



DOKTORA TEZİ

CEM AYDIN

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME ANABİLİM DALI

OHMİK ISITMA İŞLEMİNİN BALIK EZMESİ KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ

**T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**OHMİK ISITMA İŞLEMİNİN BALIK EZMESİ KALİTE PARAMETRELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

CEM AYDIN

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME ANABİLİM DALI

**1.DANIŞMAN
PROF.DR. YALÇIN KAYA**

**2.DANIŞMAN
DOÇ.DR. ÜNAL KURT
AMASYA ÜNİVERSİTESİ / TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

SİNOP – 2018

TEZ KABUL

CEM AYDIN tarafından hazırlanan “Ohmik Isıtma İşleminin Balık Ezmesi Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, **09.03.2018** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **DOKTORA tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan [Prof. Dr. Yalçın KAYA]
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Üye [Prof. Dr. İsmihan KARAYÜCEL]
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Üye [Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM]
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Üye [Doç. Dr. Cemal KAYA]
Gaziomanpaşa Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

İmza

Üye [Dr. Öğr. Üyesi Serkan KORAL]
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

02.../04/2018

[Doç. Dr. Turgay KORKUT]
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu araştırmada, dumanlanmış gökkuşağı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) üretilen ezmelerin, ohmik ve geleneksel ısıtma sonrasında buzdolabı koşullarında kalite parametrelerindeki değişimleri incelenmiştir.

Ohmik ısıtma işlemi 50Hz çalışma frekansında ve 5V/cm voltaj gradyanında, geleneksel ısıtma ise cam kavanozlara yerleştirilen ürünlerin sıcaklığı $98\pm1^{\circ}\text{C}$ olan su banyosunda bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Her iki ısıtma işlemi ürün soğuk nokta sıcaklığı 78°C olduğunda sonlandırılmıştır. Daha sonra balık ezmeleri paketlenerek, $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de raf ömrü sona erinceye kadar depolanmıştır. Depolama boyunca ezmelerin kalite özellikleri fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizi yöntemleri ile periyodik olarak kontrol edilmiştir. Ayrıca ezmelerin ısıtılması sırasında kullanılan iki yöntemin teknolojik açıdan değerlendirilmesi de yapılmıştır.

Depolama süresince ohmik yöntemle ısıtılmış ezmelerin TVB-N değerleri 12.19-20.58 mg/100g, TBA değerleri 0.60-1.07 mg malondialdehit/kg aralığında değişim gösterirken, geleneksel yöntemle ısıtılmış ezmelerin TVB-N değerleri 15.90-22.60 mg/100g, TBA değerleri 0.65-1.55 mg malondialdehit/kg aralığında değişim göstermiştir. Depolama süresine ve ısıtma yöntemine bağlı olarak TVB-N ve TBA değerlerinin anlamlı bir değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Isıl işlem öncesi ezmelerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri sırasıyla 69.90 ± 0.06 , 3.69 ± 0.06 ve 21.34 ± 0.06 olarak belirlenmiştir. Isıl işlem sonrası L^* ve a^* değerlerinin arttığı, b^* değerlerinin ise 20.89-21.36 aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ohmik ve geleneksel ısıtma sonrası ezmelerin toplam bakteri sayısı (TBS) sırasıyla 2.28 ± 0.02 ve 2.32 ± 0.02 log kob/g olarak, toplam maya-küf sayısı (TMK) ise sırasıyla 2.14 ± 0.06 ve 2.28 ± 0.02 log kob/g olarak belirlenmiştir. Ohmik ve geleneksel ısıtma sonrası ezmelerin TBS ve TMK arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bir farklılık olmadığı görülmüştür. Ohmik ısıtma ile üretilen ezmelerin duyu özelliklerinin daha çok beğenildiği, depolama sırasında ise duyu özelliklerinde hızlı kalite kayıpları gerçekleştiği saptanmıştır. Ohmik ısıtma uygulanan ezme örnekleri depolamanın 20. gününde, geleneksel yöntemle ısıtılmış ezme örnekleri ise depolamanın 32. gününde duyu özellikler yönünden tüketilemez olarak belirlenmiştir.

Ohmik ısıtma sırasında balık ezmelerin elektrik iletkenliği 0.97-2.02 S/m arasında değişim göstermiştir. Balık ezmelerinin 78°C'ye ulaşılabilmesi için geleneksel ısıtmada 1172.5±83.5 sn. gerekli iken, ohmik ısıtmada 497±23 sn. yeterli olmuştur. Isıl işlem sonunda ısıtma sistemlerinin enerji verimliliği ohmik ısıtma için % 89.89 ve geleneksel ısıtma için % 9.25 olarak gerçekleşmiştir. Ohmik ısıtma sistemi, geleneksel ısıtma sistemine göre birim miktarda harcanan enerji miktarını % 90 azaltarak, enerji tasarrufu sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Balık ezmesi, Ohmik ısıtma, Elektrik iletkenliği, Soğuk depolama, Raf ömrü



ABSTRACT

In this study, quality changes in fridge conditions were investigated after ohmic and traditional heating of pate produced from smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792).

Ohmic heating was performed under 50 Hz operating frequency and 5 V/cm voltage gradient conditions, while traditional heating was carried out by placing the glass jar packed products in a water bath at a temperature of $98\pm 1^{\circ}\text{C}$. Both heating operations were stopped when the product cold spot temperature were reached 78°C . Later on, the fish pate was packaged and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ up to the end of the shelf life. During storage, quality characteristics of the pates were periodically checked by physical, chemical, microbiological and sensory analysis. Technological aspects of the two methods used for heating of the pate were also evaluated.

During storage, TVB-N values of ohmic heated pates were changed between 12.19-20.58 mg/100g and TBA values of ohmic heated pates were changed between 0.60-1.07 mg malondialdehyde/kg, while TVB-N values of traditional heated pates were changed between 15.90-22.60 mg/100g and TBA values of traditional heated pates were changed between 0.65-1.55 mg malondialdehyde/kg. It was determined that TVB-N and TBA values showed statistically significant differences ($p<0.05$) depending on storage time and heating method. The L^* , a^* and b^* values of pate before heat treatment were determined as 69.90 ± 0.06 , 3.69 ± 0.06 and 21.34 ± 0.06 respectively. It was determined that L^* and a^* values increased after heat treatment and b^* values changed between 20.89-21.36. The total bacterial counts (TBS) of the pates after ohmic and conventional heating were determined as 2.28 ± 0.02 and 2.32 ± 0.02 log cfu/g respectively, and the total yeast-mold counts (TMK) were determined as 2.14 ± 0.06 and 2.28 ± 0.02 log cfu/g respectively. It was determined that there was no statistically significant difference ($p>0.05$) between TBS and TMK of the pates after ohmic and conventional heating. It was determined that the sensory properties of the ohmic heated pates were more appreciated and the loss of sensory properties of ohmic heated pates were occurred rapidly during storage. Ohmic heated pate samples on the 20th day of storage and conventional heated pate samples on the 32th day of storage, were determined as unconsumable in terms of sensory properties.

During ohmic heating, the electrical conductivity of the fish pates ranged from 0.97 to 2.02 S/m. While fish pates were reached at 78°C in 1172.5±83.5 sec by conventional heating, 497±23 sec was sufficient for ohmic heating. At the end of the heat treatment, the efficiency of heating systems was determined % 89.89 for ohmic heating and % 9.25 for conventional heating. The ohmic heating system saved energy by reducing % 90 of consumed energy per unit compared to the conventional heating system.

Key Words: Fish pate, Ohmic heating, Electrical conductivity, Cold storage, Shelf life



TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince desteğini ve ilgisini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yalçın KAYA'ya,

Yardım ve desteklerini her zaman hissettiğim değerli ikinci danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ünal KURT'a,

Bilgi ve tecrübeleriyle ihtiyaç duyduğum an yardımlarını esirgemeyen ve destekleyici yaklaşımlarıyla beni cesaretlendiren hocalarım Sayın Prof. Dr. İsmihan KARAYÜCEL ve Sayın Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM'e,

Çalışmalarımın deneysel aşamalarını rahatlıkla gerçekleştirmemi sağlayan, bilgi, deneyim ve olanaklarını benden esirgemeyen Arş. Gör. İrfan KESKİN ve Öğr. Gör. Cenk GEZEGİN'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmamım başından itibaren bana maddi ve manevi her konuda destek olan sevgili eşim Elif AYDIN'a teşekkür ederim.

Cem AYDIN

Sinop, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜRLER	v
İÇİNDEKİLER	vi
SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Balık Ezmesi (Paté)	3
2.2. Ohmik Isıtma	4
2.2.1. Ohmik Isıtma Teknolojisi	4
2.2.2. Ohmik Isıtma Teknolojisinin Gelişim Süreci	7
2.2.3. Ohmik Isıtma Sistemlerinin Özellikleri	8
2.3. Literatür Özeti	10
2.3.1. Et Ürünlerinde Ohmik Isıtma Çalışmaları	10
2.3.2. Su Ürünlerinde Ohmik Isıtma Çalışmaları	14
2.3.3. Ohmik Isıtmanın Mikrobiyolojik Etkileri	16
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Balık Materyali	19
3.1.2. Ohmik Isıtma Sistemi	19
3.1.3. Geleneksel Isıtma Sistemi	22
3.2. Metot	24
3.2.1. Deneme Planı	24
3.2.2. Balık Ezmesi Üretimi	25
3.2.2.1. Balıkların Dumanlanması	25
3.2.2.2. Balık Ezmesinin Hazırlanması	28
3.2.2.3. Balık Ezmesinin Ohmik Yöntemle Isıtılması	31
3.2.2.4. Balık Ezmesinin Geleneksel Yöntemle Isıtılması	32
3.2.3. Balık Ezmesinin Paketlenmesi ve Depolanması	33
3.2.4. Analizler	34
3.2.4.1. Besin Kompozisyonu Analiz Metotları	34

3.2.4.1.1. Ham Protein Analizi	34
3.2.4.1.2. Ham Yağ Analizi	34
3.2.4.1.3. Nem Tayini	34
3.2.4.1.4. Ham Kül Tayini	35
3.2.4.2. Kimyasal Analiz Metotları	35
3.2.4.2.1. pH Ölçümü	35
3.2.4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi	35
3.2.4.2.3. Tiyoarbitürük Asit (TBA) Analizi	36
3.2.4.2.4. Mineral Madde Miktarının Belirlenmesi	36
3.2.4.3. Renk Analizleri	37
3.2.4.4. Mikrobiyolojik Analizler	37
3.2.4.4.1. Toplam Bakteri Sayımı	38
3.2.4.4.2. Toplam Koliform Bakteri Sayımı	38
3.2.4.4.3. Toplam Maya - Küf Sayımı	38
3.2.4.4.4. Pastörizasyon Değerinin Hesaplanması	39
3.2.4.5. Duyusal Analizler	39
3.2.4.6. Isıtma Sistemlerinin Teknolojik Özelliklerinin Tespiti	40
3.2.4.6.1. Elektrik İletkenliğinin Tespiti	40
3.2.4.6.2. Enerji Verimliliğinin Tespiti	40
3.2.4.6.3. Sıcaklık Ölçümleri ve Soğuk Nokta Tespiti	41
3.2.4.7. İstatistiksel Analizler	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. Besin Kompozisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi	43
4.2. Kimyasal Analiz Bulguları	50
4.2.1. pH Değeri	50
4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)	54
4.2.3. Tiyoarbitürük Asit (TBA)	60
4.2.4. Mineral Madde Miktarları	67
4.3. Renk Değerleri	72
4.4. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları	77
4.4.1. Toplam Bakteri Sayısı	77
4.4.2. Toplam Koliform Bakteri Sayısı	82
4.4.3. Toplam Maya - Küf Sayısı	83

4.4.4. Pastörizasyon Değeri	87
4.5. Duyusal Değişimler	90
4.6. Ohmik ve Geleneksel Isıtmanın Teknolojik Özellikleri	97
4.6.1. Elektriksel İletkenlik	97
4.6.2. Sıcaklık Değişimleri ve Enerji Verimliliği	99
5. SONUÇ	105
KAYNAKLAR	110
ÖZGEÇMİŞ	128



SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

σ	:	Elektriksel iletkenlik (S/m)
Q_v	:	Ürüne aktarılan enerji (kJ)
Q_a	:	Sistemin harcadığı enerji (kJ)
T	:	Ölçülen sıcaklık (°C)
ΔT	:	Sıcaklık farkı (°C)
T_s	:	Son sıcaklık (°C)
T_b	:	Başlangıç sıcaklığı (°C)
T_{ref}	:	Referans sıcaklık (°C)
°C	:	Celcius
C_E	:	Ezme özısıısı (kJ/kg °C)
C_P	:	Protein özısıısı (kJ/kg °C)
C_Y	:	Yağ özısıısı (kJ/kg °C)
C_K	:	Kül özısıısı (kJ/kg °C)
C_N	:	Su özısıısı (kJ/kg °C)
X_P	:	Protein oranı (%)
X_Y	:	Yağ oranı (%)
X_K	:	Kül oranı (%)
X_N	:	Nem oranı (%)
Ca	:	Kalsiyum
Cd	:	Kadmiyum
Co	:	Kobalt
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
Fe	:	Demir
K	:	Potasyum
Mg	:	Magnezyum
Mn	:	Mangan
Mo	:	Molibden
Na	:	Sodyum
Ni	:	Nikel
P	:	Fosfor
Pb	:	Kurşun
S	:	Kükürt
Zn	:	Çinko

KISALTMALAR

a	:	Harcanan asit miktarı(ml)
A	:	Amper
AC	:	Alternatif Akım
D	:	D Değeri (dakika)
E	:	Enerji Verimliliği (%)
FL	:	Taze Alabalık Filetosu
GC-FID	:	Gaz Kromatografi-Alev İyonizasyon Dedektörü
GL	:	Geleneksel Isıl İşlem Görmüş Ezme
Hz	:	Hertz
I	:	Geçen akım miktarı (Amper)
ICP	:	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma
J	:	Joule
K	:	Elektrik akımının geçtiği kesit alanı (cm ²)
KOB	:	Koloni Oluşturan Birim (Colony Forming Unit)
L	:	Elektrotlar arası mesafe (cm)
M	:	Örnek Miktarı (g)
MDA	:	Malondialdehit
N	:	Normal
ND	:	Tespit Edilebilir Seviyenin Altı
OH	:	Ohmik Isıl İşlem Görmüş Ezme
Ort	:	Ortalama
PCA	:	Plate Count Agar
PDA	:	Potatos Dextroz Agar
PT	:	Isıl İşlem Görmemiş Ezme
PU	:	Pastörizasyon Birimi (dakika)
S	:	Siemens
SH	:	Standart Hata
t	:	Geçen Süre (dakika)
TBA	:	Tiyobarbitürik Asit
TVB-N	:	Toplam Uçucu Bazik Azot
V	:	Uygulanan Gerilim (Volt)
VA	:	Voltamper
VRBA	:	Violet Red Bile Agar
Z	:	Z değeri (°C)

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan alabalıklar (orijinal)	19
Şekil 3.2 Enerji kaynağı (orijinal)	20
Şekil 3.3 Paslanmaz çelik elektrot (orijinal)	20
Şekil 3.4 Anlık ölçüm için kullanılan multimetre ve termokupllar (orijinal)	21
Şekil 3.5 Ohmik ısıtma test hücresi ve termokupl bağlantıları (orijinal)	22
Şekil 3.6 (a) Su banyosu ısıtma düzeneği (b) Su banyosunda ısıtılan örnek(orijinal)	22
Şekil 3.7 Cam kavanoz ölçüleri	23
Şekil 3.8 Enerji analizatörü	23
Şekil 3.9 Temizlenmiş balık filetoları (orijinal)	25
Şekil 3.10 Salamurada bekletilen temizlenmiş balık filetoları (orijinal)	26
Şekil 3.11 Tuzlama sonrası dumanla işlemine hazır balık filetoları (orijinal)	26
Şekil 3.12 Dumanlama işlem basamakları	27
Şekil 3.13 Dumanlama sonrası dinlendirilen balık filetoları (orijinal)	28
Şekil 3.14 Dumanlandırılmış filetoların ön elemeden geçirilerek tartılması (orijinal)	29
Şekil 3.15 Dumanlanmış fileto parçalarının kıyma haline getirilmesi (orijinal)	29
Şekil 3.16 Balık ezmesinin elle yoğurulması (orijinal)	30
Şekil 3.17 Balık ezmesi işlem basamakları	30
Şekil 3.18 Ohmik ısıtma sisteminde sıcaklık ölçüm noktaları	31
Şekil 3.19 Cam kavanoz sıcaklık ölçüm noktaları	32
Şekil 3.20 Geleneksel ısıtma için hazırlanmış örnek ve termokopl bağlantısı (orijinal)	33
Şekil 3.21 Numune kutularına konulmuş örnekler (orijinal)	33
Şekil 4.1 Depolama süresince ezme pH değerlerinde meydana gelen değişimler	52
Şekil 4.2 Depolama süresince ezme TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler	57
Şekil 4.3 Depolama süresince ezme TBA değerlerinde meydana gelen değişimler	63
Şekil 4.4 Depolama süresince ezme toplam bakteri sayısında meydana gelen değişimler	79
Şekil 4.5 Depolama süresince ezme toplam maya-küf sayısında meydana gelen değişimler	84
Şekil 4.6 Pastörizasyon değerlerinin sıcaklıkla değişimi	88
Şekil 4.7 Ezme elektrik iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi	98
Şekil 4.8 Sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi	100

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1 <i>Z. baillii</i> mayası termal inaktivasyon değerleri	17
Çizelge 2.2 <i>B. subtilis</i> sporları termal inaktivasyon değerleri	18
Çizelge 3.1 Deneme planı	25
Çizelge 3.2 Balık ezmesi formülasyonu	28
Çizelge 3.3 Duyusal değerlendirme tablosu	40
Çizelge 4.1 Deneme başlangıcı fileto ve ezme besin kompozisyonu değerleri	43
Çizelge 4.2 Depolama süresince OH'de meydana gelen besin kompozisyonu değişimleri	49
Çizelge 4.3 Depolama süresince GL'de meydana gelen besin kompozisyonu değişimleri	49
Çizelge 4.4 Deneme başlangıcı fileto ve ezme pH değerleri	51
Çizelge 4.5 Depolama süresince pH değerlerinde meydana gelen değişimler	51
Çizelge 4.6 Deneme başlangıcı fileto ve ezme TVB-N değerleri	54
Çizelge 4.7 Depolama süresince TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler	55
Çizelge 4.8 Deneme başlangıcı fileto ve ezme TBA değerleri	60
Çizelge 4.9 Depolama süresince TBA değerlerinde meydana gelen değişimler	61
Çizelge 4.10 Fileto ve ezmelerde tespit edilen bazı mineraller ve miktarları	67
Çizelge 4.11 Fileto ve ezmelerde tespit edilen bazı ağır metaller ve miktarları	68
Çizelge 4.12 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelere ait renk değerleri	72
Çizelge 4.13 Depolama süresince renk değerlerinde meydana gelen değişimler	73
Çizelge 4.14 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelerde belirlenen toplam bakteri sayıları	77
Çizelge 4.15 Depolama süresince toplam bakteri sayılarında meydana gelen değişimler	78
Çizelge 4.16 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelerde belirlenen toplam maya-küf sayıları	83
Çizelge 4.17 Depolama süresince toplam maya-küf sayılarında meydana gelen değişimler	83
Çizelge 4.18 Isıl işlemler sırasında gerçekleşen pastörizasyon değerleri	87
Çizelge 4.19 Depolama süresince ezmelerde meydana gelen duysal değişimler	91
Çizelge 4.20 Ezme elektrik iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi	97
Çizelge 4.21 Isıtma sistemlerine ait sıcaklık ölçüm değerleri	101
Çizelge 4.22 Ezmenin farklı sıcaklıklardaki özısı değerleri ve aktarılan enerji miktarı	102
Çizelge 4.23 Isıtma sistemlerine ait enerji tüketim miktarları ve verimlilik değerleri	102

1. GİRİŞ

Su ürünlerinden elde edilen etler zengin besin içeriği ile oldukça değerli bir besin olarak nitelendirilmekte, ancak diğer etlere nazaran oldukça dayanıksız olduğundan taze sunumdan ziyade, işlenerek daha uzun süre raflarda tüketime sunulabilmesi önem arz etmektedir. İşleme teknolojileri balık etine, hem dayanıklılık hem de farklı tat ve aroma özelliği kazandırmaktadır. Balık etlerinin teknolojik olarak işlenmesinden sonra taşınmaları kolaylaşmakta, dayanıklılıkları artmakta, daha kolay muhafaza edilmekte ve tüketime hazır ya da yarı hazır ürünlere dönüştürülebilmektedir (Göğüş, 1988). Günümüzde su ürünleri işleme teknolojilerinde; dondurma, dumanlama, marinat, tuzlama ve konserveleme gibi teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra hazır yemek teknolojileri kapsamında ezme ve kroket gibi ürünler de su ürünleri kaynaklı gıdalar arasında önemli bir yer tutmaktadır (Gencer, 2012).

Gıdaların tüketime hazırlanması sırasında ortaya çıkan zorlukların asgari düzeye indirilmesi “tercih sebebi” haline gelmiş ve bunun sonucunda yeni tekniklerle işlenmiş farklı ürünler geliştirilmiş ve başarıyla pazarlanmıştır (Anonim, 2001).

İnsanlar, yoğun çalışma koşullarının bir sonucu olarak, kullanımı pratik olduğundan işlenmiş ürünleri tüketme alışkanlıkları kazanmaya başlamıştır. İşlenmiş ürünlere karşı duyulan bu ilgiden su ürünleri sektörü de payını almaktadır (Yanar ve Fenercioğlu, 1999). Dünya genelinde balık ürünlerine olan talebin artmasıyla birlikte, balık işleme endüstrisi balık kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak zorunda kalmıştır (Ünlüsayın ve ark., 2007).

Su ürünleri işleme teknolojileri ile insan hayatını kolaylaştıran, hazırlama ve pişirme sırasında zaman kazandıran, besin değeri yüksek ürünlerin sağlanması amaçlanmıştır. Bu temel amaçlar doğrultusunda, su ürünleri işleme teknolojilerinden biri olan ezme teknolojisi ve ezme ürünler; gerek yarattığı lezzet farklılığı gerekse ucuz maliyeti nedeniyle, üretimde gelişmeye imkân veren potansiyel bir teknoloji ve ürün özelliği taşımaktadır (Gencer, 2012). Diğer yandan özellikle balık ezmeleri, birçok ülkede tüketilmekte olan, oldukça beğenilen duyuşal özellikleri ve önemli gastronomik gelenekleri bünyesinde barındıran pişmiş bir ürün olarak ön plana çıkmaktadır (Echarte ve ark., 2004; Vossen ve ark., 2012).

Son yıllarda et ezmesi üretiminde domuz (Estévez ve ark., 2004; Estévez ve ark., 2007, D'arrigo ve ark., 2004; Echarte ve ark., 2004), devekuşu (Fernandez ve ark., 2004), ördek (Abu Salem ve Arab, 2010), tavuk (Abu Salem ve Arab, 2010; Polak ve ark., 2011), keçi (Dalmas ve ark., 2011) ve balık (Aquerreta ve ark., 2002) gibi farklı et çeşitleri kullanılarak üretim imkanlarının araştırıldığı gibi farklı et çeşitlerinden üretilen ezmelerin besinsel ve duyuşsal özelliklerini inceleyen araştırma sayısı da hızla artmaktadır.

Bu çalışma ile ülkemiz için yeni bir ürün olarak tanımlanabilecek balık ezmesinin, yeni gıda işleme teknikleri içerisinde elektriksel ısıtma teknolojilerinden biri olarak tanımlanan ohmik ısıtma ile işlenmesi sonrası kalite parametrelerindeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Balık Ezmesi (Paté)

Ezme ürünler tanım olarak, taze veya ön işlemden geçirilmiş gıda maddelerinin kıyılarak yardımcı maddeler (ceviz, fıstık, salça, zeytin, peynir, meyve parçaları vb.) ve koruyucu maddelerin ilavesi ile hazırlanan ve tüketime sunulan ürünlerdir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 2008). Bu ürünün yapımında hammadde olarak balık filetoları kullanılabildiği gibi filetodan geriye kalan parçalar, dumanlanmış, tuzlanmış vb. şekillerde işlemeye tabi tutulmuş balıklar da kullanılabilmektedir. Balık ezmesi, önemli bir geleneksel gastronomi ürünü olarak, ilgi çekici duyuşsal özelliklere sahip, katma değeri yüksek bir üründür ve farklı bileşenler kullanılarak üretilebilir (Le Ba ve Zuber, 1996). Bazı Avrupa ülkeleri ile İskandinav ve Uzakdoğu ülkelerinde balık ezmesi üretimi için ton balığı (*Thunnus thynnus*), salmon (*Salmo salar*), hamsi (*Eugraulis encrasicolus*), uskumru (*Scomber scombrus*) ve morina balıkları kullanılmakta ve bu türlerden elde edilen balık ezmeleri marketlerde satılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinin geleneksel gastronomilerinde balık ezmesi önemli bir lezzete sahip işlenmiş ezme bir ürün olarak tüketilmektedir (Bilgin ve ark., 2005).

Ezme ürünler üretim sırasında kıyma haline getirilen ana ve yardımcı maddelerin karıştırılması ile elde edilen ve bu özelliğiyle hızlı kalite kayıplarına uğrayabilen kısa raf ömürlü gıdalardır. Ezme haline getirilen ürünler yağ oksidasyonu, bakteri ve küf gelişimi, renk değişimi, tekstürel özelliklerde değişimler gibi kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikelere karşı açık hale gelmekte ve bu ürünlerin kalite sürekliliğinde dezavantaj yaratmaktadır (Onaç, 2009).

Et, bozulma yapan mikroorganizmaların ve gıda kaynaklı patojenlerin gelişimi ve çoğalmaları için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı etin kalitesi ve güvenilirliğini korumak için yeterli ölçüde ve etkin muhafaza tekniklerinin uygulanması oldukça önemlidir (Aymerich ve ark., 2008). Isıl işlem uygulamaları gıdalarda mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Cruz-Romero ve ark., 2007). Son yıllarda gerek kırmızı gerekse beyaz et ve et ürünlerinin dondurulmaksızın "pastörize" edilerek uzunca bir raf ömrüne kavuşturulmaları yönünde çalışmalar artmıştır (Anonim, 2016b).

Hui ve ark. (2001), et ürünlerinde pastörizasyon işlemini 70-73°C aralığında 15 ile 20 sn. süresince gerçekleşen ısıl işlem şeklinde tanımlamıştır. Pan ve ark. (2000), tüketici beğenisi ve endüstriyel bir pişmiş ürün standardı olarak en uygun sıcaklık-zaman kombinasyonu için 70°C’de 15 sn. ısıl işlem uygulamasını tavsiye etmiştir. Benzer şekilde Heinz ve Hautzinger (2009), pastörizasyonu 100°C nin altında ve genellikle 60-85°C aralığında yapılan ısıl işlem uygulaması olarak tanımlamış basitçe bu işleme “pişirme” denilebileceğini bildirmiştir. Türk gıda kodeksi et ve et ürünleri tebliğine (2012/74) göre pişirme işlemi, pastörizasyon, sterilizasyon gibi işlemleri ısıl işlemler olarak tanımlanırken, pişirme işlemi için ürün merkez sıcaklığının en az 72°C’ye çıkartılması gerektiği belirtilmiştir. Et sektörü için pastörizasyon uygulamasında ürünlerin iç sıcaklıklarının, ısının duyuşal özellikler üzerinde yaratacağı etkiler göz önünde bulundurularak, 72-78°C sıcaklıkları aşmaması, işlem sonrası zaruri olarak bu ürünlerin buzdolabında depolanması gerektiğini belirtilmiştir (Marcotte,1999).

2.2. Ohmik Isıtma

2.2.1. Ohmik Isıtma Teknolojisi

İnsanlar ilk çağlardan günümüze kadar geçen sürede taze gıdaların olmadığı durumlar için gıdaların muhafazasını sağlamak amacıyla çeşitli yöntemler kullanmış ve besin ihtiyaçlarını karşılayarak karnını doyurmaya çalışmıştır (Şahbaz ve ark., 1996). Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte insanların gıdalardan beklentileri kısaca “karın doyurmak” olarak tanımlanabilecek noktadan “besin değeri yüksek, tüketimi kolay, güvenli ve sağlıklı gıda tüketmek” şeklinde değişim göstermiştir. Günümüzde beklentileri yerine getirebilmek ve artan talebi karşılamak amacıyla, gıda endüstrisinde çok çeşitli gıda işleme ve muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Gıda sanayinde kullanılan başlıca işleme ve muhafaza yöntemleri olarak dondurma, kurutma, ısınlama, asit ve koruyucularla muhafaza ve ısıl işlem uygulamaları sıralanabilir. Gıda muhafazasında uygulanan tüm bu yöntemlerin amacı mikrobiyolojik ve enzimatik değişimleri ya tamamen durdurmak ya da sınırlandırmaktır (Şahbaz ve ark., 1996). Bu sayede bozulma etmenleri ortadan kaldırılırken gıdanın besinsel ve duyuşal özellikleri diğer bir deyişle kaliteside korunmuş olur.

Ateşin icadı ile birlikte, gıdaları mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel etkilerden korumak amacıyla ısıtma işlemleri kullanılmaktadır. Gıdaların ısıtma işlemi ile muhafazasının hedefi, gıdanın kalite özellikleri ve besin değerinde minimum kayıp ile mikrobiyolojik ve toksikolojik açıdan güvenilir ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktır. Her ne kadar ısıtma işlemi uygulamalarında gıdalarda meydana gelen mikrobiyolojik ve enzimatik değişimlerin önlenmesi amaçlansa da, ısıtma işlemi sırasında gıda kalitesinin korunabilmesi ve besin değerlerindeki kayıpların en düşük seviyede tutulabilmesi, teknolojik bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Isıtma işlemi uygulamaları ile çeşitli yapısal değişimler meydana gelebilmekte ve aroma bileşenlerinin oluşumu gibi arzu edilen değişimlerin yanı sıra vitamin kaybı, sıcaklık artışına bağlı çeşitli bileşiklerin oluşumu, görünüş, aroma ve tekstürde ortaya çıkan farklılıklar gibi arzu edilmeyen değişimler de gerçekleşebilmektedir (İçier, 2003; Ohlsson ve Bengtsson, 2002, Karakaya, 1991).

Yıllar içerisinde tüketicilerin daha bilinçli hale gelmesi ve teknolojik gelişmeler ile birlikte, geleneksel ısıtma tekniklerinin gıda kalitesinde neden olduğu kayıpların önlenmesi, uzun işlem süresinin ve enerji sarfiyatının azaltılma gereksinimi ortaya çıkmıştır (Karadağ ve ark., 2008; Singh, 1986). Son zamanlarda geleneksel gıda işleme teknolojilerinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla “mümkün olan en az uygulama ile hedefe ulaşma” stratejileri geliştirilmeye başlanmış ve minimum işleme kavramı ortaya çıkmıştır (Manvell, 1996). Minimum işleme Huis in’t Veld (1996), tarafından “Bir gıdanın kalite özelliklerine en düşük seviyede etki edilmesi, aynı zamanda depolama ve dağıtım süresince yeterli raf ömrünün sağlanması” şeklinde tanımlanmıştır. Fellows (2000) ise minimum işlemeye “temel koruyucu işlem basamağı olan ısıtma işlemlerinin kullanımının azaltılarak, gıdaların besleyici değerini ve duyuşsal karakteristiklerini muhafaza etmek” şeklinde açıklık getirmiştir.

Ohmik ısıtma, minimum ısı uygulamaları içerisinde önemli bir yer tutan ve son on yıldır üzerinde çalışmaların arttığı elektriksel bir ısıtma yöntemidir. Hacimsel ve hızlı bir ısıtma yöntemi olması, akışkan gıdaların işlenmesinde alternatif bir ısıtma yöntemi olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır (İçier ve ark., 2007). Jamieson ve Williamson (1999) elektro-teknoloji uygulamaları üzerine yayınlamış oldukları çalışmada, ohmik ısıtma ile işleme teknolojisinin endüstriyel ölçekte en çok umut veren elektriksel ısıtma teknolojilerinden biri olduğunu belirtmiştir.

Ohmik ısıtma, gıda maddesi ile temas halinde olan elektrotlardan alternatif akım geçirilmesi ile iletkenlik özelliğine sahip olan gıda maddesinin direnç olarak kullanılması prensibine dayanır. Gıda maddesinin elektrik akımına karşı göstermiş olduğu direnç, gıda içerisinde ısı üretimine yol açar, başka bir deyişle elektriksel ısı enerjisine dönüşür (İçier, 2003).

Ohmik ısıtma, yüksek sıcaklık artış hızı ve beraberinde gıdalarda hızlı ısınma sağlar. Isınma sırasında, ısı kaybının gerçekleşebileceği süre kısadır. Diğer yandan ohmik ısıtma doğrudan gıdaya uygulanır ve enerji dönüşümü ve enerjinin aktarımı sırasında enerji kaybı da en aza iner. Geleneksel ısıtma teknolojilerinin pek çoğunu, ısıtma için harcanan enerji nedeniyle “yeşil teknoloji” olarak değerlendirmek güçtür. Ohmik ısıtma ise çevre dostu ve yeşil bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Lyng ve McKenna, 2011).

Gıdaların ohmik ısıtılması sırasında, dikkate alınması gereken en önemli özelliği, o gıdanın elektrik iletkenliğidir. Ohmik ısıtmada ısı oluşum oranı gıdanın elektrik iletkenliğinin kontrolü ile sağlanır (Palaniappan ve Sastry, 1991a, 1991b; De Alwis ve Fryer, 1992). Birçok çalışmada, gıda materyallerinin elektrik iletkenliğinin, gıdanın sıcaklığı, nem ve tuz içeriği ile uygulanan voltaj gradyanı, gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu ortaya konmuştur (Halden ve ark., 1990; Palaniappan ve Sastry, 1991a, 1991b).

Ohmik ısıtma, gıdaların işlenmesi sırasında besin ve vitamin değerinin büyük oranda korunması, işlemin gıdanın düzenli ve hızlı ısınmasına imkan vermesi, gıdalarda mekanik hasara yol açmadan işlemenin sona erdirilebilmesi ve büyük partiküllerin ohmik ısıtma ile kolaylıkla işlenebilmesi, bu teknolojinin endüstriyel alanda kullanılabilmesi için büyük imkânlar sağlamaktadır. Ohmik ısıtma sistemleri, özellikle tanecikli gıdalarda alternatif sterilizasyon teknikleriyle karşılaştırıldıklarında daha iyi derecede raf dayanımına sahip ve katma değeri yüksek ürün elde edilmesine de olanak vermektedir (Parrott, 1992).

Ohmik ısıtma teknolojisi, üreticilere katma değeri yüksek ve kaliteli ürünler üretilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenle, farklı gıdalarda ve çok çeşitli değişkenlerin etkisi altında ohmik ısıtma işlemlerinin incelenmesi, bir temel noktası oluşturması açısından önem arz etmektedir.

2.2.2. Ohmik Isıtma Teknolojisinin Gelişim Süreci

Alman matematikçi ve fizikçi Georg Simon Ohm, çeşitli bilim adamları tarafından gözlenen ama formüllerle açıklanamayan elektrik akışı ile ilgili bulgular üstünde çalışmıştır. Çalışmalarını 1827 yılında yayınladığı, “Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet” (Galvanik Devrelerin Matematiksel Sorgusu) adlı kitabında "Bir elektrik devresinde, iki nokta arasındaki iletkenin üzerinden geçen elektrik akımı, potansiyel farkla doğru, dirençle ters orantılıdır." ifadesine yer vermiş ve kendi adıyla anılacak olan “Ohm Yasası” nı açıklamıştır. Daha sonraları 1841 yılında James Prescott Joule, elektrik akımının bir iletken üstünden geçişi sırasında ısı oluşturduğunu gözlemlemiştir. O günden bugüne herhangi bir elektrik devresinde dirence bağlı olarak oluşan ısıya “Ohmik Isıtma” denilmektedir ve literatürde Joule, elektriksel direnç, direkt elektriksel direnç, elektro ya da elektro kondüktif ısıtma olarak da tanımlanmaktadır (De Alwis ve Fryer,1990a).

Ohmik ısıtma teknolojisinin gıda işleme amacıyla kullanılması yeni bir yöntem olmayıp, geçmişte bir dizi ohmik ısıtma uygulamasının yapıldığı ve pek çok çalışmanın da haşlama, pastörizasyon, sterilizasyon, dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesi ve katı gıdaların ısıtılması amacıyla patentlendirildiği 19. yüzyıla dayanmaktadır (De Alwis ve Fryer, 1990b). 19. yüzyıl başlarında elektrik kullanılarak sütün pastörizasyonu amacıyla başarılı bir uygulama gerçekleştirilmiştir (Getchel, 1935). Bu pastörizasyon yöntemi “Elektro-Pure” olarak anılmış ve 1938 yılına gelindiğinde Amerika Birleşik Devletlerinin 5 eyaletinde 50 adet süt pastörizasyon makinesi yaklaşık 50,000 tüketiciye hizmet eder hale gelmiştir (Moses, 1938). Sonraki yıllarda uygun bir inört elektrot materyali bulunamaması ve teknolojik yetersizlikler nedeniyle ohmik ısıtma çalışmaları durağanlaşmıştır. Seksenli yıllara gelindiğinde, gelişmiş elektrot materyallerine ulaşılabilirliğin artması, ohmik ısıtma teknolojisine olan ilgiyi tekrar arttırmıştır (Singh ve Oliveira, 1994; Ruan ve ark., 2004; Morrissey ve Almonacid, 2005).

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak 1987 yılında APV şirketi tarafından sürekli bir ohmik ısıtıcı geliştirilmiş ve ısıtıcı “Büyük Britanya Elektrik Konseyi” tarafından lisanslandırılmıştır (Biss ve ark.,1987; Skudder,1988). 1996 yılına gelindiğinde Avrupa, Japonya ve ABD de 18 den fazla üretim noktasında ohmik ısıtma teknolojisi üretimdeki yerini almıştır (Anonim,1996).

ABD 1992 yılında, ohmik ısıtma sistemlerinin potansiyelini değerlendirmek ve yeni ürünler geliştirmek amacıyla bir konsorsiyum oluşturulmuştur. 1992 ile 1994 yılları arasında faaliyet gösteren konsorsiyum “5kW sürekli akışlı pilot ölçekli bir ohmik sistemini (APV Baker, Ltd., Crawley, UK tarafından üretilen) değerlendirerek, çeşitli ürünler geliştirmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde ohmik ısıtma sisteminin gıda sanayi için uygulanabilir bir sistem olduğuna karar verilmiştir (Zoltai ve Swearingen,1996).

1995 yılında, Japonya’da faaliyet gösteren “Yanagiya Machinery” adlı şirket “Big-J” adıyla saatte 4800 adet tofu işleyebilme kapasitesine sahip bir ohmik ısıtma sistemi üretmeye başlamıştır (Noguchi,2004). İlerleyen yıllarda, aynı şirket “Big-J” nin masaüstü versiyonu olarak 100 ve 200 Voltluk “Mini-J” modelini geliştirmiştir (Anonim, 2016a). Günümüzde İngiltere’de Sous Chef Ltd., Japonya’da Nissei Co. Ltd., İtalya’da Emmepiemme SRL gibi, başta Avrupa ve ABD olmak üzere Meksika, Güney Amerika’da dahil dünyanın pek çok yerinde bir çok işletme tarafından çok çeşitli ürünler ohmik ısıtma sistemleriyle üretilmeye devam etmektedir (Ramaswamy ve ark., 2014).

2.2.3. Ohmik Isıtma Sistemlerinin Özellikleri

Ohmik ısıtma, gıda maddesi ile temas halinde olan elektrotlardan alternatif akım geçirilmesi ile iletkenlik özelliğine sahip olan gıda maddesinin direnç olarak kullanılması prensibine dayanır. Gıda maddesinin elektrik akımına karşı göstermiş olduğu direnç, gıda içerisinde ısı üretimine yol açar. Başka bir deyişle elektriksel ısı enerjisine dönüşür (İçier, 2003). Ürün içerisinde ısı oluşumu elektrik akımına bağlı olarak, kondüksiyon ve konveksiyon mekanizmalarına kıyasla çok hızlı gerçekleşir. Bu nedenle geleneksel ısıtma mekanizmaları ile karşılaştırıldığında ısıtma için gerekli süre oldukça kısadır (Şensoy, 2012).

Ohmik ısıtma sistemlerinde ısıtma doğrudan gıdaya uygulanır ve enerji dönüşümü ile ısı aktarımı sırasında enerji kaybı en aza iner. Bu nedenle ohmik ısıtma sistemlerinde enerji verimliliği oldukça yüksektir ve ısınma sırasında harcanan enerjinin çok büyük bir kısmı ürüne aktarılır (Fellows,2009; Ohlsson ve Bengtsson,2002). Diğer taraftan, ısınma sırasında sıcaklık artışına bağlı olarak, elektrik iletkenlik değeri artış gösterir ve ohmik ısıtma işlemi yüksek sıcaklıklarda daha verimli bir ısıtma halini alır (Sastry,1992;Sastry ve Palaniappan,1992).

Ohmik ısıtma sırasında sistemde herhangi bir hareketli parça bulunmaz ve işlem oldukça sessiz gerçekleşir. Buna ek olarak yüksek oranda (% 50-80) katı partikül içeren sıvı gıdaların işlenmesine de olanak sağlar. Yaratılan ısının ürün içine giriş derinliği sınırsızdır. Ohmik ısıtma sırasında elektrik akımına bağlı olarak gerçekleşen iç ısı oluşumu, geleneksel ısı transferlerinin sınırlamalarından bağımsız olarak, hacimsel ve homojen olarak gerçekleşir. Ohmik ısıtma teknolojisinin yüksek seviyede kontrol ve otomasyona bağlı çalışması işlem güvenliğinin de aynı şekilde yüksek düzeyde olmasını sağlar (Marcotte ve ark.,2016;Skuder,1989). Bu teknolojiye ısı aktarımı ve ısı oluşumu, geleneksel ısıtma teknolojilerinde olduğu gibi sıcak yüzeylere bağlı olarak gerçekleşmemektedir. Akımın kesilmesiyle ısı oluşumu anında durdurulabildiği için üründe oluşabilecek muhtemel olumsuzlukların da önüne geçilebilmektedir (Varghese ve ark.,2014; Kim ve ark.,1996b; Parrott,1992).

Geleneksel ısıtma yöntemlerine kıyasla, ohmik ısıtmanın daha yüksek kalitede ürün üretilmesine imkan vermesi; ohmik ısıtma teknolojisi ve kullanım olanaklarına olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır (Parrott,1992;Castro ve ark.,2003). Ohmik ısıtma teknolojisinin homojen ısı dağılımına imkân vermesi ve yüksek seviyelerde yapısal, besinsel ya da duyuşal özelliklerin korunmasını sağlaması, bu teknolojinin en önemli avantajı olarak ortaya çıkmaktadır (Skuder,1989).

Ohmik ısıtma sırasında gerçekleşen mikrobiyal inaktivasyonun birinci mekanizması yaratılan termal etkidir. Ohmik ısıtma sırasında gerçekleşen diğer bir etki mekanizması ise elektroporasyondur. Düşük frekanslarda (50-60 Hz) gerçekleştirilen ohmik ısıtma sırasında mikroorganizmaların hücre duvarlarında, yaratılan elektriksel alanın etkisiyle elektrik yükü birikimi gerçekleşir ve hücre duvarında boşluklar oluşur. Hücre duvarında oluşan boşluklar, hücre bütünlüğünün bozularak inaktivasyonuna neden olur. Radyo frekansı ya da mikrodalga ısıtma gibi yüksek frekanslarda gerçekleşen ısıtma yöntemlerinde, elektriksel alanın hücre duvarında yeteri kadar yük birikimi gerçekleşmeden yön değiştirmesi nedeniyle elektroporasyona bağlı mikrobiyal inaktivasyon, ohmik ısıtma sırasında gerçekleşen inaktivasyon kadar etkili değildir (USA-FDA,2000; Pereira ve ark.,2007; Sastry,2008; Sun ve ark.,2008).

Özetle, ohmik ısıtmanın yeni bir gıda işleme teknolojisi olarak sağladığı avantajlar; yüksek kaliteli ürün elde edilmesine imkan vermesi, işlem süresinin çok kısa

sürmesi, düşük yatırım maliyeti, yüksek enerji verimliliği ve çevre dostu bir teknoloji olması şeklinde sıralanabilir (Fryer ve ark.,1993)

2.3. Literatür Özeti

2.3.1. Et Ürünlerinde Ohmik Isıtma Çalışmaları

Kim ve arkadaşları (1996a), tavuk suyunun statik ohmik ısıtıcıda ısıtılmasıyla viskozite ve renkte meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Uygulanan voltajın artırılmasıyla birlikte tavuk suyu sıcaklığının daha hızlı arttığı gözlemlenmiştir. Ohmik ısıtma sonrası renkte önemli bir değişiklik saptanmamıştır.

