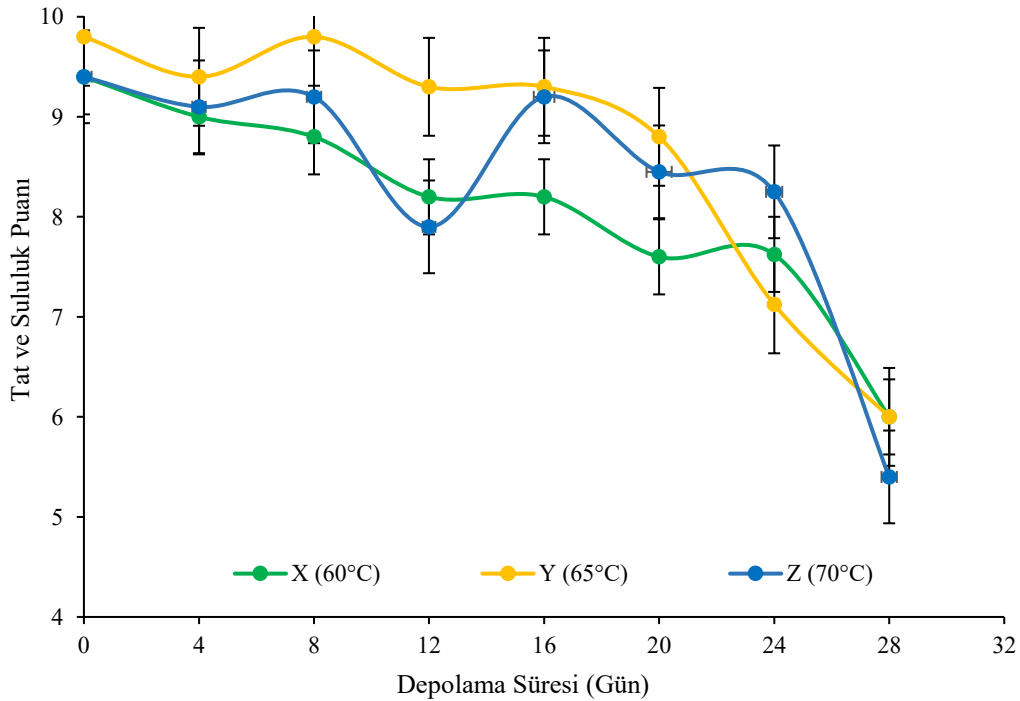
Gün/Grup	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	9,40±0,00 ^{Aa}	9,80±0,00 ^{Aa}	9,40±0,00 ^{Aa}
4	9,00±0,00 ^{Aba}	9,40±0,00 ^{Aa}	9,10±0,00 ^{ABa}
8	8,80±0,00 ^{ABCb}	9,80±0,00 ^{Aa}	9,20±0,00 ^{ABab}
12	8,20±0,00 ^{BCDb}	9,30±0,00 ^{Aa}	7,90±0,00 ^{Bb}
16	8,20±0,00 ^{BCDb}	9,30±0,00 ^{Aa}	9,20±0,00 ^{ABa}
20	7,60±0,00 ^{Db}	8,80±0,00 ^{Aa}	8,45±0,00 ^{ABab}
24	7,63±0,00 ^{CDa}	7,13±0,00 ^{Ba}	8,25±0,00 ^{ABa}
28	6,00±0,00 ^{Ea}	6,00±0,00 ^{Ba}	5,40±0,00 ^{Ca}
32	*	*	*

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 27 X, Y, Z gruplarının depolama süresince tat ve sululuk puanları

Tablo 4. 27 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tat ve sululuk puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
Tat ve Sululuk	$y = -0,102x + 9,5312$ $r=0,94$	$y = -0,1219x + 10,398$ $r= 0,86$	$y = -0,0988x + 9,7458$ $r= 0,74$

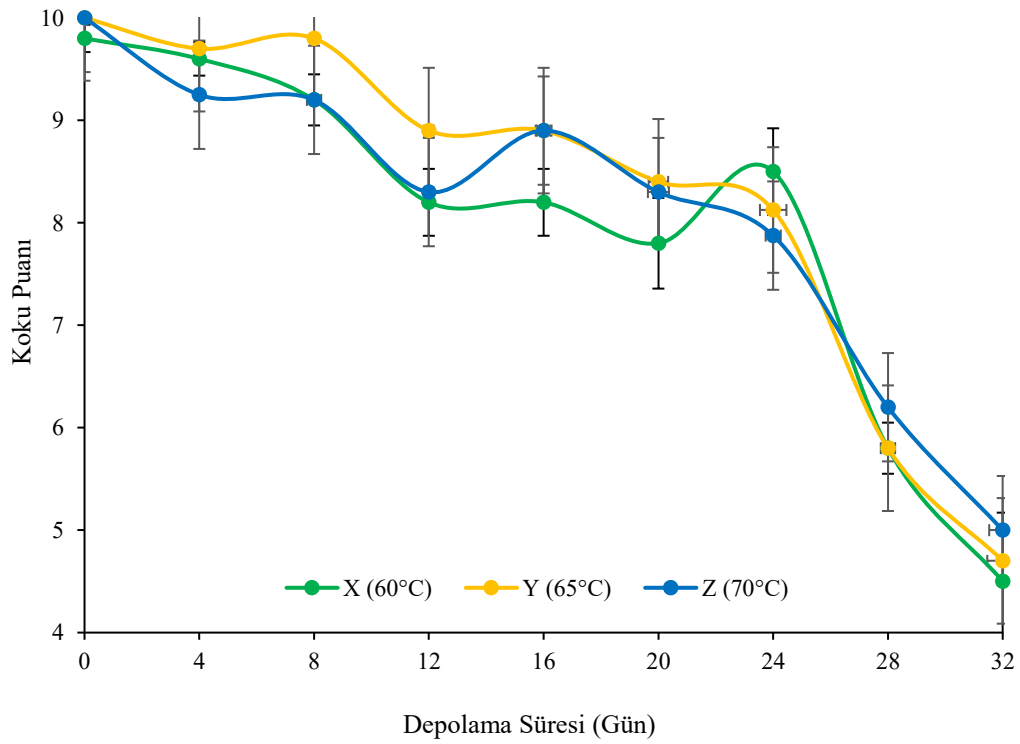
Gruplar, tat ve sululuk puanları açısından (Tablo 4.26 ve Şekil 4.27) değerlendirildiğinde; sous vide pişirme sonrasında 0. günde gruplar arasında fark görülmemektedir ($p>0,05$). Gruplar arasındaki farklılık 24. güne kadar gözlenmiştir. Panelistler, grupları 20. güne kadar karakteristik dumanlanmış balık lezzetinde ve oldukça sulu olarak değerlendirmiştir. Depolama sonunda (28. gün) tat ve sululuk puanı bakımından X ve Y grubu aynıdır ($p>0,05$). Depolama sonunda Z grubu ise 5,40 puan ile en düşük puan alan grup olmakla birlikte istatistiksel açıdan 3 grupta birbirine benzerdir. Bununla birlikte depolama süresince panelistler tarafından tat ve sululuk puanı bakımından en yüksek puanı Y grubu almıştır. Diaz vd. (2009) sous vide işlemi sonrası sululuk puanını 4,63, depolama sonundaki sululuk puanını ise 2,62 olarak tespit etmişlerdir. Sous vide pişirmenin depolama süresince sululuk derecesini azalttığını bildirmişlerdir. Çetinkaya vd. (2015) farklı sıcaklıklarda (75°C, 85°C ve 95°C) sous vide uygulanan gruplarda; lezzet bakımından 75°C pişirilen grupların en yüksek puana sahip olduğunu, 95°C’de pişirilen grupların da en düşük puana sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Duyusal analiz parametrelerinden olan koku değerlendirmesi Tablo 4.28 ve Şekil 4.28’te verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koku puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.29’ da verilmiştir.

Tablo 4. 28 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince koku puanları

Gün/Grup	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	9,80±0,00 ^{Aa}	10,00±0,00 ^{Aa}	10,00±0,00 ^{Aa}
4	9,60±0,00 ^{Aa}	9,70±0,00 ^{ABa}	9,25±0,00 ^{ABa}
8	9,20±0,00 ^{Aba}	9,80±0,00 ^{Aa}	9,20±0,00 ^{ABa}
12	8,20±0,00 ^{Aba}	8,90±0,00 ^{ABCa}	8,30±0,00 ^{BCa}
16	8,20±0,00 ^{Aba}	8,90±0,00 ^{ABCa}	8,90±0,00 ^{ABCa}
20	7,80±0,00 ^{Ba}	8,40±0,00 ^{BCa}	8,30±0,00 ^{BCa}
24	8,50±0,00 ^{ABa}	8,13±0,00 ^{Ca}	7,86±0,00 ^{Ca}
28	5,80±0,00 ^{Ca}	5,80±0,00 ^{Da}	6,20±0,00 ^{Da}
32	4,50±0,00 ^{Ca}	4,70±0,00 ^{Da}	5,00±0,00 ^{Ea}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş



Şekil 4. 28 X, Y, Z gruplarının depolama süresince koku puanları

Tablo 4. 29 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre koku puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Koku	$y = -0,1433x + 10,249$ $r = 0,89$	$y = -0,1531x + 10,708$ $r = 0,91$	$y = -0,1325x + 10,234$ $r = 0,91$

Tablo 4.28 ve Şekil 4.28’ de görüldüğü gibi 0. günde tüm grupların koku puanları benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Gruplarda 24. güne kadar koku puanları yüksek seyretmiştir. Gruplar karakteristik dumanlanmış balık kokusunda olarak değerlendirilmiştir. Depolama süresince gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemektedir ($p>0,05$). Depolamanın son gününde X, Y, Z gruplarının koku puanları sırasıyla 4,50; 4,70 ve 5,00 olarak belirlenmiş ancak aralarında istatistiksel olarak farklılık görülmemektedir ($p>0,05$). Y grubu tat ve sululuk değerlendirmesinde olduğu gibi koku puanlarında da depolama süresince en yüksek beğeniyi almıştır.

