



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

MERCAN (*Nemipterus randalli*) ve SARDALYA (*Sardinella aurita*)’DAN HAZIRLANAN SURİMİNİN BESİN KOMPZİSYONU VE AĞIR METAL İÇERİKLERİ

MÜGE GÜRLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İskenderun/HATAY
TEMMUZ-2013**

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERCAN (*Nemipterus randalli*) ve SARDALYA (*Sardinella aurita*)'DAN
HAZIRLANAN SURİMİNİN BESİN KOMPOZİSYONU VE AĞIR METAL
İÇERİKLERİ

MÜGE GÜRLER
YÜKSEK LİSANS TEZİ

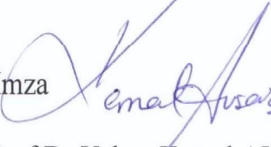
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Doç.Dr.Beyza ERSOY danışmanlığında hazırlanan bu tez 26/08/2013 tarihinde
aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

İmza 

Doç.Dr.Beyza ERSOY

Başkan

İmza 

Prof.Dr.Yahya Kemal AVŞAR

Üye

İmza 

Doç.Dr.Meltem DURAL

Üye

Bu tez Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 677

Doç. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 9161

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

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve yazı üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılmayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmza
Müge GÜRLER



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATEYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Materyalin Hazırlanması.....	13
3.1.2. Surimi Üretimi.....	13
3.1.2.1. Hammaddenin Hazırlanması.....	13
3.1.2.2. Yıkama İşlemi.....	13
3.1.2.3. Fazla Suyun Giderilmesi.....	14
3.1.2.4. Surimi Üretimi Akış Şeması.....	15
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Biyokimyasal Besin Kompozisyonu Analizleri.....	16
3.2.1.1. Ham Protein Analizi.....	16
3.2.1.2. Ham Yağ Tayini.....	16
3.2.1.3. Nem ve Kül Tayini.....	17
3.2.2. Ağır Metal Analizi.....	18
3.2.2.1. Örneklerin hazırlanması.....	18
3.2.2.2. Yakma İşlemi–Mikrodalga (Kapalı Sistem).....	18
3.2.2.3. Yanan Numunenin Seyreltilmesi.....	18
3.2.2.4. Standart Çözeltinin Hazırlanması.....	18
3.2.2.5. Hesaplama İşlemi.....	19
3.2.3. İstatistiksel Analizler.....	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	21
4.1. Biyokimyasal Kompozisyon.....	21
4.1.1. Mercan (<i>Nemipterus randalli</i>) Surimisinin Besin Kompozisyonu.....	21
4.1.2. Sardalya (<i>Sardinella aurita</i>) Surimisinin Besin Kompozisyonu.....	22
4.2. Ağır Metal İçerikleri.....	22
4.2.1. Mercan (<i>Nemipterus randalli</i>) balığı surimisinin ağır metal içerikleri.....	22
4.2.2. Sardalya (<i>Sardinella aurita</i>) balığı surimisinin ağır metal içerikleri.....	25
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	28
KAYNAKLAR.....	29
TEŞEKKÜR.....	33
ÖZGEÇMİŞ.....	34

ÖZET

Bu çalışmada İskenderun Körfezinde avlanan, ekonomik değeri yüksek balık türleri olan mercan (*Nemipterus randalli*) ve sardalya (*Sardinella aurita*)' dan elde edilen surimilerin ham protein, ham yağ, ham kül, nem ve ağır metal (Cu, Mn, Cr, Fe, Ni, Zn, Pb, Cd ve As) içerikleri tespit edilmiştir. İskenderun balık pazarından temin edilen balıklar bir işleme tekniği olan geleneksel surimi yöntemiyle işlenmiştir. Elde edilen surimilerin ağır metal içerikleri ICP-OES kullanılarak ölçülmüştür.

Araştırma sonucunda her iki tür için ham balık ve suriminin protein değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı; ham yağ ve ham kül değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ham balıkta % 76.0 olan nem içeriğinin surimide % 81.5'e çıktığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Mercan ve mercan surimide Cd, Cr, Mn, Ni ve Pb değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı; Cu, Fe ve Zn değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ham balıkta 0.94 mg/kg olan As içeriğinin surimide 0.72 mg/kg'a düştüğü gözlenmiştir ($p<0.05$). Sardalya ve surimisinin Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı; Zn değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ham balıkta 1.14 mg/kg olan As içeriğinin surimide 0.72 mg/kg; 10.45 mg/kg olan Fe içeriğinin 7.80 mg/kg'a düştüğü gözlenmiştir ($p<0.05$). Her iki türün surimi örneklerinde As değerlerinin azaldığı dikkati çekmektedir.

2013, 34 sayfa

Anahtar kelimeler: *Nemipterus randalli*, *Sardinella aurita*, besin kompozisyonu, surimi, ağır metal

ABSTRACT

In this study, the crude protein, crude fat, ash, moisture and heavy metal (Cu, Mn, Cr, Fe, Ni, Zn, Pb, Cd, As) contents of surimi from *Nemipterus randalli*, *Sardinella aurita* that high economic value in İskenderun Bay have been determined. Fish obtained from the fish bazaar in İskenderun was processed by the traditional surimi method that a common processing technique. Heavy metal content measurement were done by first wet burning and then by using ICP-OES.

