



**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Onchorynchus mykiss*)  
FİLETOLARININ FARKLI SICAKLIK VE ZAMANLARDA  
PIŞİRİLMESİNİN PROTEİN DENATÜRASYONU VE  
BAZI FİZİKSEL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ**

**Rabia Nur BAYRAM**

**Yüksek Lisans Tezi  
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP  
2019**

**Her hakkı saklıdır.**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Onchorynchus mykiss*) FİLETOLARININ FARKLI  
SICAKLIK VE ZAMANLARDA PİŞİRİLMESİNİN PROTEİN  
DENATÜRASYONU VE BAZI FİZİKSEL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Rabia Nur BAYRAM

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM  
2019

Her Hakkı Saklıdır



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI ( *Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ FARKLI SICAKLIK VE ZAMANLARDA PİŞİRİLMESİNİN PROTEİN DENATÜRASYONU VE BAZI FİZİKSEL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Muhammed ATAMANLAP danışmanlığında, Rabia Nur BAYRAM tarafından hazırlanan bu çalışma, 29/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Muhammed ATAMANLAP

İmza :

Üye : Prof. Dr. Özden BARIM ÖZ

İmza :

Üye : Doç. Dr. Gonca ALAK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **.21.../02.../2019.** tarih ve **.09.../...64.....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

  
Prof. Dr. Mehmet KARAKAN  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Onchorynchus mykiss*) FİLETOLARININ FARKLI SICAKLIK VE ZAMANLARDA PIŞİRİLMESİNİN PROTEİN DENATÜRASYONU VE BAZI FİZİKSEL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Rabia Nur BAYRAM

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

Gıdalarda, ısıtma işlemi sırasında meydana gelen en önemli fiziko-kimyasal değişimlerin başında protein denatürasyonu gelmektedir. Bu çalışmanın amacı, en yaygın olarak kullanılan pişirme zaman/sıcaklıklarının Gökkuşuğu alabalığı (*Onchorynchus mykiss*) filetolarında oluşturduğu protein denatürasyonunu belirlemektir. Bu amaçla çiğ ve pişmiş (180 °C – 20 dk., 180 °C – 30 dk., 200 °C – 20 dk. ve 200 °C – 30 dk.) örneklerde pH, yüzey alan-ağırlık kaybı, renk, TBARS, TVB-N, TPA, DSC ve FTIR analizleri yapılmıştır.

Yapılan analizlerde gruplar arası farklılıklar pH haricinde istatistiksel olarak önemli ( $P<0,05$ ) bulunmuştur. En yüksek yüzey alan kaybı zamanı uzun olan uygulamalarda belirlenmiştir. Isıtma işlemi uygulamaları renk ve tekstür üzerinde değişimlere neden olmuştur.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, pişirme kaybı ve alan kaybının, protein denatürasyon parametrelerinin (hem TVB-N hem de diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) çalışmaları) en iyi düşük sıcaklık - kısa zaman uygulamalarında olduğunu göstermiştir. Tüm gruplarda zaman/sıcaklığa bağlı olarak denatürasyonlar gözlemlense de, özellikle yüksek sıcaklıklarda protein denatürasyonunun hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve protein toplanmasının daha belirgin hale geldiği belirlenmiştir.

**2019, 46 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Gökkuşuğu alabalığı, FTIR, DSC, protein degradasyonu, su ürünleri, fileto

## ABSTRACT

Master Thesis

### **EFFECTS OF COOKING AT DIFFERENT TEMPERATURE AND TIME ON RAINBOW TROUT (*Onchorynchus mykiss*) FILLETS' PROTEIN DENATURATION AND SOME PHYSICAL CHANGES**

Rabia Nur BAYRAM

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP

Protein denaturation is one of the most important physico-chemical changes that occur during food heat processing. The aim of this study is to understand the protein denaturation of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) raw and cooked (180 °C – 20 min, 180 °C – 30 min, 200 °C – 20 min and 200 °C – 30 min) fillets at most commonly used in time and temperature. For this purpose, pH, surface area, weight loss, color, TBARS, TVB-N, TPA, DSC and FTIR analyzes were performed in raw and cooked samples.

Differences among the groups were statistically significant ( $P < 0.05$ ) except pH. The highest surface shrinkage was obtained in long time treatments. Heat treatments effected the color and texture profiles.

The results showed that the cooking loss and surface shrinkage, protein denaturation parameters (both TVB-N and differential scanning calorimetry (DSC) studies) were best in low temperature - short time applications. Although denaturation was observed in all groups depending on time / temperature, it was determined that protein denaturation was rapidly occurring at high temperatures and protein collection became more pronounced.

**2019, 46 pages**

**Keywords:** Rainbow trout, FTIR, DSC, protein degradation, fish products, fillets

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu araştırmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP' e, laboratuvarında renk, tekstür ve DSC analizlerimde yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE ve FTIR analizlerinde yardımını esirgemeyen Sayın Dr. Arş. Gör. Kader DAĞCI' ya, araştırmaların planlaması ve yürütülmesinde yanımda olup yardım eden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Arzu UÇAR ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Veysel PARLAK'a,

Tüm yüksek lisans eğitimim boyunca maddi-manevi destek olan, laboratuvar analizlerimde yardım ve desteğini esirgemeyen, tecrübeleriyle yolumuza ışık olan saygı değer hocamız Sayın Doç. Dr. Gonca ALAK'a

Çalışma boyunca manevi desteğini esirgemeyip yardımcı olan SA-ME CATERİNG müdürü Sayın İsmail SÜNNETÇİ ve Tahir SÜNNETÇİ'ye

Çalışmalarım esnasında ilgi ve alakasını esirgemeyip her daim yanımda olan arkadaşlarım Buse Nihan DERİCİOĞLU, Sibel TURAN ve Oğuzhan YAVAŞ'a

Her zaman olduğu gibi bu çalışmamda da sabırla desteklerini esirgemeyen annem Asuman BAYRAM, babam Dursun BAYRAM, kardeşlerim Beyza BAYRAM, Belemir Nur BAYRAM ve Ceren Naz BAYRAM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Rabia Nur BAYRAM**

**Ocak, 2019**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Balık Etinin Bileşimi .....	1
1.2. Pişirmenin Tanımlanması.....	3
1.3. Etin Pişirilmesi .....	3
1.4. Isıl işlemin Etin Bazı Bileşenleri Üzerine Etkisi .....	4
1.4.1. Sarkoplazmik proteinler .....	4
1.4.2. Bağ doku proteinleri.....	4
1.5. Pişirme Yöntemleri.....	5
1.6. Temel Pişirme Yöntemlerine Genel Bakış .....	6
1.6.1. Fırında pişirme .....	7
1.6.2. Izgarada pişirme .....	7
1.6.3. Düşük sıcaklıkta pişirme .....	7
1.6.4. Tavada kızartma .....	8
1.6.5. Kendi suyunda pişirme .....	8
1.6.6. Kaynama ile pişirme.....	8
1.6.7. Mikrodalga ile pişirme .....	8
1.7. Su Ürünlerinin Kalitesini-Tazelikliğini Belirlemede Kullanılan Bazı Yöntem ve Yaklaşımlar .....	9
1.7.1. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N).....	9
1.7.2. Thiobarbitürik Asit Reaktif Substans (TBARS) sayısı .....	9
1.7.3. Diferansiyel termal kalorimetre (DSC) .....	10
1.7.4. Fourier Transform Infrared (FTIR) .....	11
1.7.5. Tekstür özellikleri.....	12

1.7.5.a. Mekanik karakterler.....	13
1.7.5.b. Geometrik karakterler.....	14
1.7.5.c. Diğer tekstürel karakterler .....	15
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>19</b>
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Araştırma yeri .....	19
3.1.2. Fileto.....	19
3.2. Metot .....	19
3.2.1. Fırında pişirme .....	19
3.2.2. pH.....	20
3.2.3. Ağırlık kaybı.....	20
3.2.4. Yüzey alanı kaybı.....	20
3.2.5. Renk ölçümü.....	21
3.2.6. Tekstür profil analizi .....	21
3.2.7. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı .....	21
3.2.8. Thiobarbiturik asit reaktif substans (TBARS) değerinin belirlenmesi.....	22
3.2.9. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) .....	23
3.2.10. Fourier transform infrared (FTIR).....	24
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>25</b>
4.1. pH .....	25
4.2. Ağırlık Kaybı Sonuçları .....	26
4.3. Yüzey Alan Kaybı Sonuçları.....	27
4.4. Renk Ölçümü Sonuçları .....	28
4.5. Tekstür Profil Sonuçları .....	29
4.6. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analiz Sonuçları .....	31
4.7. Thiobarbitürik Asit Reaktif Substans (TBARS) Sonuçları .....	32
4.8. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) .....	33
4.9. Fourier Transform Infrared (FTIR) Sonuçları.....	35
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>38</b>
KAYNAKÇA .....	41
ÖZGEÇMİŞ .....	47



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

°C	Santigrat derece
μ	Mikro
μmol	Mikromol
dk.	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram

### Kısaltmalar

DSC	Determination of thermal properties
FTIR	Fourier Transform Infrared
HAA	Heterosiklik amino asit
TBA	Tiyobarbiturik asit
TBARS	Thiobarbitürük Asit Reaktif Substans
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı genel şema.....	10
Şekil 1.2. Bir DSC termogramında gözlenebilen üç olaya ait eğriler.....	11
Şekil 3.1. Filetoların fırında kızartılması .....	20
Şekil 3.2. DSC cihaz .....	23
Şekil 3.3. FTIR (PerkinElmer precisely) görüntüsü .....	24
Şekil 4.1. Çiğ ve farklı süre-sıcaklıkta pişirilen filetoların FTIR grafiği .....	36



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Balık filetosu ve sığır kasının % temel bileşenleri .....	1
Çizelge 1.2. Dalga sayısına göre bağ türleri .....	12
Çizelge 1.3. Tekstürel karakteristik ile kullanılan terimler.....	14
Çizelge 4.1. Filetolara ait pH ölçümleri.....	25
Çizelge 4.2. Filetolara ait ağırlık kaybı sonuçları .....	26
Çizelge 4.3. Farklı pişirme sıcaklığı ve farklı pişirme sürelerine göre filetolarda meydana gelen yüzey alan kayıp sonuçları .....	27
Çizelge 4.4. Farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan filetoların renk ölçümleri .....	28
Çizelge 4.5. Farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan filetoların tekstür sonuçları .....	30
Çizelge 4.6. Filetolara ait TVB-N değerleri (Ortalama±Standart sapma) (mg/100g) ....	31
Çizelge 4.7. Filetolara ait TBARS değerleri (Ortalama±Standart sapma) (µmol Malonaldehit/kg doku) .....	32
Çizelge 4.8. Kontrol ve farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan grupların DSC sonuçları .....	33

## 1. GİRİŞ

Su ürünleri, besin değeri ve kaliteli protein kaynağı olması açısından hasattan pişirmeye kadar her aşamada üzerinde yoğun çalışılan konular arasındadır. Çağımızda sağlıklı beslenme bir hayat felsefesi haline geldiği için gıdaların geleneksel yöntemlerle pişirilmesine gösterilen ilgi de sürekli artmaktadır.

Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yüksek et kalitesi nedeniyle tüketiciler tarafından sıkça tercih edilen ve yaygın yetiştiriciliği yapılan bir tatlı su balığıdır. Taze ve dondurulmuş olarak satışa sunulan gökkuşuğu alabalığı çeşitli pişirme yöntemleri kullanılarak tüketilmektedir. Her ne kadar farklı pişirme yöntemlerindeki amaç, balığa değişik aromalar kazandırmak olsa da piştikten sonraki süreçte dayanıklılığı artırmak ve pişirme sırasındaki besin kaybını minimuma düşürmekte öncelikli kriterler haline gelmiştir. Bu yöntemlerden buharda pişirme ve kuru ısıda pişirme en çok tercih edilenler arasındadır.

### 1.1. Balık Etinin Bileşimi

Balık eti; içerdiği protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve minerallerin yanısıra kolay sindirilebilir olması özellikle tercih edilmesinin sebebi olmuştur (Yalçın 2010).

**Çizelge 1.1.** Balık filetosu ve sığır kasının % temel bileşenleri (Huss 1995)

Bileşen	Balık Filetosu			Sığır Kası
	Minimum	Normal Değişim Aralığı	Maksimum	
Protein	6	16-21	28	20
Yağ	0,1	0,2-25	67	3
Karbonhidrat	-	<0,5	-	1
Kül	0,4	1,2-1,5	1,5	1
Su	28	66-81	96	75

Balık etinde bulunan %70-80 oranındaki su, balığın türü, cinsiyeti, yaşı ve içerdiği yağ miktarı gibi faktörlere göre değişiklik gösterir (Türker 1997; Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Protein oranı %17-22 arasında olup, su ve yağ miktarı gibi çok fazla değişkenlik göstermez. Tüm su ürünleri dikkate alındığında nadiren de olsa bu aralığın dışındaki değerlerle karşılaşılabilir. Balık eti proteinleri, insan vücudu için elzem olan esansiyel amino asitleri (lisin, triptofan, fenilalanin, lösin, izolösin, treonin, metiyonin, sistin, sistein ve valin) oldukça yüksek oranda içermektedir (Türker 1997; Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999; Gökoğlu 2002).

