

**BARBUN BALIĞI (*Mullus barbatus* L. 1758)'NIN SICAK DUMANLAMA
SONRASI BESİN BİLEŞENLERİNDEKİ BAZI KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN
İNCELENMESİ VE RAF ÖMRÜNÜN TESPİTİ**

Bahar GÜMÜŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2008

**BARBUN BALIĞI (*Mullus barbatus* L. 1758)'NIN SICAK DUMANLAMA
SONRASI BESİN BİLEŞENLERİNDEKİ BAZI KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN
İNCELENMESİ VE RAF ÖMRÜNÜN TESPİTİ**

Bahar GÜMÜŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu alıŐma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
(2006.02.0121.006) tarafından desteklenmiştir.**

2008

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BARBUN BALIĞI (*Mullus barbatus* L. 1758)'NİN SICAK DUMANLAMA
SONRASI BESİN BİLEŞENLERİNDEKİ BAZI KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN
İNCELENMESİ VE RAF ÖMRÜNÜN TESPİTİ**

Bahar GÜMÜŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 25/02/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (90) not takdir edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ramazan İKİZ.....
(Danışman)

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU.....

Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜSAYIN.....

ÖZET

BARBUN BALIĞI (*Mullus barbatus* L. 1758)'NİN SICAK DUMANLAMA SONRASI BESİN BİLEŞENLERİNDEKİ BAZI KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ VE RAF ÖMRÜNÜN TESPİTİ.

Bahar GÜMÜŞ

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan İKİZ

Ocak 2008, 79 Sayfa

Bu araştırmada, Antalya Körfezi'nden avlanan barbun balığı (*Mullus barbatus* L. 1758)'nin sıcak dumanlama yöntemine uygunluğu ile dumanlama sonrası besinsel bileşenlerindeki bazı kimyasal değişimler ve raf ömrü araştırılmıştır.

Sıcak dumanlama sonrası gruplar arasında pazarlanabilir verim istatistiki olarak önemsizdir ($P>0.05$). Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış küçük-orta büyük boy barbun balıklarının su, protein, yağ ve inorganik madde bileşenlerindeki değişimin farkı önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Panelistler tarafından gerçekleştirilen organoleptik analiz sonucunda sıcak dumanlanmış büyük boy barbun balığı daha çok beğenilmiştir.

Sıcak dumanlanan ve $+4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta depolanan örnekler 1, 7, 14, 21, 28, 35 ve 50. günlerde analize alınmıştır. Depolama süresince dumanlanmış barbun balıklarının pH, tiyobarbutirik asit (TBA) ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerindeki değişim önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Mikrobiyolojik analizler

sonucunda, uygulanan sıcak dumanlama teknolojisinin mikroorganizma sayısını azalttığı tespit edilmiştir. Fakat sıcak dumanlanmış balıkların depolama süresince mikroorganizma sayılarının arttığı belirlenmiştir.

+4±0,5°C’de depolanan sıcak dumanlanmış örneklerin 35. gün tüketilebilir özelliğini kaybettiği, 50. gün ise tüketilemez duruma geldikleri belirlenmiştir. Ancak 30. günden itibaren bu ürünlerin tüketilmemesi kanısındayız.

ANAHTAR KELİMELEER: *Mullus barbatus*, barbun, sıcak dumanlama, kimyasal kompozisyon, raf ömrü

JÜRİ: Prof. Dr. Ramazan İKİZ
Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU
Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜSAYIN

ABSTRACT

DETERMINATION OF SHELF-LIFE AND EXAMINATION OF SOME CHEMICAL CHANGES IN THE NUTRIENT COMPONENTS AFTER HOT SMOKING PROCESS OF RED MULLET (*Mullus barbatus* L. 1758)

Bahar GÜMÜŞ

M. Sc. Thesis in Department of Aquatic Engineering

Adviser: Prof. Dr. Ramazan İKİZ

January 2008, 79 Pages

In the present study, shelf-life and some chemical changes in the nutrient components after hot smoking of the red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758), caught from Gulf of Antalya, were determined to find out the suitability of this processing technique for this species.

Marketable productivity among groups after hot smoking was not significant statistically ($P>0.05$). The chemical compositions of red mullet that were fresh, salted before hot smoking and hot smoked at separated three groups (small, medium, large) were found different significantly ($P<0.05$). According to organoleptic analysis results which were done by panellist, hot smoked large fish were enjoyed very much.

Samples hot smoked and stored at $+4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ were analysed at 1, 7, 14, 21, 28, 35 and 50th days after the experiment started. The differences in the pH, tiobarbutiric acid (TBA) and total volatile basic nitrogen (TVB-N) values of smoked fish were determined significant ($P<0.05$) during the storage time. The microbiological analyses

demonstrated that hot smoking technique reduced the microbial load of products. However, an increase in microorganism number of hot smoked red mullet was determined during the storage time.

According to the present study, it could be concluded that hot smoked samples could be stored safely at $+4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ for 35 days and not consumed for 50th days. However, we consider that these products could not be consumed after 30th days.

KEY WORDS: *Mullus barbatus*, red mullet, hot smoking, chemical composition, shelf-life

COMMITTEE: Prof. Dr. Ramazan İKİZ

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜSAYIN

ÖNSÖZ

Su ürünleri işleme teknolojisindeki amaç; avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürünlerin tüm yıl boyunca istenilen zamanda tüketimini, ürünün bir bölgeden diğer bölgeye sağlıklı bir şekilde ulaştırılmasını sağlamak, belirli bir yerde ve uygun işleme teknikleriyle işleme sonucu ortaya çıkan atıkları ekonomiye kazandırmak, belirli düzeyde çevre kirliliğini önlemek ve tüketiciye hazır ürün sunmaktır.

Gerek yetiştiricilik gerekse avcılık yoluyla elde edilen balıklar çeşitli şekillerde değerlendirilmekte ve pazara sunulmaktadır. Balıkların taze olarak tüketiminin yanı sıra işlenmiş olarak da tüketimleri yaygınlaşmaktadır. Günümüzde çok çeşitli işlenmiş ürünün tüketime sunulduğu görülmektedir. Bu ürünlerden bazıları füme (dumanlanmış ürün), tuzlanmış ve dondurulmuş ürünlerdir. Bir su ürününün hangi işleme yöntemine uygun olduğu ve en uygun raf ömrünün tespiti için bu ürünün kimyasal yapısını, işleme sonrası depolanması sırasında oluşabilecek değişimleri tespit etmek oldukça önemlidir.

Barbun balığı (*Mullus barbatus* L. 1758) Antalya Körfezi'nde her mevsim bulunan bir balıktır. Beğenilerek tüketilen ve ekonomik değeri yüksek olan bu balık, genellikle taze, soğutulmuş ya da dondurulmuş olarak tüketime sunulmaktadır. Bu çalışmada ise, balığın sıcak dumanlama yöntemine uygunluğu, sıcak dumanlama sonrası kimyasal bileşimindeki değişimler ve en uygun tüketim süresi belirlenmeye çalışılmıştır. *Mullus barbatus* eti beyaz, az yağlı ve lezzetli bir balıktır. Türün kimyasal bileşiminin tespitiyle konuyla ilgili belirli düzeyde bilgi birikiminin sağlanması, daha sonraki çalışmalara bir basamak oluşturması ve yeni bir tüketim şekli olarak tüketiciye sunulması düşünülmüştür.

Bu çalışmada, her konuda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Ramazan İKİZ'e, Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜSAYIN'a, Öğr. Gör. Hayri GÜLYAVUZ'a, materyal temininde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÖKOĞLU'na, laboratuvar çalışmaları sırasında özverili katkılarıyla deneyimlerini aktaran Arş. Gör. Pınar YERLİKAYA ile diğer Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına, dumanlanan balıkların vakum paketlenmesini yapan

Antalya Balıkçılık A.Ş. çalışanlarına, araştırmaya maddi katkıda bulunan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na ve bugünlere ulaşmamda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (2006.02.0121.006) tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. Barbun Balığı (<i>Mullus barbatus</i> L. 1758)'nın Genel Özellikleri.....	5
2.2. Su Ürünlerinde Dumanlama Teknolojisi.....	7
2.2.1. Dumanlama yöntemleri.....	9
2.2.1.1. Sıcak dumanlama.....	9
2.2.1.2. Soğuk dumanlama.....	9
2.2.1.3. Sıvı dumanlama.....	10
2.2.2. Duman materyali.....	10
2.2.3. Dumanlama ekipmanları.....	12
2.2.4. Duman üretimi.....	13
2.2.5. Dumanlanmış ürüne etki eden faktörler.....	16
2.2.6. Dumanlanmış balıkların kalitesinde meydana gelen değişimler.....	17
2.2.6.1. Su ve kuru madde içeriğindeki değişimler.....	18
2.2.6.2. Protein içeriğindeki değişimler.....	20
2.2.6.3. Lipitlerdeki değişimler.....	22
2.2.6.4. Tuz ve inorganik madde içeriğindeki değişimler.....	23
2.2.6.5. pH içeriğindeki değişimler.....	26
2.2.6.6. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerindeki değişimler.....	29
2.2.6.7. Tiyobarbiturik asit (TBA) değerindeki değişimler.....	33
2.2.6.8. Mikrobiyolojik değişimler.....	35
3. MATERYAL ve METOD.....	39
3.1. Materyal.....	39

3.2. Metod.....	39
3.2.1. Örneklerin hazırlanması.....	39
3.2.2. Sıcak dumanlama öncesi tuzlama.....	39
3.2.3. Sıcak dumanlama işlemi.....	40
3.2.4. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	40
3.2.4.1. Biyometrik ölçümler.....	41
3.2.4.2. Verim hesaplaması.....	41
3.2.4.3. Duyusal analizler.....	41
3.2.4.4. pH analizi.....	42
3.2.4.5. Kimyasal kompozisyon analizleri.....	42
3.2.4.5.1. Su miktarı analizi.....	42
3.2.4.5.2. Ham protein analizi (Toplam azot miktarı).....	43
3.2.4.5.3. Ham yağ analizi.....	44
3.2.4.5.4. İnorganik madde (kül) analizi.....	44
3.2.4.5.5. Tuz (NaCl) miktarı analizi.....	45
3.2.4.6. Tiyobarbiturik asit (TBA) analizi.....	45
3.2.4.7. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi.....	46
3.2.4.8. Mikrobiyolojik analizler.....	46
3.2.4.8.1. Toplam mezofilik aerob bakteri sayımı.....	47
3.2.4.8.2. Koliform grubu bakterilerin sayımı.....	47
3.2.4.8.3. Maya ve küf sayımı.....	47
3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi.....	47
4. BULGULAR.....	48
4.1. Pazarlanabilir Verim ile İlgili Bulgular.....	48
4.2. Duyusal Analiz ile İlgili Bulgular.....	49
4.3. Kimyasal Kompozisyon ile İlgili Bulgular.....	49
4.4. Raf Ömrü Analizleri ile İlgili Bulgular.....	54
4.4.1. Fiziksel analizler ile ilgili bulgular.....	54
4.4.1.1. pH değeri ile ilgili bulgular.....	54
4.4.2. Kimyasal analizler ile ilgili bulgular.....	55
4.4.2.1. Tiyobarbiturik asit (TBA) değeri ile ilgili bulgular.....	55
4.4.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri ile ilgili bulgular.....	55

4.4.3. Mikrobiyolojik analizler ile ilgili bulgular.....	56
4.4.3.1. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMA) sayımı ile ilgili bulgular..	56
4.4.3.2. Koliform grubu bakterilerin sayısı ile ilgili bulgular.....	57
4.4.3.3. Maya ve küf sayısı ile ilgili bulgular.....	57
5. TARTIŞMA.....	58
6. SONUÇ.....	68
7. KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a_w	Aktif su
$CuSO_4$	Bakır sülfat
H_2SO_4	Sülfirik asit
Hg	Civa
K_2SO_4	Potasyum sülfat
Kob	Koloni Oluşturan Birim
MA	Malonaldehit
MgO	Magnezyum oksit
MPN	En Muhtemel Sayı
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
NH_3	Amonyak
Pb	Kurşun
TBA	Tiyobarbutirik asit
TMAB	Toplam mezofilik aerob bakteri
TVB-N	Toplam uçucu bazik azot

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
BDB	Büyük boy sıcak dumanlanmış balık
C	Taze balık
DT	Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balık
F	Faktör
KDB	Küçük boy sıcak dumanlanmış balık
ODB	Orta boy sıcak dumanlanmış balık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Barbun balığı (<i>Mullus barbatus</i>)'nın genel görünüşü.....	6
Şekil 4.1. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının su oranındaki değişim.....	50
Şekil 4.2. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının ham protein oranındaki değişim.....	51
Şekil 4.3. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının ham yağ içeriğindeki değişim.....	51
Şekil 4.4. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının inorganik madde oranındaki değişim.....	52
Şekil 4.5. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığındaki tuz değişimi.....	52
Şekil 4.6. Dumanlanmış barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak pH içeriğinde meydana gelen değişimler.....	54
Şekil 4.7. Dumanlanmış barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak TBA içeriğinde meydana gelen değişimler	55
Şekil 4.8. Dumanlanmış barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak TVB-N içeriğinde meydana gelen değişimler.....	56
Şekil 4.9. Dumanlanmış barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak ortalama TMAB sayısında meydana gelen değişimler.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Barbun balığı (<i>Mullus barbatus</i> L,1758)'nın sistematikteki yeri.....	5
Çizelge 2.2. Soğuk Dumanlama ile Sıcak Dumanlamanın Karşılaştırılması.....	10
Çizelge 2.3. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun depolama sonrası su içeriği.....	19
Çizelge 2.4. % 15 oranında tuzlanarak dumanlanmış ve $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 6 hafta depolanmış Yılan balığı(<i>A. vulgaris</i>)'ndaki bazı değişimler.....	20
Çizelge 2.5. Sıcak dumanlama sonrası çeşitli balıkların protein içeriğindeki değişimler	22
Çizelge 2.6. 60 gün süreyle buzdolabı koşullarında depolanan sıcak dumanlanmış gökkuşağı alabalıkları (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)'nda tuz ve TVB-N içeriğindeki değişim.....	25
Çizelge 2.7. Sıcak tütsülemenin $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların pH içeriği üzerine etkisi.....	27
Çizelge 2.8. Sıcak dumanlanmış <i>Carassius auratus</i> 'un 4°C 'deki raf ömrüne bağlı pH, TBA ve TVB-N değerindeki değişimler.....	28
Çizelge 2.9. Sıcak dumanlanmış eğrez balıkları (<i>Vimba vimba tenella</i>)'nın depolama süresince kimyasal analiz bulguları.....	28
Çizelge 2.10. Sıcak dumanlama sonucu <i>S. trutta macrostigma</i> 'nın $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de pH, TBA ve TVB-N değerlerindeki değişimler.....	29
Çizelge 2.11. Soğuk ve sıcak tütsülemenin $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların TVB-N üzerine etkisi.....	31
Çizelge 2.12. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun $2\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sonrası TVB-N içeriği.....	32
Çizelge 2.13. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun $2\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sonrası TBA değeri.....	34
Çizelge 3.1. Dumanlanmış balıklar için organoleptik test sonuçları.....	42

Çizelge 4.1. Barbun balığı (<i>Mullus barbatus</i>)'nın et verimi ve dumanlama sonrası fire oranı.....	48
Çizelge 4.2. Sıcak dumanlanan barbun balıklarının organoleptik analiz bulguları.....	49
Çizelge 4.3. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın kimyasal kompozisyonu (%Yaş ağırlık).....	50
Çizelge 4.4. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış, sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın kimyasal kompozisyonu (% Kuru ağırlık).....	53
Çizelge 4.5. Sıcak dumanlanmış Barbun balığı (<i>M. barbatus</i>)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı bazı kalite değişimleri.....	54
Çizelge 4.6 Sıcak dumanlama teknolojisi uygulanarak buzdolabı koşullarında depolanan Barbun balığı örneklerinin ortalama bakteri içeriği.....	56

1. GİRİŞ

Ülkemizde yetiştiricilik ve avcılıkla üretim yapan üreticilerimiz iç ya da dış pazarlara ürünlerini çoğunlukla taze ve soğutulmuş (%80-85) olarak vermektedir. İşlenerek tüketilen su ürünleri miktarı yıllık üretimin %15-20'sini oluşturmaktadır. Fakat ürünün katma değer kazanması ve üretim merkezlerinin kurulması nedeniyle ürünlerin ileri şekilde işlenmesi birçok açıdan yarar sağlayacaktır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998, Anonim 2001). Ülkemizde, işlenen su ürünlerinin büyük bir bölümünü konserve ürünler oluşturur. Son yıllarda hazır donmuş, dumanlanmış ve kurutulmuş ürün teknolojileri de gelişmeye başlamıştır. Oysaki bugün balıkçılık konusunda ileri olan ülkelerde avlanarak ya da kültür yoluyla üretilen su ürününün %70-80'i işlenerek tüketilmektedir. Ülkemizde su ürünleri işleyen ve değerlendiren işletme sayısı giderek artmaktadır. Tarım Bakanlığı tarafından onay verilen ve Avrupa Birliği (AB)'ne dışsattım yapabilen kuruluş sayısı 2001 yılında 70 adet olarak belirlenmiştir. Bu işletmeler arasında sadece su ürünleri ile ilgilenenlerin oranı da %61'dir (Anonim 2001).

Ülkemiz su ürünleri sektörü dışsattımı 2002 yılı verilerine göre 30.709 ton (yaklaşık 104 milyon dolar (USD) değerinde) olarak gerçekleşmiştir. Bu dışsattımın büyük bir bölümünü taze soğutulmuş balıklar oluşturmaktadır. Dünyada avlanan balığın yalnızca %25'i taze olarak pazarlanmakta, kalan %75'i işlenmektedir. Kalan bu %75 oranındaki bölümün ise %40'ı balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılırken %60'ı insan tüketimine uygun olarak işlenmektedir (Anonim 2001). Su ürünleri, içerdiği besin bileşenleri yönünden en değerli besin maddesidir. Protein oranının çok yüksek olması, vitamin ve doymamış yağ asitlerince zengin oluşu, doğada bulunan hemen hemen tüm aminoasitleri bulundurması su ürünlerini değerli kılmaktadır. Su ürünlerinden balık eti temel bileşenler olarak protein, su ve yağ içermektedir. Karbohidrat, mineral maddeler, vitaminler, enzimler ve hormonları az miktarda yapısında bulundurur. Özellikle yağda eriyen vitaminler (A,D,E,K) ile iyot, fosfor ve çinko diğer vitamin ve minerallere göre daha fazladır. Balık yağı özellikle yağda eriyen A ve D vitaminleri yönünden çok zengindir. Karaciğer yağı vücut yağına göre daha çok vitamin içermektedir. Balık eti aynı zamanda vitamin B1 (Tiamin), vitamin B2 (Riboflavin), vitamin B6 (Pridoksin)

gibi B-kompleksi vitaminleri de bulundurmaktadır. Vitamin C (Askorbik asit)'nin ise önemli oranda bulunmadığı bildirilmiştir. Balık etinin protein miktarı farklı türler arasında büyük değişim göstermez. Balık eti proteinden başka protein olmayan azotlu maddeleri de içermektedir. Bu maddeler hem lezzet hem de bozulma olaylarından sorumludurlar. Balık etinde tüm esansiyel aminoasitler (Treonin, valin, arginin, histidin, lizin, triptofan, lösin, izölösün ve methionin) en uygun oranda bulunmaktadır. Bu nedenlerle balık eti biyolojik değeri yüksek bir gıda maddesidir (Burt 1988a, Burt 1988b). Böylesine değerli olan su ürünleri besin maddeleri arasında en hızlı bozulandır.

Deniz ve iç sularda elde edilen çeşitli balık türleri ve kabuklular yüksek oranda protein sağlayan su ürünlerini oluşturmaktadır. Diğer protein kaynakları ile karşılaştırıldığı zaman su ürünlerinin, daha ekonomik bir besin kaynağı olduğu ve değişik yöntemlerle işlenerek depolandığı zaman, protein değerini yitirmeden tüketilebilmektedir (Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Dumanlama teknolojisi dünyada yaygın şekilde kullanılan, ekonomik öneme sahip, geleneksel balık işleme yöntemlerinden birisidir. Bilinen en eski besin koruma yöntemlerinden biri olan dumanlama teknolojisinde amaç, dumanın aroma ve renginden yararlanarak ürünün duyuşal özelliklerinin geliştirilmesi ile ısıtma sonucu dehidrasyon, duman bileşenlerinin antimikrobiyal ve antioksidant etkilerinden faydalanarak ürünün raf ömrünün artırılmasıdır. Bu teknoloji, özellikle Kuzey Avrupa ülkelerinde çok gelişmiş olup su ürünleri ve kara hayvanları etleri yoğun olarak dumanlanmaktadır. Çok fazla dumanlanmış ürün üreten ülkeler Hollanda, İngiltere, Norveç, Kanada, Japonya, Amerika ve Almanya'dır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Ülkemizde ise dumanlama teknolojisi ve dumanlanmış ürün tüketimi adı geçen ülkelere göre çok sınırlı düzeydedir. Ancak son yıllarda bazı su ürünleri işleme tesislerinin bu teknolojiye ilgileri artmıştır. 1998 yılında, dumanlanmış balık dış satımımız 105934 kg iken (DİE 1998), 2003 yılında 3.5 kat artarak 378211 kg'a yükselmiştir (DİE 2003). Aynı şekilde 1998 yılında 683559 ABD Doları olan dış satımımız (DİE 1998), 2003 yılında yaklaşık 3.4 kat artarak 2319191 ABD Doları olmuştur (DİE 2003).

Dumanlama ile ürünün saklama süresinin uzatılmasının yanında, duman bileşenlerinin ürüne verdiği aroma ile de değişik bir lezzet ortaya çıkmaktadır. Dumanlama işleminde, ürünün içerdiği suyun bir kısmının uzaklaştırılması ve dumandaki bakterisid maddelerin ürüne nüfuz etmesi sağlanarak mikroorganizmaların gelişiminin önlenmesi esastır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Dumanlanmış ürünlerde balık etinden suyun uzaklaştırılması tuz ve dumanın etkisiyle sağlanır. Duman içerisindeki antioksidantların ve kimyasal bileşiklerin etteki bozulmayı yavaşlatarak etin depolama süresini uzattığı çeşitli araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır (Bligh vd 1988, Ward 1995). Ancak dumanlama sınırsız bir koruma yöntemi olmayıp bu şekilde işlenen balıklarda da bozulma olabilmektedir. Bunun önlenmesi için balıklar dumanlama sonrası soğuk muhafazaya alınmalıdır. Ancak bu aşamada depolama ömürlerine etki eden balığın türü, hammaddenin kalitesi, tuz konsantrasyonu, etin su aktivitesi, dumanlama sıcaklığı, paketleme tipi ve depolama sıcaklığı gibi bazı faktörler vardır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Barbun balığı (*Mullus barbatus*), tüm Akdeniz’de, 100-300 m. derinliklere kadar uzanabilen sahil bölgesinin, dipleri kumlu, çamurlu ya da tamamen çamurlu kesimlerinde dağılım gösterir (Akşiray 1987). Hemen hemen yılın her mevsiminde genellikle trol ve fanyalı ağlarla avlanabilen barbun balıklarının etleri beyaz, az yağlı ve lezzetli olup ekonomik değerleri de çok yüksektir. Bu balık genellikle taze olarak pazarlanmaktadır. Oysa ki; dünyada elde edilen balıkların büyük bir kısmı işlenerek tüketime sunulmakta ve böylece balığın hem raf ömrü arttırılmakta hem de piyasaya farklı tat ve aromada ürün sağlanarak, ürün çeşitliliği temin edilmektedir. Türkiye’nin 2005 yılı toplam deniz balıkları üretim miktarı 334248 ton olup bunun 2825 tonu barbun balığına aittir. Yine aynı yıl itibariyle Akdeniz’deki üretim barbun balığı için 863 tondur (TUİK 2005).

Gıdalar genellikle raf ömürlerine göre dayanıksız, yarı dayanıklı ve dayanıklı ürünler olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadırlar. Balıklar bu sınıflandırma içerisinde kolay bozulan ürünler içerisinde yer almaktadır (Banja vd 2002). Çünkü balıkların; bağ doku yapısının zayıf, enzim aktivitesi ve su içeriğinin yüksek olması nedeniyle balıkları diğer gıdalara göre bozulmaya karşı daha hassas kılmaktadır (Özden ve Gökoğlu 1996).

Bu özellik balıkların pazarlanma olanağını sınırlamaktadır. Bu nedenle su ürünlerinin daha geniş kitlelere ulaştırılabilmesi için çeşitli işleme yöntemleriyle işlendikten sonra raf ömrünün uzatılarak pazarlanması oldukça önem kazanmıştır.