As result of research, there was not significant the differences between protein values of fish and surimi; It was determined that crude fat and crude ash values decreased significantly in surimi ($p<0.05$). It was observed that moisture content increased from %75.95 to % 81.46 in fish ($p<0.05$). There was not any significant differences between Cd, Cr, Mn, Ni ve Pb values of *Nemipterus randalli* and surimi; It was determined that Cu, Fe, Mn values increased significantly in surimi ($p<0.05$). As value was found 0.94 mg/kg in fish; however this value decreased in surimi to 072 mg/kg ($p<0.05$). There was not any significant difference between Cd, Cr, Cu, Mn, Ni and Pb values of *Sardinella aurita* and surimi; It was determined that Zn value increased significantly in surimi ($p<0.05$). As and Fe values were found 1.14 mg/kg and 10.45 in fish; however these values decreased in surimi to 072 mg/kg and 7.80 mg/kg ($p<0.05$). It is noteworthy that the As the values of surimi samples of both species decreased.

2013, 34 pages

Key words: *Nemipterus randalli*, *Sardinella aurita*, proximate composition, surimi, heavy metal

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ppm	Milyonda bir birim
mg	Miligram
kg	Kilogram
gr	Gram
μ g	Mikrogram
k.a	Kuru ağırlık
dk	Dakika
cm	Santimetre
mm	Milimetre
K_2SO_4	Potasyum sülfat
Cu_2SO_4	Bakır (I) sülfat
ml	Mililitre
H_2SO_4	Sülfürik asit
NaOH	Sodyum hidroksit
$CaCl_2$	Kalsiyum klorür
ICP OES	Inductively coupled plasma optical emission spectrometry
nm	Nanometre
n	Örnek sayısı
y.a.	Yaş ağırlık

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Mikrodalga programı	18
Çizelge 3.2. Metallerin okunduğu dalga boyları ve okuma aralıkları.....	19
Çizelge 3.3 Referans madde (DORM-3) sonuçları	20
Çizelge 4.1. Mercan (<i>Nemipterus randalli</i>) balığından elde edilen suriminin protein, ham yağ, nem ve ham kül içerikleri.....	21
Çizelge 4.2. Sardalya (<i>Sardinella aurita</i>) balığından elde edilen suriminin protein, ham yağ, nem ve ham kül içerikleri.....	22
Çizelge 4.3. Mercan (<i>Nemipterus randalli</i>) balığından elde edilen suriminin ağır metal içerikleri	24
Çizelge 4.4. Sardalya (<i>Sardinella aurita</i>) balığından elde edilen suriminin ağır metal içerikleri.....	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Mercan (<i>Nemipterus randalli</i>) resmi.....	12
Şekil 3.2. Sardalya (<i>Sardinella aurita</i>) resmi.....	13
Şekil.3.3. Mercan kıymasının yıkanması.....	14
Şekil 3.4. Sardalya surimi.....	14
Şekil 3.5. Surimi üretim akış şeması	15

1.GİRİŞ

Son yıllarda besin kaynağı olarak önemli bir yere sahip olan havansal kökenli protein kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Bunun başlıca nedeni dünya nüfusundaki hızlı artışın getirdiği beslenme sorunu olarak düşünülebilir.

Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu' na göre 20. yüzyılın son 70 senesinde dünya nüfusu en fazla yükselişini göstermiştir. Son 50 yıl verilerine bakıldığında ise dünya nüfusu ikiye katlanmıştır. Bu popülasyon artışı neticesinde beslenme ihtiyacının daha da büyük bir problem haline gelmesi beklenmektedir (James, 2003). Bu nedenle özellikle insan beslenmesine yönelik çalışmalarda, yüksek protein içeren su ürünleri her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Su ürünleri beslenme değeri, özellikle protein konsantrasyonu bakımından son derece büyük öneme sahiptir. Balık eti; vitaminler, aminoasitler, yağ asitleri, mineral maddeler ve diğer gıda maddeleri bakımından oldukça zengindir (Maksan ve Ayrancı, 1989).

Türkiye'de su ürünlerinin %80'inden fazlası insan gıdası olarak tüketilmektedir, %20'ye yakın kısmı ise balık unu, balık yağı ve diğer amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tüketimin %75'i taze, %4'ü dondurulduktan sonra ve %2'si de işlenmiş olarak tüketilmektedir. Buna karşılık dünya üretiminde su ürünlerinin %50'si çeşitli ürünlere dönüştürülerek insanların tüketimine sunulmaktadır (Şener, 1995; Kaba, 2011).