Mikrobiyolojik analiz sonuçları göz önünde tutularak 28. günden sonra tüm gruplar yalnızca koku puanı açısından panele alınmıştır. Şişmanlar-Altıkaya (2016), farklı sıcaklıklarda (60°C, 70°C ve 80°C) sous vide uyguladığı çalışmada koku puanlarını 35. günde sırasıyla 2,25; 4,25 ve 5,75 olarak tespit etmiştir. Gonzalez- Fandos vd. (2005), 65°C’de sous vide uygulanan grupların koku bakımından 21. günde en düşük puana sahip olduğunu, 90°C’de pişirilenlerin ise 45. günde düşük puana sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Oluşan kötü kokunun, depolama sırasında bakteriyel ve kimyasal değişikliklerle ilgili olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca vakum paketlemenin oksidasyonu geciktirdiği için sous vide teknolojisinin yağlı balıklarının kalitesini koruyabileceğini belirtmişlerdir.

Duyusal analiz parametrelerinden olan tekstür değerlendirmesi Tablo 4.30 ve Şekil 4.30’da verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4. 30 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince tekstür puanları

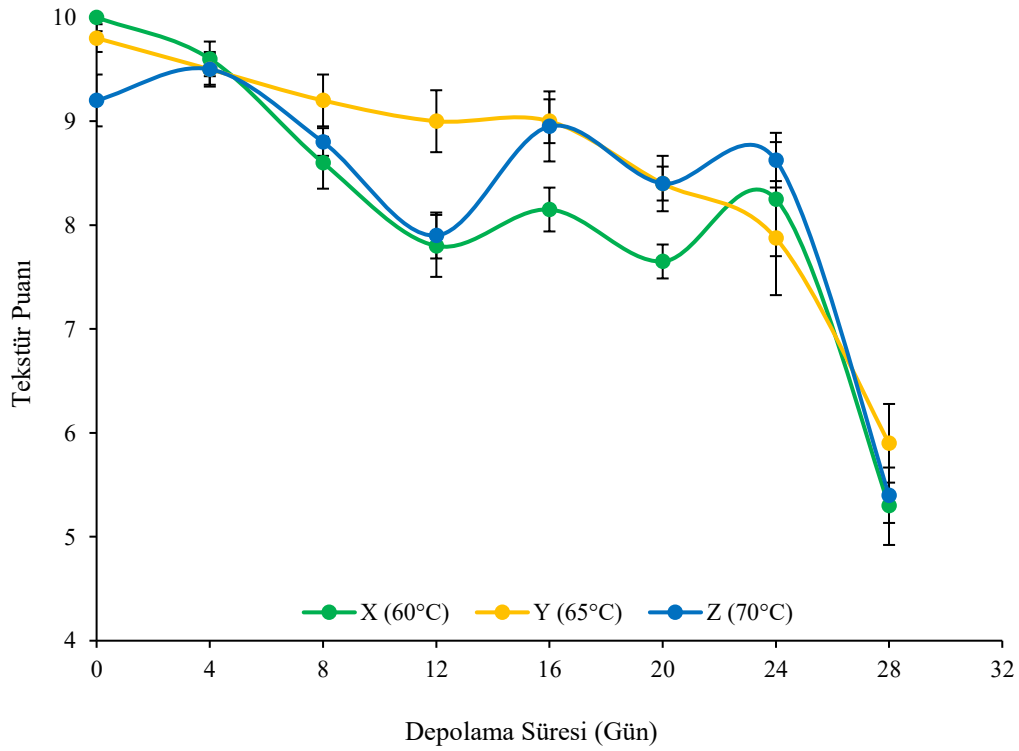
Gün/Grup	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	10,00±0,00 ^{Aa}	9,80±0,00 ^{Aa}	9,20±0,00 ^{Ab}
4	9,60±0,00 ^{ABa}	9,50±0,00 ^{ABa}	9,50±0,00 ^{ABa}
8	8,60±0,00 ^{BCa}	9,20±0,00 ^{ABa}	8,80±0,00 ^{ABCa}
12	7,80±0,00 ^{Cb}	9,00±0,00 ^{ABCa}	7,90±0,00 ^{Cb}
16	8,15±0,00 ^{Ca}	9,00±0,00 ^{ABCa}	8,95±0,00 ^{ABCa}
20	7,65±0,00 ^{Ca}	8,40±0,00 ^{BCa}	8,40±0,00 ^{BCa}
24	8,25±0,00 ^{Ca}	7,88±0,00 ^{Ca}	8,63±0,00 ^{ABCa}
28	5,30±0,00 ^{Da}	5,90±0,00 ^{Da}	5,40±0,00 ^{Da}
32	*	*	*

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)

X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;

Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş



Şekil 4. 29 X, Y, Z gruplarının depolama süresince tekstür puanları

Tablo 4. 31 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre tekstür puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Tekstür	$y = -0,1254x + 9,925$ $r = 0,86$	$y = -0,1126x + 10,16$ $r = 0,89$	$y = -0,0926x + 9,6438$ $r = 0,71$

Tekstür puanlarına bakıldığında sous vide işlemi sonrası 0. günde X ve Y grubu benzer iken Z grubu farklıdır ($p>0,05$). Depolama süresince grupların tekstür puanlarında dalgalanmalar görülmektedir. 28. güne kadar grupların tekstür puanı 7'in altına düşmemiştir. Bu durum balık etinin 28. güne kadar çok az da olsa sıkı olduğunu göstermektedir. 24. günde X, Y ve Z gruplarının tekstür puanı sırasıyla 8,25; 7,88 ve 8,63 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonu olan 28. günde ise tekstür puanı sırasıyla 5,30; 5,90 ve 5,40 olarak saptanmıştır. 28. günde tekstür puanları oldukça düşmüş olup, gruplar arasında fark görülmemektedir ($p>0,05$). Tablo 4.31 incelendiğinde, tekstür puanlarının zamana bağlı değişiminde Z grubunu korelasyon katsayısı en düşük iken Y grubunun korelasyon katsayısı en yüksek olarak tespit edilmiştir.

Erümit (2022), gökkuşağı alabalıklarına farklı sıcaklıklarda (55°C, 65°C ve 70°C) sous vide uygulanan gruplarda 0. günde tekstür puanlarını sırasıyla 5,00; 3,67; 3,67 olarak tespit etmiş, depolama sonunda ise tekstür puanlarını sırasıyla 1,67; 2,33 ve 2,67 olarak bildirilmiştir.

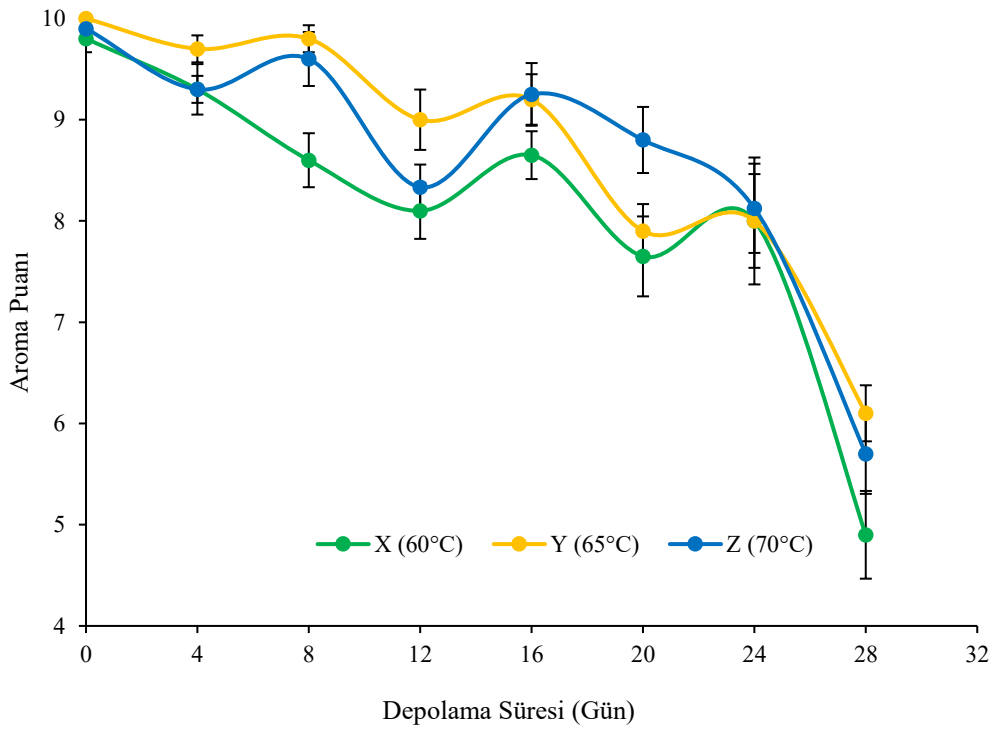
Pongsetkul ve Benjakul (2022), kurutulmuş ekşi tuzlu fermente *Megalaspis cordyl* balığına uygulanan sous vide işlemi ile grupların tekstür puanlarının depolama süresince azaldığını, 60°C de sous vide uygulanan grupların 40°C'de sous vide uygulanan gruplara göre daha düşük puana sahip olduklarını belirtmişlerdir. Bunun sonucunda yüksek sıcaklık ve uzun süreli ısı işleminin tekstürü etkilediğini bildirmişlerdir.