Özkan ve ark. (2004), hamburger köftelerinin ohmik ve konvansiyonel pişirmenin birleştirildiği bir pişirme yöntemi geliştirerek patent almıştır. Geliştirilen yöntem ile geleneksel yöntem için ihtiyaç duyulan sürenin yarısı kadar sürede pişirme sağlanmıştır. Hamburger köftelerinin mekanik özellikleri, yağ ve nem içerikleri gibi birçok özellikleri iki tip pişirme yöntemi içinde test edilmiş ve sonuçlar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Shirsat ve ark. (2004a), çeşitli et emülsiyonlarının elektrik iletkenliklerini ve ohmik ısıtılma süreçlerini incelemiştir. Farklı formülasyonlar kullanarak hazırlanan iki tip emülsiyon ürün için yapılan çalışmalar sonucunda, tuz ve diğer elektrolitik içeriğinin, ohmik ısıtma uygulaması için önemli olduğu, artan tuz ve elektrolitik madde miktarının elektriksel iletkenliği ve ohmik ısınma oranını arttırdığı bildirilmiştir. Yağ içeriğindeki artışın ise tam tersi yönde etki yaparak elektriksel iletkenliği azalttığı ve ohmik ısıtma süresinin artmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Shirsat ve ark. (2004b), et parçalarının elektrik iletkenliğinin belirlenmesi amacıyla 50 g ağırlığında ve silindirik şeklinde kesilmiş et parçalarını, kas fiberleri elektrotlar arasında oluşacak elektrik alanına paralel olacak şekilde yerleştirilerek ohmik ısıtma gerçekleştirmiştir. Tüm elektriksel iletkenlik ölçümleri ve ohmik ısıtma denemeleri 3.6 V/cm ve 50 Hz frekansında ürün sıcaklığı 20°C iken gerçekleştirilmiştir. Kıyma haline getirilmiş etlerin elektrik iletkenliğinin parça etlerden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Yağ oranı artışının etlerin elektrik iletkenliğini azalttığı, yağ oranı ve et karışımlarının

elektriksel iletkenliği ilişkisinin lineerden daha çok, asimptotik bir ilişki olduğu bildirilmiştir.

Piette ve ark. (2004), çeşitli tuz ve yağ oranlarına sahip, janbon hamuru ile Bologna emülsiyonlarının, ohmik ısıtma hücresinde ve dumanlama odasında aynı son sıcaklığa kadar ısıtılması sonucu, ürünlerde meydana gelen kalite değişimlerini incelemişlerdir. Ohmik işlem koşullarının 64V, 76V ve 104V gerilim ve merkez son sıcaklığının 70, 75 ve 80°C olduğu çalışmada; ısınma oranı, son sıcaklık ve ısıtma sonrası 20 dk. bekleme süresinin, ohmik ısıtılmış ürünlerin kalitesi üzerinde çok küçük etkiye sahip olduğu görölmüştür. Ek olarak, ohmik ısıtılmış ürünlerin kalitesi, tekstür haricinde dumanlama odasındaki ürünlere benzerlik gösterdiği bildirilmiştir.

De Hellux ve ark. (2005), bir et ürünü olan Bologna sucuklarının ohmik ısıtılmasını incelemişlerdir. Örnekler 64V, 76V ve 103V gerilim altında, 70-81°C arasındaki sıcaklıklarda, 10-15 dk. değişen sürelerde pastörize edilmiştir. Yapılan alışma sonucunda örneklerdeki sıcaklık artış hızının 5-15°C/dk. arasında değiştiğini, pişirme süresinin % 90-95 oranında kısaltıldığını ve enerji sarfiyatında % 82-97 oranında tasarruf sağlandığı bildirilmiştir.

McKenna ve ark. (2006), et ve yağ parçalarının radyo frekansı ve ohmik ısıtılması üzerine yaptıkları çalışmada, etin alındığı bölge farklılığının, parça büyüklüğünün ve yağ oranının elektriksel iletkenliğini etkilediğini belirlemiştir. Ayak etinin, omuz etinin, arka yağın, parça etin ve kıyılmış etin elektriksel iletkenliği sırasıyla 0.76, 0.64, 0.04 ve 0.86, 0.84 S m⁻¹ olarak ölçölmüştür.

Kim ve arkadaşları (2006a) dondurulmuş (-40°C) domuz etinin, 0, 10, 20, 30 ve 40 V gerilim altında ohmik ısıtılması sonrası çeşitli kalite parametrelerindeki değişimi incelemiş ve en uygun işlem parametreleri belirlenmeye çalışmıştır. Yapılan çalışmada voltaj gradyanındaki artışa bağlı olarak, erime süresinde azalma görölmesine rağmen, renk ölçömlerine bağlı L*, a* ve b* değerlerinde herhangi anlamlı bir değişiklik görölmemiştir. Uygulanan tüm gerilim değerlerinde TBARS (Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri) seviyelerinin az da olsa kontrol grubundan yüksek çıktığı tespit edilmiştir. TVB-N (Toplam uçucu bazik azot) değerleri üstünde uygulanan gerilim değerlerinin herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Kim ve arkadaşlarının (2006b) yaptığı başka bir çalışmada dondurulmuş hamburger köftelerinin çeşitli gerilimler (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 V) altında -50°C'den 5°C'ye ohmik ısıtılmasının köfte örnekleri üzerinde yarattığı değişimler incelenmiştir. Yağ oranı % 20 ve tuzsuz ya da % 0.5 tuz içerecek şekilde yaklaşık 160 g ağırlığında hazırlanan köfte örneklerin hedeflenen sıcaklığa ulaşması için geçen en kısa sürenin 50V uygulamasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Tuz içermeyen köfteler ile tuz ilavesi yapılmış örnekler arasında ohmik ısıtmaya bağlı bir pH değişimi gözlemlenmediği gibi, ohmik olarak ısıtılmış örnekler ile ısıtılma işlemi uygulanmamış örnekler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Sarang ve arkadaşları (2008), tavuk, domuz ve sığır etlerini 60Hz frekansında, 15 ve 20 volt gerilim altında, tasarladıkları ohmik test hücrelerini kullanarak oda sıcaklığından (25°C) sterilizasyon sıcaklığına (140°C) çıkartmıştır. Ayrılmış yağın elektriksel iletkenliğinin, et örneklerinin elektriksel iletkenliğinden önemli derecede düşük olduğu diğer yandan bir et parçasının elektriksel iletkenlik değeri ile kas yağ oranı arasında bir ilişki kurulmasının zor olduğu bildirilmiştir. Bu durumu az iletken bölgenin iyi iletken parçalar tarafından çevrelenmesiyle elektrik akımının iyi iletken ortamdaki geçerek, az iletken bölgeleri bypass etmesiyle açıklamışlardır. Mermerleşme (marbling) olarak tanımlanan bu durumun etlerin ohmik ısıtılmasında dikkat edilmesi gereken bir durum olduğu belirtilmiştir.

Zell ve ark. (2009a), farklı katkı maddelerinin çeşitli oranlarda ilavesiyle, 15 A ve 50 Hz koşullarında 5 farklı et türünün 5°C'den 85°C'ye ısıtılmasını incelemiştir. Artan sıcaklıkla birlikte elektriksel iletkenliğinde doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Örneklerle sodyum klorid ve fosfat ilavesinin elektriksel iletkenliği belirgin şekilde arttırdığı, dolayısıyla da ohmik ısınma hızını arttırdığı gözlenmiştir.

Bozkurt ve İçer (2010a), % 2, % 9 ve % 15 yağ içeren kıyma örneklerini 20, 30 ve 40 V/cm geriliminde ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma yöntemleri ile pişirmiştir. Ohmik pişirmede, ürün hacmi % 5.36-6.97 oranında azalırken, bu oran geleneksel pişirmede % 26.01-31.59 arasında değişmiştir. Örneklerin merkez sıcaklığının 70°C (40V/cm) olması için geçen süre yağ oranına göre sırasıyla 26, 31, 44 sn. iken aynı süre geleneksel ısıtma için sırasıyla 373, 417 ve 360 sn. bulunmuştur.

Zell ve ark.(2010a), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, et örnekleri, tuz çözeltisinde bekletme, tuz çözeltisi enjeksiyonu ve tuz çözeltisi enjeksiyonu sonrası tuz çözeltisi ile paketlenmeyi içeren ön işlemlerden geçirilmiştir. Daha sonra 25 ve 50 V gerilim altında ohmik olarak çeşitli sıcaklık derecelerine (72°C’de 15 dk. ve 95°C’de 7 dk.) ısıtılmıştır. Genel olarak ohmik ısıtma uygulanmış örneklerin daha açık renkli olduğu, geleneksel pişirme uygulaması sonucunda örneklerin pişirme süresine bağlı olarak daha koyu renkte olduğu bildirilmiştir. Ohmik ısıtmanın, geleneksel ısıtma yönteminden daha düşük pişirme kaybına sebep olduğu bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada ise hindi etleri buharda pişirme ve ohmik-buhar kombinasyonu ile pişirme şeklinde işlenmiştir. Ohmik olarak ısıtılan örneklerin geleneksel yöntemle ısıtılan örneklerle kıyasla daha açık yüzey rengine sahip olduğu görülmüştür. Ohmik ısıtma ile gerçekleştirilen düşük sıcaklık uzun süre uygulamasının en düşük pişirme kaybına sebep olduğu tespit edilmiştir (Zell ve ark., 2010b).

Bozkurt ve İçier (2010 b), sığır kıyması ile yaptıkları çalışmada % 2, % 9 ve % 15 başlangıç yağ oranlarına sahip örnekleri geleneksel ve ohmik yöntemlerle ısıtmışlardır. Ohmik ısıtma; 50 Hz frekansında, 20, 30 ve 40 V/cm voltaj gradyanında, ürün sıcaklığı 70°C olacak şekilde gerçekleştirilirken, geleneksel ısıtma; elektrikli ızgarada örneklerin ısıtılmasıyla gerçekleştirilmiş ve ısıtma yöntemlerinin örnekler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada voltaj gradyanının pişme süresi üstünde anlamlı bir etkisinin olduğu, artan voltaj gradyanının pişme süresinde azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Her iki pişirme yönteminde de pişmemiş ürün ile aralarında anlamlı bir renk farklılığı oluşmuştur diğer yandan ohmik olarak ısıtılmış ürünler, geleneksel olarak pişirilen örneklerle göre kahverengi dağılımını daha homojen bir yapıda göstermiştir.

Sengun ve ark. (2014), ohmik işlem ile yarı pişirilmiş köftelerin bazı kalite özelliklerini incelemiştir. Köfte örnekleri 15, 26 V/cm voltaj gradyanında 75°C’ye kadar ısıtılmıştır. Yapılan çalışmada ohmik ısıtma uygulamasının, toplam mezofilik aerobik bakteri, küf-maya ve *Staphylococcus aureus* sayılarında azalmaya neden olduğu ve *Salmonella spp.* varlığını ise tamamıyla elimine ettiği diğer yandan *Listeria monocytogenes* hücrelerinin tamamıyla inaktive edilmesinde etkili olmadığı görülmüştür. Ohmik olarak yarı pişirme işleminin, köfte örneklerinin yağ ve nem oranını korumasıyla yüksek pişirme verimi elde ettiği bildirilmiştir. Ohmik pişirme uygulamaları polisiklik

aromatik hidrokarbon oluşumu ve mutajenik aktivite yönünden güvenli bulunmuştur. Duyusal değerlendirmeler yarı pişmiş köfte örneklerinin genel kabul edilebilirliğinin iyi derecede olduğunu göstermiştir.

Wang ve Farid (2015), ohmik ısıtma sırasında elektrot kaynaklı metal bulaşısını tespit etmek amacıyla, sığır etini farklı tiplerdeki paslanmaz çelik elektrotlarla 50 Hz ve 10 kHz frekanslarında 3 dk. pişirmiştir. Çalışmanın sonucunda yüksek frekans uygulamasının elektrotlarda meydana gelen korozyon oranını düşürdüğü, dolayısıyla pişmiş sığır etindeki metal iyonu bulaşısını azalttığı tespit edilmiştir.

Balpetek ve Gürbüz (2015), dondurulmuş sığır filetolarını oda sıcaklığında ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$), ohmik ısıtma sisteminde ve buzdolabı koşullarında (3°C) eriterek örneklerin pH, su aktivitesi, nem kalitesi ve ağırlık kaybı değerlerini incelemiştir. Örneklerin iç sıcaklıklarının $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşması için ihtiyaç duyulan süre ohmik ısıtmada 85.0-86.7 dk. arasında değişirken oda sıcaklığında ihtiyaç duyulan süre 98.3-106.7 dk. , buzdolabı koşullarında ihtiyaç duyulan süre 500.0-606.7 dk. olmuştur. Örneklerin üç farklı yöntemle eritilmesi sonrası pH, a_w ve nem değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Üç farklı yöntem içinde ohmik ısıtma sistemi kullanılarak eritilen örneklerin en az ağırlık kaybı yaşanan örnekler olduğu ve ağırlık kaybının % 1.57-3.70 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda, geleneksel çözündürme yöntemlerinin neden olduğu bazı olumsuzluklarının giderilebilmesi için yeni, etkili, güvenilir ve uygulanabilir metotlara ihtiyaç olduğu, ohmik ısıtma sistemlerinin etkili ve kullanışlı bir çözündürme yöntemi olarak kullanılabileceği bildirmiştir.

2.3.2. Su Ürünlerinde Ohmik Isıtma Çalışmaları

Wu ve ark. (1998), suriminin (*Merluccius productus*) 30 Hz - 1 MHz frekans aralığında ohmik ısıtılması sırasında, tuz konsantrasyonu ve sıcaklık arttıkça doğru akımda elde ettikleri elektriksel iletkenlik değerinin arttığını belirtmiştir.

Yaser ve Kolbe (2000), surimi ezmesinin (*Merluccius productus*) ısıtılmasında 1200 V/cm'de uygulanan ohmik ısıtmanın 90°C 'de su banyosundaki ısıtmaya oranla 11 kat daha hızlı olduğunu saptamıştır.

Pongviratchai ve Park (2007), farklı patates nişastası (%0.3 ve %9) konsantrasyonuna sahip farklı nem içeriğindeki (%75 ve %81) alaska mezgiti (*Theragra chalcogramma*) surimi karışımının 55 Hz-20 kHz frekans ve 4.3-15.5 V/cm voltaj gradyanı aralığında 80°C'ye ohmik ısıtılmasının elektrik iletkenliği üstündeki etkisini incelemiştir. Nem içeriği, çalışılan frekans ve voltaj gradyanı arttıkça, elektriksel iletkenliğin arttığı, nişasta konsantrasyonun artmasıyla elektriksel iletkenliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Elektrik iletkenliği ile sıcaklığın lineer bir değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Kanjanapongkul ve ark. (2008), balık kıyması (*Nemipterus japonicus*) yıkama suyundan proteinlerin uzaklaştırılması amacıyla statik bir ohmik ısıtma hücresi geliştirmiş, yıkama sularını farklı elektriksel alan kuvvetlerinde (20, 25, ve 30 V/cm) ve çeşitli son sıcaklıklara kadar ısıtmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, yıkama suyuna ait protein miktarı, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam katı madde, toplam çözünmeyen katı madde değerleri sırasıyla %42, %25, %23, %44, ve %61, oranında azalma göstermiştir. Örneklerin elektriksel iletkenliğinin sıcaklıkla doğrusal, sıcaklığın ise ısıtma süresi ile parabolik ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Tadpitchayangkoon ve ark. (2012), çeşitli balık türlerinden üretilen surimilerin 10g/kg seviyesinde yumurta akı proteini varlığında ve yokluğunda, ohmik ve su banyosunda ısıtılarak jelleşme karakteristiklerini incelemiştir. Ohmik ısıtma, su banyosunda ısıtma ile karşılaştırıldığında, surimi kırılma gücü ve deformasyonunu sırasıyla 1.3 ve 1.6 kat arttırmıştır. Diğer yandan 16.7 V/cm voltaj gradyanında ısıtılan surimi, 6.7 V/cm voltaj gradyanında ısıtılan örneklerden daha düşük kırılma gücü göstermiştir. Kısa sürede ısınma sağlayan ohmik ısıtma, su banyosu ile ısıtma ile karşılaştırıldığında, surimi jellerinin su tutma kapasitesini geliştirmiş ve rengini korumuştur.

Bastias ve arkadaşları (2015), Şili mavi midyelerinin (*Mytilus chilensis*) konserveleme öncesi ön ısıtılması aşamasında ohmik ve geleneksel ısıtma yöntemlerini kullanarak örneklerdeki, tekstürel ve mikrobiyal değişimler ile kadminyum ve kurşun bulaşısını incelemiştir. Örnekler ön ısıtma için, 50°C, 70°C ve 90°C ortam suyu sıcaklığında 4 dk. bekletilmiş, yarı otomatik otoklavda sterilize edilerek, oda sıcaklığında 17 gün depolanmıştır. Örneklerin konserveleme öncesi sıcak su banyosunda ısıtılmasının

metal bulaşışının ve toplam mezofilik aerobik mikroorganizma yükünün azaltılmasında etkili olduğu tespit edilirken, ısıtma yöntemine bağlı olarak sonuçlar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Ding ve arkadaşları (2015), balık kıymalarını ohmik olarak sterilize ederek oda sıcaklığında 21 gün boyunca depolanmasının kalite parametreleri üzerine etkisini incelemiştir. Ohmik sterilizasyon işlemi 30, 35 ve 40 V/cm elektriksel alanı uygulanarak sırasıyla 7, 5 ve 3 dk. sürelerinde gerçekleştirilmiştir ve sonrasında örnekler vakum paketlenerek 35°C'de sırasıyla 6, 12 ve 18 saat inkübe edilmiştir. TVB-N, TBA ve toplam canlı bakteri sayısı depolamanın 15. günü sonrasında çok hızlı bir artış göstermiştir. Optimum sterilizasyon koşullarının belirlenmesinde yüzey yanıt yöntemi kullanılmış ve 40 V/cm elektrik alan kuvvetinde 5 dk. uygulamanın en ideal sterilizasyon koşulları olduğu rapor edilmiştir. Duyusal kalite özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda oda sıcaklığında 15 günlük depolamanın ideal depolama koşulu olarak belirlenebileceği bildirilmiştir.

Jin ve arkadaşları (2015) Sarı Kuyruk (*Seriola quinqueradiata*) balıklarının beyaz ve kırmızı kaslarına ait et parçalarının elektriksel iletkenliklerini tespit etmeye çalışmıştır. Elektriksel değerlerin ölçümleri 50 ve 20 kHz frekans aralığında ve sıcaklık 15°C ile 80°C arasında iken gerçekleştirilmiş, çalışmada sıcaklık, kas yapısı, kas ve akım yönünün elektriksel iletkenlik üstündeki etkisi de incelenmiştir. 20 kHz frekansında balık filetolarının elektriksel iletkenliği artan sıcaklıkla beraber artış göstermiştir. Kırmızı kaslarla karşılaştırıldığında, beyaz kasların daha yüksek elektrik iletkenliği gösterdiği ve balık kıymasının elektriksel iletkenliğinin beyaz ve kırmızı kaslara ait elektrik iletkenlik değerleri arasında olduğu görülmüştür.

2.3.3. Ohmik Isıtmanın Mikrobiyolojik Etkileri

Palaniappan ve Sastry (1992), tarafından *Zygosaccharomyces bailli* mayasına ait termal ölüm kinetiklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, ohmik ve geleneksel ısı uygulamalarının (sıcak su banyosu) anlamlı bir farklılığa neden olmadığı görülmüştür (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 *Z. baillii* mayası termal inaktivasyon değerleri(Palaniappan ve Sastry, 1992)

İşlem	D _{49.75°C}	D _{52.30°C}	D _{55.75°C}	D _{58.7°C}	Z değeri(°C)
Geleneksel	294.6±6.73	149.74±19.59	42.71±0.57	16.88±0.37	7.19±0.23
Ohmik	274.0±8.14	112.97±1.07	43.11±1.44	17.84±0.09	7.68±0.09

Lactobacillus acidophilus'un (MRS broth) sıvı besiyerlerine inoküle edilerek 30, 35 ve 45°C'de inkübasyona bırakıldığı, Cho ve arkadaşları (1996) tarafından yürütülen bir çalışmada inkübasyon sıcakları ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma yöntemleri ile sağlanmıştır. Ohmik ısıtmada fermentasyona bırakılan besi yerleri düşük (15 V) ve yüksek (40 V) voltaj altında ısıtılmıştır. Büyüme parametreleri; lag periyodu, minimum jenerasyon süresi, maksimum büyüme ve pH'deki değişimler fermentasyon süresince tespit edilmiştir. Her iki ısıtma yönteminde 35°C'de fermentasyonda metabolik aktiviteler (glukoz tüketimi, laktik asit ve bakteriosin üretimi) kayıt altına alınmıştır. *L.acidophilus* lag periyodunun ısıtma yönteminden, değişimlerin büyüklüğünün ise fermentasyon sıcaklığından etkilenmekte olduğu anlaşılmıştır. 30°C'de gerçekleştirilen fermentasyonda, geleneksel ısıtmaya göre düşük voltajlı ohmik ısıtmada % 94 oranında azalma gerçekleşmiştir. Ohmik ısıtmanın jenerasyon süresi üstünde yarattığı değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fermentasyon ortamının pH değeri ohmik ısıtmaya kıyasla daha yüksek olurken, bakteriosin değeri yönünden daha düşük değerler görülmüştür. Ohmik olarak 35°C'de gerçekleşen fermentasyonda *L. acidophilus*'un gerçekleştirdiği glukoz tüketimi ve laktik asit üretimi en düşük seviyede olmuştur.

Cho ve arkadaşları (1999), ohmik ısıtmanın *Bacillus subtilis*'in farklı sıcaklıklardaki inaktivasyon kinetiklerine olan etkilerini, geleneksel ısıtma ile karşılaştırmıştır (Çizelge 2.2). Çalışmalarında ohmik ısıtma uygulaması ile 97.2°C'ye ısıtılan sporların D-değerlerinde belirgin bir azalma görülmüştür diğer yandan iki ısıtma uygulamasından elde edilen Z-değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Çizelge 2.2 *B.subtilis* sporları termal inaktivasyon değerleri (Cho ve ark.,1999)

İşlem	D _{88.0°C}	D _{92.3°C}	D _{95°C}	D _{99.1°C}	Z değeri	E _a (kcal mol ⁻¹)
Geleneksel	32.8±2.42	9.87±0.08	5.06±0.41	-	8.74±0.39	70.0±3.16
Ohmik	30.2±2.85	8.55±0.23	-	1.76±0.02	9.16±0.28	67.5±2.02

Sun ve arkadaşları (2008), sütte ohmik ve geleneksel ısıtmanın aeroblar ve *Streptococcus thermophilus* üstündeki inaktivasyon etkilerini karşılaştırmak amacıyla farklı son sıcaklıklardaki örnekler 30 dk. bekleme süresinde bekletilmiş ve uygulamalar sonrası mikroorganizmaların D-değerleri hesaplanmıştır. Aerobik sayımları ve hesaplanan D-değerleri geleneksel ısıtma yöntemine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar ohmik ısıtmanın, aeroblar ve *Streptococcus thermophilus* üstünde termal ölüm etkisi ve bu etkiye ek olarak termal olmayan ölüm etkisinin olduğunu göstermiştir.

Park ve arkadaşları (2013), tarafından yürütülen bu çalışmada *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, ve *Listeria monocytogenes*'in inaktivasyonuna ohmik ısıtmanın etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bakterilerin ohmik uygulama ile inaktivasyon sıcaklıklarının altında ısıtılması halinde bile örneklerde ilave bir bakteriyel inaktivasyon görülmüştür. Bu nedenle, pastörizasyon sıcaklıklarında ohmik ısıtmanın kullanılmasının kalite kayıplarının en aza indirilmesine yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Somavat ve arkadaşları (2013), *B. coagulans* (ATCC 8038) sporlarının 10kHz ve 60Hz frekanslarında ohmik olarak ısıtılması sonucu gerçekleşen inaktivasyon incelenmiş ve sonuçları geleneksel ısıtma yöntemleri ile inaktive edilmiş örneklerle karşılaştırılmıştır. Ohmik ısıtma için (60Hz) 95, 100 ve 105°C'de D-değerleri sırasıyla 7.96, 1.63 ve 0.91 dk. iken, geleneksel ısıtma için sırasıyla 10.1, 2.52 ve 1.32 dk. olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak *B. coagulans* sporlarının inaktivasyonunda ohmik ısıtmanın geleneksel ısıtma ile kıyaslandığında çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Balık Materyali

Araştırmada, Samsun ili Bafra ilçesinde yer alan bir yetiştiricilik işletmesinden alınan ve ağırlıkları ortalama 1409 ± 68 gr. olan 15 adet gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) kullanılmıştır (Şekil 3.1).

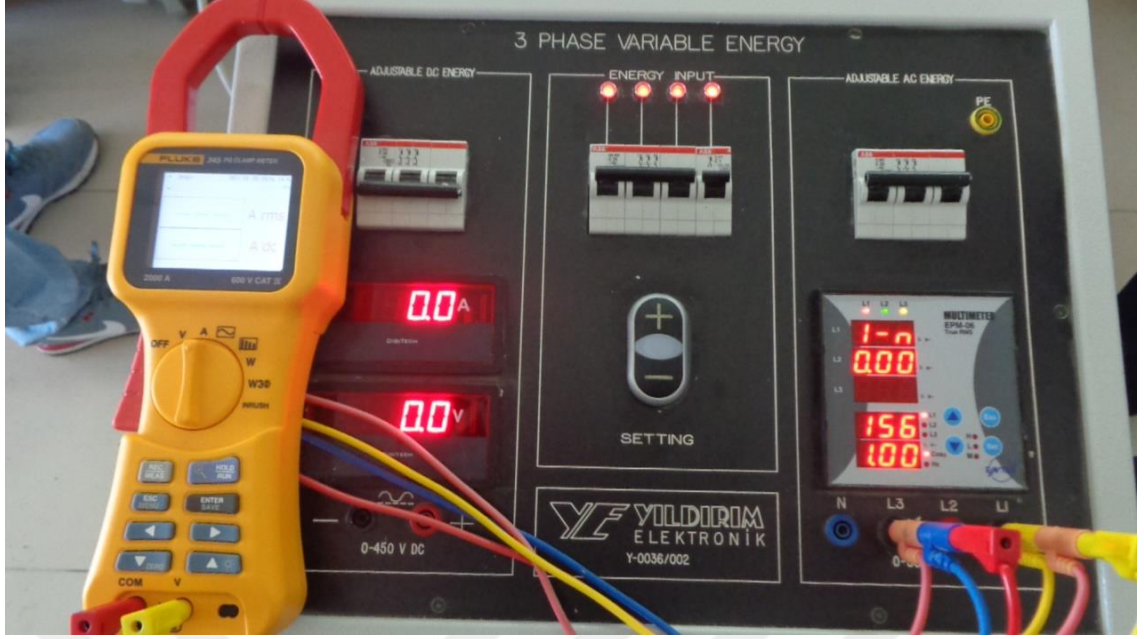


Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan alabalıklar (orjinal)

Çalışmalar Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Laboratuvarı ile Amasya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Laboratuvarlarında yürütülmüştür.

3.1.2. Ohmik Isıtma Sistemi

Ohmik işleme sistemi cam gövde, programlanabilir güç kaynağı, elektrot, test hücresi, termokupl ve multimetre birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.2). Besleme sisteminin (Yıldırım Elektronik Y-0036/002 3 Phase) maksimum çalışma gücü 2.5 kVA, çıkış gerilimi 0-430 V ve çalışma frekansı 50 Hz'dir.



Şekil 3.2 Enerji kaynağı (orjinal)

Ohmik ısıtmanın gerçekleştirildiği test hücresi (10x20x15 cm) 6 mm kalınlığında cam malzemeden imal edilmiştir. Üretilen enerjinin örnekler ile iletmesi, örnekler ile temas eden elektrotlar (Şekil 3.3) yoluyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, ohmik ısıtma hücrelerinin geniş yüzeylerini kaplayacak şekilde (15x20 cm) gıda sanayinde kullanılan AISI 304 (1.4301) paslanmaz çelikten imal edilen elektrotlar kullanılmıştır. Elektrot materyallerinin temini ve istenilen şekilde kesimi Plasform Plastik A.Ş. Merzifon fabrikalarında gerçekleştirilmiştir.



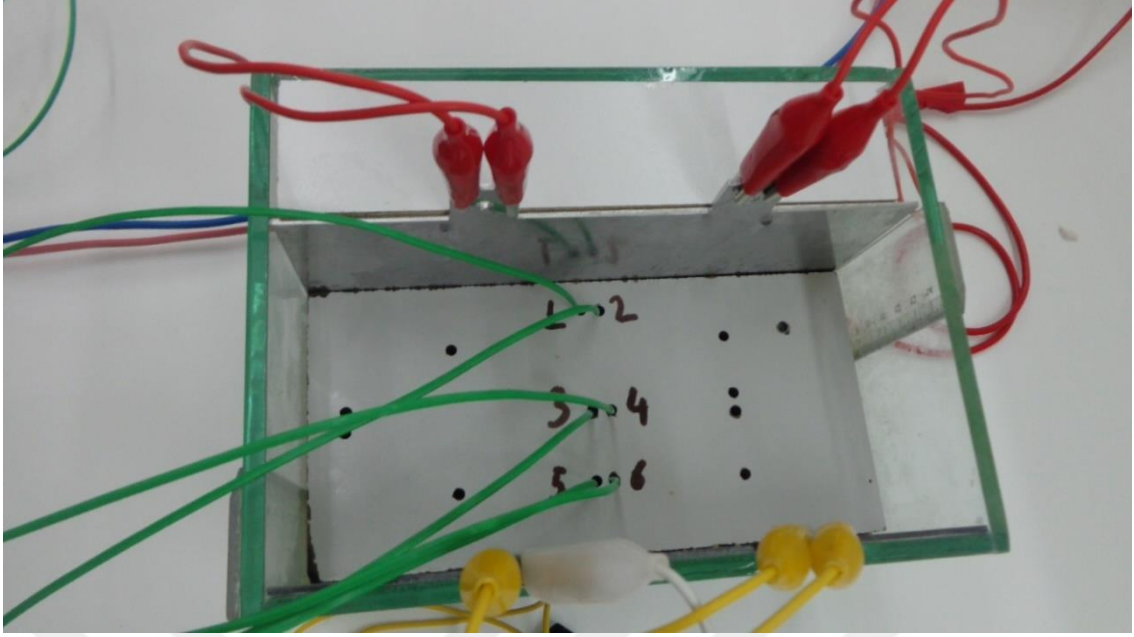
Şekil 3.3 Paslanmaz çelik elektrot (orjinal)

Balık ezmesinin sıcaklık artışını anlık olarak tespit etmek amacıyla 6 adet K-tipi termokupl kullanılmıştır (Şekil 3.4). Termokupllardan gelen elektrik sinyallerinin değerlendirilerek anlamlı verilere dönüştürülmesi işi multimetrelerle (Twintex TC-704) gerçekleştirilmiştir. Termokupllar multimetrelere bağlanarak anlık sıcaklık verileri sağlamıştır. Bu işlevinin yanı sıra, multimetreler elektrotlara da bağlanarak sistemden geçen akım ve oluşturulan elektrik gerilimi anlık olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4 Anlık ölçüm için kullanılan multimetre ve termokupllar (orjinal)

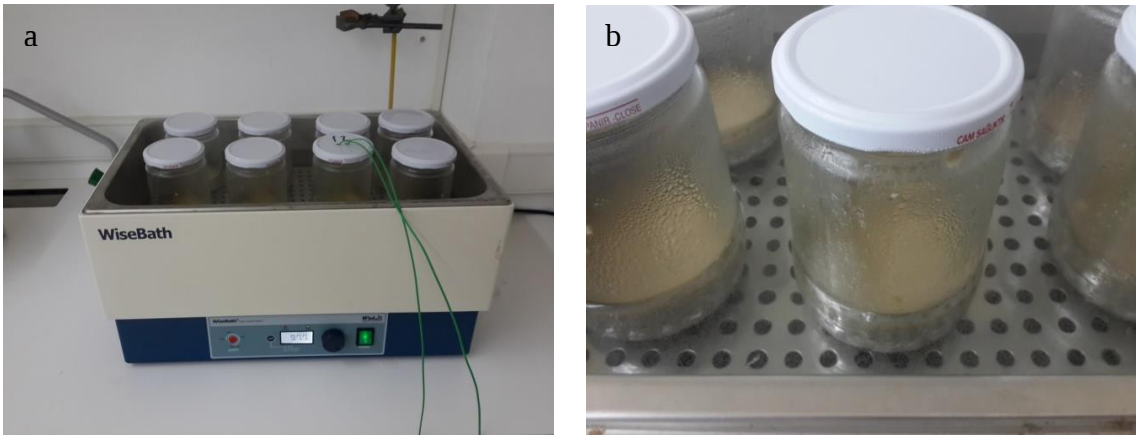
Ohmik ısıtma test hücresi, örneğin farklı noktalarından sıcaklık ölçümlerinin alınmasını sağlayacak nitelikte tasarlanmıştır (Şekil 3.5). Oluşturulan ohmik ısıtma hücresine yerleştirilen ürünün, elektrot yerleştirilen yan yüzeyler ile (15 X 20 cm ölçülerinde ve elektrotlar arası 10 cm) arasında kalarak dikdörtgen prizma şeklini alması sağlanmıştır. Ürün, yan yüzeylerden elektrotlar ve cam yüzeyler arasında, üstten ise bir kapak vasıtasıyla sıkıştırılmıştır. Ezmenin üst kısmının düz bir hale gelebilmesi, ürünün elektrotlara tam temasının sağlanması ve ürün içinde hava boşluğu kalmasının engellenebilmesi için elektrik iletkenliği olmayan 12 mm kompakt malzemeden imal edilmiş kapak kullanılmıştır. Kapak üstünde ısı ölçümlerinde kullanılan termokuplların ürüne girişine izin veren delikler açılmıştır.



Şekil 3.5 Ohmik ısıtma test hücresi ve termokupl bağlantıları (orjinal)

3.1.3. Geleneksel Isıtma Sistemi

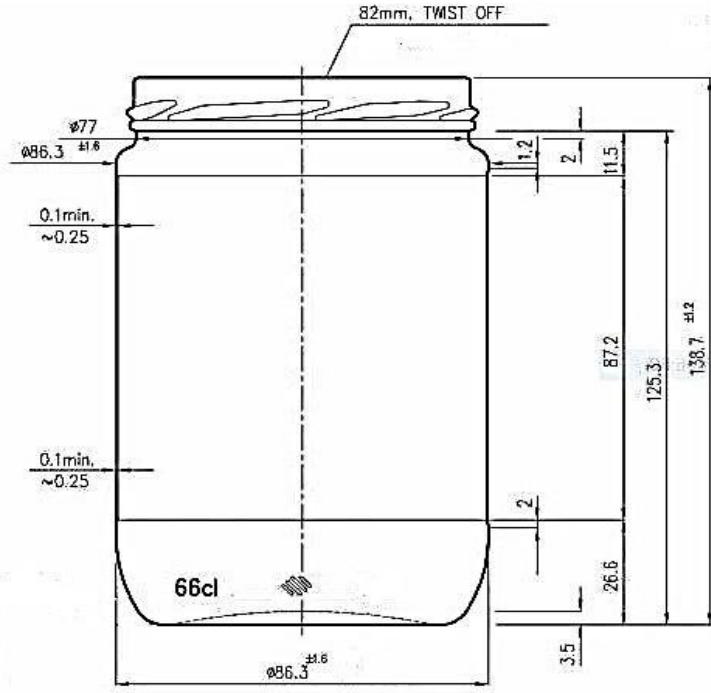
Geleneksel ısıtma düzeneği olarak sıcak su banyosu (Wisetherm WB-22) kullanılmıştır. Sıcaklığı ayarlanabilir sıcak su banyosuna daldırılmasıyla ürünlerin ısıtılması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 (a) Su banyosu ısıtma düzeneği (b) Su banyosunda ısıtılan örnek(orijinal)

Geleneksel ısıtma yönteminin uygulanabilmesi için ürünler ağzı kapatılmış cam kavanozlar içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.7). Sıcaklık ölçümü için 2 adet K-tipi termokupl kullanılmış, termokuplların kavanoz içerisine girebilmesi için kapakta delikler

açılmıştır. Termokupllar multimetrelere bağlanarak sıcaklıklar anlık olarak ölçülmüş ve ölçüm verileri kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.7 Cam kavanoz ölçüleri

Su banyosunda ısıtma sırasında harcanan elektrik enerjisinin tespiti amacıyla enerji analizatörü (Fluke 345 PQ Clamp Meter) kullanılmıştır (Şekil 3.8). Su banyosuna priz bağlantısı enerji analizatörü ile kontrol edilerek, geleneksel ısıtma sürecinde harcanan enerji kayıt edilmiştir.



Şekil 3.8 Enerji analizatörü

3.2. Metot

3.2.1. Deneme Planı

Çalışmada alabalık filetoları dumanlama sonrası ezme haline getirilerek ohmik ve geleneksel yöntemle (su banyosunda) ısıtılmış, paketlenmiş ve buzdolabı koşullarında ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) depolanmıştır. Çalışmada kullanılan materyallerin tanımlanmasında taze balık filetosu için FL, dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve ısıtılmış işlem görmemiş ezme için PT, dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve ohmik ısıtılmış işlem görmüş ezme için OH ve dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve geleneksel olarak ısıtılmış işlem görmüş ezme için GL ifadeleri kullanılmıştır. Ezmelerin soğuk muhafazası sırasında, ohmik ısıtılmış işlem görmüş ezme (OH) ve geleneksel olarak ısıtılmış işlem görmüş ezme (GL) raf ömrünün başlangıç, orta ve son günlerinde besin kompozisyonu analizi gerçekleştirilmiştir. Raf ömrü başlangıcı olarak depolamanın 0. günü; raf ömrünün ortası olarak OH için 12. günü ve GL için 16. günü; raf ömrünün sonu olarak da OH için 20. günü ve GL için 32. günü analizler gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri, öncelikle duyu analizi değerlendirme sonucuna göre 4'er gün ara ile yapılmıştır. Duyusal olarak bozulmanın görüldüğü depolama günlerinde o gruba ait örneklerin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiş, ancak bir sonraki depolama gününde analiz yapılmamıştır. Buna göre; dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve ohmik ısıtılmış işlem görmüş ezme 20. günde ve dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve geleneksel olarak ısıtılmış işlem görmüş ezme 32. günde duyu yönünden bozulmuş olarak değerlendirilmiş ve bu günlerden sonra kimyasal analiz yapılmamıştır. Örneklerin mikrobiyolojik gelişiminin takibi açısından, dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve ohmik ısıtılmış işlem görmüş ezme için 21. günde ve dumanlanmış alabalık filetolarından üretilmiş ve geleneksel olarak ısıtılmış işlem görmüş ezme için 35. ve 36. günde de mikrobiyolojik analizler yapılarak, deneme sonlandırılmıştır. Deneme (Çizelge 3.1) 2 tekerrürlü ve 2 paralel olarak planlanmıştır.

Çizelge 3.1 Deneme planı

Yapılan Analizler	0. Gün	4. Gün	8. Gün	12. Gün	16. Gün	20. Gün	21. Gün	24. Gün	28. Gün	32. Gün	35. Gün	36. Gün
Besin Kompozisyonu	FL,PT,OH,GL	-	-	OH	GL	OH	-	-	-	GL	-	-
pH	FL,PT,OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	-	GL	GL	GL	-	-
TVB-N	FL,PT,OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	-	GL	GL	GL	-	-
TBA	FL,PT,OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	-	GL	GL	GL	-	-
Renk	FL,PT,OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	-	GL	GL	GL	-	-
Mikrobiyolojik	FL,PT,OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	GL	GL	GL	GL	GL
Duyusal	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	OH,GL	-	GL	GL	GL	-	-
Mineral Madde	FL,PT,OH,GL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2.2. Balık Ezmesi Üretimi

3.2.2.1. Balıkların Dumanlanması

Sıcak dumanlanmak üzere temin edilen gökkuşağı alabalıklarının karın boşluğu yarılarak iç organları çıkartılmış ve kan, mukus vb. kalıntıların kalmamasına özen gösterilerek bol su ile yıkanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Temizlenmiş balık filetoları (orjinal)

Yıkanan balıkların derili yaprak filetoları çıkarılarak % 20’lik tuzlu su (5 litre suya 1 kg tuz) çözeltisi içerisinde salamura/balık oranı 1/2 olacak şekilde yerleştirilmiş ve 1 saat süreyle tuzlu su çözeltisi içerisinde bekletilmiştir (Şekil 3.10).



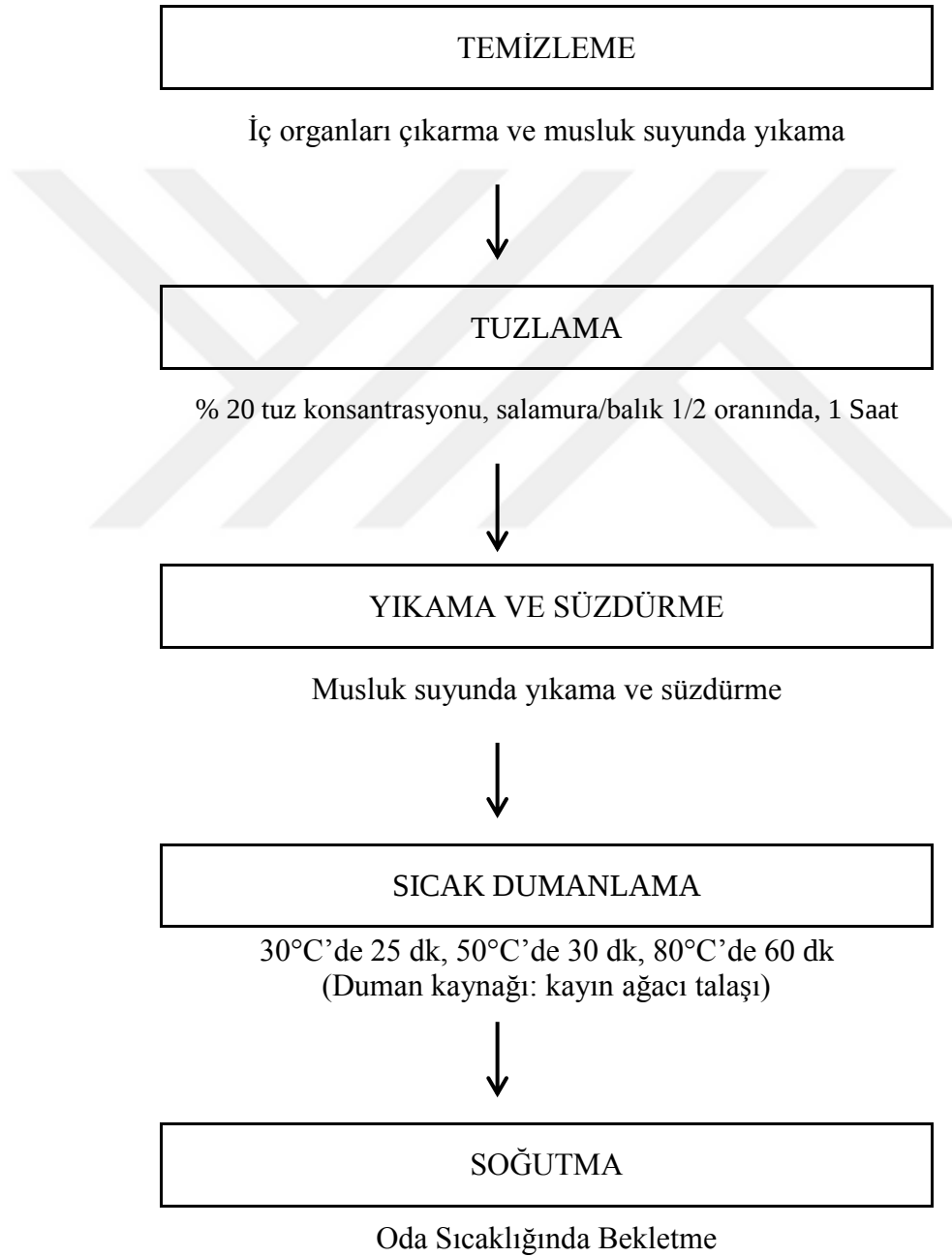
Şekil 3.10 Salamurada bekletilen temizlenmiş balık filetoları (orjinal)

Tuzlu su çözeltisinde bekletme sonrası fileto yüzeylerinde birikmiş olan fazla tuzun uzaklaştırılması amacıyla musluk suyu ile iyice yıkanmıştır. Yıkama sonrası tel ızgaralara yerleştirilen filetolar yaklaşık 30 dk. $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ’de oda sıcaklığında fazla suyun süzdürülmesi sağlanmıştır. Balıklar dumanlama dolabındaki ızgaralar üzerine dizilerek dumanlama işlemine geçilmiştir (Şekil 3.11). Dumanlamada kayın ağacı talaşı kullanılmıştır.



Şekil 3.11 Tuzlama sonrası dumanla işlemine hazır balık filetoları (orjinal)

Dumanlama sırasında ilk olarak sıcaklık 30°C’de 25 dk. tutularak balığın kuruması sağlanmıştır. Daha sonra sıcaklık kademeli olarak arttırılmıştır. İkinci aşamada talaşın yanması sağlanarak sıcaklık 50°C’ye arttırılmış ve filetolar bu sıcaklıkta 30 dk. bekletilerek dumanlama yapılmıştır. Son olarak sıcaklık 80°C’ye çıkartılarak 60 dk. pişirilmiş ve sonrasında dumanlama işlemi sonlandırılmıştır. Dumanlanmış örnekler oda sıcaklığında bekletilerek soğutulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Dumanlama işlem basamakları

3.2.2.2. Balık Ezmesinin Hazırlanması

Balık ezmesi üretiminde çok çeşitli su ürünleri tek başlarına ya da çeşitli türlerin karışımı olarak kullanılabilir. Benzer şekilde üretimde kullanılacak gıda yardımcı ve katkı maddeleri, son ürünün tadı, görünümü ve tekstürel özellikleri yönünden çeşitlendirilebilir. Bu amaçla ezme üretim aşamasında aşağıdaki formülasyon (Çizelge 3.2) yapılmış, en az içerik kullanılarak, ucuz ve kolay ulaşılabilir ürün tasarlanması hedeflenmiştir.