Taze ve işlenmiş ürünlerin biyokimyasal kompozisyonundaki değişimin bilinmesi bilinçli bir tüketim açısından oldukça önemlidir. İşleme tekniklerinin vitamin ve mineral maddeler üzerinde önemli bir etki yarattığı bilinmektedir (Varlık ve ark., 2004). Balık etindeki minerallerin miktarı 1mg/100g (10 ppm)'in üzerindedir. Ancak ortalama mineral değerlerini standardize ve tahmin etmek oldukça zordur. Çünkü bunlar tür, cinsiyet, biyolojik döngü, balık büyüklüğü gibi faktörler ile mevsim, yetiştikleri yer, beslenme durumu, suyun sıcaklığı ve tuzluluğu gibi ekolojik faktörlere bağlıdır (Pérez-Martín, 1986). Birçok metal normal hücre aktivitesi için gereklidir (Hughes, 1996). Bununla birlikte Cu, Zn gibi ağır metaller belirli limitlerin üzerinde Pb ve Cd ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Cd, Itai-Itai hastalığı, organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara; Cu, Wilson hastalığı, böbrek bozuklukları ve nörolojik bozukluklara; Zn, gastrointestinal bozukluklara; Pb beyinde hasar, kansızlık, böbrek hastalıkları, ve

nörolojik fonksiyon bozukluklarına sebep olmaktadır (Oehlenschläger, 2000; Yazkan ve ark., 2002). Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına sebep olmasından dolayı dünyada ve ülkemizde bu ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerle sınırlandırılmıştır. Taze balıklardaki Cu, Zn, Pb, Cd ve As için Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen tüketim için kabul edilebilir maksimum miktarlar sırası ile 20 mg/kg, 50 mg/kg, 1 mg/kg, 0.1 mg/kg ve 1 mg/kg'dır (Anonymous, 1997). Avrupa Konseyi tarafından belirlenen maksimum tüketilebilirlik sınırları da Pb, Cu, Zn için aynı olup Cd için 0,2 mg/kg'dır (Council of Europe, 1996; MAFF, 1995).

Balıkların mamul ürünler şeklinde değerlendirilmesinde en popüler ürün balık kıymasıdır. İnsan gıdası olarak balık kıymasını kullanma fikri, birçok probleme çözüm getirmiştir. Bunların başında özellikle kılçıklı oldukları için pazar bulamayan birçok türün insan tüketiminde kullanılması gelmektedir. Ayrıca surimi trol avı sonunda ekonomik değerleri düşük olduğu için çoğunlukla ölü olarak suya geri atılan küçük balıkların ve diğer tercih edilmeyen balıkların etlerinin değerlendirilmesi ve fileto ayrımı sonrası iskelet üzerinde kalan yenilebilen etlerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Regenstein ve Regenstein, 1991). Balık kıyması su ürünleri açısından birçok yeni gıdaya ham madde olmaktadır. Balık kıymasından elde edilen ürünlerin başında "surimi" olarak adlandırılan ürün gelmektedir.

Japonya'da balık etini uzun süre depolamak için kullanılan geleneksel bir yöntem olan surimi, son yıllarda bütün dünya da kabul görmüş bir işleme teknolojisidir. Dondurulmuş surimi; kroket, burger, köfte üretimi gibi birçok servise hazır gıda sanayinde ham materyal olarak kullanılabilir. Deniz mahsulü analogu olarak da bilinen surimi, 1980'li yılların başında Amerikan piyasasına girmiş olsa da Japonya'da M.Ö 1100'den daha önceki bir tarihte, balıkçıların fazlalıkları korumak için kullandıkları bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Günümüzde Japonlar, surimiden yüzlerce ürün yapmaktadır. Surimi gıdaları, yüksek kalitede protein kaynağıdır ve doğal olarak yağ, kolesterol ve kalori yönünden fakirdir (Akşar, 2012).

Yeni Zelanda'da surimi üretiminde büyük ölçüde Hoki balığı (*Macuronus novaezelandiae*) kullanılmaktadır. Balık köftesi ve balık kekleri gibi balık hamurundan yapılan ürünlerin üretilmesinde ise güçlü jel oluşum kabiliyetine sahip olan tropikal balık türleri kullanılmaktadır. Bu balık türlerinden en çok tercih edilen iki tür: Mercan (*Caesio erythrogaster*) ve ringa (*Chirocentrus dorab*)'dır (Morrissey ve Tan, 2000).

Morina, ringa, mezzit, sardalya, hamsi ve kayabalığı gibi 60 farklı çeşit balık da taze surimi üretiminde kullanılabilir (Lee, 1984). Surimi üretiminde kullanılan balıkların türüne, şekline, boyutlarına bakılmaksızın üretim aşamasında kullanılabilmesi konuya endüstriyel açıdan farklı bir boyut kazandırmaktadır (Çaklı ve Duyar, 2001).

Literatürlerde farklı balık türlerinden üretilen suriminin besin kompozisyonu (protein, yağ, kül ve nem) üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Leonor Nunes ve ark., 1992; Reppond ve ark., 1995; Roussel ve Cheftel, 1998; Huda ve ark., 2000; Yılmaz ve ark., 2002, 2003; Karthikeyan ve ark., 2006; Arıkan, 2007; Süle, 2011). Ancak surimideki ağır metal içerikleriyle ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır (Huang ve ark., 1997). Literatürlerde surimi örneklerindeki ağır metal içerikleri üzerine Türkiye ve İskenderun Körfezi'nde yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Oysaki İskenderun bölgesinin sanayi bölgesi olması nedeniyle buradaki sucul canlıların ağır metal yükü önem teşkil etmektedir.