Balık eti içerdiği yağ oranına göre gruplara ayrılmaktadır. Yağ oranları; %0-5 olanlar yağsız balık, %5-10 olanlar yağlı balık, %10'dan fazla olanlar ise çok yağlı balık olarak sınıflandırılmaktadır (Gökoğlu 2002). Bu yağların özellikleri içerdikleri yağ asidi çeşidine (n-3, n-6 ve n-9) göre değişmektedir (Lewis *et al.* 2000). Özellikle n-3 grubuna dahil EPA (Eicosa Pentaenoic Acid) ve DHA (Docosa Hexaenoic Acid) gibi iki esansiyel yağ asidini içermesi de insan beslenmesindeki değerini artırmaktadır (Kaya vd 2004).

İnorganik madde oranı %1-2 olup, fosfor, kalsiyum, magnezyum, kükürt, potasyum, sodyum, iyot ve klorür gibi en önemlilerini bünyesinde bulundurur (Aktaş ve Kaya 2010). Bu mineral maddelerin miktarı, mevsimler, çevresel ve biyolojik faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Yalçın 2010).

Vitamin açısından da zengin bir yapıya sahip olan balık etinde özellikle A, D ve E vitaminleri baskındır. Bu vitaminler karaciğerde daha yüksek oranlarda depolanırken B6 ve B12 vitaminleri daha çok kas dokusunda bulunur (Gökoğlu 2002; Aktaş ve Kaya 2010). Karbonhidrat içeriği ise %1-2 oranında olup, glikojen formuyla karaciğerde depolanır (Yalçın 2010).

## 1.2. Pişirmenin Tanımlanması

Gıdalar insanların besin ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra damak tadına uygun hale getirilmesi adına da bir takım işlemler uygulanarak tüketilmektedir. Endüstriyel alanda dahil olmak üzere gıdalar, tüketime sunulmadan önce bu işlemlerden biri olan ve kontrollü ısı işlem olarak bilinen pişirmeye tabi tutulurlar (İbicek 2006).

Piştirme sırasında gıdanın yapısını oluşturan proteinlerde çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelir. Bunların en önemlilerinden biri protein denatürasyonudur. Yüksek sıcaklığa maruz kalan proteinlerde her bir proteinin aktif bölgesinin doğru dizilişi ve proteinin işlevini belirleyen katlanmaların açılıp, işlevini yitirmesine denatürasyon denir. Denatürasyon, protein oksidasyon reaksiyonlarındaki değişimlerin ilk aşaması olarak kabul edilir (Bastıoğlu vd 2016).

## 1.3. Etin Pişirilmesi

Etlar genellikle aroma kazandırmak, muhafaza süresini uzatmak ve sindirimini kolaylaştırmak adına tüketilmeden önce ısı işlemine tabi tutulur. Kuru ısıda, nemli piştirme veya mikrodalgada piştirme gibi yöntemler kullanılırken, kuru ve nemli piştirme birlikte uygulanabilir. Piştirme yöntemi etin çeşidine, yapısına ve boyutuna göre tercih edilmelidir. Örneğin bağ doku oranı fazla ise kendi suyu ile kısık ateşte pişirilmelidir (Aşçıoğlu 2013). Gıdaya uygulanan proses belirlenirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, besinsel değerlerine en az zarar veren yada optimum düzeyde koruma sağlayan yöntemin seçilmesidir (Geçer 2011).

## **1.4. Isıl işlemin Etin Bazı Bileşenleri Üzerine Etkisi**

### **1.4.1. Sarkoplazmik proteinler**

Biyokimyasal olayları yürüten bu proteinler, toplam proteinlerin %25-30'unu oluşturur ve düşük iyonik şiddete sahip tuz çözeltilerinde çözünürler. Balık kas dokusunda 100'e yakın sarkoplazmik protein bulunur. Bu proteinler özellikle hemoglobin, myoglobin, stokrom - C, myoalbumin, globulin ve çeşitli enzimlerin yapısında yoğun olarak yer alırlar. Yine balık kas rengi de bu proteinlerin varlığı açısından önemli bir belirleyici olup kırmızı kaslarda beyaz kaslara göre daha yoğun bulunurlar (Dönmez 2017). Balıklarda kırmızı etler beyaz etlere göre daha fazla sarkoplazmik protein içerirler (Aksu 2014). Sarkoplazmik proteinler 40-60°C arasında topaklanır (Aşçıoğlu 2013). Bu durumun 90°C'ye kadar sürdüğünü gösteren çalışmalar da mevcut olup ısının etkisiyle bu proteinlerin jel oluşturarak et kıvamında rol oynadığı bilinmektedir (Gençcelep 2008).

### **1.4.2. Bağ doku proteinleri**

Sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin ekstraksiyon işleminden geriye kalan proteinlere stroma proteinleri denir. Kollajen ve elastin karması kompleks bir yapıdır. Balık kasındaki kollajen miktarı balığın cinsine, beslenme şekline ve erginlik durumuna bağlıdır. Genel olarak balık kas yapısı %0,2-2,2 oranında kollajen içerir. Kollajen miktarı yönünden zengin olan pişmemiş balık eti daha az kollajen içeren pişmemiş balık etine göre daha sert yapıdadır (Gökoğlu 2002). Bağ doku proteinleri 53-60°C'de denatüre olurlar. Proteinlerin denatürasyonu bazı aşamalardan oluşur (Aşçıoğlu 2013). Hidrojen bağlarının kırılması ile başlayan bu aşama, fibriler yapının açılıp gevşeyerek kollajen molekülünün kısalıp daralması ile son bulur. Sıcaklık 60-70°C'ye ulaştığında ise bu proteinler dinlenme halindeki boylarının çeyreğine kadar büzüşürler (Light *et al.* 1985; Aşçıoğlu 2013).

## 1.5. Pişirme Yöntemleri

Kültürel farklılıklar ve hızlı gelişen teknoloji dünyada farklı pişirme yöntemlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (İbicek 2006). Bu farklılıklar gıdalarda çeşitli değişikliklere neden olur (Tornberg 2005). Bunlardan biri de su tutma oranının düşmesidir. Pişirme işlemi sırasında 40-60°C'ye ulaşıldığında büzülme başlar ve sıcaklığa bağlı olarak büzülme olayı da artar ki bu durum su kaybının en büyük nedeni olarak bilinmektedir (Aşçıoğlu 2013).

Lokalize farklılıkların yanısıra pişirme yöntemleri temel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir (İbicek 2006):

Pişirme yöntemlerinin sıralanması:

1. Blanching (ön haşlama)
2. Boiling (haşlama)
3. Braising (kapalı kapta pişirme)
4. Deep frying (derin yağda kızartma)
5. Glazing (glaze etme)
6. Grilling (ızgara yapma)
7. Microwave codey (mikrodalga fırında pişirme)
8. Poaching (sıvıda pişirme)
9. Pot-Roasting (kapalı kapta rosto yapma)
10. Roasting (rosto yapma)
11. Shallow Frying (az yağda kızartma)
12. Simmering (ağır ateşte pişirme)
13. Steaming (buharda pişirme)
14. Stewing (kısık ateşte kaynatma)
15. Tanpori (tandır)
16. Baking (fırında pişirme)



- a) Fırında pişirme
- b) Fırında suda pişirme
- c) Poeing (fırında tencerede pişirme)
- d) Gratinating (garnite etme)
- e) Glazing (glaze etmek)
- f) Grilling (ızgara yapma)
- g) Roasting (rostu yapmak) (İbicek 2006).

### 1.6. Temel Pişirme Yöntemlerine Genel Bakış

Et ve et ürünlerinin pişirilmesi, aroma oluşumunun yanı sıra bazı fiziksel (gevreklik, renk, büyüklük vb.), kimyasal (protein ve yağ denatürasyonu) ve mikrobiyolojik değişimlere sebep olarak et kalitesi ve besin değerini etkilemektedir. Et ve aroması ile ilgili çalışmalar 1950' li yıllardan itibaren ete karakteristik lezzeti veren bileşiklerin tanımlanması ile başlamıştır (Babür ve Gürbüz 2015).

Karakteristik tat ve koku gelişimi, ete uygulanan pişirme yöntemine bağlı olarak gelişmekte, amino asit, peptid, karbonik asit, şeker gibi bileşiklerle arasında bazı reaksiyonlar meydana gelmekte ve buna bağlı olarak uçucu olan (aldehit, keton, alkol, ester, benzol) tat ve koku bileşenlerini oluşturmaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu 2002). Çiğken laktik asit tadına yakın ve baskın bir tadı olmayan etin kokusu ve rengi için uygulanan ısı çok önemlidir (Babür ve Gürbüz 2015).

Geleneksel pişirme yöntemleri kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon yoluyla ısı transferini sağlar. Geleneksel olmayan yöntemlerde ise mikrodalga gibi farklı teknolojik pişirme yöntemleri kullanılır ve etin yüzey sıcaklığı, et içindeki sıcaklık - ısı transfer metotları (hava, su, buhar veya mikrodalga) gibi 3 farklı açıdan değişiklik gösterir (Devine and Dikeman 2014).

Pişirme metodu tercih edilirken etin cinsi dikkate alınmalıdır. Bağ doku oranı fazla, daha az gevrek olan etler kendi suyu ile kısık ateşte pişirilmelidir. Kavurma, ızgara ve

tavada kızartma gibi kuru ısıda pişirme yöntemleri bağ dokusu az olan et için uygundur (Aşçıoğlu 2013).

### **1.6.1. Fırında pişirme**

Fırında pişirmede, ısı ete normal veya basınçlı hava konveksiyonu ile kapalı bir alan içinde verilir. Fırındaki ısı transferi sıcaklık ve havanın hızına bağlı olarak değişir. Örneğin, basınçlı hava konveksiyon tipi fırın, sıcaklığın daha kolay yükselmesini sağlar (Devine and Dikeman 2014).

Fırında pişirmede sıcaklığın etin merkezine ulaşması için sabit bir sıcaklık uygulaması gerekir. Bu durum daha az pişirme kaybına ve istenmeyen reaksiyonların (maillard) engellenmesinde de etkili olur (Aşçıoğlu 2013).

### **1.6.2. Izgarada pişirme**

Izgara, direk radyan ısıyı kullanan bir kuru pişirme metodudur. Isı ete tek yönden verildiği için etin belirli aralıklarla çevrilmesi gerekir. Bu yöntemde pişirme süresi etin türüne göre değişmekle birlikte genel olarak kısadır (Devine and Dikeman 2014).

Yüksek sıcaklığa maruz kalan etlerde kaliteyi olumsuz etkileyen heterosiklik amin (HA) ve polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri oluşmaktadır. Bu bileşiklerin miktarı ızgarada pişirmede 2. dakikadan sonra hızlanarak artmaktadır (Babür ve Gürbüz 2015).

### **1.6.3. Düşük sıcaklıkta pişirme**

Düşük sıcaklıkta pişirme 100°C'nin altındaki sabit sıcaklıkta yavaş ısıtma ile olan bir yöntemdir. Sıcaklık derecesi düşük olduğu için 150-160°C'de normal fırın pişirilmesi

ile kıyaslandığında pişirme süresi 2-3 kat fazladır. Ette haşlanmış bir görünüm oluşur. Bu yöntem bağ dokusu yüksek etler için uygundur (Devine and Dikeman 2014).

#### **1.6.4. Tavada kızartma**

Tavada kızartmada; küçük doğranmış ve ince kesilmiş etin tavada ısıyla doğrudan temas etmesiyle yağlı veya yağsız olarak pişirilmesidir. Izgarada pişirme gibi sık sık çevrilmelidir. Bu yöntemde sıcaklık yüksek olduğu için maillard reaksiyonu gerçekleşir ve et esmerleşir (Devine and Dikeman 2014).

#### **1.6.5. Kendi suyunda pişirme**

Bu yöntem bağ dokusu yüksek etlerde kullanılır. Et az sulu ortamda yavaş yavaş pişirilir ve çıkılan maksimum sıcaklık 100°C'dir (Devine and Dikeman 2014).

#### **1.6.6. Kaynama ile pişirme**

Kaynama, etin sıvı ortamda pişirilmesidir. Isı transferini yapan su olduğu için sıcaklık en fazla 100°C'ye çıkar. Bu metotta düşük yada yüksek bağ dokulu et tercih edilebilir (Devine and Dikeman 2014).

#### **1.6.7. Mikrodalga ile pişirme**

Elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüşmesiyle çalışan mikrodalga alternatif bir pişirme yöntemi olarak bilinmektedir. Pişirme işleminin yanısıra, genellikle önceden pişirilmiş gıdaların ısıtılması ve buzlarının çözündürülmesinde yaygın olarak kullanılır. Mikrodalgada pişirme süresi çeşitli faktörlere bağlı olsa da toplam pişirme süresi fırında pişirme süresinin üçte biri veya yarısı kadardır. Etin ağırlığı, şekli, bileşimi ve sıcaklığı mikrodalganın pişirmesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, pişirme kaybı mikrodalgada daha yüksektir (Aşçıoğlu 2013).

## 1.7. Su Ürünlerinin Kalitesini-Tazelikliğini Belirlemede Kullanılan Bazı Yöntem ve Yaklaşımlar

### 1.7.1. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N)

Su ürünlerinin kalite ve tazeliğini belirlemede kullanılan bir kimyasal yöntemdir (Çetinkaya *et al.* 2014). TVB-N değeri; su ürünlerinin türü, avlanma mevsimi, olgunlaşma derecesi, cinsiyeti, yaşı, işleme teknolojisi ve depolama gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir. TVB-N değerlerine göre balık etlerinin tazelik derecesi belirlenir (Varlık vd 1997).