Çizelge 3.2 Balık ezmesi formülasyonu (%)

Dumanlanmış Balık Eti	91,5
Tereyağı	8,1
Sarımsak (toz)	0,3
Karabiber (toz)	0,1
Toplam	100

Balık ezmesi üretmek amacıyla dumanlanmış ve soğutulmuş filetolar öncelikle derilerinden ayrılmıştır (Şekil 3.13). Dumanlama sırasında istenmeyen şekilde dumanlanmış, kararmış ya da herhangi bir başka olumsuzluk gösteren kısımlar filetoların deriden ayrılması sırasında kontrol edilmiş ve yenilebilir kısımlardan uzaklaştırılmıştır. Kalan kısımlar tartılmış (Şekil 3.14) ve kıyma makinesinden (Tulsan EKİY-182121) geçirilerek kıyma haline (Şekil 3.15) getirilmiştir.



Şekil 3.13 Dumanlama sonrası dinlendirilen balık filetoları (orjinal)



Şekil 3.14 Dumanlandırılmış filetoların ön elemeden geçirilerek tartılması (orjinal)



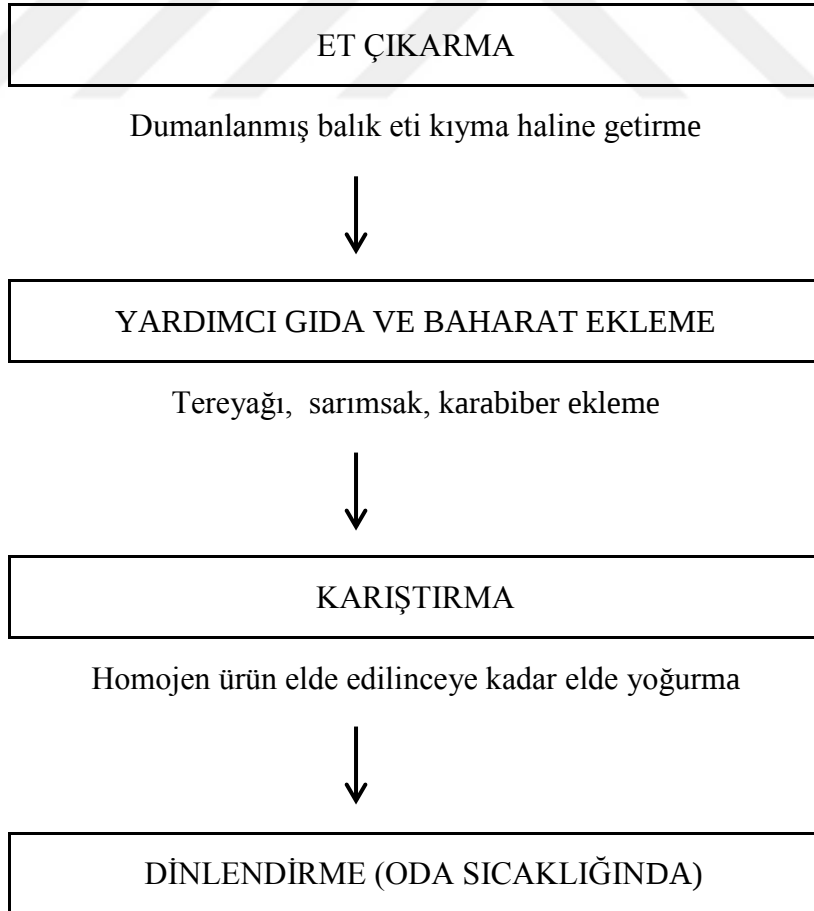
Şekil 3.15 Dumanlanmış fileto parçalarının kıyma haline getirilmesi (orijinal)

Kıyma haline getirilmiş dumanlanmış alabalık etine, toz sarımsak, karabiber ve tereyağı ilave edilmiş ve homojen bir görünüm elde edilene kadar elle yoğrulmuştur (Şekil 3.16). Balık ezmesi üretimi işlem basamakları Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.16 Balık ezmesinin elle yoğurulması (orijinal)

Homojen bir görünüm kazanarak ezme haline getirilen balık eti ve baharat karışımı oda sıcaklığında bir süre dinlendirilmiştir.

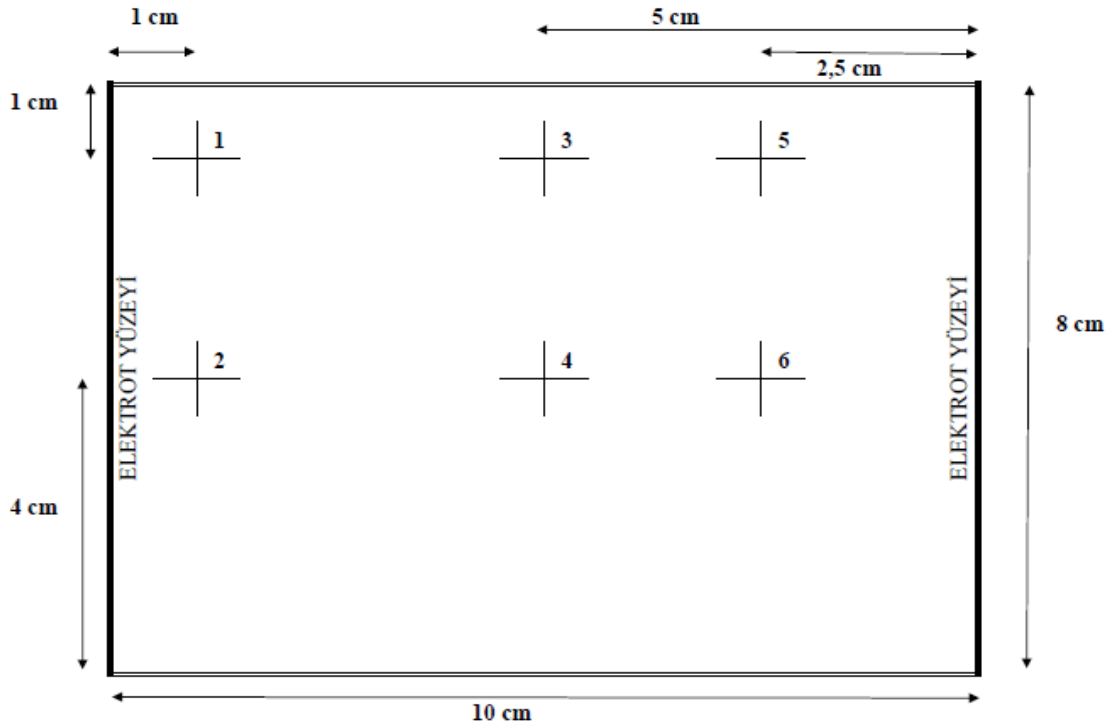


Şekil 3.17 Balık ezmesi işlem basamakları

3.2.2.3. Balık Ezmesinin Ohmik Yöntemle Isıtılması

Oluşturulan ohmik ısıtma hücresine her tekerrürde 1500 g ezme ürün hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Ohmik ısıtma hücresine yerleştirilen ezme içerisinde hava boşluğu kalmamasına ve ezmenin elektrot yüzeylerine tam temas sağlamasına dikkat edilmiştir. Ohmik ısıtma hücresindeki ezmenin üst yüzeyinin mümkün olduğunca düz bir yüzey haline gelmesine özen gösterilmiştir.

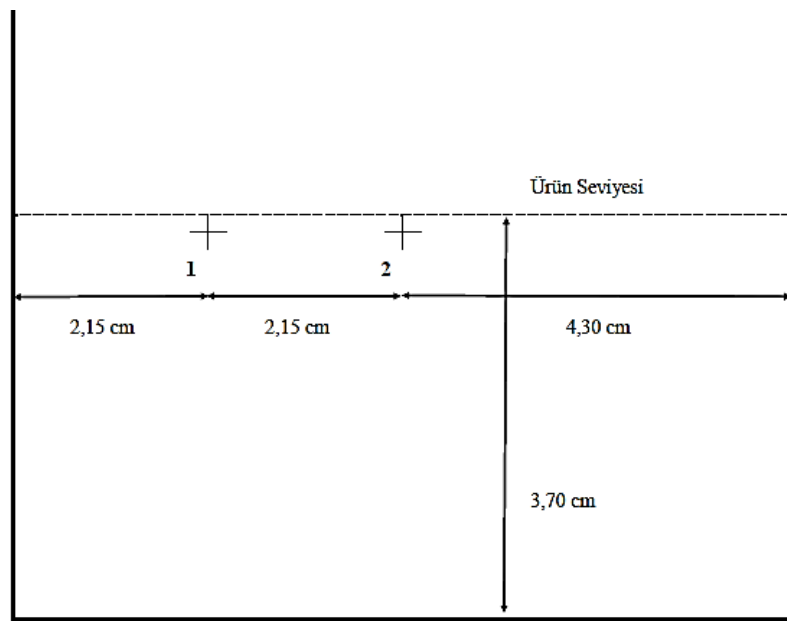
Ohmik ısıtma işlemi 50 V gerilim altında, 50 Hz çalışma frekansında, 5 V/cm voltaj gradyanı koşullarında ve soğuk nokta sıcaklığı 78°C oluncaya değin sürdürülmüştür. Bu sıcaklık derecesi “Türk gıda kodeksi et ve et ürünleri tebliği” (2012/74) ve referans çalışmalar (Heinz ve Hautzinger,2009; Hui ve ark.,2001; Pan ve ark.,2000; Marcotte,1999) dikkate alınarak belirlenmiştir. Ohmik ısıtma sistemine akım verilerek ürün ısıtmaya başlanmış, ürün içerisinde 6 farklı noktada (Şekil 3.18) sıcaklık ölçümü yapan termokupllardan gelen veriler dikkate alınarak, sıcaklık artışları izlenmiş ve en geç ısınan nokta “soğuk nokta” olarak belirlenmiştir. Soğuk nokta sıcaklığı 78°C olduğunda sisteme verilen enerji kesilerek ısınma durdurulmuş daha sonra ürün oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Ohmik ısıtma sırasında oluşan anlık sıcaklık, akım ve gerilim verileri kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.18 Ohmik ısıtma sisteminde sıcaklık ölçüm noktaları

3.2.2.4. Balık Ezmesinin Geleneksel Yöntemle Isıtılması

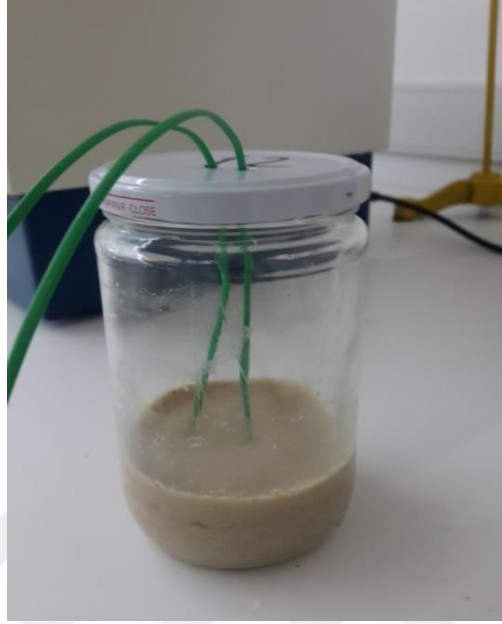
Geleneksel ısıtma yönteminin uygulanması için örnekler ağzı kapatılmış cam kavanozlar içerisine ve her bir kavanozda 135 g örnek olacak şekilde yerleştirilmiştir. Örnekler cam kavanozlar içerisine ürün içinde hava boşluğu kalmayacak ve ürün üst yüzeyi düz olacak şekilde sıkıştırılmıştır. Örnekler cam kavanozlar içine yerleştirildiğinde kavanoz içindeki örnek yüksekliği 3,7 cm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.19). Su banyosuna tek seferde 8 cam konserve sığdığından dolayı her tekerrürde toplamda 1080 gram örnek ısıtılma işlemi görmüştür.



Şekil 3.19 Cam kavanoz sıcaklık ölçüm noktaları

Geleneksel yöntemle ürünlerin ısıtılması öncesi su banyosuna yaklaşık 10 litre çeşme suyu doldurulmuş, sıcaklık ayarı $98 \pm 1^\circ\text{C}$ olarak çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Kavanoz içindeki ürün seviyesi (Şekil 3.20) ile su banyosundaki su seviyesinin aynı seviyede olmasına dikkat edilmiştir. Kavanozlar su banyosuna yerleştirilirken, kavanozların birbirine ve yan yüzeylere eşit mesafede yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Kavanozların altına gözenekli destek elemanı konularak kavanozların ısıtıcı rezistansa temas etmemesi sağlanmıştır. Bu şekilde rezistansa ısınan suyun, su banyosu içerisinde sirkülasyonuna imkân sağlanmıştır. Ürünün geleneksel yöntemle ısıtılması işlemi, ohmik ısıtma sisteminde olduğu gibi soğuk nokta sıcaklığı 78°C oluncaya değin sürdürülmüştür. Soğuk nokta sıcaklığı 78°C olduğunda konserve şişeleri

su banyosu dışına çıkarılarak oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Geleneksel ısıtma sırasında oluşan sıcaklık verileri kayıt altına alınırken, su banyosunun priz bağlantısına yerleştirilmiş enerji analizatörü ile ısıtma sırasında harcanan enerji tespit edilmiştir.



Şekil 3.20 Geleneksel ısıtma için hazırlanmış örnek ve termokupl bağlantısı (orijinal)

3.2.3. Balık Ezmesinin Paketlenmesi ve Depolanması

Ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtılan ürünler oda sıcaklığında bir süre soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra balık ezmeleri her biri 20-25 g örnek içerecek şekilde 88 adet numune kutusuna alınarak (Şekil 3.21) yaklaşık 1800 g örnek buzdolabı sıcaklığında ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) raf ömrü sona erinceye kadar depolanmıştır.



Şekil 3.21 Numune kutularına konulmuş örnekler (orijinal)

3.2.4. Analizler

3.2.4.1. Besin Kompozisyonu Analiz Metotları

3.2.4.1.1. Ham Protein Analizi

Ham protein analizi Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 1980). Yöntemde balık etinden 1 g örnek tartılarak, üzerine K₂SO₄ ve CuSO₄ karışımından oluşan katalizörler (5 - 6 g) ve 15 ml derişik H₂SO₄ ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilerek, 420°C’de 1 saat süreyle yakma işlemine tabi tutulmuş ve bir süre soğumaya bırakılmıştır. Soğutulan tüplere 50 ml saf su ve 75 ml % 33’lük NaOH ilave edilerek, destilasyon ünitesinde yaklaşık 100 ml destilat elde edilene kadar 12 - 15 dk destilasyon işlemine devam edilmiştir. Elde edilen destilat üzerine 2 – 3 damla metil kırmızısı damlatılarak, 0.1 N HCl ile titre edilmiş, harcanan çözelti kaydedilerek aşağıdaki formüle göre ham protein miktarı % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ham Protein(\%)} = [(\text{Sarfiyat (HCl)} \times 0.0014 \times 6.25) / \text{Örnek (g)}] \times 100$$

3.2.4.1.2. Ham Yağ Analizi

Ham yağ analizi Gerhardt marka cihaz ile soksalet yöntemine göre yapılmıştır (AOAC,1980). 4-5 g örnek bir kartuşa konulmuştur. Kartuş, soksalet cihazına yerleştirilip, daha önceden kurutulup darası alınan balona sabitlenmiştir. Daha sonra 105°C’de kurutma dolabında 1 saat kurutulan balonların son tartımları yapılarak, aşağıdaki formüle göre ham yağ miktarı % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ham yağ (\%)} = [(\text{Balon son tartım (g)} - \text{Balon dara (g)}) / \text{Örnek miktarı (g)}] \times 100$$

3.2.4.1.3. Nem Tayini

Nem tayini Ludorf ve Meyer (1973)’in uyguladığı yöntem esas alınarak yapılmıştır. Petri kutuları etüvde 105°C’de 3 saat süreyle kurutulmuş ve desikatörde 30 dk süreyle soğutulduktan sonra 0.0001 mg duyarlı hassas terazide darası alınmıştır. Daha sonra homojenize edilmiş örnekten darası alınmış petrilere yaklaşık 3 - 5 gr konularak sabit bir ağırlığa ulaşana kadar (12 saat) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler oda

sıcaklığına kadar soğumaları için desikatöre yerleştirilmiş ve hassas terazide tartılarak sonuçlar kaydedilmiştir.

$$\text{Nem (\%)} = (\text{Son tartım (g)} / \text{Numune (g)}) \times 100$$

$$\text{Son tartım} = (\text{Dara} + \text{Örnek}) - (\text{Dara} + \text{Kurutulmuş örnek})$$

3.2.4.1.4. Ham Kül Analizi

Ham kül analizinde kullanılacak porselen krozeler ilk önce 550°C'de 4 saat süreyle kül fırınında bekletilip daha sonra desikatörde soğutulduktan sonra 0.0001 mg duyarlı hassas terazide daraları alınmıştır. Krozeler içerisine homojenize edilmiş örnekten 0.5-1 g tartılmış bu örnekler 6 saat 550°C' de rengi açık gri oluncaya kadar yakılmış ve ardından desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, hassas terazide tartılmıştır. (AOAC, 1984).

$$\text{Ham kül (\%)} = ((\text{Son tartım(g)} - \text{Kroze Dara(g)}) / \text{Numune (g)}) \times 100$$

3.2.4.2. Kimyasal Analiz Metotları

3.2.4.2.1. pH Ölçümü

Homojenize edilen örnekler 1:1 oranında saf su ile sulandırılıp, pH-metre probu daldırılarak pH ölçümü yapılmıştır (Manthey ve ark., 1988).

3.2.4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi

Balık etindeki TVB-N miktarı, Antonacopoulos tarafından (1989) modifiye edilmiş Lücke - Geidel metodu ile belirlenmiştir (Ludorf ve Meyer, 1973). Analize hazırlanacak olan örnekten 10 g tartılarak destilasyon tüpüne aktararak, üzerine 250 ml saf su ve 1 çay kaşığı MgO ilave edilmiştir. 250 ml'lik erlenmayer içine 10ml %3'lük borik asit, 8 damla taşıro indikatörü ve 100 ml distile su konulmuştur. Erlenmayer içine su buharı destilasyon cihazına bağlı, soğutucu borusu daldırılmıştır. Örnek 10 dk destile edildikten sonra destilasyon sonlandırılarak erlen içine toplanan destilat 0.1N HCl ile nötr

noktaya kadar titre edilmiştir. Örneklerdeki TVB-N miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve sonuçlar mgN/100g olarak verilmiştir.

$$\text{TVB-N (mg/100 g)} = (a \cdot 1,400 \cdot 100) / M(g)$$

Varlık ve ark. (1993) tarafından yapılan kalite sınıflandırmasına göre; 25 mgN/100 g TVB-N içeren örnekler “çok iyi”, 30 mgN/100g TVB-N içeren örnekler “iyi”, 35mgN/100g TVB-N içeren örnekler “pazarlanabilir” ve 35 mgN/100g’den fazla TVB-N içeren örnekler ise “bozulmuş” olarak değerlendirilmektedir. Araştırmada elde edilen TVB-N verilerin değerlendirilmesinde Varlık ve ark. (1993)’nın kalite sınıflandırması esas alınmıştır.

3.2.4.2.3. Tiyoarbitürük Asit (TBA) Analizi

TBA sayısı tayini Tarladgis ve ark. (1960)’na göre yapılmıştır. Homojenize edilen örnekten 10 g tartılarak 1000 ml’lik balona aktarılmıştır. Örneğin üzerine 97,5 ml saf su, 2,5 ml 4N HCl çözeltisi, kaynama taşı ve gliserol ilave edilerek balon geri soğutucuya bağlanmıştır. Destilasyon işlemi gömlekli ısıtıcıda gerçekleştirilmiştir. Destilasyona 50 ml destilat toplanana kadar devam edilmiştir. Cam tüplere 5ml destilat ve üzerine 5 ml TBA ayırıcı (0,2883 g TBA 100ml %90’lık glasiyel asetik asitle) eklenerek kapakları kapatılmıştır. 5 ml saf su üzerine 5ml TBA ayırıcı eklenerek kör hazırlanmıştır. Hazırlanan tüpler kaynayan su banyosunda 35 dk. tutulup, soğutulduktan sonra spektrofotometrede 538 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Elde edilen absorbans değeri 7.8 ile çarpılarak 1000 g örnekteki mevcut malondialdehit miktarı mg olarak saptanmıştır (Varlık ve ark., 1993). Çok iyi bir materyalde TBA degerlerinin 3’ten az olması gerektiği, iyi bir materyalde ise 5’ten fazla olmaması gerektiği, tüketilebilirlik sınır değerinin ise 7-8 arasında olduğu bildirilmiştir (Varlık ve ark., 1993). Örneklerin TBA değerleri, Varlık ve ark. (1993)’nda bildirilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

3.2.4.2.4. Mineral Madde Miktarının Belirlenmesi

Balık ezmelerinin mineral madde analizleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde Jun ve ark. (2007)’nin belirtildiği yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Balık ezmesi numuneleri etüvde 2 gün boyunca 70°C’de kurutulmuştur. Kuruyan numuneler daha

sonra havanda öğütülmüştür. Öğütülen örneklerde 0,5 gr. tartılarak mikrodalga cihazında (Milestone-Start D) yaş yakma metoduna göre 7 ml HNO₃ (% 65)- 1 ml H₂O₂ (% 30) asit karışımında 30 dk. çözündürüldükten sonra ultra saf su ile son hacmi 20 ml'ye tamamlanıp mavi bant filtre kağıdından süzölmüştür. Daha sonra bu süzöklere ICP (Thermo ICAP-7000) cihazında çinko (213.856 nm dalga boyunda), kükört (181.90 nm dalga boyunda), nikel (216.55 nm dalga boyunda), kadmiyum (214.43 nm dalga boyunda), kalsiyum (370.6 nm dalga boyunda), kobalt (230.7 nm dalga boyunda), krom (205.552 nm dalga boyunda), bakır (327.39 nm dalga boyunda), demir (238.204 nm dalga boyunda), kurşun (220.353 nm dalga boyunda), potasyum (766.491 nm dalga boyunda), magnezyum (383.8 nm dalga boyunda), mangan (257.610 nm dalga boyunda), molibden (202.030 nm dalga boyunda), sodyum (330.23 nm dalga boyunda) ve fosfor (213.60 nm dalga boyunda) okuması yapılmış ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

3.2.4.3. Renk Analizi

Örneklerin renk ölçömleri 'Minolta CR-400 ' cihazıyla Hunter renk skalası baz alınarak gerçekleştirilmiştir. CIE "L" açıklık ve koyuluğu (Beyaz:100, Siyah:0), "a" değeri kırmızılığı (+ kırmızı, - yeşil), "b" değeri sarılığı (+ sarı, - mavi) ifade etmektedir.

3.2.4.4. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada Merck firmasına ait dehidre besiyerleri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için, her gruba ait ikişer kutudan aseptik şartlarda örnekler steril petri kutularına alınmıştır. Örneklerden alınan 10 g pate üzerine 90 ml % 0.85 steril serum fizyolojik ilave edildikten sonra önceden sterilize edilmiş homojenizatör ucu kullanılarak, homojenize edilmiştir. Homojenize örnekten 1ml seyrelti, içerisinde 9 ml serum fizyolojik bulunan test tüplerine aktararak dilüsyonlar oluşturulmuş ondalık seyreltmeler yapılarak her bir sulandırmadan iki paralel olmak üzere petrilere ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekim işleminden sonra toplam bakteri sayısı, toplam maya-küf ve toplam koliform bakteri miktarı tespit edilmek üzere ilgili besiyerleri kullanılarak mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. (Baumgart, 1986; Varlık ve ark., 1993.).

3.2.4.4.1. Toplam Bakteri Sayımı

Toplam bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA), Merck besiyeri kullanılmıştır. Balık ezmesi örneklerinden aseptik koşullarda 10 g örnek tartılmıştır. Tartılan örnek 90 ml % 0.85 fizyolojik tuzlu su ile steril homojenizatörde homojenize edilmiştir. Bu işlemle ilk seyreltme gerçekleştirilmiştir (Gürgün ve Halkman, 1990). Daha sonra seyreltme sıvısı olarak %0.85 fizyolojik tuzlu su kullanılarak 10^{-1} 'lik oranlarda dilüsyonlar hazırlanmıştır. Ekimler dilüsyonların her birisinden 2 steril boş petri kutusuna, steril uçlu eppendorf (1000 µl) ile 1'er ml aktararak yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutularına sterilize edilmiş ve 44-46°C'ye kadar soğutulmuş Plate Count Agar (PCA) besiyerinden 10-15 ml kadar dökülerek karıştırılmıştır. Besiyeri katılaştıktan sonra petri kutuları ters çevrilerek, toplam bakteri sayımı için inkübatörde 28°C'de 3 gün inkübe edilmiştir (Gökten, 1990). İnkübasyondan sonra üreme görülen plaklardan 30 - 300 koloni içeren plaklar sayıma alınmış toplam bakteri sayısı hesaplanmıştır (Gürgün ve Halkman, 1990).

3.2.4.4.2. Toplam Koliform Bakteri Sayımı

Toplam koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA), Merck besiyeri kullanılmıştır. Homojenize edilen balık ezmesi örneklerinden 10^{-1} 'lik oranlarda dilüsyonlar hazırlanmıştır. Ekimler dilüsyonların her birisinden 2 steril boş petri kutusuna, steril uçlu eppendorf (1000 µl) ile 1'er ml aktararak yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutularına sterilize edilmiş ve 44-46°C'ye kadar soğutulmuş Violet Red Bile Agar (VRBA) besiyerinden 10-15 ml kadar dökülerek karıştırılmıştır. Besiyeri donduktan sonra petri kutuları ters çevrilmiş, 35°C'de 1 gün inkübe edilmiştir (Gökalp ve ark., 1999).

3.2.4.4.3. Toplam Maya ve Küf Sayımı

Maya ve küf sayımı için Potatos Dextroz Agar (PDA), Merck besiyeri kullanılmıştır. Balık ezmesi örneğinden 10 gr alınarak 10^{-1} 'lik oranlarda dilüsyonlar hazırlanmıştır. Ekimler dilüsyonların her birisinden 2 steril boş petri kutusuna, steril uçlu eppendorf (1000 µl) ile 1'er ml aktararak yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutularına sterilize edilmiş ve 44-46°C'ye kadar soğutulmuş Potatos Dextroz Agar (PDA) besiyerinden 10 - 15 ml kadar dökülerek karıştırılmıştır. Besiyeri donduktan sonra petri

kutuları ters çevrilmiş, 28°C’de 3 günlük inkübasyondan sonra sayım yapılacak maya ve küf sayısı belirlenmiştir (Göktan, 1990; Varlık ve ark.,1993).

3.2.4.4.4. Pastörizasyon Değerinin Hesaplanması

Pastörizasyon değeri mikroorganizme inaktivasyonu ile ilişkili olarak termal yükün karşılaştırılmasında anahtar bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Heinz ve ark., 2003). Çalışmada soğuk noktaların ısıtılması sırasında gerçekleşen pastörizasyon değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$\text{Pastörizasyon Değeri (PU)} = \int_0^t 10^{(T-60)/5,5} dt \quad (\text{McKella ve ark.,2006})$$

Örneklerin ısıtım işlem sonrası oda sıcaklığında bekletilmesi sırasında gerçekleşen pastörizasyon etkisi değerlendirmeye alınmamıştır. Diğer yandan 55°C’nin altındaki pastörizasyon değerleri çok küçük olduğundan hesaplamaya dâhil edilmemiştir.

3.2.4.5. Duyusal Analizler

Schormüller (1968) tarafından tanımlanan ve Varlık ve ark. (1993) tarafından modifiye edilen methoda göre, balık ezmesi örnekleri beş deneyimli panelist tarafından duyu özellikleri değerlendirilmiştir. Panelistler balık ezmesi örneklerini görünüş, koku, tat ve tekstür (doku) özelliklerine göre 9 puan üzerinden (Çizelge 3.3) değerlendirilmiştir. Balık ezmesi örneklerinin duyu değerlendirilmesi sırasında 4.0-5.0 puan aralığı “ürün kabuledilebilirlik sınırı” olarak belirlenmiş ve 1-3,9 puan aralığında değerlendirilen örnekler “bozulmuş” olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.3 Duyusal değerlendirme tablosu

DUYUSAL DEĞERLENDİRME TABLOSU									
PANELİSTİN ADI-SOYADI:							TARİH:		
ÜRÜN KODU:							SAAT :		
DEĞERLENDİRME	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GÖRÜNÜŞ									
KOKU									
TAT									
TEKSTÜR									
AÇIKLAMA :	Size verilen ürün hakkında hissinizi en iyi tanımlayan kelimelere denk gelen puanı işaretleyiniz.								
	1) Hiç Beğenmedim			4) Hafif Beğenmedim			7) Orta Derecede Beğendim		
	2) Pek Çok Beğenmedim			5) Kararsızım			8) Pek Çok Beğendim		
	3) Orta Derecede Beğenmedim			6) Hafif Beğendim			9) Fevkalade Beğendim		

3.2.4.6. Isıtma Sistemlerinin Teknolojik Özelliklerinin Tespiti

3.2.4.6.1. Elektrik İletkenliğinin Tespiti

Ohmik yöntemle ısıtılan örneklerin elektriksel iletkenliği ve iletkenliğin sıcaklıkla değişimi, ohmik ısıtma sırasında kayıt edilen gerilim ve akım verileri kullanılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$\sigma = \frac{L}{K} * \frac{I}{V} * 100 \quad (\text{Palaniappan ve Sastry, 1991a,b})$$

3.2.4.6.2. Enerji Verimliliğinin Tespiti

Ohmik yöntem ve geleneksel yöntem kullanılarak gerçekleştirilen ısıtma sırasında enerji verimliliği (E) hesaplanmıştır (Nguyen ve ark., 2013). Enerji verimliliğinin hesaplanması sırasında ürüne aktarılan enerji miktarı (Q_v) Ghnimi ve ark.(2008)'na göre hesaplanmıştır. Dumanlanmış balık ezmelerine ait özısının (C_E) belirlenmesinde Choi ve Okos (1986) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Saf komponentlerin (protein, yağ, kül, nem) özısı değerleri Rahman(1995)'ın belirttiği şekilde hesaplanmıştır. Bu nedenle balık ezmesi aktarılan ısı miktarı her sıcaklık derecesi için saptanmış ve her bir sıcaklık derecesinde aktarılan enerjinin toplanmasıyla aktarılan enerji miktarı (Q_v) belirlenmiştir. Hesaplamalarda gerekli bileşen oranları olarak PT

besin kompozisyonu dikkate alınmıştır. Isıtma sistemlerinin harcadığı enerji (Q_a) miktarları ohmik ısıtmada kayıt altına alınan, akım ve gerilim verileri kullanılarak hesaplanmıştır (İçier ve Ilıcalı, 2005). Geleneksel ısıtma yönteminde sistemde harcanan enerji, enerji analizatör cihazı (Fluke 345 PQ) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçülen değerler enerji verimliliği hesaplarında kullanılmıştır.

$$E = (Q_v/Q_a) * 100 \quad (\text{Nguyen ve ark.}, 2013)$$

$$Q_v = M * C_E * \Delta T \quad (\text{Ghnimi ve ark.}, 2008)$$

$$Q_a = \sum V I \Delta t \quad (\text{İçier ve Ilıcalı}, 2005)$$

$$C_E = C_P X_P + C_Y X_Y + C_K X_K + C_N X_N \quad (\text{Choi ve Okos}, 1986)$$

$$C_P = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 \quad (\text{Rahman}, 1995)$$

$$C_Y = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 \quad (\text{Rahman}, 1995)$$

$$C_K = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 \quad (\text{Rahman}, 1995)$$

$$C_N = 4,1289 - 9,0864 \times 10^{-5}T + 5,4731 \times 10^{-6}T^2 \quad (\text{Rahman}, 1995)$$

3.2.4.6.3. Sıcaklık Ölçümleri ve Soğuk Nokta Tespiti

Ohmik işlem süresince balık ezmesinin farklı noktalarındaki sıcaklık artışları K-tipi termokupl kullanılarak ölçülmüştür. Ohmik ısıtma hücresinde ısıtılan balık ezmesi için 6 noktadan sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Isıl işlem sıcaklık kontrolü, hedef sıcaklığa en son ulaşan noktanın sıcaklığından yapılmış olup, bu nokta soğuk nokta olarak tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma hücresinde sıcaklık alınan noktalar ve bu noktaların konumları Şekil 3.18’de belirtilmiştir. Geleneksel ısıtma düzeneğinde cam konserve şişesi içerisinde kondüksiyon yoluyla ısınma gerçekleşeceği ve şişenin boyutları bilindiği için soğuk nokta ürünün üst yüzeyinin merkez noktası olacaktır. Geleneksel ısıtma düzeneğindeki soğuk nokta ile soğuk nokta ile cam yüzey arasındaki noktadan sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma sırasında oluşan sıcaklıklar ve pastörizasyon süreleri kayıt altına alınmıştır. Sıcaklık artış hızı aşağıdaki formüle göre tespit edilmiştir.

$$\text{Sıcaklık Artış Hızı } (^{\circ}\text{C/dk.}) = (T_s - T_b) / \Delta t$$

3.2.4.7. İstatistiksel Analizler

Araştırmada elde edilen sonuçlar, ortalama $\pm$ standart hata şeklinde verilmiş, gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. Gruplar arasında farklılık olması durumunda farklılıkların kaynağı Tukey çoklu karşılaştırma testi ile saptanmıştır. Duyusal analizlerin değerlendirilmesinde parametrik koşullar sağlanamadığından, non-parametrik testlerden Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis testlerinden faydalanılmıştır. Elde edilen veriler % 95 güven aralığında, IBM SPSS 17.0 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu; 2000). Çalışma 2 tekerrür ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Besin Kompozisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi

FL, PT, OH ve GL'nin besin kompozisyonları tespit edilmiş olup, sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çalışmada FL nem, ham yağ, ham protein ve ham kül içeriği sırasıyla % 70.08±0.21, 11.14±0.03, 18.14±0.06 ve 0.81±0.01 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme başlangıcı fileto ve ezme besin kompozisyon değerleri (%)

	FL	PT	OH	GL
Nem (%)	70.08±0.21 ^d	60.44±0.03 ^c	59.42±0.02 ^b	58.56±0.08 ^a
Ham Yağ (%)	11.14±0.03 ^a	15.61±0.02 ^b	16.31±0.10 ^c	16.58±0.17 ^c
Ham Protein (%)	18.14±0.06 ^a	22.00±0.04 ^b	22.73±0.14 ^c	22.77±0.04 ^c
Ham Kül (%)	0.81±0.01 ^a	2.09±0.01 ^b	2.10±0.01 ^b	2.08±0.03 ^b

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

PT, OH ve GL nem oranları incelendiğinde sırasıyla % 60.44±0.03, 59.42±0.02 ve 58.56±0.08 olarak tespit edilmiştir. Gökkuşluğu alabalığı filetosundan ezme üretimi sırasında nem miktarında azalma meydana gelmiş ve bu azalma istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) bulunmuştur. Ezme üretimi sırasında, filetonun tuzlama ve sıcak dumanlama işlem basamaklarında su kaybına uğramış olması nedeniyle nem miktarında azalma gerçekleştiği değerlendirilmektedir. Diğer yandan, ezmelerin nem değerleri üzerinde, ısıtma işleminin ve ısıtma işlemde kullanılan yöntemin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). PT nem oranının ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtma sonrasında, OH ve GL'de istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) düzeyde azalmış olması, suyun buharlaşarak ortamdan uzaklaşmasıyla açıklanabilir. OH ve GL nem oranları da istatistiksel olarak (p<0.05) birbirinden farklı olmuş, bu nedenle kullanılan ısıtma yönteminin nem miktarı üstünde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu (p<0.05) değerlendirilmiştir. OH ve GL nem oranları, raf ömrünün başında ve sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik göstermemiş (p>0.05), yalnızca raf ömrü ortalarında OH nem değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim saptanmıştır.

($p<0.05$). Genelleme yapılacak olursa, depolama süresinin OH ve GL nem oranları üstünde önemli bir etkisi olmadığı ifade edilebilir.

Araştırma bulgularımıza göre % 70.08 nem içeren gökkuşağı alabalığı filetosuna ait nem değerleri, farklı araştırmacılar tarafından sırasıyla; % 73.4 (Michalczyk ve Surowka, 2007), % 72.06 (Ayas,2006), % 71.92 (Taşkaya ve ark., 2003), % 76.24 (Jittinandana ve ark., 2002), % 74.86 (Ünlüsayın ve ark., 2001) olarak bildirilmiştir. Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) ise gökkuşağı alabalığına ait nem değerini % 70.0-79.0 aralığında ve ham kül değerini % 1.8 olarak bildirmiştir. FL nem değerleri Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) tarafından belirtilen değerler ile benzerlik göstermiş, diğer araştırmacılar (Michalczyk ve Surowka, 2007; Ayas, 2006; Taşkaya ve ark., 2003; Jittinandana ve ark., 2002; Ünlüsayın ve ark., 2001) tarafından belirtilen değerlerden daha düşük saptanmıştır. FL ham yağ değeri belirtilen çalışmaların tamamından yüksek, FL ham kül değeri ise belirtilen çalışmaların tamamından daha az bulunmuştur. FL ham protein değerleri Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999), Jittinandana ve ark. (2002) ile benzerlik göstermiş, Ünlüsayın ve ark. (2001) tarafından belirtilen değerlerden yüksek, Ayas (2006), Michalczyk ve Surowka (2007), Taşkaya ve ark.(2003) tarafından belirtilen sonuçlardan daha az olarak saptanmıştır.

Balık ezmeleri üstünde yapılan çalışmalarda nem oranları geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Aquerrata ve ark.(2002), ürettikleri ezmelerin nem oranının % 47.54-56.29 arasında değiştiğini, Echarte ve ark. (2004) ise balık ezmelerindeki nem oranının % 55.44-64.63 aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Farklı tür balıklardan üretilen ezmelerin kalite parametrelerini inceleyen Bilgin ve ark.(2005), cam kaplarda 121°C’de 15 dk. pişirilen kadife balığı ezmesinin nem oranını % 55.63, sudak balığı ezmesinin nem oranını % 57.21 olarak tespit etmiş, kullanılan balık türüne göre ezmenin nem oranında değişiklik olabileceğini bildirmiştir. Kaba ve ark.(2013a), konserveleme sonrası (121°C’de 15 dk.) mezgit havyarından üretilen ezmelere ait nem oranını % 61.34 olarak açıklamış, Silva ve ark.(2003)’da benzer bir çalışma sonucunda ezme örneklerinin nem oranının, Kaba ve ark.(2013a) yakın bir değerinde % 61.96 olarak rapor etmiştir.

Çalışmamız sırasında elde edilen nem oranları bazı çalışmalarla uyum, bazı çalışmalarla farklılık göstermiştir. PT, OH ve GL nem oranlarının Aquerrata ve ark.(2002) ile Bilgin ve ark.(2005) tarafından bildirilen değerlerden yüksek olduğu,

Echarte ve ark. (2004) ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. PT, OH ve GL nem oranlarının Kaba ve ark.(2013a) ve Silva ve ark.(2003) tarafından bildirilen değerlerden daha az olduğu saptanmıştır.

Ezmelere ait yağ oranları incelendiğinde, PT ham yağ oranı % 15.61±0.02, OH ve GL ham yağ oranları ise sırasıyla % 16.31±0.10 ve 16.58±0.17 olarak belirlenmiştir. Ezme örneklerinin yağ oranının FL ham yağ oranından yüksek olduğu ve yağ oranlarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). OH ve GL ham yağ oranlarının PT ham yağ oranından yüksek olduğu ve bu farklılığın anlamlı olduğu ($p<0.05$), OH ve GL ham yağ oranları arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. Ezme üretimi işlem basamakları ham yağ oranının değişimine neden olmuş olabilir. Tuzlu suda bekletme ve sıcak dumanlama basamaklarında fileto da bulunan su miktarı azalırken, ham yağ oranının oransal olarak arttığı söylenebilir. Üretim sırasında eklenen tereyağı ile ezmeye sürülebilir bir yapı kazandırılmış, böylelikle ham yağ oranı artmış olabilir.

Araştırma bulgularımıza göre %11.14 ham yağ içeren gökkuşağı alabalığı filetosuna ait değer, farklı araştırmacılar tarafından sırasıyla; %4.5 (Michalczyk ve Surowka, 2007), %7.02 (Ayas, 2006), %3.66 (Taşkaya ve ark., 2003), %3.69 (Jittinandana ve ark., 2002), %4.46 (Ünlüsayın ve ark., 2001) olarak bildirilmiştir. Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) ise gökkuşağı alabalığına ait ham yağ değerlerinin %1.2-10.8 aralığında bildirmiştir. FL ham yağ değerleri belirtilen değerlerin tamamından yüksek olarak saptanmıştır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999; Michalczyk ve Surowka, 2007; Ayas, 2006; Taşkaya ve ark., 2003; Jittinandana ve ark., 2002; Ünlüsayın ve ark., 2001).

Balık ezmeleri üstünde yapılan araştırmalarda ham yağ değerleri, %25.34 (Silva ve ark., 2003) ve % 12.52 (Kaba ve ark., 2013a) olarak bildirilmiştir. Bilgin ve ark.(2005), kadife balığı ezmesine ait ham yağ değerini %6.31 ve sudak balığı ezmesine ait ham yağ değerini %7.26 olarak rapor etmiştir. Ünlüsayın ve ark.(2007) farklı türlerde balık etlerinin dumanlanması ile ürettikleri ezmelere ait ham yağ değerinin %15.0-18.0 aralığında değiştiğini belirtmiş, Echarte ve ark.(2004) ise balık ezmelerine ait ham yağ oranının daha geniş bir aralıkta (%13.72-26.39) değişim gösterdiğini ifade etmiştir. Aquerrata ve ark.(2002), tarafından yürütülen bir çalışmada üretilen ezmelerin ham yağ oranı % 25.07-33.08 aralığında belirlenmiş, aynı çalışma içerisinde incelenen ticari

ezmelerin ham yağ oranı ise %10.01-28.90 aralığında değişim göstermiştir. Ham yağ oranı bulgularımız önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında; Bilgin ve ark.(2005) ile Kaba ve ark.(2013a) tarafından bildirilen değerlerin, çalışmamıza ait ham yağ oranlarından az olduğu, Echarte ve ark.(2004), Ünlüsayın ve ark.(2007) ve Aquerrata ve ark.(2002)'nin ticari balık ezmeleri için bildirdiği oranlar ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Aquerrata ve ark.(2002) ve Silva ve ark.(2003) tarafından bildirilen ham yağ oranların ise çalışmamızda yer alan PT, OH ve GL ham yağ oranlarından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çeşitli araştırma bulguları ile araştırma bulgularımız arasında görülen farklılıkların balık eti kaynağının farklı olması, üretimde farklı formülasyonlar kullanılmış olması ve farklı işleme yöntemleri kullanılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ezme örnekleri ham yağ oranı üstünde ısıtma işlem etkisinin, nem oranındaki değişim nedeniyle gerçekleştiği değerlendirilmektedir.

FL, PT, OH ve GL ham protein değerleri sırasıyla % 18.14±0.06, % 22.00±0.04, % 22.73±0.14 ve %22.77±0.04 olarak belirlenmiştir. PT, OH ve GL ham protein değerlerinin FL ham protein değerinden yüksek olduğu ve saptanan değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. PT ham protein değerinin OH ve GL ham protein değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı seviyede ($p<0.05$) daha az olduğu saptanmıştır. OH ve GL ham protein değerleri arasında görülen sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) olmadığı belirlenmiştir. Gökkuşacağı alabalığı filetosundan ezme üretimi sırasında nem miktarında meydana gelen azalmaya bağlı olarak ham protein oranında oransal artış gerçekleştiği değerlendirilmektedir. Benzer şekilde, PT ile OH ve GL ham protein değerleri arasındaki farklılığa, ısıtma sırasında gerçekleşen nem kaybı nedeniyle ham protein değerlerinde gerçekleşen oransal artışın neden olduğu değerlendirilmektedir.