Bu çalışma, ağır metal yükünün balıktaki yağ ve su miktarının uzaklaştırılmasına dayalı bir işlem olan surimi uygulamasıyla değişim gösterebileceği; hatta bir miktar elemine edilebileceği düşüncesinden yola çıkarak planlanmıştır. Çalışmada İskenderun Körfezi'nden avlanan sardalya (*Sardinella aurit*) ve mercan (*Nemipterus randalli*) balıkları kullanılmıştır. Sardalya ekonomik değeri yüksek ve yağlı olması; mercan (*Nemipterus Randalli*) Akdeniz'e yeni yerleşmekte olan lesepsiye bir tür ve az yağlı olması nedeniyle tercih edilmiştir. Kökeni milattan öncesine dayanan bir işleme yöntemi olan geleneksel surimi üretilerek, surimi yönteminin yağlı ve yağsız balıklarda besin kompozisyonu ve ağır metal içeriklerine etkisinin saptanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Balık etinden surimi üretimi ile ilgili birçok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Regenstein ve ark. (1991), sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın ham protein değerini %17.7, ham yağ değerini %2.8 olarak belirlemişlerdir.

Leonor Nunes ve ark. (1992), farklı mevsimlerde avlanan sardalya (*Sardina pilchardus*)'dan elde edilen kıyma ve suriminin kimyasal bileşenlerini incelemişlerdir. Araştırmada Aralık ve Nisan ayında yakalanan sardalyaların kimyasal bileşenlerinde farklılıklar bulunmuştur. Aralık ayında sardalya kıyması ve surimi örneklerinin nem, kül, lipit ve protein içeriğini sırayla %88.2, %1.3, %11.1 ve %18.8; %78.3, %0.6, %0.2 ve %12.8 olarak tespit etmişlerdir. Nisan ayında nem, kül, lipit ve protein içeriğini sardalya kıymasında %76.9, %1.4, %4.9 ve %17.3; surimi örneklerinde %81.8, %0.5, %0.3 ve %8.9 olarak bildirmişlerdir.

Pasifik mezgitinin et kalitesi üzerine yapılan bir çalışmada balık etinde su, protein, yağ ve kül içeriği sırasıyla %82.06±0.61, %15.29±0.54, %1.53±0.71 ve %1.06±0.06; surimide ise bu değerler sırasıyla, %77.26±1.28, %13.34±1.20, %0.64±0.19 ve %0.50±0.02 olarak bulunmuştur (Lee ve ark., 1992).

Heimann ve ark. (1994), İsviçre'de ticari olarak sunulan 18 surimi ürünüde kimyasal ve mikrobiyolojik kalite açısından yapılan bir araştırma sonucunda, %69.6-81.1 nem, %0.2-0.9 yağ, %7.9-11.4 ham protein, %1.77-2.53 kül içeriği bulmuştur

Pipatsattayanuwong ve ark. (1995), pasifik mezgiti surimisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, hazırladıkları suriminin total ağırlığını esas alarak %3.6 ve %9 oranında 1:1 sukros ve sorbitol ile %1 sığır plazma proteini katarak 1 kg'lık bloklar halinde vakum uygulamadan ağzı kapalı bir şekilde buzdolabına koyarak belirlenen analiz günlerinde (0, 1, 3, 5 ve 7. gün) değerlendirme yapmışlardır. Yapılan protein analizi sonuçlarına göre kryoprotektan içermeyen suriminin protein oranı sırasıyla %17.5 ve sırasıyla %3, %6 ve %9 oranında kryoprotektan madde içeren surimilerde ise bu değerlerin %14.9, %13.1 ve %11.6 olduğunu bildirmişlerdir.

Kıyma haline getirilmiş Pasifik Ringası üzerinde yapılan bir çalışmada et-su oranı ilk yıkamada 1/1 ve ikinci yıkamada 1/2 olacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen yıkanmış kıyma suyundan arındırılarak elde edilen pres hamurunda %81±0.4 su, %0.3±0.1 kül, %17.7±0.3, protein ve %0.9±0.0 yağ içeriği bulunmuştur. Araştırmacılar,

aynı balıkta yıkanmamış kıyma üzerinde yaptıkları çalışmada ise bu oranları sırasıyla %81.4±0.3, %0.8±0.0, %16.6±0.0 ve %1.7±0.3 olarak tespit etmişlerdir (Reppond ve ark., 1995).

İskenderun Körfezi'nden avlanan *Sparus aurita*'nın ağır metallerin mevsimsel birikiminin incelendiği bir çalışmadan kas dokusunun Zn, Fe, Pb, Cu ve Cd içeriğinin sırasıyla 20.8-32.2 µg/g, 30.7-43.2 µg/g, 14.0-24.6 µg/g, 5.8-10.7 µg/g ve 4.1-7.6 µg/g olduğu bildirilmiştir (Kargın, 1996).

Huang ve ark. (1997), Tilapia (*Oreochromis niloticus*)'dan elde ettikleri filetolar ile surimi örneklerinin ağır metal içeriği (Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb) incelemiştir. Filetoların ağır metal içeriğini sırasıyla 37.68 mg/100g, 0.59 mg/100g, 17.58 mg/100g, 0.00 mg/100g ve 1.22 mg/100g surimi örneklerinin ise 49.41 mg/100g, 0.69 mg/100g, 0.00 mg/100g, 0.00 mg/100g ve 0.55 mg/100g olarak tespit etmişlerdir.

Roussel ve Cheftel (1998), Atlantik sardalyası (*Sardina pilchardus*)'ndan hazırlamış oldukları ham surimiye %4 seker ve %4 sorbitol kryoprotektan olarak ilave etmiş ve elde edilen ürünü -45°C'de 8 ay süreyle depolamışlardır. Bu sürenin sonunda yaptıkları kimyasal analizler sonucunda, % 75 su, % 14.5 protein ve % 1.5 yağ tespit etmişlerdir.