Duyusal analiz parametrelerinden biri olan aroma puanları Tablo 4.32 ve Şekil 4.30'da verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre aroma puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları ise Tablo 4.33'te verilmiştir.

Tablo 4. 32 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince aroma puanları

Gün/Grup	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	9,80±0,00 ^{Aa}	10,00±0,00 ^{Aa}	9,90±0,00 ^{Aa}
4	9,30±0,00 ^{ABa}	9,70±0,00 ^{Aa}	9,30±0,00 ^{ABa}
8	8,60±0,00 ^{ABCb}	9,80±0,00 ^{Aa}	9,60±0,00 ^{ABCa}
12	8,10±0,00 ^{BCa}	9,00±0,00 ^{ABCa}	8,33±0,00 ^{BCa}
16	8,65±0,00 ^{ABCa}	9,20±0,00 ^{ABa}	9,25±0,00 ^{ABCa}
20	7,65±0,00 ^{Ca}	7,90±0,00 ^{Ca}	8,80±0,00 ^{ABCa}
24	8,00±0,00 ^{BCa}	8,00±0,00 ^{BCa}	8,13±0,00 ^{Ca}
28	4,90±0,00 ^{Da}	6,10±0,00 ^{Da}	5,70±0,00 ^{Da}
32	*	*	*

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4.30 X, Y, Z gruplarının depolama süresince aroma puanları

Tablo 4. 33 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre aroma puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Aroma	$y = -0,1283x + 9,9208$ $r = 0,85$	$y = -0,1229x + 10,433$ $r = 0,91$	$y = -0,1094x + 10,158$ $r = 0,81$

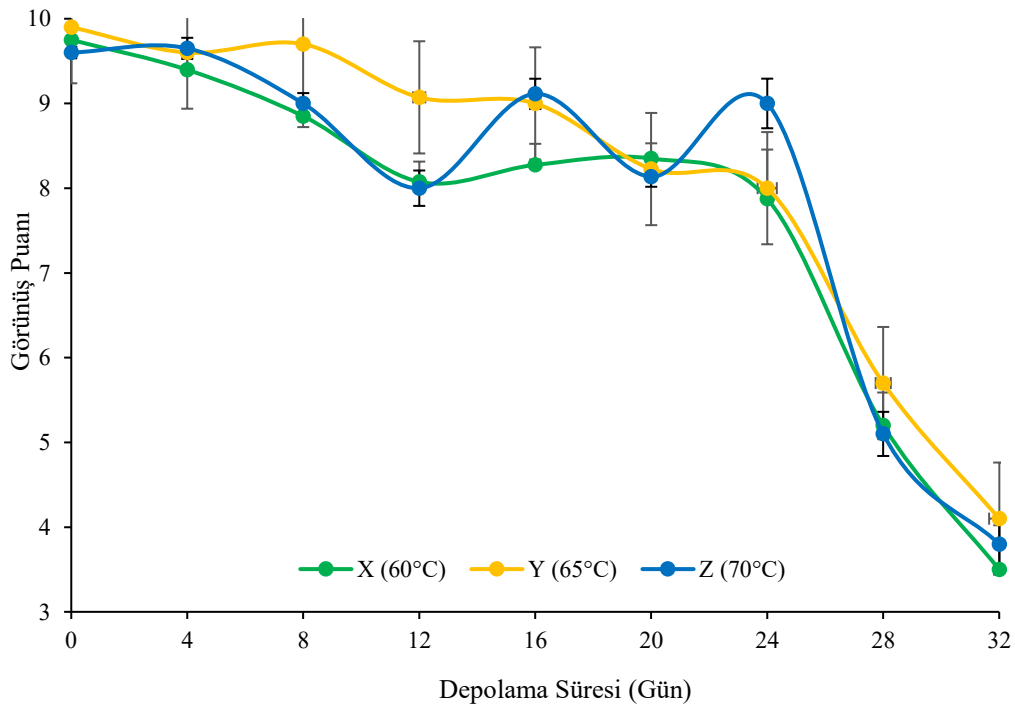
Grupların 0. günde aroma puanları değerlendirildiğinde gruplar arasında benzerlik görülmektedir ($p>0,05$). Gruplar arasında ve depolama günlerin aroma puanı dalgalanmalar göstermektedir. Sous vide işlemi sonrasında gruplarda istenen aroma özelliği sıvı dumanın yüksek derecede hissediliyor olmasıdır. İstenen aroma X grubunda 8. günden itibaren düşüş gösterirken, Y ve Z grubunda ise 16. günden itibaren düşmeye başlamıştır. Depolama sonunda gruplar arasında farklılık görülmesi ($p>0,05$) de X grubu en düşük değere sahiptir. Depolama sonrasında 28. günde X, Y ve Z gruplarının sırasıyla aroma puanı 4,90; 6,10 ve 5,70 olarak tespit edilmiştir. Korelasyon katsayılarına bakıldığında aromanın zamana bağlı değişiminde en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan Y grubudur. Diaz vd. (2011), 10 hafta sonrasında koku ve lezzet puanlarının %60 düştüğünü bildirmişlerdir. Lipidlerin parçalanma bileşikleri ve bunların sekonder bileşikleri, pişmiş balık tadı ve aromasına güçlü bir katkıda bulunur. Serbest çoklu doymamış yağ asitlerinin parçalanmasından kaynaklanan tat bozulması, somonun depolanmadan önce pişirilmesi ile inhibe edilir (Refsgaard vd., 2000).

Duyusal analiz parametrelerinden biri olan görünüş puanları Tablo 4.34 ve Şekil 4.31’ de verilmiştir. X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre görünüş puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları Tablo 4.35’te verilmiştir.

Tablo 4. 34 X, Y ve Z gruplarının depolama süresince görünüş puanları

Gün/Grup	X (60°C)	Y (65°C)	Z (70°C)
0	9,75±0,13 ^{Aa}	9,90±0,07 ^{Aa}	9,60±0,07 ^{Aa}
4	9,40±0,15 ^{Aa}	9,60±0,12 ^{Aa}	9,65±0,12 ^{ABa}
8	8,85±0,17 ^{ABCa}	9,70±0,12 ^{Ab}	9,00±0,12 ^{ABCb}
12	8,08±0,24 ^{BCa}	9,07±0,21 ^{ABb}	8,00±0,21 ^{Cb}
16	8,28±0,25 ^{BCa}	9,00±0,18 ^{ABa}	9,11±0,18 ^{ABa}
20	8,35±0,18 ^{ABCa}	8,23±0,12 ^{BCa}	8,14±0,12 ^{BCa}
24	7,88±0,58 ^{Ca}	8,00±0,33 ^{Ca}	9,00±0,29 ^{ABCa}
28	5,20±0,39 ^{Da}	5,70±0,26 ^{Da}	5,10±0,26 ^{Da}
32	3,50±0,52 ^{Ea}	4,10±0,35 ^{Ea}	3,80±0,35 ^{Ea}

A, B, C (↓): Farklı harf taşıyan günler arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$).
a, b, c (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0,05$)
X: 60°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş; Y: 65°C'de 20dk. sous vide pişirilmiş;
Z: 70°C'de 20 dk. sous vide pişirilmiş.



Şekil 4. 31 X, Y, Z gruplarının depolama süresince görünüş puanları

Tablo 4. 35 X, Y ve Z gruplarının depolama süresine göre görünüş puanlarının değişimine ait regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları

Gruplar /Kriter	X (60°C)	Y(65°C)	Z(70°C)
Görünüş	$y = -0,1636x + 10,315$ $r = 0,88$	$y = -0,1631x + 10,754$ $r = 0,90$	$y = -0,153x + 10,381$ $r = 0,81$

Sous vide işlemi sonrası 0. günde gruplar arasında istatistiksel olarak fark görülmemektedir ($p>0,05$). Gruplar ve günler arasında görünüş puanı dalgalanmalar göstermekle birlikte depolama süresince gruplar istatistiksel olarak benzer olmuştur ($p>0,05$). 28. gün itibari ile tüm grupların görünüş puanlarında azalmalar olmuştur.