Araştırma bulgularımıza göre %18.14 ham protein içeren gökkuşacağı alabalığı filetosuna ait değeri, farklı araştırmacılar tarafından sırasıyla; %20.5 (Michalczyk ve Surowka, 2007), %19.23 (Ayas,2006), %21.67 (Taşkaya ve ark.,2003), %18.76 (Jittinandana ve ark., 2002), % 16.45 (Ünlüsayın ve ark., 2001) olarak bildirilmiştir. Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) ise gökkuşacağı alabalığına ait ham protein değerini %18.8-19.1 aralığında bildirmiştir. FL ham protein oranının, Ünlüsayın ve ark.(2001) tarafından bildirilen orandan yüksek olduğu, Jittinandana ve ark.(2002) ile Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) tarafından bildirilen oranlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir. FL ham protein

oranının Michalczyk ve Surowka(2007), Ayas(2006) ve Taşkaya ve ark.(2003) tarafından bildirilen oranlardan daha düşük olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda PT, OH ve GL ham protein oranları sırasıyla %22.00, %22.73 ve %22.77 olarak belirlenmiştir. Balık ezmelerine ait ham protein oranları farklı araştırmacılar tarafından %10.90 (Silva ve ark.,2003), %8.64 (Kaba ve ark.,2013a), %18.09 ve 19.79 (Bilgin ve ark.,2005) olarak bildirilmiştir. Echarte ve ark.(2004) tarafından balık ezmeleri üstünde yapılan bir çalışmada ham protein oranının %7.51-7.99 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ünlüsayın ve arkadaşları (2007), levrek (*Dicentrarchus labrax*), çipura (*Sparus aurata*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etinin dumanlanması ile ürettikleri ezmelerin ham protein oranının %13-14 düzeyinde olduğunu ifade etmiştir. Aqueratta ve ark.(2002) tarafından yürütülen bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş ve balık ezmesi ham protein oranının %12-14.13 aralığında olduğu belirtilerek, ticari ezmelere ait ham protein oranlarının daha düşük düzeylerde olduğu bildirilmiştir. Literatür verileri ile araştırma bulgularımız karşılaştırıldığında; PT, OH ve GL ham protein oranlarının önceki çalışmalardan yüksek olduğu, bu oranlara en yakın değerlerin Bilgin ve ark. (2005) tarafından bildirilen değerler olduğu anlaşılmıştır. Çalışmamızda PT, OH ve GL ham protein oranlarının literatür verilerinden yüksek olmasının nedeninin ezme üretiminde kullanılan formülasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilgin ve ark. (2005), ezme formülasyonunda içerik ve kullanılan malzemelerin oransal kullanım farklılıkların ürün bileşiminde farklılıklara yol açacağını bildirmiş, Gencer (2012) tarafından da benzer açıklamalar yapılmıştır.

Çalışmada, FL ham kül oranı % 0.81±0.01 olarak tespit edilmiştir. Ezmeler ham kül oranları açısından değerlendirildiğinde PT, OH ve GL ham kül oranları sırasıyla % 2.09±0.01, % 2.10±0.01 ve %2.08±0.03 olarak belirlenmiştir. FL ham kül oranının ezme örneklerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p<0.05$); PT, OH ve GL ham kül oranları arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. FL'nin tuzlu suda bekletilmesi sırasında, tuzlu su ile fileto arasında oluşan ozmotik basınç farklılığı nedeniyle fileto da bulunan suyun bir miktarı tuzlu su çözeltisine geçerken, tuzlu su çözeltisinde bulunan tuzunda bir miktar filetoya geçtiği ve bu şekilde ham kül oranında değişikliğe neden olduğu değerlendirilmektedir. Ezme üretimi sırasında baharat ilavesiyle de ham kül miktarındaki artışın açıklanabileceği değerlendirilmektedir.

Araştırma bulgularımıza göre %0.81 ham kül içeren gökkuşağı alabalığı filetosuna ait değer, farklı araştırmacılar tarafından sırasıyla; %1.3 (Michalczyk ve Surowka, 2007), %1.54 (Ayas,2006), %1.56 (Taşkaya ve ark., 2003), %1.30 (Jittinandana ve ark., 2002), %1.80 (Ünlüsayın ve ark., 2001) olarak bildirilmiştir. Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) ise gökkuşağı alabalığına ait ham kül değerini %1.8 olarak bildirmiştir. Bildirilen ham kül oranlarının çalışmamızda kullanılan FL ham kül değerlerinden daha fazla olduğu saptanmıştır (Gülyavuz ve Ünlüsayın,1999; Ünlüsayın ve ark.,2001; Jittinandana ve ark.,2002; Taşkaya ve ark.,2003; Ayas,2006; Michalczyk ve Surowka,2007).

Çalışmamızda elde edilen PT, OH ve GL ham kül oranları sırasıyla %2.09, %2.10 ve %2.08 olarak belirlenmiş olup, benzer çalışmalar yürütmüş olan Silva ve ark.(2003) bu oranı %1.80, Kaba ve ark.(2013a) ise %1.12 olarak bildirmiştir. Bilgin ve ark.(2005), sıcak dumanlanmış kadife (*Tinca tinca* L., 1758) ve sudak (*Sander lucioperca*) balığı etlerinden hazırladıkları balık ezmelerini cam kaplarda (121 °C’de 1,5 atmosfer basıncında) 15 dk. sterilize etmiştir. Sterilizasyon sonrası buzdolabı koşullarında (4°C±1) muhafaza edilen kadife balığı ezmesi ve sudak balığı ezmesi ham kül oranının sırasıyla %6.66 ve % 6.32 olduğu bildirilmiştir. Aquerrata ve ark.(2002), ürettikleri ezmelerin ham kül oranının %1.25-2.35 aralığında değiştiğini tespit etmiş, ham kül oranlarını karşılaştırmak amacıyla incelediği ticari ezmelerin ham kül oranında % 2.05-3.40 aralığında değişim gösterdiğini rapor etmiştir. Echarte ve ark.(2004) tarafından yürütülen çalışmada %2.37-5.02 aralığında değişen ham kül değerleri saptanmış, farklı araştırmacılar (Dalmas ve ark.,2011; Amaral ve ark.,2015) tarafından yürütülen benzer çalışmalarda da ham kül oranlarının % 2.0-4.0 aralığında değiştiği rapor edilmiştir. Ünlüsayın ve arkadaşları (2007), dumanlanmış balık eti ile üretilen ezmelerin ham kül oranının %7.0-9.0 arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. PT,OH ve GL ham kül oranları Silva ve ark.(2003) ve Kaba ve ark.(2013a) tarafından bildirilen oranlardan yüksek, Ünlüsayın ve ark.(2007) ve Bilgin ve ark.(2005) tarafından bildirilen oranlardan düşük olarak saptanmıştır. Çalışmamız sırasında belirlenen ham kül değerlerinin, birçok çalışmada (Aqueratta ve ark.,2002; Echarte ve ark.,2004; Dalmas ve ark.,2011; Amaral ve ark.,2015) elde edilen değerlerle de uyumlu olduğu belirlenmiştir.

OH nem, ham yağ, ham protein ve ham kül değerlerinde depolama süresine bağlı olarak çeşitli değişimler tespit edilmiş ve bu değişimler Çizelge 4.2’de verilmiştir. OH

raf ömrü başlangıç, orta ve son günlerinde tespit edilen ham yağ, ham protein ve ham kül değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir. Diğer yandan OH raf ömrü ortasında tespit edilen nem değerinin, raf ömrü başlangıcı ve sonunda tespit edilen değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bir farklılık gösterdiği saptanmıştır. Depolama sırasında kullanılan numune kutularının sızdırmaz olması nedeniyle raf ömrü ortasında tespit edilen nem değerlerinin, raf ömrü başlangıcı ve sonunda tespit edilen değerlere göre farklılık göstermesinin deneysel hatadan kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.2 Depolama süresince OH’de meydana gelen besin kompozisyonu değişimleri

Analiz Zamanı	Nem (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Ham Kül (%)
Raf Ömrü Başlangıç	59.42±0.02 ^b	16.31±0.10 ^a	22.73±0.14 ^a	2.10±0.01 ^a
Raf Ömrü Orta	58.82±0.16 ^a	16.36±0.05 ^a	22.70±0.32 ^a	2.09±0.01 ^a
Raf Ömrü Son	59.50±0.12 ^b	16.35±0.15 ^a	22.66±0.05 ^a	2.12±0.01 ^a

Farklı harf (a,b,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

32 günlük raf ömrü sırasında GL besin kompozisyonu değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemiş ($p>0.05$); nem, ham yağ ve ham protein oranlarında istatistiksel olarak anlamlı olmayan ($p>0.05$) küçük farklılıklar tespit edilmiştir. Bu bulgulardan hareketle, depolama süresinin GL besin kompozisyonu değerleri (nem, ham yağ, ham protein ve ham kül) üstünde anlamlı bir etkisinin ($p>0.05$) olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Depolama süresince GL’de meydana gelen besin kompozisyonu değişimleri

Analiz Zamanı	Nem (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Ham Kül (%)
Raf Ömrü Başlangıç	58.56±0.08 ^a	16.58±0.17 ^a	22.77±0.04 ^a	2.08±0.03 ^a
Raf Ömrü Orta	58.58±0.08 ^a	16.54±0.08 ^a	22.45±0.07 ^a	2.08±0.05 ^a
Raf Ömrü Son	58.55±0.13 ^a	16.61±0.07 ^a	22.56±0.11 ^a	2.08±0.04 ^a

Farklı harf (a,b,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Balık ezmesi besin kompozisyonunun raf ömrü başlangıcında, ortasında ve sonunda aldığı değerlerin kullanılan ısıtma yöntemine göre karşılaştırması yapıldığında; OH ve GL raf ömrü başlangıcı, ortası ve sonu ham protein değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ($p>0.05$) farklılık tespit edilmemiştir. Benzer şekilde ham yağ ve ham kül bulgularının raf ömrü başlangıcında, ortasında ve sonunda aldığı değerlerinde kullanılan ısıtma yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ham protein, ham yağ ve ham kül bulgularından farklı olarak, raf ömrü başlangıcında ve sonunda OH ve GL için belirlenen nem değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p< 0.05$) bir farklılık saptanmıştır. OH ve GL raf ömrü ortasında saptanan nem değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p>0.05$) belirlenmemiştir.

Çalışmalarımız sırasında hammadde kaynağı olarak kullandığımız gökkuşağı alabalıklarına ait besin kompozisyonu bulguları ile literatür bulguları arasındaki farklılığa balığın yaşadığı ortamın durumu, balığın türü, cinsiyeti, yaşı, beslenme ve üreme durumu gibi faktörlerin neden olabileceği değerlendirilmektedir (Gökoğlu, 2002; Uysal ve ark., 2002; Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999; Türker 1997). Literatür bulguları ile çalışmamızda elde edilen balık ezmelerine ait bulgular arasında görülen farklılığa ise, ezme üretimi sırasında farklı tür balıkların kullanılmış olması, ürün formülasyonlarının farklı olması ve farklı işleme yöntemleri kullanılarak üretimin gerçekleştirilmiş olmasının neden olabileceği değerlendirilmektedir.

4.2. Kimyasal Analiz Bulguları

4.2.1. pH Değeri

FL, PT, OH ve GL pH değerleri sırasıyla 7.01 ± 0.03 , 6.50 ± 0.03 , 6.52 ± 0.01 ve 6.75 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). FL pH değerinin ezme örneklerinden yüksek olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 Deneme başlangıcı fileto ve ezme pH değerleri

FL	PT	OH	GL
7.01±0.03 ^c	6.50±0.03 ^a	6.52±0.01 ^a	6.75±0.01 ^b

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Ezme örneklerinin pH değerleri incelendiğinde, OH ile PT pH değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (p>0.05) diğer bir ifadeyle ohmik ısıtma işleminin ezme pH değeri üstünde anlamlı bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Diğer yandan GL pH değerinin PT, OH ve FL pH değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu (p<0.05) belirlenmiştir. OH pH değerleri 20 günlük depolama boyunca 6.41-6.54 aralığında değişim göstermiş, en yüksek pH değeri (6.54±0.01) 8. günde, en düşük pH değeri (6.41±0.00) 16. günde saptanmıştır (Çizelge 4.5).

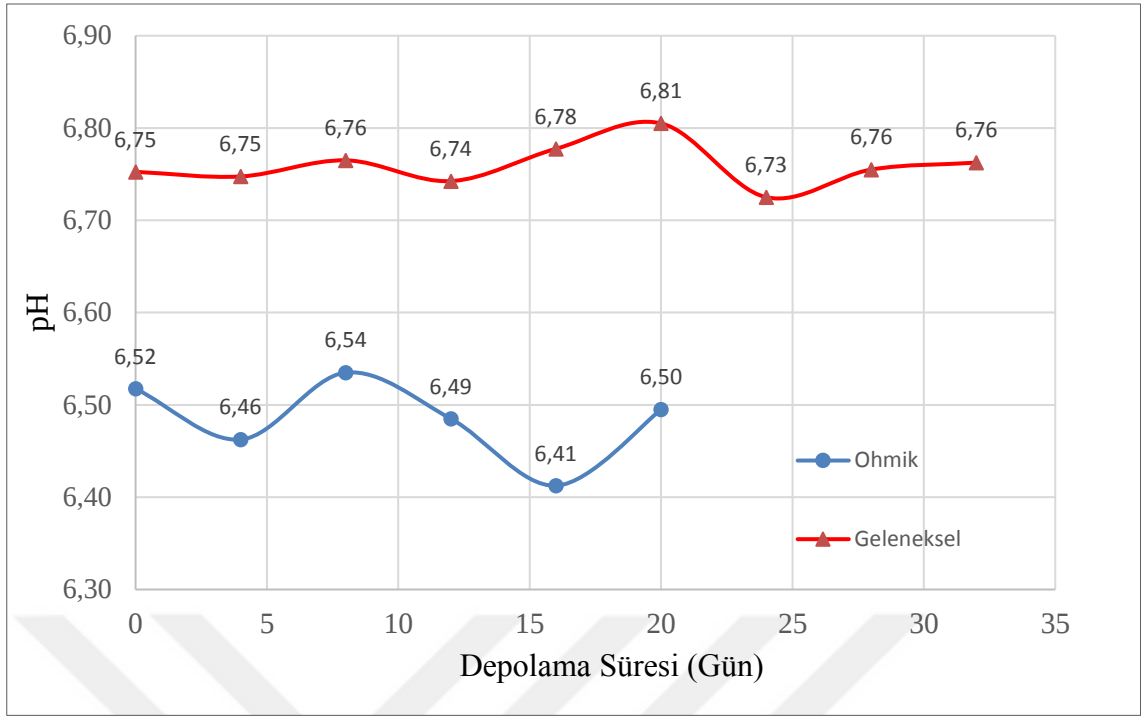
Çizelge 4.5 Depolama süresince pH değerlerinde meydana gelen değişimler

Depolama Süresi (Gün)	Gruplar (Ort±S.H.)	
	OH	GL
0	6.52±0.01 ^{CDa}	6.75±0.01 ^{ABCb}
4	6.46±0.01 ^{Ba}	6.75±0.01 ^{ABb}
8	6.54±0.01 ^{Da}	6.77±0.01 ^{BCb}
12	6.49±0.00 ^{BCa}	6.74±0.01 ^{ABb}
16	6.41±0.00 ^{Aa}	6.78±0.00 ^{CDb}
20	6.50±0.01 ^{BCa}	6.81±0.00 ^{Db}
24	-	6.73±0.01 ^A
28	-	6.76±0.01 ^{BC}
32	-	6.76±0.00 ^{BC}

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Farklı harf(A,B,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Depolama sırasında GL pH değerleri 6.73-6.81 aralığında değişim göstermiş, en yüksek pH değeri (6.81±0.00) 20. günde, en düşük pH değeri (6.73±0.01) 24. günde saptanmıştır (Şekil 4.1). GL pH değerleri her depolama günü için OH pH değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde (p< 0.05) farklı bulunmuştur.



Şekil 4.1 Depolama süresince ezme pH değerlerinde meydana gelen değişimler

Çalışmamızda kullanılan FL pH değeri 7.01 olarak belirlenmiş olup, Berik ve ark.(2011) bu değeri 6.77, Çankırılıgil ve Berik(2017) 6.72 ve Aksun ve Karakaya Tokur (2014) 6.74 olarak bildirmiştir. Benzer çalışmalar yürütmüş olan Kolsarıcı ve Özkaya(1998), Özpolat ve Patır(2009), Mutlu ve Bilgin(2016), Çoban ve ark.(2014), Kılınç ve Sürengil (2015) ise pH değerlerini sırasıyla 6.2, 6.1, 6.22, 6.48 ve 6.25 olarak rapor etmiştir. Her ne kadar çeşitli araştırmacılar (Berik ve ark.,2011; Çankırılıgil ve Berik,2017; Aksun ve Karakaya Tokur, 2014) tarafından bulgularımıza yakın pH değerleri bildirilmişse de, FL pH değerinin literatür bulgularının tamamında yüksek olduğu görülmüştür. Al-Reza ve ark.(2015), taze balıkta nötre yakın pH değerleri olabileceğini belirtmiş, Varlık ve ark.(1993, 2004) ise taze balık etinde kabul edilebilir pH değerlerinin 6.8-7.0 aralığında olduğu bildirmiştir. Çalışmamızda kullanılan FL pH değerinin literatür verilerinden bir miktar yüksek saptanmasına karşın, Al-Reza ve ark.(2015) ve Varlık ve ark.(1993,2004) tarafından taze balık eti için belirtilen pH değerlerine oldukça yakın olması nedeniyle bulgularımız uyumlu olarak değerlendirilmektedir.

Ezme ürünler üstünde çalışma yapan Bilgin ve ark.(2005) kadife balığı ezmesinin sterilizasyon sonrası pH değerini 6.42, sudak balığı ezmesinin pH değerini 6.27 olarak belirlemiştir. Ezmeleri 35 gün depolamanın ardından pH değerinin kadife balığı

ezmesi için 6.17-6.42, sudak balığı ezmesi için 5.96-6.27 aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Martin-Sanchez ve ark.(2013) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada ezmelerin pH değeri 6.34 olarak belirlenmiş ve depolama sırasında pH değerinin 6.34-6.36 aralığında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise; üretilen ezmelerin pH değerinin 6.74-6.78 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Dalmas ve ark.,2011). Çeşitli araştırmacılar (Estevez ve ark,2005a; Perlo ve ark.,1995) tarafından ezme türü ürünler için 6.3 civarındaki pH değerinin normal değerler olarak yorumlanabileceği ifade edilmekle birlikte, literatürde bu pH değerlerinden farklı değerlere de rastlanılmıştır. Kaba ve ark. (2013a) dumanlanmış ve konserve edilmiş ezmeleri için pH değerini 4.98 olarak bildirmiştir. Amaral ve ark. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, ezmelerin sıcak su banyosu ile ısıtılması sonrasında pH değeri 7.26 olarak ve fırınlanmış ezmelerin pH değeri 7.27 olarak saptanmıştır. Depolama süresi (90 gün) sonunda örneklerin pH'ı düzenli azalarak su banyosunda ısıtılan örnekler için 6.84 olarak, fırınlanmış örneklerin için 6.86 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar depolama sırasında pH değerleri üstünde uygulanan ısıl işlem yönteminin anlamlı ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığını ifade etmiştir.

Literatür bulguları ile çalışmamız ezme (PT, OH, GL) pH değerleri karşılaştırıldığında ezme pH değerlerinin Bilgin ve ark.(2005), Martin-Sanchez ve ark. (2013) ve Kaba ve ark. (2013a) tarafından bildirilen pH değerlerinden yüksek olduğu, Amaral ve ark. (2015) tarafından bildirilen pH değerinden ise düşük olduğu belirlenmiştir. PT ve OH pH değerlerinin, Silva ve ark(2003) tarafından bildirilen pH değerleri ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Literatür verileri ile çalışmamızda elde edilen bulguların farklılık göstermesinin üretimde kullanılan hammaddenin farklılığından, ürün formülasyonundaki farklılıklardan ve üretim işlem basamaklarının farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Çalışmamızda OH ve GL pH değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiş ve bu farklılıklar depolama boyunca devam etmiştir. Çalışma bulgularımızı destekler şekilde yüksek sıcaklık artış hızı ve kısa işlem süresi ile ısınmayı sağlayabilen ohmik ısıtma yönteminin pH üstünde etkili olmadığını (Balpetek ve Gürbüz,2015; Kim ve ark.,2006b), geleneksel ısıtma yönteminin ise pH üstünde etkili olduğu rapor edilmiştir (Kaba ve ark.,2013a; Baygar ve Gökoğlu,2004). Geleneksel ısıtma işleminde ohmik ısıtmadan farklı olarak ısınma daha yavaş gerçekleşmiş, örnekler daha uzun süre ısıl işleme maruz

kalmıştır. Çalışmamızda, geleneksel ısıtma sırasında etten ayrılan kas sıvısı ile suda çözünen maddelerin pH'ı etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Nem oranındaki değişimin çözünen madde konsantrasyonuna etki yaparak pH'ı etkileyebileceği de araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Heymann ve ark., 1990; Cheng ve Sun, 2008). Bu etkilerin sonucunda pH değerinde değişimler yaşanabileceği değerlendirilmektedir.

Ohmik ısıtmanın örneklerin pH değeri üstünde etkili olmamasının, işlemin sıcaklık artış hızının yüksek ve işlem süresinin kısa olmasından kaynaklandığı, örneklerde pH değişimine neden olacak fiziksel ve kimyasal değişimlerin gerçekleşmemiş ya da yeterli seviyede gerçekleşmemiş olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

4.2.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)

Çalışmada kullanılan FL, PT, OH, ve GL deneme başlangıcı TVB-N değerleri Çizelge 4.6'de, depolanma süresince OH ve GL TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Deneme başlangıcı fileto ve ezme TVB-N değerleri (mg/100g örnek)

FL	PT	OH	GL
20.20±0.09 ^d	11.82±0.05 ^a	12.19±0.04 ^b	15.90±0.02 ^c

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Deneme başı FL, PT, OH ve GL TVB-N değerleri sırasıyla 20.20±0.09, 11.82±0.05, 12.19±0.04 ve 15.90±0.02 mg/100g olarak belirlenmiştir. Isıl işlem sonrası ezme ürünlerinin TVB-N değerleri, PT TVB-N değerlerine göre artış göstermiş, belirlenen artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0.05) saptanmıştır.

Çizelge 4.7 Depolanma süresince TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler (mg /100g örnek)

Depolama Süresi (Gün)	Gruplar (Ort±S.H.)	
	OH	GL
0	12.19±0.04 ^{Aa}	15.90±0.02 ^{Ab}
4	16.87±0.11 ^{Ba}	17.49±0.17 ^{Bb}
8	19.02±0.15 ^{Ca}	18.95±0.13 ^{Ca}
12	19.41±0.14 ^{Ca}	19.46±0.05 ^{Da}
16	20.58±0.07 ^{Da}	19.96±0.02 ^{Eb}
20	20.50±0.02 ^{Da}	19.24±0.0 ^{CDb}
24	-	22.60±0.04 ^F
28	-	21.65±0.02 ^G
32	-	21.73±0.16 ^G

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

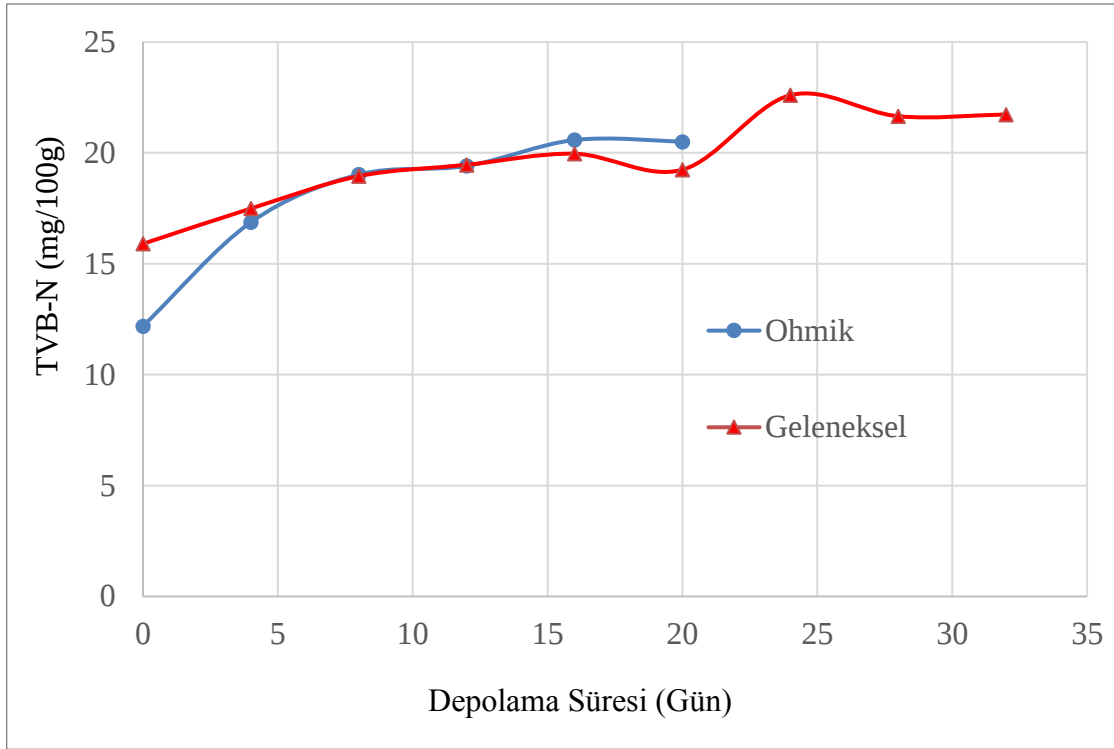
Farklı harf(A,B,..) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Depolama başlangıcında 12.19±0.04 mg/100g olarak tespit edilen OH TVB-N değeri, artış göstererek 4. günde 16.87±0.11 mg/100g, 8. günde 19.02±0.15 mg/100g değerine ulaşmıştır. Depolamanın devamında 12. günde tespit edilen TVB-N değeri (19.41±0.14 mg/100g) 8. günde tespit edilen değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir (p>0.05). Depolamanın 16. gününde tespit edilen 20.58±0.07 mg/100g değeri depolama süresince elde edilen en yüksek değer olarak saptanmış, 20. güne gelindiğinde TVB-N değerinde bir miktar azalma belirlenmiştir. Depolamanın 16. ve 20. günlerinde belirlenen sayısal farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0.05). Ohmik yöntemle ısıtılan balık ezmeler 20. gün gerçekleştirilen duyu analizler sonucunda “bozulmuş” olarak değerlendirilmiş ve TVB-N analizlerine son verilmiştir.

GL TVB-N değerleri depolama süresince 15.90-22.60 mg/100g aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başlangıcında 15.90±0.02 mg/100g değeri ile en düşük seviyede tespit edilen TVB-N değeri, 24. günde tespit edilen 22.60±0.04 mg/100g değeri ile en yüksek değere ulaşmıştır. Depolama sırasında GL TVB-N değeri 16. güne kadar düzenli artış göstermiş ve görülen bu artışın anlamlı olduğu (p<0.05) belirlenmiştir.

Depolamanın devamında 20., 24. ve 28. günlerde sırasıyla 19.24 ± 0.07 , 22.60 ± 0.04 , 21.65 ± 0.02 mg/100g değerleri tespit edilmiş ve TVB-N değerlerinde saptanan farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Depolama süresinin sonunda (32.gün) 21.73 ± 0.16 mg/100g olarak tespit edilen değer, 28. günde tespit edilen değere göre artış göstermiş, saptanan artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir. Geleneksel yöntemle ısıtılan balık ezmeler 32. gün gerçekleştirilen duyu analizi sonucunda “bozulmuş” olarak değerlendirilmiş ve TVB-N analizlerine son verilmiştir.

Depolamanın başlangıç ve 4. günü OH ve GL TVB-N değerleri karşılaştırıldığında GL değeri OH değerinden daha yüksek belirlenmiş ve bu farklılığın önemli olduğu ($p < 0.05$) saptanmıştır. Depolamanın 8. ve 12. gününde OH ve GL değerleri birbirine yakın tespit edilmiş ve bu değerler arasında farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın 16. gününden itibaren ise OH TVB-N değerleri GL değerlerinden daha yüksek saptanmış ve iki grup arasındaki sayısal farklılık tekrar anlamlı ($p < 0.05$) hale gelmiştir. Depolamanın 16. ve 20. günü OH değerleri sırasıyla 20.58 ± 0.07 ve 20.50 ± 0.02 mg/100g olarak saptanmış, GL değerleri ise sırasıyla 19.96 ± 0.02 ve 19.24 ± 0.07 mg/100g olarak saptanmıştır (Şekil 4.2). Depolamanın 16. ve 20. gün TVB-N değerlerinde gözlemlenen farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. OHnin 20 gün ve GLnin 32 gün depolanmasının ardından TVB-N değerleri 25 mg/100g değerini aşmamış, Varlık ve ark.(1993)’nin kalite değerleri esas alındığında “Çok İyi” kategorisinde olsa da ezmelerin duyu olarak bozulduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2 Depolama süresince ezme TVB-N değerlerinde meydana gelen değişimler

TVB-N değeri su ürünlerinde bozulma ile ilişkilendirilirken, yaygın olarak etlerin bozulmasında indikatör olarak kullanılmaktadır (Fan ve ark., 2008; Huss,1994). Araştırma bulgularımıza göre FL için 20.20 mg/100g olarak ölçülen değer; Çankırılıgil ve Berik (2017) 12.45 mg/100g, Çankırılıgil (2012) 12.34 mg/100g, Eren (2011) 14.53 mg/100g, Özpolat ve Patır (2009) 12.60 mg/100g ve Kolsarıcı ve Özkaya (1998) 17.60 mg/100g olarak çalışmamızdaki değerden daha düşük seviyede belirlenmiştir. Mutlu ve Bilgin (2016) tarafından 21.04 mg/100g ve Aksun ve Karakaya Tokur (2014) tarafından 20.68 mg/100g olarak rapor edilen TVB-N değerlerinin ise çalışmamızla uyumlu olduğu görülmüştür.

Üretim sonunda elde edilen PT, OH ve GL için sırasıyla 11.82, 12.19 ve 15.90 mg/100g olarak tespit edilmiş TVB-N değeri, Kaba ve ark.(2013a) tarafından yürütülen çalışmada 8.89 mg/100g olarak belirlenmiştir. Su ürünleri kullanılarak üretilen farklı tip ürünlerin TVB-N değerleri; köfte örneklerinde çalışan Kaba ve ark.(2013b) tarafından 12.60 mg/100g, Metin ve ark.(2002) tarafından 10.98 mg/100g, jambon örneklerinde çalışan Eren(2011) tarafından 20.67 mg/100g, kroket örneklerinde çalışan Çankırılıgil ve Berik(2017) tarafından 12.45 mg/100g, sosis örneklerinde çalışan Dinçer(2008)

tarafından 19.21 ve dumanlanmış balık filetosunda çalışan Mutlu ve Bilgin (2016) tarafından 21.04 mg/100g olarak bildirilmiştir.

PT, OH ve GL TVB-N değerlerinin Kaba ve ark.(2013a) ve Metin ve ark.(2002) tarafından bildirilen TVB-N değerlerinden yüksek olduğu, Mutlu ve Bilgin (2016), Eren(2011) ve Dinçer(2008) tarafından bildirilen TVB-N değerlerinden daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. PT ve OH TVB-N değerlerinin Kaba ve ark.(2013b) ve Çankırılıgil ve Berik(2017) tarafından bildirilen TVB-N değerleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır. PT, OH ve GL TVB-N değerleri ile literatür bulguları arasındaki farklılığın ham madde başlangıç TVB-N değerleri, ürün formülasyonu ve üretim süreçleri farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Ezme örneklerinin iki farklı ısıtma yöntemi ile ısıtılması sonrasında OH ve GL TVB-N değerlerinde artış tespit edilmiş, bu değerlerin PT değerinden anlamlı bir farklılık ($p<0.05$) gösterdiği belirlenmiştir. Diğer yandan OH ve GL TVB-N değerleri karşılaştırıldığında GL TVB-N değeri daha yüksek saptanmış, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur. Elde edilen veriler ışığında ısıtma işlemleri ve uygulanan ısıtma yönteminin ezme TVB-N değerleri üzerinde anlamlı ($p<0.05$) bir farklılık yarattığı belirlenmiştir. Çalışmamızda, ohmik ve geleneksel ısıtma için aynı hedef sıcaklık belirlenmiş, ısıtma teknolojilerin doğası gereği ezmelerin (OH ve GL) sıcaklık artış hızı ve işlem süresi farklılık göstermiş, bu farklılıklarda ezme kalitesinde farklılığa yol açmış olabilir. Isıtma işlem sonrasında TVB-N değerindeki artış çeşitli araştırmacılar tarafından da rapor edilmiş ve bu artışa ısıtma işlem sırasında protein moleküllerinde meydana gelen denaturasyona (katabolizma) bağlı oluşan azotlu uçucu bileşiklerin (NH_3 , metilamin, dimetilamin, trimetilamin, vb.) neden olduğu belirtilmiştir (Dallabona ve ark.,2013; Kaba ve ark.,2013a; Rodriguez ve ark.,2009; Baygar ve Gökoğlu,2004; Aubourg ve ark.,1992; Gallardo ve ark.,1990; Gill ve ark.,1987).

TVB-N değerinin depolamaya bağlı değişimini inceleyen Bilgin ve ark. (2005), 35 gün depolamanın ardından kadife ve sudak balığı ezmeleri TVB-N değerinin sırasıyla 13.30-19.25 ve 11.69-18.20 aralığında değişim gösterdiğini rapor etmiştir. Eren (2011) ise çalışmasında depolamanın başladığı gün 19.04 mg/100g olarak bildirilen TVB-N değerinin 58.günün sonunda 22.69 mg/100g olduğu belirtmiştir. Balık ezmesi gibi emülsiyon tip bir ürün olan balık sosislerinin depolanması sırasında, 19.21 mg/100g

başlangıç TVB-N değerinin 21 gün sonunda 39.90 mg/100g seviyesine ulaştığı rapor edilmiştir (Dinçer,2008).

Depolama boyunca Bilgin ve ark.(2005) tarafından bildirilen TVB-N değişimlerinin OH ve GL TVB-N değerleri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Eren(2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada TVB-N değeri, depolamanın başında OH ve GL değerlerinden yüksek tespit edilmiş, depolamanın sonunda OH ve GL TVB-N değeri ile Eren(2011) tarafından bildirilen TVB-N değerinin uyumlu olduğu saptanmıştır. Dinçer(2008) tarafından depolamanın başında ve sonunda saptanan TVB-N değerlerinin çalışma bulgularımızdan yüksek olduğu ve daha geniş bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ezmelerin soğuk depolanması sırasında elde edilen OH ve GL TVB-N bulguları ile literatür bulguları arasındaki farklılıklara hammadde tazeliği, üretim süreçleri ve ürün formülasyonu farklılıklarının neden olduğu değerlendirilmektedir.

Depolama sırasında OH ve GL TVB-N değerlerinin farklılık gösterdiği, geleneksel yöntemle ısıtılan ezmelerin TVB-N değerinin daha yüksek olduğu ve ohmik yöntemle ısıtılan ezmelerde TVB-N değerinin daha hızlı arttığı saptanmıştır. OH ve GL TVB-N değerlerinde belirlenen farklılıklara, balık ezmelerin farklı yöntemlerle ısıtılmasına bağlı olarak protein yapısında meydana gelen değişimlerin ve mikrobiyal gelişimde görülen farklılıkların neden olabileceği değerlendirilmektedir.

Et yapılarında, yağlı kısımlarının elektrik iletkenliğinin yağsız kısımlarından düşük olduğu, az iletken bölgenin iyi iletken parçalar tarafından çevrelenmesiyle elektrik akımının iyi iletken ortamdan geçerek, az iletken bölgeleri by-pass edebileceği ya da iyi iletken bölgeler az iletken parçalarla çevrelenerek yetersiz ısınmanın gerçekleşebileceği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sarang ve ark.,2008; McKenna ve ark.,2006; Shirsat ve ark.,2004b). Shirsat ve ark.(2004a) tarafından özellikle et ürünlerinde bulunan yağ gibi zayıf elektrik iletkenliği gösteren bileşiklerin, kas yapılarına benzer oranlarda ısı üretemeyeceği için soğuk noktalar oluşturabileceği rapor edilmiştir. Zoltai ve Swearingen (1996), yağ, alkol, hava, kemik ve buz gibi elektrik iletkenliği göstermeyen materyallerin elektrik akımı ile ısıtılamayacağı bu nedenle bulundukları yapının ısı dağılımında olumsuz etkiler yaratabileceğini, gıda içerisinde aşırı ısınan ya da ısınmayan bölgelerin oluşumuna neden olabileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda üretilen balık ezmeler yağ, su, dumanlanmış alabalık eti, tuz ve baharat gibi elektrik iletkenliği

farklı olan yapılardan oluşmuştur. Ohmik ısıtma sırasında ezme içinde farklı elektrik iletkenliğine sahip bölgelerin olması durumunda bu bölgelerden geçen elektrik akımı farklı olacaktır. Bu nedenle düşük elektrik iletkenliğine sahip bölgelerde, yeterli ısınma olmayacak ve istenen pastörizasyon sağlanamayacaktır. Ohmik yöntemle ısıtılan örneklerin daha hızlı bozulmasına, istenen seviyede pastörize edilememiş yağlı kısımların yol açmış olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde elektrik iletkenliği olmayan hava boşlukları ile çevrelenmiş alanlarda da yeterli pastörizasyon gerçekleşmemiş olabilir.

Özetle; balık ezmelerin farklı yöntemlerle ısıtılması nedeniyle örneklerde gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler farklılık göstermiş ve örneklerin TVB-N değerlerinin farklılaşabileceği değerlendirilmektedir.

4.2.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA)

Deneme başında FL, PT, OH ve GL TBA değerleri sırasıyla 0.36 ± 0.01 , 0.38 ± 0.01 , 0.60 ± 0.01 ve 0.65 ± 0.03 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Ezme üretimi sırasında hammadde olarak kullanılan FL ile üretim sonunda elde edilen PT TBA değerleri karşılaştırıldığında, belirlenen sayısal artışın istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) olmadığı saptanmıştır. Diğer bir ifadeyle ezme üretim basamaklarının TBA değeri üstünde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Ezme örneklerinin (PT) her iki ısıtma yöntemi ile ısıtılması sonrası, OH ve GL TBA değerlerinde artış tespit edilmiş ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. OH ve GL TBA değerleri karşılaştırıldığında TBA değerleri arasındaki sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) olmadığı, örneklerin farklı ısıtma yöntemleri ile ısıtılmasının TBA değerleri üstünde anlamlı bir etki yaratmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.8 Deneme başlangıcı fileto ve ezme TBA değerleri (mg MDA/ kg örnek)

FL	PT	OH	GL
0.36 ± 0.01^a	0.38 ± 0.01^a	0.60 ± 0.01^b	0.65 ± 0.03^b

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Depolama süresince OH TBA değerlerinde meydana gelen değişim (Çizelge 4.9) incelendiğinde, depolama başlangıcında 0.60 ± 0.01 mg MDA/kg olarak tespit edilen değer, 4. günde 0.64 ± 0.01 mg MDA/kg, 8. günde 0.73 ± 0.01 mg MDA/kg değerine ulaşmıştır. Yapılan ölçümlerde OH TBA değerlerinde artış belirlenmesine rağmen bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır. Depolamanın devamında 12. günde OH TBA değerinde tespit edilen azalmanında (0.71 ± 0.05), 8. güne kadar elde edilen değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın 16. gününde 1.06 ± 0.03 mg MDA/kg olarak belirlenen TBA değerini, 20. günde ölçülen 1.07 ± 0.05 mg MDA/kg değeri takip etmiş ve bu değer depolama süresince elde edilen en yüksek TBA değeri olmuştur. Depolamanın ilk 12 günü elde edilen değerler arasında gözlemlenen değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p < 0.05$) belirlenmiş, depolamanın devamında 12. ve 16. günlerde ölçülen değerlerin istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu ($p < 0.05$) saptanmıştır. OH için depolamanın son günü (20.gün) elde edilen değer 16. gün ölçülen TBA değerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.9 Depolanma süresince TBA (mg MDA/kg) değerlerinde meydana değişimler

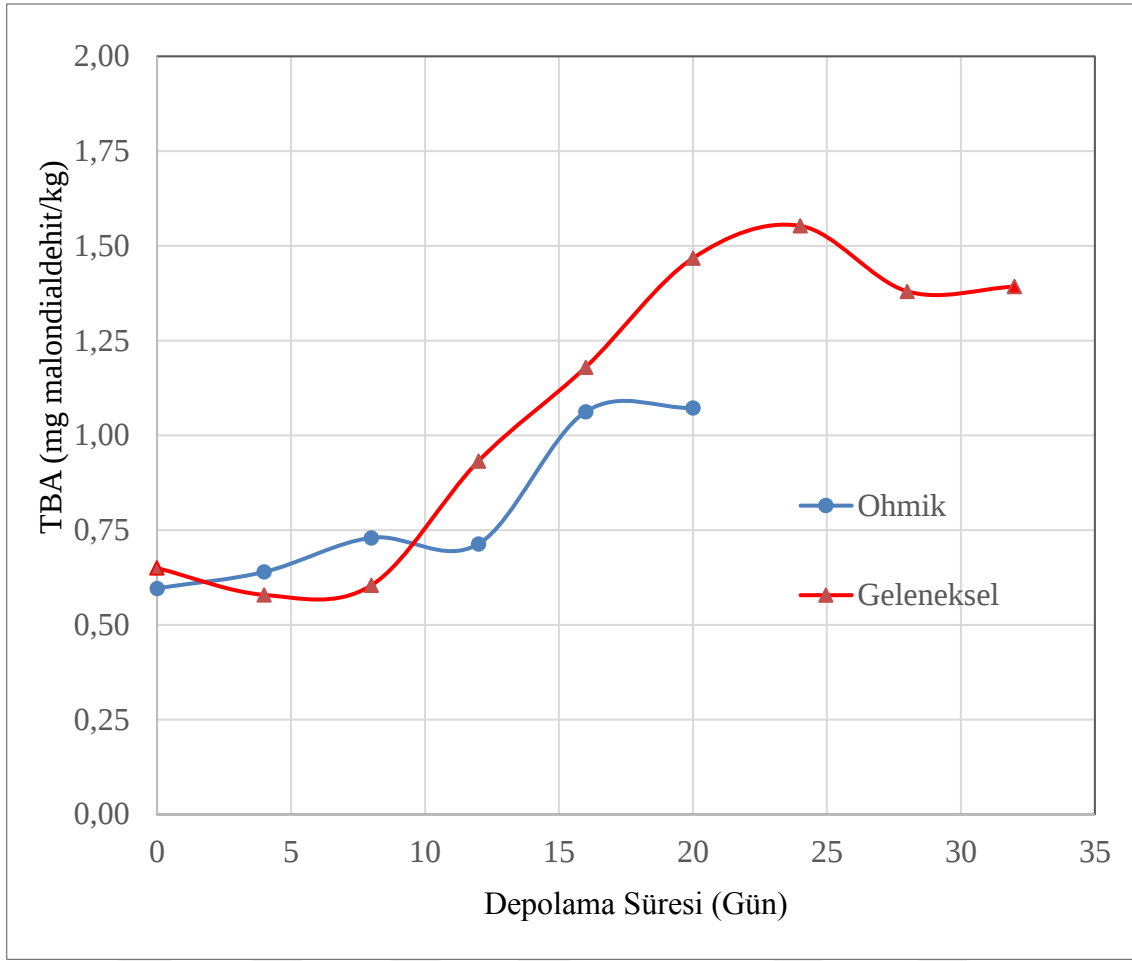
Depolama Süresi (Gün)	Gruplar (Ort $\pm$ S.H.)	
	OH	GL
0	0.60 ± 0.01^{Aa}	0.65 ± 0.03^{Aa}
4	0.64 ± 0.01^{Aa}	0.58 ± 0.03^{Ab}
8	0.73 ± 0.01^{Aa}	0.60 ± 0.03^{Ab}
12	0.71 ± 0.05^{Aa}	0.93 ± 0.02^{Bb}
16	1.06 ± 0.03^{Ba}	1.18 ± 0.06^{Ca}
20	1.07 ± 0.05^{Ba}	1.47 ± 0.01^{DEb}
24	-	1.55 ± 0.07^E
28	-	1.38 ± 0.02^D
32	-	1.39 ± 0.01^{DE}

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Farklı harf(A,B,..) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

GL TBA değerleri depolama süresince 0.58-1.55 mg MDA/kg aralığında değişim göstermiştir. TBA değeri depolamanın 4. gününde 0.58 ± 0.03 mg MDA/kg değeri ile en düşük değerinde iken 24. günde tespit edilen 1.55 ± 0.07 mg MDA/kg değeri ile en yüksek olduğu değere ulaşmıştır (şekil 4.3). Depolamanın başlangıcında 0.65 ± 0.03 mg MDA/kg olarak tespit edilen TBA değeri, 4. ve 8. günde sırasıyla 0.58 ± 0.03 ve 0.60 ± 0.03 mg MDA/kg olarak tespit edilmiş, depolamanın başlangıcı ile 4. ve 8. günde elde edilen değerler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın 8. gününden itibaren 12., 16., 20. ve 24. günlerde llen TBA değerleri artış göstermiş ve ölçülen değerler sırasıyla 0.93 ± 0.02 , 1.18 ± 0.06 , 1.47 ± 0.01 , 1.55 ± 0.07 mg MDA/kg olmuştur. Bu günlerde gözlemlenen artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın 28. ve 32. günlerinde TBA değerleri sırasıyla 1.38 ± 0.02 ve 1.39 ± 0.01 mg MDA/kg olarak belirlenmiş ve 24. gün belirlenen değere göre azalma (izelge 4.9) tespit edilmiştir.