Mauritania kıyılarından avlanan ve pelajik türlerin ağır metal içerikleri üzerine yapılan bir çalışmada *Sardinella aurita*, *S.japonicus* ve *Trachurus trachurus*'un kas dokusundaki Cd içerikleri sırasıyla 0.02, 0.03, 0.04 µg/g; Cu içerikleri 2.8, 1.7, 1.6 µg/g; Zn içerikleri 23.32, 42 µg/g (k.a) olarak tespit edilmiştir (Romeo ve ark., 1999).

Yeni yıkama tekniklerinin geliştirilmesiyle uskumru gibi yağlı balıklardan da kaliteli surimler üretilebileceği literatürlerde bildirilmiştir (Anonymous, 1991; Park, 2000).

Huda ve ark. (2000), *Nemipterus japonicus* surimisine hem soğuk (S) hem fırında (F) kurutma uygulayarak kimyasal analizlerini (nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat) değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucuna göre bu değerleri S'de sırasıyla; %4.6, %72.5, %1.5, %1.5 ve %19.9; F'de, %5.3, %72.6, %1.4, %1.7 ve %19.0; taze balıkta ise, %4.9, %84.7, %7.3, %3.0 ve %0.1 olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmacılar, surimi üretiminde yıkama ile sardalya etinin sahip olduğu yağ, pigment gibi renk maddelerinin uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir (Suzuki, 1981; Mendes ve Nunes, 1992; Barrero ve Bello, 2000).

Ramirez-Suarez ve ark. (2000) Ocak, Mayıs, Haziran aylarında avcılığı yapılmış olan Monterey sardalyası (*Sardinops sagax caerulea*)'ndan fileto elde edip kıymışlardır. Kıyılmış olan etler üzerine geleneksel surimi işleme tekniği uygulamışlardır. Suriminin elde edilmesi ve jel oluşum özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla uygulanan farklı yıkama teknikleri sonucunda sardalyanın surimi üretiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak da kimyasal kompozisyon, renk ve doku analizleri yaparak aylara bağlı olan etkilerini karşılaştırmışlardır. Yapılan araştırmanın sonucunda depolamaya bağlı olarak elde edilecek olan surimilerin üzerinde de ileri araştırmaların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Bir araştırmada, kalsiyumun surimi üretiminde etkili olabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Surimi jelinin mekaniksel özelliklerinin oluşturulmasında protein bağları ile kalsiyumun, uygulanan sıcaklığa bağlı olarak karşılıklı etkileşim içinde oldukları bildirilmiştir. Diğer taraftan kalsiyumun protein ile olan etkileşimi sonucunda suriminin donmuş depolama boyunca proteinlerin sahip olduğu sağlamlık veya kimyasal dengesine zarar verebileceği belirtilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kalsiyumun suriminin mekaniksel özelliklerini arttırdığını göstermiştir. Bu da suriminin sahip olduğu protein bağları ile kalsiyumun karşılıklı olarak bir etkileşimde olduğunu göstermiştir (Morales ve ark., 2001).

Huda ve ark. (2001) *Saurida tumbil*, *Nemipterus japonicus* ve *Priacanthus tayenus*'den elde edilen surimleri dondurmuş ve toz haline getirmişlerdir. Daha sonra surimi tozunun protein içeriğini sırasıyla, %72.8 ve %73.4 olarak tespit etmişlerdir.

Lombardero-Fernandez ve ark. (2002), marketten satın aldıkları A ve B olarak kodladıkları kamabokolar üzerinde araştırma yapmışlardır. A ürününün beyaz balık proteini, su, hidrojeni arttırılmış bitki yağı, tuz, buğday unu, soya ve süt proteini, doğal deniz ürünleri karışımı, monosodyum glutamat yapıştırıcılar, laktik asit, C vitamini içermesine rağmen; B ürününün, beyaz balık eti, su, bitki yağı, tuz, yumurta beyazı, bitki proteinleri, deniz yosunu özü, doğal yılan balığı tadı, glutamat içerdiğini bildirmişlerdir. Numuneler çözündürüldükten sonra üzerlerinde fizikokimyasal analizler, elektron mikroskop ile tarama, duyu analizler yapılarak iki ürün üzerinde değerlendirmeler yapmışlardır.

Barrera ve ark. (2002)'nin yaptıkları çalışmada Meksika kıyılarında avlanan gümüş yengeç (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi üretimi için kullanılmıştır.

Marketten alınan balık numunesi temizliği yapıp kıyıldıktan sonra 10°C'nin altındaki su ile 1:3 oranında karıştırılıp yıkanmıştır. Yıkama işlemi ardından filtre vasıtasıyla suyun uzaklaştırılması sağlanmış ve elde edilen materyale %8 tatlandırıcı ilave edilerek 2 kg olacak şekilde polietilen ambalajlara doldurulup -30°C'de plakalı dondurucuda dondurulmuştur. Suriminin nem oranı yaklaşık olarak %78 olarak ayarlanmıştır. Çözünmüş olan surimi bloklarının miyofibrillar proteinlerini çözdürmek için %2.5 tuz ilavesi edilerek 3 dakika karıştırılmıştır. Ardından pektinler ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi bitiminden sonra paslanmaz çelik tüpler içerisine karışım doldurulmuştur. 30 dakika 40°C'deki ısı işlemi ardından 15 dakika 90°C'de diğer bir ısı işlem uygulaması ardından soğutma işlemi uygulanmıştır. Bir gece dolap koşullarında bekletilip üzerinde testler uygulanmıştır. Kimyasal kompozisyon, doku profil analizleri ve su tutma kapasitesi analizleri yaparak pektinlere bağlı olan değişimler üzerinde tartışmışlardır.