TVB-N değerlerine göre etin tazelik durum sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Varlık vd 1997):

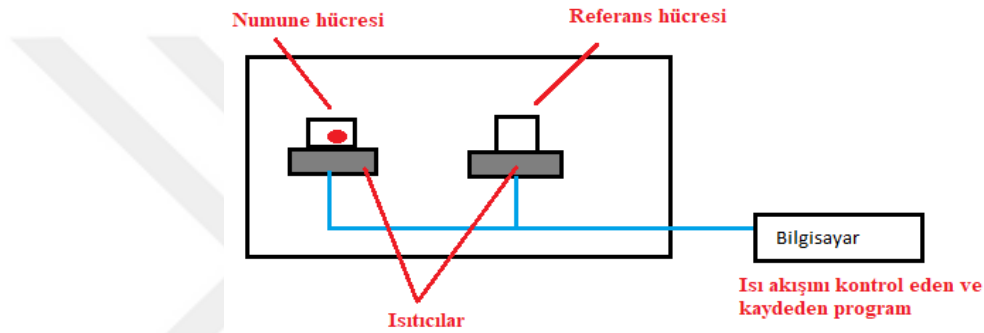
TVB-N değerleri	Değerlendirme
25 mg/100g TVB-N'e kadar	çok iyi
30 mg/100g TVB-N'e kadar	iyi
35 mg/100g TVB-N'e kadar	pazarlanabilir
35 mg/100g TVB-N üstü	bozulmuş

### 1.7.2. Thiobarbitürik Asit Reaktif Substans (TBARS) sayısı

Tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı et ve et ürünlerinde yağlarda otooksidasyon sonucu oluşan acılaştırmanın belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Et ve et ürünlerinin soğukta veya donmuş olarak depolanması sırasında oksidatif reaksiyona maruz kalması çeşitli oksidasyon ürünlerinin oluşmasına neden olur. Bu ürünler sırası ile hidroperoksit, peroksit, aldehit ve ketonlardır. Oluşan en önemli aldehit malonaldehittir (MA). Bu aldehit oksidasyon derecesini belirlemede önemli bir parametredir. TBA analizi ile belirlenen MA miktarı etin oksidasyonu ile doğru orantılıdır (Anonim 2018).

### 1.7.3. Diferansiyel termal kalorimetre (DSC)

Diferansiyel termal kalorimetre, termal yöntemler içinde en çok tercih edilendir (Yorulmaz 2005). DSC, kontrollü atmosfer koşullarında zaman ve sıcaklığın fonksiyonu olarak maddedeki fiziksel değişimlere bağlı enerji değişimlerinin ölçüldüğü kalorimetrik bir yöntem olup, cam, polimer, gıda ve seramik alanlarında kullanılır (İlyasoğlu and Özçelik 2011).



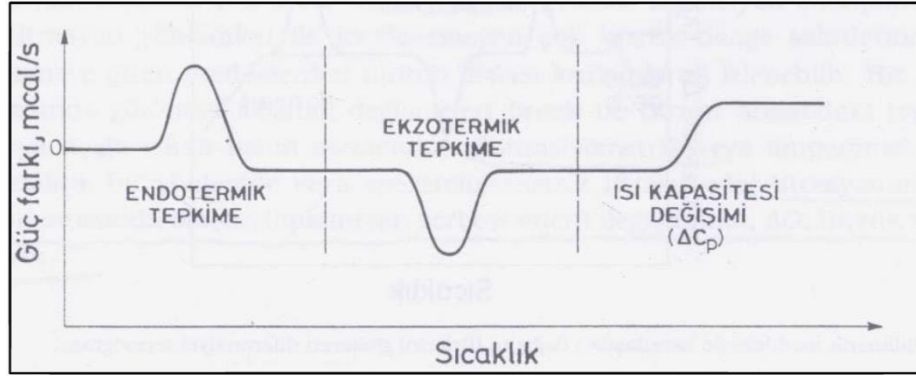
**Şekil 1.1.** Diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı genel şema (İlyasoğlu and Özçelik 2011)

Yöntemde numune ve karşılaştırma maddesi kullanılır. Her iki ürüne de aynı sıcaklık uygulanırken aynı zamanda ikisinin de aynı sıcaklıkta kalması sağlanır (Yıldız vd 1997). Eğer numune ve karşılaştırma maddesi arasında sıcaklık farkı olursa numuneye verilen enerji değiştirilir (Yorulmaz 2005).

DSC eğrileri dışarıdan eklenen ısının sıcaklığa karşı grafiğidir. Pikin altında kalan alan absorblanan veya dışarıya verilen ısı ile doğru orantılı iken, pik yüksekliği tepkime hızı ile doğru orantılıdır (Yorulmaz 2005).

\* $\Delta H$  pozitif ise numunenin ısıtıcısına ısı eklenir ve sonuç pozitif yönde artma olur.

\* $\Delta H$  negatif ise karşılaştırma ısıtıcısına ısı eklenir ve sonuç negatif yönde artma olur.



**Şekil 1.2.** Bir DSC termogramında gözlenebilen üç olaya ait eğriler (Yorulmaz 2005)

\* $\Delta C_p$ : Gerçek taban çizgisi ile aletin sıfır çizgisi arasındaki farkın, ısıtma hızına oranı, numune ile karşılaştırma maddesinin ısı kapasitesi arasındaki farkıdır (Yorulmaz 2005).

#### 1.7.4. Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR, 1980'li yıllardan beri kullanılan fizikokimyasal bir yöntemdir. Bu yöntem kızılötesi (IR) radyasyonun absorpsiyonu ile kimyasal bağların titreşiminin ölçülmesi prensibine dayanır. Kızılötesi IR spektrofotometresi, organik ve inorganik maddelerin karakterize edilmesinde kullanılır (Büyüksırt ve Kuleşan 2014).

Her maddenin kendine has bir spektrumu vardır. Bunun tek istisnası optik izomeridir. Bazı maddelerin ayrıntıları belirli spektrumdan sonra daha belirgindir. Buna parmak izi denir. Organik maddelerin  $2000 \text{ cm}^{-1}$ 'den sonra ayrıntısı fazladır. Böylece organik madde hakkında daha fazla bilgi edinilir (Gündüz 2001).

Bir ışının dalga sayısı onun enerjisi ile doğru orantılıdır. IR spektrum dalga sayısı aralığı  $12580- 25 \text{ cm}^{-1}$ 'dir. Bu da kendi içinde şu bölgelere ayrılır:

- 12580- 4000  $\text{cm}^{-1}$  oventon bölgesi
- 4000- 1300  $\text{cm}^{-1}$  grup frekans bölgesi
- 1300- 400  $\text{cm}^{-1}$  parmak izi bölgesi
- 400- 25  $\text{cm}^{-1}$  uzak iz bölgesi (Anonim 2010).

Moleküldeki fonksiyonel grupların karakteristik pikleri 4000-1300  $\text{cm}^{-1}$  arasındadır. Her fonksiyonel grubun gerilme titreşimleri ve dalga sayısı olup, sınıflandırılmaları aşağıdaki gibidir:

**Çizelge 1.2.** Dalga sayısına göre bağ türleri (Anonim 2010)

<b>Fonksiyonel Sayısı</b>	<b>Dalga sayısı <math>\text{cm}^{-1}</math></b>
<b>C-H (Alkanlar)</b>	3080-2880
<b>C=C (Alkenler)</b>	1680-1580
<b>C <math>\equiv</math> C (Alkinler)</b>	3310-2190
<b>C - O (Eter)</b>	1270-940
<b>C - H (Eter)</b>	3150-2315
<b>O - H (Alkol ve Fenoller)</b>	3670-1740
<b>O - O (Peroksitler)</b>	890-830
<b>C = O (Aldehit ve Ketonlar)</b>	1750-1600
<b>H - H (Amin ve İninler)</b>	3500-2400

### 1.7.5. Tekstür özellikleri

Tekstür, besinlerin yapısal, mekanik ve yüzey özelliklerinin, görme, işitme, dokunma (kinestetik ve ağız) yolu ile belirlendiği kalite kriteridir (Ertaş ve Doğruer 2010). Tekstürel özellikler gıdanın su ve yağ içeriği ile yakından ilişkilidir (Ünlüsayın ve Erdilal 2008).

Tekstürel karakterler mekanik, geometrik ve diğer karakterler olmak üzere üç gruba ayrılır. Mekanik karakterler, besinin şekil değişikliği (deformasyon) ile ilgili tekstürel karakterlerini ifade eder. Geometrik karakterler, dokunma veya diş, dil ve ağız yüzeyleri ile hissedilebilen partiküllerin yapı, büyüklük, şekil ve diziliş özelliklerini kapsar. Diğer karakteristikler ise daha çok besinin yüzeysel olarak hissedilebilen kuruluk, ıslaklık ve yağlılık gibi özelliklerini içerir (Tekinşen ve Keleş 1994).

### 1.7.5.a. Mekanik karakterler

#### Birinci mekanik karakterler

**Sertlik:** Dokunma ile belirlenen bir kriter olup, besin maddesinin uygulanan herhangi bir etkiye karşı koyduğu güçtür (Kilcast 2004). Bu parametre nem içeriği ile ters orantılıdır (Szczeniak 1963; Girard *et al.* 1990).

**Bağlılık:** Besin maddesinin iç yapısını şekillendiren iç bağların dayanaklılığıdır (Kilcast 2004).

**Elastikiyet:** Besin maddesine uygulanan etkiyle bozulan şekil yapısının etkinin kaldırılmasıyla önceki haline dönmesidir (Tekinşen ve Keleş 1994).

**Yapışkanlık:** Besin yüzeyinin; ağız, dil, diş ve damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetine karşı koymasındır (Szczeniak 1963).

**Kıvam:** Sıvı ve katı besinlere özel tekstürel parametre olup, viskozite (sıvıların akışkanlığa karşı gösterdiği direnç) (Harper 1992) ve konsistens (bir maddenin viskozite, kohezyon, yüzey gerilimi ve benzeri tüm reolojik özelliklerin toplamı) (Kramer and Twigg 1962; Kramer 1972) olmak üzere iki başlıkta incelenir.



**Çizelge 1.3.** Tekstürel karakteristik ile kullanılan terimler (Tekinşen ve Keleş 1994)

Mekanik Karakterler	Birincil Karakterler	Sertlik, bağlılık, elastikiyet, yapışkanlık, kıvam (viskozite)	Yumuşak, katı, sert, sıkı, gevrek, plastik, yapışkan, ince, koyu, viskoz, jelöz
	İkinci Karakterler	Gevreklik, çiğnenebilirlik, yumuşaklık	Gevrek parçalanabilir, Sert çiğnenebilir, Yumuşak hamurumsu, sakızimsı
Geometrik Karakterler	Partikül şekli, büyüklüğü ve dizilişi	Tozlu, kireçlilik, kumluluk, topaklılık, pütürlülük, düzgünlük, pürüzsüzlük, şişkinlik, liflilik	Tozlu kireçli kumlu Topaklı pütürlü düzgün Pürüzsüz şişkin lifli
Diğer Karakterler	Su	Sululuk, nemlilik, kuruluk, ıslaklık	Sulu Nemli Kuru Islak
	Yağ	Kayganlık, yapışkanlık, yağlılık	Kaygan Yapışkan Yağlı

**İkinci mekanik karakterler**

**Gevreklik:** Sertliğin fazla, bağlılığın az olmasını ifade eder ve çiğneme sırasında ses oluşturur (Zhang *et al.* 2005).

**Çiğnenebilirlik:** Besinin yutmaya hazır duruma gelmesine harcanan enerji, çiğneme süresi ve çiğneme sayısı ile ilgilidir (Tekinşen ve Keleş 1994).

**1.7.5.b. Geometrik karakterler**

Besin yapısının düzeni ile ilgili olan bu karakterler genellikle duyuşsal algılanarak, partikül şekli – büyüklüğü ve partikül düzeni - dizilişi olarak iki başlıkta incelenir (Tekinşen ve Keleş 1994).

### 1.7.5.c. Diğer tekstürel karakterler

Ağızda hissedilen nitelikleri kapsayan bu grup karakterler besinlerin su ve yağ içeriğinin algılanması ile ilgilidir (Christensen 1984).

Bu çalışmada, zengin besin içeriğine sahip su ürünlerinin geleneksel yöntemlerle pişirilmesi ile ürünlerdeki kalite kriterlerini belirlemeye yoğunlaşmış, bu amaçla kuru ısıda (fırında pişirme) yaygın olarak kullanılan iki farklı sıcaklık ve sürelerde pişirme sonucunda gökkuşuğı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında meydana gelen bazı fiziksel ve kimyasal değişimler gözlenerek, filetolardaki protein denatürasyonu çoklu testlerle araştırılmıştır. Bu doğrultuda daha çok protein denatürasyonunu hedef alan klasik yöntemlerin yanısıra gıda sektörü içinde oldukça yeni sayılan tekniklerin entegrasyonu dikkate alınmış ve gelecek çalışmalarda yüksek kalite kriterleri için yapılabileceklerin alt yapısının oluşturulması hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Salinometrik (80°) salamurada 4 saat tuzlandıktan sonra soğuk (28°C’de 8 saat) ve sıcak (30°C’de 30 dakika) tütüleme işlemleri uygulanmış, devamında sıcaklık artırılarak 50°C’de 30 dakika ve 80°C’de 45 dakika daha tütülenerek vakum ambalaj yapılan gökkuşağı alabalığı iki farklı sıcaklıkta (4±1°C ve -18±1°C) 6 ay depolanarak raf ömrü incelenmiştir. Depolama sonunda toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) ve laktik asit bakteri (LAB) sayıları ile pH değerleri ve toplam uçucu bazik (TVB-N) düzeyleri belirlenmiştir. Soğuk ve sıcak tütülenen ve -18±1°C’de depolanan balığın tüketim özelliklerini koruduğu, 4±1°C’de depolanan balığın ise 16. günde bozulduğu tespit edilmiştir (Kolsarıcı and Özkaya 1998).