Tazelik balık kalitesinin belirlenmesinde en önemli ölçüt olmakla birlikte balık tazeliğinin belirlenmesinde güvenilir metotların geliştirilmesi pek çok yıldır araştırmaların ana amacını oluşturmaktadır. Tazelik değişimlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler; fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Tazelik kaybı ve sonucunda oluşan bozulma, mikrobial, fizyolojik, kimyasal ve biyokimyasal süreçlerin birbirleri ile etkileşimleri sonucunda oluşmaktadır (Varlık vd 1993, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Ülkemizde barbun balığının işleme teknolojisinde kullanılabilirliği üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca bu türün Antalya Körfezi'nde trol avcılığının ana avını oluşturduğu ve yöre insanının su ürünü tüketiminde önemli bir yeri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmada bu tür araştırma materyali olarak seçilmiştir. Bu türün mevcut tüketim alışkanlığı dışında yeni bir ürün tipi olarak değerlendirilmesi amacıyla sıcak dumanlama yönteminin denenmesi, dumanlama öncesi ve sonrası kimyasal bileşenlerinin araştırılması ve uygulanan sıcak dumanlama teknolojisi sonucu elde edilen ürünlerin raf ömürlerinin de bazı mikrobiyolojik ve kimyasal parametrelerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızla, ekonomik değeri yüksek olan beyaz etli barbun balığının dumanlama yöntemiyle işlenmesine yönelik ülkemizde ve dünyada her hangi bir çalışmaya rastlanılmamış olması nedeniyle, bu konudaki eksikliğin giderilmesi yönünde bir adım atılmış, ayrıca daha sonraki çalışmalar için yol açılmış olacağı kanısındayız.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Barbun Balığı (*Mullus barbatus* L. 1758)'nın Genel Özellikleri

Sistematikteki yeri aşağıda verilen barbun balığı, Doğu Atlantik'de, Avrupa ve Afrika kıyıları boyunca, İngiltere adaları'ndan Kanarya adaları'na kadar ve tüm Akdeniz'de 100–300 metre derinliklere kadar uzanabilen sahil bölgesinin, dipleri kumlu, kumlu-çamurlu ya da tamamen çamurlu kesimlerinde dağılım göstermektedir (Akşıray 1987).

Çizelge 2.1. Barbun balığı (*Mullus barbatus* L,1758)'nın sistematikteki yeri (Demir 1996).

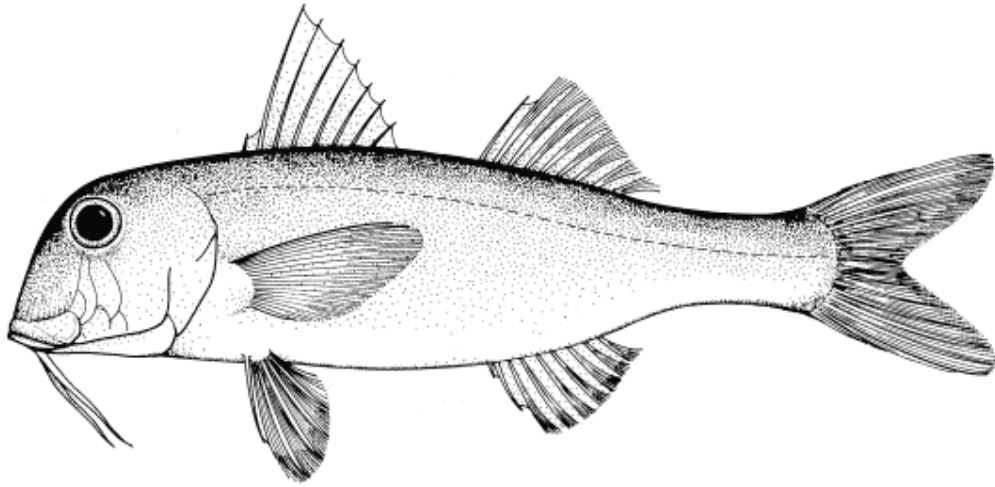
Alem	Animalia
Şube	Chordata
Sınıf	Osteichthyes
Takım	Perciformes
Familya	Mullidae
Cins	<i>Mullus</i>
Tür	<i>Mullus barbatus</i> (Linneaus,1758)

Barbun balığı Mullidae familyasından olup, sularımızda en fazla Akdeniz, Ege denizinin Anadolu sahillerinde, Marmara denizi kıyılarında ve az miktarda da Karadeniz de bulunmaktadır. Genellikle buldukları bölgenin iklim durumuna göre sığ sulardan ulaşabildikleri derinliklere kadar mevsimsel göç yaparlar. Boyları 15-40 cm arasında değişmektedir (Atay 1985).

10 yıl kadar yaşayabilen barbun balığı genellikle bölgenin iklim durumuna göre, birinci yaşlarını doldurduktan birkaç ay sonrası ve en geç ikinci yaşlarından itibaren üreme devrelerine girmektedir. Bu balıklar, buldukları bölgelerdeki su sıcaklığı 14°C'yi bulmasından itibaren sürüler halinde toplanarak, sahillerin 10-50 metre derinliklerine doğru yaklaşmaya başlarlar. Vardıkları derinliklerdeki suların ısısının 16.5-18.5 °C'yi bulması ile yumurtlamaya başlarlar. Genellikle ülkemiz için Nisan ayı ortalarına rastlayan bu üreme başlangıcı; Güney bölgelerinde Mayıs, Kuzey bölgelerinde de en geç Haziran ayı sonlarına kadar sürmektedir. Nisan–Haziran arası

13.000–100.000 yumurta bırakır. Yumurtaları 0.8 cm çapında ve pelajiktir. Pelajik olan bu yumurtalardan kısa sürede çıkan yavrular iki ay kadar pelajik olarak yaşadktan sonra yavaş yavaş dip hayatına uymaya başlarlar. Larvalar planktonla, erginler dipte küçük omurgasız hayvanlar ve balıkların yavruları ile beslenirler. Ergin barbun balıkları sonbaharda derinlere göç ederler. Kışı 100-300 m derinlikte geçirirler (Atay 1985, Akşiray 1987).

Barbun balığı oldukça uzun başlı (vücudun 5'te biri kadar) olup, çene altında uzun bir çift bıyığı vardır. Burun hemen hemen dikey görünümde ve ağız göz hizasına yakındır. Göz çukuru altında iki büyük, bir küçük pul bulunur. Üst çene dişsizdir. Sırt ve yanları sarı, bantsız olup kırmızımsı pembedir. Birinci dorsal yüzgeci bantsız ve beneksizdir. Vücut yanlardan basık, dorsal yüzgeçleri birbirlerinden iyice ayrılmıştır. İlk sırt yüzgeci 8-9 dikenli ışın, ikinci sırt yüzgeci 1 dikenli ve 8 yumuşak ışın içerir. Pulları büyük ve kolay ayrılabilir yapıdadır (Akşiray 1987).



Şekil 2.1. Barbun balığı (*Mullus barbatus*)'nın genel görünüşü (<http://www.fao.org>).

Mullus barbatus'un iki alt türü mevcuttur. Bunlardan, Ege ve Akdeniz'de bulunan alt türüne *Mullus barbatus barbatus*, Karadeniz ve Azak denizinde yaşayanlara ise *Mullus barbatus ponticus* adı verilmektedir (Fisher vd 1987, Anonim 1993)

Avcılığı fanyalı ve trol ağları yanında sepet, paraketa ve olta ile de yapılmaktadır. Hemen hemen senenin her mevsiminde avlanabilen barbun balıklarının etlerinin beyaz, sıkı ve çok lezzetli olması nedeniyle ekonomik değeri de çok yüksektir (Atay 1985, Akşıray 1987).

2.2. Su Ürünlerinde Dumanlama Teknolojisi

Kış mevsiminde yaprağını döken sert ağaçların odun ve talaşıyla elde edilen duman içerisinde belirli tekniklerle tuzlanmış taze balıkların bekletilmesiyle oluşan ürüne dumanlanmış ürün (smoking-fume) denir. Dumanlama ile, ürünün saklama süresi uzadığı gibi duman bileşenlerinin ürüne verdiği aroma ile de değişik bir lezzet kazandırılmış olunur. Dumanlama teknolojisinde prensip; balığın içerdiği suyun bir kısmının uzaklaştırılması ve dumandaki bakterisit maddelerin balığa geçişini sağlayarak mikroorganizmaların gelişmelerini önlemektir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Bilinen en eski besin koruma yöntemlerinden biri olan dumanlama teknolojisinde önceleri amaç ürünün dayanıklı hale getirilmesi iken, bugün daha çok dumanın aroması ve renginden yararlanarak ürünün duysal özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu arada dumanlama teknolojisi gereği uygulanan tuzlama ve kurutma ile ürünün su oranı düşerken dumanın yapısında yer alan maddeler de mikroorganizmaların faaliyetini engelleyici ve öldürücü etki yapmaktadır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Dumanlama teknolojisinde iki önemli kural söz konusudur. İlki; Gıdaların ısı işlemlerle neminin tekdüze bir şekilde azaltılması, eğer istenirse otolitik ve enzimatik etkinliklerle ürünün olgunlaştırılması ile ürünün belli derecede pişirilmesidir. Diğeri de; duman uygulaması ile ürünün renginin, lezzetinin ve aromasının uygun bir duruma getirilmesi ve koruyucu etkinin sağlanmasıdır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998). Dumanın ürün rengine olan etkisi, renkli duman öğelerinin besine alınması, bunların yoğunlaşması ve yükseltgenmesi, duman içeriği maddelerin proteinlerle tepkimeye girmesi, asitlerle rengin fiksasyonu, fenollerle diğer duman bileşimindeki maddelerin tepkimeleri şeklinde gerçekleşmektedir (Ertaş 2000). Araştırmacılar dumandaki asitlerin,

aldehitlerin ve fenollerin dumanlanmış ürünün kendine özgü aromasını sağladığını bildirmektedir. Ama bu oluşumda en etkin işlevi fenol miktarı oynamakta ve üründe duman aromasının oluşması ile fenol miktarı arasında sıkı bir ilişkinin olduğu bildirilmektedir. Ancak bu oluşumda çok sayıda fenolik olmayan bileşiklerin de yer aldığı ve duman aromasını oluşturan bileşiklerin sayısının 500 civarında olduğu da bildirilmektedir (Horner 1997, Ertaş 2000).

Sıcak dumanlama işlemi etin uygun olarak pişirilmesi esasına dayanır. Dumanlanmış ürünlerdeki koruyucu etkinin nedeni, ısıtma-kurutma ve tuzlama işlemleridir. Tuz ayrıca balık etine lezzet kazandırır. Dumanlanmış ürünlerde balık etinin kuruması, tuzun ve dumanın etkisiyle gerçekleşir. Dumandaki antioksidantlar ve kimyasal bileşikler etlerdeki mikrobiyal bozulmayı yavaşlatarak muhafaza süresini uzattığı bildirilmiştir (Bligh vd 1988, Pan 1988, Paulter 1988, Ward 1995).

Duman aroması ve tuz ile tatlandırılan dumanlanmış ürün beğeni ile tüketilen bir işlenmiş su ürünüdür. Genelde soğuk ve sıcak metotlarla dumanlanmış ürünü koruyan faktör duman içindeki antiseptik ve antioksidant özelliği gösteren kimyasal maddeler ve tuzun antiseptik etkisidir. Bunun yanı sıra kuruma ve tuzun besin içerisine girmesiyle su aktivitesi azalmakta ve buna bağlı olarak mikroorganizma faaliyetleri engellenmektedir (Burt 1988a, Karl 1992, Salama ve Khalafalla 1993).

Dumanlanmış ürünün raf ömrü birçok faktöre bağlıdır. Çoğunlukla balık türü, hammaddenin başlangıçtaki kalitesi, tuz konsantrasyonu, etin aktif su miktarı, dumanlama sırasındaki sıcaklık rejimi, duman bileşenlerinin içeriği, paketleme tipi, hijyenik koşullar ve depolama sıcaklığı etkili olan faktörlerdir (Aitken vd 1982, Burt 1988a, Hayes 1992, Ünal 1995, Topal 1996, Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Dumanlama teknolojisi ve dumanlanmış ürün tüketimi Japonya ve diğer uzak doğu ülkeleri, Kanada, AB ülkeleri ile İskandinav ülkelerinde gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Et, balık, midye, salam, sosis ve kalamar gibi bir çok gıda maddesine dumanlama ile istenilen aroma ve lezzet kazandırılmaktadır. Ülkemizde ise dumanlanmış ürün tüketimi diğer ülkelere kıyasla çok daha az olup, bazı işleme tesisleri

bu teknolojiden yararlanarak dumanlama yapmakta ve bu ürünleri yurt dışına satmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

2.2.1. Dumanlama yöntemleri

2.2.1.1. Sıcak dumanlama

Bu yöntem balığın 70-80 °C'de 3-8 saat dumanlanması ve pişirilmesi işleminden oluşmaktadır. Bu yöntemde öncelik ürünün yüksek sıcaklıkta pişmesi ve duman aromasını kazanmasıdır. Bu şekilde üretilen ürünün su oranı azalır. Soğuk dumanlanan ürüne göre daha lezzetlidir. Ancak tuz oranı az, su oranı fazla olduğu için soğuk depolarda saklanmalıdır. Soğuk dumanlama için balıkların yağ oranı %5-10 iken sıcak dumanlama için %10-15 oranında yağ içerenler uygundur (Dillon vd 1994, Martin 1994, Bykowski ve Dutkiewicz 1996, Horner 1997, Gökoğlu 2002).

2.2.1.2. Soğuk dumanlama

Soğuk dumanlama tuzlanmış balığın proteinlerinin koagülasyonundan kaçınarak, düşük sıcaklıkta yapılan dumanlama tekniğidir. Dumanlamada kullanılan sıcaklık balık türüne göre değişmekle birlikte genellikle 15-23 °C arasındadır. Birçok kaynaktan ise etin kokuşmaya başlamasından dolayı dumanlama sıcaklığının 30 °C'nin üstünde, etin kurummasının güçleşmesinden dolayı da 15 °C'nin altında olmamalıdır. Soğuk dumanlama yapılmış salmonlar hariç, diğer soğuk dumanlanmış balıklar isteğe bağlı olarak tüketimden önce pişirme işlemine tabi tutulurlar (Motohiro 1988, Bykowski ve Dutkiewicz 1996, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Soğuk dumanlama teknolojisi çok eski yıllardan beri kullanılan geleneksel bir işleme ve muhafaza yöntemidir. İlk başlarda uygun dumanlama dolaplarının, uygun ürün saklama ve dağıtım sistemlerinin olmaması nedeniyle soğuk dumanlanmış ürünler daha çok üründe su kaybı için uzun süreli işlem basamakları sonucunda üretilmekteydi. Balık, 3-7 gün arası tuzlama işlemine tabi tutulup ardından 3-4 hafta süreyle dumanlanarak işlem tamamlanmaktaydı (Motohiro 1988, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Fakat günümüzde bu işlem, tam kontrollü modern dumanlama dolaplarının geliştirilmesi ile birlikte çok daha kısa süreler içerisinde tamamlanır hale gelmiştir. Ayrıca modern balık koruma ve dağıtım sistemlerinin bulunmasından dolayı pek çok ülkede sıcak dumanlanmış ürünlerden daha çok tercih edilir hale gelmiştir (Dillon vd 1994).

Çizelge 2.2. Soğuk Dumanlama ile Sıcak Dumanlamanın Karşılaştırılması (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Parametreler	Soğuk Dumanlama	Sıcak Dumanlama
Dumanlama sıcaklığı	15-23 (°C)	50-80 (°C)
Dumanlama süresi	1-4 Hafta	2-8 saat (2 gün olabilir)
Tuzlama yöntemi, süresi ve konsantrasyonu	Kuru tuzlama, 3-7 gün, %22	Tuz çözeltisi, 1-2 saat, %18-22
Balığın yağ oranı	%5-10	%10-15
Ürünün nem oranı	%30-35	%60-65
Ürünün tuz oranı	%4-5	%2-3
Saklama sıcaklığı, süresi ve şekli	4 °C'de 5-6 ay, 21 °C'de 2-3 ay (Paketlenmiş)	4 °C'de 1 ay (Paketlenmiş)

2.2.1.3. Sıvı dumanlama

Bu yöntemde odunun damıtılmasıyla elde edilen ve duman içindeki kimyasal bileşikleri içeren duman sıvısı kullanılır. Bu sıvı belli bir oranda seyreltilerek içine %0.5-2 oranında tuz ve isteğe göre baharat ilavesiyle balıklar uzun süre bu sıvıda bekletilerek lezzet kazanır. Bu yöntemle dumanlanan ürünler diğer yöntemlerle dumanlananlara göre daha düşük kalitelidir. Bu yöntemin asıl amacı kurutulacak veya konserve edilecek olan ürünlere duman aroması vermektir (Dillon vd 1994, Bykowski ve Dutkiewicz 1996, Horner 1997, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

2.2.2. Duman materyali

Dumanlamada geniş yapraklı, yaprağını döken reçinesiz ağaçların talaşları kullanılır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Üründe acı bir tada neden olması, kansorejen maddeler taşıması ve dumanında bulunan is, ürünü kirletmesi ve lezzetini bozmasından dolayı reçineli ağaç kullanımı uygun değildir. En çok tercih edilen ağaç türü meşedir.

Meşe türü ağaçlarla beraber, dişbudak, akkayın, akasya, kızılağaç, akağaç, kavak ve söğüt ağaçlarının dumanlama için en uygun ağaçlar oldukları belirtilmektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Duman kaynağı olarak kullanılan odun çeşidinin, elde edilen dumanın özelliklerinde önemli ölçüde etkili olduğu kesin olarak kabul edilmektedir. Tarih boyunca bulunabilme, fiyat vb. etkenlerden dolayı kullanılan odun çeşidi değişme göstermiştir. Genel olarak; geniş yapraklı ağaçlardan elde edilen dumanın lezzet açısından iğne yapraklılardan elde edilene oranla daha fazla tercih ve beğeni aldığı vurgulanmaktadır (Maga 1988).

Piroliz edilen odunun özelliği, duman kompozisyonunu ve niteliklerini belirler. Bu nedenle, dumanlama için uygun odun materyalinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Çeşitli bildirişlerin ışığında dumanlamada kullanılan odun materyalleri için özetle aşağıdaki bilgiler sunulabilir.

- Reçineli odunların hoş olmayan aroma kazandırmaları nedeniyle kullanılmalari uygun değildir. Çam ağacında yanık karamel benzeri kokudan sorumlu karbonil ve karbonil olmayan bileşikler mevcuttur.
- Reçineli odunların yanması sonucu kresol ve fenoller ağır aroma oluştururlar.
- Sert ve yumuşak odunlar hoşla giden aromadan sorumlu fenolik bileşik ve türevlerine sahiptir.

Dumanın bileşiminde ağacın nem miktarı etkilidir. Bazı araştırmacılar ağacın nem miktarının dumanın kimyasal bileşimine etkili olmadığını bildirirken, bazıları da ağacın neminin renk ve aromaya etkili olduğunu, düşük nem içeriğinin dumanlanmış ürünün aromasına iyi etki yaptığını, yüksek nem içeriğinin ise dumanın rengini düzeltmektedir (Kietzmann vd 1969). Dumanlamada kullanılacak ağacın su miktarı düşük olmalıdır. Islak ağaç az duman verir ve fırını ısıtmaz. Nemli odunun yanmasından oluşan su buharı işlem sırasında soğuk balık yüzeyine su şeklinde çöker ve dumanlamanın seyri esnasında balığı nemli tutar. Halbuki balıktan suyun uzaklaştırılması gerekmektedir.

Nemli odun fazla odun kullanımına ve pişirme zamanının uzamasına neden olmaktadır. Bu da hiçbir zaman arzu edilmez.

Odanın bağıl nemi; hem renk, hem lezzet açısından ürüne duman birikimine etken olan faktörlerdendir. Yüksek nem oranı duman birikimini artırırken, renk açısından olumsuz durumlar açığa çıkar; bu nedenle etkilerin en iyi gözlemlendiği değerler dikkate alınmalıdır (Kietzmann vd 1969).

Duman yoğunluğu üründeki duman birikimi ile doğru ilişkilidir. Hava akım hızı ile etkileşimi arttırılmaktadır. Ancak duman yoğunluğu ile hava akım hızı birbirleriyle ters orantılıdır. Bu nedenle iki değer optimimum oranları ayarlanmalıdır (Kietzmann vd 1969).

2.2.3. Dumanlama ekipmanları

Dumanlama geleneksel ve mekanik olmak üzere iki tip fırın kullanılır. Geleneksel dumanlama fırınları oldukça ilkelidir. En basit dizaynlardan biri toprakta kazılmış çukurlardır. Bunun yanında fiçilerden ve varillerden yapılmış dumanlama üniteleri de kullanılmaktadır (Martin 1994, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Geleneksel dumanlama fırınlarının yapımı basit ve bunda kullanılan materyal ucuzdur. Ancak bu tip fırınların bazı dezavantajları vardır. Bu sistemde fırın sıcaklığı ve nisbi nemi sabit tutulamamaktadır. Bunun sonucunda homojen bir kurutma ve dumanlama işlemi gerçekleştirilememektedir. Tüm ürünün homojen bir şekilde dumanlanabilmesi için fırın içerisinde ürünlerin yerini sık sık değiştirmek gerekir. Aksi takdirde ocağa yakın kısımdaki ürünler çok fazla pişerken uzaktaki ürünler ise yeterince pişmemektedir. Bu şekilde bir rotasyon ise ürün kaybına neden olmaktadır. Geleneksel bir fırında üretilmiş ürünün kalitesi daha çok işlemi gerçekleştiren operatörün deneyimine bağlıdır. Geleneksel fırınların bu dezavantajları nedeniyle modern dumanlama işleminde mekanik fırınlar tercih edilmektedir.

Mekanik fırınlarda duman, fırın dışındaki özel ocaklarda elde edilerek fırına verilmektedir. Fırın içerisinde duman ve havanın sirkülasyonunu sağlayan fanlar vasıtasıyla dumanın ürünle teması sağlanmaktadır. Fırının ısıtılması ise genellikle elektrikle sağlanmaktadır. Bunun yanında, buharlı ısıtıcılar da kullanılmaktadır. Isıtılmış hava, fanlarla fırın içerisine sevk edilince, dumanla karşılaşarak fırın içerisindeki balıkların üzerine gelir (Gökoğlu 2002).

Bugüne kadar yapılan araştırmalar sonucunda birçok araştırmacı geleneksel fırın uygulamaları sonucu ortaya çıkan füme ürünlerin standart olmama, istenilen tat ve aromayı karşılayamama ve fırın içi homojen ürün elde edilememesi bu eski teknolojinin yerini modern ekipmanlara bırakmasını gerektiği vurgulanmaktadır (Miler ve Sikorski 1990).

2.2.4. Duman üretimi

Duman, ince veya kalın talaşın veya odun parçacıklarının alevsiz olarak yanmasıyla elde edilir. Bu işlem için için yanma (smouldering) olarak da isimlendirilir. Selüloz, hemiselüloz, lignin, eterik yağlar ve reçine gibi odun içeriğindeki unsurlar termik olarak parçalanırlar (Müller ve Wirth 1988).

Odun yandığında, kompleks kimyasal bileşenler daha küçük bileşenler haline dönüşür. Dumandaki kimyasalların kalitesi ve çeşitleri kullanılan odunun tipine ve yakma sıcaklığına bağlıdır. Örneğin; talaşın alevsiz yavaşça yanmasıyla ve aynı talaşın daha yüksek bir sıcaklıkta güçlü bir hava akımıyla yanmasıyla üretilen dumanın arasında bir farklılık olacağı bildirmektedir. (Martin 1994).

Yüksek sıcaklıklarda yapılan dumanlama işlemi bir yandan ürünün pişmesini sağlarken diğer yandan da daha hızlı bir kuruma ve ürün ile duman bileşikleri arasında daha hızlı kimyasal reaksiyon sağlar. Ürün kurudukça dumanı absorbe etme yeteneği azalır. Bu nedenle hızlı kuruyan ürünlerde duman absorpsiyonu yavaşlar. Odunun yanması sırasında ortalama 170°C'ye kadar olan sıcaklıkta odun içeriği maddelerde herhangi bir değişme olmaksızın odun iyice kurur. Sıcaklık 270°C'ye eriştiğinde

endoterm, 270°C'den sonrası ise hızla ilerleyen ekzoterm parçalanma olur. Daha sonra sıcaklık kendiliğinden 400°C'ye yükselir. Bu sırada selüloz glukoza, glukoz da dehidroglukoza parçalanır. Bundan da son ürün olarak asetik asit ve çok az miktarda furan ve fenoller oluşur. Hemiselüloz odunun ısıya en dayanıklı bileşeni olup hızla parçalanması sonucu furan derivatları ve alifatik karbon asitleri oluşur. Yapısında asetil ve karboksil grupların bulunması nedeniyle önemli miktarlarda asetik asit ve karbondioksit de oluşur. Ligninin yıkımında ise yine furan derivatları oluşur (Möhler 1978).

Odun katranı, odunun bütün unsurları ile birlikte ortalama 400 °C'de oluşur, 400°C'nin üzerinde sıcaklık yükselmesi sadece endoderm olarak meydana gelebilir. Eğer ısı yükselirse odun katranının termik parçalanması oluşur. Havanın olmadığı ortamda odunun kuru distilasyonu endoterm, izoterm ve ekzoterm olarak seyretmesine karşın, oksijen mevcudiyetinde duman üretiminde olay daha da karışıktır (Müller ve Wirth 1988).

Duman üretiminde şimdiye kadar bilinen metotlar odundan elde edilen materyalin termal yıkımı üzerine kurulmuştur. Bu nedenle odunun kimyasal bileşimi ve işleme parametreleri ile odunun kompozisyon özellikleri önem taşımaktadır.

Ağaç türleri dikkate alınmaksızın odunun elemental kompozisyonu hemen hemen aynıdır. Yaklaşık %45 selüloz, %20-30 lignin ve hemiselülozdan oluşan kuru odunun kuru madde miktarı %95 civarındadır. Çam ağacında lignin miktarı, yaprak döken ağaçlardan daha yüksektir. Oysa hemiselüloz bakımından aynıdır. Selüloz, glukoz'un bir polimeridir ve yapıları tüm ağaç türlerinde az çok benzerdir. Bunların termal yıkım ürünleri anhidroglukoz, karbonilli bileşikler ve furanların türevleridir (Miler ve Sikorski 1990).

Isıtma ile selüloz 1.6 anhidroglukoza parçalanır. Devamında glikoz, asetik asit, fenoller, aseton ve su açığa çıkar. Hemiselüloz ise ısıtma ile pentozanları açığa çıkarır. Isıtmanın devamında furanlar ve furallar ortaya çıkar. Lignin ise fenolik bileşiklerin ana maddesini teşkil eder. Normal yanma olayında sıcaklık 100-400°C arasında

değişmektedir. Dumanlama işleminde, yanma esnasında ortamdaki oksijen miktarının etkili olduğu oksidatif değişimler, duman bileşimini etkileyen en önemli faktördür (Möhler vd 1978).