Gökoğlu (2002), *Sardinella aurita*'nin besin kompozisyonu üzerine yaptığı bir çalışmada, bu türde %65.9-79.9 su, %0.4-20.0 yağ, %17.3-22.3 protein ve %1.4-2.9 arasında inorganik madde olduğu bildirmiştir.

Sardalya (*Sardinella aurita*) balıklarının kırmızı ve beyaz etlerinin kimyasal kompozisyonları ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada; sardalyanın beyaz kasında %73 su ile %3.5 yağ ve kırmızı kasında %68 su ile %10 yağ bulunduğu bildirilmiştir (Njinkoué ve ark., 2002).

Tatlı su kefalinin (*Leuciscus cephalus*) surimiye işlenerek değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, temizlenmiş balık, kıyma ve ham surimideki ortalama randıman değerleri sırasıyla; %52.83, %49.71 ve %37.71 olarak tespit edilmiştir. Surimi'de yapılan kimyasal analizler sonucunda ise kuru madde, ham protein, yağ, kül ve pH değerleri sırasıyla; %18.80, %18.50, %1.03, %0.39 ve 6.72 olarak bulunmuştur. Tüm balıkta ise değerler sırasıyla %21.54, %19.80, %1.14, %1.14 ve 6.69 olarak saptanmıştır (Yılmaz ve ark., 2002).

Yazkan ve ark. (2002), Antalya Körfezi'nde 2000 yılı Ocak, Subat ve Mart aylarında avlanan bazı balık türlerinin (*M. barbatus*, *M. cephalus*, *T. trachurus*, *Pagellus acarne*, *D. labrax*, *S. auratus*, *Sardinella aurita*, *Boops boops*, *S. japonicus*, *S. solea*) kas ve karaciğer dokusundaki Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda balıkların kas dokusunda Cu ve Zn içeriğinin sırası ile 0.51- 3.66

mg/kg ve 3.17-11.36 mg/kg; karaciğerinde ise 0.83-4.44 mg/kg ve 3.97-15.14 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Pb ve Cd ise balık örneklerinin kas dokusunda sırası ile 0.00-2.05 mg/kg ve 0.00-0.13 mg/kg; karaciğerde ise 0.00-2.25 mg/kg ve 0.03-0.15 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Bentis ve ark. (2003), yılında yaptıkları çalışmada, sardalya balığından hazırlanmış surimide üç deneysel parametreyi temel almışlardır. Bunlar pH değerinin kontrolü, çözülebilir protein düzeyi ve kryoprotektantlardır. Örnekleri -20°C 'de dondurmuş ve 25 gün muhafaza etmişlerdir. Daha sonra bütün örnekleri 2 g/kg sodyum klorat ile karıştırmış ve 90 dak. 90°C 'de ısıtılarak kısmen eritmişlerdir. Hazırlanan ürünün (40 g/kg) içerisine tuz karışımı (sodyum klorat 0,45 g/kg, kalsiyum klorat 0,3 g/kg ve ammonium klorat 1,25 g/kg) ilave etmişlerdir. İşlem boyunca protein kaybını düşük olarak (kuru ağırlıkta % 6,9) bildirmişlerdir.

Canlı ve Atlı (2003), *Sardina pilchardus* kas dokusu ve karaciğer dokusunun ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn) içeriğini tespit etmişlerdir. Kas dokusu ve karaciğerde değerlerin sırasıyla 0.55 $\mu\text{g/g}$, 2.22 $\mu\text{g/g}$, 4.17 $\mu\text{g/g}$, 39.60 $\mu\text{g/g}$, 5.57 $\mu\text{g/g}$ ve 43.58 $\mu\text{g/g}$; 2.99 $\mu\text{g/g}$, 17.16 $\mu\text{g/g}$, 29.26 $\mu\text{g/g}$, 225.45 $\mu\text{g/g}$, 39.43 $\mu\text{g/g}$ ve 73.22 olduğunu bildirmişlerdir.

Siraz (*Capoeta capoeta umbla*)'dan surimi üretimi üzerine yapılan bir araştırmada temizlenmiş balık, kıyım ve ham surimideki ortalama randıman değerleri sırasıyla; %46.69, %41.11 ve %32.77 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen ham surimi'de yapılan kimyasal analizler sonucunda ise kuru madde, ham protein, yağ, kül ve pH değerleri sırasıyla; %17.62, %18.16, %1.45, %0.62 ve 6.68 olarak bulunmuştur. Tüm balıkta ise değerler sırasıyla %21.06, %18.80, %2.67, %1.01 ve %6.62 olarak saptanmıştır (Yılmaz ve ark., 2003).