Strafor tabaklar içinde streç film ile sarılan kalamarlar (*Loligo vulgaris*) farklı iki sıcaklıkta depolanmış ve duyusal, pH, nem, ağırlık kaybı, toplam uçucu bazik (TVB-N) ve trimetil amin azot değişimleri incelenmiştir. 20°C ve +4°C’de depolanan kalamarların analizlere göre raf ömrünün +20°C’de 1 gün, +4°C’de ise 4 gün olduğu belirlenmiştir (Gökoğlu vd 1997).

Yapılan bir çalışmada, karidesler strafor tabaklar içinde +4±1°C’de depolanmış örneklerde günlük olarak duyusal, TVB-N, pH ve nem ölçümleri yapılmıştır. Analizler sonucunda 0. gün çok iyi, 1. gün iyi, 2. gün ve sonrasında bozulmaların olduğu kaydedilmiştir (Varlık vd 1997).

Farklı pişirme yöntemlerinin (kızartma, fırında, mikrodalga fırında) levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) besin ve yağ asidi kompozisyonuna etkisinin araştırıldığı çalışmada, pişirilmiş levrekler vakum ambalajlanarak 4°C’de depolanmıştır. Bu süreçte yapılan kimyasal ve duyusal analizlerde taze levrekte nem, protein, kül ve yağ oranları sırasıyla %71,62±0,23, %18,47±0,43, %0,92±0,40 ve %4,18±0,26 olarak kaydedilmiştir. Levreklerin üç farklı yöntemle pişirilmesi ile nem, protein, kül ve yağ oranlarının ise sırasıyla; kızartılmış levrekte %62,90±4,47, %24,30±0,67, %2,41±0,49,

%6,91±0,16, fırında pişirilmiş levrekte %66,47±3,08, %21,13±0,65, %2,18±0,25, %5,88±0,55 ve mikrodalga ile pişirilen levrekte ise %69,29±0,38, %26,54±0,71, 2,90±0,53 ve %5,15±0,22 olarak bulunmuştur (Türkkan 2005).

Hamsi balıklarının (*Engraulis encrasicolus*) elektrikli fırın, mikrodalga fırın, haşlama ve ızgara gibi yöntemlerle pişirildiği çalışmada, toplam bakteri, maya-küf, koliform bakteri, *E.coli*, proteolitik bakteri ve lipolitik bakteri sayıları araştırılmıştır. Mikrobiyolojik açıdan en uygun pişirme yöntemlerinin elektrikli fırın ve mikrodalga fırın olduğu tespit edilmiştir (Evren vd 2008).

Farklı pişirme yöntemlerinin sığır etindeki besinsel ve kalite kriterleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, fırında kızartma, haşlama, kızartma ve mangalda pişirme yöntemleri kullanılmış pişirmede en iyi verimin %66,20 ile mangalda olduğu belirlenmiştir. Tüm pişirme yöntemlerinde kuru madde kaybı görülmüş, renk değişiminde ise çiğ ette kırmızılığın, haşlama yapılan ette ise yeşilliğin arttığı tespit edilmiştir (Aşçıoğlu 2013).

Farklı pişirme yöntemlerinin (mikrodalgada, tavada, fırında, ısıtıcı plaka üzerinde ve mangalda) yağlı ve yağsız balıklarda kalite kriterleri ve heterosiklik amino asit (HAA) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Uygulanan pişirme yöntemlerinin su içeriği ve pH da çok önemli derecede, toplam HAA içeriğinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Pişirme yöntemleri kıyaslandığında ise mangalda pişirmede HAA oranının daha fazla arttığı, tavada kızartılan levrek ve somonlarda ise HAA içeriğinin sınır limitlerin altında olduğu bildirilmiştir (Kotan 2015).

Et ve et ürünlerinde pişirme ve depolama sırasında meydana gelen yağ ve protein oksidasyonunun araştırıldığı bir çalışmada, oksidasyon sonucu oluşan bileşiklerin besin kaybına neden olduğu ve daha ileri düzeyde toksik etki yaptığı tespit edilmiştir (Bastioğlu vd 2016).

Levrek balığı iki farklı yöntemle, farklı sıcaklık ve farklı sürede pişirilmiştir. Buzdolabında depolamanın 0. ve 2. günlerinde besin kompozisyon ve kalite kriterlerinde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. Taze ve pişmiş örnekler kıyaslandığında pişirmenin besin kompozisyonu üzerinde olumlu etkisi görülmüştür. Duyusal değerlendirmeler yapılmış ve değerlendirme sonucu 0. gün 25 dakika 200°C’de pişirilen örnek, 2. gün 20 dakika 150°C’de pişirilen örnekten daha çok beğenilmiştir (Akgözlü 2018).



### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Araştırmada materyal olarak Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Uygulama ve Araştırma Biriminde yetiştirilen gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır.

##### **3.1.1. Araştırma yeri**

Çalışma, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Uygulama ve Araştırma Biriminde bulunan İşleme Ünitesi ve Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarında yürütülmüştür.

##### **3.1.2. Fileto**

Fakültemiz ilgili biriminden temin edilen filetolarda yaygın olarak kullanılan pişirme sıcaklık ve süreleri dikkate alınarak pişirme işleme geçilmiştir. Bu amaçla 180°C (20 ve 30 dk.) ve 200°C (20 ve 30 dk.)’de ev tipi fırında (Bosch) pişirme işlemi uygulanmıştır. Filetolarda fırında pişirme işleminden önce ve sonra pH, ağırlık, yüzey alan, renk, Thiobarbiturik asit reaktif substans (TBARS), Toplam uçucu bazık (TVB-N), Tekstür profil analiz (TPA), Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ve Fourier Transform Infrared (FTIR) ölçümleri yapılmıştır.

#### **3.2. Metot**

##### **3.2.1. Fırında pişirme**

Buzdolabında (4°C) muhafaza edilen filetolar ev tipi fırında 180°C’- 20 dk., 180°C-30 dk., 200°C’- 20 dk. ve 200°C- 30 dk. ısıtılma tabi tutulmuştur.



**Şekil 3.1.** Filetoların fırında kızartılması (orjinal görüntü)

### 3.2.2. pH

Küçük parçalar haline getirilmiş çiğ ve pişmiş örneklerden 10'ar g alınarak üzerine 100 ml saf su eklenmiştir ve elde edilen homojenize karışımda pH değerleri ölçülmüştür (Alak 2011).

### 3.2.3. Ağırlık kaybı

Çiğ ve pişmiş filetoların ağırlıkları hassas terazi (Scaltec, SBA 41) ile tartılarak aşağıdaki formülle ağırlık kaybı oransal olarak hesaplanmıştır (Ovissipour *et al.* 2017).

$$\text{Ağırlık kaybı} = \frac{\text{Son Ağırlık} - \text{ilk ağırlık}}{\text{ilk ağırlık}} \times 10$$

### 3.2.4. Yüze alanı kaybı

Çiğ ve pişmiş filetoların yüze alanları skala ile ölçülmüş ve aşağıdaki formülle yüze alan oranları oransal olarak hesaplanmıştır (Ovissipour *et al.* 2017).

$$\text{Yüzey Alanı Kaybı} = \frac{\text{ilk alan} - \text{son alan}}{\text{ilk alan}} \times 100$$

### 3.2.5. Renk ölçümü

Örneklerin renk ölçümü Minolta (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japon) kalorimetre cihazı kullanılarak L\*, a\* ve b\* değerlerine bakılmıştır. L\*, a\* ve b\* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan CIELAB (Commission Internationale de l'Éclairage) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır. Buna göre L\*; L\*= 0; L\*= 100 beyaz (koyuluk/açıklık); a\*; +a\*= kırmızı, -a\*=yeşil ve b\*; +b\*=sarı, -b\*= mavi renk yoğunluğunu göstermektedir (Alak 2011).

### 3.2.6. Tekstür profil analizi

Balık filetolarından alınan örneklerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro System, model TA-XT.plus, England) ile 75 mm'lik prob kullanılarak Tekstür Profil Analiz (TPA) testi yapılmıştır. Deri çıkarılmadan, her balıktan tek ve aynı filetodan 30 mm boy ve eninde ve yaklaşık 12 mm yüksekliğinde kesit alınmıştır. Daha sonra deri altta kalacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Elde edilen TPA kurvesinden; sertlik, kohesivlik (bağlılık), esneklik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık parametreleri ölçülmüştür (Alak 2011).

### 3.2.7. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı

TVB-N analizleri Malle and Tao (1987) tarafından verilen yöntemde minör modifikasyonlarla yapılmıştır. Küçük parçalar haline getirilen örneklerden 40'ar g alınarak üzerlerine 80 ml TCA çözeltisi ilave edilmiş, daha sonra karışım Ultra Turrax'da (IKA Werk Tp 18-10 20.000 rpm) 1-2 dakika homojenize edildikten sonra 2500 rpm'de 5 dk. santrifüj edilmiştir. Ardından supernatant filtre kağıdı (Faltenfilter Ø150 mm, hızlı filtre edebilen) ile filtre edilmiştir. Elde edilen çözeltiden 25 ml alınarak üzerine 5 ml NaOH ilave edildikten sonra distilasyon cihazına yerleştirilmiştir.



Distilatın toplanacağı erlen içerisine 5 ml %4'lük borik asit çözeltisi (4 gr/100 ml çözelti günlük olarak kaynatılıp soğutulmuş saf sudan hazırlanarak) ve 0,02 ml indikatör (0,1 gr metil kırmızısı ve 0,1 gr brom kresol yeşili; 100 ml etanol) ilave edilmiştir. Borik asit ve indikatör içeren erlen distilasyon cihazına yerleştirildikten sonra 5 dk'da 25 ml distilat toplanacak şekilde distilasyon gerçekleşmiştir. Elde edilen distilat 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. TVB-N değeri titrasyonda harcanan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi (n) dikkate alınarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Çarbaş 2008).

$$\text{TVB-N (mg/100g)} = n \times 16,8 \text{ mg azot}$$

### 3.2.8. Thiobarbiturik asit reaktif substans (TBARS) değerinin belirlenmesi

TBARS değerinin belirlenmesinde Lemon (1975) tarafından verilen yöntem kullanılmıştır. Küçük parça halinde getirilen örneklerden 1'er gram doku alınmış üzerine 6 ml TCA solüsyonu (%7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propil gallat) eklenmiştir. Karışım 15-30 sn homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kağıdından geçirilmiştir.

Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1ml alınarak üzerine 1 ml 0,02 M TBA çözeltisi (2,338 g/lit TBA) ilave edilmiştir. Bu karışımlar 100°C'de 40 dk. tutulmuştur. Su banyosundan alındıktan sonra 5 dk. çeşme suyu altında soğutulmuştur. Soğutulan karışım santrifüj tüplerine aktararak 2000 rpm'de 5 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminde elde edilen supernatant absorbansı spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda (Shimadzu, UV 160) ölçülmüştür. Kör için 1 ml TCA ekstraktına 1ml TBA çözeltisi ilave edilmiş ve örnek için uygulanan aşamalara aynen uygulanmıştır. Köre karşı okunan absorbans değerleri ve TEP (1,1,3,3, tetraetoksipropan) ile hazırlanan standart eğriden elde edilen değer aşağıdaki formüle uygulanarak TBARS değeri (µmol Malonaldehit/kg doku) olarak hesaplanmıştır (Alak 2011).

$$\text{TBARS} = \frac{\left(\frac{\text{abs}}{k}\right) \times 2}{1000} \times 6,8 \times 1000$$

k: Standart eğriden elde edilen değer (0,05)

m: Örnek miktarı

abs: Örnek için okunan absorbans

### 3.2.9. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

DSC analizi için et örneklerinden yaklaşık 10 mg kadar doku örneği alınarak 40 $\mu$ L'lik alüminyum DSC kaplarına tartılmış ve kaplar hermetik bir şekilde kapatılmıştır. DSC'ye yerleştirilen örnek kapları (referans olarak boş kap kullanılarak) 20°C'den 90°C'ye 5°C/dk.'lık ısıtma hızıyla ısıtılmıştır. Böylece elde edilen termogramlardan proteinlere ait termal değişimlerin sıcaklık ve entalpi değerleri belirlenmiştir. DSC cihazı (DSC-60 Plus- Japanese), analizler yapılmadan önce sıcaklık ve ısı akışı için indiyum (T:156.6°C;  $\Delta$ H:28,5 j/g) kullanılarak kalibre edilmiştir.



Şekil 3.2. DSC cihaz (orijinal görüntü)

### 3.2.10. Fourier transform infrared (FTIR)

Gerçekleştirilen çalışmada balık filetoları için spekular yansıma esasına dayanan FTIR kullanılmıştır (Dağcı 2015). Çiğ ve farklı zaman/sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş filetolardan alınan örnekler (1 cm x 0.5 cm x 0.2 cm) FTIR spektrometresi (PerkinElmer precisely) kullanılarak okunmuştur. Numuneler ATR kristal hücresi ile doğrudan temas halinde yerleştirilip, spektrum 4000 ila 400  $\text{cm}^{-1}$  arasında alınmıştır. Her numune için oda sıcaklığında (yaklaşık 22°C) 10 spektrum toplanmıştır (Ovissipour *et al.* 2017).