Depolama başlangıcı OH ve GL TBA değerleri karşılaştırıldığında, değerlerin yakın değerler olduğu ve bu değerler arasında tespit edilen farklılığın ($p > 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (izelge 4.9) belirlenmiştir. Depolamanın 16.günü OH ve GL TBA değerleri sırasıyla 1.06 ± 0.03 ve 1.18 ± 0.06 mg MDA/kg olarak belirlenmiş ve depolamanın başlangıç gününde tespit edilen bulgulara benzer şekilde bu değerler arasında tespit edilen farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır. Depolanması sürecinde her iki grup arasında, başlangıç günü ve 16. günde tespit edilen TBA değerleri hariç, diğer günlerde TBA değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın sonunda OH ve GL mikrobiyolojik ve duyuşal kalite yönünden “tketelemez” olarak değerlendirilmesine rağmen TBA değeri 7-8 mg MDA/kg değerini aşmayarak tketebilirlik sınırları içinde kalmıştır (Varlık ve ark., 1993).



Şekil 4.3 Depolama süresince ezme TBA değerlerinde meydana gelen değişimler

Etlerdeki bozulmanın en önemli sebeplerinden birisi de yağ asitlerinin, özellikle de çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyen yağların oksidasyonudur (Fernandes ve ark., 1997). Yağların hidrolizi ve oksidasyonu sonucunda bozulmaların tespitinde, ikinci derece oksidasyon ürün miktarının ölçülmesiyle belirlenen TBA değeri kullanılmaktadır (Çaklı ve ark., 2006). Araştırma bulgularımıza göre FL için 0,36 mg MDA/kg olarak ölçülen TBA değerini; Bilgin ve ark.(2005) 0.58 ve 0.66 mg MDA/kg, Patır ve ark.(2014) 0.67 mg MDA/kg, Çoban ve ark.(2014) 0.83 mg MDA/kg, Eren (2011) 1.41 mg MDA/kg olarak çalışmamızdaki değerden daha yüksek seviyede rapor etmiştir. Mutlu ve Bilgin(2016) ve Dinçer (2008) tarafından sırasıyla 0.31 ve 0.13 mg MDA/kg olarak bildirilen değerler ise FL için ölçülen değerden daha düşük seviyede kalmıştır. Belirtilen literatür bulguları, FL TBA değerlerinden farklılık göstermiş olmasına karşın, Varlık ve ark.(1993) göre, FL'nin “çok iyi” kalite olarak sınıflandırılabilceği anlaşılmıştır.

Gıda üretimi sırasında TBA değerinde meydana gelen değişimler çeşitli araştırmacılar tarafından inceleme konusu olmuştur. Bilgin ve ark.(2005), kadife ve sudak balığının TBA değerini 0.58 ve 0.66 mg MDA/kg olarak belirlemiş, üretilen kadife balığı ezmesinin sterilizasyon sonrası TBA değerini 0.30 mg MDA/kg ve sudak balığı ezmesinin TBA değerini 0.40 mg MDA/kg olarak saptamış, üretim sürecinde TBA değerinde azalma olduğunu bildirmiştir. Bilgin ve ark.(2005) tarafından yürütülen araştırmada çalışmamızdan farklı olarak TBA değerinde azalma gözlemlenmiş ve bildirilen TBA değerinin çalışmamızda elde edilen (PT) değere oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

Eren (2011), taze balık etinde (*Oncorhynchus mykiss* w.,1972) 1.41 mg MDA/kg olarak belirlenen TBA değerinin üretim sonrasında 0.57 mg MDA/kg olarak değiştiğini rapor etmiştir. Kaba ve ark.(2013a) ise 0.36 mg MDA/kg TBA değerine sahip balık eti (*Gadus merlangus euxinus Nordman, 1840*) ile üretilen ezmelerin TBA değerini 0.58 mg MDA/kg olarak bildirmiştir. Kaba ve ark.(2013a) tarafından yürütülen çalışmanın gerek üretim süreçleri gerekse çalışma sonuçları, çalışmamızda elde edilen bulgularla uyum içerisindedir. Diğer yandan; Dinçer (2008) 0.13 mg MDA/kg olarak belirlenen alabalık filetosu TBA değerinin üretim sonunda 1.01 mg MDA/kg seviyelerine çıktığını belirtmiştir. Bu çalışmada (Dinçer,2008) FL değerinden daha düşük TBA değerine sahip alabalık filetoları ile üretilen ezmelerin, çalışmamızda üretilen ezmelerin TBA değerlerinden çok daha yüksek TBA içeriğine sahip olduğunu saptanmıştır.

Gençer(2012), TBA değeri 0.38 mg MDA/kg olarak belirlenen balıklar (*Sardina pilchardus*) ile hazırlanan ve farklı işleme teknikleri kullanılarak üretilen ezmelerin TBA değerinin 1.39-1.66 mg MDA/kg aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Çankırılıgil(2012) tarafından yürütülen çalışmada 0.82 mg MDA/kg olarak belirlenen (*Oncorhynchus mykiss* w.,1972) başlangıç değeri, kroket üretimi ve ısıl işlem sonunda 0.89 mg MDA/kg olarak saptanmış, TBA değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) rapor edilmiştir. Gençer(2012) ve Çankırılıgil(2012) tarafından bildirilen değerlerin çalışmamızda bildirilen TBA değerlerinden farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Ezme üretim sürecinde elde ettiğimiz bulgular ile önceki çalışmalara ait bulgular arasında görülen farklılığın ham madde, üretim işlem basamakları ve işlem parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Isıl işlemlerin balık etine etkisini inceleyen Tokur (2007), gökkuşuğu alabalığına uygulanan kızartma, fırında pişirme, barbekü ve tütüleme işlemlerinin yağ bileşimi üzerine etkisini araştırmıştır. Bütün pişirme metotlarında TBA değerinde artış görülmüş ve balık etine uygulanan pişirme işlemlerinin yağ oksidasyonunu hızlandığı saptanmıştır. Bilgin ve ark. (2008) ise ısıl işlem uygulaması ve atmosferik oksijenin etkisiyle balık yağlarındaki oksidasyonun hızlandığını, bunun TBA değerinde artışla sonuçlanabileceğini vurgulamıştır. Benzer açıklama Ercoşkun (2006) tarafından yapılmış, ısıl işlem uygulamasının yağ oksidasyonu üstünde hızlandırıcı etkisi rapor edilmiştir. Çalışmamızda ısıl işlem sonrası OH ve GL TBA değerindeki artışın, Tokur (2007) ve Ercoşkun (2006)'un ifade ettiği gibi ısıl işlemin lipid oksidasyonunu hızlandırıcı etkisi nedeniyle olduğu değerlendirilmektedir.

Farklı ısıl işlemler sonrası ezme örneklerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde, OH ve GL TBA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$). Ezme üretiminde kullanılan baharatların ve dumanlama ile ürüne geçen bileşenlerin antioksidan kapasitesi nedeniyle ısıl işlemlerin oksidasyonu hızlandırıcı etkisinin sınırlandırıldığı düşünülmüştür. Çankırılıgil (2012) çalışmasında baharatların antioksidan kapasitesinden bahsederek, oksidatif bozulmanın yavaşladığını belirtmiştir. Burt (1988), oksidatif değişiklere karşı dumanlanmış et ürünlerin direncinin arttığını ifade etmiştir. Doe (1998), dumanlama ile ürüne antioksidan kapasite kazandırıldığını bildirmiş ve ürüne geçen duman bileşenleri arasında fenollerin en yüksek antioksidan kapasiteye sahip bileşikler olduğunu vurgulanmıştır. Diğer yandan depolama süresince OH ve GL TBA değerlerindeki değişimler incelendiğinde farklılıklar olduğu görülmüştür. OH TBA değerlerinin, GL değerlerinden hem daha dar bir değişim aralığında, hemde daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin uygulanan ısıtma yöntemlerinin farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Farklı ısıtma yöntemleri OH ve GL sıcaklık-zaman profilinin farklılaşmasına neden olmuş, dolayısıyla daha az ısı yükü ile ısıtılan örneklerin (OH) antioksidan kapasitesi oksidasyonu yavaşlatmada daha etkili olmuştur. Depolama süresi arttıkça GL TBA değerlerinin önce arttığı, daha sonra azaldığı belirlenmiştir. TBA değerinde saptanan azalmaların malondialdehitlerin reaksiyon vererek ortamdan uzaklaşması nedeniyle gerçekleştiği değerlendirilmiştir. TBA değerlerinde depolamaya ya da pişirme yöntemine bağlı olarak meydana gelen azalmalar, malondialdehit ile protein bozunma ürünleri

arasında üçüncül ürünler verecek şekilde gerçekleşen reaksiyonlarla açıklanmıştır (Hernandez-Herrero ve ark.,1999; Ledward,1981).

Bilgin ve ark. (2005) sudak balığı ezmesinin ve kadife balığı ezmesinin 35 gün depolanması sırasında TBA değerlerinin sırasıyla 0.40-0.81 mg MDA/kg ve 0.30-0.74 mg MDA/kg aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Eren (2011) balık jambonların 58 gün depolanması sırasında, 0.57 mg MDA/kg olan başlangıç değerinin 0.44-0.69 mg MDA/kg aralığında değiştiğini rapor etmiştir. Benzer çalışmada Dinçer (2008), balık sosislerin 1.01 mg MDA/kg olarak ölçülen değerinin 21 gün sonunda 3.33 mg MDA/kg'a çıktığını belirtmiştir. Genel olarak depolama boyunca TBA değerindeki artış göze çarpmakla birlikte; Dinçer (2008) tarafından depolamanın başlangıcında ve sonunda bildirilen TBA değerlerinin çalışma bulgularımızdan yüksek olduğu, Eren (2011) ve Bilgin ve ark. (2005) tarafından bildirilen TBA değerlerinin çalışma bulgularımızdan düşük olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma bulgularımız ile literatür bulguları arasındaki farklılıkların; incelenen ürünlerin içeriği, üretim aşamaları ve işlem parametreleri ile depolama koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmüştür. Balık etlerindeki yağ oksidasyon düzeyinin balığın türüne, yağ içeriğine, kimyasal özelliklerine, uygulanan işleme teknolojisine ve depolama koşullarına göre değişebileceği çeşitli araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Koral ve ark., 2010; Ünal, 1995, Bligh ve ark.,1988;).

TBA değerlerinin ürün kalitesine etkisini inceleyen Çaklı ve ark. (2006), TBA değerinin 3-4 mg MDA/kg değerinden yüksek olması durumunda ürünün kalitesini kaybedeceğini belirtilirken, TBA sayısı çok iyi bir üründe 3 mg MDA/kg' ten az, iyi bir üründe ise 5 mg MDA/kg'ten fazla olmaması gerektiğini, tüketilebilirlik sınır değerinin ise 7-8 mg MDA/kg arasında olduğu belirtilen çalışmalarda bulunmaktadır (Sinnhuber ve Yu,1958; Varlık ve ark.,1993). Çalışma bulgularımızdan hareketle duyuşal olarak bozulmuşsa da balık ezmelerin depolama süresi boyunca TBA değerleri yönünden “çok iyi” kalitede olduğu saptanmıştır.

4.2.4. Mineral Madde Miktarları

Mineral madde miktarları ile ilgili değerlendirmeler çizelge 4.10'da verilmiştir. FL potasyum miktarı 4825 ± 60 mg/kg olarak belirlenmiş, aynı değer PT, OH ve GL için sırasıyla 4626 ± 55 , 4609 ± 24 , 5068 ± 10 mg/kg olarak tespit edilmiştir. GL potasyum miktarının PT, OH ve FL potasyum miktarından, FL potasyum miktarının ise PT ve OH potasyum miktarından yüksek olduğu, aradaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. PT ve OH potasyum miktarında tespit edilen farklılığında istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) anlaşılmıştır.

Fosfor miktarına ait değerler FL, PT, OH ve GL için sırasıyla 2387 ± 11 , 1961 ± 14 , 2185 ± 13 , 2310 ± 15 mg/kg olarak belirlenmiştir. Örneklere ait fosfor miktarlarındaki bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) saptanmıştır.

PT, OH ve GL kükürt değerleri arasında en düşük değer 2039 ± 24 mg/kg ile PT'de belirlenmiştir. OH ve GL kükürt değerleri sırasıyla 2313 ± 7 ve 2291 ± 13 mg/kg olarak saptanmıştır. FL kükürt değerinin ezme örneklerinden, PT kükürt değerinin de OH ve GL değerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı ($p < 0.05$) olduğu, OH ve GL arasındaki farklılığın ise anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır.

Çizelge 4.10 Fileto ve ezmelerde tespit edilen bazı mineraller ve miktarları (mg/kg)

Adı	FL	PT	OH	GL
Potasyum (K)	4825 ± 60^b	4626 ± 55^a	4609 ± 24^a	5068 ± 10^c
Fosfor (P)	2387 ± 11^d	1961 ± 14^a	2185 ± 13^b	2310 ± 15^c
Kükürt (S)	2108 ± 12^b	2039 ± 24^a	2313 ± 7^c	2291 ± 13^c
Kalsiyum (Ca)	388 ± 1^b	70 ± 1^a	69 ± 1^a	72 ± 2^a
Magnezyum (Mg)	263 ± 2.8^d	239 ± 1.5^a	248 ± 1.8^b	257 ± 1.0^c
Sodyum (Na)	643 ± 9^a	4753 ± 10^b	4979 ± 45^c	5133 ± 64^d
Molibden (Mo)	0.04 ± 0.01^a	0.04 ± 0.01^a	0.05 ± 0.01^a	0.05 ± 0.01^a

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

FL kalsiyum ve magnezyum miktarının PT, OH ve GL miktarlarından yüksek olduğu, aradaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. PT,

OH ve GL kalsiyum ve magnezyum değerleri arasında en yüksek değer sırasıyla 72 ± 2 mg/kg ve 257 ± 1 mg/kg ile GL’de tespit edilmiştir. Kalsiyum değerlerinin PT, OH ve GL arasında göstermiş olduğu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) saptanmış, magnezyum değerlerinin ise FL, PT, OH ve GL arasında göstermiş olduğu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

FL sodyum değeri 643 ± 9 mg/kg olarak saptanmış, ezme örnekleri arasında en yüksek sodyum miktarının 5133 ± 64 mg/kg ile GL’de olduğu tespit edilmiştir. PT, OH ve GL sodyum miktarları birbirleri ile karşılaştırıldığında ortaya çıkan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. FL, PT, OH ve GL için sırasıyla 0.04 ± 0.01 , 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 ve 0.05 ± 0.01 ölçülen molibden miktarları arasındaki sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) anlaşılmıştır.

Örneklerdeki ağır metal miktarları çizelge 4.11’de verilmiştir. PT, OH ve GL demir miktarları, 8.70 ± 0.23 mg/kg olan FL demir miktarına göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir azalma göstermiştir. PT, OH ve GL bakır değerleri ise, 0.09 ± 0.01 mg/kg olan FL değerine göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir artma (Çizelge 4.11) göstermiştir. PT, OH ve GL arasında en yüksek demir miktarı 7.80 ± 0.22 mg/kg ile GL’de, en yüksek bakır miktarı 0.54 ± 0.02 mg/kg ile PT’de tespit edilmiştir. Demir ve bakır açısından PT değerlerinin OH ve GL değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p < 0.05$) anlaşılmıştır.

Çizelge 4.11 Fileto ve ezmelerde tespit edilen bazı ağır metaller ve miktarları (mg/kg)

Adı	FL	PT	OH	GL
Demir (Fe)	8.70 ± 0.23^c	6.92 ± 0.15^a	7.60 ± 0.42^b	7.80 ± 0.22^b
Çinko (Zn)	6.47 ± 0.11^a	15.55 ± 0.11^c	15.83 ± 0.60^c	14.67 ± 0.02^b
Mangan (Mn)	0.84 ± 0.03^a	0.83 ± 0.02^a	0.95 ± 0.07^b	1.05 ± 0.01^c
Bakır (Cu)	0.09 ± 0.01^a	0.54 ± 0.02^c	0.49 ± 0.03^b	0.47 ± 0.02^b
Nikel (Ni)	1.01 ± 0.03^a	1.56 ± 0.02^c	1.42 ± 0.03^b	1.56 ± 0.07^c
Krom (Cr)	0.06 ± 0.01^a	0.05 ± 0.01^a	0.13 ± 0.02^b	0.05 ± 0.01^a
Kobalt (Co)	0.04 ± 0.01^a	0.04 ± 0.01^a	0.05 ± 0.01^a	0.05 ± 0.01^a
Kadmiyum (Cd)	ND	ND	ND	ND
Kurşun (Pb)	0.20 ± 0.01^b	0.17 ± 0.01^a	0.17 ± 0.01^a	0.18 ± 0.01^a

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Çalışmada en yüksek çinko miktarı 15.83 ± 0.60 mg/kg ile OH'de belirlenmiş, en düşük miktar ise FL'de 6.47 ± 0.11 mg/kg olarak tespit edilmiştir. PT çinko içeriği olarak tespit edilen 15.55 ± 0.11 mg/kg miktarın istatistiksel olarak OH için belirlenen miktardan farklı olmadığı ($p > 0.05$), FL ve GL çinko miktarlarından ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p < 0.05$) belirlenmiştir.

0.84 ± 0.03 mg/kg olarak belirlenen FL mangan değeri PT'de 0.83 ± 0.02 mg/kg, OH'de 0.95 ± 0.07 ve GL'de 1.05 ± 0.01 mg/kg olarak saptanmıştır. FL ve PT mangan değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$), PT, OH ve GL mangan değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

FL nikel değeri 1.01 ± 0.03 olarak saptanmıştır. PT, OH ve GL nikel miktarları değerlendirildiğinde en düşük değer 1.42 ± 0.03 mg/kg ile OH'de belirlenmiştir. FL ile PT, OH ve GL nikel miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). OH nikel miktarının ise PT ve GL nikel miktarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği anlaşılmış olup ($p < 0.05$), PT ve GL nikel miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Çalışmamız sırasında en yüksek krom değeri 0.13 ± 0.01 mg/kg ile OH'de belirlenmiştir. Ezme örnekleri arasında OH krom miktarının PT ve GL krom miktarlarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p < 0.05$). Diğer yandan FL krom değerinin, PT ve GL krom miktarından yüksek olduğu ve belirlenen bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0.05$).

FL, PT, OH ve GL kobalt miktarları sırasıyla 0.04 ± 0.01 , 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 ve 0.05 ± 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiş ve bu değerler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0.05$). Çalışmamızda tespit edilen kurşun miktarları incelendiğinde, FL kurşun miktarı 0.20 ± 0.01 mg/kg olarak belirlenmiş ve bu miktar ezme örneklerindeki kurşun miktarından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). PT, OH ve GL kurşun miktarları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı ($p > 0.05$) anlaşılmıştır. Çalışmamız sırasında FL, PT, OH ve GL örneklerindeki kadmiyum miktarlarının tespit edilebilir seviyenin altında olduğu belirlenmiştir.

Gökoğlu ve ark. (2004), tarafından gökkuşağı alabalığının mineral içeriği üzerine pişirme yöntemlerinin etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada balığın kas dokusundaki Na, Ca, K ve Mg içeriği sırasıyla 455 mg/kg, 632 mg/kg, 3060 mg/kg ve 409 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Gökoğlu ve ark. (2004) tarafından bildirilen Na ve K değerinin çalışmamızda FL için tespit edilen değerlerden düşük olduğu, Ca ve Mg değerlerinin çalışmamızda belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

İbrahim (2015) çalışmasında balık köftesi hazırlamış ve kullanılan balık etinin (*Tilapia nilotica*) mineral değerlerini kalsiyum, kükürt, sodyum, magnezyum, demir ve çinko için sırasıyla 918.01, 1123.95, 3593.83, 416.20, 45.12, 57.41 mg/100g kuru madde olarak bildirilmiştir. Bu değerlerin FL, PT, GL ve OH de belirlenen mineral değerlerinden yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ersoy (2006) incelediği 10 farklı balık türünün kas dokusundaki mineral madde miktarlarını kalsiyum; 51.73-496.18, potasyum; 574.34-3374.28, magnezyum; 85.19-237.52, sodyum; 473.70-1573.03 mg/kg değerleri arasında tespit etmiştir. Araştırma sonucunda mineral madde ve ağır metal içeriklerinin türlere ve avlanma mevsimine bağlı olarak değişim gösterdiği ifade edilmiştir. Ersoy(2006) tarafından bildirilen kalsiyum ve sodyum değerlerinin FL ile uyumlu, potasyum ve magnezyum değerlerinin FL için bildirilen değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir. Kuzu(2010) çalışmasında alabalık numunelerindeki ağır metallerden kurşun, bakır, kadmiyum ve çinko miktarlarını sırasıyla 0.053, 0.452, 0.019 ve 1.218 mg/kg düzeylerinde tespit etmiştir. Kuzu (2010) tarafından bildirilen ağır metal düzeyleri çalışmamızda tespit edilen değerlerle karşılaştırıldığında; FL, PT, OH ve GL kurşun ve çinko düzeylerinin daha yüksek olduğu, bakır için PT, OH ve GL’de bulunan miktarın yüksek ve FL de yer alan miktarın düşük olduğu, kadmiyum için FL, PT, OH ve GL’de bulunan miktarların düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda belirlenen ağır metal seviyeleri ile Kuzu (2010) tarafından belirlenen seviyeler arasındaki farklılık, ezmeler için üretim süreçleri kaynaklı olabileceği gibi Martin (1986) tarafından belirtildiği gibi balığın türü, büyüklüğü, cinsiyeti, biyolojik döngü gibi faktörler ile mevsim, yetiştikleri yer, beslenme durumu, su sıcaklığı ve tuzluluğu gibi ekolojik faktörler sonucu olabileceği değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda FL’nin tuzlu suda bekletilmesi, dumanlanması, ayıklanması, baharat ve yağ ile karıştırılarak ezme haline getirilmesi ile ürünün potasyum, fosfor, kükürt, kalsiyum, magnezyum, sodyum miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir

değişiklik ($p < 0.05$) gerçekleşmiş, ürünün molibden miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik ($p > 0.05$) gerçekleşmemiştir. Alabalık filetosundan ezme üretimi sırasında gerçekleştirilen işleme basamakları demir ve kurşun ağır metalleri miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya ($p < 0.05$), çinko, bakır ve nikel ağır metalleri miktarında ise istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir artışa neden olmuştur. Ezme üretim işlem basamaklarının mangan, krom ve kobalt miktarları üstünde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı ($p > 0.05$) anlaşılmıştır. Kadmiyum elementi ise alabalık filetosunda ve ezme örneklerinde tespit edilememiştir. Ezme üretimi sırasında tuzla su çözeltide bulunan safsızlıklar ve ezmeye eklenen tereyağı ve baharatlar nedeniyle mineral madde miktarında değişimler gerçekleşebileceği değerlendirilmektedir.

Ezmelerin ısıtılması ile krom miktarında meydana gelen değişim incelendiğinde, OH krom miktarının PT ve GL krom miktarından istatistiksel olarak ($p < 0.05$) anlamlı bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Farklılığın kaynağı olarak, üretim sırasında karıştırmanın yeterli yapılamamış olmasından daha çok, ohmik ısıtma sırasında gerçekleşen korozyonun yol açabileceği değerlendirilmektedir. Korozyonun gıdalara etkisini inceleyen Sengün ve ark. (2014), ohmik ısıtmanın demir, krom ve mangan seviyesinde anlamlı bir artışa sebep olduğunu rapor etmiştir. Jun ve ark.(2007) tarafından paslanmaz çelik elektrotlarla ohmik ısıtmanın gerçekleştirildiği çalışmada demir, krom ve mangan seviyesinde belirgin bir artış gözlemlenmişken, nikel seviyesinin sabit kaldığı saptanmıştır. Samaranayake ve ark.(2005), paslanmaz çelik elektrotların ohmik ısıtma sırasında tüm pH değerlerinde elektrokimyasal olarak aktif olduğu bildirmiştir. Özkan ve ark.(2004), ohmik ısıtma sırasında elektrotlarda her pişirmeden sonra önemli derecede korozyon gerçekleştiğini ifade etmiş, korozyonun gıda güvenliği ve kalitesi açısından önemli bir parametre olduğunu vurgulamıştır. Balık ezmeleri mineral madde miktarında görülen farklılıkların deneysel uygulamalar sırasındaki farklılıklardan da kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmada kullanılan FL, PT, GL ve OH mineral madde içeriğinin yasal mevzuata uygunluğu değerlendirilmiş ve mineral madde yönünden Türk Gıda Kodeksi ve Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Anonim,2008a;2008b) belirtilen limit değerler içerisinde kaldığı belirlenmiştir.

4.3. Renk Değerleri

Çalışmamızda denem başında FL ile balık ezmelerinin renk değişimleri incelenmiş, sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. FL, PT, OH ve GL L* değerleri sırasıyla 57.98 ± 0.15 , 69.90 ± 0.06 , 70.99 ± 0.05 ve 71.06 ± 0.02 olarak belirlenmiştir. FL ile ezme L* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p < 0.05$) saptanmıştır. GL ve OH L* değerleri arasındaki sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$), PT L* değerinin ise OH ve GL değerlerinden anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p < 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelere ait renk değerleri

	FL	PT	OH	GL
L*	57.98 ± 0.15^a	69.90 ± 0.06^b	70.99 ± 0.05^c	71.06 ± 0.02^c
a*	4.03 ± 0.04^c	3.69 ± 0.04^b	3.26 ± 0.02^a	3.44 ± 0.08^a
b*	15.22 ± 0.14^a	21.34 ± 0.12^c	21.36 ± 0.09^c	20.89 ± 0.06^b

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

FL, PT, OH ve GL a* değerleri 3.26 ± 0.02 ile 4.03 ± 0.04 arasında değişim göstermiştir. En yüksek a* değeri 4.03 ± 0.04 ile FL’de, en düşük a* değeri ise 3.26 ± 0.02 ile OH’de belirlenmiştir. FL a* değeri işleme basamakları sonrasında ezme örneklerinde azalarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p < 0.05$) göstermiştir. Ezme örneklerinin a* değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, PT a* değeri OH ve GL değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p < 0.05$) göstermiş, OH ve GL a* değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) olmadığı saptanmıştır.

FL b* değeri 15.22 ± 0.14 olarak tespit edilmiş, ezme örnekleri arasında GL b* değeri 20.89 ± 0.06 ile en düşük değerine, OH b* değeri 21.36 ± 0.09 ile en yüksek değerine ulaşmıştır. PT ve OH b* değerleri arasındaki sayısal farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0.05$) bulunmazken, GL b* değeri ile PT ve OH b* değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Ezmelerin depolanması sırasında OH için en yüksek L* değeri 71.47 ± 0.14 ile 4. günde tespit edilmiştir. Depolamanın 4. gününden itibaren OH L* değerleri düzenli azalma göstermiş ve depolamanın son günü olan 20. günde 70.41 ± 0.11 ile en düşük

değerini almıştır (Çizelge 4.13). Depolama sırasında GL L* değerleri ise 67.73 ± 0.12 ile 71.66 ± 0.09 arasında değişim göstermiştir. En yüksek GL L* değeri depolamanın 16. gününde belirlenmiş, daha sonra L* değeri düzenli azalarak 32. günün sonunda 67.73 ± 0.12 ile en düşük değerine ulaşmıştır. Depolamanın ilk 8 günü yapılan analizlerde OH ve GL L* değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiş ($p > 0.05$), daha sonraki günlerde OH ve GL L* değerleri arasındaki farklılığın anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 Depolanma süresince renk değerlerinde meydana gelen değişimler

Depolama Süresi (Gün)	L		a		b	
	OH	GL	OH	GL	OH	GL
0	$70.99 \pm 0.05^{C,D,a}$	$71.06 \pm 0.02^{D,a}$	$3.26 \pm 0.02^{D,a}$	$3.44 \pm 0.08^{F,a}$	$21.36 \pm 0.09^{A,B,a}$	$20.89 \pm 0.06^{C,D,b}$
4	$71.47 \pm 0.14^{B,a}$	$71.59 \pm 0.09^{C,a}$	$3.21 \pm 0.03^{D,a}$	$2.96 \pm 0.07^{E,b}$	$21.83 \pm 0.14^{B,C,a}$	$21.78 \pm 0.14^{B,a}$
8	$71.06 \pm 0.11^{B,C,a}$	$71.12 \pm 0.09^{D,a}$	$2.76 \pm 0.06^{C,a}$	$2.64 \pm 0.08^{D,E,a}$	$21.72 \pm 0.12^{A,B,C,a}$	$21.03 \pm 0.12^{C,b}$
12	$70.97 \pm 0.10^{C,D,a}$	$71.50 \pm 0.09^{C,b}$	$2.31 \pm 0.07^{B,a}$	$2.48 \pm 0.02^{D,a}$	$21.73 \pm 0.09^{A,B,C,a}$	$21.34 \pm 0.10^{B,C,b}$
16	$70.54 \pm 0.10^{A,D,a}$	$71.66 \pm 0.09^{C,b}$	$2.35 \pm 0.07^{B,a}$	$2.00 \pm 0.04^{C,b}$	$21.27 \pm 0.12^{A,a}$	$20.90 \pm 0.09^{D,C,b}$
20	$70.41 \pm 0.11^{A,a}$	$70.92 \pm 0.01^{D,b}$	$2.02 \pm 0.04^{A,a}$	$1.71 \pm 0.03^{B,C,b}$	$21.84 \pm 0.05^{C,a}$	$21.25 \pm 0.06^{C,b}$
24	-	70.71 ± 0.13^D	-	$1.83 \pm 0.05^{B,C}$	-	20.45 ± 0.12^D
28	-	68.78 ± 0.09^B	-	$1.52 \pm 0.03^{A,B}$	-	19.93 ± 0.05^A
32	-	67.73 ± 0.12^A	-	1.27 ± 0.09^A	-	19.60 ± 0.14^A

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Farklı harf(A,B,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Renk ölçümlerinde OH için tespit edilen en yüksek a* değeri 3.26 ± 0.02 ile depolamanın başlangıcında belirlenmiş olup, depolamanın sonunda OH a* değerinin azalarak 2.02 ± 0.04 olduğu saptanmıştır. GL a* değerleri ise depolamanın başlangıcında 3.44 ± 0.08 olarak, depolamanın sonunda 1.27 ± 0.09 olarak belirlenmiştir. OH için 16.gün ve GL için 24.gün ölçülen a* değerleri hariç, depolama süresi arttıkça a* değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Depolamanın 0., 8. ve 12. günlerinde OH ve GL a* değerleri arasında tespit edilen farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmazken ($p > 0.05$), depolamanın 4., 16. ve 20. günlerinde belirlenen a* değerleri arasındaki farklılık anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Depolama boyunca OH b* değerleri 21.27 ± 0.12 ile 21.84 ± 0.05 aralığında, GL b* değerleri 19.60 ± 0.14 ile 21.78 ± 0.14 aralığında değişim göstermiştir. Depolama sırasında ölçülen OH ve GL b* değerleri karşılaştırıldığında değerler arasındaki farklılık depolamanın 4. günü hariç tüm günlerde anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Depolamanın 4. gününde belirlenen OH ve GL b* değerleri sırasıyla 21.83 ± 0.14 ve 21.78 ± 0.14 olarak saptanmış ve değerler arasındaki sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) görülmüştür.

Çalışmamızda, ezme üretimi sırasında FL renk değerleri ile ezme (PT, OH, GL) renk değerleri arasındaki önemli değişiklikler gerçekleşmiştir. Ezmelerin renk değerleri FL renk değerleri ile karşılaştırıldığında L* ve b* değerlerinde artma, a* değerlerinde azalma belirlenmiştir. FL ile ezme L*, a*, b* değerleri arasındaki sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Ezme üretim basamaklarının fileto rengi üstündeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) tespit edilmiştir. Ezme örneklerine ısıtma işlem uygulanmasının L* ve a* değerleri üstünde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi ($p < 0.05$) olduğu ve bu etkinin örneklerin L* değerini arttırdığı ve a* değerini azalttığı belirlenmiştir. Örneklerin farklı ısıtma yöntemleri kullanılarak ısıtılmasının ise L* ve a* değeri üstünde anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır. Diğer yandan ohmik ısıtmanın ezmelerin b* değerine önemli bir etkisi ($p > 0.05$) saptanmamış fakat geleneksel yöntemle ısıtmanın b* değerinde önemli derecede ($p < 0.05$) azalmaya yol açtığı belirlenmiştir. Ezme örneklerinin depolama süresine bağlı olarak renk değişimleri incelendiğinde L* ve a* değerlerinin dalgalanma gösterdiği fakat genel olarak azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Depolama sırasında OH ve GL b* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) farklılıkların gerçekleştiği belirlenmiş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunan bu değişimler düzenli bir dağılım göstermediğinden genelleme yapılması mümkün olmamıştır.

Daroonpant ve ark. (2016), karideslerin fermente edilmesi ile üretilen çeşitli ezme örneklerinin renklerinde farklılıklar olduğunu belirtmiş ve L değerlerinin 29.6-39.48, a* değerlerinin 6.01-9.15 ve b* değerlerinin 8.33-17.91 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Amaral ve ark. (2015), çalışmasında ezmelerin L değerinin 42.0-43.0, a* değerinin 18.0-19.0 ve b değerinin 14.0-15.0 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda PT, OH ve GL renk değerleri, Daroonpant ve ark. (2016) ve Amaral ve ark. (2015) tarafından bildirilen değerlerden L* ve b* için daha yüksek, a* için daha düşük bulunmuştur. Dalmaz

ve ark. (2011) ezmelere ait L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 41.55-49.31, 13.98-15.51, 11.83-13.91 aralığında değişim gösterdiğini belirtmiş, Rora ve Einen (2003) ise çalışmasına ait L^* , a^* , b^* renk değerlerini sırasıyla 47.9, 9.4, 25.6 olarak rapor etmiştir. Çalışmamızda belirlenen L^* ve b^* değerleri Dalmas ve ark. (2011) tarafından bildirilen aralığın üstünde, a^* değerleri ise altında kalmıştır. Diğer yandan renk değerlerimiz Rora ve Einen (2003) tarafından bildirilen L^* ve a^* değerlerinin üstünde ve b^* değerlerinin altında kalmıştır.

Daroonpunt ve ark.(2016), renk farklılıklarının ham madde içeriğinde yer alan farklı pigmentlerden ve üretim sırasında eklenen diğer maddelerden kaynaklanabileceğini bildirmiş, Lorenzo ve Pateiro (2013) farklı oranlarda yağ içeren ezmelerin renk değerlerinde farklı olduğunu, renk farklılıklarının sebebi olarak ürün içeriklerindeki farklılıkları işaret etmiştir. Renk parametrelerinin besin kompozisyonuna göre değişim gösterebileceği çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Dalmas ve ark.,2011; Estevez ve ark.,2005b; Hatlen ve ark.,1998).

Depolamanın renk değerleri üstündeki etkilerini inceleyen Amaral ve ark. (2015) su banyosunda ve fırında ısıtılmış ezme örnekleri L^* ve a^* değerlerinin 30. günde ve b^* değerlerinin 60. günde başlangıç değerlerinden farklılık gösterdiğini ($p<0,05$) rapor etmiştir. Tirloni ve ark. (2015), somon balığı kullanarak başka bir hidrokoloid su ürünü olan soğuk dumanlanmış frankfurter tipi sosisin renk değerlerinin 90 günlük depolama boyunca belirgin bir değişim göstermediğini bildirmiştir. Çalışmada depolama boyunca sosislerde yaşanan küçük çaplı değişimlerin L^* değeri için 79.0-82.0 aralığında, a^* değeri için 5.0-7.0 aralığında ve b^* değeri için 20.0-22.0 aralığında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Tirloni ve ark. (2015) tarafından bildirilen renk değişim aralıkları, çalışmamızda elde edilen L^* ve a^* değeri için yüksek bulunmuş, b^* değerimiz ile uyumlu bulunmuştur. Martin-Sanchez ve ark. (2013), ezmeler üstünde yaptığı çalışmada bulgularımıza benzer sonuçlar elde etmiş, depolama süresi boyunca ezmelerin a^* ve b^* değerlerinin hemen hemen stabil kaldığını ifade etmiştir.

Erkan ve ark. (2011), sıcak dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarının renk değerlerini L^* , a^* , b^* için sırasıyla 72.89, 6.84 ve 13.54 olarak açıklamış, depolama süresi sonunda L^* değerini 67.60, a^* değerini 10.35 olarak belirlemiştir. Depolamanın sonunda b^* değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı rapor edilmiştir. Erkan ve

ark. (2011) tarafından bildirilen L^* değeri, araştırma bulgularımızla uyumlu olup, benzer şekilde b^* değeri için araştırmacı tarafından yapılan değerlendirme çalışmamız içinde geçerli olmuştur. Depolamanın renk üstündeki etkisini inceleyen Hisar ve ark. (2005) depolama süresinin L^* ve a^* değeri üstünde etkili olduğunu, b^* değeri üstünde önemli bir etkisinin olmadığını rapor etmiştir. Çalışmamızda, GL ve OH L^* ve a^* değerlerindeki değişimler ile Hisar ve ark. (2005) tarafından belirtilen değişimlerin uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda, ezme üretimi sırasında dumanlama işlemi ile ürün dumanlamaya has rengini kazanmış ve dumanlamanın ezme rengine önemli katkı sağlamıştır. Daha sonraki aşamada tereyağ ve baharat ilavesi ile kıyma ve yoğurma işlemlerinin de renk üstünde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Kıyma işlemi ile dokuların parçalanarak ürün yüzeyinde daha fazla su molekülünün yer alması sağlanmış, yoğurma işlemiyle su ve hava kabarcıklarının ürün yapısıyla bütünleşmesi sağlanarak ışığın daha fazla yansıtacağı yüzey yapısı oluşturulmuştur. Böylelikle ürün parlaklığı artmış, ürüne katkı maddelerinin ilavesi ile renk oluşumu tamamlanmıştır (Cheret ve ark.,2005; Perez-Alvarez ve Fernandez-Lopez ,2000).

Ezme örneklerinin ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtılması sonrasında ezmelerde renk farklılıkları tespit edilmiştir. Et ürünlerinde ısıtma işlemiyle ilgili renk değişimleri; pişirme kayıpları, heme pigmentleri ile diğer et proteinlerinin oksidasyonu/denaturasyonu (Estevez ve Cava, 2004; Ganhao ve ark., 2010) ve Maillard reaksiyonları sonucunda oluşan çeşitli renkli bileşikler (Martins ve ark., 2000) ile açıklanmıştır. Shibukawa ve ark.(1989) sıcaklığı artış hızında belirlenen farklılıklar nedeniyle de ısıtma yöntemleri kaynaklı renk farklılıklarının oluşabileceğini rapor etmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtildiği üzere, çalışmamızda ohmik ve geleneksel ısıtma yöntemine bağlı olarak sıcaklık artış hızı, işlem süresi ve ısı dağılımı farklılık göstermiş, bu farklılık renk değerlerinin farklılaşmasına yol açmış olabilir.

Ezme örneklerinin soğuk depolanması sırasında renk değişimleri belirlenmiştir. Soğuk depolama sırasında özellikle kırmızı renk değerlerinde görülen azalma, denature olan globinin oksidatif bozulması ve heme molekülünden ortaya çıkan demirin oksidatif yıkımı ile ilişkilendirilmiştir (Estevez ve Cava,2004). Oksidasyon ürünleri olan aldehitlerin ve ketonun karbonil gruplarının, serbest amino asitlerin amino gruplarıyla

veya hidroliz sırasında üretilen peptidlerle reaksiyona girerek sarı veya kahverengi renk gelişimine yol açabildiğinde ifade edilmiştir (Yarnpakdee ve ark., 2014). Buzdolabında muhafaza edilen pişmiş ürünlerde gerçekleşen renk değişimlerinin ürün oksidasyonu ile de ilgili olduğu ve ürün karakteristikleri, ürün yağ miktarı, paketlenme yöntemi ve antioksidanların varlığı gibi çok çeşitli faktörlerden etkilenebileceği çeşitli araştırmalarla da ortaya konulmuştur (Jo ve ark.,1999; Perez-Alvarez ve Fernández-López, 2009). Bu nedenle farklı ısı süreçlerinin sonunda yapısal farklılıklar gösteren ezmelerin, depolama boyunca da renk değerlerinin farklılık gösterebileceği değerlendirilmektedir.

4.4. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

4.4.1. Toplam Bakteri Sayısı (TBS)

Gıdaların mikrobiyolojik yükü, kalite ile direkt ilişkilidir bu nedenle su ürünlerinde kalitenin tespitinde ve raf ömrünün belirlenmesinde mikrobiyolojik analizler en sık kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. Çalışmamızda FL, PT, OH ve GL toplam bakteri sayısı çizelge 4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelerde belirlenen toplam bakteri sayıları (logkob/g)

Ürün	FL	PT	OH	GL
Toplam Bakteri Sayısı	2.47±0.06 ^c	1.95±0.05 ^a	2.28±0.02 ^b	2.32±0.02 ^{bc}

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Çalışmamızda FL toplam bakteri sayısı 2.47±0.06 logkob/g olarak belirlenmiştir. PT toplam bakteri sayısı 1.95±0.05 logkob/g olarak, OH ve GL toplam bakteri sayısı sırasıyla 2.28±0.02 ve 2.32±0.02 olarak belirlenmiştir. Ezme üretimi sonunda FL ile PT arasında belirlenen değişimim istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0.05) saptanmıştır. OH ve GL toplam bakteri sayısı PT toplam bakteri sayısı ile karşılaştırıldığında, belirlenen farklılığın anlamlı olduğu (p<0.05) saptanmış, OH ve GL toplam bakteri sayısında görülen farklılığın anlamlı olmadığı (p>0.05) belirlenmiştir.

Depolama boyunca OH toplam bakteri sayısı artış göstermiş (Çizelge 4.15) ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur. Toplam bakteri sayısı depolamanın 20. günü 6.07 ± 0.07 ve 21. günü 6.37 ± 0.02 değerine ulaşmıştır. Depolama sırasında analiz gerçekleştirilen her bir güne ait verilerde saptanan sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın 20.gününde toplam bakteri sayısı 6 logkob/g değerini aşarak mikrobiyolojik açıdan tüketilemez hale gelmiştir.

GL toplam bakteri sayısı depolamanın 4., 8. ve 12. günlerinde sırasıyla 2.89 ± 0.01 , 2.76 ± 0.03 ve 2.90 ± 0.02 olarak tespit edilmiş ve bu günlerde toplam bakteri sayıları arasında belirlenen farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. Depolamanın 20. ve 21. günlerinde GL toplam bakteri sayısı sırasıyla 3.69 ± 0.09 ve 3.77 ± 0.07 olarak tespit edilmiş ve bu günlerde ölçülen değerler arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı ($p>0.05$) anlaşılmıştır. Depolamanın 32. ve 35.günlerinde GL toplam bakteri sayısı sırasıyla 5.72 ± 0.12 ve 6.15 ± 0.15 olarak bulunmuştur. Depolamanın 35. günün GL toplam bakteri sayısı 6 logkob/g değerini aşarak mikrobiyolojik açıdan tüketilemez hale gelmiştir.