Taşkaya (2003), sardalyanın (*Sardine pilchardus*) surimi üretimi ve jel oluşum özellikleri üzerine iki farklı metodun etkisinin incelendiği çalışmada; sardalyada miyofibriler protein yüzdelerinin en yüksek hangi pH değerlerinde çözüldüğünü ve pH 2-3 ve 11-12 noktaları arasında çözünürlük yüzdesinin en yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Kristinsson ve Demir (2003), Kanal Yayın balığı (*Ictalurus punctatus*), İspanya Uskumrusu (*Scomberomorous maculatus*), *Micropogonias undulatus* ve mugilidae familyası balıklarından surimi yapımı için asit ve alkali eklenmiş işlemleri

karşılaştırmışlardır. Geleneksel surimi işlemleriyle karşılaştırıldığında, her iki işlem de önemli derecede daha yüksek protein geri kazanımı ve yağ azalımı sonucunu vermiştir.

Mol (2004), yaptığı çalışma sonucunda koyu etli balık türlerinin surimi üretiminde kullanılması durumunda, koyu renkli kasların etten uzaklaştırılması ve kalan beyaz etin işlenmesinin söz konusu olabileceğini bildirmiştir.

Bentis ve ark. (2005), sardalya surimisi üzerinde yaptıkları çalışmada hazırladıkları surimiye -25°C 'de 25 gün depolamışlar ve yaptıkları protein analizi sonucunda, sardalyadaki protein oranını 147 g kg^{-1} , hazırladıkları surimideki protein miktarını ise $134\text{-}160 \text{ g kg}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, Tilapia'dan hazırlanan surimilerde farklı kryoprotektan maddeler kullanılmış (trehalose, sodium laktat ve sukros/sorbitol) ve -18°C 'de 24 hafta depolanmıştır. Yapılan protein analizi sonucunda ekstrakte edilebilir protein oranı (mg/g) trehalose ilave edilen örneklerde 56.8 mg/g , sodium lactate ilave edilenlerde, 56.3 ve sukros/sorbitol ilave edilen örneklerde ise 53.0 mg/g olarak tespit edilmiştir (Zhou ve ark., 2005).

Buyruk (2005) yaptığı çalışmada, Tilapia'dan (*Oreochromis niloticus*)' hazırlanan suriminin besinsel kalitesi ve duyuşal özelliklerini araştırmıştır. Hazırlanan surimi panelistlere kırmızı biber, dereotu, kekik ve sade olmak üzere dört farklı lezzette sunulmuştur. Duyusal değerlendirmenin sonunda, gruplar görünüş, çiğneme özelliği, sululuk, koku, genel beğeni, tat ve lezzet bakımından 10 üzerinden 5.8 ile 8.8 arası puanla değerlendirilmiştir.

Lou ve ark. (2005)'de yapmış oldukları çalışmada tilapiadan surimi üretim süreci boyunca pürin ile ilgili bileşenleri araştırmışlardır. Tilapia kıymasının üretiminde ilk basamak olan yıkama safhasında toplam pürin içeriğinde %60 civarında bir azalma görülmüştür. Büyük azalma etkisi ilk on dakikalık yıkama sonrasında saptanmıştır. Daha sonraki 20 ve 30 dk. yıkamalarda önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Tilapiadan üretilen surimi ürünlerinin en düşük toplam pürin içeriği ikinci basamak yıkama ile gözlenmiştir. Bu suretle, tilapia kıymasının pürin içeriğinin yüksek seviyeden orta seviyeye indirilebileceği tespit edilmiştir. Tilapia surimisinin jel kıvamının 30 dakika boyunca artarak yıkama ile arttırılabileceği görülmüştür.

Ayas (2006), yaptığı çalışmada sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın biyokimyasal kompozisyonunu belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre sardalya'nın ham protein,

ham yağ, nem ve ham kül değerleri sırasıyla %19.00, %3.89, %75.50 ve %1.20 olarak tespit edilmiştir.

İlhan ve ark. (2006), Antalya Körfezi'nden avlanan *Sardinella aurita*'nın et kompozisyonunun mevsimsel değişimini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre su oranı yaz (%75.95) ve sonbahar (%74.55) mevsimlerinde azalmış, kış (%76.15) ve ilkbahar (%78.12) mevsimlerinde artmıştır. Yağ oranı ile su oranındaki değişimin ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Yağ oranı yaz (%3.65) ve sonbahar (%3.55) mevsimlerinde artmış, kış (%1.95) ve ilkbahar (%2.15) mevsimlerinde bir azalma göstermiştir. Protein oranları yaz mevsiminde %18.21, sonbaharda %18.61, kış mevsiminde %17.48 ve ilkbaharda %16.21 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, bu değişimlerin yaz ve sonbahar aylarında su sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak balığın beslenmesinin daha iyi olmasından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır.

Karhikeyan ve ark. (2006), yıkama işleminin *Nemipterus japonicus* balıklarının kimyasal kompozisyonuna etkisini araştırmışlardır. Araştırma materyali olarak Hindistan'ın güneybatısından trol ile avladıkları boyları 15 ile 20 cm, ağırlıkları ise 100 ile 150 g arasında değişen *Nemipterus japonicus* 'ları kullanmışlardır. Ham protein, nem, ham yağ ve kül değerlerini sırasıyla yıkanmamış balık etinde %18.93 %77.14 %3.45 ve %1.13; yıkanmış balık etinde %15.31, %81.25, %2.10 ve %0.36 olarak bildirmişlerdir.