32. günde X, Y ve Z gruplarının görünüş puanları 3,50; 4,10 ve 3,80 olarak tespit edilmiştir. Depo sonunda görünüş puanı en yüksek olan grup Y grubudur. Tablo 4.35 incelendiğinde depolama süresince görünüş puanlarının zamana bağlı olarak korelasyon katsayısı en yüksek olan grup Y grubudur. Yani görünüş puanının zamana bağlı değişimi arasında güçlü bir ilişki vardır. Bu diğer gruplarda da benzer olmuştur. Depolama süresince tüm fiziksel veya kimyasal özelliklerdeki değişiklikler, ürünün görünümünü etkileyebilir, nem ve renkteki değişikliklere neden olarak belirli bir ölçüde görünüm algısını etkileyebilir. Yüksek sıcaklık uygulamaları duyu kalitede düşüşe sebep olmaktadır, bu yüzden 60-80°C arasındaki uygulamalar sous vide teknolojisinde önerilmektedir (Coşansu vd., 2011).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıdaların çeşitli pişirme yöntemleri, ürünlerin lezzetini geliştirmenin yanı sıra raf ömrünü uzatmada da etkili olmaktadır. Artan hızlı tüketim alışkanlıkları ile insanların ısıt tüket ürünlere olan ilgisi artmış, hemen her yerde ısıtılıp tüketilmeye hazır gıda ürünleri boy göstermeye başlamıştır. Kuru bakliyat ürünlerinden, etli ev yemeklerine, sebze yemeklerinden tavuk yemeklerine kadar gıda sektöründe ısıt/pişir, aç/bitir ürünler bulunmaktadır.

Su ürünleri, özellikle balık eti, tüketiciler için önemli bir besin kaynağıdır. Bu ürünlerin sağlıklı ve besleyici olmaları, $\omega 3$ yağ asitleri gibi önemli besin maddelerini içermeleri, tüketicileri bu ürünlere yönlendiren faktörler arasındadır. Ülkemizde son yıllarda artan yetiştiricilik faaliyetleri ile büyük miktarlarda üretilen levrek balığı, genellikle taze olarak tüketilmekte ya da donmuş fileto halinde pişirilmeye hazır ürün olarak tüketiciye sunulmaktadır. Yine ihraç edilen hayvansal protein kaynaklarından biri olan levrek balığı başı kesilmiş iç organları çıkarılmış bütün ya da fileto halinde dış pazarda yerini almaktadır. Levrek balığının bu şekilde üretiminden başka hem ürün yelpazesinin artırılması hem de tüketiciye yeni tatlar sunulması amacıyla bazı işleme yöntemlerinin kombine edilerek yeni ürünler elde edilmesine hem iç hem de dış pazarda ihtiyaç vardır. Yeni ürünler elde edilirken ise besin değerini kaybetmeden ve müşteri memnuniyetinin yüksek derecede olacağı kaliteli ürünler ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan ön denemelerle levrek balığı etine en uygun tuz, yağ ve sıvı duman oranları belirlendikten sonra balık eti sous vide yöntemiyle pişirilmiştir. Uygulanan sıvı duman ilavesi ve 60-65 ve 70°C’de olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta sous vide pişirmenin levrek balığı eti kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu sonuca varabilmek için +2°C’deki soğuk koşullarda depolanan levrek balıklarında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler ile duyu analizler belirli periyotlarla tekrarlanmıştır. Ayrıca taze levreklerdeki besin kompozisyonunun uygulanan kombine işleme yöntemlerinden ne kadar etkilendiğini ortaya koymak için temel besin analizleri de gerçekleştirilmiştir.

Besin kompozisyonu, yağ asitleri ve amino asit analizleri taze balıkta, sıvı dumanlanmış fileto ve sous vide pişirilen gruplarda 0. günde ve sous vide pişirilen grupların raf ömrü sonunda (32. gün) yapılmıştır. Taze balığın ham yağ miktarını sıvı dumanlama işlemi

etkilemezken sous vide işlemi yağ miktarının artmasına neden olmuş ancak buna pişirme sıcaklıklarının etkisi önemsiz olmuştur. Aynı şekilde ham protein miktarı da sıvı dumanlama işleminden etkilenmezken, sous vide işlemindeki 5°C'lik pişirme sıcaklığı artışı ile kısmen daha fazla su kaybı görülen grupta (Y grubu) protein miktarı da daha yüksek tespit edilmiştir. Taze balıkta belirlenen ve mineral maddeleri temsil eden ham kül miktarı sıvı dumanlama sonrasında da değişmemiş, pişirme uygulaması yapılan sous vide işleminden sonra ise az miktardaki su kaybı ile bir miktar artmıştır. Raf ömrü sonunda gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar çıksa da bu farklılıklar başlıca pişirmeye bağlı su kayıpları nedeniyle olup, ürünlerin besin kaybına uğradıkları söylenebilir.

Yağ asitleri analiz sonuçlarına göre; farklı sıcaklık uygulamalarıyla birlikte, grupların doymuş yağ asidi (SFA), doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeriklerinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Sıcaklık arttıkça, grupların SFA ve PUFA içerikleri artmış, MUFA içeriği ise azalmıştır. Depolama sürecinde gıdalarda bazı besleyici unsurlarda azalmalar gözlemlenmektedir, bunlardan biri de $\omega 3$ yağ asitleridir. Yapılan çalışmada, grupların $\omega 3$ içeriklerinin depolama süresince azaldığı ve $\omega 6/\omega 3$ oranlarının orantısız olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Amino asit analizleri sonuçlarında ise depolamanın başlangıcında 60°C'de pişirilen X grubunun esansiyel amino asit içeriği en yüksek seviyede iken, depolama süresinin son gününde Z grubunda esansiyel amino asit içeriği daha fazla tespit edilmiştir.

Fiziksel analizlerin sonuçlarına bakıldığında; su aktivitesi analizinde sous vide pişirilen grupların su aktivitesi 0. güne göre depolama süresince düşüş göstermiştir. Fakat aynı günler içerisinde gruplar arasında belirgin bir fark oluşmamıştır. Renk analizlerinde ise sous vide pişirilen gruplarda yüksek sıcaklık uygulanan Z grubunda zamanla et renginde yeşillenme gözlemlenmiştir. Sous vide pişirme işleminin b^* (sarılık) ve L (parlaklık) değerlerinin artmasında etkili olduğu görülmektedir. Balık kalitesini belirlemede önemli rol oynayan pH analizinde X, Y ve Z gruplarının pH'sı depolama süresi boyunca değişkenlik göstermiştir.

Tüketime sunulacak su ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde, tazelik durumunu değerlendirmek için kullanılan en önemli kriterlerden biri TVB-N analizidir. Bu analiz, ürünün bozulma sürecindeki nitrojen bileşenlerini ölçerek, tazelik seviyesini değerlendirmeye yardımcı olur. TVB-N analizi, su ürünlerinin raf ömrü ve tüketiciye

sunulmadan önceki kalitesini belirlemede önemli bir araçtır. Bu analiz sonucuna göre balık etinin tazelik derecelendirmesi yapılmasına karşın son yıllarda temel olarak verilen TVB-N limit değerlerine (TVB-N değerlerini 25 mg/100g ve altında “çok iyi”, 25-30 mg/100g arasında “iyi”, 30-35 mg/100g arasında “pazarlanabilir”, 35 mg/100g veya üzerini “bozulma”) bazı balık türlerinde ulaşılamadığı gözlemlenmektedir. Balık etine uygulanan ısı işlemler, marinasyon ve uygun paketlenme gibi unsurlar, TVB-N artışını yavaşlatarak su ürünlerinin tazelik ve kalitesini koruma konusunda önemli bir rol oynar. Bu çalışmada, gruplarda mikrobiyolojik bozulma 28 ve 32. günlerde tespit edilmiş olmasına rağmen, 28. günde TVB-N içerikleri sırasıyla 22, 27 ve 26,55 mg N/100g düzeylerinde sabit kalmıştır. Ancak mikrobiyolojik bozulma meydana geldikten sonra, TVB-N artışı daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu durumda, balıkta bozulmaya neden olan bakterilerin ürettiği metabolitlerin, bozulma sürecinin son evresinde TVB-N artışını hızlandırdığı söylenebilir.

Gıda ürünlerinde yağ oksidasyonunu belirlemede kullanılan analiz metotları arasında iyot sayısı, peroksit sayısı, TBARs gibi çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Su ürünlerinde meydana gelen yağ oksidasyonunu belirlemede özellikle TBARs analizi yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Araştırmada kullanılan taze balık etinin başlangıçta belirlenen TBARs değeri oldukça düşükken, sıvı dumanlama işlemi sonrasında bu değer 5 katından fazla bir artış göstermiştir. Aromalandırmada kullanılan sıvı duman ekstraktının TBARs değerinin yüksek olması, bu artışın sıvı duman ekstraktından kaynaklandığını göstermektedir. Sous vide işlemi sonrası ise TBARs değeri düşmüştür. Z grubu, depolamanın ilk gününde 70°C'de pişirildiğinde, TVB-N ve TBARs içeriği diğer gruplara kıyasla belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. 32 günlük depolama süreci boyunca yapılan incelemede ise, yüksek ısıda pişirmenin, depolamanın ilerleyen günlerinde hem TVB-N hem de TBARs artışını önemli ölçüde geciktirdiği tespit edilmiştir.