Yanma esnasında, hava yeterli oranda olmadığı takdirde elde edilen duman görünüş olarak koyudur ve içerik açısından da çok fazla karboksilik asit içerdiğinden, gıda dumanlaması için uygun değildir. Bu nedenle; duman üretim jeneratörlerinin yanma esnasında yeterli havayı sağlayabiliyor olması gerekmektedir (Möhler vd 1978).

Duman daha çok yüzeyde etkili olmaktadır. Belirli duman içeriği maddelerin ürünün iç kısmına girişinde dumanlanan ürünün özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır (Müller ve Wirth 1988). Duman etlerin yüzeyini bir zar gibi örtmekte ve mikroorganizmaların ete girişini önlemektedir (Göğüş 1988). Bu etki duman buharındaki kimyasal maddelerin balık yüzeyindeki nemde çözünmesi ile gerçekleşir (Anonymous 1970).

Dumanlama işlemi; kullanılan dumanın elde edilmesine göre 2 gruba ayrılmaktadır:

- Doğal duman
- Sıvı duman

Doğal dumanlama işleminde, odun, talaş ve benzeri maddelerin yakılması ile elde edilen dumanın gıda ile etkileşimi ve gıdaya birikimi sağlanmaktadır.

Sıvı dumanlama ise yakılarak elde edilen doğal dumanın filtre edilip yoğunlaştırılması ile elde edilen sıvı haldeki duman konsantresinin gıdalara uygulanması işlemidir. Sıvı dumanlama işlemi, doğal dumanlamaya göre; dumanlama evlerinde büyük oranda finansal çıktı olarak görülen jeneratör, yanma odası vb. donanımlara gerek olmaması, sıvı duman bileşiminin daha sabit olmasından dolayı ürünlerin standart ve tekrarlanabilir özellikte olması; sıvı duman eldesinde, doğal dumanın parçacık fazı uzaklaştırıldığından sağlık açısından problem doğuran

hidrokarbonlar açısından daha güvenilir olması gibi avantajlara sahip olduğundan son zamanlarda üreticilerin daha fazla tercihini toplamaktadır (Martin 1994).

Sıvı duman uygulaması, dumanlama işlemini ortadan kaldırırsa da; bu işlemde de pişirme uygulanmaktadır. Diğer bir ifade ile sıvı dumanlama işlemi pişirme ile kombine edilir. Sıvı duman solüsyonu püskürtüldükten hemen sonra uygulanan pişirme ile gıdada istenilen renk değişimi sağlanabilmekte ise de sıvı dumanlamada, doğal dumanlama ile oluşan renk değişimi gözlenememektedir. Bu nedenle, dumanlama işleminde amaç, lezzet ve korumadan çok renk değişimi olduğu hallerde doğal duman uygulanmalıdır (Guillén ve Manzano 1996).

2.2.5. Dumanlanmış ürüne etki eden faktörler

Tuz içeriği yüksek olmayan ve yeterli düzeyde kurumamış olan dumanlanmış su ürünleri, sıcaklığa ve neme duyarlıdır. Bu nedenle nemsiz ve soğuk yerlerde korunmalıdır (Gökoğlu 2002). Dumanlanmış ürünlerin kalitesinde, kullanılan tuz, kuruma- ısıtma ve duman olmak üzere 3 faktör etkilidir.

Tuzlama, dumanlama işleminden önce materyale uygulanan ve son ürünün kalitesinde önemli rol oynayan ön işlemlerden biridir. Tuzlama ile balık etine tuz girerken balık su kaybeder. Gerek balık etinde meydana gelen su kaybı gerekse tuzun antiseptik etkisiyle mikroorganizma etkinliği engellenmiş olur. Tuz ayrıca istenen sertlik ve lezzeti de sağlar. Dumanlanacak balık etine giren tuz miktarı balığın cinsine, yağ oranına, tazeliğine, ortam sıcaklığına ve tuz derişimine bağlıdır. Yağlı balıkların tuz alma oranı daha azdır. Bayat dondurulmuş balıklarda etin yapısını oluşturan proteinlerin kısmen bozulması nedeniyle tuz girişi yavaşlar. Tuz derişiminin artışı ile ete geçen tuz miktarı da artar. Tuz derişimi %10-12'nin altında olduğunda ete geçen tuz azalacağından proteinlerin çözünürlüğü yükselir. Balık eti bu durumda su soğurur ve ağırlık artışı olur. Tuz derişimi %12'nin üzerine çıktığında ete geçen tuz miktarı artar ve balık su kaybetmeye başlar. Tuz oranı %20-22 oranında olduğunda balık etine bol miktarda tuz girerek su kaybını artırır ve kuruma gerçekleşir. Balık etini kısa süreli

tuzlamada %20-22'lik derişimin sıcak dumanlama için en uygun derişim olduğu bildirilmiştir (Ünlüsayın 1999).

Kurutma ile su oranı düşürülürken, ürün yüzeyinde hafif bir kabuk tabakası oluşturularak mikroorganizma geçişi engellenir. Dumanlama işleminde kurutma önemli bir işleme aşaması olup kalite üzerinde etkilidir. Kurutma ile balık etindeki su azaltılmış olur. Mikroorganizma için uygun bir ortam oluşturan su biyokimyasal reaksiyonlarda bir solvent olarak iş görmektedir (Gökoğlu 2002). Dumanlama sırasında uygulanan ısı işlem et yüzeyinin nemini azaltarak bakteriyel gelişmeyi geciktirir (Martin 1994).

Dumanın koruyucu etkisi içerdđi bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Dumanın yapısında formaldehit, fenol, asetik asit, asetaldehit, metil alkol, etil alkol ve formik asit gibi bileşikler bulunur. Dumanın antioksidant etkisi fenollerden ileri gelir. Fenolik bileşikler balık yağını oksidasyona karşı korur. Duman elde etme yönteminin dumanın antioksidatif özelliğine etki ettiği bildirilmektedir. Bu yüzden dumanlama işleminde kullanılan odun talaşı çok yavaş ve alevlendirilmeden yakılmalıdır. Bu şekilde elde edilen dumanın antioksidant özelliği daha yüksek olmaktadır. Formaldehit ve asetik asit ürün yüzeyinde bulunduğunda bakteri ve küf gelişimi engellenmektedir. Ayrıca dumandaki yüksek kaynama noktalı fenollerin de bakterisid özelliğe sahip olduğu saptanmıştır (Göğüş ve Kolsarıcı 1992, Horner 1997, Ertaş 2000, Gökoğlu 2002).

Dumanlanmış ürünler soğukta taşınmalı ve depolanmalıdır. Ambalajlama işleminde modern teknolojinin ürettiği polietilen gibi maddelerden yapılmış vakum torbalarının yanı sıra, geleneksel olarak yapılan paketleme, plastik torbalar, palmiye yaprakları veya bambu kartonları da kullanılmaktadır (Motohiro 1988).

2.2.6. Dumanlanmış balıkların kalitesinde meydana gelen değişimler

Dumanlanmış balıklardaki değişimler, dumanlanan balığın türüne, yağ oranına, dumanlama yöntemine, dumanın içeriğine, dumanlama süresi ve sıcaklığı ile dumanlama öncesi yapılan işlemlere ve tazeliğe göre farklılık göstermektedir.

2.2.6.1. Su ve kuru madde içeriğindeki değişimler

Balık etinin en önemli bileşeni sudur. Balık etinde ortalama %66-%81 oranında su bulunmaktadır. Su ürünlerinde yağ oranı arttıkça su oranı azalmaktadır. Su, balık etinde genelde protein ve yağ moleküllerine bağlıdır. Bu molekülleri kolloid tanecikleri şeklinde yüzdüren bağlı (konjige) su ya da ürün ısıtıldığı zaman eti kolayca terk eden serbest su şeklinde bulunmaktadır. Serbest su bazı balıklarda mevcut suyun %98'ini oluşturur. Etteki bozulmanın engellenebilmesi için mevcut serbest suyun düşürülmesi gerekmektedir. Arı suyun etkinliği $A_w=1$ 'dir. Bir balık eti içindeki serbest su değeri 0.90'nın altına düşmüşse bakteriler faaliyet gösteremez ve 0.80 değerinin altında küflerin etkinliği de ortadan kalkmaktadır. Serbest suyun 0.64'ün altına düşmesi bütün mikroorganizma faaliyetlerini durdurmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Dumanlanmış balıklarda, tuzlama, ısıtma ve kurutmaya bağlı olarak su kaybının gerçekleşmesi beklenen bir sonuçtur. Birçok araştırmacı da bunu yaptığı çalışmalarla ortaya koymuştur. Holland vd (1991), su oranının uskumru balıklarında dumanlama sonrasında %64.0'dan %47.1'e, Atlantik salmon balıklarında ise %68'den %64.9'a düştüğünü bulmuşlardır. Benzer şekilde, Motohiro (1988), Vishwanath vd (1998) ve Sigurgisladottir vd (2000), dumanlama sırasında balık etinde su kaybı olduğunu saptamışlardır. Ünal (1995), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin farklı tuz derişimleri kullanarak yaptığı sıcak dumanlama sonucunda başlangıçtaki %72.12'lik su içeriğinin %6'lık tuz derişimi ile işlem görmüşlerde %65.17, %21'lik tuz derişimi ile işlem görmüşlerde %64.23'e düştüğünü belirlemiştir.

Ünlüsayın vd (2001), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), yılan balığı (*Anguilla anguilla*) ve sudak (*Stizostedion lucioperca*) balıklarına uyguladıkları sıcak dumanlama sonrasında üç türün de dumanlama sonrasında su kaybettiğini saptamışlardır. Bilgin vd (2001), kara yayın (*Clarias gariepinus*) türünün sıcak dumanlama sonrası, su içeriğinin %75.44'ten %66.38 seviyesine azaldığını belirlemiştir.

Bilgin (2003), taze dağ alabalığı (*Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858) örneklerinde %78.90 olan su içeriğinin, sıcak dumanlama sonrası %50.86'ya düştüğünü, $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan dumanlanmış örneklerde 7. gününde %50.81 olan su içeriği depolama sonunda (51. günde) %53.70 olarak saptamıştır.

Goulas ve Kontominas (2005), kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklarının biyokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine dumanlama ve tuzlama işleminin etkilerini çalışmışlardır. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve iki farklı şekilde sıcak dumanlandıktan sonra vakumda paketlenip $2-3^{\circ}\text{C}$ 'de 30 gün depolanmış örneklerin toplam su içerikleri Çizelge 2.3.'de verilmiştir. Su içeriği bakımından, dumanlama yöntemleri ve taze ile tuzlanmış örnekler arasında önemsiz bir değişim belirlenmiştir. Yazarlar taze örneklerde, her iki dumanlama işlemi sonucunda su içeriğinde ortalama %21.2, %22.4'lik istatistiki olarak önemli bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 2.3. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun depolama sonrası su içeriği (Goulas ve Kontominas 2005)

Depolama Süresi	Taze	Tuzlama sonrası	Tuzlanmış, dumanlanmış (1. Yöntem)	Tuzlanmış, dumanlanmış (2. Yöntem)
0	75.30 \pm 0.86 ^a	75.30 \pm 0.86 ^a	75.30 \pm 0.86 ^a	75.30 \pm 0.86 ^a
1	75.36 \pm 0.51 ^a	75.04 \pm 0.35 ^a	56.81 \pm 0.87 ^b	56.67 \pm 0.28 ^b
6	75.20 \pm 0.82 ^a	74.73 \pm 0.95 ^a	59.24 \pm 0.26 ^b	59.06 \pm 0.50 ^b
12	74.75 \pm 0.90 ^a	75.32 \pm 1.39 ^a	56.33 \pm 0.41 ^b	56.18 \pm 0.28 ^b
18	75.13 \pm 0.37 ^a	74.52 \pm 0.64 ^a	61.50 \pm 0.96 ^b	59.44 \pm 1.28 ^b
24	74.95 \pm 0.58 ^a	74.28 \pm 0.52 ^a	60.77 \pm 0.91 ^b	59.71 \pm 0.48 ^b
30	75.80 \pm 0.46 ^a	75.51 \pm 1.41 ^a	59.35 \pm 1.38 ^b	57.34 \pm 0.79 ^b

Aynı satırda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ($P<0.05$) önemlidir.

Kolsarıcı ve Özkaya (1998), *Oncorhynchus mykiss*'de raf ömrüne tütsüleme yöntemlerinin etkisini araştırmış, taze örneklerde %29.05 \pm 0.75 olan kuru madde miktarının (%70.95 su) sıcak dumanlanmış balıklarda %43.65 \pm 0.45 (%56.35 su) değerine yükseldiğini belirtmiştir. Bu araştırmacıların yaptığı önem testi sonucu kuru maddedeki bu artışın (su içeriğindeki azalma) önemli olduğu belirlenmiştir. Vasiliadou vd (2005), sıcak dumanlama sonrası kültür çipuralarının (*Sparus aurata*) su içeriğinin %69.96 \pm 0.89'dan %57.45 \pm 1.81'e düştüğünü belirlemişlerdir.

Yılan balığı (*Anguilla vulgaris*)'nda dumanlama ve depolama sırasındaki kimyasal, bakteriyolojik ve duyuşal değişimler incelenmiştir (Salama ve Khalafalla 1993). %15 oranında tuzlama yapılan örneklerde 6 haftalık depolama boyunca ($7\pm 2^{\circ}\text{C}$) su içeriğinde azalma görülmüştür (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. % 15 oranında tuzlanarak dumanlanmış ve $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 6 hafta depolanmış Yılan balığı (*A. vulgaris*)'ndaki bazı değişimler (Salama ve Khalafalla 1993).

Süre (Hafta)	Su (%)	Lipit (%)	Tuz (NaCl) (%)	TBA (mgMA/kg)
0	56.58	20.42	6.01	0.9248
1	55.73	20.77	6.90	0.2896
2	54.86	21.00	7.70	0.4210
4	52.66	21.41	8.60	0.1613
6	51.13	21.81	9.80	0.2271

2.2.6.2. Protein içeriğindeki değişimler

Proteinler ısıtma ile denatürasyona uğramaktadır. Denatürasyon sıcaklığının balık türüne, protein çeşidine ve balığın yaşadığı ortamın sıcaklığına bağlı olarak değiştığı bildirilmektedir. Genellikle proteinlerin %90'ı $60-65^{\circ}\text{C}$ 'de denatüre olur. %10'u ise 100°C 'ye kadar bozulmadan kalabilir. Protein denatürasyonu aynı zamanda düşük sıcaklıklarda uzun süreli depolama (dondurma teknolojisi) sırasında da görülebilir. Sıcaklığın 115°C 'ye çıkmasıyla proteinlerin sindirilebilirliklerinin azaldığı belirlenmiştir (Opstvedt 1988).

Dumanlama sırasında miyosin ve miyojen oranı azalırken protein azotu dışındaki polipeptit, aminoasit ve amonyak azotu artar. Dumanlama sırasında mono amino asit miktarı artarken, diamino asit miktarı azalır. Dumanlama sırasında özellikle sıcak dumanlamada su oranının azalması ve sıcaklığın etkisiyle proteinler koagüle olur. Koagülasyon protein türüne, balığın cinsine ve dumanlama yöntemine göre farklılık gösterir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Farklı işleme teknolojileri uygulanan salmon balığının kimyasal bileşenlerinin belirlenmesine yönelik çalışmada taze örneklerde %18.4 olan protein oranının dumanlanmış balıklarda %25.4'e çıktığı saptanmıştır (Holland vd 1991) (Çizelge 2.5).

Havuz balığı (*Carassius auratus* L. 1758)'nın sıcak dumanlama sonrası kimyasal bileşenlerinin tespiti ve raf ömrünün incelendiği araştırmada protein içeriği taze balıkta %17.34±1.72 (erkek balıkta) ve %16.69±1.01 (dişi balıkta) iken sıcak dumanlanmış örneklerde erkek ve dişi balıklarda sırasıyla %21.65±1.01 ve %20.34±0.69 olarak bulunmuştur. Çalışmada protein oranında görülen bu artışın oransal bir artış olduğu ve bu artışın su içeriğindeki azalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Ünlüsayın vd 2003).

Kolsarıcı ve Özkaya (1998) tarafından dumanlanmış gökkuşacağı alabalığı örneklerinde protein oranlarında artış olduğu saptanmıştır. Sıcak dumanlanmış balıkların protein içeriklerinde benzer bir artış diğer bazı araştırmacılarca da kaydedilmiştir. Dumanlanmış yılan balıkları (*Anguilla anguilla*)'nda protein içeriğinin %40.62'den %46.07'ye çıktığı saptanmıştır (İkiz vd 1994) (Çizelge 2.5).

Salama ve Khalafalla (1993), dumanlanmış yılan balıkları (*Anguilla vulgaris*)'ndaki değişimleri incelemiş ve protein içeriğinin 7±2°C'de depolama süresince artış gösterdiğini saptamışlardır. Bilgin vd (2001), *Clarias gariepinus* balığı üzerinde farklı işleme teknolojilerini uygulamışlar ve sıcak dumanlama işlemi yapılan örneklerde protein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir (Çizelge 2.5).

Ünlüsayın vd (2001), gökkuşacağı alabalığı, yılan balığı ve sudak balığında, Diler vd (2002), eğrezde ve Vasiliadou vd (2005), çipurada sıcak dumanlama sonrası protein içeriğinin önemli oranda yükseldiğini saptamış olup, bu artışın nisbi bir artış olduğunu ve su içeriğindeki azalmadan kaynaklandığını bildirmişlerdir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Sıcak dumanlama sonrası çeşitli balıkların protein içeriğindeki değişimler

Kaynaklar	Türler	Taze (%)	Dumanlanmış (%)
İkiz vd (1994)	Yılan balığı (<i>Anguilla anguilla</i>)	40.62	46.07
Bilgin vd (2001)	Kara yayın (<i>Clarias gariepinus</i>)	16.58	22.58
Ünlüsayın vd (2001)	G. alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	16.45	22.21
	Yılan balığı (<i>Anguilla anguilla</i>)	15.16	17.77
	Sudak (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	16.25	28.92
Diler vd (2002)	Eğrez (<i>Vimba vimba tenella</i>)	17.66	21.78
Ünlüsayın vd (2003)	Havuz balığı (<i>Carassius auratus</i>)	17.34	21.65
Vasiliadou vd (2005)	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	20.65	25.67

2.2.6.3. Lipitlerdeki değişimler

Su ürünlerinin temel bileşenlerinden birisi de lipitlerdir. Balık etlerinde %15-18 doymuş, %82-85 oranında doymamış yağ asidi bulunmaktadır. Bu yağlar genellikle sıvı yağlar olup C:16 ve C:26 arasında karbon bulunduran yağ asitlerini içermektedir. Yüksek karbonlu bir ya da birden fazla çift bağ bulunduran yağ asitleri hızlı bozulma özelliği göstermektedirler. Balık yağlarında görülen bozulma olayını sıcaklık, ışık, tuz ve hava gibi faktörler etkilemektedir (Halver 1972, Love 1997, Ünlüsayın vd 1997, Gökoğlu 2002).

Ünlüsayın vd (2001)'nin dumanlanmış bazı tatlısu balıklarının lipitlerindeki değişimleri inceledikleri çalışmada yağ içeriğinde artış saptamışlardır. Araştırmacılar balıklarda bulunan doymamış yağ asitlerinin oksidasyona daha duyarlı olduklarını; doymuş tuz çözültüsü ile balıkların tuzlanmasının, oksitlenmeyi hızlandırmasına karşın su içeriğindeki tuzun oksijenin çözünmesini engelleyerek oksitlenmeyi yavaşlattığı, dumanlanmış ürünlerde dumanın antioksidant etkisinin tuzun oksitlenme etkisinden daha baskın olduğu, dumanlamanın oksidasyona karşı koruma sağladığını belirlemişlerdir.

Havuz balığı (*Carassius auratus*)'nın sıcak dumanlanması ve raf ömrünün belirlenmesine yönelik Ünlüsayın vd (2003)'nin yaptıkları çalışmada erkek ve dişi balıkların yağ içeriklerinin dumanlama sonrası artış gösterdiği belirlenmiştir.

Bligh vd (1988), dumanlanmış balıkların yağlarında değişimlerin olabileceğini, balık etine uygulanan ısı işlemlerin aşırı doymamış yağ asitlerinde oksidasyona neden olabileceğini bildirmiş olup bu yağ asitlerinden özellikle eikosapentaenoik asit, 22:5n-3 ile dokosaheksaenoik asit, 22:6n-3 yağ asitlerinin oksidasyona eğilimli olduklarını açıklamışlardır.

Bilgin vd (2001) *Clarias gariepinus* türüyle yaptıkları çalışmada sıcak dumanlanmış balıklarda yağ içeriğinin arttığını vurgulamışlardır.

Gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin raf ömrü üzerine dumanlama yöntemlerinin ve depolama sıcaklıklarının etkisi konulu çalışmada, sıcak dumanlanan örneklerde yağ içeriğinin arttığı (taze örneklerde %8.45±0.65, dumanlanmışlarda %11.23±1.27) kaydedilmiştir (Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Dumanlanmış yılan balıkları (*Anguilla vulgaris*)'nin 7±2°C'de 6 hafta boyunca depolanması sırasındaki değişimlerin incelendiği çalışmada, lipid içeriğinde düşük oranlarda artış olduğu belirlenmiştir (Salama ve Khalafalla 1993) (Çizelge 2.4).

Ünal (1995), gökkuşluğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) dumanlanması ve bazı kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada dumanlanan örneklerde yağ oranının arttığını saptamıştır.

2.2.6.4. Tuz ve inorganik madde içeriğindeki değişimler

Su ürünleri, dumanlama öncesi uygulanacak olan metoda göre bir süre tuzlanmaktadır. Tuzlama ile besinlere istenilen sertlik ve lezzet kazandırılır. Bu sırada balık etine tuz girerken, et de su kaybetmektedir. Böylece tuzun antiseptik etkisi ve balık etinin su kaybetmesi nedeniyle mikroorganizma faaliyetleri azalmaktadır. Ayrıca oksijen çözünürlüğünün tuzlu ortamda azalması, aerobik bakteri etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Dumanlanacak ürüne giren tuz miktarı balığın cinsine, yağ oranına, tazeliğine, ortam sıcaklığına ve tuz derişimine bağıdır. Yağı balıkların tuz alma yetenekleri daha az, bayat ve dondurulmuş balıklarda ise balık etindeki proteinlerin kısmen bozulması nedeniyle tuz girişı azalmaktadır. Tuzlama derişimi arttıkça ete tuz girişı de doğru orantılı olarak artmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Dumanlanmış balıklarda tuz ve inorganik madde (kül) içeriğinin arttığı bildirilmektedir. Bu konuda yapılan bir çalışmada gökkuşağı alabalıklarının (*Salmo gairdneri*) tuzlanması ve tütsülenmesi sonucu kül ve tuz içeriğinde istatistiksel olarak önemli artışların olduğu ($P<0.01$) görülmektedir. Bu çalışmada taze balıkların kül içeriği 1.31 ± 0.11 ve tuz içeriği 0.10 ± 0.04 iken, sıcak dumanlanan örneklerin kül içeriği 4.70 ± 0.10 ve tuz içeriği 3.68 ± 0.05 olarak bulunmuştur (Kolsarıcı ve Özkaya 1998).

Ünlüsayın vd (2001), taze yılan balığında 1.25 ± 0.21 . gökkuşağı alabalığında 1.80 ± 0.14 . sudakta 2.02 ± 0.01 olan inorganik madde miktarının dumanlama sonrası sırası ile 2.30 ± 0.16 . 3.52 ± 0.11 ve 4.47 ± 0.21 'e yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada *C. gariepinus*'ların tuzlanıp sıcak dumanlanması sonucu inorganik madde miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Taze balıktaki inorganik madde miktarı 1.21 iken dumanlanmış örneklerde bu oran 3.65 'e yükselmiştir (Bilgin vd 2001).

Sıcak dumanlama yönteminin uygulandığı bir çalışmada gökkuşağı alabalıkları $5-6$ °C'de 60 gün depolanarak ürünün raf ömrü belirlenmeye çalışılmıştır. Depolama süresince tuz içeriğinde çok önemli değişimler gözlenmemiştir (Gökoğlu ve Varlık 1992) (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. 60 gün süreyle buzdolabı koşullarında depolanan sıcak dumanlanmış gökkuşığı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*)’nda tuz ve TVB-N içeriğindeki değişim (Gökoğlu ve Varlık 1992).

Depolama Günleri	Tuz (%)	TVB-N (mg/100g)
0	4	17
5	3.5	21
10	4	22
15	4	22
20	4.5	23
25	4	25
30	3.5	26
35	4	28
40	4	32
45	4	35
50	4.5	43
55	4	50
60	4	62

Bilgin (2003), taze dağ alabalığının inorganik madde ve tuz oranını sırasıyla 1.330 ± 0.020 ve 0.830 ± 0.020 olarak bulurken, sıcak dumanlama teknolojisi uyguladığı ve 4 ± 0.5 °C’de 51 gün depoladığı balıklarda inorganik madde ve tuz oranlarını, sırasıyla 3.314 ± 0.010 ve 2.846 ± 0.116 olarak tespit etmiştir.

Salama ve Khalafalla (1993), *Anguilla vulgaris*’e uyguladıkları sıcak dumanlama teknolojisi sonucu inorganik madde miktarının 1.31 ± 0.11 (taze)’den 4.70 ± 0.10 ’e (dumanlanmış); tuz içeriğinin de 0.10 ± 0.04 (taze)’ten 3.68 ± 0.05 ’e (dumanlanmış) yükseldiğini saptamıştır.