Şekil 3.3. FTIR (PerkinElmer precisely) görüntüsü

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. pH

Su ürünlerinin kalitesini belirlemede ve işlem sonrasında dayanıklılığını artırmada pH'nın önemli bir etken olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda, çiğ örneklerde pH önemli ( $p<0,05$ ), ısıtılmış örneklerde ise istatistiksel farklılıklar önemsiz ( $p>0,05$ ) olarak belirlenmiş ve Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Filetolara ait pH ölçümleri

Grup	Isıl işlem öncesi*	Isıl işlem sonrası <sup>ÖD</sup>
180°C - 20 dk.	6,30±0,29 <sup>a</sup>	6,05±0,12 <sup>a</sup>
180°C - 30 dk.	6,29±0,29 <sup>a</sup>	6,15±0,11 <sup>a</sup>
200°C - 20 dk.	6,21±0,29 <sup>ab</sup>	6,13±0,04 <sup>a</sup>
200°C - 30 dk.	6,19±0,29 <sup>b</sup>	6,14±0,10 <sup>a</sup>

\* $p<0,05$ , ÖD ( $p>0,05$ ): Önemli değil, aynı sütunda aynı harfle (a, b) gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Isıl işlem uygulanmamış örneklerde en yüksek pH değerinin 6,30±0,29, en düşük değer ise 6,19±0,29 olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklar; balık türü ve yaşama ortamı, kas çeşidi, beslenme durumu, rigor süreci, muhafaza koşulları ve etin tamponlama kapasitesi gibi faktörlere bağlıdır (Chaijan *et al.* 2013).

Isıl işlem uygulamaları sonucunda en yüksek pH'nın 180°C - 30 dk.'da 6,15±0,11 ve en düşük değer ise 180°C-20 dk.'da 6,05±0,12 olduğu bulunmuştur. Mevcut çalışmamızın çiğ-pişmiş pH değerleri ve değişimleri gökkuşuğu alabalığı ile yapılan önceki çalışmalarla uyumludur (Aras Hisar 2002; Anğış 2011; Çarbaş 2008; Oğuzhan 2011; Alak 2011, 2012).

Öz *et al.*(2007) yaptıkları çalışmada ısıtılmış gökkuşuğu alabalığının pH değerinin yükseldiğini, Kotan (2015) ise aynı balık türünün fırında (180°C - 10 dk.)

pişirilmesi sonucunda bu değerin düştüğünü bildirmiştir. Çalışma bulgularımız Kotan (2015) ile uyumlu olup, Öz *et al.* (2007) ile gösterdiği farklılıkta ise pişirme tekniğinin ve süresinin etkili olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2. Ağırlık Kaybı Sonuçları

Farklı pişirme sıcaklığı ve farklı pişirme süreleri uygulanan filetolara ait başlangıç ve pişirme sonrası ağırlık ölçümleri yapıp, % değişimleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Gruplar arasında sıcaklık ve sürenin etkili olduğu istatistiki olarak belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.2.** Filetolara ait ağırlık kaybı sonuçları

Grup	% değişim*
180°C - 20 dk.	15,37±5,69 <sup>ab</sup>
180°C - 30 dk.	17,96±4,90 <sup>ab</sup>
200°C - 20 dk.	13,61±5,04 <sup>b</sup>
200°C - 30 dk.	20,22±5,13 <sup>a</sup>

\* $p<0,05$ , aynı sütunda aynı harfle (a, b) gösterilen değerler arasında istatistiki olarak fark yoktur.

Sonuçlar, pişirme kaybının, ısı işlemin zaman ve sıcaklığına bağlı olarak önemli ölçüde arttığını ( $p<0,05$ ) göstermektedir. Bulgularımız daha önce çeşitli balık türleri ile yapılan çalışmalar ile uyumludur (Kong *et al.* 2007a; Skipnes *et al.* 2011; Ovissipour *et al.* 2013; Cao *et al.* 2016). Yine bu çalışmalardan çıkarılan sonuçlar dikkate alındığında bu kayıpların çok yüksek seviyelere çıkmamasının nedeni, balık etinin yüksek seviyede myofibriller protein ve bağ dokusu içermesidir (Ovissipour *et al.* 2013). Yine bilinen bir durum olarak pişirme kaybının %85'inden fazlası nem iken geri kalan kısmını lipitler, kollajen veya jelatin, kas parçaları ve toplanmış sarkoplazmik proteinler oluşturur (Kong *et al.* 2007b; Skipnes *et al.* 2007, 2011; Ovissipour *et al.* 2013). Etlerin pişirilmesi ile proteinlerde denatürasyon, su -yağ kaybı ve şirink meydana gelir (Gökalp vd 2002; Ceylan 2018). Isıl işlem uygulamada en önemli nokta, merkez sıcaklığının (en soğuk nokta) ulaştığı son sıcaklık derecesi ve bu derecede ne kadar süreyle kaldığıdır (Öztan 2003; Ceylan 2018).

Çalışmamızın varyasyon kaynakları dikkate alındığında, 180°C ve 200°C’de ağırlık kaybı oranının 30 dk.’da daha fazla olduğu görülmüştür. Farklı iki sıcaklığın 30 dk.’lık zamanlarının ağırlık kaybı oranının karşılaştırılmasında ise 200°C’de ki kaybın daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum uzun sürede yüksek sıcaklığa maruz bırakılan filetoların fazla su kaybetmesi sonucunda su tutma kapasitesinin düşmesine bağlanabilir.

### 4.3. Yüzey Alan Kaybı Sonuçları

Çiğ ve farklı sıcaklık/sürelerde pişirilen filetolarda yüzey alan kayıpları istatistiki olarak önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuş ve Çizelge 4.3’ de sunulmuştur. En yüksek yüzey alan kaybı  $40,23\pm4,93$  olarak 200°C - 30 dk. pişirilen filetolarda en düşük kayıp ise  $24,84\pm3,33$  değeri ile 180°C - 20 dk. pişirilen filetolarda elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Farklı pişirme sıcaklığı ve farklı pişirme sürelerine göre filetolarda meydana gelen yüzey alan kayıp sonuçları

Farklı uygulamalara göre gruplandırma (°C /dk)	Yüzey alan kaybı sonuçları (%)
180°C - 20 dk.	$24,84\pm3,33^c$
180°C - 30 dk.	$33,07\pm8,75^{ab}$
200°C - 20 dk.	$29,53\pm9,65^{bc}$
200°C - 30 dk.	$40,23\pm4,93^a$

\* $p<0,05$ , aynı sütunda aynı harfle (a, b) gösterilen değerler arasında istatistiki olarak fark yoktur.

Yüzey alan kaybında etkili olan süreç; ısı işlemin, proteinin fonksiyonel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklere bağlı olarak nem kaybının gerçekleşmesi ve bunun sonucunda kas protein denatürasyonu ve toplanması ile açıklanmaktadır (Ovissipour *et al.* 2013; Cao *et al.* 2016). Yine ısı işlem sırasında, atılan su, çözünür proteinler, yağlar ve protein denatürasyonu nedeniyle kas liflerinin çapı ve sarkomer uzunluğu da küçülebilmektedir (Ovissipour *et al.* 2017). Pişirme ve yüzey alan kaybının protein denatürasyonu ile ilgili olduğu ve çalışma verilerimizle de paralellik gösteren çok

sayıda araştırmaya rastlanmıştır (Ofstad *et al.* 1996; Palka and Daun 1999; Barbera and Tassone 2006; Kong *et al.* 2007a; Ovissipour *et al.* 2013, 2017). Bunlara ilaveten, protein denatürasyonu eşliğinde balık etinin daralarak dikey kesitinin kalınlaşmasına neden olduğu da bildirilmiştir (Liu *et al.*, 2013).

Piştirilmiş örneklerdeki yüzey alan kaybının açıklamasında, yüksek sıcaklıkta hidrojen bağlarının kırılması ve fibriler yapının açılıp gevşeyerek kollejen molekülünü kısaltması (fileto ilk boyunun üçte birine kadar büzüşür) göz önünde bulundurulur (Aşçıoğlu 2013).

#### 4.4. Renk Ölçümü Sonuçları

Çiğ ve farklı süre/sıcaklık uygulaması yapılan filetoların L, +a ve +b değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan filetoların renk ölçümleri

<b>L*</b>	<b>Çiğ fileto</b>	37,10±2,82 <sup>d</sup>
	<b>180°C 20 dk.</b>	77,18±5,15 <sup>ab</sup>
	<b>180°C 30 dk.</b>	71,36±7,48 <sup>bc</sup>
	<b>200°C 20 dk.</b>	79,13±3,95 <sup>a</sup>
	<b>200°C 30 dk.</b>	67,85±7,35 <sup>c</sup>
<b>a*</b>	<b>Çiğ fileto</b>	2,62±1,93 <sup>a</sup>
	<b>180°C 20 dk.</b>	0,40±0,64 <sup>b</sup>
	<b>180°C 30 dk.</b>	0,58±1,07 <sup>b</sup>
	<b>200°C 20 dk.</b>	0,58±0,99 <sup>b</sup>
	<b>200°C 30 dk.</b>	1,36±1,18 <sup>ab</sup>
<b>b*</b>	<b>Çiğ fileto</b>	7,06±2,38 <sup>d</sup>
	<b>180°C 20 dk.</b>	19,28±1,91 <sup>b</sup>
	<b>180°C 30 dk.</b>	19,03±1,55 <sup>b</sup>
	<b>200°C 20 dk.</b>	16,28±1,82 <sup>c</sup>
	<b>200°C 30 dk.</b>	22,42±0,44 <sup>a</sup>

\*p<0,05, aynı sütunda aynı harfle (a, b, c, d) gösterilen değerler arasında istatistiki olarak fark yoktur.

Isıl işlem gruplarının L, +a ve +b değerler aralığı sırasıyla 67,85-79,13, 0,40-1,36, 16,28-22,42'dir. L (parlaklık) değerleri incelendiğinde en düşük 67,85 ile 200°C'de 30 dk.'da, en yüksek 77,18 ile 180°C'de 20 dk.'da görülmektedir. Uzun süre yüksek sıcaklık uygulaması materyallerin parlaklığını olumsuz etkilemiştir.

+a (kırmızı)'ya bakıldığında en yüksek 200°C'de 30 dk.'da (1,36) ve en düşük 180°C'de 20 dk.'da (0,40) değerine rastlanmaktadır. Haard (1992), yaptığı bir çalışmada benzer durumla karşılaşmış, denatürasyon nedeniyle proteinler, karotenoidler ve şekerlerin oksidasyonu ile balık proteinleri arasındaki maillard reaksiyonunun oluşumuna bağlamıştır.

Son olarak +b (sarı) verileri incelendiğinde 200°C'de 20 dk.'da 16,28 ile en düşük, 200°C'de 30 dk.'da 22,42 ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Gökkuşaağı alabalığı filetoalarının pişirilmesi sırasında, balıkentinin rengi, L değerinde hızlı bir artış ve a değerlerinde keskin bir düşüş ( $p<0,05$ ) ile maskelenmiştir. Pasifik somon (*Oncorhynchus keta*) (Bhattacharya *et al.* 1994) ve pembe somon (Kong *et al.* 2007a) yapılan çalışmalarda sonuçlarımıza benzer eğilimler bildirilmiştir. Bilinen bir durum olarak beyazlaşma, hem proteinlerin hem de karotenoid oksidasyonunun hızlı denatürasyonu sonucunda, esmerleşme fazı ise şekerler, balık proteinleri ve aminler arasındaki Maillard reaksiyonu ile ilgilidir (Haard 1992). Bu çalışmada, belirlenen esmerleşme fazı, yüksek test sıcaklıklarından kaynaklı olarak düşünülmektedir. Çünkü esmerleşme genellikle işlem sıcaklığı ve zaman artışı ile ilintilidir (Whistler and Daniel 1985; Kong *et al.* 2007a).

#### 4.5. Tekstür Profil Sonuçları

Çiğ ve farklı süre/sıcaklık uygulaması yapılan filetoaların tekstür sonuçlarına ait veriler Çizelge 4.5'de verilmiştir ( $p<0,05$ ).



**Çizelge 4.5.** Farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan filetoların tekstür sonuçları

Tekstür	Muameleler				
	Çiğ fileto	180°C 20 dk.	180°C 30 dk.	200°C 20 dk.	200°C 30 dk.
<b>Sertlik (N)</b>	8,45±0,97 <sup>a</sup>	7,60±0,35 <sup>a</sup>	12,37±2,93 <sup>b</sup>	9,15±1,63 <sup>a</sup>	18,38±3,28 <sup>c</sup>
<b>Yapışkanlık (N.s)</b>	0,68±0,39 <sup>a</sup>	0,52±0,33 <sup>a</sup>	0,18±0,13 <sup>a</sup>	0,56±0,23 <sup>a</sup>	0,28±0,29 <sup>a</sup>
<b>Esneklik</b>	0,27±0,35 <sup>a</sup>	0,12±0,03 <sup>a</sup>	0,11±0,03 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>a</sup>
<b>Bağlılık</b>	0,29±0,05 <sup>a</sup>	0,35±0,06 <sup>a</sup>	0,33±0,03 <sup>a</sup>	0,34±0,04 <sup>a</sup>	0,33±0,03 <sup>a</sup>
<b>Elastikiyet (mm)</b>	2,61±0,46 <sup>c</sup>	1,98±0,33 <sup>a</sup>	2,04±0,53 <sup>ab</sup>	1,68±0,18 <sup>a</sup>	2,37±0,27 <sup>bc</sup>
<b>Sakızimsılık (N)</b>	2,43±0,18 <sup>a</sup>	2,65±0,46 <sup>a</sup>	4,12±0,96 <sup>b</sup>	3,14±0,67 <sup>ab</sup>	6,23±1,40 <sup>c</sup>
<b>Çiğnenebilirlik (N.mm)</b>	6,34±1,12 <sup>ab</sup>	5,32±1,46 <sup>a</sup>	8,02±0,72 <sup>b</sup>	5,18±0,69 <sup>a</sup>	14,68±3,11 <sup>c</sup>

Kong *et al.* (2007a) pembe salomonlar için doku bakımından optimum pişirme süresinin en uygun tepe noktası sıcaklıklarını 100°C ve 131.1°C olarak vermiştir. Balık kasındaki protein denatürasyonunun sıcaklıkları 40°C - 80°C arasında bildirildiğinden (Skipnes *et al.* 2008), dokusal değişiklikler muhtemelen myofibriller proteinlerinin denatürasyonu ve kollajenin jelleşmesinden kaynaklanmaktadır (Kong *et al.* 2007a). Balık kasları için jelasyonda düşük kollojen içeriğinden dolayı miyosin ve aktin çok önemlidir (Skipnes *et al.* 2011). Yapılan bu çalışmada artan sıcaklıkla birlikte sertleşme fazı süresi azalmış, daha yüksek sıcaklıklarda, protein denatürasyon oranının protein toplanmasından daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Bu durum, çalışmadan elde edilen diğer bulgularla da uyumludur (FTIR ve DSC). Yine pişirme sırasında uygulanan sıcaklık, protein denatürasyonunu etkileyerek balık etinin fiziksel özelliklerini değiştirebilmektedir. Özellikle de miyosindeki bozulma bu süreçte daha etkili olmaktadır (Sahin and Sumnu 2001; Liu *et al.* 2013).