Toplam mezofil ve psikrofil aerob bakteri analizleri sonucunda her iki bakteri türü açısından X ve Y grubu 28. günde, Z grubu ise 32. günde limit değerlerini aşmıştır. Toplam anaerob bakteri sayısı 12.gün itibari ile artmaya başlamış ve 32. günde en fazla yük içeren grubun X grubu olduğu saptanmıştır. Taze balığın toplam koliform bakteri yükü sous vide işlemi sonrasında düşüş göstermiş ve 32. günde minimum yük Z grubunda tespit edilmiştir. Toplam maya küf sayısı ise 32. günde X grubunda limit değerleri aşmıştır. Tüm mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, yüksek sıcaklıkta pişirilen Z grubunun mikrobiyolojik açıdan daha iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.

Duyusal analiz sonuçlarına göre depolamanın ilk gününde tat sululuk, koku ve aroma açısından Y grubu en yüksek değere sahiptir. Depolama sonunda ise tat ve sululuk bakımından X, Y grubu, koku bakımından Z grubu en yüksek puanı almıştır. Tekstür, aroma ve görünüş bakımından değerlendirildiğinde gruplar arasında fark görülmemektedir ($p>0,05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre depolamanın ilk gününde tat sululuk, koku ve aroma açısından Y grubu en yüksek değere sahiptir. Depolama sonunda ise tat ve sululuk bakımından X, Y grubu, koku bakımından Z grubu en yüksek puanı almıştır. Tekstür, aroma ve görünüş bakımından değerlendirildiğinde gruplar arasında fark görülmemektedir ($p>0,05$).

Renk, duysal analiz sonuçları ve besin kompozisyonu analizleri değerlendirildiğinde depolamanın ilk gününde 65°C de pişirilen Y grubunun tüm depolama süresi sonunda ise 70°C de pişirilen Z grubunun daha iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince yapılan analizlerden mikrobiyolojik analizlerin sous vide pişirilen sıvı duman aromalı levrek balıklarının raf ömrünün belirlenmesinde belirteç analiz olduğu; 60°C ve 65°C de 20 dk pişirilen aromalandırılmış levrek balığı filetolarının raf ömrünün 28 gün, 70°C de 20 dk pişirilen Z grubunun ise raf ömrünün 32 gün olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak araştırma süresince yapılmış olan tüm analiz sonuçları göz önünde bulundurulduğunda besin kalitesi, kalite parametreleri (kimyasal, mikrobiyolojik) ve duysal değerlendirmelere göre 70°C’de sous vide yapılan ürün grubu (Z grubu) daha iyi bulunmuştur. Levrek balığından elde edilen bu yeni ürüne ilişkin kombine işleme yönteminin su ürünleri işleme sektörüne faydalı olacağı ve bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Sıvı duman ekstraktı, su ürünlerinde kullanılan teknolojilerle özellikle de minimal işleme teknikleri ile kombine edilerek diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi su ürünlerinde yaygın kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adeyeye, S. A. O. (2019). Smoking of fish: A critical review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 17(6), 559-575.
- Akgözlü, E.D. (2018). *Levrek balığının (Dicentrarchus labrax, Linnaeus 1758) besin kompozisyonu ve bazı kalite parametreleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisi*. (Yüksek lisans tezi), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Muğla.
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Zubcov, E., Shahidi, F., & Alexis, M. (2002). Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79(2), 145-150.
- Alasalvar, C., Miyashita, K., Shahidi, F., & Wanasundara, U. (Eds.). (2011). *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*. John Wiley & Sons.
- Alçiçek, Z. (2011). The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid-smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food chemistry*, 128(3), 683-688.
- Alçiçek, Z. (2010). *Farklı oranlarda tuzlanarak sıcak tütsüleme ve sıvı tütsüleme teknikleri uygulanmış alabalık (Oncorhynchus mykiss) filetolarının vakum paketlenmiş ve buzdolabı koşullarında depolanmalarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi*. (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alçiçek, Z., Bekcan, S., & Hasan, H. A. (2009). Farklı tuz oranları ile sıvı tütsülenmiş alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) duyu özellikleri ve et veriminin incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (352), 18-23.
- Alpbaz, A. 2005. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Alp Yayınları. 197-198 S. İzmir
- Alves, L. F. D. S., Corrêa, S. D. S., Rocha, J. D. A. M., Amado, D. A. V., Cottica, S. M., & Souza, M. L. R. D. (2020). Use of natural antioxidants in sous vide tilapia fillet. *Boletim De Indústria Animal*, 77, 1-12.
- Anonim (2023a). https://animaldiversity.org/accounts/Dicentrarchus_labrax/ Erişim Tarihi: 10.11.2023
- Anonim, (1998). Amino Acid Analyzer LC 3000 Operation Manual (AAAOM) Sample Preparation for Physiological Fluids (Tissue Extract). In: Manual version 4.1. of Eppendorf Biotronik Co., pp 65-81.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 2 vols. 16th Edition. Arlington, VA, USA, Association of Analytical Communities.
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed., Gaithersburg, MD.
- Arason, S., Nguyen, M. V., Thorarinsdottir, K. A., & Thorkelsson, G. (2014). Preservation of fish by curing. *Seafood Processing: Technology, Quality And Safety*, 129-160.
- Armstrong, G.A. (2004). *Minimal thermal processing: Cook-chill and sous vide technology*, Ed.: Hui YH, Ghazala S, Graham DM, Murrel KD, Nip WK, Handbook of Vegetable Preservation and Processing, Marcel Dekker Inc, NY, USA, 409-423.
- Armstrong, G. A. & McIlveen, H. (2000). Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11(5), 377-385.
- Alparslan, Y., & Baygar, T. (2009). Levrek balığının Türkiye ve Dünyada yeri, önemi ve pazar durumu. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (13), 31-40.

- Arvanitoyannis, I. S., & Kotsanopoulos, K. V. (2012). Smoking of fish and seafood: History, methods and effects on physical, nutritional and microbiological properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 831-853.
- Ayhan, K. (2000). *Gıdalarda Mikroorganizma Gelişmesini Etkileyen Faktörler. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını. Sim Matbaası.
- Badiani, A., Stipa, S., Bitossi, F., Pirini, M., Bonaldo, A., Gatta, P. P., & Testi, S. (2013). True retention of nutrients upon household cooking of farmed portion-size European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 72-77.
- Baki, B., Gönener, S., & Kaya, D. (2015). Comparison of food, amino acid and fatty acid compositions of wild and cultivated sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(1), 175-179.
- Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A Review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30.
- Bolat, Y., Genç, İ. Y., Tunca, Y., & Demirayak, M. (2018). Effect of laurel (*Laurus nobilis*) and curcuma (*Curcuma longa*) on microbiological, chemical and sensory changes in vacuum packed sous-vide european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) under chilled conditions. *Food Science and Technology*, 39, 159-165.
- Borresen, T. (1992). Quality aspects of wild and reared fish. *Quality Assurance in The Fish Industry*, 1-17.
- Botta, J. R. (1994). Freshness quality of seafoods: a review. seafoods: *Chemistry, Processing Technology and Quality*, 140-167.
- Bozaris, I. S. (Ed.). (2014). *Seafood Processing: Technology, Quality And Safety*. John Wiley & Sons.
- Bozova, B., & İzci, L. (2021). Effects of Plant Extracts on The Quality of Sous Vide Meagre (*Argyrosomus Regius*) Fillets (Doctoral Dissertation, Isparta University of Applied Sciences).
- Can Tunçelli, İ., & Özden, Ö. (2023). Evaluation of rainbow trout and meagre fillets as novel ready-to-eat products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1-11.
- Ceylan, Z., & Şengör G. F. Ü. (2017). Investigation of quality parameters of quality parameters of fish treated with sous vide technology. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, (32), 8-20.
- Ceylan, Z., & Şengör, G. F. Ü. (2019). Determination of some quality changes of sous vide-sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) treated with dried basil, fresh garlic, and dill weed. *Acta Aquatica Turcica*, 15(2), 126-134.
- Ceylan, Z., Meral, R., Cavidoglu, I., Yagmur Karakas, C., & Tahsin Yilmaz, M. (2018). A new application on fatty acid stability of fish fillets: Coating with probiotic bacteria-loaded polymer-based characterized nanofibers. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12547.
- Chatzikyriakidou, K., & Katsanidis, E. (2012). Effect of liquid smoke dipping and packaging method on the keeping quality of raw and cooked chub mackerel (*Scomber japonicus*) fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(5), 445-454.
- Coşansu, S., Mol, S., Alakavuk, D. U., & Ozturan, S. (2011). The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793) preserved by sous vide packaging. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(2), 395-401.
- Coşansu, S., Mol, S., & Haskaraca, G. (2022). Sous-vide cooking: Effects on seafood quality and combination with other hurdles. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29, 100586.