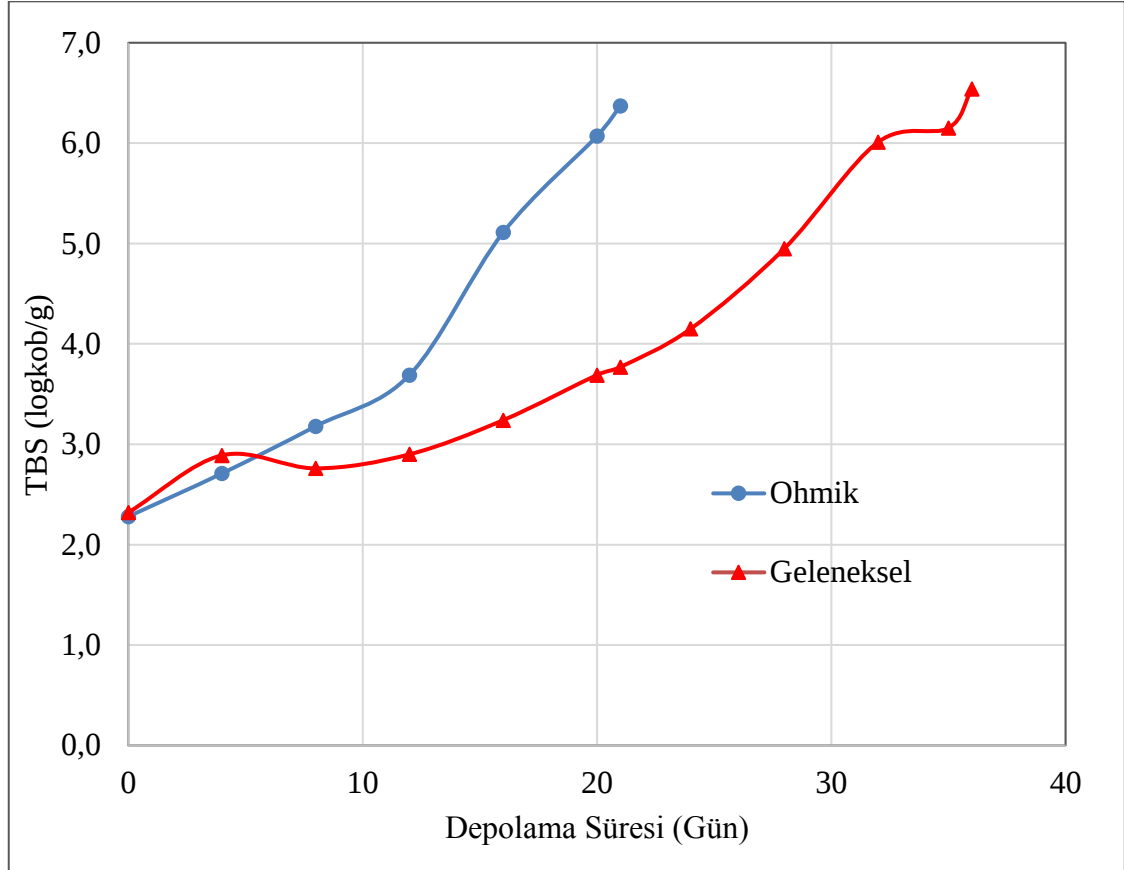
Çizelge 4.15 Depolama süresince toplam bakteri sayılarında meydana gelen değişimler (logkob/g)

Depolama Süresi (Gün)	OH	GL
0	2.28 ± 0.02^{Aa}	2.32 ± 0.02^{Aa}
4	2.71 ± 0.03^{Ba}	2.89 ± 0.01^{Bb}
8	3.18 ± 0.03^{Ca}	2.76 ± 0.03^{Bb}
12	3.69 ± 0.09^{Da}	2.90 ± 0.02^{Bb}
16	5.11 ± 0.06^{Ea}	3.24 ± 0.24^{Cb}
20	6.07 ± 0.07^{Fa}	3.69 ± 0.09^{Db}
21	6.37 ± 0.02^{Ga}	3.77 ± 0.07^{Db}
24	-	4.15 ± 0.15^E
28	-	4.95 ± 0.01^F
32	-	5.72 ± 0.12^G
35	-	6.15 ± 0.15^H
36	-	6.54 ± 0.06^I

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Farklı harf(A,B,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Depolama sırasında OH ve GL toplam bakteri sayıları karşılaştırıldığında (Şekil 4.4), depolamanın başlangıcında sırasıyla 2.28 ± 0.02 ve 2.32 ± 0.02 olarak tespit edilen değerler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) anlaşılmıştır. Depolamanın ilerleyen günlerinde OH ve GL toplam bakteri sayısı arasındaki fark artmaya devam etmiş, depolama başlangıcı hariç tüm analiz günlerinde saptanan farklılıkların anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.4 Depolama süresince ezme toplam bakteri sayısında meydana gelen değişimler

Erkan ve ark. (2011) taze alabalık filetolarındaki toplam bakteri sayısını 2.88 log kob/g olarak bildirmiştir. Benzer bir çalışmada (Behnam ve ark.,2015), gökkuşağı alabalıklarının toplam bakteri sayısı 2.86 log kob/g olarak belirlenmiştir. Sert (2014) çalışmasında, alabalık örneklerine ait toplam bakteri sayısının 4.12 log kob/g olarak belirlendiğini rapor etmiştir. Sikorski (1990) kaliteli taze filetolarda toplam bakteri sayısının 3-4 log kob/g arasında değişebileceğini belirtmiştir. Çaklı (2007) toplam bakteri sayısı için 10^2 - 10^6 log kob/g aralığının bütün veya filetoya kesilmiş taze balıklar için kabul edilebilir değer olduğunu rapor etmiştir. Chytiri ve ark. (2004) tilapia ve gökkuşağı

alabalığı gibi tatlı su balıkları için toplam bakteri sayısının Çaklı (2007)'nin da belirttiği gibi 10^2 - 10^6 log kob/g aralığında değişebileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda FL toplam bakteri sayısının Erkan ve ark. (2011) ile Behnam ve ark. (2015) tarafından bildirilen değerlere yakın değerlerde olması ve Çaklı (2007) ve Chytiri ve ark. (2004) tarafından belirtilen aralık içinde kalması nedeniyle literatür bulgularıyla uyumlu olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmamızda FT toplam bakteri sayısı ezme üretimi sonrası önemli derecede ($p<0.05$) azalarak PT için 1.95 ± 0.05 logkob/g olarak belirlenmiştir. Delgado-Pando ve ark. (2011) çalışmamıza benzer şekilde, ısıl işlem öncesi ezme örneklerinin toplam bakteri sayısının 5.8-6.5 log kob/g olarak değiştiğini, ısıl işlem sonrası bu sayının 3.3 log kob/g'a gerilediğini bildirmiştir. Abu-Salem ve Abou-Arab (2010) ezmelerin mikrobiyal kalitesini incelediği çalışmasında, kontrol grubunda 5 log kob/g ölçülen toplam bakteri sayısının pastörizasyon sonrası 2 log kob/g'a düştüğünü bildirmiştir. Kılıç ve Öztan (2013) tarafından yürütülen çalışmada ise toplam canlı bakteri sayısının 2.59-4.58 aralığında değiştiği bildirilmiştir. PT için belirlenen toplam bakteri sayısının Delgado-Pando ve ark. (2011), Abu-Salem ve Abou-Arab (2010), Kılıç ve Öztan (2013) tarafından bildirilen değerlerden az olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda ezme üretiminde sırasında gerçekleştirilen işlem basamaklarının, kullanılan katkı maddelerinin başlangıç mikrobiyal yükünün ve baharatların antimikrobiyal etkilerinin, PT toplam bakteri sayısı ile literatür bulguları arasında farklılıklara neden olabileceği değerlendirilmiştir.

Literatürde, Delgado-Pando ve ark. (2011) ve Abu-Salem ve Abou-Arab (2010) ısıl işlem sonrası ezmelere ait toplam bakteri sayısında azalma olduğunu bildirmiş, çalışmamızda ısıl işlem sonrası OH ve GL toplam bakteri sayılarında artış tespit edilmiştir. Bu artışa rağmen OH ve GL toplam bakteri sayıları Delgado-Pando ve ark. (2011) ve Kılıç ve Öztan (2013) tarafından bildirilen değerleri altında kalmış, Abu-Salem ve Abou-Arab (2010) tarafından bildirilen değerlere yakın değerlerde belirlenmiştir. Ezme örneklerinin (OH ve GL) ısıl işlem sonrası toplam bakteri sayısında görülen artışa, kritik sıcaklık değerlerinin yeteri kadar hızlı geçilmemiş olmasının ve paketleme işlemi sırasında mikrobiyal gelişimin devam etmesinin yol açabileceği değerlendirilmiştir. Onaç (2009) tarafından da değerlendirmemize benzer bir değerlendirme yapılmış, ezme üretimi sırasında kıyma haline getirilen hammaddenin kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikelere açık hale geldiğini ifade edilmiştir. Isıl işlem sonrası toplam bakteri sayısı ile ilgili olarak,

ambalaj materyali kaynaklı kontaminasyon nedeniyle de toplam bakteri sayısında artış yaşanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Sert (2014), çalışmasında alabalık örneklerine ait toplam bakteri sayısının soğuk depolamanın 6. gününde 6.02 log kob/g değerine ulaştığını bildirmiştir. Khanipour ve Mirzakhani(2013) depolama başlangıcında dumanlanmış alabalık filetolarında 2.88 log kob/g olan toplam bakteri sayısının 40 gün soğuk depolamanın ardından 6.80-8.40 log kob/g aralığında değişim gösterdiğini saptamıştır. Behnam ve ark.(2015) benzer bir çalışmada, 12 gün (+4°C) depolamanın ardından toplam bakteri sayısının 7 log kob/g değerini aştığını bildirmiştir. Taşkaya ve ark.(2003), gökkuşağı alabalığı filetolardan üretilen burgerlerin depolanması sırasında (4°C), toplam bakteri sayısını 10 ve 21 gün sonunda sırasıyla 7.68 ve 8.20 log kob/g değerine ulaştığını bildirmiştir. Kılınç(2009) balık köftelerin buzdolabında 6 gün depolanması sırasında toplam bakteri sayısının 5.7×10^2 - 1.6×10^6 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Depolama süresi sonunda belirlenen toplam bakteri sayıları dikkate alındığında, OH ve GL toplam bakteri sayısının Khanipour ve Mirzakhani (2013), Behnam ve ark. (2015), Kılınç (2009) ve Taşkaya ve ark.(2003) tarafından yürütülen çalışmalarda belirtilen değerlerden daha az sayıda olduğu, Sert(2014) tarafından yürütülen çalışmada belirtilenden daha yüksek sayıda olduğu belirlenmiştir. Literatür verileri ile bulgularımızda görülen farklılıkların, başlangıç bakteri yükü, işleme teknolojileri ve ürün bileşimi farklılıklarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Soğuk depolama sırasında OH ve GL toplam bakteri sayılarındaki değişim karşılaştırıldığında, depolamanın 4. gününden itibaren başlayan ve istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olan farklılıklar görülmüştür. Aynı hedef sıcaklık değerlerine ısıtılmış olmalarına rağmen toplam bakteri sayısında belirlenen farklılığa, farklı ısıtma yöntemleri kullanılmasının yol açtığı düşünülmektedir.

Et yapılarının ohmik ısıtılması sırasında, yağlı et kısımlarının elektrik iletkenliğinin yağsız et kısımlarından düşük olduğu, az iletken bölgenin iyi iletken parçalar tarafından çevrelenmesiyle elektrik akımının iyi iletken ortamdan geçerek, az iletken bölgeleri by-pass edebileceği ya da iyi iletken bölgeler az iletken parçalarla çevrelenerek yetersiz ısınmanın gerçekleşebileceği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sarang ve ark., 2008; McKenna ve ark., 2006; Shirsat ve ark., 2004b).

Halden ve ark. (1990) et ve yağın birlikte ohmik ısıtılması durumunda farklı ısınma hızlarına sahip bölgeler oluşabileceğini belirtmiş, Shirsat ve ark.(2004a) özellikle et ürünlerinde yağ gibi zayıf elektrik iletkenliği gösteren yapıların, kas yapılarına benzer oranlarda ısı üretemeyeceği için soğuk noktalar oluşturabileceğini ifade etmiştir. Zoltai ve Swearingen (1996), yağ, alkol, hava, kemik ve buz gibi elektrik iletkenliği göstermeyen materyallerin elektrik akımı ile ısıtılamayacağı bu nedenle bulundukları yapının ısı dağılımında olumsuz etkiler yaratabileceğini ifade etmiştir. De Halleux ve ark. (2005) ise, et emülsiyonlarının elektrotlar arasında homojen elektrik iletkenliği göstermeleri durumunda ısınmanında düzenli olacağını, aksi takdirde heterojen bölgelerin oluşabileceğini ve bu bölgelerin yapısal kusurlara yol açabileceğini ifade etmiştir. Çalışmamıza benzer bir araştırma yürüten Sun ve ark. (2008), ohmik ve geleneksel ısıtma ile aynı son sıcaklıklara ısıttıkları örneklerin farklı mikroorganizma sayılarına sahip olduğu rapor etmiştir. Sengün ve ark. (2017), çalışmaları sonucunda ohmik pişirmenin toplam pişirme süresini azalttığını, bu yöntemin hızlı bir ön pişirme yöntemi olarak kullanılabileceğini belirtmiş, diğer yandan tek başına ohmik uygulamanın mikrobiyolojik güvenliği sağlamakta yetersiz kalabileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda üretilen balık ezmesi yağ, su, dumanlanmış balık filetosu, baharat gibi elektrik iletkenliği farklı olan yapılardan oluşmuştur. Ohmik ısıtma sırasında yağın ezme içinde iyi dağılmadığı bölgelerde, elektrik iletkenliğinin düşük olabileceği değerlendirilmektedir. Benzer şekilde elektrik iletkenliği olmayan hava boşlukları ile çevrelenmiş kısımlarda da yeterli ısı işlem gerçekleşmemiş olabilir. Bu bölgelerde yetersiz ısı işleme bağlı olarak daha hızlı bakteri gelişiminin gerçekleştiği ve üründe bozulmalara yol açtığı düşünülmektedir.

Ezmelerin soğuk muhafazası sırasında toplam bakteri sayısı kabul edilebilirlik limiti olan 6 log kob/g değerini (Erkan ve Özden, 2007; Çakmak ve Çolak, 2004; Nickelson ve Finne 1992; ICMSF, 1986) OH için 20. günde, GL için 35. günde aşarak, tüketilemez olarak değerlendirilmiştir.

4.4.2. Toplam Koliform Bakteri Sayısı

Deneme başından sonuna kadar FL, PT, OH ve GL’de koliform grubu bakteriye rastlanılmamıştır. OH ve GLnin depolanması sırasında da durum değişmemiştir.

4.4.3. Toplam Maya-Küf Sayısı

FL, PT, OH ve GL toplam maya ve küf sayısı Çizelge 4.16’de verilmiştir. Çalışmada FL maya-küf sayısı 2.43 ± 0.02 logkob/g olarak, PT, OH ve GL maya-küf sayısı ise sırasıyla 2.08 ± 0.04 logkob/g, 2.14 ± 0.06 ve 2.28 ± 0.02 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 Deneme başlangıcı fileto ve ezmelerde belirlenen toplam maya-küf sayıları (logkob/g)

Ürün	FL	PT	OH	GL
Maya Küf Sayısı	2.43 ± 0.02^c	2.08 ± 0.04^a	2.14 ± 0.06^{ab}	2.28 ± 0.02^{cd}

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Ezme üretimi sırasında FL ve PT maya-küf sayısı arasında saptanan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) anlaşılmıştır. Ezme örnekleri maya-küf sayıları değerlendirildiğinde, PT ve OH toplam bakteri sayıları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$), PT ve GL toplam bakteri sayıları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) anlaşılmıştır. OH ve GL maya-küf sayısı arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

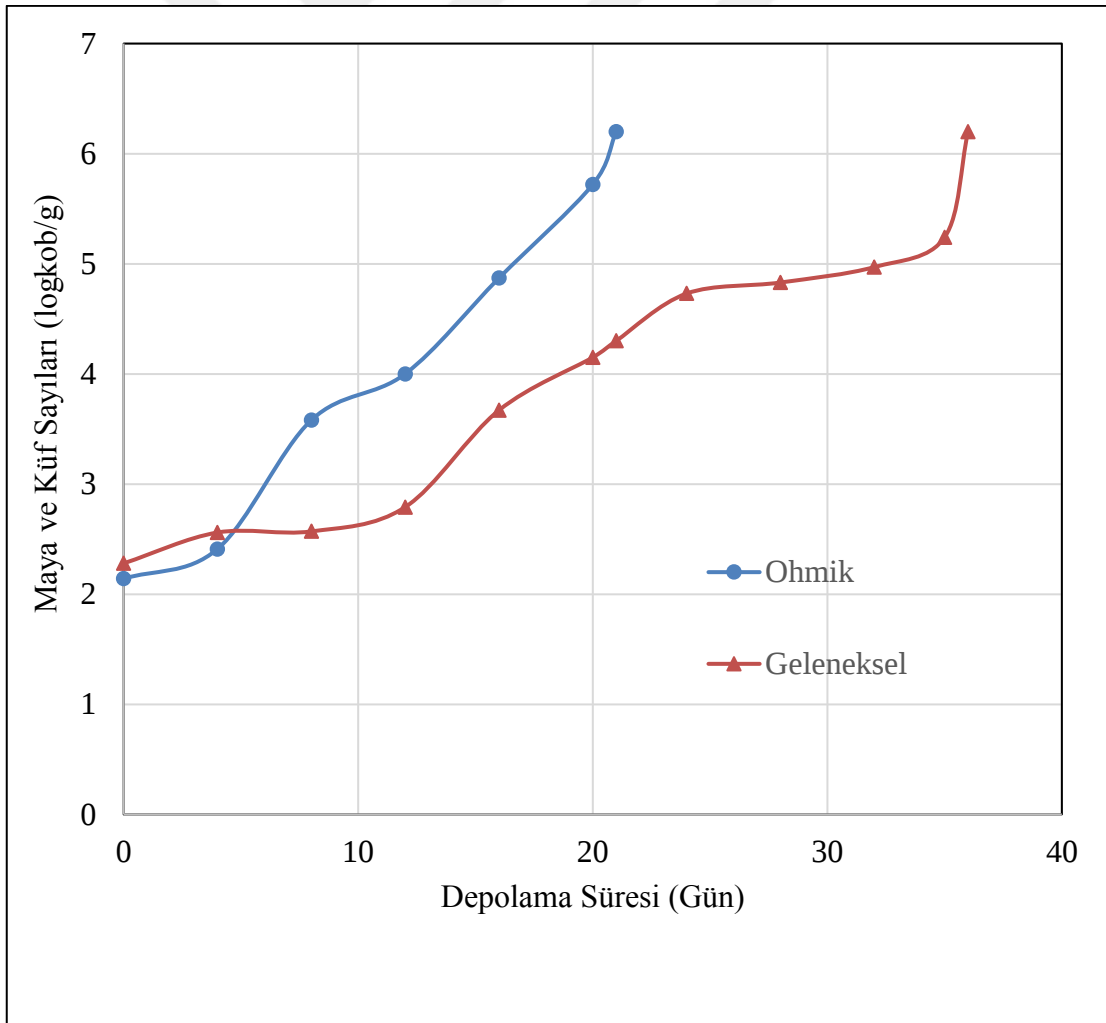
Çizelge 4.17 Depolama süresince toplam maya-küf sayılarında meydana gelen değişimler (logkob/g)

Depolama Süresi (Gün)	OH	GL
0	2.14 ± 0.06^{Aa}	2.28 ± 0.02^{Aa}
4	2.41 ± 0.02^{Ba}	2.56 ± 0.02^{Bb}
8	3.58 ± 0.11^{Ca}	2.57 ± 0.02^{Bb}
12	4.00 ± 0.04^{Da}	2.79 ± 0.03^{Cb}
16	4.87 ± 0.01^{Ea}	3.67 ± 0.02^{Db}
20	5.72 ± 0.12^{Fa}	4.15 ± 0.15^{Eb}
21	6.20 ± 0.06^{Ga}	4.30 ± 0.00^{Eb}
24	-	4.73 ± 0.04^F
28	-	4.83 ± 0.06^{FG}
32	-	4.97 ± 0.03^G
35	-	5.24 ± 0.06^H
36	-	6.20 ± 0.10^I

Farklı harf(a,b,..) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Farklı harf(A,B,..) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

OH ve GL toplam maya-küf sayıları depolamanın 4. günü sırasıyla 2.41 ± 0.02 ve 2.56 ± 0.02 olarak, 8. günü ise sırasıyla 3.58 ± 0.11 ve 2.57 ± 0.02 olarak saptanmıştır. Depolamanın 4. günü OH toplam maya-küf sayısı GL toplam maya-küf sayısından daha düşük olarak belirlenmiş, depolamanın devamında OH değerleri GL değerlerinden daha yüksek tespit edilmiştir. Depolamanın 4. gününden itibaren OH ve GL toplam maya ve küf sayıları arasında belirlenen sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. OH toplam maya-küf sayısı depolama süresince artış göstermiş ve saptanan artışın anlamlı olduğu ($p < 0.05$) anlaşılmıştır. Depolamanın 21. günü OH toplam maya-küf sayısı 6.20 ± 0.06 değerine ulaşmıştır. GL maya ve küf sayısı depolama boyunca düzenli artış göstermiş ve depolamanın 36. gününde 6.20 ± 0.10 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.5). Maya-küf sayısı OH için 21. gün, GL için 36. gün yapılan analizler sonucunda kabul edilebilir limit değer olan 6 log kob/g değerini aşmıştır (Erkan ve Özden, 2007; Çakmak ve Çolak, 2004; Nickelson ve Finne 1992; ICMSF, 1986).



Şekil 4.5 Depolama süresince ezme toplam maya-küf sayısında meydana gelen değişimler

Kılınç ve Sürengil (2015) soğuk depolama (4°C) başlangıcında taze gökkuşağı alabalıklarının maya-küf sayısını 2.50 logkob/g olarak rapor etmiştir. Çoban ve ark. (2014), gökkuşağı alabalığı filetolarında maya-küf sayısının 3.96 logkob/g olduğunu bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Kılıç ve Öztan (2013), taze gökkuşağı alabalıklarındaki toplam maya-küf sayısının 3.83 log kob/g olduğunu bildirmiş, Öksüztepe ve ark. (2010) ise gökkuşağı alabalıkları filetosunda maya-küf sayısını 1.56 log kob/ g olarak tespit etmiştir. FL toplam maya-küf sayısının Öksüztepe ve ark. (2010) tarafından bildirilen değerlerden yüksek olduğu, Kılıç ve Öztan (2013) ile Çoban ve ark. (2014) tarafından bildirilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür. FL bulgularının Kılınç ve Sürengil (2015) tarafından bildirilen bulgularla uyumlu olduğu saptanmıştır. Maya ve küflerin balık etinin normal mikroflorasında bulunmadığı, avlanma ile birlikte suyun veya avlanma sonrası kullanılan alet ve ekipmanların bulaşıya neden olduğunu ifade edilmektedir (Patır ve Duman, 2006; Gökten, 1990). Çalışmamıza ait bulgularla literatürde yer alan bazı bulguların farklılık gösterdiği belirlenmiş ve avlanma sonrası süreçlerin toplam maya-küf sayılarında farklılıklara neden olabileceği değerlendirilmektedir.

Dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarından balık ezmesi üretilmesiyle (PT) maya-küf sayısı 2.08 log kob/g olarak değişim göstermiştir. Khanipour ve Mirzakhani (2013) alabalık filetolarının işleme sonrası toplam maya-küf sayısının 2.48 log kob/g olarak saptadığını bildirmiştir. Öksüztepe ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada alabalık köftesi maya-küf sayısı üretim sonunda 2.22 log kob/ g olarak belirlenmiştir. Dumanlanmış balık kullanılarak elde edilen köftelerin toplam maya ve küf sayısı 4.08 log kob/g olarak (Kaba ve ark., 2013b) saptanmış, benzer bir çalışmada dumanlanmış ve marine edilmiş balık köftelerin toplam maya ve küf sayısı 3.85 log kob/g olarak tespit edilmiştir (Kaba ve ark., 2013c). Çalışmamızda ezme üretimi sonrası PT maya-küf sayısı Öksüztepe ve ark. (2010) tarafından bildirilen değere yakın bulunmuş fakat belirtilen literatür bulgularının tamamından daha düşük seviyede olduğu anlaşılmıştır.

Soğuk muhafazanın maya-küf sayısına etkisini inceleyen Khanipour ve Mirzakhani (2013), depolama başlangıcında 2.48 log kob/g olan toplam maya-küf sayısının 40 gün soğuk depolama ardından 3.74-4.48 log kob/g aralığında değiştiğini bildirmiştir. Başka bir araştırmada dumanlanmış balık köftelerde depolama başlangıcında

4.32±0.02 log kob/g olarak belirlenen toplam maya-küf sayısı, 10 gün depolamanın ardından 6.32±0.02 log kob/g değerine yükselerek, tüketilebilirlik sınır değerlerini aşmıştır (Kaba ve ark.,2013b). Dumanlanmış ve marine edilmiş balık köftelerin mikrobiyolojik kalitesinin incelendiği benzer bir araştırmada toplam maya-küf sayısı 150 gün soğuk depolamanın ardından 4.98 logkob/g değerine ulaşmıştır (Kaba ve ark.,2013c). Öksüztepe ve ark.(2010) 8 gün soğuk depolamanın (4°C) ardından alabalık köftesi maya-küf sayısının 3.90 logkob/g olarak ölçüldüğünü rapor etmiştir.

Kılınç ve Sürengil(2015) soğuk depolamanın (4°C) başlangıcında 2.50 logkob/g olan maya-küf sayısını depolama sonunda (7 gün) 4.20 logkob/g olarak belirlemiştir. Literatür bulguları toplam maya-küf sayısı ve depolama süresi dikkate alınarak çalışma bulgularımızla karşılaştırıldığında, Khanipour ve Mirzakhani(2013) tarafından depolamanın 40. gününde ve Kaba ve ark.(2013c) tarafından depolamanın 150. gününde bildirilen değerlerin çalışmamızda depolama sonunda belirlenen değerlerden (OH ve GL) düşük olduğu saptanmıştır. Diğer yandan Kaba ve ark.(2013b) tarafından depolamanın 10.gününde, Öksüztepe ve ark.(2010) tarafından depolamanın 8.gününde ve Kılınç ve Sürengil(2015) tarafından depolamanın 7.gününde bildirilen toplam maya-küf sayısının çalışmamızda depolamanın sonunda belirlenen değerlerden(OH ve GL) yüksek olduğu belirlenmiştir.

Toplam maya-küf sayısı literatür verileri ile bulgularımızda görülen farklılıkların maya-küf sayısı başlangıç yükü, işleme teknolojileri ve ürün bileşimi farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. OH ve GL toplam maya-küf sayıları arasında depolamanın 4. gününden başlayarak diğer günlerde devam eden ve istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) farklılıklar belirlenmiş, bu farklılıkların OH ve GL arasında toplam bakteri sayısında görülen farklılıklar ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Aynı hedef sıcaklık değerlerine ısıtılmış olmalarına rağmen OH ve GL toplam maya-küf sayılarında belirlenen bu farklılığın farklı ısıtma yöntemlerinden kaynaklandığı düşünülmekte olup, bu konuda toplam bakteri sayılarındaki değişim için yaptığımız açıklamaların, toplam maya-küf sayılarındaki değişimi açıklamak içinde geçerli olduğu değerlendirilmektedir.

4.4.4. Pastörizasyon Değeri (PU)

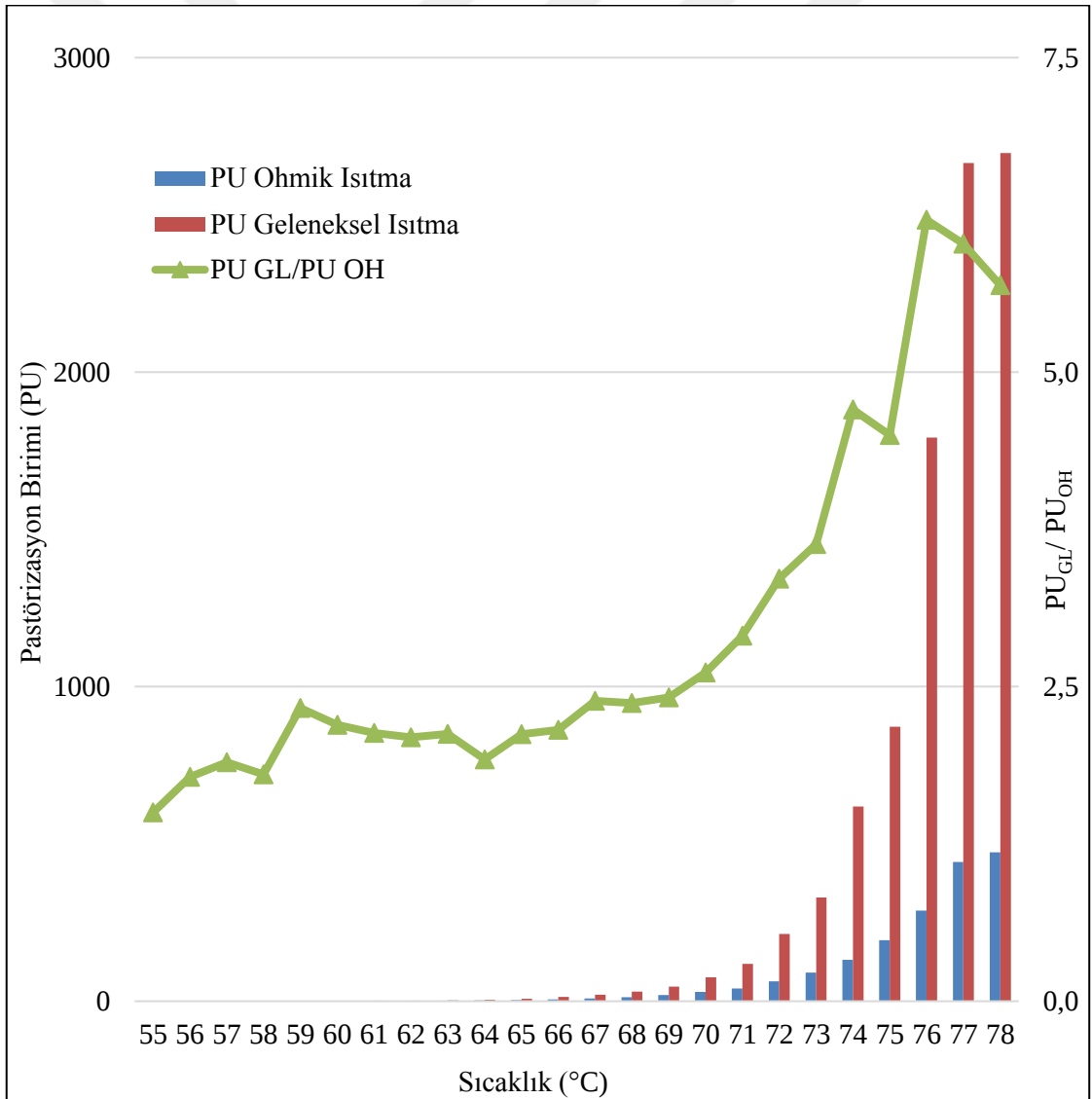
Pastörizasyon değeri, uygulanan ısıl işlemin mikrobiyal etkisi hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılan ve referans bir sıcaklık derecesindeki letalite değerini temel alan bir ifadedir (McKenna ve ark.,2006). OH ve GL için çeşitli sıcaklıklarda belirlenen pastörizasyon değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Isıl işlemler sırasında gerçekleşen pastörizasyon değerleri (PU)

Sıcaklık (°C)	Anlık Pastörizasyon Değerleri			Toplam Pastörizasyon Değerleri		
	PU _{OH}	PU _{GL}	PU _{GL} /PU _{OH}	PU _{OH}	PU _{GL}	PU _{GL} /PU _{OH}
55	0.02±0.00	0.03±0.01	1.50	0.02±0.00	0.03±0.01	1.50
58	0.08±0.01	0.14±0.05	1.70	0.17±0.01	0.31±0.11	1.80
60	0.18±0.01	0.35±0.15	2.00	0.44±0.04	0.96±0.22	2.20
63	0.47±0.06	1.02±0.32	2.19	1.54±0.16	3.28±0.89	2.13
65	1.22±0.27	3.11±0.54	2.56	3.87±0.57	8.21±2.00	2.12
68	4.27±0.00	9.97±3.02	2.33	12.85±0.82	30.45±9.22	2.37
70	9.87±0.00	29.61±6.58	3.00	29.21±2.27	76.29±16.53	2.61
73	26.95±3.85	115.51±0.00	4.29	90.63±0.08	329.29±37.28	3.63
75	62.26±8.89	253.49±40.03	4.07	193.85±14.66	872.45±50.97	4.50
78	31.23±0.00	31.23±0.00	1.00	473.82±38.46	2696.23±270.78	5.69

OH’de gerçekleşen pastörizasyon etkisi, GL’de gerçekleşen pastörizasyon etkisinden her sıcaklık derecesinde daha düşük belirlenmiştir. Örneklerin 58°C deki pastörizasyon değerleri OH ve GL için sırasıyla 0.08 ve 0.14 PU iken, bu değerler 75°C’de 62.26 ve 253.49 PU olarak hesaplanmıştır. Ulaşılan her bir sıcaklık derecesinde GL, OH’den daha fazla pastörizasyon değeri göstermiş ve bu fark sıcaklık arttıkça artmıştır (Şekil 4.6). Isıl işlem sonunda, ohmik ve geleneksel ısıtmanın ezme örnekleri üstünde yarattığı toplam pastörizasyon etkisi hesaplandığında sırasıyla 473.82 ve 2696.23 PU değerleri belirlenmiştir. Isıl işlemin sonunda GL üstünde yaratılan pastörizasyon etkisinin, OH üstünde yaratılan pastörizasyon etkisinden 5.69 kat daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Farklı ısıtma yöntemlerinin yarattığı pastörizasyon etkisi pek çok araştırmada inceleme konusu olmuştur. Sengun ve ark.(2017), ohmik-infrared kombinasyonu ısıtma yönteminin köfteler üstündeki etkilerini incelediği çalışmada, ısıtma işlem parametrelerinin değiştirilmesiyle pastörizasyon değerinin $5.05 \times 10^1 - 7.83 \times 10^8$ PU aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Benlloch-Tinoco ve ark.(2014) ise mikrodalga (MW) ve geleneksel ısıtma yöntemlerini karşılaştırdığı çalışmada, geleneksel ısıtmada soğuk noktada 19.27 PU olarak belirlenen değerin, MW ısıtmada en sıcak noktalarda 1.79-7.9 PU aralığında değişim gösterdiğini bildirilmiştir. Çalışmada, MW ısıtma sırasında ölçülen PU değerine rağmen üründe istenen pastörizasyonun sağlamış olduğu belirtilmiş ve bunun nedeni olarak MW teknolojisinin sahip olduğu bazı ısıtma olmayan etkiler gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Pastörizasyon değerlerinin sıcaklıkla değişimi

Zell ve ark.(2010a), yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) ve düşük sıcaklık uzun süre (LTLT) ilkesine göre gerçekleştirdiği ohmik ısıtma programının et ürünlerindeki etkilerini geleneksel ısıtma ile karşılaştırmış ve işlem sonunda pastörizasyon değerini HTST, LTLT ve geleneksel ısıtma için sırasıyla $6,4 \times 10^5$, 3540 ve 2244 PU olarak saptamıştır. Çalışma sonucunda ohmik ısıtma uygulamasının test mikroorganizma üstündeki etkisi dikkate alınarak yeterli gıda güvenliği sağladığı rapor edilmiştir. Farklı ısıtma işlemlerin et örnekleri üstünde yarattığı etkilerin incelendiği benzer bir çalışmada, ohmik ve geleneksel ısıtmanın soğuk noktada yarattığı pastörizasyon etkisi sırasıyla 2800 ve 1480 PU olarak belirtilmiş ve ohmik ısıtmanın referans mikroorganizma üstünde iki kat daha fazla pastörizasyon etkisi gösterdiği ifade edilmiştir (Zell ve ark., 2009b).

McKenna ve ark.(2006) tarafından yürütülen ve çeşitli et parçalarının radyo frekansı ve buharda ısıtılması (72 °C de 2 dakika) sırasında oluşan pastörizasyon etkisinin karşılaştırıldığı çalışmada, radyo frekansı ile ısıtma sırasında 785.5 ve 710.8 PU olarak ölçülen değerlerin, buharda ısıtma sırasında sırasıyla 4014 ve 3625 PU olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Miettinen ve ark. (2005), alabalık yumurtalarının pastörizasyonu için (65°C) 10 dakika ve (62°C) 15 dakika ısıtma işlemleri uygulamış ve bu sırada oluşan pastörizasyon etkisini sırasıyla 247 PU ve 83 PU olarak rapor etmiştir.

Literatür ile karşılaştırıldığında, çalışma bulgularımız Sengün ve ark.(2017) tarafından belirtilen aralıkta, Benlloch-Tinoco ve ark.(2014) ile Miettinen ve ark.(2005) tarafından bildirilen değerlerin üstünde bulunmuştur. Zell ve ark.(2009b,2010a) tarafından ohmik ısıtma için bildirilen değerler, çalışmamıza ait ohmik ısıtma değerlerinin üstünde bulunmuş, geleneksel ısıtma için bildirilen değerler ise çalışmamıza ait geleneksel ısıtma değerlerinden daha az olmuştur. McKenna ve ark.(2006), tarafından yürütülen çalışmada radyo frekansı ile ısıtma sırasında belirlenen değerlerin, çalışmamızda ohmik ısıtma sırasında yaratılan PU değerlerinden yüksek olduğu saptanmıştır. Buharda pişirme yöntemi ile yaratılan PU değerinin ise çalışmamızda geleneksel ısıtma sırasında yaratılan PU değerinden yüksek olduğu anlaşılmıştır. Çalışma bulgularımız ile literatür bulguları arasındaki farklılıkların her bir ısıtma işleminin farklı sıcaklık-zaman profili göstermiş olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Denemelerimiz sırasında farklı yöntemlerle ısıtılan örnekler farklı hızlarda ısınmış ve farklı sıcaklık-zaman profili sergilemiştir. Ohmik ısıtma sırasında örnekler üstünden geçen elektrik akımı, ısının gıda içerisinde oluşmasını ve sıcaklık artışının çok hızlı gerçekleşmesini sağlamıştır. Geleneksel ısıtma yönteminde ise; konveksiyon ve/veya kondüksiyon mekanizmaları ile gıdaya aktarılan ısı, sıcaklık artışını sağlamıştır. İki ısıtma yöntemi karşılaştırıldığında ohmik ısıtmada sağlanan sıcaklık artış hızı geleneksel ısıtma yönteminden daha yüksek olmuş ve soğuk noktanın hedeflenen son sıcaklığa ulaşması için geçen süre kısalmıştır. Farklı ısıtma yöntemleri kullanılarak hedef sıcaklık değerlerine ulaşılması, soğuk noktalarda gerçekleşen pastörizasyon etkisinin de farklı olmasına neden olmuştur.

De Halleux ve ark. (2005) geleneksel ve ohmik ısıtmanın etkilerini incelenildiği çalışmada, aynı hedef sıcaklığa farklı ısınma hızlarında ısıtmanın örnekler üstünde farklı pastörizasyon etkisi yarattığını belirtmiştir. Bu nedenle ısıtma işlem kontrolünün sadece başlangıç ve hedef sıcaklık kontrolü ile sınırlandırılmaması gerektiği, değerlendirmeye tüm sıcaklık-zaman profilinin alınması gerektiği ifade edilmektedir(Matsui ve ark.,2008). Diğer yandan, ısıtma işlemlerin OH ve GL üstünde yarattığı pastörizasyon etkisi arasında büyük farklılıklar belirlenmiş olmasına karşın, ısıtma işlem sonrası örneklerde saptanan toplam bakteri sayısı ve toplam maya-küf sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p>0.05$) belirlenmemiştir. Birçok araştırmacı tarafından, ohmik ısıtma sırasında düşük frekanslı elektrik akımının mikroorganizma hücre duvarlarında elektrik yükü birikimine neden olduğu ve bu yükün porlar oluşturarak hücre bütünlüğünün bozulmasıyla sonuçlanan ilave inhibasyon etkisi yarattığı ifade edilmiştir (An ve King, 2007; Sensoy ve Sastry, 2004; Kulshrestha ve Sastry, 2003; USA-FDA, 2000;Cho ve ark.1996). Çalışmamızda ısıtma işlem görmüş ezmelerde mikrobiyolojik açıdan herhangi bir farklılık belirlenmemiş olmasını, ohmik ısıtmanın termal etkisinin yanı sıra mikroorganizmalar üstünde elektrik akımına bağlı ilave inhibasyon etkisinden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

4.5. Duyusal Değişimler

Balık ezmelerine ait duyusal değerlendirme puanları Çizelge 4.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19 Depolama süresince ezmelerde meydana gelen duyuşal değişimler

Depolama Süresi (Gün)	Duyuşal Özellikler							
	Renk		Koku		Tat		Tekstür	
	OH	GL	OH	GL	OH	GL	OH	GL
0	7.80±0.13 ^{Ca}	7.10±0.10 ^{Eb}	7.90±0.10 ^{Ca}	7.10±0.18 ^{Eb}	7.90±0.10 ^{Ca}	7.10±0.18 ^{Cb}	7.40±0.16 ^{Ca}	6.90±0.18 ^{Da}
4	7.00±0.00 ^{Ba}	6.80±0.13 ^{EDa}	7.80±0.13 ^{Ca}	7.00±0.21 ^{Eb}	7.80±0.13 ^{Ca}	6.90±0.18 ^{Cb}	7.00±0.00 ^{Ca}	6.90±0.10 ^{Da}
8	7.00±0.00 ^{Ba}	6.70±0.15 ^{CDEb}	7.90±0.10 ^{Ca}	6.80±0.13 ^{EDb}	7.40±0.16 ^{Ca}	6.90±0.10 ^{Cb}	6.90±0.10 ^{Ca}	6.60±0.16 ^{Da}
12	6.70±0.15 ^{ABa}	6.50±0.17 ^{CDEa}	7.10±0.10 ^{Ba}	6.70±0.15 ^{CDEb}	7.30±0.15 ^{Ca}	6.80±0.13 ^{Cb}	6.80±0.13 ^{Ca}	6.60±0.16 ^{Da}
16	6.60±0.16 ^{ABa}	6.30±0.15 ^{BCDb}	6.30±0.15 ^{Aa}	6.30±0.15 ^{BCDa}	5.80±0.25 ^{Ba}	6.50±0.17 ^{Cb}	5.20±0.25 ^{Ba}	6.30±0.15 ^{Db}
20	6.30±0.15 ^{Aa}	6.00±0.15 ^{ABCa}	6.20±0.13 ^{Aa}	6.10±0.10 ^{BCa}	3.80±0.20 ^{Aa}	5.60±0.16 ^{Bb}	3.60±0.16 ^{Aa}	5.40±0.22 ^{Cb}
24		5.70±0.15 ^{AB}		5.80±0.13 ^B		5.30±0.15 ^B		4.90±0.10 ^C
28		5.60±0.16 ^{AB}		5.10±0.10 ^A		4.20±0.20 ^A		4.10±0.18 ^B
32		5.40±0.22 ^A		4.50±0.17 ^A		3.60±0.22 ^A		3.00±0.26 ^A

Farklı harf(a,b,...) taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Farklı harf(A,B,...) taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Depolamanın başlangıcında 7.80±0.13 olarak belirlenen OH renk puanı, depolama süresince azalarak 20.gün 6.30±0.15 olarak saptanmıştır. Depolamanın 4., 8., 12. ve 16. gününe ait OH renk puanları depolamanın başlangıç(0.) ve son gününe(20.) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık (p<0.05) göstermiştir. Depolamanın başlangıcında GL renk puanları 7.10±0.10 olarak belirlenmiş, depolamanın ilerleyen günlerinde bu değer azalma göstermiştir. Depolamanın ilk 12 günü ölçülen GL renk puanları arasında belirlenen sayısal farklılığın istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık(p>0.05) olmadığı anlaşılmıştır. Depolamanın devamında GL renk puanları azalmaya devam etmiş ve 32. günde 5.40±0.22 olarak saptanmıştır. OH ve GL renk puanları karşılaştırıldığında, depolama süresince OH renk puanının, GL renk puanından yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcı OH ve GL renk puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmış (p<0.05), benzer şekilde 8. ve 16. renk puanları arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu (p<0.05) görülmüştür. Depolamanın 4., 12. ve 20. günlerine ait OH ve GL renk beğeni puanları arasında ortaya çıkan sayısal farklılığın ise istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) olmadığı

belirlenmiştir. Depolamanın sonunda OH ve GL renk puanları kabul edilebilirlik sınırı olan 4.0 puanın altına inmemiştir.

Koku beğenisi dikkate alındığında, depolama başlangıcında 7.90 ± 0.10 olarak belirlenen OH koku puanı, 8. güne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ($p > 0.05$) göstermemiştir. Depolamanın devamında OH koku puanı istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($p < 0.05$) göstererek 12. günde 7.10 ± 0.10 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 16. ve 20. gününde sırasıyla 6.30 ± 0.15 ve 6.20 ± 0.13 olarak saptanan OH koku değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamış ($p > 0.05$), bu günlerde saptanan koku değerlerinin, depolamanın diğer günlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir ($p < 0.05$) farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında 7.10 ± 0.18 olan GL koku puanı, 12. güne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p > 0.05$) göstermemiş, 16. günde ise hızlı bir azalma göstererek 6.30 ± 0.15 değerini almıştır. Depolamanın 20. ve 24. günlerinde GL koku puanları sırasıyla 6.10 ± 0.10 ve 5.80 ± 0.13 olarak belirlenmiş ve 16. günde dahil olmak üzere bu günler arasında görülen sayısal farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır. Depolamanın 24., 28. ve 32. günlerinde belirlenen GL koku puanları sırasıyla 5.80 ± 0.13 , 5.10 ± 0.10 , 4.50 ± 0.17 olarak belirlenmiş, 24. ve 28. günler için belirlenen GL koku puanları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu anlaşılmıştır. OH ve GL koku beğenileri karşılaştırıldığında, depolamanın ilk 12 günü OH koku puanları GL koku puanlarından yüksek saptanmış ve örnekler arasında saptanan farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Depolamanın 16. günü OH ve GL aynı koku puanını almış, 20. günde ise OH koku puanı GL koku puanından daha yüksek puan almış olsa da koku puanları arasında anlamlı bir farklılık ($p > 0.05$) belirlenmemiştir. Depolamanın sonunda OH ve GL koku puanları kabul edilebilirlik sınır değerini aşmamıştır.

Depolama başlangıcında, OH tat puanı 7.90 ± 0.10 olarak belirlenmiş ve depolamanın 4., 8. ve 12. günlerinde tat puanları sayısal olarak azalmış olsa da, bu azalma istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmamıştır. Depolamanın 16. ve 20. günlerinde OH tat puanları sırasıyla 5.80 ± 0.25 ve 3.80 ± 0.20 olarak belirlenmiş ve bu günler arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir farklılık saptanmıştır. GL tat puanı depolamanın başlangıcında 7.10 ± 0.18 olarak belirlenmiş, depolamanın 16. günü tat puanı azalarak 6.50 ± 0.17 olarak saptanmıştır. Depolamanın ilk 16 günü belirlenen tat puanları arasında belirlenen sayısal farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Depolamanın devamında tat puanı azalarak 32. gün sonunda 3.60 ± 0.22 olarak belirlenmiştir.

Depolama boyunca belirlenen OH ve GL tat puanları karşılaştırıldığında, tat puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Depolamanın ilk 12 günü OH tat puanının, 16. günden itibaren GL tat puanının daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Duyusal değerlendirmeden elde edilen tat puanlarına göre; OH 20. günde, GL ise 32. günde kabul edilebilirlik sınırı olan 4.0 puanın altına düşerek, “bozulmuş” olarak değerlendirilmiştir.