Ünal (1995), %6 ve %21 oranlarında tuzladıkları gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nın inorganik madde içeriğinin tuz oranıyla doğru orantılı olarak arttığını tespit etmiştir. Taze balıklarda inorganik madde miktarı %1.43, tuz %0.46 iken, %6 oranında tuzlanarak dumanlanan örneklerde bu değerler sırasıyla %3 ve %3.06 olarak bulunmuştur. %22 oranında tuzlanarak dumanlananlarda ise inorganik madde miktarı %3.76 ve tuz %4.21 olarak belirlenmiştir.

2.2.6.5. pH içeriğindeki değişimler

Balıklarda bozulma ve parçalanmaların belirlenmesinde pH önemli bir faktördür. Taze balıklarda pH değeri nötre yakındır. Balıklarda ölüm sonrası oluşan laktik asit nedeniyle pH yaklaşık 5.6-5.7'ye kadar düşmektedir. Eğer balık dokusunda bozulma ve parçalanma başlarsa pH 7.0-8.0 düzeyine yükselebilmektedir. Depolama sırasında da süreye bağlı olarak yavaş yavaş artabilmektedir. pH değeri için tüketilebilirlik sınır değeri 6.8-7.0 olarak bildirilmektedir (Varlık vd 1993, Işıklı 2000).

Su ürünlerinin tazelik ölçütlerinden biri pH'dır. Canlı balıkta pH'nın 7.2-7.3 dolayında olduğu kaydedilmiştir. Balıklarda pH 5.3'ün altına düşmez. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi glikojenin laktik aside dönüşme tepkimesinin dengeye ulaşması, ikincisi ise oluşan laktik asit tuzlarının tampon oluşturmasıdır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Bozulma parametrelerinden biri olan pH değerine ilişkin bir çalışmada pH değeri taze yılan balıklarında 6.11 iken, dumanlandıktan sonra 28 gün 4°C'de bekletilen örneklerde 5.72 olarak bulunmuştur. Sudak balığı (*Stizestedion lucioperca*) ve gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin taze örneklerinde 6.63 ve 6.62 olan bu değer dumanlanmış örneklerde 28. günde sırasıyla 6.53 ve 6.12 olarak belirlenmiştir (Ünlüsayın 1999).

Taze ve dumanlanmış *Monopterus albus* türünün biyokimyasal, besinsel ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan çalışmada kalite parametrelerinden biri olan pH değerinin taze balıkta 6.90 ± 0.07 , dumanlanmış örneklerde 7.25 ± 0.03 değerinde olduğu kaydedilmiştir (Vishwanath vd 1998).

S. gairdneri türünün raf ömrüne, dumanlama yöntemlerinin ve depolama sıcaklığının etkisi incelenmiş olup, çalışmada balık örneklerine sıcak ve soğuk dumanlama uygulanmıştır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998). Her iki şekilde dumanlanan balıkların bir kısmı 4°C'de 48 gün, bir kısmı ise -18°C'de 6 ay depolanmıştır. Taze

balıkta 6.12 olan pH değeri soğuk ve sıcak dumanlanmış örneklerde önemli artış göstermiştir. Her iki depolama sıcaklığında, dumanlanmış alabalıkların pH değeri süreye bağlı olarak değişim göstermiştir. Sıcak dumanlanan ve 4°C’de depolanmış örneklerde 4 günlük depolama sonunda pH 6.56 değerine ulaşmıştır (P<0.01). Daha sonraki dönemlerde 4°C’de depolanan sıcak dumanlanmış örneklerin pH değerinde önemli olmayan değişimler görülmüş ve 48 günlük depolama sonunda bu değer 6.47 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.7). 4°C’de ve -18°C’de depolanan sıcak dumanlanmış alabalıkların pH değerleri soğuk dumanlananlara göre daha yüksek bulunmuştur. -18°C’de depolanan sıcak dumanlanmış örneklerin pH değerlerindeki değişimlerin önemli olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 2.7. Sıcak tütsülemenin +4±1°C’da depolanmış alabalıkların pH içeriği üzerine etkisi (Kolsarıcı ve Özkaya 1998)

Günler	Sıcak Tütsülenmiş Örneklerin pH İçeriği
K	6.12
0	6.42
4	6.56
8	6.44
12	6.59
16	6.49
20	6.36
24	6.46
28	6.25
32	6.49
36	6.56
40	6.52
44	6.35
48	6.47

Havuz balığı (*Carassius auratus*)’nda sıcak dumanlama sonrası kimyasal bileşenlerin ve raf ömrünün araştırıldığı bir çalışmada 28 günlük depolama (4°C’de) süresinde pH değerinin 6.26-6.59 aralığında değiştiği saptanmıştır (Ünlüsayın vd 2003) (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Sıcak dumanlanmış *Carassius auratus*'un 4°C'deki raf ömrüne bağlı pH, TBA ve TVB-N değerindeki değişimler (Ünlüsayın vd 2003).

Gün	pH x±SH	TBA (mg/Kg) x±SH	TVB-N (mg/100 g) x±SH
1	6.54±0.02	0.15±0.01	21.00±0.10
7	6.59±0.05	2.27±0.14	21.00±0.10
14	6.26±0.11	3.57±0.03	26.60±0.20
21	6.29±0.07	4.28±0.04	32.46±0.10
28	6.43±0.09	6.32±0.08	35.60±0.10

Diler vd (2002), sıcak dumanlama teknolojisi uyguladıkları eğrez balığı (*Vimba vimba tenella*)'nı 4±1°C'de 43 gün süreyle depoladığı çalışmada pH değerinin 7.11±0.10'dan (1. gün), 7.23±0.06'ya (43. gün) yükseldiğini saptamıştır (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9. Sıcak dumanlanmış eğrez balıkları (*Vimba vimba tenella*)'nin depolama süresince kimyasal analiz bulguları (Diler vd 2002)

Gün	pH x±SH	TVB-N x±SH	TBA x±SH
1	7.11±0.10	19.56±1.00	0.63±0.06
7	6.72±0.08	15.13±1.04	0.70±0.07
14	6.75±0.08	25.50±1.81	0.93±0.06
21	7.06±0.05	25.58±2.32	0.70±0.08
28	7.16±0.09	25.95±3.07	1.13±0.20
43	7.23±0.06	58.60±3.92	1.28±0.15

S. trutta macrostigma'nın sıcak dumanlama sonrası 4±0.5°C'de 51 gün koruma altına alınarak pH değişimlerinin belirlendiği bir çalışmada, başlangıçta 6.60±0.05 olan pH değerinin depolama sonunda 6.29±0.01'a düştüğü saptanmıştır (Bilgin 2003) (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10. Sıcak dumanlama sonucu *S. trutta macrostigma*'nın 4±0.5 °C'de pH, TBA ve TVB-N değerlerindeki değişimler (Bilgin 2003)

Gün	pH x±SH	TBA (mgMA/kg) x±SH	TVB-N (mg/100g) x±SH
K	6.605±0.005	0.452±0.100	13.968±1.936
1	6.425±0.005	1.087±0.020	19.403±0.503
7	6.500±0.050	1.557±0.006	21.924±0.075
14	6.495±0.005	3.290±0.005	23.354±0.249
21	6.460±0.010	7.353±0.103	26.988±0.011
28	6.510±0.010	7.535±0.090	27.751±0.101
36	6.500±0.100	8.021±0.010	30.463±0.541
51	6.290±0.010	8.063±0.010	34.378±0.432

Ünal (1995), dumanlanmış gökkuşığı alabalıklarının kalitesi üzerinde çalışmış ve buzdolabı koşulları ile -33°C'de depolama yapmıştır. %22 oranında tuzlanarak dumanlanan örneklerin pH değeri buzdolabı koşullarında depolama esnasında değişime uğramıştır. 0. günde 6.05, 5. günde 6.20, 45. günde 6.09, 65. günde 6.25 ve 87. günde 6.26 bulunan pH değeri, -33°C'de %22 oranında tuzlanarak dumanlanan örneklerde ise pH Şubat ayında 6.25, Nisan'da 6.33, Mayıs'ta 6.27, Kasım'da 6.28 ve Ocak'ta 6.25 olarak bulunmuştur.

2.2.6.6. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerindeki değişimler

Balık ve ürünlerinin tazelik kontrollerinde çok fazla kullanılan kimyasal parametrelerden biri olan TVB-N değeri, depolama ile bozulmanın ilerlemesi nedeniyle sürekli artma eğilimindedir (Gökoğlu ve Varlık 1992, Bilgin 2003).

TVB-N'nin balık türlerine göre kabul edilebilir limit değerleri değişmektedir. Henüz yakalanmış balıkların TVB-N değeri genellikle 5-20 mg N/100g arasındadır. Bununla birlikte buzda depolanmış soğuk su balıkları için kabul edilebilir limit değerleri 30-35 mg N/100g olarak bildirilmiştir (Connell 1995).

Gökoğlu ve Varlık (1992), sıcak dumanlama teknolojisi uyguladıkları gökkuşığı alabalıklarını buzdolabı koşullarında depoladıklarında, taze balıktaki 17 mg/100g olan TVB-N değerinin depolamanın son gününde (60. gün) 62 mg/100g'a ulaştığını bildirmektedir (Çizelge 2.6).

Sıcak dumanlanmış ürünlerde depolama sırasında TVB-N değerinin artış gösterdiği bildirilmektedir (Ünlüsayın vd 2003) (Çizelge 2.8). Sıcak dumanlama işlemi uygulanarak $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 51 gün süreyle depolanmış *S. trutta macrostigma*'larda bozulma parametrelerinden biri olan TVB-N değerinin başlangıçta 13.96 ± 1.93 mg/100g iken 51. günde 34.37 ± 0.54 mg/100g'a yükseldiği belirtilmektedir (Bilgin 2003) (Çizelge 2.10).

Kaya (1994), sıcak dumanlanan gökkuşaağı alabalığı, som balığı, palamut ve tirsli balıklarının TVB-N değerlerinin depolama süresince düzenli olarak arttığını ve bu olaya koşut bir şekilde nitelik yitirmeye başladığını tespit etmiştir.

Kolsarıcı ve Özkaya (1998), dumanlama yöntemleri ve depolama sıcaklığının gökkuşaağı alabalığının raf ömrüne etkisini araştırmıştır. Taze örneklerde 17.60 mg/100g olarak belirlenen TVB-N değeri, her iki yöntemle dumanlanan örneklerde de istatistiki olarak önemli olmayan bir artış göstermiş olup bu artışa dumanlama ile oluşan ağırlık kaybının etkili olduğu belirtilmiştir. Dumanlanmış alabalıklarda depolamaya ($+4\pm 1^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak düzenli bir artış göstermiştir. Bu artış soğuk dumanlanmış örneklerde sıcak dumanlanmış örneklere göre daha fazla tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak da soğuk dumanlamada ürüne uygulanan ısının daha düşük olması nedeniyle mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonun daha az olması gösterilmiştir. Zira depolama esnasında bu grupta görülen daha hızlı mikrobiyal ve enzimatik faaliyetlere bağlı olarak TVB-N düzeyinde daha hızlı artış göstermektedir. Soğuk dumanlanmış alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği 16. günde TVB-N değeri 50.45 mg/100g olarak belirlenmişken, sıcak dumanlanmış grupta bu değer 48 günlük depolama sonucunda bile 32.72 mg/100 g olmuştur (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. Soğuk ve sıcak tütsülenmenin $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların TVB-N üzerine etkisi (Kolsarıcı ve Özkaya 1998)

	Soğuk Tütsülenmiş	Sıcak Tütsülenmiş
Günler	TVB-N (mg N / 100g)	TVB-N (mg N / 100g ette)
K	17.60	17.60
0	20.00	18.55
4	23.11	20.20
8	28.90	21.45
12	37.10	22.25
16	50.45	22.95
20	-	23.04
24	-	24.74
28	-	27.57
32	-	29.05
36	-	30.39
40	-	31.75
44	-	32.50
48	-	32.72

Cardinal vd (2005), Avrupa'nın çeşitli merkezlerinden elde edilen 114 adet soğuk dumanlanmış atlantik salomonlarını vakumda paketledikten sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolamıştır. Toplam 114 örnekteki TVB-N içeriği, en düşük 14 mg N/100g, en yüksek 49 mg N/100g ve ortalama 22.4 mg N/100g olarak bulunmuştur. Araştırmacılar bu sonuçların, örneklerin bozulmanın farklı aşamalarında bulunduğunu ifade etmiştir. TVB-N değerinin depolama sonucunda, ikinci haftada ki 21.2 mg N/100g seviyesinden, üçüncü haftada 23.5 mg N/100g seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir. İki ve üç haftalık depolama sonucunda oluşan değerler karşılaştırıldığı zaman bozulmaya depolama süresinin gerçek bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu düşük değişimin sebebi olarak da çok fazla sayıda örneğin incelenmiş olması araştırmacılar tarafından düşünülmektedir. İki ve üç hafta depolanmış örneklerde TVB-N değeri 20 mg N/100g'dan küçük olan örneklerde hiçbir bozulma işareti görülmemiş, 25-30 mg N/100g'dan küçük TVB-N içeriğine sahip örneklerde bozulma işaretlerinin henüz görülmeye başlandığı bildirilmiştir. Ayrıca örneklerin yalnızca %19'unda (57 örneğin 11'inde) TVB-N değeri çok yüksek tespit edilmiştir (Cardinal vd 2005).

Goulas ve Kontominas (2005), kolyoz (*Scomber japonicus*)'un kalite parametreleri üzerine dumanlama metodunun ve tuzlama işleminin etkilerini çalışmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, başlangıçtaki düşük TVB-N içeriği örneklerin tazeliğinin bir göstergesi olduğu bildirilmektedir. TVB-N içeriği taze olarak depolanmış

örneklerde, tuzlanarak depolanmış örnekler göre önemli ($P<0.05$) oranda yüksek bulunmuştur. Bu durum, tuzlamanın koruyucu etkisine işaret etmektedir. TVB-N içeriği, dumanlanmış örneklerde, depolamaya bağlı olarak önemsiz ($P>0.05$) değişimler olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2.12). Bu durum, dumanlanmamış örneklerden farklı olarak dumanlanmış örneklerin düşük su, yüksek tuz içeriği ve fenoller, formaldehit gibi antimikrobiyal duman bileşenlerine sahip olmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Goulas ve Kontominas 2005). Dumanlanmış örneklerdeki başlangıç TVB-N değeri, dumanlanmamış örneklerden önemli ($P<0.05$) oranda yüksek bulunmuş olup bu durumun temel sebebinin dumanlanmış örneklerdeki su kaybı olduğu bildirilmiştir. Dumanlanmış örneklerdeki TVB-N içeriği Avrupa Birliği'nin kabul edilebilir limit değerleri olan (EEC 1995) 35 mg N/100g seviyesinden depolama sonu olan 30. günde dahi hala çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum duyu analizi sonuçlarıyla da uygunluk göstermektedir. Taze olarak depolanmış örneklerde ise kabul edilebilir limit değerine 18. günde, dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde ise depolamanın 26-27. gününde ulaşılmıştır (Goulas ve Kontominas 2005) (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun $2\pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolama sonrası TVB-N içeriği (Goulas ve Kontominas 2005)

Depolama Süresi	Taze	Tuzlama sonrası	Tuzlanmış, dumanlanmış (1. Yöntem)	Tuzlanmış, dumanlanmış (2. Yöntem)
0	10.93±0.36 ^a	10.93±0.36 ^a	10.93±0.36 ^a	10.93±0.36 ^a
1	11.15±0.40 ^b	11.28±0.24 ^b	20.94±0.50 ^a	20.18±0.32 ^a
6	15.93±0.57 ^c	12.72±0.29 ^b	19.78±0.43 ^a	20.26±0.51 ^a
12	24.20±0.29 ^c	14.26±0.36 ^b	21.52±0.36 ^a	21.81±0.32 ^a
18	36.18±0.70 ^c	21.59±0.64 ^b	19.64±0.51 ^a	19.33±0.76 ^a
24	45.92±0.65 ^c	31.60±0.67 ^b	21.26±0.64 ^a	21.40±0.42 ^a
30	58.16±0.71 ^c	40.42±0.38 ^b	20.88±0.48 ^a	21.95±0.60 ^a

Yanar vd (2006), farklı konsantrasyonlardaki tuz solüsyonları ile tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış tilapialarda ki depolamaya (4°C) bağlı olarak TVB-N içeriğinde oluşan değişimleri çalışmışlardır. Depolama başlangıcında 5.86-6.32 mg TVB-N/100g arasında olan TVB-N içeriği, %5, %10 ve %15'lik tuz solüsyonunda tuzlanan örneklerde ve hiç tuzlanmamış örneklerde, depolama sonucunda (42. günde) düzenli bir artışla, sırasıyla 38.89, 36.80, 34.80 ve 39.15 mg TVB-N/100g olarak tespit edilmiştir. Sikorski vd (1990) insan tüketimi için su ürünlerinde tüketilebilirlik üst limit değerinin

30 mg TVB-N/100g olduğunu bildirmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, tuz konsantrasyonundaki artış ürünün raf ömrünü uzatmada pozitif bir etki göstermektedir (Yanar vd 2006).

Ünal (1995), % 6'lık tuzlamadan sonra sıcak dumanlama teknolojisi uyguladığı ve buzdolabı koşullarında depoladığı gökkuşuğu alabalığında 0. günde 23.8mg/100g olan TVB-N değerinin depolama sonunda (87. gün) 35.0mg/100g'a, %22'lik tuzlama uygulandıktan sonra sıcak dumanlama teknolojisi kullanarak depoladığı balıklarda ise depolama sonunda (87.gün) TVB-N değerinin 39.2mg/100g'a ulaştığını saptamıştır. Bu çalışmada ayrıca dumanlanmış balığın TVB-N içeriğinin; hammadde kalitesine, salamura derişimine, dumanlama teknolojisine, elde edilen ürünün paketlenme şekline ve depolama koşullarına göre değişebileceğini vurgulamıştır.

2.2.6.7. Tiyobarbiturik asit (TBA) değerindeki değişimler

TBA değeri, lipit oksidasyonu derecesinin belirlenmesinde geniş olarak kullanılan indikatör analizlerden birisidir. Balık etlerindeki oksidasyon düzeyi türe, yağ içeriğine, diğer kimyasal özelliklerine, uygulanan işleme teknolojisine ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Balığın depolama süresini etkileyen faktörlerden biri de yağların hidrolizi ve oksidasyonu sonucu bozulmalarıdır. Yağlardaki acılaşmayı gösteren parametrelerden birinin tiyobarbitürük asit (TBA) değeri olduğu bildirilmiştir (Bligh vd 1988, Ünal 1995).

Bhuiyan vd (1986) uskumrunun TBA değerinin sıcak dumanlama sonrası ikiye katlandığını, Beltran ve Moral (1991) ise sardalya balığının sıcak dumanlama sonrası TBA değerinin üçe katlandığını bildirmiştir. Goulas ve Kontominas (2005) (Çizelge 2.13) dumanlanmış kolyozda ve Vasiliadou vd (2005) dumanlanmış çipura balığında benzer sonuçları bulmuştur. Dumanlama işleminden sonra TBA değerinde ki bu önemli artışa balık etinin su kaybetmesi ve dumanlama sırasında uygulanan yüksek sıcaklık değerleri (80°C) ve atmosferik oksijenin doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun hızlandırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 2.13. Taze, tuzlanmış ve iki farklı yöntemle sıcak dumanlanmış kolyozun $2\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sonrası TBA değeri (Goulas ve Kontominas 2005)

Depolama Süresi	Taze	Tuzlama sonrası	Tuzlanmış, dumanlanmış (1. Yöntem)	Tuzlanmış, dumanlanmış (2. Yöntem)
0	0.23 ± 0.05^a	0.23 ± 0.05^a	0.23 ± 0.05^a	0.23 ± 0.05^a
1	0.26 ± 0.04^b	0.30 ± 0.09^b	0.54 ± 0.05^a	0.47 ± 0.05^a
6	0.50 ± 0.11^a	0.52 ± 0.15^a	0.49 ± 0.18^a	0.56 ± 0.07^a
12	0.71 ± 0.07^a	1.03 ± 0.11^b	0.60 ± 0.08^a	0.51 ± 0.15^a
18	0.93 ± 0.16^c	1.31 ± 0.12^b	0.57 ± 0.12^a	0.65 ± 0.05^a
24	1.11 ± 0.10^b	1.19 ± 0.07^b	0.70 ± 0.07^a	0.61 ± 0.14^a
30	1.03 ± 0.08^c	1.44 ± 0.20^b	0.75 ± 0.15^a	0.83 ± 0.09^a

Diler vd (2002), sıcak dumanlama yapılarak $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 43 gün depolanmış eğrez balıklarında TBA değerinin tuzlama işlemi ile birlikte önemli artış ($P<0.01$) gösterdiğini; buna karşın dumanlama sonrası gözlemlenen artışın önemli olmadığını belirlemiştir ($P>0.05$). TBA düzeyleri depolama süresince düzensiz değişim göstermekle birlikte depolamanın başlangıcında 0.63 mgMA/kg iken, 43. günde 1.28 mgMA/kg 'a yükselmiştir (Çizelge 2.8).

Sıcak dumanlanmış gökkuşağı alabalıkları ile yapılan çalışmada; yağ oksidasyon ürünü olan malonaldehit bileşiğinin TBA reaktifi ile pembe-kırmızı renk oluşturduğu ve buradan TBA değerinin elde edilerek yağlardaki oksidasyonun belirlenmesinde kullanılan parametrelerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Ünal 1995, Bilgin 2003).

Ünlüsayın vd (2003), sıcak dumanlanarak 4°C 'de 28 gün depolanmış *C. auratus*'larda da TBA değerinin artış gösterdiğini ve zamanla balıkların tazeliklerini kayb ettiklerini bildirmişlerdir (Çizelge 2.10).

Yılan balıklarında (*A. vulgaris*) dumanlama ve depolama sırasında kimyasal, bakteriyolojik ve duyu sal değişimlerin incelendiği çalışmada TBA değeri düzensiz bir şekilde değişmiştir. %7.5 ve %15'lik oranlarda tuzlama işlemine tabi tutulan balıklarda TBA değerinin 5 haftalık depolama sonucu %7.5'lik tuz oranında en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 2.3) (Salama ve Khalafalla 1993).

Kaya (1994), balık dumanlama teknolojisinde çeşitli faktörlerin kalite ve dayanma sürelerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada sıcak dumanlanarak 4°C’de depolanan gökkuşuğu alabalığı, palamut, som balığı ve tirsi balıklarının TBA değerinin depolama süresince düzenli olarak arttığı bildirilmektedir.

Bilgin (2003) sıcak dumanlama teknolojisi uyguladığı dağ alabalıklarında TBA değerinin depolama süresince düzenli olarak arttığını tespit etmiştir (Çizelge 2.9.)

Ünlüsayın vd (2003) sıcak dumanlanmış ve 4°C’de 28 gün depolanmış bazı tatlısu balıklarında TBA’nın artış gösterdiğini ve bu durumun sonucu olarak balıkların tazeliklerini zamanla kaybettiğini bildirmektedir (Çizelge 2.8).

Yılan balıklarının (*Anguilla vulgaris*) dumanlama ve depolanması sırasında kimyasal, bakteriyolojik ve duyuşal değişimlerin araştırıldığı çalışmada TBA değeri depolama süresince düzensiz bir şekilde değişmiştir (Çizelge 2.4). %7.5 ve %15 oranında tuz içeren çözeltiliyle tuzlanarak dumanlanan balıklarda tuz oranı yüksek olan örneklerde bozulma daha az olmuştur (Salama ve Khalafalla 1993).

2.2.6.7. Mikrobiyolojik değişimler

Balık eti içerdiği zengin besin maddeleri nedeniyle mikroorganizmaların en ideal yaşama ve çoğalma yerleridir. Bu gıda maddesi uygun olmayan depolama şartlarında spesifik tadını, kokusunu ve en önemlisi tüketilebilirlik özelliğini, oluşun kimyasal ve fiziksel etkilerden ziyade sahip olduğu mikrofloranın metabolik faaliyetleri sonucu kaybetmektedir. Günümüzde balığa ve diğer su ürünlerine uygulanan, kullanımı ise gün geçtikçe artan işleme teknolojileri yeni bir lezzet ve aroma vererek ürünü tek örneklikten kurtarmanın yanında, mikrobiyal yapıyı da olumlu yönde etkileyerek ürünün raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Ancak bunun için kullanılan teknolojik metot mikroflorayı tamamıyla yok edememekte hatta bazen ürüne yeni bakterilerin gelmesine neden olmaktadır (Girard 1992).

Genel olarak temiz sulardan yeni avlanmış sağlıklı balıkların deri, solungaç ve barsakları yüksek oranda mikroorganizma içermesine karşın, kaslarında çok az sayıda mikroorganizma bulunur ve kasları steril kabul edilir. Ancak mikroorganizmalar balıklar avlandıktan sonra uygulanan işlemlere, bulunduğu sıcaklık derecesine ve süresine bağlı olarak solungaçlardan, deriden ve barsaklardan kasa geçebilmektedir. Sonuçta, mikroorganizmanın türüne bağlı olarak ürünün kalitesi bozulmakta dolayısıyla insan sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle, balığın kasında bulunan mikroorganizmalara ait bilgiler (mikroorganizmanın sayısı, türü) sağlık ve muhafaza açısından önem arz etmektedir (Patır vd 2006).

Yakalandıktan sonra herhangi bir işleme teknolojisi uygulanmamış balık etinde bozulmaya neden olan bakteriler genelde balığın primer bakterileri olan, Gram negatif proteolitiklerdir (Connell 1979). Balığın mikroflorası, balık yakalandıktan sonra herhangi bir işleme teknolojisi uygulanması sonucu önemli ölçüde değişikliğe uğramaktadır (Gibson 1995).