- Creed, P. G., & Reeve, W. (1998). *Principles and Applications of Sous Vide Processed Foods*, in Ghazala, S. (Ed.), *Sous Vide and Cook-Chill Processing for The Food Industry*, Gaithersburg, USA, Aspen Publishers Inc.
- Cropotova, J., Mozuraityte, R., Standal, I. B., & Rustad, T. (2019). The influence of cooking parameters and chilled storage time on quality of sous-vide Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(5), 505-518.
- Cui, Z., Zhang, N., Lou, W., & Manoli, T. (2022). Application of sous vide cooking to aquatic food products: A review. *Food Science And Technology*, 42, E108021.
- Curran, C. A., Nicoladies, L., Poulter, R. G., & Pars, J. (1980). Spoilage of Fish from Hong Kong at Different Storage Temperatures. *Trop Sci.*, 22, 367-382
- Cutter, C.N., (2006). Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Science*, 74, 131-142.
- Çağlak, E., Karşı, B., & Altıkaya E. Ş. (2017). Investigation of quality change of zander (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) stored at $\pm 2 \pm 1$ °C applying sous-vide technique in different temperature combinations. *Aquaculture Studies*, 17(1), 71-81.
- Çaklı, Ş. (2007). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Çaklı, Ş., & Kışla, D. (2003). Su ürünlerinde mikrobiyal kökenli bozulmalar ve önleme yöntemleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 20(1).
- Çetinkaya, S., Bilgin, Ş., & Ertan, Ö. O. (2017). Increasing shelf life of sous-vide cooked rainbow trout by natural antioxidant effective rosemary: basic quality criteria. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 3(2), 69-77.
- Çetinkaya, S., Bilgin, Ş., Ertan, Ö. O., & Bilgin, F. (2016). Vakum paketli pişirme yöntemi (sous vide) ve gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)'na uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2), 35-44.
- Demirci M, (2019). *Gıda Kimyası*. Tekirdağ: Kutup Yıldızı Yayınları
- Demirsoy, A. (2001). *Yaşamın Temel Kuralları (Omurgalılar/ Anamniyot)*. Cilt III. 5. Baskı. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Denizer, D. (2005). *Konaklama işletmelerinde yiyecek ve içecek yönetimi*. Detay Yayıncılık
- Díaz, P., Garrido, M. D., & Bañón, S. (2011). Spoilage of sous vide cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration. *Food Science and Technology International*, 17(1), 31-37.
- Díaz, P., Nieto, G., Banon, S. & Garrido, M. D. (2009). Determination of shelf life of sous vide salmon (*Salmo salar*) based on sensory attributes. *Journal of Food Science*, 74(8), 371- 376.
- Diñçer, T., Cadun, A., & Gamsız, K. (2009). Ege denizi ve Karadeniz'de kültüre edilmiş levreğin kalite parametrelerinin kıyaslanması. *Aquatic Sciences and Engineering*, 24(2), 25-37.
- Djoussé, L., Akinkuolie, A.O., Wu, J. H., Ding, E.L. & Gaziano, J.M. (2012). Fish consumption, omega-3 fatty acids and risk of heart failure: a meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 31(6), 846-853.
- Doe, P., Sikorski, Z., Haard, N., Olley, J., & Sun Pan, B. (1998). *Basic Principles*. Edt. Doe, P. E., In: *Fish drying and smoking production and quality*, pp: 36-45. CRC press Boca Raton, Florida, 1-56676-668-0.
- Dogrul, H., & Mol, S. (2017). Effect of irradiation on shelflife and microbial quality of cold-stored sous-vide mackerel fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12804.
- Dong, X., Fu, H., Chang, S., Zhang, X., Sun, H., He, B., & Qi, H. (2017). Textural and biochemical changes of scallop *Patinopecten yessoensis* adductor muscle during low-temperature long-time (LTLT) processing. *International Journal of Food Properties*, 20(Sup3), S2495-S2507.

- Duedahl-Olesen, L., White, S., & Binderup, M. L. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in danish smoked fish and meat products. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 26(3), 163-184.
- Erdem, N., & Karakaya, M. (2021). Gıdalarda sous vide uygulama teknolojisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(9), 1618-1630.
- Erdem, N., Karakaya, M., Babaoğlu, A. S., & Unal, K. (2022). Effects of sous vide cooking on physicochemical, structural, and microbiological characteristics of cuttlefish, octopus, and squid. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(7), 636-648.
- Ergönül, PG, & Kaya, D. (2015). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve gıdalarda önemi-polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve gıdalardaki önemi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2).
- Erkan, N. (2004). *Dumanlama Teknolojisi*. Edt: Varlık, C. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Kitabı, İ. Ü. Yayın no: 4465, ISBN:975-404-715-4.
- Erkan, N., & Özden, Ö. (2007). Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by icp-ms, *Food Chemistry*, 10, 721-725.
- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selçuk, A., Özden, Ö., & Buzrul, S. (2011). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on physicochemical properties of horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1322-1329.
- Ertaş, A. H., (2000). Tütsülemenin et ürünlerindeki etkileri. *Gıda*, 25(2), 107–111.
- Erümit (2022) *Sous vide tekniği kullanılarak farklı sıcaklık kombinasyonlarında pişirilen gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss) filetolarının raf ömrünün belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erümit, P. Ç., & Yıldız, P. O. (2022). Determination of shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets cooked at different combinations of temperatures using the sous vide technique. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(2), 221-230.
- Falch, E., Overrien, I., Solberg, C., Slizyte, R. (2010). Composition and calories. In: Seafood and seafood product analysis, Nollet, LML and Toldrá, F.,eds, CRC Press, Florida. pp. 257-288.
- FAO. 2022. Aquaculture market in the black sea: country profiles. General fisheries commission for the mediterranean. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb8551en>
- FDA, (2013). Revised guidelines for the assessment of microbiological quality of processed foods, Department of Health Food and Drug Administration, FDA-Circular-No, -2013–010, FDACircular-No,-2013-010,pdf.
- Fellows, P. (2000). Principles and practice. Food processing technology, 2nd ed., ed. Ellis Horwood, Chichester, UK, 369-380.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345-353.
- García-Arias, M. T., Alvarez-Pontes, E., García-Fernández, M. C., & Sánchez-Muniz, F. J. (2003). Freezing/defrosting/frying of sardine fillets. Influence of slow and quick defrosting on protein quality. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 83(6), 602-608.
- Garcia-Linares, M. C., Gonzalez-Fandos, E., García-Fernández, M. C., & Garcia-Arias, M. T. (2004). Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content. *Journal of Food Quality*, 27(5), 371-387.
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859.

- Ghazala, S., Aucoin, J., & Alkanani, T. (1996). Pasteurization effect on fatty acid stability in sous vide product containing seal meat (*Phoca groenlandica*). *Journal of Food Science*, 61(3), 520-523.
- González-Fandos, E., Villarino-Rodríguez, A., García-Linares, M. C., García-Arias, M. T., & García-Fernández, M. C. (2005). Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control*, 16(1), 77-85.
- Göğüş, A.K. & Kolsarıcı, N. (1992). *Su Ürünleri Teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Gökoglu, N. (2002). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Gökoglu, N., Yerlikaya, P., & Cengiz, E. (2004). Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 84(1), 19-22.
- Grigorakis, K. (2007). Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, 272(1-4), 55-75.
- Gülyavuz, H., & Ünlüsayın, M., (1999). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. Ankara: Şahin Matbaası.
- Günlü, A. (2007). *Yetiştiriciliği yapılan deniz levreğinin (Dicentrarchus labrax, l. 1758) dumanlama sonrası bazı besin bileşenlerindeki değişimler ve raf ömrünün belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Halkman, A.K. (2005). *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları*. Ankara Üniversitesi.
- Harris, K. D. (2015). Red arrow products smokin'into the future: Facing changing diets and new challenges in the food industry. *International Food And Agribusiness Management Review*, 18(1030-2016-83080), 223-237.
- Haskaraca, G., ve Kolsarıcı, N. (2013). Sous vide pişirme ve et teknolojisinde uygulama olanakları. *Akademik Gıda*, 11(2), 94-101.
- Hassan, S., Wahab, A., Ahmad, N., Ali, A., & Mazhar, S. S. (2023). Importance of emerging technologies in processing and preservation of seafood. *IPS Journal of Nutrition And Food Science*, 2(1), 13-17.
- Hattula, T., Elfving, K., Mroueh, U. M., & Luoma, T. (2001). Use of liquid smoke flavouring as an alternative to traditional flue gas smoking of rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*). *LWT-Food Science and Technology*, 34(8), 521-525.
- Hisar, Ş. A., Hisar, O., & Yanık, T. (2004). Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 261-265.
- Huang, X., & Ahn, D. U. (2019). Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science And Biotechnology*, 28(5), 1275-1285.
- Huang, Y., Cavinato, A. G., Mayes, D. M., Bledsoe, G. E., & Rasco, B. A. (2002). Nondestructive prediction of moisture and sodium chloride in cold smoked atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal Of Food Science*, 67(7), 2543-2547.
- Huss, H. H., (2007). *Taze balıkta kalite ve kalite değişimleri*. (M. Çelik, & A. Küçükgülmez, çev.). Nobel Yayıncılık
- Horwitz, W., Kamps, L. V. R., & Boyer, K. W. (1980) Quality assurance in the analysis of foods for trace constituents, *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 63(6)1344-1354. <https://doi.org/10.1093/jaoac/63.6.1344>
- Ibrahim, S. M., Nassar, A. G., & El-Badry, N. (2008). Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging methods on some quality aspects of smoked mullet (*Mugil cephalus*). *Global Veterinaria*, 2(6), 296-300.