Depolama başlangıcında, OH tekstür puanı 7.40 ± 0.16 olarak belirlenmiş ve depolamanın 4., 8. ve 12. günlerinde tekstür puanları sayısal olarak azalmış, fakat bu değişim istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmamıştır. Depolamanın 16. ve 20. günlerinde tekstür puanları istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir değişim göstererek, sırasıyla 5.20 ± 0.25 ve 3.60 ± 0.16 olarak ölçülmüştür. GL tekstür puanı depolamanın başlangıcında 6.90 ± 0.18 olarak belirlenmiş olup, depolamanın 16. gününde 6.30 ± 0.15 olarak belirlenmiştir. Depolamanın ilk 16 günü, GL tekstür puanında belirlenen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Depolamanın 20. ve 24. günlerinde GL tekstür puanı sırasıyla 5.40 ± 0.22 , 4.90 ± 0.10 olarak belirlenmiştir. Bu günlere ait tekstür puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Depolamanın 28. ve 32. günlerinde GL tekstür puanı 4.10 ± 0.18 ve 3.00 ± 0.26 olarak belirlenmiş ve depolamanın 24., 28. ve 32. günleri tekstür puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir farklılık belirlenmiştir. OH ve GL tekstür puanları karşılaştırıldığında, depolamanın ilk 12 günü tekstür puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p > 0.05$) bulunmamıştır. Depolamanın 16. günden itibaren GL tekstür puanı OH tekstür puanından daha yüksek belirlenmiş ve aradaki fark istatistiksel ($p < 0.05$) olarak anlamlı hale gelmiştir. Soğukta depolanan ezme örneklerinin tekstür puanları dikkate alındığında; OH için 20. günde, GL için 32. günde ezme örnekleri kabul edilebilirlik sınırı olan 4.0 puanın altında kalarak, “bozulmuş” olarak değerlendirilmiştir.

Martin-Sanches ve ark. (2013), ezmelerin renk değerlerinin 3.89-5.94, tat değerlerinin 5.67-6.33, koku değerlerinin ise 5.17-6.11 aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmanın sonucunda ezme ürünler için renk beğenisinin önemli bir problem kaynağı olabileceği ifade edilmiştir. Ezmelerin duyusal değerlendirmesinin

gerçekleştirildiği farklı bir çalışmada, tat puanı 8.6-9.0, koku puanı 8.5-8.8, renk 8.5-9.0 ve tekstür puanı 8.8-9.0 aralığında değişim göstermiştir (Abu-Salem ve Arab, 2010). Ünlüsayın ve ark. (2007) balık ezmelerinde tat değerinin 6.80-7.25, tekstür değerinin 6.88-7.90, renk değerinin 5.15- 7.41 ve koku değerinin 6.63-7.43 aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Bilgin ve ark. (2005) dumanlanmış balık filetolar ile ezme üretimi gerçekleştirilen çalışmada, kadife balığı ezmelerine ait tat, tekstür, renk ve koku puanlarını sırasıyla 6.33, 6.24, 6.90 ve 7.04 olarak, sudak balığı ezmelerine ait değerleri ise sırasıyla 6.33, 6.53, 6.38 ve 7.45 olarak belirlemiştir.

Depolamanın balık ezmesi üstündeki etkilerini inceleyen Amaral ve ark. (2015) ısıtıl işlem görmüş ezmeleri soğuk depolamanın farklı günlerinde duyuşal yönden değerlendirmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda depolamanın başında renk 7.1, koku 7.0-7.1, tat 6.4-6.6, tekstür 7.1 olarak değerlendirilmiş, 30 gün depolamanın ardından renk 6.8-6.9, koku 6.6, tat 6.0-6.3, tekstür 6.8-7.0 olarak değişim göstermiştir. Çalışma sonucunda Amaral ve ark. (2015), ezmelerin depolama boyunca tat, koku, renk ve tekstür özelliklerinde kayıplar yaşandığını belirtmiş ve ezmelerin raf ömrünü (4°C) 30 gün olarak rapor etmiştir. İzci ve ark. (2016), renk, koku, tat ve tekstür değerlerinin depolamanın başlangıcında sırasıyla 7.50, 8.08, 8.33, 7.50 olarak belirlediği çalışmada, aynı değerleri muhafazanın 35. gününde sırasıyla 6.83, 7.08, 6.66, 6.75 olarak saptamıştır. Dumanlanmış balık salamları ile yapılan bir çalışmada, tat, koku, renk ve tekstür özelliklerinin 7-8 puan aralığında değişim gösterdiği bildirilmiş, 30 gün depolamanın ardından duyuşal özelliklerde önemli değişiklikler olmadığı rapor edilmiştir (Ferreira Silva Bartolomeu ve ark., 2014). Alabalık burgeri ile yapılan çalışmada, soğuk depolama başlangıcında tat, koku, renk ve tekstür puanlarının sırasıyla 6.09-6.82, 5.91-6.45, 6.18-6.45 ve 5.91-7.09 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerler 21 gün sonunda yapılan duyuşal değerlendirmelerde tat için 4.00-4.92, koku için 3.83-5.25, renk için 5.00-6.00 ve tekstür için 4.75-5.50 aralığında belirlenmiştir (Taşkaya ve ark., 2003).

Renk bulgularımız literatür verileri ile karşılaştırıldığında, depolama başlangıcı OH ve GL renk puanları Martin-Sanches ve ark(2013), Bilgin ve ark.(2005) ve Ünlüsayın ve ark. (2007) tarafından bildirilen renk puanlarından yüksek, Abu-Salem ve Arab (2010) tarafından bildirilen puanlardan düşük olduğu belirlenmiştir. Ferreira Silva Bartolomeu ve ark.(2014), tarafından bildirilen verilerin ise her iki grubumuza ait verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda OH ve GL renk puanlarının İzci ve ark.(2016)

tarafından 35. gün için bildirilen değerlerden düşük olduğu saptanmıştır. Taşkaya ve ark. (2003) tarafından 21. gün için bildirilen değerlerin depolama sonu OH renk puanlarından düşük, depolama sonu GL renk puanları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Koku bulgularımız literatür verileri ile karşılaştırıldığında depolama başlangıcında OH ve GL bulgularımız Taşkaya ve ark. (2003) ve Martin-Sanches ve ark (2013) tarafından bildirilen değerlerden yüksek, İzci ve ark. (2016) ve Abu-Salem ve Arab (2010) tarafından bildirilenlerden düşük kalmıştır. Depolama süresi içerisindeki koku puanları literatür verileri ile karşılaştırıldığında Amaral ve ark. (2015) tarafından 30.gün yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen veriler, OH ve GL koku değerlerinden yüksek bulunmuştur. Taşkaya ve ark. (2003) tarafından 21. gün için bildirilen değerlerin OH bulgularından düşük fakat GL bulguları ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan ezmelerin tat değerleri literatürde yer alan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, OH ve GL tat değerleri Amaral ve ark.(2015), Taşkaya ve ark. (2003), Martin-Sanches ve ark. (2013) ve Bilgin ve ark. (2005), tarafından bildirilen değerlerden yüksek, İzci ve ark. (2016) ve Abu-Salem ve Arab (2010) tarafından bildirilen değerlerden düşük bulunmuştur. Ferreira Silva Bartolomeu ve ark. (2014) tarafından bildirilen tat beğenilerinin ise OH ve GL tat beğenileri uyumlu olduğu görülmüştür. Soğuk depolama süresi içerisinde tat beğenisindeki değişimler literatür verileri ile karşılaştırıldığında, depolama süresi sonundaki OH ve GL tat puanları, Amaral ve ark. (2015), İzci ve ark. (2016) ve Taşkaya ve ark. (2003) tarafından bildirilen tat değerlerinden düşük kalmıştır.

Depolama başlangıcı OH ve GL tekstür puanı Bilgin ve ark. (2005) tarafından bildirilen tekstür puanından yüksek, İzci ve ark. (2016), Abu-Salem ve Arab (2010) tarafından bildirilen tekstür puanından daha az beğeni puanı almıştır. OH ve GL tekstür puanının Ünlüsayın ve ark. (2007) tarafından bildirilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Depolama süresi sonunda OH ve GL tekstür puanları Amaral ve ark. (2015) tarafından 30.gün, İzci ve ark. (2016) tarafından 35. gün ve Taşkaya ve ark. (2003) tarafından 21. gün beğeni puanlarından daha düşük puan almıştır. Çalışmamızda depolama sırasında “bozulma” tat ve tekstür özelliklerinde gerçekleşmiş olup, Siret ve

Issanchou (2000)'da tat ve tekstürel özelliklerin ezme kalitesi üstünde en büyük etkiyi yapan duyuşal özellikler olduğunu belirterek bulgularımızı desteklemiştir.

Literatür bulguları ile çalışma bulguları karşılaştırıldığında ortaya çıkan farklılıkların, ürün formülasyonlarının ve işleme yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ek olarak OH ve GL duyuşal özellikleri arasında da farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcında belirlenen renk, koku, tat ve tekstür özelliklerinin tamamında OH örnekleri, GL örneklerinden daha fazla beğenilmiştir.

Zell ve ark(2010b) ohmik işlem görmüş etlerin renk ve koku beğenisinin geleneksel ısıtma yöntemlerinden daha çok beğenildiğı, tat yönünden ise geleneksel yollarla ısıtılan örneklerin daha çok beğenildiğı bildirmiş ve ohmik ısıtma ile et örneklerinin daha sert ve susuz bir yapı aldığını rapor etmiştir. Bozkurt ve İçier (2010a), ohmik ve geleneksel metotlar kullanılarak ısıtılan etlerin tekstürel yönden farklılık gösterdiğini bildirmiş, pişme süresinin etlerin fiziksel özellikleri üstündeki önemli etkisi nedeniyle tekstürel özelliklerde farklılık olabileceğini bildirmiştir. Bozkurt ve İçier (2010b) başka bir çalışmada pişirme yönteminin kıymaların tekstürel özelliklerini etkilediğini rapor etmiştir. Bu açıklamalardan farklı olarak Piette ve ark.(2004), ohmik ve geleneksel ısıtma uygulanmış bologna tipi sosislerde görünüş ve tekstür özellikleri açısından farklılık görülmediğini belirtmiştir.

Çeşitli araştırmalarda, uygulanan ısıl işleme bağlı olarak tat ve kokunun geliştiğı, bu gelişimin uçucu olmayan bazı bileşikler (amino asitler, peptidler, karbonik asitler, şeker ve bunların organik tuzları gibi) ve (alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler, benzol bileşikleri ve laktonlar gibi) altmıştan fazla uçucu tat ve koku bileşikleri ile oluştuğı ortaya konulmuştur (Brewer 2006, Öztan 2010). Lucas(2004), ısıl işlemler sonucunda kas lifi proteinlerinin denaturasyona uğrayabileceğini, et yapılarının kısılmaya, kurumaya ve sertleşmeye başlayabileceğini ifade etmiş, ilerleyen ısıl işlem nedeniyle etin daha gevrek bir hale geleceğini belirtmiştir. Çalışmamızda ohmik ve geleneksel ısıl işlem sırasında oluşan farklı sıcaklık-zaman profillerinin, duyuşal özelliklerde farklılıklara yol açabileceğı değerlendirilmektedir. Isıtma sırasında gerçekleşen fiziksel ve kimyasal değişimler, ezme örnekleri arasında renk, koku, tat ve tekstür özelliklerinde farklılıklara sebep olmuş olabilir. Depolama sırasında ise ezme örneklerinde otolitik, kimyasal ve

bakteriyel değişimlerin sonucu olarak duyuşal özelliklerde kalite kayıpları olabileceğı belirtilmiş olup (Bremner ve ark.,2002;Dainty ve Mackey,1992), benzer değişimlerin çalışmamız içinde geçerli olduğı değerlendirilmektedir.

4.6. Ohmik ve Geleneksel Isıtmanın Teknolojik Özellikleri

4.6.1. Elektrik İletkenlik

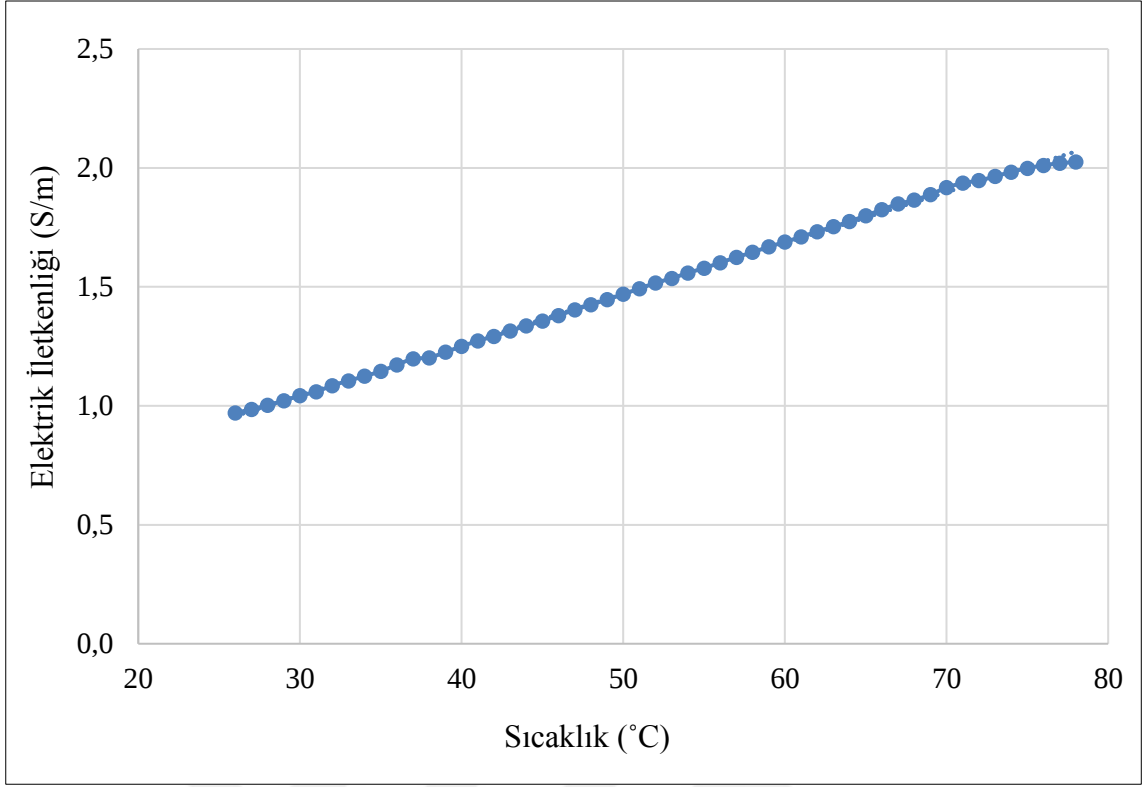
Ezme örneklerinin ohmik ısıtılması sırasında ezmenin elektrik iletkenliğinin sıcaklığa bağılı değişimi Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Ezme elektrik iletkenliğinin (S/m) sıcaklıkla değişimi

Sıcaklık (°C)	Elektriksel İletkenlik (S/m)	Sıcaklık (°C)	Elektriksel İletkenlik (S/m)
26	0.97±0.04	55	1.58±0.00
30	1.04±0.04	60	1.69±0.02
35	1.15±0.03	65	1.80±0.04
40	1.25±0.03	70	1.90±0.06
45	1.36±0.02	75	2.00±0.06
50	1.47±0.01	78	2.02±0.05

Ohmik ısıtma sırasında ezme örneklerinin elektrik iletkenliği 26°C’de 0.97±0.04 S/m olarak tespit edilmiş, sıcaklık artışıyla birlikte, elektrik iletkenliğinde artış (Şekil 4.7) olduğı saptanmıştır. Ezme örneklerinin elektrik iletkenliği 30°C’de 1.04±0.04 S/m, hedef sıcaklık 78°C’de 2.02±0.05 S/m olarak belirlenmiştir.

Gıdaların ohmik ısıtılması sırasında, dikkate alınması gereken en önemli özelliğı, o gıdanın elektrik iletkenliğidir. Ohmik ısıtmada ısı oluşumu gıdanın elektrik iletkenliğinin kontrolü ile sağlanır (Palaniappan ve Sastry,1991a,1991b; De Alwis ve Fryer, 1992). Bu nedenle elektriksel iletkenliğin ohmik ısıtma işlemleri için anahtar parametrelerden biri olduğı ifade edilmiştir (Marra ve ark.,1999).



Şekil 4.7. Ezme elektrik iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi

Çalışmamızda dumanlanmış alabalık etinden üretilen ezmelerin ohmik ısıtma sırasında elektrik iletkenliği 0.97-2.02 S/m arasında değişim göstermiştir. Balık ezmelerin elektrik iletkenliği sıcaklık arttıkça artmış başka bir ifadeyle ezmelerin elektrik akımına karşı gösterdiği direnç sıcaklık artışına bağlı olarak azalmıştır. Çalışmamızda elektrik iletkenliğinin sıcaklığa bağlı değişiminin birinci dereceden bir fonksiyon olduğu belirlenmiş ve bu fonksiyonun

$$\sigma = 0.0214 T + 0.4015 \quad (R^2=0.999) \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilebileceği saptanmıştır.

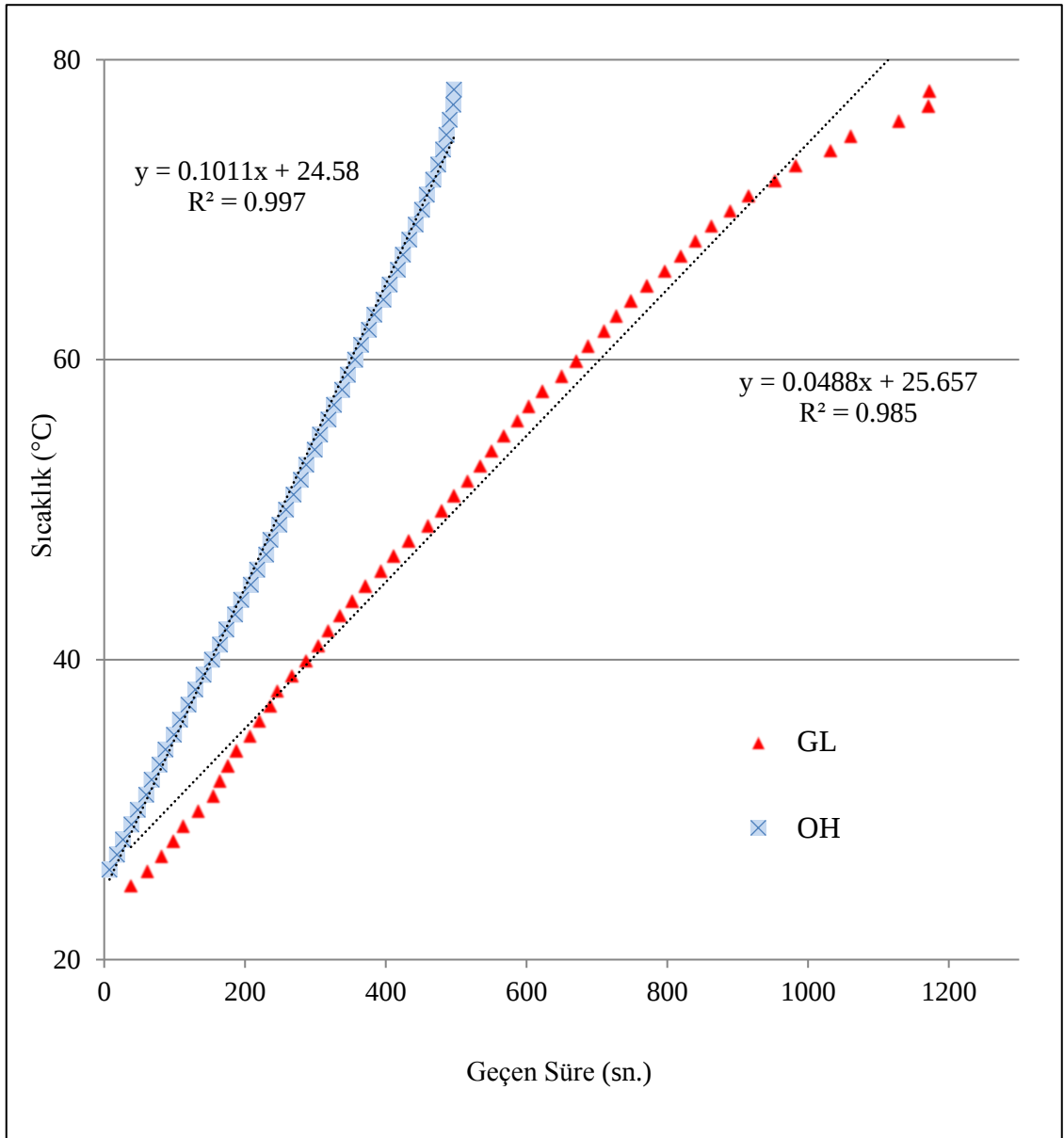
De Hellux ve arkadaşları (2005) emülsiyon bir ürün olan salamın elektrik iletkenliğini sıcaklığın birinci dereceden fonksiyonu ($\sigma=0.0093T+0.13$ $R^2=0.996$) olarak açıklamış, benzer bir çalışmada da elektriksel iletkenliğindeki değişimin sıcaklığın lineer bir fonksiyonu olarak açıklanabileceği belirtilmiştir (Palaniappan ve Sastry, 1991b). Sarang ve ark. (2008) farklı et örnekleri ile gerçekleştirdikleri çalışmada, sabit voltaj gradyanı altında elektrik iletkenliğinin sıcaklıkla doğrusal olarak arttığını saptamıştır.

Çeşitli araştırmalarda (Pongviratchai ve Park,2007;Kanjapongkul ve ark.,2008; Zell ve ark.,2009a; Jin ve ark.,2015) sıcaklık artışı ile iletkenliğin doğrusal bir artış gösterdiği ifade edilmiş, bu araştırmalardan farklı olarak Shirsat ve ark.(2004b), sıcaklık ve elektrik iletkenliği arasındaki ilişkinin lineer değil asimptotik olduğunu belirtmiştir. Çalışma bulgularımız ile literatür bulgularının sıcaklık-elektrik iletkenliği ilişkisini açıklama yönünden genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür.

Et örneklerinin elektrik iletkenliğinin değerlendirildiği çalışmalarda (McKenna ve ark., 2006) elektriksel iletkenliğinin et parçaları için 0.64-0.76 S/m arasında, kıyma haline getirilmiş et örnekleri için 0.82-0.86 S/m arasında değiştiğini bildirmiştir. Sarang ve ark.(2008) et örneklerinin elektriksel iletkenlik değerlerinin 0.348-2.212 S/m arasında değişim gösterdiğini saptamıştır. Lyng(2014) güvenlik, maliyet ve kalite parametreleri nedeniyle, ohmik ısıtma işleminde elektrik iletkenliğinin 0.01-10 S/m aralığında olması gerektiğini belirtmiş, ideal aralığının 0.1-5 S/m olduğunu vurgulamıştır. Balık ezmesi elektrik iletkenliğinin Sarang ve ark.(2008) ve McKenna ve ark.(2006) tarafından rapor edilen iletkenlik değerlerinden yüksek olduğu ve balık ezmesinin iyi bir iletken olduğu belirlenmiştir. Lyng(2014) tarafından belirtilen elektrik iletkenliği değerleri dikkate alındığında ise, balık ezmelerinin ohmik ısıtma işlemine uygun gıdalar olduğu anlaşılmıştır. Balık ezmelerinin işlenmesi sırasında tuzlu suda bekletilmesinin ezme iletkenliğini arttırıcı etki yaptığı değerlendirilmektedir.

4.6.2. Sıcaklık Değişimleri ve Enerji Verimliliği

Ohmik ısıtma sırasında ezme örneklerinde 6 noktada (Şekil 3.18), geleneksel ısıtmada sırasında 2 noktada (Şekil 3.19) sıcaklık değişimleri takip edilmiştir. Örneklerin hedef sıcaklık olan 78°C ye ulaşılabilmesi için ohmik ısıtmada 497±23 sn. ve geleneksel ısıtmada 1172.5±83.5 sn. süre gerekli olmuştur. Balık ezmelerin ohmik ve geleneksel ısıtma sırasında ezme sıcaklığının zamanla değişimi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi

Ölçüm yapılan noktalarda tespit edilen en düşük sıcaklık artış hızı $6.29 \pm 0.29^\circ\text{C/dk}$ ile 1 nolu ölçüm noktasında gerçekleşmiştir. Diğer noktalarda belirlenen sıcaklık artış hızı $6.34\text{--}6.88^\circ\text{C/dk}$ aralığında değişim göstermiş, en yüksek sıcaklık artış hızı 6 nolu noktada saptanmıştır. Ohmik ısıtmanın sonunda ölçüm noktalarında belirlenen son sıcaklık değeri ile soğuk nokta olarak belirlenen 1 nolu ölçüm noktası arasındaki sıcaklık farkları değerlendirildiğinde ezme içi sıcaklık farkının $4.40 \pm 0.68^\circ\text{C}$ olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.21).

Balık ezmelerin geleneksel yöntemle ısıtılması sırasında soğuk nokta olarak 2 nolu ölçüm noktası belirlenmiş ve bu noktadaki sıcaklık artış hızı 2.73 ± 0.19 °C/dk. ile sınırlı kalmıştır. 2 nolu ölçüm noktası (soğuk nokta) hedeflenen sıcaklık değerine ulaştığında, 1 nolu ölçüm noktasının sıcaklığı 87.0 ± 3.0 °C olarak ölçülmüş ve 1 nolu ölçüm noktasının sıcaklık artış hızı 3.20 ± 0.38 °C/dk. olarak saptanmıştır. Ölçüm yapılan iki nokta arasında oluşan sıcaklık farkı 9.0 ± 3.0 °C olarak belirlenmiştir. Ezme örneklerinde belirlenen soğuk noktanın konumu geleneksel ısıtmadan farklı olarak ohmik ısıtmada, ezme örneklerinin en dış kısmında, yüzeye en yakın ölçüm noktasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.21 Isıtma sistemlerine ait sıcaklık ölçüm değerleri

	Sıcaklık Ölçüm Noktası	Isınma Süresi	Son Sıcaklık	Sıcaklık Artış Hızı	Isıtma Sonunda Soğuk Nokta İle Arasında Oluşan Sıcaklık Farkı
		Sn.	°C	°C/dk.	°C
Ohmik Isıtma	1	497±23	78.00±0.00	6.29±0.29	-
	2	497±23	82.50±1.50	6.70±0.01	4.50±1.50
	3	497±23	82.00±2.00	6.52±0.06	4.00±2.00
	4	497±23	84.00±1.00	6.82±0.01	6.00±1.00
	5	497±23	80.00±1.00	6.34±0.11	2.50±0.50
	6	497±23	83.50±1.50	6.88±0.04	5.00±2.00
	Ortalama	-	81.67±0.91	6.59±0.08	4.40±0.68
Geleneksel Isıtma	1	1172.5±83.5	87.00±3.00	3.20±0.38	9.00±3.00
	2	1172.5±83.5	78.00±0.00	2.73±0.19	-
	Ortalama	-	82.50±2.87	2.96±0.22	9.00±3.00

Ohmik ve geleneksel ısıtma yöntemlerinde enerji verimliliğinin belirlenmesi amacıyla balık ezmesi özısıısı ve ısıtma sırasında örneklere aktarılan enerji belirlenerek Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Ezmenin farklı sıcaklıklardaki özısı (kJ/kg°C) değerleri ve aktarılan enerji miktarı (kJ)

Sıcaklık	Özısı	Ürüne Aktarılan Enerji	
(°C)	(kJ/kg°C)	Q_{ohm} (kJ)	$Q_{geleneksel}$ (kJ)
30	3.2863	4.9294	3.5492
35	3.2894	4.9341	3.5525
40	3.2926	4.9389	3.5560
45	3.2959	4.9439	3.5596
50	3.2994	4.9491	3.5633
55	3.3029	4.9544	3.5672
60	3.3066	4.9599	3.5711
65	3.3104	4.9656	3.5752
70	3.3143	4.9714	3.5794
75	3.3183	4.9774	3.5837
78	3.3207	4.9811	3.5864
Aktarılan Toplam Enerji		262.45	188.96

Balık ezmelerin 78°C ye ısıtılması için ohmik ısıtmada 293.37 kJ ve geleneksel ısıtmada 1895 kJ enerji harcanmış ve bu enerjinin ohmik ısıtma sisteminde 262.45 kJ ve geleneksel ısıtma sisteminde 188.96 kJ kısmı ürüne aktarılmıştır. Isıl işlem sonunda ısıtma sistemlerinin verimliliği ohmik ısıtma için % 89.89 ve geleneksel ısıtma için % 9.25 olarak gerçekleşmiştir. Isıtma sistemlerine ait enerji sarfıyatı ve verimlilik değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Isıtma sistemlerine ait enerji tüketim miktarları ve verimlilik değerleri

	Birim	Ohmik	Geleneksel
Ürüne Aktarılan Enerji	kJ	262.45	188.97
Sistemde Harcanan Enerji	kJ	293.37±10.85	2046.60±91.80
Sistemde Harcanan Enerji	kJ/kg	195.57±7.24	1895.00±85.00
Enerji Verimliliği	%	89.89±3.31	9.25±0.41

Geleneksel ve ohmik ısıtma işlemleri arasında işlem süresi ile sıcaklık artış hızı kadar enerji sarfiyatı ve enerji verimlilik değerlerinde de önemli farklılıklar belirlenmiştir. Geleneksel ısıtma sisteminde 1 kg balık ezmesinin belirlenen sıcaklık derecesine ısıtılması için 1895.0 ± 85.0 kJ enerji harcanmış, aynı ısıtma için ohmik ısıtma sisteminde 195.6 ± 7.2 kJ enerji yeterli olmuştur. Ohmik ısıtma sistemi, geleneksel ısıtma sistemine göre birim miktarda harcanan enerji miktarını % 90 azaltarak, enerji tasarrufu sağlamıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda, geleneksel dumanlama yöntemiyle pişirme işlemi için 1200-8100 kJ/kg aralığında enerji gerektiği belirtilmiş (Reichert ve Thumel,1986; Singh,1986; Reichert, 1991), ohmik ısıtmada ise 211-252 kJ/kg enerji sarfiyatının pişirme için yeterli olacağı ifade edilmiştir (De Halleux ve ark.,2005).

De Halleux ve ark. (2005), ohmik ısıtmanın geleneksel ısıtmaya kıyasla enerji tüketimini % 82-97 oranında, pişme süresini ise % 90-95 oranında azalttığını saptamıştır. Ohmik ısıtma sırasında dış çeperlerde yaşanan ısı kayıplarının engellenmesi durumunda işlem verimliliğinin % 90'ın üstünde olacağı değerlendirilmiş ve 5-20 °C/dk. hızında sıcaklık artışının ohmik ısıtma ile sağlanabileceğini bildirilmiştir. Ruan ve ark.(2004) kullanılan enerjinin % 90'ının ısıya dönüştüğünü, bu nedenle ohmik ısıtmanın çok verimli olduğunu belirtmiştir. Çalışmamız sırasında belirlediğimiz enerji verimliliği oranlarının literatür bulguları ile uyumlu olduğu, ohmik ısıtmanın düşük enerji tüketimi ve yüksek enerji verimliliği sağladığı anlaşılmıştır.

Zell ve ark.(2009b) su buharında pişirme için gerekli süreden üç kat daha kısa sürede, ohmik ısıtma ile istenen pişirme koşullarını sağlamıştır. Bozkurt ve İçer (2010b), 30V/cm voltaj gradyanında farklı oranlarda yağ içeren kıymaların hedeflenen sıcaklığa (80°C) ulaşmaları için geçen sürenin 48-226sn. aralığında değiştiğini belirtmiş, Özkan ve arkadaşları(2004) ise ohmik ısıtma ile desteklenmiş ızgaralı pişirme yönteminin köfte pişme süresini kısalttığını rapor etmiştir. Şensoy (2012), geleneksel ısıtma mekanizmaları ile karşılaştırıldığında ohmik ısıtma için gerekli sürenin oldukça kısa olduğunu belirtmiş, Brunton ve ark.(2005) et emülsiyonlarının ohmik ısıtma ile çok hızlı ısıtılabilceğini açıklamıştır. Ohmik ısıtmanın hızlı bir ısınma sağladığı ve işlem süresini kısalttığı çalışma bulgularımızla ortaya konulmuştur ve literatür bulgularıyla desteklenmiştir.

Denemelerimiz sırasında geleneksel ısıtmadan farklı olarak ohmik ısıtmada soğuk noktanın konumuda farklılık göstermiş, ohmik ısıtmada soğuk nokta dış kenarlara en yakın nokta olarak tespit edilmiştir. Piette ve ark.(2004)'da soğuk noktaların örneklerinin dış yüzeylerinde oluştuğunu belirtmiş, bu duruma kondüksiyona bağlı enerji kaybının neden olabileceğini ifade etmiştir (Piette ve ark., 2000). Marra ve ark. (2009), ohmik ısıtmanın modellenmesini inceledikleri çalışma sonucunda, ohmik ısıtmanın (geometrik merkez) iç kısımlarda izlenmesinden ziyade, gıda ve elektrot temas yüzeylerinin soğuk alanlar olarak izlenmesinin gerekliliğini ifade etmiştir. Sıcaklık artış hızı, işlem süresi, enerji verimliliği bulgularımızın literatür bulguları ile uyumlu olduğu görülmüş olup, teknolojik yönden ohmik ısıtmanın geleneksel ısıtmadan oldukça farklı teknik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.



5. SONUÇ

Bu çalışmada, dumanlanmış alabalık filetolarından üretilen ezmelerin yeni gıda işleme teknolojilerinden biri olan ohmik yöntemle ısıtılmasının etkileri incelenmiştir. Balık ezmeleri buzdolabı koşullarında raf ömrü boyunca muhafaza edilerek, kalite değişimleri belirlenmiştir. Balık ezmelerinde kalite değişimlerinin belirlenmesi amacıyla deneme planında belirtilen periyotlarla fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ohmik ve geleneksel ısıtma sistemlerinin teknolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi yapılarak aşağıdaki genel sonuç ve önerilere ulaşılmıştır;

1) Raf ömrü başlangıcı ve sonunda, ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtılmış balık ezmelerin nem, ham yağ, ham protein ve ham kül değerlerinin önemli değişiklikler göstermediği belirlenmiştir.

2) Kimyasal kalite parametrelerinde biri olan TVB-N miktarı, raf ömrü boyunca artış göstermiştir. Raf ömrü sonunda balık ezmeleri duyusal açıdan bozulmuş olarak nitelendirilmesine rağmen, TVB-N değerleri tüketilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

3) Balık ezmeleri TBA miktarı depolama süresi boyunca tüm gruplarda artış göstermiştir. Raf ömrü sonunda balık ezmeleri duyusal açıdan bozulmuş olarak nitelendirilmesine rağmen, TBA değerleri tüketilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

4) Balık ezmelerin pH değeri ezmelerin ısıtılması sırasında kullanılan yöntemle göre değişiklik göstermiştir. Ohmik ısıtma yöntemi, balık ezmesi pH değeri üstünde önemli bir etki yaratmazken, geleneksel ısıtma yönteminin pH değeri üstünde etkisi olmuştur.

5) Ezme örneklerinin günde bir porsiyon (100 g) tüketimi ile potasyum, fosfor, magnezyum, sodyum, demir, mangan, bakır ve molibden için önerilen günlük alım miktarının önemli oranda karşılanabileceği belirlenmiştir. Dumanlanmış balık ezmelerin potasyum, fosfor, magnezyum, sodyum, demir ve molibden içeriği yönünden zengin bir kaynak olduğu saptanmıştır.

6) Balık ezmelerini ohmik yöntemle ısıtmanın, ezmelerin krom miktarını artırıcı etkisi olmuştur. Krom miktarındaki artışa paslanmaz çelik elektrotlarda meydana gelen korozyonun neden olduğu değerlendirilmektedir. Korozyon etkisinin kontrol altına alınması amacıyla ohmik ısıtma parametreleri, balık ezmesinin yapısı ve elektrot malzemesi karakteristikleri üstünde yapılacak çalışmaların faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

7) Balık ezmelerinin ısıtılması sonrası renk değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Balık ezmelerini ısıtmada farklı yöntem kullanılmasının renk açısından bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Ezmelerin depolanması sırasında grup içi ve gruplar arası değişimler belirlenmiştir. Bu değişimlerde ısıtma yönteminin doğrudan ilişkili olmadığı, başta mikrobiyolojik aktiviteye bağlı değişimler olmak üzere diğer yapısal değişimlerin etkili olduğu değerlendirilmektedir.

8) Balık ezmelerinde belirlenen toplam bakteri sayısı ile toplam maya ve küf sayısında depolama süresi boyunca artış belirlenmiştir. Ohmik yöntemle ısıtılan balık ezmelerin toplam bakteri sayısı 20. gün, toplam maya ve küf sayısı 21. gün tüketilebilirlik sınır değeri olarak kabul edilen 6 logkob/g değerini aşmıştır. Geleneksel yöntemle ısıtılan balık ezmelerin toplam bakteri sayısı 35. gün, toplam maya ve küf sayısı 36. gün tüketilebilirlik sınır değerini aşmıştır. Balık ezmelerinde toplam koliform bakteriye ise rastlanılmamıştır.

9) Balık ezmelerinin ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtılması sonrası toplam bakteri ve toplam maya ve küf sayıları arasında farklılık belirlenmemiştir. Depolama süresi içerisinde farklı yöntemlerle ısıtılan ezmelerin mikrobiyolojik aktivitelerinde farklılıklar belirlenmiştir.

10) Balık ezmelerinin ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtılması sonucu yaratılan pastörizasyon değeri farklı olmuştur. Geleneksel yöntemle ısıtma, ohmik yöntemle ısıtmaya göre balık ezmeleri üstünde 5.69 kat daha fazla pastörizasyon değeri göstermiştir. Isıtma yöntemleri arasında oluşan bu farklılığa, ısınma sırasında ezmelerin sergilediği sıcaklık-zaman profillerinin neden olduğu belirlenmiştir.

11) Çalışmada ohmik ve geleneksel yöntemle ısıtma gerçekleştirilmiş ve sıcaklık 78°C'ye ulaştığında ısıtma işlemleri sonlandırılmıştır. Ohmik ısıtma işleminin, geleneksel ısıtma işleminden ortalama 675.5 sn. daha kısa sürdüğü belirlenmiştir. Ohmik yöntemle ısıtılan balık ezmelerinin 78°C'de 675.5 sn. bekletilmesi durumunda, ohmik ısıtmanın geleneksel ısıtma ile elde edilen pastörizasyon değerinin yaklaşık 8 katı daha fazla etki göstereceği belirlenmiştir. Diğer yandan geleneksel ısıtma işlemi sırasında elde edilen pastörizasyon değerinin, ohmik ısıtma işleminde elde edilebilmesi için, 78°C'de 72 sn bekletilmesinin yeterli olacağı saptanmıştır. Bu durumda, ohmik ısıtma ile geleneksel ısıtma sırasında yaratılan pastörizasyon değerine ulaşmak için gerekli sürenin % 51.55 kısalmış olacağı belirlenmiştir.

12) Dumanlanmış balık ezmelerinin farklı ısıtma yöntemleri ile ısıtılması sonucunda, ezme üstünde farklı pastörizasyon etkileri oluşmuş fakat toplam bakteri ve toplam maya-küf sayılarında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Ohmik ısıtma sırasında daha düşük pastörizasyon değeri yaratılmasına rağmen, ohmik yöntemle ısıtılan ezmelerin geleneksel yöntemle ısıtılan ezmelerle aynı mikrobiyal yüke sahip olması, ohmik ısıtmanın yarattığı termal etkinin yanı sıra ilave termal olmayan etkiye bağlanabilir.

13) Isıl işlem sonrası balık ezmelerinin duyuşal değeriendirilmesi gerçekleştirilmiş ve ohmik ısıtma uygulanmış ezmelerin daha çok beğenildiği saptanmıştır. Diğer yandan ohmik yöntemle ısıtılan ezmelerde daha hızlı duyuşal kalite kaybı gerçekleşmiş, depolamanın 20. gününde duyuşal yönden tüketilemez olarak değeriendirilmiştir. Geleneksel ısıtılmış örneklerde duyuşal yönden bozulma depolamanın 32. günü gerçekleşmiştir.

14) Isıl işlem sonrası ürüne kontaminasyona engel olmak amacıyla ohmik ısıtma yönteminin aseptik dolum teknikleri ile birlikte kullanılabilirliği yönünde gerçekleştirilecek çalışmaların faydalı olacağı değeriendirilmektedir. Diğer yandan ambalajlı ürünlerin ohmik ısıtılması amacıyla yapılacak çalışmalarda önemli bir araştırma alanı olacağı değeriendirilmektedir.

15) Balık ezmelerinin duysal değerlendirmesi sonucunda depolamaya bağlı olarak tat ve tekstür özelliklerinin daha hızlı kalite kaybına uğradığı belirlenmiştir. Çalışmamızda, dumanlanmış balık ezmeleri için tat ve tekstür beğenisinin raf ömrünü belirleyici duysal kalite parametreleri olduğu saptanmıştır.

16) Balık ezmelerinin elektrik iletkenliği sıcaklıkla değişim göstermiş ve sıcaklık arttıkça iletkenlik doğrusal olarak artmıştır. Dumanlanmış balık ezmesi elektrik iletkenliğinin sıcaklığın birinci dereceden bir fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

17) Ohmik yöntemle ısıtılan balık ezmeleri istenen sıcaklık derecesine çok hızlı bir şekilde ısıtılmıştır. Ohmik yöntemle ısıtma, geleneksel yöntemle ısıtmaya göre ısıtma süresini 2.36 kat azaltmış, ezmelerin çok daha kısa sürede ısıtılmasını sağlamıştır.

18) Balık ezmelerinin ısıtılması sırasında ısıtma yöntemine bağlı olarak ürün içi sıcaklık dağılımı farklılık göstermiştir. Geleneksel ısıtma sırasında ürün içi sıcaklık farklarının ohmik ısıtmaya kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ohmik yöntemle ısıtmanın balık ezmelerinde daha dengeli bir sıcaklık dağılımı sağladığı belirlenmiştir.

19) Ohmik yöntemle ısıtmada geleneksel yöntemle ısıtmadan farklı olarak soğuk nokta, balık ezmelerinin geometrik merkez noktası yerine ısı kaybının daha hızlı gerçekleştiği dış çeperlere yakın noktada belirlenmiştir.

20) Ohmik yöntemle ısıtma sırasında, geleneksel ısıtma sistemine kıyasla tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ürüne aktarılmıştır. Geleneksel ısıtma sistemi % 9.25 verimle çalışırken, ohmik ısıtma yöntemi % 89.89 verimle çalışmıştır. Ohmik ısıtma sisteminin çok daha verimli olduğu ve daha az enerji tüketimi sağladığı belirlenmiştir. Diğer yandan, ohmik yöntemle ısıtmada sırasında geleneksel yöntemle ısıtmada olduğu gibi ısı aktarımı amacıyla su kullanılmamış, atık su yaratılmamıştır.

21) Çalışmadan elde edilen veriler dikkate alınarak ısıtma işlemlerin maliyet değerlendirmesi yapıldığında; bir ton balık ezmesinin geleneksel yöntemle ısıtılması için harcanması gereken enerji maliyetinin yaklaşık 207.40 TL olduğu, ohmik yöntemle ısıtılması için harcanması gereken enerji maliyetinin yaklaşık 21.41 TL olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak;

Yeni gıda işleme teknolojileri içerisinde elektriksel yöntemlerden biri olarak anılan ohmik ısıtmanın, geleneksel ısıtma yöntemlerinden farklı teknolojik özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Ohmik ısıtma yönteminin sağladığı kısa işlem süresi, yüksek ısınma hızı, yüksek enerji verimliliği ve atık su oluşturmama gibi avantajların yeni ürün ve üretim teknolojileri geliştirilmesine katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir.

Balık ezmeleri “tüketime hazır gıda” olarak beğeniyle tüketilmiştir. Bu yönüyle balık ezmelerinin tüketime hazır gıda sınıfı içerisinde su ürünlerinin ürün çeşitliliğini arttırılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abu-Salem, F.M., Arab, E.A.A., 2010. Chemical properties, microbiological quality and sensory evaluation of chicken and duck liver paste (foie gras). *Grasas y Aceites*, 61(2), 126-135.
- Ackman, R.G., 1989. Nutritional Composition of Fats in Sea Foods. *Progress in Food and Nutrition Science*, 13: 161-241. 1989
- Ahlgren, G., Blomqvist, P., Boberg, M., Gustafsson, I. B., 1994. Fatty acid content of the dorsal muscle-an indicator of fat quality in freshwater fish. *Journal of Fish Biology*, 45(1), 131-157.
- Aksun, E.T., Karakaya Tokur, B., 2014. Effects of sodium bicarbonate injection on sensory and chemical qualities of rainbow trout during iced storage. *Ege J Fish Aqua Sci* 31(2): 97-105. doi: 10.12714/egejfas.2014.31.2.06
- Al-Reza, S., Karmaker, S., Hasan, M., Roy, S., Hogue, R., Rahman, N., 2015. Effect of traditional fish processing methods on the proximate and microbiological characteristics of *Laubuka dadiburjori* during storage at room temperature. *J Fish Aquat Sci* 10(4):232-243.
- Amaral, D.S., Silva, F.A.P., Bezerra, T.K.A., Arcanjo, N.M.O., Guerra, I.C.D., Dalmas, P.S., Madruga, M.S., 2015. Effect of storage time and packaging on the quality of lamb pate' prepared with variety meat. *Food packaging and shelflife* 3:39-46.
- An, H.J., King, J.M., 2007. Thermal characteristics of ohmically heated rice starch and rice flours. *Journal of Food Science* 72(1):84-88.
- Anonim, 1996. Ohmic heating garners 1996 industrial achievement award. *Food Technology* 20, 114-15.
- Anonim, 2008a. Su ürünleri yönetmeliği. 21.09.2008 tarih ve 27004 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2008b. Türk gıda kodeksi. Gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ. 17.05.2008 tarih ve 26879 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2016a. <http://www.ube-yanagiya.com> Erişim Tarihi:20.06.2016
- Anonim, 2016b. http://bordro.yyu.edu.tr/abis/admin/dosya/2285/dosyalar/2285_17122014154107_43361.pdf Erişim:11.06.2016.
- Ansorena, D., Guembe, A., Mendizábal, T., Astiasarán, I., 2010. Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. *Journal of food science*, 75(2).
- AOAC, 1980. Official methods of analysis 13th ed., Association of official analytical chemists, Washington, DC.
- AOAC, 1984. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Washington. D.C., USA.