Genellikle dumanlamayla hem Gram pozitif hem de Gram negatif mikroflorada değişim oluşmaktadır (Connell 1979). Fakat Coryneform, mikrokoklar ve laktik asit bakterileri genellikle dominant form olarak bulunurlar. Normal şartlar altında dumanlanmış balığın mikroflorası aerob sporlu bakteriler, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, Mantarlar vb. dan oluşabilmektedir. Bunlardan ürünün bozulmasında etkili olanlar ise sporlu bakteriler ve mantarlardır (Toth and Potthast 1984, Girard 1992). Bu mikroorganizmalar, dumanlama sonrasında vegetatif forma dönüşerek ürünün muhafazası sırasında balıkta kötü balıksı bir koku oluşmasına, etin yumuşamasına ve çabuk ufalanmasına, mantarlar ise balık eti yüzeyinde pamukçukların oluşmasına neden olurlar. Bununla beraber soğuk dumanlanmış balıkta depolama boyunca tipik *Pseudomonas* bozulma florası gelişir. Sıcak dumanlanmış ürünlerde ise dumanlama boyunca balığın ulaştığı iç sıcaklık önemli olup, 60°C'de 30 dakika dumanlanmış kefalde, mikroflorada %61 oranında koklar ve %34 oranında sporsuz çubukların baskın olduğu görülmüştür. Ürün 71.1°C'de dumanlandığında ise mikroflorada %81 spor formu çubuklar ile %9 oranında sporsuz formu çubukların kompozisyonu görülmüştür (Connell 1979).

Deng vd (1974), İspanyol uskumrusu ile yaptıkları bir araştırmada; yetersiz tuzlanarak, düşük duman yoğunluğunda 37.7°C’de soğuk dumanladıkları balıklarda mikrobiyal gelişme olduğunu saptamışlardır. Duman kabinindeki düşük nem ve hızlı hava sirkülasyonu ise soğuk dumanlanan balıkların yüzey mikroorganizma sayılarında önemsiz düşüşler göstererek mikrobiyal aktiviteyi azaltmıştır. Soğuk dumanlamada tuzun penetrasyonu, dumanlama ve dehidrasyon yüzey mikroorganizma sayısını önemli derecede azaltmak için yeterli olmamıştır. 71.1°C’de yapılan sıcak dumanlama ise mikroorganizma sayısını önemli ölçüde azaltmıştır.

Duman antiseptik özellikleri nedeniyle bakteri ve küfler yanında putrefaktif, butirik ve botulinum tipi fermentasyon reaksiyonlarına karşı da etkilidir (Girard 1992). Dumanın fungusidal etkisi fenol ve formaldehit yanında dumanın diğer bileşikleri ile de sağlanabilir. Bu etki özellikle mikotoksin oluşumunun önlenmesinde özel öneme sahiptir (Toth and Potthast 1984). Buna rağmen ağır dumanlanmış ve kurutulmuş balık ürünleri küfler tarafından bozulabilirler. Tropik bölgelerden avlanıp dumanlanmış ve kurutulmuş balıklardan *Aspergillus*, *Wallemia*, *Penicillium*, *Acremonium* ve *Rhizopus* izole edilmiştir. Eğer nem oranı %70’in üzerine çıkarsa fungusların çoğu büyüme yeteneğine sahip olmaktadır (Connell 1979).

Cuppett (1986), bu konuda yaptığı bir araştırmada %2, %4 ve %6 gibi değişik tuz seviyelerinin dumanlanmış beyaz göl balıklarının botulinal emniyeti üzerine olan etkilerini araştırmıştır. %4 tuz konsantrasyonu dumanlanmış balıktaki *Clostridium botulinum* tip E sporlarını 27°C’de 42 gün için engellemiş, nitrit ilavesiyle de bu balığın depolama ömrü daha da artarak 27°C’de 63 güne ulaşmıştır.

Dehof vd (1989), *Clostridium botulinum* tip E sporlarıyla doğal kontamine olmuş, dumanlanmış alabalık filetolarıyla yaptıkları denemelerde, filetoların 5-8°C’de soğuk muhafazasının spor gelişimini ve toksin oluşumunu engellemediğini görmüşlerdir. 28 günlük soğuk depolamadan sonra toksin oluşmuş ve sporlar sıcak dumanlanmış üründe de gelişmiştir. Dumanlama sonrası vakum paketlenen alabalık filetolarında da 35 günlük depolama sonrası toksin oluşumu pozitif bulunmuştur.

Yapılan bu araştırmada, sağlık tehlikesinden sakınmak için vakum paketli dumanlanmış alabalıkların alışılmış raf ömrü periyodunda 3°C’de depolanması gerektiği belirtilmiştir.

Schulze (1985), alabalıkla yaptığı bir çalışmada, fileto ve tüm halde 72°C’de dumanladıkları alabalıkları vakum paketleyip +4°C ve +10°C’da depolamıştır. Araştırma sonucunda, dumanlanmış fileto alabalıkların 10°C’de 10 gün, 4 °C’de 21 gün muhafaza edilebilecekleri belirlenmiştir. Bütün halde dumanlanmış alabalıklarda ise +4°C ve +10°C’de 14 günlük muhafaza sonucu filetodaki değerlere rastlanmamıştır. Kesin bozulma zamanı tespit edilememiş olmasına rağmen depolama süresinin uzamasıyla ortaya çıkan küflenme ve ekşime durumu da laktobasil sayısı ve maya artışına bağlanmıştır. Ayrıca deneme sonucuna göre fileto halindeki füme alabalıkların, bütün balıklara göre bozulmaya daha meyilli olduğu saptanmıştır.

Dumanlanmış balıklarda bozulmaya neden olan mikroorganizma faaliyetleri üzerine düşük su aktivitesi ve pH değerlerinin de etkili olduğu belirtilmektedir (Toth and Potthast 1984).

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan barbun balığı (*Mullus barbatus* Linneaus,1758) Antalya Serik Boğazkent Beldesi'ndeki balıkçılardan temin edilmiştir. Örnekler trol ile avlanmıştır. Avlanan balıklar bekletilmeden strafor kutulara konularak buzlanmış ve Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Çalışmada ortalama ağırlıkları $89,48 \pm 23,07$ g (min=51,40 g, max=147,30g) olan 60 adet barbun balığı (*Mullus barbatus*) kullanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Örneklerin hazırlanması

Laboratuara getirilen balıklar, her gruba 20 adet balık gelecek şekilde (toplam 60 adet) üç farklı boy grubuna (küçük, orta ve büyük boy olmak üzere) dişi-erkek ayrımı gözetmeksizin ayrıldıktan sonra her biri 0.01 g'a duyarlı hassas terazide tartılmış ve ardından iç organları dikkatlice çıkarılmıştır. Baş ve yüzgeçler alınmaksızın önce yenilemeyen bölümler olan iç organlar, pullar ve solungaçlar uzaklaştırılarak kan-mukus ve doku parçaları gibi kalıntılar kalmayacak şekilde +4°C'deki soğutulmuş su ile iyice yıkandıktan sonra her bir balık hassas terazide tekrar tartılmıştır.

3.2.2. Sıcak dumanlama öncesi tuzlama

Sıcak dumanlama işlemine tabi tutulacak 60 adet balık; 1/1 oranında (balık/salamura); piyasadan satın alınan orta irilikteki kuru ve temiz yemek tuzu (NaCl'ün saflık oranı %97-98) ile hazırlanmış %20'lik tuzlu su çözeltisinde 20 dakika bekletilmiştir. Tuzlama işleminden sonra balıklar salamuradan çıkarılarak suyu süzölüp, yüzeyi kuruyana kadar, yaklaşık 20 dakika, 20 ± 1 °C'de oda sıcaklığında bırakılmıştır.

3.2.3. Sıcak dumanlama işlemi

Dumanlama işlemi yarı-mekanik bir dumanlama dolabında ve dolap içerisindeki haznede kendi kendine yanma (smouldering) yöntemi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Dumanlamada meşe talaşı kullanılmıştır. Balıklar dumanlama dolabındaki ızgaralar üzerine dizilerek işlem yapılmıştır. Dumanlama sırasında ilk 45 dakikada sıcaklık 30°C'de tutularak balığın kuruması sağlanmıştır. Daha sonra sıcaklık kademeli olarak arttırılmıştır. Toplam 180 dakikada gerçekleştirilen dumanlama işlemindeki süre ve sıcaklıklar aşağıda verilmiştir.

<u>Süre (dakika)</u>	<u>Sıcaklık (°C)</u>
45	30
40	50
40	60
40	70
15	80

Sıcak dumanlamada her bir balığın iç sıcaklığının standartlarda (Anonymous, 1997) önerilen mikrobiyal faaliyetin engellenebileceği 63°C'de en az 30 dk süreyle tutulması, göz önünde bulundurulmuştur. Sıcak dumanlama yapılan balıklar dumanlama dolabından çıkarıldıktan sonra balık eti sıcaklığının oda sıcaklığı ile dengelenmesi amacıyla bir saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve polietilen torbalarda vakumlanarak tüketim özelliğini yitirene kadar 4±0.5°C'da depolanmıştır.

3.2.4. Fiziksel ve kimyasal analizler

Araştırmada yapılan kimyasal kompozisyon analizleri taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış (küçük-orta-büyük boy olmak üzere üç grupta) balıklarda, raf ömrü analizleri ise taze ve sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balıklarda sadece birinci gün, sıcak dumanlanmış balıklarda ise 1. 7. 14. 21. 28. 35. 50. günlerde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Biyometrik ölçümler

Her biri 20 adetten oluşan üç grup balığın boy ve ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.2. Verim hesaplaması

Barbun balıklarının pazarlanabilir verim değerlendirmeleri Dikel ve Çelik (1992)'e göre modifiye edilerek yapılmıştır. Baş ve yüzgeçler alınmadan yenilemeyen bölümler olan iç organlar, pullar ve solungaçlar uzaklaştırılarak kan-mukus kalıntısı kalmayacak şekilde iyice yıkanmıştır. Yenilebilen kısmın toplam ağırlığa olan oranı hesaplanarak pazarlanabilir verim bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan balıkların hassas terazi ile ağırlıkları tartılmış ve aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplamaları yapılmıştır.

$$\text{Pazarlanabilir Verim (\%)} = \frac{\text{Yenilebilen Kısım (g)}}{\text{Toplam Ağırlık (g)}} \times 100$$

$$\text{Dumanlama Sonrası Pazarlanabilir Verim (\%)} = \frac{\text{Dum. sonrası ağırlığı (g)}}{\text{Toplam Ağırlık (g)}} \times 100$$

3.2.4.3. Duyusal analizler

Örneklerin duyusal kalite değerlendirmeleri, on farklı panelist tarafından hedonik gösterge çizelgesi (hedonik skala) kullanılarak yapılmıştır (Varlık vd 1993). Duyusal deney örnekleri değerlendirmeden önce buzdolabından çıkarılarak, 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Panelistlere örnekte 1 ile 10 arasında kötüden iyiye doğru bir değerlendirme yapmaları istenmiştir ve panelistlere sorulan sorular çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Dumanlanmış balıklar için organoleptik test sonuçları

	Çok iyi (8-10 puan)	İyi (5-7 puan)	Orta (2-4 puan)	Kötü (0-1 puan)
Görünüş				
Elastikiyet-Tekstür				
Sululuk				
Tuzluluk				
Lezzet				

3.2.4.4. pH analizi

pH analizi için alınan 10 g balık eti 100 ml saf su ile sulandırılarak homojenizatör yardımıyla homojenize edilmiştir. Daha sonra 16±1°C'de WTW marka 320 set digital pH metrede ölçümleri yapılmıştır (Varlık vd 1993).

3.2.4.5. Kimyasal kompozisyon analizleri

3.2.4.5.1. Su miktarı analizi

Su analizi kurutma metodu (AOAC 2002a)'na göre yapılmıştır. Su oranını ölçmede kullanılan petriler 105±2°C'lik etüvde 1 saat kurutulup desikatör içerisinde 30 dakika bekletildikten sonra hassas terazide (0.0001 g hassasiyetli) tartılarak boş petrinin ağırlığı (W₁) bulunmuştur. Ağırlığı sabitlenen petri içerisine 2-3 g balık eti (W₂) ilave edilip hassas olarak tartılmıştır. Sonra etüvde 105±2°C'de, 8 saat kurutulduktan sonra 30 dakika desikatörde bekletilip soğuduktan sonra tartılmıştır (W₃). İşlem sabit tartım elde edilene dek tekrarlanmıştır. Kuru madde yüzde nem miktarının 100'den çıkarılmasıyla bulunmuştur.

$$\text{Su (\%)} = [(W_1+W_2) - W_3]/W_2 \times 100$$

3.2.4.5.2. Ham protein analizi (Toplam azot miktarı)

Ham protein analizi Kjeldahl metodu (Nx6.25) (AOAC 2002b)'na göre yapılmıştır.

Dekompozisyon (Parçalanma): Kjeldahl tüplerine 1 g civarında balık eti 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılıp koyulmuştur. Katalizör olarak CuSO₄ (Bakır sülfat) ve K₂SO₄ (Potasyum sülfat) (CuSO₄: K₂SO₄=1:9 oranında) kullanılmıştır. Bundan sonra 20 ml derişik H₂SO₄ ilave edilip iyice karıştırıldıktan sonra protein yakma cihazında ısıtılmıştır. Isıtma işlemleri sırasıyla 1 saat 150°C'de, 1 saat 250°C'de ve 2 saat 330°C'de olmak üzere yavaş yavaş yapılmıştır. Isıtılan tüp içindeki renk yeşil oluncaya kadar (yaklaşık 5-6 saat) ısıtma işlemine devam edilmiştir.

Amonyak distilasyonu: Erlen içerisine 30 ml 0.1 N H₂SO₄ konularak protein distilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Yakma cihazından çıkarılan tüplerin içine indikatör olarak birkaç damla brom krezol yeşili damlatıldıktan sonra, tüpler cihaza yerleştirilmiş ve distilasyon başlatılmıştır. Distilasyon bittikten sonra erlen kjeldahl cihazından çıkarılmış üzerine indikatör olarak birkaç damla fenol fitalein eklendikten sonra karışım 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Yapılan bu analiz sonunda ham protein miktarı aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Protein (\%)} = \frac{[0.0014 \times (a-b) \times F]}{\text{Örnek ağırlığı}} \times 6.25 \times 100$$

- a : Boş (Blank test) çözelti için harcanan (örnek yerine saf su koyulup) NaOH miktarı (ml)
b : Örnek için titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH miktarı
F : NaOH faktörü
6.25 : Proteinin %16'sı azottur. 100/16=6.25'dir.
0.1 N NaOH : 0.0014 mili eş gram değeri

3.2.4.5.3. Ham yağ analizi

Ham yağ miktarı analizi Soxhlet metodu (AOAC 2002c)'na göre yapılmıştır. Yağ ölçmede kullanılan balonlar $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde 1 saat kurutulup desikatör içerisinde 30 dakika bekletildikten sonra hassas terazide (0.0001 g hassasiyetli) tartılarak boş balonun ağırlığı (W_1) bulunmuştur. Hassas terazide yaklaşık 1-2 g ağırlıklar arasında alınan balık eti tartılmış (W_2), yağ ihtiva etmeyen, gözenekli ve eterde çözünmeyen kartuşlar içine konulmuştur. İçinde et olan kartuşlar soxhlet cihazında ekstraktör balonu içine yerleştirilmiş ve üzerine eter eklenerek cihaz 50°C 'de çalıştırılmıştır. Isıtma işlemi 5-6 saat sürdürülmüştür. Eteri alınan balon soxhlet cihazından çıkarılmıştır. Eteri iyice uçurulan balon bir saat süreyle $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutulup desikatörde 30 dakika soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır (W_3).

$$\text{Ham yağ (\%)} = [(W_3 - W_1) / W_2] \times 100$$

3.2.4.5.4. İnorganik madde (kül) analizi

İnorganik madde; yakma metodu (AOAC 2002d)'na göre yapılmıştır. Porselen krozelerin ağırlığı sabitlenene kadar kül fırınında ısıtılıp desikatörde soğutulduktan sonra boş ağırlıkları 0.0001 g hassasiyetindeki terazide tartılmıştır (W_1). Sabit ağırlığı tespit edilen kroze içine 1-2 g civarında örnek (W_2) konularak bunzen beki ile duman çıkmayınca kadar yakılmıştır. Daha sonra 550°C sıcaklıktaki kül fırınına konmuştur. Konulan krozeler içindeki örneğin rengi gri-beyaz oluncaya kadar (2 saat) fırında bekletilmiştir. 30 dakika desikatörde soğutulduktan sonra tartılmış ve işlem, değer sabitlenene kadar devam ettirilmiştir.

$$\text{İnorganik madde (\%)} = [(W_1 + W_2) - W_3] / W_2 \times 100$$

3.2.4.5.5. Tuz (NaCl) miktarı analizi

Tüm örneklerin tuz miktarı K_2CrO_4 (Potasyum kromat) indikatörü eşliğinde 0.1 N $AgNO_3$ (Gümüş nitrat) ile titrasyonuna dayanan Mohr yöntemine göre yapılmıştır (Altuğ vd 1994). Tuz miktarı analizi için 10 g balık eti 250 ml su ile homojenizatörde homojen hale getirilmiştir. Daha sonra Whatman No:3 filtre kâğıdı kullanılarak bir Büchner huni ile süzümüştür. Elde edilen süzüntüden 20 ml alınıp üzerine 80 ml saf su eklenmiştir. İçerisine birkaç damla %5'lik K_2CrO_4 damlatılmış ve 0.1 N $AgNO_3$ ile titre edilmiştir.

$$\text{Tuz miktarı (\%)} = (N \times 0.058 \times S \times V_1 \times 100) / (V_2 \times \text{Örnek ağırlığı})$$

N : $AgNO_3$ 'ün normalitesi

V_1 : Kullanılan saf su miktarı (ml)

0.058 : NaCl'ün mili eş gram değeri

V_2 : Süzüntüden alınan miktar (ml)

S : $AgNO_3$ sarfiyatı (ml)

3.2.4.6. Tiyobarbiturik asit (TBA) analizi

Doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşan malondialdehitin, tiyobarbitürik asit ile ısıtılması sonucu kırmızı renk meydana gelmesi prensibine dayalı analizdir. 10g balık eti mikserde iyice homojenize edilip ve 50 ml distile su yardımıyla 1000 ml'lik distilasyon balonuna örnek aktarılmıştır. Daha sonra balona 47.5 ml saf su ve 4 N'lik HCl'den 2.5 ml ilave edilerek pH 1.5'e ayarlanmıştır. Balon geri soğutucuya bağlanarak distilasyon işlemine başlanmış ve 50 ml destilat toplanana kadar işleme devam edilmiştir. Bu süre sonunda elde edilen destilat karıştırılarak 5 ml'si kapaklı deney tüpüne konmuş ve üzerine 5 ml TBA reaktifi ilave edilerek kapağı kapatılıp tüp karıştırılmıştır. Kör deney içinde kapaklı başka bir deney tüpüne 5 ml saf su ile 5 ml TBA reaktifi koyulup karıştırıldıktan sonra kapatılmıştır. Elde edilen her iki tüp de kaynayan su banyosunda 95°C'de 35 dakika tutulmuş ve daha sonra soğutulmuştur. Bu çözelti spektrofotometre tüplerine aktarılarak 538 nm dalga boyunda köre karşı optik dansitesi okunmuştur. Okunan optik dansite değeri 7.8 ile çarpılarak 1000g örnekte mevcut malonaldehit miktarı mgMA/kg olarak verilmiştir.

3.2.4.7. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi

Toplam uçucu bazik azot analizi Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke-Geidel yöntemine göre yapılmıştır (İnal 1992). Deneysel, su buharı destilasyonu ile toplam uçucu bazik azotun ayrılıp 0.1 N asit ile titrasyonu ile TVB-N miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. 500 ml'lik balon jöje içine homojenize hale getirildikten sonra 10 g balık eti 2 g MgO (Magnezyum oksit) ve 350 ml saf su koyulmuştur. Balona köpük önleyici olarak birkaç tane kaynama taşı atılıp, destilasyon ünitesine yerleştirilmiş ve destilat, içerisinde 10 ml 0.1 N HCL ve 1-2 damla taşıro indikatörü içeren balon içerisinde toplanmıştır. Destilat eldesi, karışımın kaynamaya başlamasından sonraki ilk 20 dakika içinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen destilat 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan değerler formüldeki yerine konarak 100 g örnekteki TVB-N miktarı miligram olarak bulunmuştur.

$$\text{TVB-N (mg/100g)} = [(N_1 \times V_1 \times F_1) - (N_2 \times V_2 \times F_2)] \times 14 \times 100 / \text{Örnek ağırlığı}$$

N_1 : HCL'nin normalitesi

N_2 : NaOH'in normalitesi

V_1 : HCL sarfiyatı

V_2 : NaOH sarfiyatı

F_1 : HCL'nin faktörü

F_2 : NaOH'in faktörü

3.2.4.8. Mikrobiyolojik analizler

Dumanlanmış ürünlerde depolama süresi boyunca mikrobiyolojik değişimlerde incelenmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde örneklerin hazırlanması Varlık vd (1993)'e göre yapılmıştır. Analizlerde ticari besiyerleri kullanılmış, ekimler dökme ve yüzeye yayma yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Örneklerin analizleri aseptik koşullar altında yapılmıştır. Stomacher steril naylon içerisinde 10 g balık eti ringer çözeltisi ile hızlı bir şekilde çalkalanarak parçalanmıştır. Ekimler için homojenizatın ilk seyreltme ve devam eden desimal seyreltmeleri hazırlanıp ekimleri yapılmıştır ve inkübasyon sonrası 30-300 arasında koloni içeren plaklar sayılmıştır.

3.2.4.8.1. Toplam mezofilik aerob bakteri sayımı

Toplam mezofilik aerob bakteri sayımı için “Plate Count Agar” (PCA) kullanılmıştır. Plaklar $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 72 saat inkübe edildikten sonra değerlendirilmiştir (Varlık vd 1993, Arık Çolakoğlu 2002).

3.2.4.8.2. Koliform grubu bakterilerin sayımı

“Violet Red Bile Agar” (VRB) besiyeri kullanılmıştır. Plaklar $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat inkübe edilerek oluşan tipik koloniler sayılmıştır (Anonymous 1994, Arslan vd 1997).

3.2.4.8.3. Maya ve küf sayımı

Besiyeri olarak %10'luk tartarik asit kullanılarak pH'sı 3.5'e ayarlanmış olan “Potato Dextrose Agar” kullanılmıştır. Plaklar $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 5 gün inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır (Varlık vd 1993).

3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 9.0 Windows programı kullanılarak varyans analizine (F Testi) tabi tutulup, önemli varyans kaynaklarına ait ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile önem seviyesi $P<0.05$ olarak seçilip karşılaştırılmıştır (Özdamar 2001).

4. BULGULAR

4.1. Pazarlanabilir Verim ile İlgili Bulgular

Çalışmada, barbun balıkları boy uzunluklarına göre gruplandırılmıştır. Boy uzunluğu ortalama 16.97 ± 0.53 cm (min:15.90-max:17.50 cm) olan grup; küçük boy, ortalama 18.07 ± 0.46 cm (min:17.60-18.90 cm) olan grup; orta boy, ortalama 20.25 ± 1.03 cm (min:18.90-22.60 cm) olan grup; büyük boy olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Her grupta bulunan yirmi adet balık her aşamada hassas terazi ile tartılmış ve her aşama sonundaki kayıplar belirlenmiş, sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir.

Boy gruplarına ait pazarlanabilir verimi incelediğimizde küçük boy barbun balıklarının pazarlanabilir veriminin (87.26 ± 1.56) diğer iki gruba göre nispeten daha yüksek olduğu ($P < 0.05$) belirlenmiştir. Gruplar arasında dumanlama sonrası pazarlanabilir verime bakıldığında istatistiki olarak önemli ($P > 0.05$) bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Barbun balığı (*Mullus barbatus*)’nın et verimi ve dumanlama sonrası fire oranı ($x \pm Sx$)

	KDB	ODB	BDB
Toplam Boy (cm)	16.97 ± 0.53^c	18.07 ± 0.46^b	20.25 ± 1.03^a
Toplam Ağırlık (g)	65.98 ± 6.77^c	86.51 ± 7.66^b	115.97 ± 14.80^a
İç Organ Ağırlığı (g)	8.44 ± 1.54^c	12.20 ± 1.58^b	15.93 ± 2.55^a
Et Ağırlığı (g)	57.54 ± 5.66^c	74.31 ± 6.58^b	100.04 ± 12.71^a
Pazarlanabilir Verim (%)	87.26 ± 1.56^a	85.91 ± 1.25^b	86.28 ± 1.28^b
Dumanlama Sonrası Ağırlık (g)	37.68 ± 3.96^c	49.08 ± 4.57^b	66.67 ± 9.28^a
Dumanlama Sonrası Pazarlanabilir Verim (%)	57.15 ± 2.72^a	56.74 ± 1.65^a	57.44 ± 2.29^a

Sonuçlar, ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı satırda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemlidir.

KDB: Küçük boy sıcak dumanlanmış balık

ODB: Orta boy sıcak dumanlanmış balık

BDB: Büyük boy sıcak dumanlanmış balık

4.2. Duyusal Analiz ile İlgili Bulgular

Sıcak dumanlanmış örneklerin duyusal değerlendirmeleri panelistler tarafından gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Dumanlama sonrası görünüş; küçük boy barbun balığında 7.40, orta boyda 8.40, büyükte 9.70, elastikiyet-tekstür; küçük boyda 7.00, orta boyda 7.60, büyük boyda 9.30, su oranı; büyükte 7.30, orta boyda 9.30, büyük boyda 9.60, tuz oranı; küçük boyda 8.10, orta boyda 9.10, büyük boyda 9.40, lezzet; büyükte 7.80, ortada 9.20, büyükte 9.60 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Sıcak dumanlanan barbun balıklarının organoleptik analiz bulguları

	KDB	ODB	BDB
Görünüş	7.40±0.52 ^c	8.40±0.52 ^b	9.70±0.48 ^a
Elastikiyet-Tekstür	7.00±0.67 ^c	7.60±0.52 ^b	9.30±0.48 ^a
Su Oranı	7.30±1.57 ^b	9.30±0.48 ^a	9.60±0.51 ^a
Tuz oranı	8.10±0.99 ^b	9.10±0.74 ^a	9.40±0.70 ^a
Lezzet	7.80±0.92 ^b	9.20±0.63 ^a	9.60±0.54 ^a

Sonuçlar, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı satırda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak (P<0.05) önemlidir.