Tekstürel yapıda balık etinin miyofibriller proteinlerden dolayı kırmızı et ve tavuk eti kadar yüksek bir doku mukavemeti göstermediği ve özellikle işlenmiş ürünlerde protein ve yağ kalitesinin dokusal özellikleri etkilediği bildirilmiştir (Dinçer *et al.* 2017). Kerr

*et al.* (2005)'e göre doku değiştirici bazı durumların proteinler arasındaki bağlanmada ve sertlik üzerinde etkili olmaktadır.

#### 4.6. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analiz Sonuçları

Balıklarda toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri tazeliği belirlemede önemli bir kriterdir (Alak 2011). Lipid oksidatif ürünleri protein oksidasyonuna yol açar. Ayrıca, lipit oksidasyonu ve protein oksidasyonu bağımsız veya birlikte oluşabilir. TVB-N; NH<sub>3</sub>, aminler dahil olmak üzere enzimler ve bakteriler tarafından protein parçalanmasından kaynaklı, azot içeren bir bileşik grubudur (Duan *et al.* 2018). Bu araştırmada filetoların çiğ ve farklı süre/sıcaklık uygulanmış örneklerinde TVB-N ölçümleri yapılmıştır. Değişik uygulamaların sebep olduğu TVB-N değişimleri  $p < 0,05$  seviyesinde önemli olarak belirlenmiş ve farklılıklar Çizelge 4.6' da sunulmuştur.

Çiğ filetolara ait ortalama TVB-N değeri  $9,18 \pm 1,69$  mg/100g iken pişirme işlemi sonucunda bu değer süreye ve ısıya bağlı bir artış göstermiştir. En yüksek değerler  $200^\circ\text{C} - 20$  dk.'lık grupta  $17,64 \pm 1,70$  mg/100g ve  $200^\circ\text{C} - 30$  dk.'lık grupta  $18,76 \pm 1,69$  mg/100g olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.6.** Filetolara ait TVB-N değerleri (Ortalama±Standart sapma) (mg/100g)

Grup	TVB-N değerleri
Çiğ fileto	$9,18 \pm 1,68^b$
$180^\circ\text{C} - 20$ dk.	$13,72 \pm 1,67^{ab}$
$180^\circ\text{C} - 30$ dk.	$16,95 \pm 1,69^a$
$200^\circ\text{C} - 20$ dk.	$17,64 \pm 1,70^a$
$200^\circ\text{C} - 30$ dk.	$18,76 \pm 1,69^a$

\* $p < 0,05$ , aynı sütunda aynı harfle (a, b) gösterilen değerler arasında istatistiki olarak fark yoktur

Kolsarıcı and Özkaya (1998)'de yaptığı çalışmada gökkuşağı alabalığına soğuk ve sıcak tütsülemesinin TVB-N değerlerinde değişime neden olduğunu bildirmiştir. Sıcaklığın mikrobiyal ve enzimatik aktivasyonda etkili olarak TVB-N düzeyinin artışına neden

olabileceğini rapor etmiştir. Çalışmamızda elde edilen yüksek TVB-N miktarları uygulanan ısı seviyeleriyle izah edilebilir.

#### 4.7. Thiobarbitürik Asit Reaktif Substans (TBARS) Sonuçları

Lipit oksidasyon işleminin seyrini belirleyebilmek için ikincil oksidasyon ürünleri değerlendirilmiştir. Lipid oksidasyonun sekonder ürünlerini izlemede TBARS klasik yöntemlerden biridir (Qiu *et al.* 2016). TBARS değerinde, radikaller gibi oksidanların protein ve lipit tahribatı oluşturduğu, işlenmiş su ürünlerinin, özellikle de fazla miktarda çoklu doymamış yağ asitleri içeren balıkların, raf ömrünün kısalmasında kritik bir neden olduğu bilinmektedir (Duan *et al.* 2018).

Yapılan bu çalışmada, farklı sıcaklık/süre uygulamalarına maruz bırakılan filetoların TBARS değerlerinde değişimler belirlenmiştir. Bu değişim çiğ/ısıtılmış işlem görmüş filetolara ait TBARS değerleri olarak Çizelge 4.7'de gösterilmiş ve  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Pişirilmeden önceki filetolara ait ortalama TBARS değeri  $0,95 \pm 0,29$   $\mu\text{mol}$  Malonaldehit/kg doku olarak belirlenmiştir. Pişirme sonucunda en yüksek TBARS değeri ise  $5,54 \pm 2,26$   $\mu\text{mol}$  Malonaldehit/kg doku olarak  $200^\circ\text{C}$  - 30 dk. pişirilen grupta elde edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Filetolara ait TBARS değerleri (Ortalama $\pm$ Standart sapma) ( $\mu\text{mol}$  Malonaldehit/kg doku)

Grup	TBARS değerleri
Çiğ fileto	$0,95 \pm 0,29^c$
$180^\circ\text{C}$ - 20 dk.	$1,89 \pm 0,56^{bc}$
$180^\circ\text{C}$ - 30 dk.	$2,60 \pm 0,83^b$
$200^\circ\text{C}$ - 20 dk.	$2,01 \pm 0,55^{bc}$
$200^\circ\text{C}$ - 30 dk.	$5,54 \pm 2,26^a$

\* $p < 0,05$ , aynı sütunda aynı harfle (a, b) gösterilen değerler arasında istatistiki olarak fark yoktur

Fırında pişirme uygulamalarında 30 dk. 180°C ve 200°C’de pişirilen örneklerin TBARS değerinin aynı sıcaklıkların kısa süreleriyle kıyaslandığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma verilerimiz aynı tür balıkta aynı teknikle pişirmenin denendiği Kotan (2015) ile uyumludur. Elde edilen bu sonuç ısı işlemin TBARS değeri üzerine etkili olması durumu ile örtüşmektedir. Benzer olarak yapılan çalışmalarda da, çiğ ette TBARS’ın daha düşük olduğu ve pişirme ile oluşan reaktif bileşiklerin ette bulunan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşikler ile reaksiyona girerek TBARS değerini yükselttiği bilinmektedir (Meinert *et al.* 2007; Sanchez del Pulgar *et al.* 2012; Dominguez *et al.* 2014).

Bu çalışmada yüksek sıcaklıkta uzun süre pişirmede lipit oksidasyonundaki artış marjinal bulunmuştur. Sekonder oksidasyon ürünlerinin oluşumu değerlendirildiğinde yüksek sıcaklık uzun süre uygulaması hariç tüm pişirilmiş örneklerde TBARS değerinin kabul edilebilir sınır değerinin altında kaldığını, bu durumun artmış lipit oksidasyonu olarak tanımlanamayacağı sonucuna varılmıştır (Al-Saghir *et al.* 2004).

#### 4.8. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

Çiğ ve farklı süre-sıcaklık uygulaması yapılan filetoların termal uygunluk dereceleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Kontrol ve farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulanan grupların DSC sonuçları

Gruplar	1. pik		2. pik		3. pik	
	Sıcaklık (°C)	$\Delta H$ (J/g)	Sıcaklık (°C)	$\Delta H$ (J/g)	Sıcaklık (°C)	$\Delta H$ (J/g)
Çiğ fileto	41,83	1,11	65,93	0,08	75,65	0,49
	41,59	0,76	65,68	0,07	75,05	0,25
180°C 20 dk.	-	-	-	-	-	-
180°C 30 dk.	-	-	-	-	-	-
200°C 20 dk.	-	-	-	-	-	-
200°C 30 dk.	-	-	-	-	-	-

Piştirme sırasında balık etinin protein denatürasyon derecesini tahmin etmek için, aktivasyon enerjisi bilinmelidir. Tepe sıcaklığı ( $T_{max}$ ) ve ısıtma hızı ( $b$ ), DSC yönteminde kullanılan ve yorumlama için vazgeçilmez iki parametredir (Liu *et al.* 2013).

DSC analizi için gökkuşağı alabalıklarında veri olmadığından, Skipnes *et al.* (2008) ve Liu *et al.* (2013)'ün farklı tür balıklardaki verileri referans alınarak benzer sıcaklık aralıkları olarak tanımlanmıştır. Bu doğrultuda, miyosin (40-50°C) ve aktin (70-80°C) proteinleri dikkate alınmış ve protein denatürasyon derecesinin öngörüsünde, yoğunluklu olarak bu iki proteinin denatürasyonu için ısıtma sırasında tespit edilen miyosin ve aktin üzerine odaklanılmıştır.

Termal analizler sonucu elde edilen termogramlarda kontrol numunesi (çiğ fileto) için üç farklı pik belirlenmiş ve bu piklerin sırasıyla miyosin ( $T_1, \Delta H_1$ ), sarkoplazmik proteinler ile kalojen ( $T_3, \Delta H_3$ ) ve aktin ( $T_4, \Delta H_4$ ) denatürasyonuna ait olduğu dikkate alınmıştır (Çizelge 4.8) Bununla birlikte pişirilen örneklerde ise miyosin, aktin ve sarkoplazmik proteinler ile kalojen denatürasyonuna ait piklerin artık gözlenmediği belirlenmiştir.

Bilindiği gibi dokudaki azalma, proteolitik aktivitedeki artış ve miyosin denatürasyonu arasında bağlantı bulunmaktadır. Piklerin görünmemesinde dokunun bozulması ve yüksek sıcaklığın olumsuz etkilerinin olduğu düşünülmektedir (Sahin and Sumnu 2001)

Fırında piştirme sırasında balık etinin fiziksel özellikleri, piştirme sırasında protein denatürasyonundan kısmen zarar gördüğünden, dokunun protein denatürasyonunda sıcaklık, ana neden olarak kabul edilmektedir (Liu *et al.* 2013).

Uygulanan muamaleye göre alınamayan entalpi değerleri proteinlerin termal stabilitesindeki düşüşle açıklanabilir. Çalışmamızda doğrulama parametresi olarak incelenen TVB-N sonuçları da DSC sonuçları ile paralellik göstermektedir. Sıcaklıkla beraber artan TVB-N miktarı amin ve amonyak gibi bileşiklerin artması ile doğru

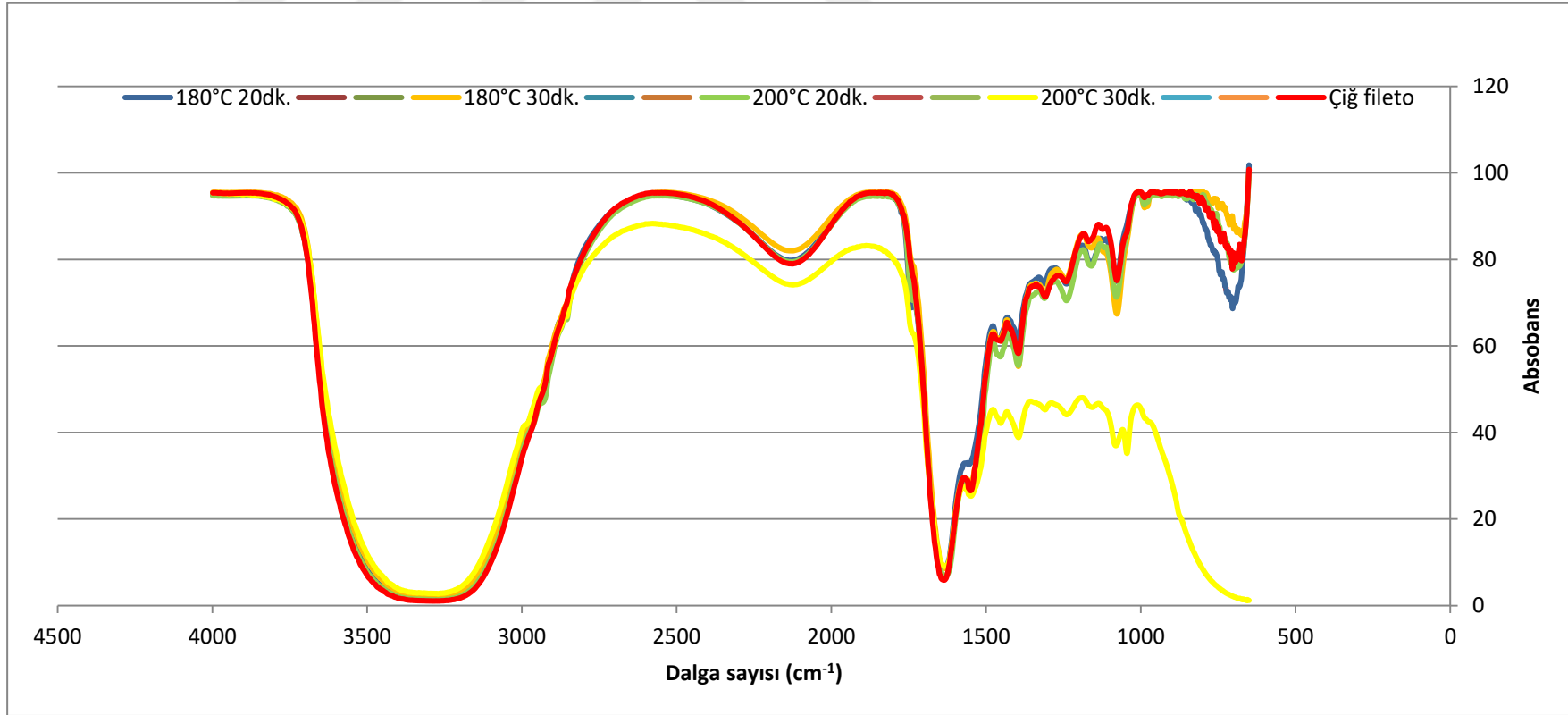
orantılıdır. Ortamda amin ve amonyak gibi bileşiklerin miktarındaki artış protein denatürasyonu sonucunu güçlendirmektedir.