- ICMSF. (1986). *International Commission on Microbiological Specifications for Foods*. In *Microorganisms in Foods. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications*, 2nd Ed., Vol. 2 (R.P. Elliott, D.S. Clark, K.H. Lewis, H. Lundenbeck, J.C. Olsen and J.B. Simonjen, eds.). Toronto, Canada: University of Toronto Press.
- Inanli, A. G., & Yaz, Y. (2020). Assessment of chemical, microbiological and sensory quality of Sous vide cooked *Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843) during chilled storage. *Progress in Nutrition*, 22(2), 617-625.
- Ismail, A., & Hainida Khairul Ikram, E. (2004). Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. *Nutrition & Food Science*, 34(2), 54-59.
- IUPAC (1979). *Standard Methods for The Analysis of The Oils, Fats, and Derivatives* (6th ed.). Oxford: Pergamon Pres.
- Izquierdo, M. S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., & Rosenlund, G. (2003). Dietary lipid sources for seabream and seabass: Growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, 9(6), 397-407.
- Jay, J. M. (2000). *Food Preservation With Modified Atmospheres*. In: D. R. Heldman (Editors), *Modern Food Microbiology*. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.
- Karaca, S., & Saygın, M. (2008). *Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss) 'nda Uygulanan Tütsüleme Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma*. Erzincan Üniversitesi
- Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243-253.
- Kietzmann, U., Priebe, K., Rakow, D., & Reichtein, K. (1969). Seefisch als Lebensmittel, Hilfsproben zur Ermittlung des Zersetzungsstandes von Seefischchen, Paul Parey. 203-217.
- Kocatepe, D. (2010). *Farklı modifiye atmosfer koşullarında paketlenen ve buzdolabı sıcaklığında depolanan levrek balığının (Dicentrarchus labrax, linnaeus 1758) fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelenmesi*. (Doktora tezi), Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop.
- Kocatepe, D., & Turan, H. (2012). Chemical composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) muscle. *Journal of Food & Nutrition Research*, 51(1).
- Kocatepe, D., Turan, H., Taşkaya, G., Kaya, Y. Erden, R., & Erdoğan, F. (2011). Effects of cooking methods on the proximate composition of black sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758). *Gıda*, 36(2), 71-75.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N., & Kontominas, M.G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26(5), 475-482.
- Küçük, H., Çelik, M., Kadak, A. E., Küçükgülmez, A., Ünal, H. M., Bozkurt, Z., & Altunbaş, E. (2022). Osmaniye ilinde su ürünleri tüketim alışkanlıklarının anket çalışması ile belirlenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(1), 39-49.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1-3), 181-186.
- Leistner, L., & Gorris, L. G. (1995). Food Preservation By Hurdle Technology. *Trends in Food Science & Technology*, 6(2), 41-46.
- Leroi, F., & Joffraud, J. J. (2011). Microbial degradation of seafood. *Aquaculture Microbiology And Biotechnology*, 2, 47-72.
- Lougovois, V. ve Kyrana, V.R. (2005). Soğukta depolanan balıklarda tazelik kalitesi ve bozulma. *Gıda Politikası, Kontrol Res*, 1, 35-86.

- Marimuthu, K., Geraldine, A. D., Kathiresan, S., Xavier, R., Arockiaraj, J., & Sreeramanan, (2014). Effect of three different cooking methods on proximate and mineral composition of asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23(5), 468-474.
- Messina, C. M., Arena, R., Ficano, G., La Barbera, L., Morghese, M., & Santulli, A. (2021). Combination of freezing, low sodium brine, and cold smoking on the quality and shelf-life of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets as a strategy to innovate the market of aquaculture products. *Animals*, 11(1), 185.
- Modzelewska-Kapituła, M., Pietrzak-Fiećko, R., Zakrzewski, A., & Więk, A. (2022). The influence of sous vide parameters on nutritional characteristics and safety of pikeperch fillets. *Foods*, 11(11), 1605.
- Modzelewska-Kapituła, M., Pietrzak-Fiećko, R., Zakrzewski, A., & Zakęś, Z. (2023). A comparative study of microwave and sous-vide cooking effects on pikeperch fillets' fatty acid composition and quality attributes. *Applied Sciences*, 13(3), 1253
- Mokrani, D., Oumouna, M., & Cuesta, A. (2018). Fish farming conditions affect to European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) quality and shelf life during storage in ice. *Aquaculture*, 490, 120–124.
- Mol, S., Ozturan, S., & Cosansu, S. (2012a). Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) stored at 4 and 12°C. *Journal of Food Quality*, 35(2), 137-143.
- Mol, S., Ozturan, S., & Cosansu, S. (2012b). Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus* Euxinus, Nordman, 1840) stored at cold (4°C) and temperature abuse (12°C). *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(6), 497-503.
- Muratore, G., & Licciardello, F. (2005). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf-life of liquid-smoked swordfish (*Xiphias gladius*) slices. *Journal of Food Science*, 70(5), C359-C363.
- Nagarajarao, R. C. (2016). Recent advances in processing and packaging of fishery products: A review. *Aquatic Procedia*, 7, 201-213.
- Nawaz, A., Li, E., Khalifa, I., Walayat, N., Liu, J., Irshad, S., & Lorenzo, J. M. (2021). Effect of different processing methods on quality, structure, oxidative properties and water distribution properties of fish meat-based snacks. *Foods*, 10(10), 2467.
- Nieva-Echevarría, B., Manzanos, M. J., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2017). Changes provoked by boiling, steaming and sous-vide cooking in the lipid and volatile profile of european sea bass. *Food Research International*, 99, 630-640.
- Nollet, L. M., & Toldrá, F. (Eds.). (2009). *Handbook Of Seafood And Seafood Products Analysis*. CRC Press.
- Nurhan, U. (2007). Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after cooking. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(9), 1087-1093.
- Oğuzhan, P. & Yangılar, F. (2013). Su ürünlerinde sıvı tütsü kullanımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 63-68
- Oğuzhan, P., & Angiş, S. (2008). Su ürünlerinin paketlenmesi. *Türkiye*, 10, 21-23.
- Ohlsson, T., & Bengtsson, N. (Eds.). (2002). *Minimal Processing Technologies in The Food Industries*. Elsevier.
- Özturan, S. (2009). *Vakum ambalajda pişirilmiş (sous vide) balıkta kalite ve raf ömrünün belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi.

- Özturan, S. (2022). *Piştir-Soğut (Cook-Chill) Yöntemiyle Hazırlanan Kerevitlerin (Astacus Leptodactylus) Besin Değeri ve Raf Ömrünün Belirlenmesi*. (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi.
- Öztürk, F., Gündüz, H., & Sürengil, G. (2021). The effects of essential oils on inactivation of *listeria monocytogenes* in rainbow trout cooked with sous-vide. *Journal of Food Processing And Preservation*, 45(10), E15878.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food And Bioprocess Technology*, 6, 36-60.
- Patır, B., & Duman, M. (2006). Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio l.*) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 189–195.
- Pérez-Ruzafa, A., & Marcos, C. (2014). Ecology and distribution of *Dicentrarchus labrax* Linnaeus 1758). *Biology of European sea bass*, 1.
- Periago, M. J., Ayala, M. D., López-Albors, O., Abdel, I., Martínez, C., García-Alcázar, A., & Gil, F. (2005). Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, (*Dicentrarchus labrax L.*) *Aquaculture*, 249(1-4), 175-188.
- Pigott, G. M., & Tucker, B. (1990). *Seafood: Effects of Technology on Nutrition*. CRC Press.
- Pino-Hernández, E., De Carvalho Júnior, R. N., Alves, R. C. B., Joele, M. R. S. P., E Silva, N. D. S., Da Silva, E. V. C., & Lourenço, L. D. F. H. (2020). Evaluation of muscle cuts of pirarucu (*Arapaima gigas*) and sous vide product characterization and quality parameters. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20, 100200.
- Pongsetkul, J., & Benjakul, S. (2022). Impact of sous vide cooking on quality and shelf-life of dried sour-salted fish. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16142.
- Pongsetkul, J., Yongsawatdigul, J., Boonanuntanasarn, S., & Benjakul, S. (2022). Development of flavor and taste components of sous-vide-cooked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet as affected by various conditions. *Foods*, 11(22), 3681.
- Pons-Sánchez-Cascado S, Vidal-Carou MC, Nunes ML, & VecianaNogués, MT. (2006). Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. *Food Control*, 17, 564-569
- Qiu, X., Chen, S., Liu, G., & Yang, Q. (2014). Quality enhancement in the Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) fillets stored at 4 °C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract. *Food chemistry*, 162, 156-160.
- Racioppo, A., Speranza, B., Pilone, V., Stasi, A., Mocerino, E., Scognamiglio, G., & Corbo, M. R. (2023). Optimizing liquid smoke conditions for the production and preservation of innovative fish products. *Food Bioscience*, 53, 102712.
- Ramirez-Navas, J. S., & Rodriguez De Stouvenel, A. (2012). Characterization of colombian quesillo cheese by spectrophotometry. *Vitae*, 19(2), 178-185.
- Ramos, F. D. C. P., Lourenço, L. F. H., Joele, M. R. S. P., de Sousa, C. L., & do Amaral Ribeiro, S. C. (2016). Sous vide de tambaqui (*Colossoma macropomum*): caracterização e parâmetros de qualidade. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(1), 117-130.
- Refsgaard H.F., Brockhoff M.B. & Jensen B. (2000). Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 48, 3280_3285.
- Rehbronn, E. & Rutkowski, F. (1984). *Das Räuchern Von Fischen*. Paul Parey. 4. Auflage. ISBN:3-490-26614-5

- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93(3), 572-578.
- Ruiz-Capillas, C., & Moral, A. (2001). Residual effect of CO₂ on hake (*Merluccius merluccius* L.) stored in modified and controlled atmospheres. *European Food Research and Technology*, 212, 413-420.
- Russo, G. L., Langellotti, A. L., Buonocunto, G., Puleo, S., Di Monaco, R., Anastasio, A., & Masi, P. (2023). The sous vide cooking of mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*): Safety and quality assessment. *Foods*, 12(15), 2900.
- Rybicka, I., Gonçalves, A., Oliveira, H., Marques, A., & Nunes, M. L. (2022). Salt Reduction in Seafood—A Review. *Food Control*, 135, 108809.
- Saldamlı, İ. (2007). *Gıda Kimyası*. Ankara: Hacettepe Üni. Yayınları.
- Schellekens, M., (1996). New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 256-262.
- Schubring, R. (2003). *Colour Measurement for The Determination of The Freshness of Fish*. In: J.B. Luten, J. Oehlenschläger and G. Olafsdottir, Editors, *Quality of Fish From Catch to Consumer: Labelling, Monitoring and Traceability*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Shearer, K. D. (1994). Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119(1), 63-88.
- Siddiqui, M. W., & Rahman, M. S. (2014). *Minimally processed foods: Technologies for safety, quality, and convenience*. Springer.
- Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., & Burt, J.R. (1990). *Postharvest Biochemical Andmicrobial Changes: Seafood: Resources Nutritional Composition Andpreservation*, Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Šimko, P. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B*, 770(1-2), 3-18.
- Simopoulos, A.P. (2001). Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 88, 18-27.
- Simopoulos, A. P. (2002a). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
- Simopoulos, A. P. (2002b). Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of The American College Of Nutrition*, 21(6), 495-505.
- Simpson, B. K., Nollet, L. M., Toldrá, F., Benjakul, S., Paliyath, G., & Hui, Y. H. (2012). *Food Biochemistry and Food Processing*. John Wiley & Sons.
- Siskos, I., Zotos, A., Melidou, S., & Tsikritzi, R. (2007). The effect of liquid smoking of fillets of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory, microbiological and chemical changes during chilled storage. *Food Chemistry*, 101(2), 458-464.
- Stankov, S., Fidan, H., Rusev, R. & Baeva, M. (2020). Low-temperature cooking method sous vide in the restaurant industry: A review. *Food Science and Applied Biotechnology*, 3(1), 92-102.
- Stołyhwo, A., & Sikorski, Z. E. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish—a critical review. *Food Chemistry*, 91(2), 303-311.
- Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V. 2007. *Biyoistatistik*, Hatipoğlu Yayınları, 299 s.
- Swatawati, F., Suzuki, T., & Dewi, E. N. (2000). The effect of liquid smoke on the quality and omega-3 fatty acids content of tuna fish (*Euthynnus affinis*). *Journal of Coastal Development*, 3(2), 573-579.

- Şen, A. (2020). *Farklı pişirme yöntemlerinin deniz, tatlı su ve kültür ortamlarında yetişmiş levrek balıklarının bazı besin kompozisyonları üzerine etkisi*. (Doktora tezi), Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Şengör, G. F. Ü. (2009). Su ürünlerinin işlenmesinde teknolojik işlemler ve paketlenme. *Infovet Dergisi*, 66, 112-115.
- Şişmanlar Altıkaya, E. (2016). *Farklı sıcaklıklarda sous vide uygulanmış sudak balığının (Sander lucioperca Linnaeus, 1758) raf ömrü üzerine bir araştırma*. (Yüksek lisans tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., & Saraiva, J. A. (2021). Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods*, 10(4), 780.
- Thiansilakul, Y., Benjakul, S., & Richards, M. P. (2010). Changes in heme proteins and lipids associated with off-odour of seabass (*Lates calcarifer*) and red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) during iced storage. *Food Chemistry*, 121(4), 1109-1119.
- Toldrá, F., & Reig, M. (2011). *The Stability and Shelf Life of Seafood*. in Food and Beverage Stability and Shelf Life (Pp. 779-792). Woodhead Publishing.
- Toldrá, F., & Hui, Y.H. (2007). *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ames, AI, USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Tolon, M.T. (2019). *Türkiye Su Ürünleri Ekonomisinin Tarihsel Gelişimi ve Gelecek Vizyonu, Türkiye’de Geçmişten Günümüze Tarım Politikaları ve Ekonomisi*. Ankara: Akçağ Yayınları.
- Turan, H., Kaya, Y., & Sönmez, G. (2006). Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 505-508.
- Turan, H., & Erkoyuncu, İ. (2012). Salting technology in fish processing. *Progress in food preservation*, 297-313.
- Turan, H., & Kocatepe, D. (2013). Different map conditions to improve the shelf life of sea bass. *Food Science and Biotechnology*, 22, 1589-1599.
- TÜİK, (2023). Su Ürünleri İstatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> Erişim Tarihi: 09.11.2023.
- Türkkan, A. U., Cakli, S., & Kilinc, B. E. R. N. A. (2008). Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, 86(3), 163-166.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., & Baygar, T. (2004). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., & Gün, H. (1993). *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği.
- Varlık, C., Özden, Ö., Erkan, N., & Üçok Alakavuk, D. (2007). *Su Ürünlerinde Temel Kalite Kontrol*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını.
- Vidal, N. P., Goicoechea, E., Manzanos, M. J., & Guillén, M. D. (2017). Effect of smoking using smoke flavorings on several characteristics of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets and on their evolution during vacuum-packed storage at refrigeration temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), E12800.
- Volckaert, F. A. M., Batargias, C., Canario, A., Chatziplis, D., Chistiakov, D., Haley, C., Libertini, A., Tsigenopoulos, C. (2008). European sea bass. genome mapping and genomics in animals, 2, 117–133. DOI: 10.1007/978-3-540-73837-4_5
- Vural, A., & Erkan, M. E. (2006). Diyarbakır Kenti’ndeki Dicle Nehri balıklarında mikrobiyolojik kalite parametreleri. *Dicle Tıp Dergisi*, 33(3), 153-156.

- Wan, J., Cao, A., & Cai, L. (2019). Effects of vacuum or sous-vide cooking methods on the quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100181.
- Weber, J., Bochi, V. C., Ribeiro, C. P., Victório, A. D. M., & Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food chemistry*, 106(1), 140-146.
- Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Ersoy, B., & Celik, M. (2007). Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 18(1), 88-94
- Zhou, M., Ling, Y., Chen, F., Wang, C., Qiao, Y., Xiong, G., & Ding, A. (2022). Effect of high hydrostatic pressure combined with sous-vide treatment on the quality of largemouth bass during storage. *Foods*, 11(13), 1931.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rukiye KÖKLÜ

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Sinop Anadolu Lisesi (2007)

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği (2009-2014)

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Ana Bilim Dalı
(2023)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Yemekyemek İkram Hizmetleri A.Ş – Gıda Mühendisi
(2014-2016)

İş Yeri : Pastel Taahhut Plas. Metal. Ekip. İnş. Gıda San. Ltd. Şti
Gıda Mühendisi /C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı (2017-2019)

Proje Listesi

1. Mikrobiyal Transglutaminaz (MTGaz) Enzimi ile Yeniden Yapılandırılarak Sıvı Dumanlanan Türk Somonu (*Oncorhynchus Mykiss* Walbaum, 1972) Marinatı Değişimlerinin Araştırılması (BAP)
2. Levrek Balığının Raf Ömrü ve Besin Kompozisyonu Üzerine Kombine İşleme (Sıvı Duman ve Sous Vide) Tekniklerinin Etkisi