KDB: Küçük boy sıcak dumanlanmış balık

ODB: Orta boy sıcak dumanlanmış balık

BDB: Büyük boy sıcak dumanlanmış balık

4.3. Kimyasal Kompozisyon ile İlgili Bulgular

Araştırmada taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış örneklerin kimyasal kompozisyon (nem, protein, yağ ve kül) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar % taze ağırlık üzerinden Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığının kimyasal kompozisyonlarından su, protein, yağ, kül ve tuz bileşenlerindeki değişimin farkı istatistiksel olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığı (*M. barbatus*)'nın kimyasal kompozisyonu (%Yaş ağırlık)

	C	DT	KDB	ODB	BDB
Su	79.00±0.52 ^a	76.64±0.34 ^b	70.55±0.63 ^c	69.95±0.15 ^{cd}	69.09±0.59 ^d
Ham Protein	14.84±0.12 ^b	15.46±0.45 ^b	21.92±0.21 ^a	22.30±0.50 ^a	22.41±1.10 ^a
Ham Yağ	1.75±0.12 ^d	2.37±0.23 ^c	3.11±0.07 ^b	4.87±0.05 ^a	4.69±0.38 ^a
İnorganik madde	1.45±0.03 ^c	2.81±0.14 ^b	3.40±0.36 ^a	2.79±0.10 ^b	2.71±0.24 ^b
Tuz (NaCl)	0.61±0.03 ^c	1.70±0.11 ^d	2.84±0.18 ^a	2.62±0.11 ^b	2.32±0.07 ^c

Sonuçlar, 3 tekrarlı analizlerin ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir.

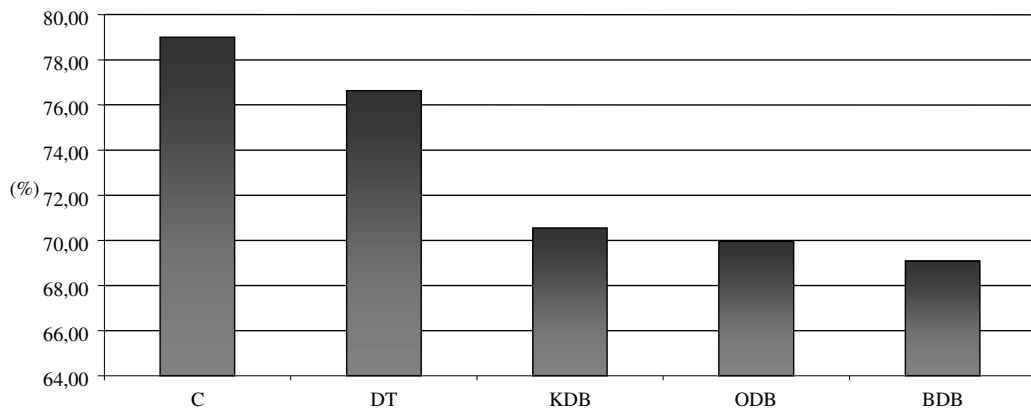
Aynı satırda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak (P<0.05) önemlidir.

KDB: Küçük boy sıcak dumanlanmış balık

ODB: Orta boy sıcak dumanlanmış balık

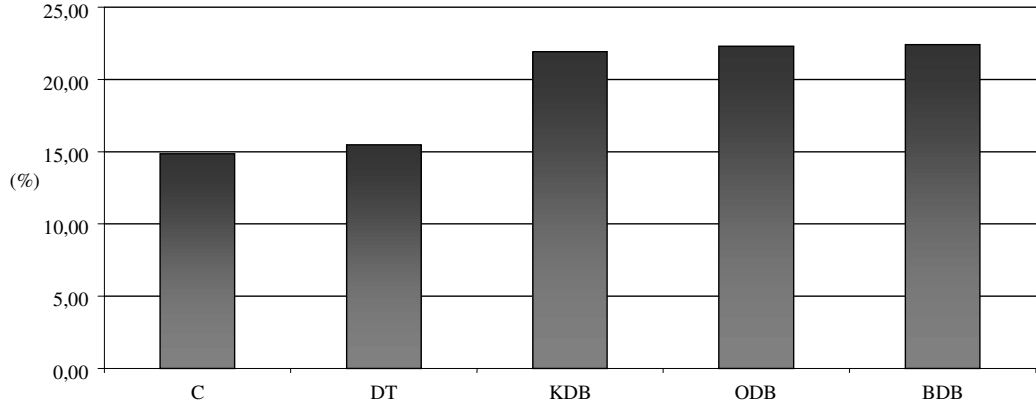
BDB: Büyük boy sıcak dumanlanmış balık

Taze barbun balığında %79.00 olan su içeriği sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış örneklerde önemli (P<0.05) ölçüde azalmıştır. Farklı boy gruplarına göre yapılan dumanlama işlemi sonucunda gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur. Küçük boy dumanlanmış barbun balığı'nda su oranı %70.55, orta boy dumanlanmış barbun balığı'nda %69.95, büyük boy dumanlanmış barbun balığı'nda ise %69.09 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3) (Şekil 4.1).



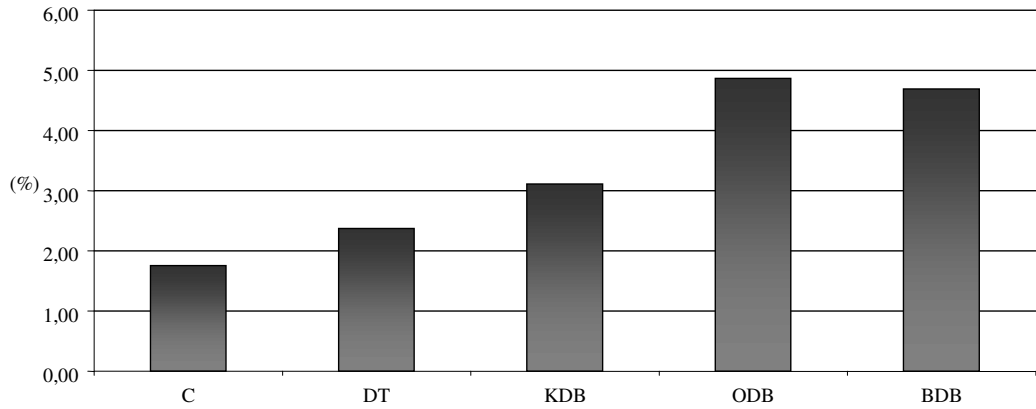
Şekil 4.1. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının su oranındaki değişim

Ham protein oranı taze örnekte %14.84 iken sıcak dumanlanmış örnekte önemli bir artışla küçük boy balıkta %21.92, orta boy balıkta %22.30, büyük boy balıkta ise %22.41 seviyesine yükselmiştir (Çizelge 4.3). Küçük-orta-büyük boy olarak üç grup şeklinde sıcak dumanlanan barbun balıklarının protein oranlarındaki değişim önemli ($P>0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.3) (Şekil 4.2).



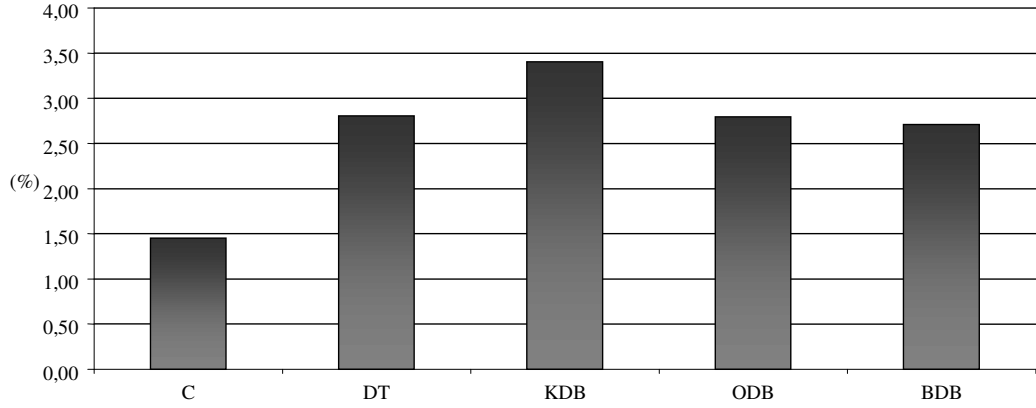
Şekil 4.2. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının ham protein oranındaki değişim

Taze barbun balığında %1.75 olan ham yağ içeriği sıcak dumanlanmış örnekte önemli bir artışla küçük boyda %3.11, orta boy grupta %4.87, büyük boy balıklarda ise %4.69 seviyesine yükselmiştir ve bu değişimin farkı istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3) (Şekil 4.3).



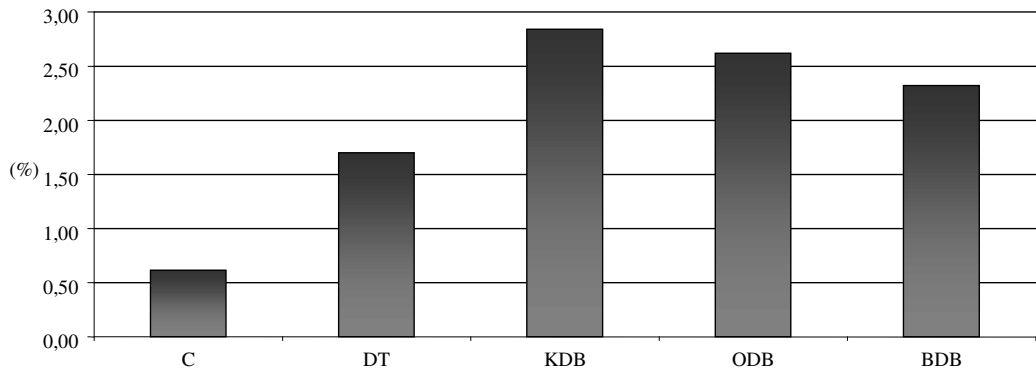
Şekil 4.3. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının ham yağ içeriğindeki değişim

Taze balıkta inorganik madde oranı %1.45, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte %2.81, sıcak dumanlanmış küçük boy örnekte %3.40, orta boyda %2.79, büyük boyda ise %2.71 olarak saptanmıştır. Gruplar arasında inorganik madde miktarındaki değişimin farkı istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) ancak orta ve büyük boy dumanlanmış örneklerin inorganik madde miktarındaki değişimin farkı istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3) (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığının inorganik madde oranındaki değişim

Tuz içeriği taze örnekte %0.61 iken sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte %1.70 ve sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy örneklerde önemli artışlarla sırasıyla %2.84, %2.62 ve %2.32 seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Gruplar arasında tuz içeriğindeki değişimin farkı istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sıcak dumanlama sonrası barbun balığındaki tuz değişimi

Kuru madde üzerinden yapılan hesaplamalara göre taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış barbun balığının kimyasal kompozisyonlarından protein, yağ ve inorganik madde bileşenlerindeki değişimin farkı istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Taze örnekte protein oranı %70.73 iken sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte %66.17 seviyesine düşmüştür. Sıcak dumanlama sonrası ise küçük-orta-büyük boy örneklerde protein oranı sırasıyla %74.47, %74.20, %72.47 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Yağ oranı taze örnekte %8.37, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte %10.15, sıcak dumanlanmış küçük boy örnekte %10.57, orta boyda %16.20, büyük boyda ise %15.20 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

İnorganik madde miktarı taze örnekte %6.91, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balıkta %12.02, dumanlanmış örneklerde küçük boyda %11.57, orta boyda %9.30, büyük boyda ise %8.78 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış, sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığı (*M. barbatus*)'nın kimyasal kompozisyonu (%Kuru ağırlık)

	C	DT	KDB	ODB	BDB
Kuru Madde	21.00±0.52 ^d	23.36±0.34 ^c	29.45±0.62 ^b	30.05±0.15 ^b	30.92±0.59 ^a
Protein	70.73±1.64 ^b	66.17±1.54 ^c	74.47±1.63 ^a	74.20±1.30 ^{ab}	72.47±2.79 ^{ab}
Yağ	8.37±0.75 ^c	10.15±0.94 ^b	10.57±0.13 ^b	16.20±0.12 ^a	15.20±1.46 ^a
İnorganik madde	6.91±0.31 ^c	12.02±0.76 ^a	11.57±1.45 ^a	9.30±0.30 ^b	8.78±0.94 ^b

Sonuçlar, 3 tekrarlı analizlerin ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir.

Aynı satırda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak ($P<0.05$) önemlidir.

KDB: Küçük boy sıcak dumanlanmış balık

ODB: Orta boy sıcak dumanlanmış balık

BDB: Büyük boy sıcak dumanlanmış balık

4.4. Raf Ömrü Analizleri ile İlgili Bulgular

Çizelge 4.5. Sıcak dumanlanmış Barbun balığı (*M. barbatus*)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı bazı kalite değişimleri

	pH	TVB-N (mg/100g)	TBA (mgMA/kg)
Kontrol	6.67±0.00 ^b	15.83±0.07 ^a	0.59±0.02 ^a
DT	6.51±0.02 ^a	17.08±0.07 ^b	0.68±0.07 ^b
1. gün	6.78±0.01 ^d	17.52±0.19 ^b	1.22±0.02 ^c
7. gün	6.72±0.01 ^c	19.62±0.46 ^c	1.41±0.01 ^e
14. gün	6.87±0.01 ^e	26.15±0.68 ^d	1.35±0.01 ^{de}
21. gün	6.87±0.02 ^e	28.55±0.21 ^e	1.31±0.03 ^d
28. gün	6.94±0.01 ^f	30.78±0.04 ^f	1.64±0.01 ^f
35. gün	6.85±0.01 ^e	33.84±0.34 ^g	2.26±0.02 ^h
50. gün	6.97±0.02 ^g	37.53±0.06 ^h	1.96±0.10 ^g

Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ($P<0.05$) önemlidir.

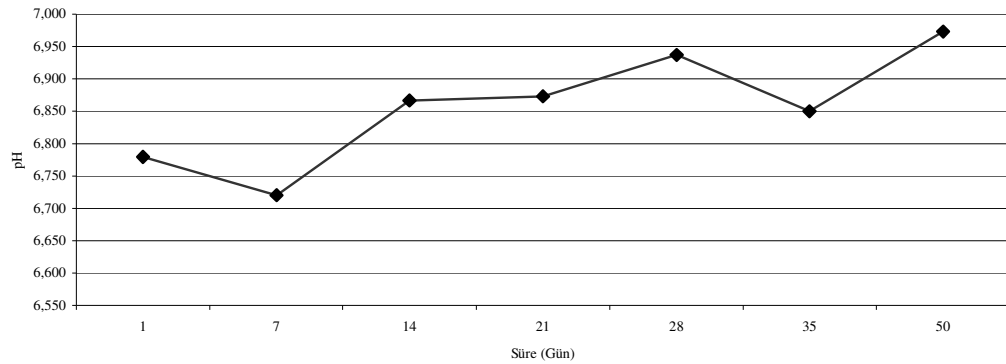
Sonuçlar, 3 tekrarlı analizlerin ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir.

DT: Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balık

4.4.1. Fiziksel analizler ile ilgili bulgular

4.4.1.1. pH değeri ile ilgili bulgular

Yapılan analiz sonuçlarına göre, pH taze örnekte 6.67 iken dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte 6.51'e düşmüştür. Sıcak dumanlama sonrası buzdolabı koşullarında depolanan örneklerde 1. gün 6.78 iken 50. günde 6.97'e yükselmiştir (Çizelge 4.5) (Şekil 4.6).

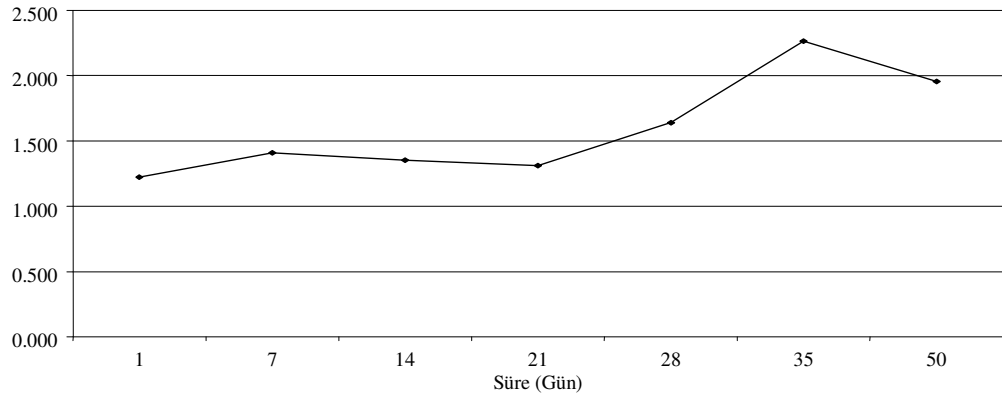


Şekil 4.6. Dumanlanmış barbun balığı (*M. barbatus*)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak pH içeriğinde meydana gelen değişimler

4.4.2. Kimyasal analizler ile ilgili bulgular

4.4.2.1. Tiyobarbiturik asit (TBA) değeri ile ilgili bulgular

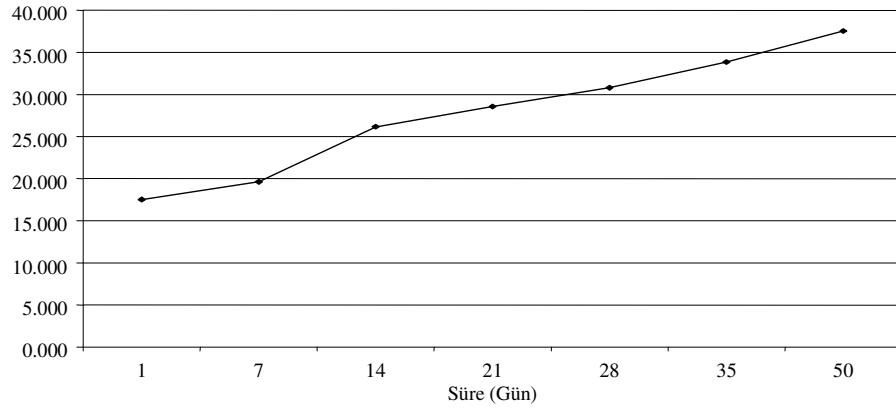
Balıklarda bozulmanın göstergelerinden olan TBA değerlerinde düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir. Taze örnekte TBA değeri 0.59 mgMA/kg, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte 0.68 mgMA/kg, sıcak dumanlama sonrası $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde TBA değeri 1. gün 1.22 mgMA/kg, 7. gün 1.41 mgMA/kg, 14. gün 1.35 mgMA/kg, 21. gün 1.31 mgMA/kg, 28. gün 1.64 mgMA/kg, 35. gün 2.26 mgMA/kg ve 50. gün 1.96 mgMA/kg olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Dumanlanmış barbun balığı (*M. barbatus*)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak TBA içeriğinde meydana gelen değişimler (mgMA/kg)

4.4.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri ile ilgili bulgular

Balıklarda bozulmanın göstergelerinden biri olan TVB-N değerleri uygulanan sıcak dumanlama işlemi sonrası ve depolama süresince artış göstermiştir. Taze örnekte 15.83 mg/100g olarak bulunan TVB-N değeri tuzlama sonrası 17.08 mg/100g seviyesine yükselmiştir. $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde TVB-N değeri önemli seviyelerde artış göstermiş olup 50. günde 37.53 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5) (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Dumanlanmış barbun balığı (*M. barbatus*)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak TVB-N içeriğinde meydana gelen değişimler (mg/100g)

4.4.3. Mikrobiyolojik analizler ile ilgili bulgular

Sıcak dumanlama uygulanan barbun balığına ait mikrobiyolojik analiz bulguları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Sıcak dumanlama teknolojisi uygulanarak buzdolabı koşullarında depolanan barbun balığı örneklerinin ortalama bakteri içeriği (log kob/g)

	TMA	Koliform	Maya-Küf
Kontrol	3.16±0.05 ^d	2.73±0.02 ^c	▪
DT	2.84±0.07 ^b	2.43±0.02 ^b	▪
1. gün	2.66±0.11 ^a	0 ^a	▪
7. gün	2.70±0.01 ^{ab}	0 ^a	▪
14. gün	2.99±0.10 ^c	0 ^a	▪
21. gün	3.19±0.02 ^d	0 ^a	▪
28. gün	4.94±0.02 ^e	0 ^a	▪
35. gün	7.16±0.02 ^f	0 ^a	▪
50. gün	9.02±0.03 ^g	0 ^a	5.62±0.03

Sonuçlar, 3 tekrarlı analizlerin ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir.

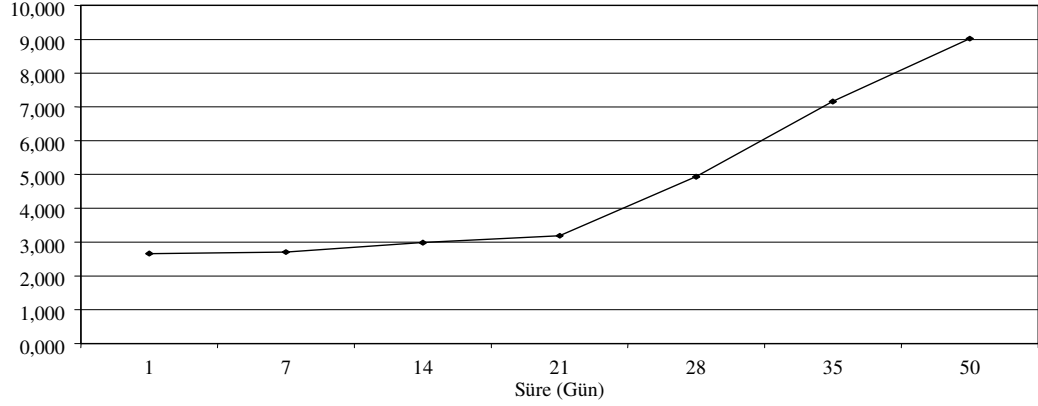
Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak (P<0.05) önemlidir.

(•): Üreme saptanamadı.

4.4.3.1. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayımı ile ilgili bulgular

Taze barbun balığında 3.16 log kob/g bulunan bakteri sayısı, tuzlama sonrası 2.84 log kob/g olarak belirlenmiştir. Sıcak dumanlama sonrası ise 1. gün 2.66 log kob/g olan bakteri sayısı 50. günde 9.02 log kob/g seviyesine yükselmiştir. Günler arasında

bakteri sayısındaki artış istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.6) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Dumanlanmış barbun balığı (*M. barbatus*)'nın buzdolabı koşullarında depolanmasına bağlı olarak ortalama TMAB sayısında meydana gelen değişimler (log kob/g)

4.4.3.2. Koliform grubu bakterilerin sayısı ile ilgili bulgular

Koliform grubu bakteri sayısı taze örnekte 2.73 log kob/g, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte 2.43 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Ancak sıcak dumanlama sonrası ve dumanlanmış örneklerin depolanması sırasında koliform grubu bakteri belirlenememiştir (Çizelge 4.6).

4.4.3.3. Maya ve Küf sayısı ile ilgili bulgular

Taze ve tuzlanmış örneklerde, dumanlanmış balıkların 1-7-14-21-28-35. günlerinde maya ve küf kolonisi saptanamamıştır. Sıcak dumanlanmış balıkların +4°C'de depolanmasının 50. gününde ise maya ve küf kolonisi 5.62 log kob/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

5. TARTIŞMA

Balık etinin besin bileşenlerinin araştırılması ve işleme koşullarının belirlenmesi, insan beslenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Barbun balığı Antalya Körfezi'nde her mevsim bulunabilmektedir. Beyaz etli olan bu balığın ekonomik değeri yüksektir. Beğenilerek tüketilen, genellikle taze, soğutulmuş ya da dondurulmuş olarak işlenen ve pazarlanan bu türün bir diğer işleme teknolojisi olan dumanlanmış ürün şeklinde değerlendirilmesi yeni bir araştırma geliştirme (Ar-Ge) çalışmasıdır. Barbun balığının bu yöntemle işlenmesine yönelik ülkemizde bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle gerek et verimine, gerekse besin bileşenlerine yönelik karşılaştırma diğer türler üzerinden yapılmıştır.

Balıklarda et verimi, balığın türüne, cinsiyetine, yaşına, üreme mevsimine ve beslenme durumuna göre değişmektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Barbun balığının üç farklı boy grubuna ait bireylerinde pazarlanabilir verimi incelediğimizde küçük boy balıkların pazarlanabilir veriminin diğer iki grubun pazarlanabilir verimine göre nispeten daha yüksek olduğu saptanmış ve değişimin farkı istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Dumanlama sonrası et ağırlığındaki fire oranı; küçük boy balıklarda 19.86 g, orta boy balıklarda 25.23 g, büyük boy balıklarda 33.37 g olarak belirlenmiştir. Dumanlama sonrası her üç grupta pazarlanabilir verimde bir azalma saptanmış ancak bu değişimin farkı gruplar arasında istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.1). Dumanlama sonrası tuzun ve ısı işlemin etkisiyle küçük boy balıklar %30.11, orta boy balıklar %29.17, büyük boy balıklar ise %28.84 oranında su kaybetmiştir. Bilgin vd (2001), *Clarias gariepinus*'un dumanlama sonrası et veriminin %12-15 oranında azaldığını bildirmiştir. Bu sonuç bulgularımızı destekler niteliktedir.