#### 4.9. Fourier Transform Infrared (FTIR) Sonuçları

Bu çalışmada çiğ ve farklı süre-sıcaklıkta pişirilen filetoların dalga hareketi ölçümü FTIR okumaları ile belirlenmiş, değişimler Şekil 4.1’de verilmiştir.

Balık filetolarındaki su aktivitesinin yüksek olmasından dolayı, çiğ ve ısı işlem görmüş grupların FTIR grafikleri karşılaştırıldığında önemli farklara rastlanılmamıştır. Bu durumda sıcaklığa bağlı olarak oluşan amin gruplarının etkisi olduğu da düşünülmektedir. Bilinen bir durum olarak amin gruplarının varlığı ve yüksek su aktivitesi grafiklerde diğer bağların spektrofotometrede okunmasını zorlaştırmaktadır.

Myofiber spektrumunda Amid I ( $1700-1600 \text{ cm}^{-1}$ ) çalışmalarda en baskın ve en yararlı grup olarak bilinir. Bu yapı aynı zamanda protein ikincil yapısını incelemek için de yaygın olarak kullanılır. Bu yaygın kullanışta, hidrojen bağlanma düzenleri, dipol-dipol etkileşimi ve polipeptit omurgasının geometrisine olan duyarlılık oldukça önemlidir (Carton *et al.* 2009; Astruc *et al.* 2012). Amid I bölgesindeki spektrumlarında ısınma veya tuzlama etkisinde meydana gelen değişimler çeşitli kaslarda incelenmiştir (Kirschner *et al.* 2004; Bertram *et al.* 2006; Wu *et al.* 2006; Böcker *et al.* 2008; Carton *et al.* 2009; Ojagh *et al.* 2011; Astruc *et al.* 2012). Bu çalışmada orijinal spektrumdaki filetolarda okunan en yüksek absorbans  $3271.71 \text{ cm}^{-1}$ -  $3288.04 \text{ cm}^{-1}$  olan ve amin gruplarının varlığını gösteren değerler olarak kaydedilmiştir. Bu absorbans su miktarı, ısıtma sıcaklığı ve zamana bağlı olarak artış/azalış frekansları vermiştir.



Şekil 4.1. Çiğ ve farklı süre-sıcaklıkta pişirilen filetoların FTIR grafiği

Isıtılan numunelerdeki belirlenen minimum frekanslar, örnek-tabaka yapıları, pişirilmiş filetolarda moleküller arası seviyede artan topaklaşmaya atfedilebilir (Carton *et al.* 2009; Ojagh *et al.* 2011). Aynı eğilim, ısıtılmış numunelerde intramoleküler antiparalel  $\beta$ -tabaka yapılarındaki değişikliklerle de ilintili olabilir (Ovissipour *et al.* 2017).

Grafikler genel anlamda incelendiği zaman bulunan enerji değerlerine göre fonksiyonel gruplar belirlenmiş, 2127.83  $\text{cm}^{-1}$  ve 2127.31  $\text{cm}^{-1}$  ile eter gruplarının tanımlayan bağlar tüm grafiklerde yüksek oranda belirlenmiştir.





## 5. SONUÇ

Su ürünleri, yüksek esansiyel yağ asidi-amino asit, mineral madde ve vitamin içeriği ile çocuk gelişiminin yanı sıra yetişkin insanların sağlıklı bir yaşam sürdürmesi için önemli bir fonksiyona sahip besin değeri yüksek gıdalardandır. Çalışmamızda, zengin besin içeriğine sahip gökkuşağı alabalıklarının yaygın olarak tercih edilen sıcaklık ve sürelerde pişirilmelerinin fileto kalite parametrelerine olan etkileri fiziksel ve kimyasal yöntemlerle ortaya konmuştur. Bu doğrultuda daha çok protein denatürasyonunu hedef alan klasik yöntemlerin yanısıra gıda sektörü içinde oldukça yeni sayılan tekniklerin entegrasyonu dikkate alınmış ve gelecek çalışmalarda yüksek kalite kriterleri için yapılabileceklerin alt yapısının oluşturulması amaçlanmıştır. Araştırma bulgularımızda

1. Çalışmamızda, çiğ örneklerde pH önemli ( $p < 0,05$ ), ısıtıl işlem uygulanan örneklerde ise istatistiksel farklılıklar önemsiz ( $p > 0,05$ ) olarak belirlenmiştir. Isıtıl işlem uygulanmamış örneklerde en yüksek pH değerinin  $6,30 \pm 0,29$ , en düşük değerin ise  $6,19 \pm 0,29$  olduğu gözlemlenmiştir. Isıtıl işlem uygulamaları sonucunda en yüksek pH'nın  $180^{\circ}\text{C}$ -30 dk.'da  $6,15 \pm 0,11$  ve en düşük değerin ise  $180^{\circ}\text{C}$ -20 dk.'da  $6,05 \pm 0,12$  olduğu bulunmuştur.
2. Çalışmamızın varyasyon kaynakları dikkate alındığında,  $180^{\circ}\text{C}$  ve  $200^{\circ}\text{C}$ 'de ağırlık kaybı oranının 30 dk.'da daha fazla olduğu görülmüştür. Farklı iki sıcaklığın karşılaştırılmasında ise ağırlık kaybı oranlarının yüksek ısıda daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
3. Çiğ ve farklı sıcaklık/sürelerde pişirilen filetolarda yüzey alan kayıpları istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. En yüksek yüzey alan kaybı  $\%40,23 \pm 4,93$  olarak  $200^{\circ}\text{C}$ -30 dk. pişirilen filetolarda en düşük kayıp ise  $\%24,84 \pm 3,33$  değeri ile  $180^{\circ}\text{C}$ -20 dk. pişirilen filetolarda elde edilmiştir. Bu parametrede dikkati çeken başka bir husus en fazla yüzey alan kayıplarının uzun zaman dilimlerinde belirlendiğidir.
4. Isıtıl işlem gruplarının L, +a ve +b değerler aralığı sırasıyla 67,85-79,13, 0,40-1,36, 16,28-22,42'dir. L (parlaklık) değerleri incelendiğinde en düşük 67,85 ile  $200^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakikada, en yüksek 77,18 ile  $180^{\circ}\text{C}$ 'de 20 dk.'da görülmektedir. Uzun süre yüksek sıcaklık uygulaması materyallerin parlaklığını olumsuz etkilemiştir. En yüksek +a

değeri 1,36 ile 200°C'de 30 dk.'da ve en düşük ise 0,40 ile 180°C'de 20 dk.'da belirlenmiştir. Son olarak +b değeri incelendiğinde 200°C'de 20 dk.'da 16,28 ile en düşük, 200°C'de 30 dk.'da 22,42 ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

5. Uygulanan sıcaklık ve zamanların tekstür üzerinde her parametre (sertlik, yapışkanlık, esneklik, kohesivlik (bağlılık), elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik) için değişimlere neden olduğu, özellikle de sertlik, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametreleri üzerinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

6. Çiğ filetolara ait ortalama TVB-N değeri  $9,18 \pm 1,69$  mg/100g iken pişirme işlemi sonucunda bu değer süreye ve ısıya bağlı bir artış göstermiştir. En yüksek değerler 200°C-20 dk.'lık grupta  $17,64 \pm 1,70$ mg/100g ve 200°C-30 dk.'lık grupta  $18,76 \pm 1,69$  mg/100g olarak bulunmuştur

7. TBARS değerinde ise çiğ filetolara ait ortalama TBARS değeri  $0,95 \pm 0,29$   $\mu$ mol Malonaldehit/kg doku, pişirme sonucunda ise en yüksek TBARS değeri  $5,54 \pm 2,26$   $\mu$ mol Malonaldehit/kg doku olarak 200°C-30 dk. uygulanan grupta elde edilmiştir.

8. Termal analizler sonucu elde edilen termogramlarda kontrol numunesi (çiğ fileto) için üç farklı pik belirlenmiş, bununla birlikte pişirilen örneklerde protein denatürasyonu (myosin, aktin ve sarkoplazmik proteinler ile kalojen denatürasyonu) gerçekleştiğinden hedeflenen proteinlere ait pikler okunamamıştır.

9. FTIR ölçümlerinde hem çiğ örneklerde hem de pişmiş filetolarda su oranlarının yüksek olması ve amin içerikleri bir takım gölgelemeler yaparak küçük moleküllu bağların görünümünü engellemiş, okunan absorbanlarda ise pişirme ile grup farklılıklarının oluştuğu belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise eski zamanlardan beri kullanılan geleneksel pişirme yöntemlerinden fırında pişirme ile sıkça tercih edilen gökkuşağı alabalığına farklı sürelerde farklı sıcaklık uygulayarak fiziksel ve kimyasal değişimlerine, DSC ile de protein degradasyonuna bakılmıştır. Çalışmamızda yüksek derecedeki pişirme sıcaklığı ile istenilmeyen kayıp oranlarının ve protein degradasyonun arttığı görülmüştür.

Teknolojinin gelişimi ile ortaya çıkan yeni analiz yöntemleri ürün kalitesi hakkında daha hızlı ve daha güvenilir sonuçlar vermesi açısından mutlaka gıda sektöründe de

kullanım olanakları araştırılmalıdır. Nitekim protein denatürasyonu ve fiziksel değişikliklerden elde edilen bulgularımız güvenli, yüksek kaliteli ürün ve pişirme hatalarını iyileştirmek için kullanılabilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızda seçilen sıcaklık değerlerinin protein denatürasyonunun DSC ile analizlerinde uygun olmadığı, daha düşük sıcaklık aralıklarının denenmesi gerektiği de ortaya çıkmıştır.

Çalışmamızda denatürasyonun belirlenmesinde çoklu doğrulama testleri kullanılmasına rağmen farklı çalışmalarla (farklı balık türü, farklı işleme teknolojileri, farklı ortam şartları ve farklı sıcaklıklarda) da desteklenmesi gerekmektedir.