- Aquerreta, Y., Astiasara'na I., Mohino A., Bello, J., 2002. Composition of pate's elaborated with mackerel flesh (*Scomber scombrus*) and tuna liver (*Thunnus thynnus*): comparison with commercial fish pate's. Food Chemistry 77:147–153
- Aubourg, S., Pérez-Martín, R., Medina, I., Gallardo, J., 1992. Fluorescence formation during albacore (*Thunnus alalunga*) thermal processing. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 195, 332–335.
- Ayas, D., 2006. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın sıcak tütsülenmesi sonrasındaki kimyasal kompozisyon oranlarındaki değişimleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Dergisi, 23(1-3), 343-346.
- Ayerza, R., 2002. Omega-3 fatty acid enriched eggs: advantage of chia over other raw materials. Omega-3 fatty acids, evolution and human health symposium, 23-24 September 2002. Washington.
- Aymerich, T., Picouet, P.A., Monfort, J.M., 2008. Decontamination technologies for meat products. Meat Sci. 78(1-2): 114-129.
- Balpetek, D., Gürbüz, Ü., 2015. Application of ohmic heating system in meat thawing. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 2822-2828.
- Bastias, J.M., Moreno, J., Pia, C., Reyes, J., Quevedo, R., Muñoz, O., 2015. Effect of ohmic heating on texture, microbial load, and cadmium and lead content of Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis*). Innovative Food Science & Emerging Technologies, 30, 98-102.
- Baumgart, J., 1986. Microbiologische untersuchung von lebensmittel. Behr's verlag. B.Behr's GmbH. Co., Averhoffstrasse 10, 2000 Hamburg 76.
- Baygar, T., Gökoğlu, N., 2004. Ton balığının (*Katsuwonus pelamis*, L. 1758) konserveye işlenmesi sırasında besin içeriği ve kalitesinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi. Gıda/The Journal of food, 29(2):149-157.
- Bayır, İ., 2012. Farklı sistemlerde (kanal, havuz, göl) yetiştirilen gökkuşığı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 54 sayfa.
- Behnam, S., Anvari, M., Rezaei, M., Soltanian, S., Safari, R., 2015. Effect of nisin as a biopreservative agent on quality and shelf life of vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stored at 4°C. Journal of food science and technology, 52(4), 2184-2192.
- Benlloch-Tinoco, M., Martinez-Navarrete, N., Rodrigo, D., 2014. Impact of temperature on lethality of kiwifruit puree pasteurization by thermal and microwave processing. Food Control 35 (2014) 22-25.
- Berik, N., Çankırılıgil, C., Kahraman, D., 2011. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosundan kroket yapımı ve kalite niteliklerinin belirlenmesi. Kafkas Univ Vet Fak Derg., 17 (5): 735-740.

- Beyter, N., 2008. Farklı ticari yemle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının (*Onchorhynchus mykiss*) büyüme performansına, balık eti bileşimine ve yağ asitleri profiline etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, 2008.
- Bilgin, Ş., Ünlüsayın, M., Günlü, A., İzci, L., 2005. Sudak (*Sander lucioperca Bogustkaya ve Naseka, 1996*) ve kadife (*Tinca tinca L., 1758*) balığından balık ezmesi (PATÉ) yapımı, bazı kimyasal bileşenlerin ve kalite kriterlerinin belirlenmesi. EU Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 22(3-4), 399-402.
- Bilgin, Ş., Ünlüsayın, M., İzci, L., Günlü, A., 2008. The determination of the shelf life and some nutritional components of gilthead seabream (*Sparus aurata L., 1758*) after cold and hot smoking. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 32(1), 49-56.
- Biss, C.H., Coombes, S.A., Skudder, P.J., 1987. The development and application of Ohmic heating for the continuous heating of particulate foodstuffs. 10pp. Unpublished document, APV International, Ltd., Crawley, West Sussex, UK.
- Bligh, E.G., Shaw, S.J., Woyewoda, A.D., 1988. Effects of Drying and Smoking on Lipids of Fish. Fish Smoking and Drying. (Burt, J.R.- eds.), Elsevier Applied Science Publishers Ltd, London and New York, 41-53.
- Bozkurt, H., İçier, F., 2010a. Ohmic cooking of ground beef: effects on quality. Journal of Food Engineering 96(4) 481–490.
- Bozkurt, H., İçier, F. 2010b. Electrical conductivity changes of minced beef–fat blends during ohmic cooking. Journal of Food Engineering, 96(1), 86-92.
- Bremner, A, Swings, S, John, D., 2002. Understanding the concepts of quality and freshness in fish. Safety and quality issues in fish processing. 2002;163-172.
- Brewer, M.S., 2006. The chemistry of beef flavor-executive summary. University of Illinois, Departman Of Food Science and Human Nutrition.
- Brunton, N.P., Lyng, J.G., Li, W., Cronin, D.A., Morgan, D., McKenna, B., 2005. Effect of radio frequency heating on the texture, colour and sensory properties of a comminuted pork meat product. Food Res Int. 38(3):337–344.
- Burt, J.R., 1988. The effects of drying and smoking on the vitamin content of fish. In: Burt, J.R. Ed. Fish Smoking and Drying. London, UK. Elsevier. 1988; 53-61.
- Castro, I., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., 2003. The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products. Journal of Food Process Engineering 26: 17–29.
- Cheng, Q., Sun, D., 2008. Factors affecting the water holding capacity of red meat products: a review of recent research advance. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48, 137-159.
- Cheret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., Lamballerie, M. 2005. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) fillets. Journal of Food Science, 70(8), 477-483.

- Choi, Y., Okos, M.R., 1986. Effects of temperature and composition on thermal properties of food. In M. Le Maguer and P. Jelen (Eds.), Food Engineering and Process Applications, Vol. 1, Transport Phenomenon, Elsevier, London, pp. 93–101.
- Cho, H.Y., Yousef, A.E., Sastry, S.K., 1996. Growth kinetics of *Lactobacillus acidophilus* under ohmic heating. Biotechnology and bioengineering, 49(3), 334-340.
- Cho, H.Y., Yousef, A.E., Sastry, S.K., 1999. Kinetics of inactivation of *Bacillus subtilis* spores by continuous or intermittent ohmic and conventional heating. Biotechnology and bioengineering, 62(3), 368-372.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G., 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiol 21:157–165
- Cruz-Romero, M., Kelly, A.L., Kerry, J.P., 2007. Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). Innovative Food Sci. Emerg. Technol., 8(1), 30-38.
- Çaklı, S., Kılınç, B., Dinçer, T., Tolasa, S., 2006. Comparison of the shelf lifes of map and vacuum packed hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Eur. Food Res. Technol (224): 19-26.
- Çaklı, Ş., 2007. Su ürünleri işleme teknolojisi. Cilt 1. Ege Üniversitesi Yayınları. No:76. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 696 s.
- Çakmak, S., Çolak, H., 2004. Su ürünleri mevzuatı ve yaptırımlar açısından değerlendirilmesi, T.C. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müd., Ankara, 413 s.
- Çankırlılıgil, C.K., Berik, N., 2017. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kroketlerinin soğuk muhafazada (+4°C) raf ömrünün belirlenmesi. Turkish Journal Of Aquatic Sciences. 32(1): 35-48.
- Çankırlılıgil, E.C., 2012. Farklı su ürünlerinden elde edilen kaplama ürünlerin (kroket) kalite parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 101s.
- Çoban, Ö.E., Patır, B., Yılmaz, Ö., 2014. Protective effect of essential oils on the shelf life of smoked and vacuum packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* w.1792) fillets. J Food Sci Technol, 51(10):2741–2747.
- Dainty, R. H., Mackey, B. M., 1992. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. Journal of Applied Bacteriology, 73:103–114.
- Dallabona, B. R., Karam, L. B., Wagner, R., Bartolomeu, D.A.F.S., Mikos, J.D., Francisco, J.G.P., Macedo, R.E.F., Kirschnik, P. G., 2013. Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. Revista Brasileira de Zootecnia, 42(12), 835-843.
- Dalmas, P.S., Bezerra, T.K.A., Morgano, M.A., Milani, R.F., Madruga, M.S., 2011. Development of goat pâté prepared with variety meat. Small Ruminant Research 98: 46–50.

- Daroonpunt, R., Uchino, M., Tsujii, Y., Kazami, M., Oka, D., Tanasupawat, S., 2016. Chemical and physical properties of Thai traditional shrimp paste (Ka-pi). Journal of Applied Pharmaceutical Science Vol. 6 (05), pp. 058-062.
- De Alwis, A.A.P., Fryer, P.J., 1990a. A finite-element analysis of heat generation and transfer during ohmic heating of food. Chemical Engineering Science 45 (6):1547-1559.
- De Alwis, A.A.P., Fryer, P.J., 1990b. The use of direct resistance heating in the food industry. Journal of Food Engineering, 11, 3, 1990.
- De Alwis, A.A.P., Fryer P.J., 1992. Operability of the ohmic heating process: electrical conductivity effects: J. Food Eng. 15: 21-48.
- De Halleux, D., Piette, G., Buteau, M. L., Dostie, M., 2005. Ohmic cooking of processed meats: Energy evaluation and food safety considerations. Canadian Biosystems Engineering, 47(3), 341-347.
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F., 2011. A healthier oil combination and konjac gel as functional ingredients in low-fat pork liver pâté. Meat science, 88(2), 241-248.
- Dinçer, M.T., 2008. Alabalık filetosu kullanarak balık sosisi üretimi ve soğuk muhafaza ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) şartlarında kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 152 sayfa.
- Ding, Y., Yin, Y.G., 2015. A Novel Combined Sterilization Method of Minced Fish Products. The 3rd International Conference on Machinery, Materials Science and Energy Engineering (ICMMSEE 2015), Wuhan, Hubei Province of China. 18-19 July 2015. p. 106.
- Doe, P.E., 1998. Fish Drying and Smoking, Production and Quality. CRC Press Inc., Technomic Publishing Co., 1998; 89-115.
- Echarte, M., Conchillo, A., Ansorena, D., Astiasaran, I., 2004. Evaluation of the nutritional aspects and cholesterol oxidation products of pork liver and fish pates. Food Chemistry 86 (2004) 47–53.
- Ercoşkun, H., 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkileri. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 120 sayfa.
- Eren, F., 2011. Gökkuşluğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* w., 1972) jambon yapımı ve raf ömrünün belirlenmesi. Doktora tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 70 sayfa.
- Erkan, N., Ulusoy, Ş., Tosun, Ş. Y., 2011. Effect of combined application of plant extract and vacuum packaged treatment on the quality of hot smoked rainbow trout. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 6(4), 419-426.
- Erkan, N., Özden, Ö., 2007. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. International Journal of Food Science and Technology, 43(9), 1549-1559.

Ersoy, B., 2006. Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) bölgesinde avlanma mevsiminde tüketilen balıkların besin kompozisyonu ve ağır metal içerikleri. Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s153.

Estevez, M., Cava, R., 2004. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver paté . Meat Science, 68, 551–558.

Estevez, M., Ventanas, S., Cava, R., 2005a. Physicochemical properties and oxidative stability of liver pate as affected by fat content. Food Chemistry, 92, 449–457.

Estevez, M., Ventanas, J., Cava, R., Puolanne, E., 2005b. Characterization of a traditional Finnish liver sausage and different types of Spanish liver pâté: A comparative study. Meat Science, 71, 657–669.

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., Chi, Y., 2008. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. Food Chem., 115(1): 66-70.

Fellows, P., 2000. Food Processing Technology: Principles and Practice, 2nd.ed. Woodhead Publishing Limited, Newyork, 575 page.

Fellows , P.J., 2009. Food Processing Technology: Principles and Practice, 3rd.ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 913 page.

Fernandes, J., Perez-Alvaez, J.A., Fernandez-Lopez, J.A., 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chem., 59(3): 345-353.

Ferreira Silva Bartolomeu, D. A., Waszczynskyj, N., Gaberz Kirschnik, P., Dallabona, B. R., Oliveira Gomes da Costa, F. J., Lopes Leivas, C., 2014. Storage of vacuum-packaged smoked bologna sausage prepared from Nile tilapia. Acta Scientiarum. Technology, 36(3).

Fryer, P.J., Alwis, A.A.P., Koury, E., Stapley, A.G.F., Zhang, L., 1993. Ohmic processing of solid–liquid mixtures: heat generation and convection effects. Journal of Food Engineering 18:101–125.

Gall, K.L., Otwell, W.S., Koburger, J.A., Appledorf, H., 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. J. Food Sci. 48, 1068–1074.

Gallardo, J., Pérez-Martín, R., Franco, J., Aubourg, S., Sotelo, C., 1990. Volatile bases and trimethylamine oxide during the canning of albacore (*Thunnus alalunga*). International Journal of Food Science and Technology, 25, 78–81.

Ganhao, R., Morcuende, D., Estevez, M., 2010. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: influence on colour and texture deterioration during chill storage. Meat Sci 85(3):402–409.

Gencer, C., 2012. Farklı işleme teknolojileri uygulanmış sardalya balığından ezme ürün geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 78 s.

Getchel, B.E., 1935. Electric pasteurization of milk. Agriculture Engineering 16: 408–410, 1935.

- Ghnimi, S., Flach-Malaspina, N., Dresch, M., Delaplace, G., Maingonnat, J.F., 2008. Design and performance evaluation of an ohmic heating unit for thermal processing of highly viscous liquids. *Chem Eng Res Des* 2008;86:626–632.
- Gill, T., Thompson, J., Gould, S., Sherwood, D., 1987. Characterization of quality deterioration in yellowfin tuna. *Journal of Food Science*, 52, 580–583.
- Gladyshev, M. I., Sushchik, N. N., Gubanenko, G. A., Demirchieva, S. M., Kalachova, G. S., 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*, 96(3), 446–451.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., Tülek, Y., 1999. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 318, Erzurum, Ders Kitabı, 69s.
- Gökoğlu, 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.
- Gökoğlu, N. 2002. Su ürünleri işleme teknolojisi. A.Ü. Zir. Fak. Gıda Müh. Bölümü Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 157 sayfa. ISBN:975–9703–48–3
- Gökten, D., 1990. Gıdaların mikrobiyal ekolojisi. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fak. Yayın No: 21, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 292s.
- Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M., 2008. Su ürünleri işleme teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fak. Ders Kitabı (2.baskı), Onur Grafik, Antalya, 360 s.
- Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M., 1999. Su ürünleri işleme teknolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Ders Kitabı, Ankara, Şahin Matbaası.
- Gürgün, V., Halkman, A.K., 1990. Mikrobiyolojide sayım yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 7, San Matbaası, Ankara, 146s.
- Halden, K., de Alwis, A.A.P., Fryer, P.J., 1990. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. *International Journal of Food Science Technology*, 25:9–25.
- Haliloğlu, H.İ., Aras, N.M., Yanık, T., Atamanalp, M., Kocaman, E.M., 2003. Investigation of changes in fatty acid composition at early development stages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 27, 1105–1109.
- Hatlen, B., Jobling, M., Bjerkeng, B., 1998. Relationships between carotenoid concentration and colour of fillets of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), fed astaxanthin. *Aquaculture Research*, 29(3), 191–202.
- Heinz, G., Hautzinger, P., 2009. Meat processing technology for small to medium scale producers. RAP Publication (FAO)2009/20, Bangkok (Thailand), 432 page.
- Heinz, V., Toepfl, S., Knorr, D., 2003. Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4(2), 167–175.

Hernandez-Herrero, M.M., Roig-Sagues, A.X., Lopez-Sabater, E.I., Rodriguez-Jerez, J.J., Mora-Ventura, M.T., 1999. Total volatile basic nitrogen and other physicochemical and microbiological characteristics as related to ripening of salted anchovies. *Journal of Food Science* 64(2): 344-347.

Heymann, H., Hedrick, H. E., Karrasch, M. A., Eggeman, M. K., Ellersieck, M. R., 1990. Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *Journal of Food Science* , (55) 613-617.

Hisar, Ş.A., Hisar, O., Yanık, T., Kaya, M., 2005. Depolama sıcaklığı ve modifiye atmosferde ambalajlamanın gökkuşağı alabalığı filetoalarının toplam bakteriyel yük ve renkdeğerleri üzerine etkileri. *Gıda*, 30(2):97-102.

HMSO (Her Majesty's Stationery Office), 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46) , London: HMSO. Department of Health. UK.

Huis In't Veld, J.H.J., 1996. Minimal processing of foods: potential, challenges and problems. Conference on the Minimal Processing of Food (EFFoST), 6–9 November, Cologne.

Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R., Young, O.A., 2001. Meat science and applications. CRC Press, New York, 711p.

Huss, H.H., 1994. Assurance of seafood quality. Food and Agriculture Org., Fisheries Technical Paper No:334, Rome, 169 p.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), 1986. Microorganisms in foods. Sampling for microbiological analysis: Principles and scientific applications, University of Toronto Press, Toronto.

İbrahim, H.M., 2015. Chemical composition, minerals content, amino acids bioavailability and sensory properties of meat and fish balls containing fish protein isolate. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 4(4): 917-933.

İçier, F., 2003. Gıdaların ohmik ısıtma yöntemiyle ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 245s.

İçier, F., Ilıcalı, C., 2005. Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *Food Research International*, 38 (10): 1135–1142.

İçier, F., Tavman, Ş., Engin, M., Kemahlıoğlu, A.V., 2007. Ohmik ısıtma işleminin bazı gıdaların akıcılık özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Tübitak Tövag Proje No:106O221* 2007: 1-138.

İzci, L., Bilgin, Ş., Günlü, A., Çetinkaya, S., Diler, A., Genç, İ.Y., Bolat, Y., 2016. Hamsi balığı (*Engraulis encrasicolus*) dönerinin soğuk depolama sırasındaki kalite değişimleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(3), 360-369.

Jamieson, L., Williamson, P., 1999. The potential of electrotechnologies for the processing of foods. *Food Science and Technology Today*, 13(2), 97–101.

- Jin, Y., Cheng, Y.D., Fukuoka, M., Sakai, N., 2015. Electrical conductivity of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) fillets during ohmic heating. Food and Bioprocess Technology, 8(9):1904-1913.
- Jittinandana, S., Kenney, P. B., Slider, S. D., Kiser, R. A., 2002. Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. Journal of Food Science, 67(6), 2095-2099.
- Jo, C., Lee, J.I., Ahn, D.U., 1999. Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage. Meat Science, 51:355-361.
- Jun, S., Sastry, S., Samaranayake, C.P., 2007. Migration of electrode components during ohmic heating of foods in retort pouches. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8:237-243.
- Kaba, N., Çorapçı, B., Eryaşar, K., Karabek, H.N., 2013a. Sensory, chemical and microbiological characteristics of canned-smoked whiting roe pate. Gıda 38 (5): 259-266.
- Kaba, N., Çorapçı, B., Yücel, Ş., Özer, Ö., Eryaşar, K., 2013b. Dumanlanmış palamut balığından (*Sarda sarda*, Bloch 1793) elde edilen balık köftesinin duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. Akademik Gıda, 11(2): 45-50.
- Kaba, N., Çorapçı, B., Yücel, Ş., Özer, Ö., Eryaşar, K., 2013c. Determining shelf life in refrigerator conditions of marinated meat ball produced with smoked bonito (*Sarda sarda*, Bloch 1793). Journal of New Results in Science 3 (2013) 10-18.
- Kanjanapongkul, K., Yoovidhya, T., Tia, S., Wongsan-Ngasri, P., 2008. Protein removal from fish mince washwater using ohmic heating. Songklanakarin J. Sci. Technol., 30 (3): 413-419.
- Karadağ, A., Ömeroğlu, P. Y., Saner, S., 2008. Gıda muhafazasında yeni teknolojilerin kullanımı. Gıda Güvenliği Dergisi, 2(1), 50-55.
- Karakaya, S., 1991. Mikrodalga fırında pişirmenin gıdaların besin değerine etkisi açısından elektrikli fırında pişirme yöntemiyle karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 67 sayfa.
- Keskin, H., 1981. Besin Kimyası, İst. Ün. Yayınları Cilt I, s.163-164.
- Khanipour, A.A., Mirzakhani, N., 2013. Effect of different packaging methods on shelf life of hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage at 0-2 °C. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12(3), 620-628.
- Kılınç, B., 2009. Microbiological, sensory and color changes of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) patties during refrigerated storage. Journal of Muscle Foods 20 (2009) 129-137.
- Kılınç, B., Sürengil, G., 2015. Identification of spoilage microorganisms in fresh trout fillets coated with silver antimicrobial edible film. Ege J Fish Aqua Sci 32(4): 183-192. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.4.02

- Kılıç, A., Öztan, A., 2013. Effect of ascorbic acid utilization on cold smoked fish quality (*Oncorhynchus mykiss*) during process and storage. Food Science and Technology Research, 19(5), 823-831.
- Kim, S.H., Kim, G.T., Park, J.Y., Cho, M.G., Han, B.H., 1996a. A study on the ohmic heating of viscous food. Foods and Biotechnology, 5(4): 274-279.
- Kim, H.J., Choi, Y.M., Yang, T.C.S., Taub, I.A., Tempest, P., Skudder, P., Tucker, G., Parrott, D.L., 1996b. Validation of ohmic heating for quality enhancement of food products. Food Technology, 50 (5): 253–261
- Kim, J.Y., Hong, G.P., Park, S.H., Lee, S., Min, S.C., 2006a. Effects of Ohmic Thawing on the Physicochemical Properties of Frozen Pork. Food Sci. Biotechnol, Vol.15(3), 374-379.
- Kim, J.Y., Hong, G.P., Park, S.H., Spiess, W.E., Min, S.G., 2006b. Effect of ohmic thawing on physico-chemical properties of frozen hamburger patties. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 26(2): 223-228.
- Kolsarıcı, N., Özkaya, Ö., 1998. Gökkuşuğu alabalığı'nın (*Salmo gairdneri*) raf ömrü üzerine tütüleme yöntemleri ve depolama sıcaklığının etkisi. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences. 22(1998): 273-284.
- Konar, V., Köprücü, K., 2002. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etindeki yağ asidi miktarlarının araştırılması. Fırat Üniv Fen Müh Bil Derg, 14:73-78.
- Koral, S., Köse, S., Tufan, B., 2010. Investigating the quality changes of raw and hot smoked garfish (*Belone belone euxini*, Gunther, 1866) at ambient and refrigerated temperatures. Turk. J. Fish Aquat. Sci., (9): 53-58.
- Kulshrestha, S., Sastry, S.K., 2003. Frequency and voltage effects on enhanced diffusion during moderate electric field treatment. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 4(2):189–194.
- Kuzu, N., 2010. Erzurum ilindeki bazı işletmelerde üretilen alabalıkların ağır metal yönünden incelenmesi. Yüksek lisans, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 45 sayfa.
- Le Ba, D., Zuber, F., 1996. La pasteurisation des foies gras. Viandes et Produits Carne's 17(4):151-155.
- Ledward, D.A., 1981. Intermediate moisture meats. In: Lawrie, R.A. (Ed.) Developments in Meat Science. 2.ed. London: Elsevier Applied Science, 1981. p.159- 194.
- Lorenzo, J.M., Pateiro, M., 2013. Influence of fat content on physico-chemical and oxidative stability of foal liver pâté. Meat science, 95(2): 330-335.
- Ludorff, W., Meyer, V., 1973. Fische und fischerzeugnisse. 2.edn., Verlag Paul Parey: Hamburg, Berlin.
- Lyng, J.G., 2014. Ohmic heating of muscle foods (Meat, poultry and fish products). In: Ramaswamy, H.S., Marcotte, M., Sastry, S., Abdelrahim, K. (Editors), Ohmic heating in food processing, CRC Press, Boca Raton, pp.287.

Lyng, J.G., McKenna, B.M., 2011. Ohmic heating of foods. In: Proctor, A. (Editor), *Alternatives to Conventional Food Processing*, RSC Publishing, Cambridge, pp 307-340.

Maeda, Y., Ishikawa, M., Yamamoto, M., Terada, S., Masui, T., Watanabe, Y., 1985. Effect of cooking on contents of fatty acids, especially eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in sardine. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 38, 447–450.

Mai, J., Tsai, C.H., Armbruster, G., Chu, P., Kinsella, J.E., 1980. Effects of microwave cooking on food fatty acids: No evidence of chemical alteration or isomerization. *J. Food Sci.* 45:1753-1755.

Manthey, M., Karnop, G., Rehbein, H., 1988. Quality changes of European catfish (*Silurus glanis*) from warm water aquaculture during storage in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 23:1-9.

Manvell, C., 1996. Opportunities and problems of minimal processing and minimally-processed food. Paper presented to the EFFoST Conference on the Minimal Processing of Food, 6–9 November, Cologne.

Marcotte, M., 1999. Ohmic heating of viscous liquid foods. Doctoral dissertation, McGill University, Sainte Anne de Bellevue, Quebec, 242 page.

Marcotte, M., Ramaswamy, H.S., Zindashty, Y.K., Zareifard, M.R., 2016. Ohmic heating effects on rheological and functional properties of foods. In: Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I. (Eds.), *Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties*, CRC Press, London, pp 21-34.

Marra, F., Zell, M., Lyng, J.G., Morgan, D.J., Cronin, D.A., 2009. Analysis of heat transfer during ohmic processing of a solid food. *Journal of Food Engineering*, 91(1):56-63.

Martin, R.I.P., 1986. Estudios de los procesos termicos en la fabrication de conservas de atun blanco y su incidencia en la calidad. PhD Thesis, Universidade de Santiago de Compostela, Spain.

Martin-Sanchez, A.M., Ciro-Gomez, Gelmy, Sayas, E., Vilella-Espla, J., Ben-Abda, J., Perez-Alvarez, J.A., 2013. Date palm by-products as a new ingredient for the meat industry: Application to pork liver pâté. *Meat Science*, 93 (2013):880–887.

Martins, S.I.F.S., Jongen, W.M.F., Van Boekel, M.J.S., 2000. A review of maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends Food Sci Technol* 11 (9-10):364–373.

Matsui, K. N., Gut, J. A. W., de Oliveira, P. V., Tadini, C. C., 2008. Inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in green coconut water by microwave processing. *Journal of Food Engineering*, 88:169-176.

McKenna, B.M., Lyng, J., Brunton, N., Shirsat, N., 2006. Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering*, 77: 215–229.

Metin, S., Erkan, N., Varlık, C., 2002. The application of hypoxanthine activity as a quality indicator of cold stored fish burgers. *Turk J Vet Anim Sci*, 26(2002): 363 – 367.

- Michalczyk, M., Surówka, K., 2007. The effects of gravading process on the nutritive value of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Fisheries Sciences. com, 1(3), 130-138.
- Miettinen, H., Arvola, A., Wirtanen, G., 2005. Pasteurization of rainbow trout roe: *Listeria monocytogenes* and sensory analyses. Journal of food protection, 68(8), 1641-1647.
- Morrissey, M.T., Almonacid, S., 2005. Rethinking technology transfer. Journal of Food Engineering, 67(1), 135-145.
- Moses, B.D., 1938. Electric pasteurization of milk. Agriculture Engineering, 19: 525-526.
- Mutlu, A., Bilgin, Ş., 2016. Zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağı ve yağ gülü (*Rosa damascena* mill.) ekstraktlarının buzdolabı koşullarında ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) depolanan sıcak dumanlanmış alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının raf ömrüne. Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 2(1): 19-29.
- Nettleton, J. A., 1985. Seafood Nutrition. Facts, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish. Van Nostrand/Reinhold, New York, Osprey Books, 280 p, 1985.
- Nickelson, R., G. Finne., 1992. Fish, crustaceans, and precooked seafoods. In Vanderzant, C., Splittstoesser, D.F. (eds.), Ch.47. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 3rd edition, American Public Health Association, Washington, DC, p.875-895.
- Nielsen, N.S., Jacobsen, C., 2013. Retardation of lipid oxidation in fish oil-enriched fish pâté combination effects. Journal of Food Biochemistry, 37: 88-97.
- Noguchi, A., 2004. Potential of ohmic heating and high pressure cooking for practical use in soy protein processing. III. Congresso Brasileiro de Soja Brazilian Soybean Congress, 29 February-5 March, Foz do Iguaçu, PR, Brazil, page 1094-1102.
- Nguyen, L.T., Choi, W., Lee, S.H., Jun, S., 2013. Exploring the heating patterns of multi-phase foods in a continuous flow, simultaneous microwave and ohmic combination heater. J. Food Eng, 116:65-71.
- Ohlsson, T., Bengtsson, N., 2002. Minimal processing technologies in the food industry. Woodhead publishing, Cambridge, 288 page.
- Onaç, H., 2009. Bazı katkı maddeleri kullanılarak ceviz ezmesinin raf ömrünün uzatılması. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 78 sayfa.
- Öksüztepe, G., Çoban, Ö.E., Güran, H.Ş., 2010. Sodyum laktat ilavesinin taze gökkuşaağı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) yapılan köftelere etkisi. Kafkas Univ Vet Fak Derg 16 (Suppl-A): S65-S72, 2010.
- Özçelik, B., Karaali, A., 2002. Omega-3 yağ asitleri ve sağlığımız. Gıda 2000, 27, 34-38.
- Özkan, N., Ho, I., Farid, M., 2004. Combined ohmic and plate heating of hamburger patties: quality of cooked patties. Journal of Food Engineering, 63:141-145.

Özpolat, E., Patır, B., 2009. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss walbaum*, 1792) yumurtasından havyar yapımı ve bazı kimyasal parametreler üzerine araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi Cilt:5 Sayı:1-2, 2009.

Öztan, A., 2010. Et bilimi ve teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları Kitaplar Serisi No:1, Ankara, 526 sayfa.

Özyurt, G., Polat, A., 2006. Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a seasonal differentiation. European Food Research and Technology, 222: 316-320.

Palaniappan, S., Sastry, S.K., 1991a. Electrical conductivity of selected solid foods during ohmic heating. J. Food Proc. Eng., 14: 221-236.

Palaniappan, S., Sastry, S.K. 1991b. Electrical conductivity of selected juices: influence of temperature, solids content, applied voltage, and particle size. J. Food Proc. Eng., 14: 247-260.

Palaniappan, S., Sastry, S.K., 1992. Effects of electroconductive heat treatment and electrical pretreatment on thermal death kinetics of selected microorganisms. Biotechnology and bioengineering, 39(2):225-232.

Pan, Z., Singh, R.P., Runsey, T.R., 2000. Predictive modelling of contact heating process for cooking a hamburger patty. Journal of Food Engineering, 46(1):9-19.

Park, I.K., Kang, D.H., 2013. Effect of electroporation by ohmic heating for inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in buffered peptone water and apple juice. Applied and environmental microbiology, 79(23): 7122-7129.

Parrott, D.L., 1992. Use of Ohmic heating for aseptic processing of food particulates. Food Technology, 45: 68-72.

Patır, B., Can, Ö.P., Çoban, Ö.E., Özpolat, E., 2014. The effects of different combinations of eugenol and acetic acid on quality changes of marinated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) fillets. Turkish Journal of Science and Technology Volume 9 (2), 109-116.

Patır, B., Duman, B., 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.

Pereira, R., Martins, J., Mateus, C., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., 2007. Death kinetics of *Escherichia coli* in goat milk and *Bacillus licheniformis* in cloudberry jam treated by ohmic heating. Chemical Papers, 61(2): 121-126.

Perez-Alvarez, J.A., Fernández-López, J., 2000. Aspectos físicos, químicos, psicológicos, fisiológicos y ultraestructurales del color de la carne. CD-Rom, Universidad Miguel Hernández, Elche, Spain.

Perez-Alvarez, J. A., Fernández-López, J., 2009. Color characteristics of meat and poultry analysis. In L. Nollet, F. Toldrá (Eds.), Handbook of processed meats and poultry analysis, CRC Press, Boca Raton, pp. 355-373.

- Perlo, F., Gago-Gago, A., Rosmini, M., Cervera-Pérez, R., Pérez-Álvarez, J., Pagan-Moreno, M., Lopez-Santovenia, F., Aranda-Catala, V., 1995. Modification of physico-chemical and colour parameters during the marketing of pâté. *Meat Science*, 41;325–333.
- Piette, G., Buteau, M.L., Halleux, D.D., Chiu, L., Raymond, Y., Ramaswamy, H.S., Dostie, M., 2004. Ohmic cooking of processed meats and its effects on product quality. *Journal of food science*, 69(2):71-78.
- Piette, G., De Halleux, D., Dostie, M., Raymond, Y., Buteau, M.L., 2000. Energetic aspects of ohmic cooking for processed meats. *Proc Int Cong Meat Sci Technol*, 46:244–245.
- Pongviratchai, P., Park, J.W., 2007. Electrical conductivity and physical properties of surimi–potato starch under ohmic heating, *Journal of Food Science*, 72:503-507.
- Rahman, S., 1995. *Food properties handbook*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 225-271.
- Ramaswamy, H.S., Marcotte, M., Sastry, S., Abdelrahim, K., 2014. Ohmic heating in food processing. CRC Press, Boca Raton, FL, 494 page.
- Reichert, J.E., Thumel, H., 1986. Zur Ermittlung des Erhitzungseffektes von Frischware (F-Wert). *Die Fleischerei*, 37(4):352-354.
- Reichert, J.E., 1991. Die optimierung von wärmebehandlungsbedingungen. *Die Fleischerei*, 42(10):786-790.
- Rodriguez, A., Carriles, N., Gallardo, J. M., Aubourg, S. P., 2009. Chemical changes during farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) canning: Effect of a preliminary chilled storage. *Food chemistry*, 112(2), 362-368.
- Rora, A. M. B., Einen, O., 2003. Effects of freezing on quality of cold-smoked salmon based on the measurements of physiochemical characteristics. *Journal of food science*, 68(6), 2123-2128.
- Ruan, R., Ye, X., Chen, P., Doona, C.J., 2004. Ohmic heating. In Richardson, P.(Ed.), *Thermal Technologies in Food Processing*, Woodhead Publishing, Cambridge, England. pp. 294.
- Saito, H., Yamashiro, R., Alasalvar, C., Konno, T., 1999. Influence of diet on fatty acids of three subtropical fish, subfamily Caesioninae (*Caesio diadema* and *C. tile*) and family Siganidae (*Siganus canaliculatus*). *Lipids*, 34: 1073-1082.
- Samaranayake, C.P., Sastry, S.K., Zhang, Q.H., 2005. Pulsed ohmic heating-A novel technique for minimization of electrochemical reactions during processing. *Journal of Food Science*, 70:460–465.
- Sarang, S., Sastry, S.K., Knipe, L., 2008. Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 87(3):351–356.
- Sastry, S.K., 1992. A model for heating of liquid-particle mixtures in a continuous flow ohmic heater. *J. Food Proc. Engr.*, 15:263–278.

- Sastry, S.K., Palaniappan, S., 1992. Ohmic heating of liquid-particle mixtures. *Food Technol.*, 46 (12):64–67.
- Sastry, S.K., 2008. Ohmic heating and moderate electric field processing. *Food Science and Technology International*, 14(5):419-422.
- Schormüller, J., 1968. *Handbuch der lebensmittelchemie (Band III/2)*, Springer-Verlag Berlin, pp.1341-1397.
- Sengun, I.Y., Turp, G.Y., İçier, F., Kendirci, P., Kor, G., 2014. Effects of ohmic heating for pre-cooking of meatballs on some quality and safety attributes. *LWT-Food Science and Technology*: 55(1):232-239.
- Sengun, I.Y., İcier, F., Kor, G., 2017. Effects of combined ohmic–infrared cooking treatment on microbiological inactivation of meatballs. *Journal of Food Process Engineering* 40(1)2017: n/a, e12309. doi:10.1111/jfpe.12309.
- Sensoy, I., Sastry, S.K. 2004. Extraction using moderate electric fields. *Journal of Food Science*, 69:7–13.
- Sert, F., 2014. Kekik esansiyel yağı ilaveli peynir altı suyu protein izolatlı yenilebilir kaplamanın buzdolabında depolama ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) boyunca gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 66s.
- Shibukawa, S., Sugiyama, K., Yano, T., 1989. Effect of heat transfer by radiation and convection on browning of cookies at baking. *Journal of Food Science* 54, 621–624.
- Shirsat, N., Lyng, J.G., Brunton, N.P., McKenna, B.M., 2004a. Conductivities and ohmic heating of meat emulsion batters. *Journal of Muscle Foods*, 15:121-137.
- Shirsat, N., Lyng, J. G., Brunton, N. P., McKenna, B., 2004b. Ohmic processing: electrical conductivities of pork cuts. *Meat science*, 67(3):507-514.
- Sikorski, Z.E., 1990. Sikorski, Z.E. (Ed.), *Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation*. CRC Press. 256 pages.
- Silva, J.G., Morais, H.A., Oliveira, A.L., Silverstre, M.P.C., 2003. Addition effects of bovine blood globin and sodium caseinate on the quality characteristics of raw and cooked ham pate. *Meat Science*, 63:177–184.
- Singer, P., 1994. Was sind, wie vvirken omega-3 fettsauren Umschau Zeitschriften, Verlag Breidenstein GmbH, Frankfurt am Main, S. 20-23, 42-46.
- Singh, R.P., 1986. *Energy in Food Processing*. Elsevier Science Pub. Co. Inc., New York, 390 pages.
- Singh, R.P., Oliveira, F.A.R., 1994. *Minimal processing of foods and process optimization: An interface*. CRC Press Inc., Boca Raton FL , 544 Pages.
- Sinnhuber, R. O., Yu, T.C., 1958. 2-thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. 2. The quantitative determination of malonaldehyde. *Food Technology*, 12(1): 9-12.

- Simopoulos, A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother*, 56(8):365-379
- Siret, F., Issanchou, S., 2000. Traditional process: influence on sensory properties and on consumers' expectation and liking application to 'pâté de campagne'. *Food Qual. Prefer.* 11, 217–228.
- Skuder, P.J.,1988. Ohmic heating: new alternative for aseptic processing of viscous foods. *Journal of Food Engineering*, 60:99–101
- Skuder, P.J.,1989. Ohmic heating in food processing. *Asian Food Journal*, 4:10–11.
- Somavat, R., Mohamed, H.M., Sastry, S.K., 2013. Inactivation kinetics of *Bacillus coagulans* spores under ohmic and conventional heating. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1): 194-198.
- Sun, H. X., Kawamura, S., Himoto, J. I., Itoh, K., Wada, T., Kimura, T., 2008. Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk. *Food Science and Technology Research*, 14(2):117-123.
- Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V., 2000. *Biyoistatistik*, Hatiboğlu Yayınları:53, 9.Baskı, Ankara, 269 s.
- Şahbaz, F., Cemeroğlu, B., Acar, J., 1996. Gıda mühendisliğinde sterilizasyon. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Ders notları No:37. Düzeltilmiş 2.Baskı Ankara.
- Şahin, Ş. A., Başçınar, N., Kocabaş, M., Tufan, B., Köse, S., Okumuş, İ., 2011. Evaluation of meat yield, proximate composition and fatty acid profile of cultured brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and black sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in comparison with their hybrid. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(2).
- Şensoy, İ., 2012. Design of ohmic heating process. In: Ahmed, J., Rahman, M.S.(editors), *Handbook of food process design*, Blackwell Publishing Ltd., Chichester,1470 page.
- Tadpitchayangkoon, P., Park, J.W., Yongsawatdigul J., 2012, Gelation characteristics of tropical surimi under water bath and ohmic heating. *Food Science and Technology*, 46:97-103.
- Tarladgis, B., Watts, B.M., Yonathan, M., Dugan, L.J., 1960. Distillation method for determination of malonaldehyde in rancidity food. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37(1):44-48.
- Taşkaya, L., Cakli, S., Kışla, D., Kilinc, B., 2003. Quality changes of fish burger from rainbow trout during refrigerated storage. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20, 147-154.
- Tirloni, E., Stella, S., Bernardi, C., 2015. An efficient and tasty use of atlantic salmon trimming: microbiological and chemical-physical evaluation of salmon frankfurters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15:111-117

- Tokur, B., 2007. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food Science & Technology, 42 (7): 874–879.
- Tothmarkus, M., Sasskiss, A., 1993. Effect of cooking on the fatty acid composition of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*, V). Acta Aliment. Hung, 22:25–35.
- Türker, S., 1997. Hayvansal gıdalarda kalite kontrolü. Tamer matbaacılık, Ankara, 168s.
- USA-FDA (United States of America, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition), 2000. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies: ohmic and inductive heating. <http://www.cfsan.fda.gov/wcomm/IFT-OHM.html>. Accessed on 12/08/2016
- Uysal, İ., Çaklı, Ş., Çelik, U., 2002. Kültür şartlarında extruder pelet yemle beslenen abant alabalığı (*Salmo trutta abanticus* T, 1954) ile gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W, 1792)'nın biyokimyasal kompozisyonları. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002; 19 (3–4): 447 – 454.
- Ünal, G., 1995. Gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) tütsülenmesi ve bazı kalite kriterlerinin tespiti üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniv. Fen Bil. Enst. Su Ürünleri Avlama ve İşleme Tek. Anabilim Dalı, İzmir, 120 s.
- Ünlüsayın, M., Bilgin, Ş., İzci, L., Günlü, A., 2007. Chemical and sensory assessment of hot-smoked fish pate. Journal of Fisheries Sciences 1 (1):20-25.
- Ünlüsayın, M., Kaleli, S., Gülyavuz, H., 2001. The determination of flesh productivity and protein components of some fish species after hot smoking. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 661-664.
- Ünüsân, N., 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.
- Varghese, K.S., Pandey, M.C., Radhakrishna, K., Bawa, A.S., 2014. Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review. Journal of food science and technology, 51(10): 2304-2317.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T., 2004. Su ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No:4465, İstanbul, 47 s.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H., 1993. Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:17,1993 İstanbul, 174 s.
- Visentainer, J. V., Noffs, M. D. A., de Oliveira Carvalho, P., de Almeida, V. V., de Oliveira, C. C., de Souza, N. E., 2007. Lipid content and fatty acid composition of 15 marine fish species from the southeast coast of Brazil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 84(6), 543-547.
- Wang, R., Farid, M. M., 2015. Corrosion and health aspects in ohmic cooking of beef meat patties. Journal of Food Engineering, 146:17-22.

Wu, H., Kolbe, E., Flugstad, B., Park, J.W., Yongsawatdigul, J., 1998. Electrical properties of fish mince during multi-frequency ohmic heating, *Journal of Food Science*, 63:1028–1032.

Yalçın, N.F., 2010. Gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) muhafaza ve pisirme işlemlerinin yağ asidi bileşimine etkisi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, 55 sayfa.

Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Ersoy, B., Çelik, M., 2007. Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 18(1):88-94.

Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Penjamrus, P., Kristinsson, H.G., 2017. Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. *Food Chem*, 142:210-216.

Yaser, A., Kolbe, E., 2000. Analysis of heat transfer in surimi paste heated by conventional and ohmic means. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 9(2):43-54.

Yeşilayer, N., Elmastaş, M., Akın, Ş., Genç, N., Akşit, H., 2014. Farklı düzeylerde α -tokoferol asetat ve defne ekstratı içeren antioksidanlı yemlerin gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme parametreleri ve fileto yağ asitlerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(1):73-84.

Zell, M., Lyng, J.G., Cronin, D.A., Morgan, D.J., 2009a. Ohmic heating of meats: electrical conductivities of whole meats and processed meat ingredients. *Meat Science*, 83:563-570

Zell, M., Lyng, J. G., Cronin, D.A., Morgan, D.J., 2009b. Ohmic cooking of whole beef muscle—Optimisation of meat preparation. *Meat Science*, 81(4): 693-698.

Zell, M., Lyng, J. G., Cronin, D. A., Morgan, D. J., 2010a. Ohmic cooking of whole beef muscle-Evaluation of the impact of a novel rapid ohmic cooking method on product quality. *Meat Science*, 86(2): 258–263.

Zell, M., Lyng, J. G., Cronin, D. A., Morgan, D. J., 2010b. Ohmic cooking of whole turkey meat-Effect of rapid ohmic heating on selected product parameters. *Food Chemistry*, 120:724–729.

Zoltai, P., Swearingen, P., 1996. Product development considerations for ohmic processing. *Food Technology*, 50(5):263–266.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Cem AYDIN
Doğum Tarihi ve Yeri : 1980 – Sinop
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cmydns@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Gıda Mühendisliği ABD	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2011
Lisans	Gıda Mühendisliği	Hacettepe Üniversitesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010	Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu	Uzman
2004	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı	Gıda Denetçisi (Mühendis)