Sıcak dumanlama sonrası elde edilen ürünün duyusal analizleri panelistler tarafından yapılmıştır. Panelistler, üç farklı boy grubuna göre dumanlanan ürünlerin tümünü beğendiklerini ancak gruplar arasında en iyi büyük boy grubun ürünleri olduğunu bildirmişlerdir. Barbun balığı gibi beyaz etli balıklar sınıfında yer alan çipura (*Sparus aurata*) balığının sıcak dumanlanması üzerine yapılan bir çalışmada tüm panelistler ürünün lezzet açısından en iyi kalitede olduğunu bildirmiştir (Vasiliadou vd

2005). Görünüş ve tekstür bakımından dumanlanmış büyük boy barbun balığı en iyi grup olup, gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.2). Sululuk, tuzluluk ve lezzet bakımından dumanlanmış büyük ve orta boy grup arasındaki fark önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Barbun balığının sıcak dumanlama sonrası duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre gruplar arasında en çok beğenilen grubun büyük boy grup olduğu belirlenmiş ve bu durum istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy barbun balığının kimyasal kompozisyonlarından su, protein, yağ, kül ve tuz bileşenlerindeki değişimin farkı istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Taze örnekte $\%79\pm 0.52$ olan su içeriği, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte önemli ($P<0.05$) bir azalma ile $\%76.64\pm 0.34$, sıcak dumanlama sonrası küçük boyda $\%70.55\pm 0.63$, orta boyda $\%69.95\pm 0.15$, büyük boyda ise $\%69.09\pm 0.59$ seviyesine düşmüştür (Çizelge 4.3). Vasiliadou vd (2005) sıcak dumanlama sonrası kültür çipuralarının su içeriğinin $\%69.96\pm 0.89$ 'dan $\%57.45\pm 1.81$ 'e düştüğünü belirlemiştir. Konuyla ilgili olarak yapılan bir çalışmada sıcak dumanlama sonrası kadife balığında benzer sonuçlar elde edilmiştir (İzci ve Ertan 2004). Sıcak dumanlama sonrası su içeriğinde ki bu önemli azalma çeşitli türdeki dumanlanmış balıklarla yapılmış çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Salama ve Khalafalla 1993, Holland vd 1991, Bilgin vd 2001, Ünlüsayın vd 2001). Sıcak dumanlama işleminin öncesi uygulanan tuzlama ve dumanlama sırasında oluşan ısının bir sonucu olarak su içeriğinde bir azalma olduğu pek çok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır. Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşaağı alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nın raf ömrüne, tütsüleme yöntemlerinin etkisini araştırmış ve dumanlanmış ürünlerde kuru madde miktarının yükseldiğini dolayısıyla su içeriğinin azaldığını saptamışlardır. Dumanlama ve tuzlama işleminin kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklarının biyokimyasal ve duyuşal kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada benzer sonuçlar bulunmuş, tuzlama ve dumanlama işleminin sonrası her basamakta su içeriğinde gittikçe bir azalma görülmüştür. Taze kolyoz örneklerinde su içeriği $\%75.30\pm 0.86$, tuzlanmış örneklerde $\%75.04\pm 0.35$, dumanlanmış örneklerde

%56.67±0.28 olarak tespit etmişlerdir (Goulas ve Kontaminas 2005). Sonuçlarımızın bu bulgulara benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Ham protein içeriği taze örnekte %14.84±0.12, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte %15.46±0.45 olup değişimin farkı istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Çelik vd (1999)'nin yapmış oldukları bir çalışmada barbun balığının protein miktarı %21.32±0.17 olarak belirlenmiştir. Bu sonucun bulgularımızdan farklı olmasının nedeni, örnekleme zamanının farklı oluşu, beslenme rejimi ve örneklerin yaşı gibi değişimlere bağlanabilir. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış örnekler arasındaki değişimin farkı önemli ($P<0.05$) iken, sıcak dumanlanmış küçük-orta-büyük boy balıkların protein içeriğindeki değişimin farkı önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Sıcak dumanlanmış örneklerin protein içeriğindeki artış, taze ve dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerle karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) belirlenmiştir. Pek çok balığın dumanlanmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda da benzer şekilde su içeriğinde azalış, protein içeriğinde ise artış tespit edilmiştir (Kolsarıcı ve Özkaya 1998, Diler vd 2002, Bilgin ve Ertan 2004, Birkeland vd 2004, Cardinal vd 2004, İzci ve Ertan 2004, Vasiliadou vd 2005). Dumanlanmış örneklerdeki protein içeriğindeki artışın temel nedeni dumanlama sırasında uygulanan ısı işlem dolayısıyla ürünün su kaybetmesidir.

Barbun balığında yağ içeriği 1.75±0.12 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu değer barbun balığının az yağlı balıklar sınıfına girdiğini göstermektedir. Bu konuyla ilgili yapılan bir çalışmada barbun balığının yağ içeriği %6.27±0.18 olarak belirtilmektedir (Çelik vd 1999). Bu değer bizim bulgularımıza göre yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın nedeninin, türlerin beslenme durumu, yaşı, mevsimler ve habitat olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte yağ içeriği %2.37±0.23, sıcak dumanlanmış örneklerde küçük boyda %3.11±0.07, orta boyda %4.87±0.05, büyük boyda ise %4.69±0.38 seviyesine yükselmiş olup, değişimin farkı istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Orta ve büyük boy dumanlanmış barbun balığının yağ içeriğindeki değişimin farkı istatistiki olarak önemsizdir ($P>0.05$). Pek çok balığın sıcak dumanlanmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda da benzer şekilde ham yağ içeriğinde önemli artışlar tespit edilmiştir (Kolsarıcı ve

Özkaya 1998, Diler vd 2002, Bilgin ve Ertan 2004, Birkeland vd 2004, Cardinal vd 2004, İzci ve Ertan 2004, Vasiliadou vd 2005). Dumanlanmış örneklerde yağ içeriğindeki artışın temel nedeni dumanlama sırasındaki ısı işlem nedeniyle ürünün su kaybetmesidir.

Taze barbun balığının ham inorganik madde içeriği 1.45 ± 0.03 olarak tespit edilmiş olup, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde tuzlama işlemi nedeniyle bu değer 2.81 ± 0.14 seviyesine, dumanlanmış örneklerde ise tuzlama ve ısı işlem nedeniyle küçük boyda 3.40 ± 0.36 , orta boyda 2.79 ± 0.10 , büyük boyda ise 2.71 ± 0.24 seviyesine yükselmiştir (Çizelge 4.3). Sıcak dumanlanmış ve sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde inorganik madde ve tuz içeriğindeki artış istatistiki olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşağı alabalıkları (*Salmo gairdneri*)'yla yapmış oldukları çalışmada, dumanlanmış balıklarda tuz ve inorganik madde içeriğinin istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) artışlar gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada taze balıkların inorganik madde içeriği 1.31 ± 0.11 ve tuz içeriği 0.10 ± 0.04 iken, sıcak dumanlanan örneklerde bu değerler sırasıyla 4.70 ± 0.10 ve 3.68 ± 0.05 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bulgularımızı destekler niteliktedir. Sıcak dumanlanmış balıkların inorganik madde içeriğindeki benzer bir artış Bilgin vd (2001) ve Ünlüsayın vd (2001) tarafından da tespit edilmiştir. Ünal (1995), gökkuşağı alabalıklarıyla yaptığı çalışmada, taze örneklerde 1.43 inorganik madde ve 0.46 tuz içeriği, 22 oranında tuz kullanılarak dumanlanan örneklerde 3.76 inorganik madde ve 4.21 içeriğinde tuz tespit etmiştir. Dumanlama ve tuzlama işleminin kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklarının biyokimyasal ve duyusal kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada benzer sonuçlar bulunmuş, tuzlama ve dumanlama işlemi sonrası her basamakta tuz içeriğinde artış görülmüştür. Taze kolyoz örneklerinde tuz içeriği 0.1 ± 0.04 , tuzlanmış örneklerde 3.8 ± 0.4 , dumanlanmış örneklerde 6.4 ± 0.9 olarak tespit edilmiştir (Goulas ve Kontaminas 2005). Gökkuşağı alabalığı ve kolyoz ile yapılan bu çalışma sonuçlarının da bulgularımızla benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Sıcak dumanlama sonrası elde edilen ürünler vakum paketlenerek 50 gün süreyle $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır. Depolama süresince örneklerin pH'sında düzenli olmayan artışlar belirlenmiş ve depolamanın 50. gününde pH'nın nötr değere yaklaştığı tespit

edilmiştir. Taze barbun balığında pH değeri 6.67 ± 0.00 seviyesinden, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekte önemli ($P < 0.05$) bir azalışla 6.51 ± 0.02 seviyesine düşmüştür. Sıcak dumanlanmış örnekte ise 1. gün önemli ($P < 0.05$) bir artışla 6.78 ± 0.01 seviyesine ulaşmıştır. Dumanlanmış örneklerin depolama süresince pH değerindeki değişimler 7, 28 ve 50. günlerde önemli ($P < 0.05$), 14, 21 ve 35. günlerde ise önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5). pH değeri depolama sırasında, depolama süresine bağlı olarak yavaş yavaş yükselmektedir. Tüketilebilirlik sınır değeri 6.8-7.0'dır. Ancak pH değeri kesin bir ölçüt olmayıp her zaman duyuşal, kimyasal ve mikrobiyal analizlerle tamamlanması gerektiği belirtilmektedir (Varlık vd 1993). Balıklarda bozulma parametrelerinden olan pH üzerine yapılan bir çalışmada bulgularımızdan farklı olarak depolama süresince ilk 28 gün azalma olduğu belirlenmiştir (Ünlüsayın 1999). Goulas ve Kontaminas (2005), farklı tuz konsantrasyonu ve farklı dumanlama yöntemi kullanarak dumanladıkları kolyoz filetolarında başlangıçta (0.gün) pH'yı 6.12 ± 0.09 olarak bulmuşlar ve $2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de 30 günlük depolama süresince 6 gün ara ile pH düzeyini incelemişlerdir. 1. günden 24. güne kadar pH seviyesi gittikçe azalarak 6.03 ± 0.05 seviyesine düşmüştür. 30. günde ise pH değeri 6.10 ± 0.11 seviyesine yükselmiştir. Bu araştırmacılar pH değeri değişiminin önemsiz ($P > 0.05$) olduğunu belirtmişlerdir. pH değerinin düşük bulunması ve depolama süresince pH değerinde azalma olmasından dolayı sonuçlar bizim bulgularımızdan farklıdır. Bu farklılığın balığın türü, avlanmadan önceki fiziksel durumu, avlandıktan sonraki ortam sıcaklığı, avlama yöntemi, ölüm şekli, avlandıktan sonra analize alınıncaya kadar tutulduğu ortam koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşuğu alabalıklarının raf ömrüne tütsüleme yöntemlerinin ve depolama sıcaklığının etkisini incelemişler ve elde ettikleri ürünleri $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 48 gün depolamışlardır. Taze balıkta 6.12 olarak tespit edilen pH depolama sıcaklığında farklı değerler göstermiştir. Depolanan örneklerde pH değerindeki değişimlerin önemli düzeyde olduğu ve 48. günde 6.47 seviyesine yükseldiği bildirilmektedir (Çizelge 2.7). pH değeri bizim değerlerimize göre daha düşük olmasına rağmen depolama süresince pH düzeyinin yükselmesi bulgularımızla uyumludur.

Balıklarda, gerek taze gerekse işlenmiş ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerden bir diğeri de TVB-N olup, depolama süresince artış

göstermektedir. Sıcak dumanlanmış örnekte, depolama başlangıcında 17.52 ± 0.19 mg/100g olan TVB-N değeri 50 günlük depolama sonucunda 37.53 ± 0.06 mg/100g seviyesine yükselmiştir. TVB-N içeriğinde depolamaya bağlı olarak görülen bu artış, örneklerdeki bakteriyel bozulmanın derecesini göstermektedir. Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış örneklerin 1. gününde TVB-N değerleri arasında değişimin farkı önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Dumanlanmış örneklerin TVB-N içeriğinde depolamaya bağlı olarak önemli ($P < 0.05$) bir artış olduğu tespit edilmiştir. Goulas ve Kontominas (2005) dumanlanmış kolyozda, Vasiliadou vd (2005) dumanlanmış çipurada benzer sonuçları elde etmişlerdir. Balıklarda bozulmanın ilerlemesiyle birlikte uçucu bazik azotlu maddelerin miktarı da artmaktadır.

Dumanlanmış balıkların TVB-N içeriği; materyalin kalitesine, depolama koşullarına, tuz derişimine ve dumanlama koşullarına göre değişmektedir. TVB-N kabul edilebilir limit değerleri balık türlerine göre değişmektedir. Yeni avlanan balıkların TVB-N değeri genellikle 5-20 mg/100g arasındadır. Bununla birlikte buzda depolanmış soğuk su balıkları için kabul edilebilir limit değerleri 30-35 mg/100g olarak bildirilmiştir (Connell 1995). Lopez vd (2000) bu değeri 25-30 mg/100g ve Kim vd (2002)'de 20-25 mg/100g olarak bildirmiştir. TVB-N değerlerine göre yapılan kalite sınıflandırılmasında 5 mg/100g'a kadar "çok iyi", 30 mg/100g'a kadar "iyi", 35 mg/100g'a kadar pazarlanabilir ve 35 mg/100g'dan yukarısı için "bozulmuş" olarak belirtilmektedir (Varlık vd 1993). Sıcak dumanlanmış barbun balığının TVB-N değeri depolamanın 35. gününde 33.84 ± 0.34 mg/100g seviyesinde belirlenmiş olup Varlık vd (1993)'e göre "iyi" durumunu kaybetmiştir. 50. günde ise TVB-N 37.53 ± 0.06 mg/100g değeriyle tüketilebilirlik sınır değerini aşmıştır (Çizelge 4.5). Balıklarda en önemli bozulma parametrelerinden olan TVB-N analiz sonuçlarına göre; dumanlanmış barbun balığının raf ömrü 30 gün olarak tespit edilmiştir. Dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarının $5-6^{\circ}\text{C}$ 'de 60 gün süre ile depolanmasına bağlı olarak TVB-N değerinde artış olduğu belirlenmiştir (Gökoğlu 1991). Kolsarıcı ve Özkaya (1998) iki farklı sıcaklıkta ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$) depoladıkları dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarında TVB-N değerinin her iki depolama sıcaklığında arttığını ve $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde bu oranın daha düşük olduğu tespit etmişlerdir. Dumanlanmış ürünlerle yapılan başka bir çalışmada gökkuşağı alabalığı, dumanlandıktan sonra -33°C 'de 1 yıl

ve buzdolabı koşullarında 87 gün depolanmış ve her iki depolama sıcaklığında TVB-N değerinde artış olduğu bildirilmektedir (Ünal 1995). *Carassius auratus*'un sıcak dumanlama işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur (Çizelge 2.8) (Ünlüsayın vd 2003). TVB-N değerine ilişkin verilen tüm bu araştırma bulguları, *Mullus barbatus* ile yapılan bu çalışmada elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir.

Balıkların bozulmasıyla ilgili değişimlerin büyük bir kısmı lipitlerin parçalanmasıyla ortaya çıkmaktadır. TBA değeri, lipit oksidasyon derecesinin belirlenmesinde geniş olarak kullanılan bir analizdir. Çok iyi bir örnekte TBA değeri 3'ten az 5'den fazla olmamalıdır. Tüketilebilirlik sınır değeri 7-8 arasındadır (Varlık vd 1993). Dumanlanmış örneklerde en yüksek TBA değeri 35. günde belirlenmiş olup, günler arasındaki değişim önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5). Depolama süresi sonundaki dumanlanmış örneğin TBA değeri 1.96 ± 0.10 mgMA/kg olup, tüketilebilirlik sınır değerinin altında (sınır değer 7-8 mgMA/kg) tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Barbun balığının yağ oranının düşük olması ve sıcak dumanlanan örneklerin vakumda paketlenmesi gibi nedenlerden dolayı TBA değerinin yükselmediği düşünülmektedir. Ayrıca dumanlanmış örneklerde lipit değerindeki denge dumanlama yoğunluğuna, örneğin su aktivitesi ve tuz içeriğine bağlıdır. Salamura tuzlama yöntemi, özellikle düşük sıcaklıklarda uygulandığı zaman, tuzlama işlemi sırasında atmosferik oksijene karşı koruyucu etki göstermekte ve bu da oksidatif işlemlerin hızını azaltmaktadır. Vasiliadou vd (2005) yağların oksidasyonu üzerine tuzlama işleminin etkisinin tartışmalı bir konu olduğunu belirtmiş olup düşük derişimdeki tuzun oksitlenmeyi artırıcı bir etki, yüksek derişimdeki (%4'den fazla) tuzun ise lipitlerin oksidasyonuna karşı koruyucu etki gösterdiği belirtmektedirler. Ayrıca duman bileşiminde bulunan antioksidant bileşiklerin de dumanlanmış ürünlerde oksitlenmeyi engelleyici işlevleri bulunmaktadır. Yılan balıkları (*Anguilla vulgaris*)'yla yapılan bir çalışmada, %7.5 ve %15 oranlarında iki farklı tuz derişimi kullanılmış, dumanlama ve depolama sırasındaki değişimler incelenmiştir. Bu çalışmada TBA değeri düzensiz olarak değişim göstermiş ve tuz oranı yüksek olan örneklerde daha az bozulma meydana geldiği belirlenmiştir (Salama ve Khalafalla,1993). Bhuiyan vd (1986) uskumrunun TBA değerinin sıcak dumanlama sonrası ikiye katlandığını, Beltran ve Moral (1991) ise sıcak dumanlama

sonrası sardalya balığının TBA değerinin üçe katlandığını bildirmektedir (Vasiliadou vd 2005). Goulas ve Kontominas (2005) dumanlanmış kolyozda ve Vasiliadou vd (2005) dumanlanmış çipura balığında benzer sonuçları bulmuştur. Dumanlama işleminden sonra TBA değerinde ki bu önemli artışa balık etinin su kaybetmesi, dumanlama sırasında uygulanan yüksek sıcaklık değerleri (80⁰C) ve atmosferik oksijenin doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu hızlandırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir. Yapılan benzer çalışmalar da bulgularımızı destekler niteliktedir (Goktepe ve Moody 1998, Goulas ve Kontominas 2005, Vasiliadou vd 2005).

Taze barbun balığında 3.16 log kob/g bulunan bakteri sayısı, tuzlama sonrası tuzun etkisiyle 2.84 log kob/g seviyesine, sıcak dumanlama sonrası ise sıcaklığın etkisiyle 2.66 log kob/g seviyesine düşmüştür. Depolamaya bağlı olarak bakteri sayısı 50. günde 9.02 log kob/g seviyesine yükselmiştir. Günler arasında bakteri sayısındaki artış istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur (Çizelge 4.6) (Şekil 4.9). Dumanlanmış balığın mikroflorası, taze balık mikroflorası ile kıyaslandığında uygulanan işleme tekniğinin bakteri sayısını önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.6). Dumanlama sırasında ısı, etin su kaybı ve dumanın antimikrobiyal etkisi ile ürün büyük ölçüde aerobik mikroorganizmalardan arındırılır. Ancak bu durum daha sonra paketleme ve taşıma sırasında gerçekleşebilecek kontaminasyonlar ile değişebilmekte ve üründe bakteri sayısı artabilmektedir (Gibson 1995). Çolakoğlu (2004)'nun kızılöz (*Rutilus rutilus*) ve beyaz balık (*Coregenus sp.*) üzerinde yapmış olduğu bir çalışmaya göre; toplam bakteri içeriği, taze kızılöz balığında 1.9×10^5 kob/g iken dumanlama sonrası 9.2×10^1 kob/g seviyesine, beyaz balıkta ise 2.8×10^4 kob/g iken dumanlama sonrası 8.3×10^1 kob/g seviyesine düşmüştür. Dumanlama sonrası balıklarda toplam bakteri içeriğinde bir azalma belirlenmiştir ve bu sonuçlar bizim bulgularımızı desteklemektedir. Vasiliadou vd (2005) taze çipura balığında TMAB sayısını 3.21 ± 0.44 log kob/g dumanlama sonrası ise 2.52 ± 0.36 log kob/g olarak belirlemişlerdir. Dumanlama sonrası üründe TMAB sayısında görülen azalış bulgularımızla paralellik göstermektedir. Patır vd (2006) aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetoalarını farklı iki tuz konsantrasyonu kullanarak dumanlamış ve farklı iki sıcaklıkta muhafaza etmiştir. Taze filetoda TMAB sayısı 5.52 ± 0.08 log kob/g, %5'lik salamura uygulanmış örneklerde 6.09 ± 0.63 log kob/g, 5'lik salamura uygulanarak dumanlanan örneklerde 2.41 ± 1.44 log

kob/g, %10'luk salamura uygulanan örneklerde 5.72 ± 0.52 log kob/g, %10'luk salamura uygulanarak dumanlanan örneklerde 1.83 ± 0.97 log kob/g olarak belirlemiştir. Tuzlama sonrası TMAB sayısında az da olsa bir artış belirlenmiştir. Bu sonuçlar bulgularımızla uyuşmamaktadır. Bu fark, uygulanan tuz konsantrasyon yoğunluğu, işlemler sırasında oluşabilecek kontaminasyonlar vb. nedenlerden kaynaklanabilir. Ancak dumanlama sonrası aynalı sazan filetolarında TMAB sayısında önemli ($P < 0.05$) bir azalma tespit edilmiştir. Bu da bizim bulgularımızı destekler niteliktedir. Diler vd (2002) sıcak dumanladığı eğrez balığı (*Vimba vimba tenella*)'nda dumanlamaya bağlı olarak TMAB sayısında önemli bir artış olduğunu belirlemiştir. Bu sonuç elde edilen değerlerle uyum sağlamamaktadır. Bu durum, kullanılan farklı materyale ve üretim şekline bağlanabilir. Kadife balığı (*Tinca tinca*) kullanılarak yapılan bir çalışmada dumanlama teknolojisi ile birlikte taze ürünlerdeki mikroorganizma düzeylerinin azaldığı ancak depolama süresince arttığı belirlenmiştir (İzci ve Ertan 2005). Sıcak dumanlama işlemi uygulanan farklı türdeki balıkların depolama süresince mikroorganizma sayılarının arttığı çeşitli araştırmacılarca da vurgulanmaktadır (Özkaya 1995, Kolsarıcı ve Özkaya 1998, Çolakoğlu 2004, Patır vd 2006). Sernapesca (1996), toplam mezofilik aerob bakteri sınır değerini 1×10^5 kob/g olarak bildirmiştir. Sıcak dumanlanan örnekler bu değeri 35. gün aşarak mikrobiyal açıdan tüketim özelliğini tamamen kaybetmiştir.

Koliform bakteri sayısı taze balıkta 2.73 ± 0.02 log kob/g seviyesinden, önemli ($P < 0.05$) bir azalma ile sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balıkta 2.43 ± 0.02 log kob/g seviyesine düşmüştür. Dumanlama sonrası ve dumanlanmış ürünün depolanması süresince koliform grubu bakterilerde üreme gözlenmemiştir (Çizelge 4.6). Yapılan bir çalışmada soğuk dumanlanıp farklı sıcaklıklarda muhafaza edilmiş salmonlarda koliform sayısı başlangıçta < 3 MPN/g olarak belirlenmiş ve raf ömrü sonunda ise > 4 ile 43 MPN/g olarak tespit edilmiştir (Dondero vd 2004). Araştırmacılar depolama süresince de koliform bakteri tespit etmeleri nedeniyle bizim bulgularımızla benzerlik göstermemektedir. Bu durum, farklı çevre koşullarına ve farklı işleme şekillerine bağlanabilir. Patır vd (2006)'nin yapmış oldukları çalışmada, koliform bakteri sayısını taze filetoda 3.49 log kob/g belirlemiştir. Tuzlama ve dumanlama sonrası koliform sayısının hızla azaldığı ve depolama süresince koliform bakteri sayısının aynı düzeyde

kaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, bulgularımızı desteklemektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan bir çalışmaya göre taze eğrez balığı (*Vimba vimba tenella*)’nda 1.3×10^4 kob/g koliform grubu mikroorganizma tespit edilirken, tuzlanmış balıklarda zaman içerisinde azalma eğilimi göstermiş ve 118. günde %12 ve %22 tuz konsantrasyonlarında kuru tuzlamada koliform grubu mikroorganizma belirlenemezken, sadece salamurada %12 tuz konsantrasyonunda 7.1×10^1 kob/g olarak belirlenmiştir (Işıklı 2000). Bu çalışmada elde edilen bulgular, bizim elde ettiğimiz bulgulardan daha yüksektir. Ancak tuzlama sonrası koliform bakteriler üzerinde belirlenen azalma bizim sonuçlarımızı desteklemektedir. Kadife balığı (*Tinca tinca*)’nın sıcak dumanlanması sonucu, taze balıkta bulunan koliform bakterilerde azalma belirlenmiş ve depolama süresince koliform bakteri sayısında artış saptanmıştır (İzci ve Ertan 2005). Bu durumun bizim bulgularımızdan farklı olmasının nedeni, balık türü, dumanlama teknolojisi uygulanırken balığın ulaştığı iç sıcaklık derecesi, depolama şartlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Maya ve küfler, balıklarda normal flora içerisinde bulunmazlar. Bu mikroorganizmalar genellikle toprak orijinli olup, balıkların avlandığı anda sudan veya avlanma sonrası kullanılan alet ve malzemelerden bulaştığı belirtilmektedir (Göktaş 1990). Taze ve sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış barbun balığı örneklerinde maya-küf belirlenmemiştir. Sıcak dumanlama sonrası depolama süresince sadece 50. günde 5.62 ± 0.03 log kob/g düzeyinde bir üreme belirlenmiştir. Sıcak dumanlanmış eğrez balığı (*Vimba vimba tenella*)’nda dumanlamaya bağlı olarak maya-küf sayısında önemli azalmaların meydana geldiği bildirilmektedir (Diler vd 2002). Soğuk dumanlanmış salmonlarda maya-küf sayıları düşük seviyede tespit edilmiştir (Dondero vd 2004). Bu sonuçlar bizim bulgularımızla benzer değildir. Bunun nedeni avlama koşulları, avlandığı suyun özellikleri ve kullanılan av malzemesinden olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dumanlanan kadife balığının muhafaza süresi sonunda maya-küf miktarı 2.86 ± 0.06 log kob/g olarak tespit edilmiştir (İzci ve Ertan 2005). Bu sonuç bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, Antalya Körfezi'nden avlanan ve ekonomik değeri yüksek olan barbun balığı (*Mullus barbatus*)'nın sıcak dumanlama sonrası kimyasal yapısı ile 4°C sıcaklıktaki raf ömrü araştırılmıştır. Barbun balığının taze tüketimine alternatif tüketim tarzı olan sıcak dumanlama işlemi, çok kısa sürede tüketilmesi gereken balık etlerinin muhafaza ömrünü büyük ölçüde uzatabilmektedir. Taze ve dondurulmuş olarak işlenen ve pazarlanan bu türün bir diğer işleme teknolojisi olan dumanlanmış ürün şeklinde değerlendirilmesi yeni bir araştırma geliştirme (Ar-Ge) çalışmasıdır.