Böylesine zengin besin değerlerine sahip olan su ürünlerinin farklı pişirme teknikleri ile temel bileşenlerinin kaybına yönelik çalışmaların artırılması, özellikle pişirme esnasında ve depolamada oluşan lipit ve protein denatürasyonlarının en aza indirgenmesi ya da optimumu yakalaması adına yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Akgözlü, E.D., 2018. Levrek Balığının (*Dicentrarchus labrax Linnaeus, 1758*) Besin Kompozisyonu ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Farklı Pişirme Yöntemlerinin etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Aksu, M.İ., 2014. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Atatürk Ü., Erzurum.
- Aktaş, N. ve Kaya, M., 2010. Balıkların bileşimi, kalite kriterleri ve işlenmesi: Et ve et ürünlerinin kalite kontrolü. Anadolu Ü., Eskişehir.
- Alak, G., 2011. Probiyotik ve Prebiyotik Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Bağırsak Florası ile Filetoların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Alak, G., 2012. Effects of chitosan prepared in different solvents on quality parameters of mackerel fillets. Journal of Animal and Veterinary Advances, 11(15),2813-2816.
- Al- Sagir, S., Thurner, K., Wagner, K., Frisch, G., Luf, W., Razzazi- Fazeli, E. and Elmadfa, I., 2004. Effect of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). J Agric Food Chem.,52, 5290-5296.
- Angiş, S., 2011. Potasyum Klorür Kullanımının Salamura Yöntemiyle İşlenen ve Vakum veya Modifiye Atmosferde Ambalajlanan Gökkuşığı Alabalığı Filetolarının Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Anonim, 2010. Enstrümental Analiz Notları, Atatürk Ü., 2010.
- Anonim, 2018. Gıda Mühendisliği Laboratuvar Uygulamaları Kılavuzu, Ankara Ü.
- Aras Hisar, Ş., 2002. Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Astruc, T., Venien, A., Peyrin, P. and Labas, R., 2012. In situ thermal denaturation of myofibre sub-type proteins studied by immunohistofluorescence and synchrotron radiation FT-IR microspectroscopy. Food Chemistry, 134(2), 1044-51.
- Aşçıoğlu, Ç., 2013. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Sığır Bonfilelerinin Besinsel ve Kalite Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Babür T. E. ve Gürbüz Ü., 2015. Geleneksel pişirme yöntemlerinin et kalitesine etkileri. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 3(4), 58-64.
- Barbera, S. and Tassone, S., 2006. Meat cooking shrinkage: Measurement of a new meat quality parameter. Meat science, 73(3), 467-474.
- Bastioğlu A.Z., Serdaroğlu M. ve Nacak B., 2016. Et ve et ürünlerinde protein oksidasyonu. Journal of Food and Health Science, 2(4), 171-183.
- Bhattacharya, S., Choudhury, G. S. and Studebaker, S., 1994. Color changes during thermal processing of Pacific chum salmon. Journal of Aquatic Food Product Technology, 3(1), 39-48.
- Bertram, H.C., Kohler, A., Bocker, U., Ofstad, R. and Andersen, H.J., 2006. Heat induced changes in myofibrillar protein structure and myowater of two pork

- qualities. A combined FT-IR spectroscopy and low-field NMR relaxometry study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1740-1746.
- Böcker, U., Kohler, A., Aursand, I. G. and Ofstad, R., 2008. Effects of brine salting with regards to raw material variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle investigated by Fourier transform infrared microspectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13), 5129-5137.
- Büyüksırt T. ve Kuleşan H., 2014. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve gıda analizlerinde kullanımı. *Gıda*, 39 (4), 235-241.
- Christensen C.M., 1984. Food texture perception In advances in food research. Academic Press, 29,159-199.
- Ceylan Z., 2018. Farklı günlerde soğuk muhafazadan çıkarılan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen balıkların bazı kalite parametrelerinin incelenmesi. *Y.Y.Ü. Tar. Bil. Derg.*, 28(3), 317-324.
- Cao, L., Rasco, B., Tang, J., Niu, L., Lai, K., Fan, Y. and Huang, Y., 2016. Effects of freshness on the cool loss and shrinkage of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets following pasteurization. *International Journal of Food Properties*,19, 2297–2306.
- Carton, I., Bocker, U., Ofstad, R., Sorheim, O. and Kohler, A., 2009. Monitoring secondary structural changes in salted and smoked salmon muscle myofiber proteins by FT-IR microspectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3563–3570.
- Chaijan, M., Klomkiao, S. and Benjakul, S., 2013. Characterisation of muscles from Frigate mackerel (*Auxis thazard*) and catfish (*Clarias macrocephalus*). *Food Chem.* 15, 139(1-4),414-9.
- Çarbaş, A., 2008. Potasyum Sorbat Uygulamasının Vakum ve Modifiye Atmosferde Ambalajlanmış Gökkusağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çetinkaya, S., Bilgin, Ş. and Ertan, Ö.O., 2014. Classical methods on the seafood freshness and quality determination. *Ege J Fish Aqua Sci.*, 31(2), 105-111.
- Dağcı, K., 2015., Poli (Pyronin Y) İnce Filmlerinin ve Müstakil Grafen/Poli (Pyronin Y) Gümüş Nanopartikül Elektrotların Hazırlanması, Karakterizasyonu ve Nitritin Amperometrik Tayininde Kullanılması. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Devine, C. and Dikeman, M., 2014. *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier, 553p, USA.
- Dinçer, M.T., Erdem, A.Ö. ve Yılmaz, E.B.Ş., 2017. Et ve balık salamlarının mekanik özelliklerinin karşılaştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(4), 443-449.
- Dominguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97 (2), 223-230.
- Dönmez, İ.,2017. Su Ürünleri Tüketimi ve Sağlık ile İlişkisi. Tezsiz Y.Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Duan, Z. H., Liu, H. Z., Luo, P., Gu, Y. P. and Li, Y. Q., 2018. The effect of melanin free extract from *Sepia esculenta* ink on lipid peroxidation, protein oxidation and

- water-holding capacity of tilapia fillet during cold storage. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 30.
- Ertaş, N. ve Doğruer, Y., 2010. Besinlerde tekstür. *Erciyes Ü., Vet Fak. Derg.*, 7(1), 35-42.
- Evren, M., Turhan, S. ve Üstün, N.Ş., 2008. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balıklarının mikrobiyolojik özellikleri üzerine pişirme yöntemlerinin etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Geçer, E. N., 2011. Farklı Pişirme Metotlarının Havucun Fitokimyasal Özelliklerine Etkisi, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Gençcelep, H., 2008. Et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Girard, J.P., Culioli, J., Maillard, T., Denoyer, C. and Tauraille, C., 1990. Influence of technological parameter on the structure of the batter and the texture of frankfurter type sausages. *Meat Sci.*, 27,13-28.
- Gökalp, Y.H., Kaya, M. ve Zorba, Ö., 2002 . Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 30, 220s, Erzurum.
- Gökoğlu, N., Metin, S., Baygar, T., Özden Ö. ve Erkan N., 1997. Farklı sıcaklıklarda depolanan kalamardaki (*Loligo vulgaris*, *Lamarck*) kalite değişimlerinin incelenmesi. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 23, 511-514.
- Gökoğlu, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın M., 1999. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Isparta.
- Gündüz T. 2001. Enstrümental Analiz. Ankara.
- Haard, N.F., 1992. Biochemistry and Chemistry of Color and Color Changes in Seafoods. *Advances in Seafood Biochemistry: Composition and Quality*, Ed: G.J., Flick, and R.E., Martin. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, 305–360.
- Harper W.J., 1992. Physical properties of food. *Food Sci and Nutr*, 541, 82-120.
- Huss, H.H., 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. *Technological Laboratory Ministry of Agriculture and Fisheries, Denmark, FAO Fisheries Technical*.
- İbicek, F.T., 2006. Alternatif Pişirme Yöntemlerinin Araştırılması ve Yeni Hibrit Yöntem Oluşturulması, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İlyasoğlu, H. and Özçelik, B., 2011. Determination of seasonal changes in olive oil by using differential scanning calorimetry heating thermograms. *J Am Oil Chem Soc.*, 88, 907-918.
- Kaya, Y., Duyar, H. A. ve Erdem, M. E., 2004. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(3/4),365-370.
- Kerr, W.L., Wang, X. and Choi, S.G., 2005. Physical and sensory characteristics of low-fat Italian sausage prepared with hydrated oat. *Journal of Food Quality*, 28, 62–77.
- Kilcast D., 2004. *Texture in Food: Solid Foods*. Elsevier. England.
- Kirschner, C., Ofstad, R., Skarpeid, H. J., Host, V. and Kohler, A., 2004. Monitoring of denaturation processes in aged beef loin by Fourier transform infrared microspectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3920–3929.
- Kolsarıcı, N. and Özkaya, Ö., 1998. Effect of smoking methods on shelf-life of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 22, 273-284.

- Kong, F., Tang, J., Rasco, B. and Crapo, C., 2007a. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, 83, 510–520.
- Kong, F., Tang, J., Rasco, B., Crapo, C. and Smiley, S., 2007b. Quality changes of salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) muscle during thermal processing. *Journal of Food Science*, 72(2), 103–111.
- Kotan G., 2015. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Yağlı ve Yağsız Balıklarda Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Y.lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kramer, A. and Twigg, B. A. 1962. *Fundamentals of quality control for the food Industry*. Westport, Connecticut.
- Kramer, A., 1972. Texture-Its definition measurement and relation to other attributes of food quality. *Food Technol*, 26 (1), 3439.
- Lewis, N. M., Seburg, S. and Flanagan, N. L., 2000. Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poultry Science*, 79(7), 971-974.
- Light, N., Champion, A. E., Voyle, C. and Bailey, A. J., 1985. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. *Meat Science*, 13, 137–149.
- Liu, D., Liang, L., Xia, W., Regenstein, J. and Zhou, P., 2013. Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at 3 and 0 C. *Food Chemistry*, 105-114.
- Meinert, L., Andersen, L.T., Bredie, W.L.P., Bjerregaard, C. and Aaslyng, M.D., 2007. Chemical and sensory characterisation of panfried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75 (2), 229-242.
- Ofstad, R., Kidman, S. and Hermansson, A.M., 1996. Ultramicroscopical structures and liquid loss in heated cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*) muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72(3), 337–347.
- Oğuzhan P., 2011. Sıcak Tütsülenen Gökkuşluğu Alabalığı Filetoları Üzerine Modifiye Atmosferde Ambalajlamannın Etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ojagh, S.M., Nunez-Flores, R., Lopez-Caballero, M.E., Montero, M.P. and Gomez-Guillen, M.C., 2011. Lessening of high pressure induced changes in Atlantic salmon muscle by the combined use of a fish gelatin-lignin film. *Food Chemistry*, 125(2), 595–606.
- Ovissipour, M., Rasco, B., Shiroodi, S. G., Modanlow, M., Gholami, S. and Nemati, M., 2013. Antioxidant activity of protein hydrolysates from whole anchovy sprat (*Clupeonella engrauliformis*) prepared using endogenous enzymes and commercial proteases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 1718–1726.
- Ovissipour, M., Rasco B., Tang J. and Sablani S., 2017. Kinetics of protein degradation and physical changes in thermally processed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Bioprocess Technol.*, 10, 1865–1882.
- Öz, F., Kaban, G. ve Kaya, M., 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104 (1), 67-72.
- Öztan, A., 2003. *Et Bilimi ve Teknolojisi*. Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

- Palka, K. and Daun, H., 1999. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci.*, 51, 237–243.
- Sahin, S. and Sumnu, G., 2001. Effects of microwave cooking on fish quality. *International Journal of Food Properties*, 4(3), 501–512
- Sanchez del Pulgar J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal J., 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Sci.*, 90(3), 828–35.
- Serdaroğlu, M. ve Değirmenciöğlü, G.Ö., 2002. Etin önemli bir kalite özelliği. *Lezzet Gıda Dergisi*, 37(4), 297-03.
- Skipnes, D., Ostby, M. L. and Hendrickx, M.E., 2007. A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle. *Journal of Food Engineering*, 80, 1078–1085.
- Skipnes, D., Van der Plancken, I., Van Loey, A. and Hendrickx, M., 2008. Kinetics of heat denaturation of proteins from farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Engineering*, 85(1), 51–58.
- Skipnes, D., Johnson, S. O., Skara, T., Sivertsik, M. and Lekang, O., 2011. Optimization of heat processing of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) muscle with respect of cook loss, water holding capacity, color, and texture. *Journal of Aquatic Food Product Technologies*, 20, 331–340.
- Szczesniak, A.S., 1963. Classification of textural characteristics. *J Food Sci.*, 28, 385–389.
- Tekinşen O.C. ve Keleş A., 1994. Besinlerin duyuusal muayenesi. Selçuk Univ Vet Fak Yayın Ünitesi.
- Türker S., 1997. Hayvansal Gıdalarda Kalite Kontrolü. Ankara.
- Türkkan, A. U., 2005. Farklı Pişirme Yöntemleri Uygulanmış ve Vakum Ambalajda +4 Depolanmış Levrek Balığının Kimyasal ve Duyusal Kalitesi. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tornberg, E., 2005. Effects of heat on meat proteins-Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70, 493-508.
- Ünlüsayın, M. ve Erdilal, R., 2008. Taze su ürünleri için tekstür profil analizi. *Natural and Applied Sciences*, 3 (3), A0083, 424-435.
- Whistler, R. L. and Daniel, J. R., 1990. Functions of polysaccharides in foods. *Food Additives*. Ed:A.L., Branen, P.M., Davidson, and S.Y., Salminen, Marcel Dekker, New York, NY, 395-424.
- Wu, Z., Bertram, H. C., Kohler, A., Bocker, U., Ofstad, R. and Andersen, H. J., 2006. Influence of aging and salting on protein secondary structures and water distribution in uncooked and cooked pork. A combined FT-IR microspectroscopy and <sup>1</sup>H NMR relaxometry study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8589–8597.
- Qiu, X., Chen, J., Liu, G. and Line, H., 2016. Inhibition of lipid oxidation in frozen farmed ovate pompano (*Trachinotus ovatus* L.) fillets stored at -18 °C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(10), 3374-3379
- Varlık, C., Baygar, T., Özden, Ö., Erkan, N. ve Metin, S., 1997. Soğukta depolanan karideslerin (*Parapenaeus longirostris*, LUCAS 1846) bazı duyuusal fiziksel ve kimyasal parametrelerinin belirlenmesi. *Turk J Vet Anim Sci.*, 24, 181–185.



- Yalçın, N. F., 2010. Gökkuşığı Alabalıklarında (*Oncorhyncus mykiss*) Muhafaza ve Pişirme İşlemlerinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yıldız, A., Genç, Ö. ve Bektaş, S., 1997. Enstrümantal Analiz Yöntemleri. Hacettepe Ü. Yayınları, Ankara
- Yorulmaz E., 2005. Schiff Bazlarının Termal Yöntemlerle İncelenmesi. Y.lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, J., Daubert, C.R. and Foegeding, E.A., 2005. Characterization of polyacrylamide gels as an elastic model for food gels. Rheol Acta, 44, 622-630.



## ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2009 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Aynı yıl ER-HAS Süt ve Süt Ürünleri fabrikasında işe başlayıp, 2016 yılına kadar devam etti. 2017 yılında Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliğinde yüksek lisans eğitimine başladı. Bu dönemde SA-ME CATERİNG firmasında Gıda Mühendisi olarak işe başlamış olup halen devam ettirmektedir.