Üç farklı boy grubuna ayrılan barbun balıklarının pazarlanabilir verimi %85.91-87.26 arasında bulunmuştur. Sıcak dumanlama sırasında uygulanan ısıl işlemin sonucu ürünlerin su kaybetmesi nedeniyle pazarlanabilir verim %56.74-57.44 seviyesine düşmüştür. Sıcak dumanlama sonrası gruplar arasındaki değişimin farkı istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.

Sıcak dumanlama sonucu elde edilen ürünün duyu analizleri sonucunda, tüm panelistler yapılan ürünleri beğendiklerini ancak büyük boy dumanlanmış ürünü daha çok beğendiklerini bildirmişlerdir. Üç farklı boy grubuna göre dumanlanan barbun balıklarının organoleptik değerlendirme sonucunda görünüş, tekstür, sululuk, tuzluluk ve lezzet kriterleri açısından en iyi büyük boy grubun olduğu belirlenmiş ve bu durum istatistikî olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur.

Yapılan kimyasal kompozisyon analizleri sonucunda taze ve sıcak dumanlanmış barbun balığının su, protein, yağ ve inorganik madde bileşenlerindeki değişimin farkı önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Sıcak dumanlama sonrası her üç grubun kuru madde ağırlığında önemli ($P<0.05$) seviyede bir artma, su içeriğinde ise önemli ($P<0.05$) seviyede bir azalma belirlenmiştir. Dumanlama sonrası su içeriğinde azalma, protein, yağ, inorganik madde ve tuz içeriğinde artış tespit edilmiştir. Dumanlama sonrası protein oranlarında gruplar arasındaki fark önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Dumanlanan örneklerin protein oranındaki artış nisbi bir artış olup, bu artışın nedeni su oranının azalmasından ileri gelmektedir. Dumanlama sonrası balıklarda herhangi bir protein

artışı ve azalması söz konusu değildir. Dumanlama sonrası gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında orta boy ve büyük boy dumanlanmış gruplar arasında yağ oranındaki artış önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Dumanlama sonrası gruplardaki yağ artışının nedeni kurumadan ileri gelen nisbi bir artış olarak kabul edilmiştir. Dumanlama sonrası her üç grupta da inorganik madde içeriğinde önemli ($P<0.05$) seviyede bir artış belirlenmiştir. Bu artışın nedeni dumanlama sırasında yükselen ısı ve balık bünyesine giren tuzdan kaynaklanmaktadır.

Barbun balıkları dumanlandıktan sonra vakumlanarak $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki buzdolabında 50 gün süre ile depolanmıştır. Depolama süresince 7 gün aralıklarla raf ömrü analizleri yapılmıştır. Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış (1.gün) balık örneklerinin pH ve TBA değerleri arasındaki fark önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Taze ve sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde TVB-N değerindeki fark önemli ($P<0.05$) tespit edilmiştir. $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki depolama süresine bağlı olarak sıcak dumanlanmış ürünlerde bozulmaya doğru bir gidiş saptanmıştır. Özellikle dumanlanmış üründe önemli bir bozulma bileşiği olan toplam uçucu bazik azot (TVBN) değeri 35. günde tüketilebilirlik sınır değerine yaklaşmış 50. günde ise bu değeri aşmıştır. Balıklarda bozulma parametrelerinden olan pH ve TBA değerlerinde, depolama süresince düzenli olarak bir artma ya da azalma tespit edilememiş ve depolama sonunda tüketilebilirlik sınır değerlerine ulaşılmamıştır.

Dumanlanmış balığın mikroflorası, taze balık mikroflorası ile kıyaslandığında uygulanan işleme tekniğinin bakteri sayısını önemli ($P<0.05$) ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bunun nedeninin, dumanlama sırasında ısı, etin su kaybı ve dumanın antimikrobiyal etkisinden olduğu düşünülmektedir. Dumanlama sonrası depolama süresince TMAB sayısında önemli ($P<0.05$) seviyede bir artış belirlenmiştir. TMAB sayısı 35. gün 1×10^5 kob/g sınır değerini aşarak tüketim özelliğini kaybetmiştir. Depolama süresince dumanlanmış örneklerde 50. güne kadar maya-küf üremesi tespit edilmemiştir. Balık eti tüketilebilirlik özelliğini, oluşan fiziksel ve kimyasal etkilerden ziyade sahip olduğu mikrofloranın metabolik faaliyetleri sonucu kaybetmektedir. Mikrobiyolojik kalite bakımından ürün 35. günde tüketilebilirlik özelliğini kaybetmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada elde edilen bulgular ışığında; barbun balığının tek düze bir şekilde taze olarak tüketiminin sınırlayıcı etkisinden kurtarılarak, alternatif bir ürün haline getirilerek de tüketilebileceği kanısındaız. Ayrıca sıcak dumanlama yapılan ve $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örnekler 35. günde tüketilebilir özelliklerini kaybetmeye başlamışlardır. 50. gün ise tamamen tüketilemez duruma geldikleri belirlenmiştir. Ancak bu ürünlerin 30. günden itibaren tüketilmemesi gerektiğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

- AITKEN, A., MACKIE, I., MERRITT, J.H. and WINDSOR, M.L. 1982. Fish Handling&Processing. Ministry of Agriculture, Fisheries&Food. Torry Research Station. Second edition, ISBN:0114917418, Edinburgh, 192 p.
- AKŞIRAY, F. 1987. Türkiye Deniz Balıkları Tayin Anahtarı. İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 2. Baskı, No:3490, İstanbul, 811 sayfa.
- ALTUĞ, T., DEMİRAG, K., KURTCAN, Ü. ve İÇBAL, N. 1994. Food Quality Control. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları, No:85, İzmir, 171 s.
- ANONİM 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki barbunya (*Mullus barbatus*) balıkları üzerine araştırmalar. Ekonomik Deniz Ürünleri Projesi, Ara Rapor, Su ürünleri Araştırma Enstitüsü, Trabzon.
- ANONİM 2001. Su ürünleri ve su ürünleri sanayi özel ihtisas komisyonu raporu. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı. DPT:2575-OİK:588, Ankara, 142s.
- ANONYMOUS 1970. Smoked fish recommended practise for retailers. Torry Advisory Note, No:14 (revised) 6 pp.
- ANONYMOUS 1994. Merck Microbiology Manual, Published by Merck, Germany, 347 p.
- ANONYMOUS 1997. Fish Smoking and The Environment Eastfish Magazine, FAO East Fish Copenhagen Fachpresse Verlag, Hamburg, 42-44 pp.
- ARIK ÇOLAKOĞLU, F. 2004. Farklı işleme teknolojilerinin kızılğöz (*Rutilus rutilus*) ve beyaz balık (*Coregenus sp.*) mikroflorası üzerine etkisi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28:239-247 s.
- ARSLAN, A., ÇELİK, C., GÖNÜLALAN, ATEŞ, G., KÖK, A. ve KAYA, A. 1997. Vakumlu ve vakumsuz aynalı sazan (*Cyprius carpio*) pastırmalarının Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesinin İncelenmesi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 21:23-29.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 2002a. Moisture content. 950.46. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 2002b. Protein content in meat. 928.08. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 2002c. Fat content in meat. 960.39. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 2002d. Ashes content. 920.153. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland.
- ATAY, D. 1985. Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:943, Ders Kitabı No:268, Ankara.
- BANJA, B.A.M. 2002. Shelf life trial on cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stored on ice around 0°C. The United Nations University, Fisheries Training Programme Final Project, Iceland.
- BELTRÁN, A., MORAL, A. 1991. Changes in fatty acid composition of fresh and frozen sardine (*Sardine pilchardus* W.) during smoking. *Food Chemistry*, 42:99-109.
- BHUIYAN, A.K.M., RATNAYAKE, W.M.N., ACKMAN, R.G. 1986. Stability of lipids and polyunsaturated fatty acids during smoking of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of American Oil Chemists Society*, 63:324-328.
- BIRKELAND, S., RORA, A.M.B., SKARA, T. and BJERKEND, B. 2004. Effect of cold smoking procedures and raw material characteristics on product yield and quality parameters of cold smoked atlantic salmon (*Salmo salar*) Fillets. *Food Research International*, 37:273-286.
- BİLGİN, Ş., ÜNLÜSAYIN, M. ve GÜLYAVUZ, H. 2001. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'un farklı işleme yöntemlerine göre değerlendirilmesi ve kimyasal bileşenlerinin tespiti. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25:309-312.
- BİLGİN, Ş. 2003. Farklı işleme yöntemlerine göre dağ alabalığı (*Salmo trutta magrostigma*, DUMERİL 1858)'nin kimyasal yapısındaki değişimler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Temel Bilimler Anabilim Dalı Doktora Tezi, Isparta, 130 s.
- BİLGİN, Ş. ve ERTAN, Ö.O. 2004. *Salmo trutta* L. 1766'nın soğuk dumanlama sonrası besin bileşenleri ve yağlarındaki değişimler. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5:2, 76-83.
- BLIGH, E.G., SHAW, S.J. and 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.
- BURT, J.R. 1988a, Fish Smoking and Drying Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London and New York, 160 p.

- BURT, J.R. 1988b. The Effects of Drying and Smoking on the Vitamin Content of Fish Smoking and Drying (Burt, J.R., eds) Elsevier Applied Fish Science Publishers Ltd, London and New York, 53-61.
- BYKOWSKI, P. and DUTKIEWICZ, D. 1996. Freshwater fish processing and equipment in small plants. FAO Fisheries Circular, No:905, Rome, 59 p.
- CARDINAL, M., GUNNLAUGSDOTTIR, H., BJOERNEVIK, M., OUISSE, A., VALLET, J.L. and LEORI, F. 2004. Sensory characteristics of cold-smoked atlantic salmon (*Salmo salar*) from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements. *Food Research International*, 3:181-193.
- CONNELL, J.J. 1979. Past, present and future of fish handling methods. Adv. in Fish Science and technology. p. 41-152. Scotland.
- CONNELL, J.J. 1995. Control of Fish Quality, Fishing News Books, a Division of Blackwell Science Ltd., ISBN:0-85238-226-x, 245 p.
- CUPPETT, S. L. 1986. The effect of processing variables on safety and acceptability of smoked great lakes whitefish. Dissertation-Abstracts-International-B. 46(12), 4080.
- ÇELİK, M., YANAR, Y. ve GEREK, A. 1999. Akdeniz’de üç barbun türünün (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Upeneus moluccensis*) besin bileşenleri yönünden karşılaştırılması. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22-24 Eylül, Adana, 357-362.
- DEHOF, E., GREUEL, E. and KRAEMER, J. 1989. Tenacity of *Clostridium botulinum* type E in hot smoked vacuum-packed trout fillets. *Arch. Fuer Lebensm*, 40:27-29.
- DEMİR, N. 1996. İhtiyoloji. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi, Sayı:3903, Fen Fakültesi No:236, ISBN:975-404-391-4, 2. baskı, İstanbul, 394 s.
- DENG, J., TOLEDO, R.T. and LILLARD, D. 1974. Effect of smoking temperatures on acceptability and storage stability of smoked Spanish mackerel. *Journal of Food Science*, 39:596-601.
- DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ (DİE). 1998. Su Ürünleri İstatistikleri, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ (DİE). 2003. Su Ürünleri İstatistikleri, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- DILLON, R., PATEL, T.R. and MARTIN, A.M. 1994. Microbiological control for fish smoking operations. Fisheries processing (Martin, A.M.,-eds). Published by Chapman&Hall, 2-6 Boundary Row, 51-80 pp, London, UK.

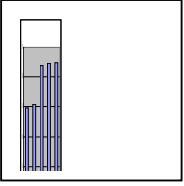
- DİKEL, S. ve ÇELİK, M. 1998. Aşağı Seyhan Havzası'nda yakalanan tatlısu çipurası'nın (*Tilapia spp.*) yenilebilir ve yenilemez bölümlerinin ağırlık oranları ile bazı besin öğelerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22:517-520.
- DİLER, A., IŞIKLI, B.I., GÜRER, A. ve DOĞRUER, Y. 2002. Sıcak dumanlamanın eğrez Balığı (*Vimba vimba tenella*)'nın kalitesine etkisi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8:(3-4), 1-77.
- DONDERO, M., CISTERNAS, F., CARJAVAL, L. and SIMPSON, R. 2004. Changes in quality of vacuum-packed cold-smoked salmon (*Salmo salar*) as a function of storage temperature. *Food Chemistry*, 87:543-550.
- EEC. 1995. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) limits values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. Commission Decision 95/149/EEC of 8 March 1995, *Official Journal of European Communities*, L97:84-87.
- ERTAŞ, A.H. 2000. Tütsülemenin et ürünlerindeki etkileri. *Gıda Dergisi*, 25(2), 107-111.
- FISHER, W., SHENEIDER, M. and BOUCHET, M.L. 1987. Mediterranean et Mer Noire Zone, Organisation des Nations Unies Pour L'Alimentation et L'Agriculture, FAO et CEE, Rev. 1. Vol:II, Vertebres, Rome, 1095.
- GIBSON, D.M. 1995. Hygiene and Safety of Seafood. Chapter:8. In: Ruiter, A. Fish and Fishery Products, Composition, Nutritive Properties and Stability, Guilford, 680.
- GIRARD, J.P. 1992. Technology of Meat and Meat Products. Printed and Bound in Great Britain by Redwood Press. 272 p. Meksham.
- GOKTEPE, I. and MOODY, M.W. 1998. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of smoked catfish. *Journal of Muscle Foods*, 9:375-389.
- GOULAS, A.E. and KONTOMINAS, M.G. 2005. Effect of salting and smoking method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*) biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93:511-520.
- GÖĞÜŞ, A.K. 1988. Su ürünleri İşleme Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu Ders Tezsirleri, Seri no:19.
- GÖĞÜŞ, A.K. ve KOLSARICI, N. 1992. Su Ürünleri Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1243, Ders Kitabı: 358, Ankara, 261 s.

- GÖKOĞLU, N. 1991. Alabalığın (*Salmo gairdneri* Richardson, 1836) dumanlanması ve raf ömrünün belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 31 s.
- GÖKOĞLU, N. ve VARLIK, C. 1992. Dumanlanmış gökkuşağı alabalığının (*Salmo gairdneri* R. 1836) raf ömrü üzerine araştırma. *Gıda Dergisi*, 17(1), 61-65.
- GÖKOĞLU, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, ISBN:975-9703-48-2. İstanbul, 157s.
- GÖKTAN, D. 1990. Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi, Et Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 292 s.
- GUILLÉN, M.D. and MANZANOS, M.J. 1996. Study of the components of a solid smoke flavouring preparation. *Food Chemistry*, 55(3):251-257.
- GÜLYAVUZ, H. ve ÜNLÜSAYIN, M. 1999. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Şahin Matbaası, ISBN:975-96897-0-7, Ankara, 366s.
- HALVER, J.E. 1972. Fish Nutrition. Academic Pres, Inc. Orlondo, 32887, Florida, 713 p.
- HAYES, P.R. 1992. Food Microbiology and Hygiene. 2nd Ed. Elsevier Science Publishers Ltd., London, 516 p.
- HOLLAND, B., WELCH, A., UNWIN, I.D., BUSS, D.H., PAUL, A.A. and SOUTHGATE, A.T. 1991. The Composition of Foods. Section 2.6. Fish and Fish Products. Fifth revised and Extended Edition. Royal Society of Chemistry. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 462 p.
- HORNER, W.F.M. 1997. Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). Fish processing technology (Hall, G.M.,-eds), Blackie Academic and Professional, an İmprint of Chapman & Hall, London, 32-73 pp.
- İŞIKLI, B.I. 2000. Farklı tuzlama tekniklerinin eğrez balıklarının (*Vimba vimba tenella*, Nordman 1840) kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 45 s.
- İKİZ, R., GÜLYAVUZ, H. ve KÜÇÜK, F. 1994. Dumanlanmış yılan balıkları (*Anguilla anguilla* L., 1758) etlerinin kimyasal yapısı üzerine bir araştırma. Trakya Üniversitesi XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 6-8 Temmuz, Edirne.
- İNAL, T. 1992. Besin Hijyeni. Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü Final Ofset, Genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul, 783 s.

- İZCİ, L. ve ERTAN, Ö.O. 2004. Dumanlama işlemi uygulanmış kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nın et verimi ve besin bileşimindeki değişimler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28:1037-1041.
- İZCİ, L. ve ERTAN, Ö.O. 2005. Sıcak Dumanlamanın Kadife Balığı (*Tinca tinca* L.,1758)'nın Besinsel Niteliğine Etkisi. XIII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Eylül, Çanakkale.
- KARL, H. 1992. Bestimmung des Nitritgehaltes in Räucherfishen und Anderen Fuchproducten. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, Heft 88:41-45.
- KAYA, Y. 1994. Balık dumanlama teknolojisinde çeşitli faktörlerin kalite ve dayanma sürelerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Sinop, 59 s.
- KIETZMANN, U., PRIEBE, K., RAKOV, D. and REICHSTEIN, K. 1969. Seefisch als lebensmittel. Paul Parey Verlag. Hamburg, Berlin.
- KIM, Y.-M., PAIK, H.-D. and L, D.-S. 2002. Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocin-coated plastic packaging film. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82:998-1002.
- KOLSARICI, N. ve ÖZKAYA, Ö. 1998. Gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nın raf ömrü üzerine tütsüleme yöntemleri ve depolama sıcaklığının etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22:273-284.
- LOPEZ-CABALLERO, M.E., PEREZ-MATEOS, M., MONTERO, P. and BORDERIAS, A.J. 2000. Oyster preservation by high-pressure treatment. *Journal of Food Protection*, 63(2):196-201.
- LOVE, R.M. 1997. *Biochemical Dynamics and Quality of Fresh and Frozen Fish* (Hall, G.M., -eds), Second Edition, ISBN: 075140273 7, 1-3. London.
- MAGA, J.A. 1988. *Smoke in food processing*. Boca Rato´n: CRC Press, pp. 49–86.
- MARTIN, A.M. 1994. *Fisheries Processing. Biotechnological Applications Published by Chapman&Hall 2-6*, ISBN: 0412584603, 494 p. London.
- MILER, K.M.B. and SİKORSKI, Z.E. 1990. Smoking. In Z.E. Sikorski (Ed.), *Seafood: resources nutritional composition and preservation*. Boca Raton: Florida CRC Press, 163-180 pp.
- MOHLER, K. 1978. *Das rauchern verlag der rheinhessischen druckwerstatte alzey*.
- MOTOHIRO, T. 1988. Effect of smoking and drying on the nutritive value of fish: A review of Japanese studies. *Fish smoking and drying* (Burt, J.R.,-eds). Elsevier Applied Science Publishers CTD, 91-120 pp. London and New York.

- MULLER, W.D. and WIRTH, F. 1988. Heibraucherung dünnkalibriger Brühwürstchen I. Literaturübersicht (1. Teil). *Fleischwirtsch.* 68(1):31-36.
- OPSTVEDT, J. 1988. Influence of Drying and Smoking on Protein Quality. *Fish Smoking and Drying.* (Burt, J.R.- eds.), Elsevier Applied Science Publishers Ltd, 41-53, London and New York.
- ÖZDAMAR, K. 2001. SPSS ile Biyoistatistik. Kaan Kitabevi, ISBN 978-6787-03-1, Eskişehir, 452 s.
- ÖZDEN, Ö. ve GÖKOĞLU, N. 1996. Sardalya balığının (*Sardina pilchardus* W., 1792) raf ömrünün belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi*, 1(6):42-45
- ÖZKAYA, Ö. 1995. Alabalığın raf ömrü üzerine tütsüleme yöntemlerinin etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 74 s.
- PAN, B.S. 1988. Undesirable Factors in Dried Fish Products. *Fish Smoking and Drying* (Burt, J. R., -eds), Elsevier Applied Science Publishers LTD., 61-72, London and Newyork.
- PATIR, B. ve DUMAN, M. 2006. Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. Fırat Üniversitesi, *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2):189-195.
- PAULTER, R.G. 1988. Processing and Storage of Traditional Dried and Smoked Fish Products. *Fish Smoking and Drying* (Burt, J. R., -eds), 85-90. Elsevier Applied Science Publishers LTD., London and Newyork.
- SALAMA, N.A. and KHALAFALLA, G.M. 1993. Chemical, bacteriological and sensory changes in eel fish (*Anguilla vulgaris*) during smoking and storage. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 44:1-24.
- SCHULZE, K. 1985. Untersuchungen zur Mikrobiologie Haltbarkeit und Zusammensetzung von Raeucherforellen aus einer Aquakultur. *Arc. Fuer Lebensm. Hygine*, 36(4):82-84.
- SERNAPESCA. 1996. Programa de certificación de producto final, Norma técnica CER/NT/95.
- SIGURGISLADOTTIR, S., SIGURLARDOTTIR, M.S., TORRISSEN O., VALLET, J.L. and HAFSTEINSSON, H. 2000. Effects of different salting and smoking process on the microstructure, the texture and yield of atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Research International*, 33:847-855.

- SIKORSKI, Z.E., KOLAKOWSKA, A., and BURT, J.R. 1990. Post harvest biochemical and microbial changes. In Z. E. Sikorski (Ed.), *Seafood: Resources, nutritional composition and preservation* Boca Raton, FL:CRC Press. 55-75 pp.
- TOPAL, R.Ş. 1996. Gıda Güvenliği ve Kalite Yönetim Sistemleri. Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi Matbaası, Gebze-Kocaeli, 225 s.
- TOTH, L. and POTTHAST, T. 1984. Chemical aspect of the smoking of meat and meat products. *Advances in Food Research*, 29:87.
- TUIK, 2005. Su Ürünleri İstatistikleri. Türkiye Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- ÜNAL, G. 1995. Gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) tütsülenmesi ve bazı kalite kriterlerinin tespiti üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir, 120 s.
- ÜNLÜSAYIN, M., ATEŞ, Ş. ve GÜLYAVUZ, H. 1997. Dumanlanmış yılan balıklarının (*Anguilla anguilla* L., 1766) yağlarında fiziksel ve kimyasal değişimler. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 9-11 Nisan, İzmir, 209-214.
- ÜNLÜSAYIN, M. 1999. Yılan balığı (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1766), gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ve sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* Linnaeus, 1758)'nin sıcak dumanlama sonrası lipid ve protein bileşimleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Temel Bilimler Anabilim Dalı Doktora Tezi, Isparta, 57 s.
- ÜNLÜSAYIN, M., AKSOYLAR, M.Y. ve GÜLYAVUZ, H. 2001. Bazı tatlısu balıklarının sıcak dumanlama sonrası lipitlerindeki kimyasal değişimler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25:341-348.
- ÜNLÜSAYIN, M., BİLGİN, Ş. ve İZCİ, L. 2003. Havuz balığı (*Carassius auratus* L., 1758)'nin et verimi, sıcak dumanlama sonrası kimyasal bileşenleri ve +4°C'deki raf ömrünün tespiti. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8:62-70.
- VARLIK, C., UĞUR, M., GÖKOĞLU, N. ve GÜN, H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:17, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bölümü, Ankara, 174 s.
- VASILIOUDOU, S., AMBROSIADIS, I., VARELTZIS, K., FLETOURIS, D. and GAVRIILIDOU, I. 2005. Effect of smoking on quality parameters of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sensory attributes of the smoked product. *European Food Research and Technology*, 2217:232-236.



VISHWANATH, W., LILABATI, H. and BIJEN, M. 1998. Biochemical, nutritional and microbiological quality of fresh and smoked mud eel fish *Monopterus albus* comparative study. *Food Chemistry*, 61:153-156.

WARD, A.R. 1995. Fish smoking in tropics:A Review. *Tropical Science*, 35:103-112.

YANAR, Y., ÇELİK, M. and AKAMCA, E. 2006. Effects of brine concentration on shelf-life of hot smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4°C. *Food Chemistry*, 97:244-247.

[Http://www.fao.org](http://www.fao.org). 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Bahar GÜMÜŞ 1981 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Isparta'da tamamladı. 1999 yılında girdiği Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi'nden 2003 yılında Su Ürünleri Mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aynı yılın Ekim ayında Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. Halen aynı kurumda görevine devam etmektedir.