Arıkan (2007), sazan balıklarından (*Cyprinus carpio*) proteinleri çeşitli izolasyon yöntemleriyle geri kazanarak mevcut yöntem olan geleneksel surimi ve yeni geliştirilen pH ekstraksiyon (asit ve alkali uygulaması) yöntemleri arasındaki farklılıkları incelenmiştir. Çalışmada işlenmemiş balık ile elde edilen surimi örneklerinde ve asit/alkali protein izolatlarında, protein içeriği, nem ve lipid değerleri hesaplanmıştır. Bulunan değerler ham balık etinde sırasıyla %23.14, %76.07, %4.77; asit protein izolatında %16.96, %82.60, %1.07; alkali protein izolatında %15.28, %84.59, %0.61; surimide %11.60, %76.23, %1.85 olarak tespit edilmiştir.

Rejomon ve ark. (2010), Hindistan'dan avlanan *Nemipterus japonicus*'un kas dokusunun Fe, Ni, Cu, ve Cd konsantrasyonlarının sırasıyla 280.268-322.808 ppm, 88.252-96.891 ppm, 2.351- 2.600 ppm ve 29.637- 32.404 ppm olduğunu bildirmişlerdir.

Süle (2011), *Carassius gibelio*'dan surimi jeli elde edip 0. gün besin bileşenlerini saptamıştır. Taze kıymada nem, ham protein, ham kül ve ham yağ oranlarını sırasıyla %83.84, %18.51, %1.13 ve %3.78; surimi jeli örneklerinde ise %76, %12.37, %0.95 ve

%1.88 olarak belirlemiştir. Daha sonra surimi örneklerini vakum paketlenme yöntemiyle $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 90 gün depolamıştır. Sonuç olarak, *Carassius gibelio*'dan elde edilen surimi jelinin tüketilebilir bir kalitede olduğu ve vakum paketlenerek $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de çok uzun süre saklanamayacağını bildirmiştir.

Kamaruzzaman ve ark. (2011), Malezya'da üç farklı yerel marketten aldıkları *Nemipterus japonicus*'un kas dokusu ve solungaçlarındaki ağır metal (Hg, As, Pb ve Zn) içeriğini incelemiştir. Ağır metal konsantrasyonlarını sırasıyla kas dokuda 0.012 $\mu\text{g/g}$, 0.014 $\mu\text{g/g}$, 0.055 $\mu\text{g/g}$ ve 2.327 $\mu\text{g/g}$; solungaçlarda 0.006 $\mu\text{g/g}$, 0.013 $\mu\text{g/g}$, 0.119 $\mu\text{g/g}$ ve 8.722 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmişlerdir

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Deneme materyali olarak Antakya balık pazarından temin edilen boyları 20 ± 1.74 cm, ağırlıkları 109 ± 23.43 g olan mercan (*Nemipterus randalli*) ve boyları 17 ± 0.7 cm ve ağırlıkları 70 ± 6.69 g olan sardalya (*Sardinella aurita*)'dan 10'ar kilo kullanılmıştır.. Araştırmada kullanılan balıkların büyüklük ve ağırlıklarının aynı olmasına özen gösterilmiştir. Alınan balıklar içerisinde buz kalıpları bulunan yalıtımlı taşıma kaplarına yerleştirilmiş ve en kısa zamanda Mustafa Kemal Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, İşleme laboratuvarına getirilmiştir. Balıkların total boy (cm) ve ağırlıkları (g) ölçüldükten sonra paslanmaz malzemeden oluşmuş temiz bir ekipman kullanılarak iç organları çıkarılmış ve temizlenmiştir. Balıklar 3 eşit gruba bölünerek 3 grup surimi hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan mercan ve sardalya balıklarına ait resimler Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Mercan (*Nemipterus randalli*) resmi



Şekil 3.2. Sardalya (*Sardinella aurita*) resmi

3.1.1. Materyalin Hazırlanması

3.1.2. Surimi Üretimi

Geleneksel yöntemle elde edilmek istenen surimi için yöntemin önerdiği aşamalar; hammaddenin hazırlanması, yıkama işlemi ve filtre edilerek fazla suyunun giderilmesidir.

3.1.2.1. Hammaddenin Hazırlanması

Materyal olarak kullanılan balıkların ilk önce pulları temizlenmiş, baş kesimi yapılmış ve iç organları alındıktan sonra temiz musluk suyu ile iyice yıkanmıştır. Ardından kılçıksız ve derisiz filetoları çıkarılmıştır. Elde edilen et 1-5 mm delik çaplı kıyma makinesinde kıyılmıştır. Toplam 3'er kg mercan (*Nemipterus randalli*) ve 5 kg sardalya (*Sardinella aurita*) kıyması elde edilmiştir. Bu aşamada 200'er g balık kıymaları ham protein, ham yağ, nem, kül ve mineral madde analizleri için ayrılıp buzdolabında saklanmıştır.

3.1.2.2. Yıkama İşlemi

Kıyma makinasından (Blue House BH 560 MG, 1600 W) geçirilmiş olan kıymalara 4°C'deki deiyonize su (balık/su=1/5) ilave edilerek spatül yardımıyla 15 dk karıştırılıp 15 dk bekletilmiştir. Sulu çözeltinin iki katlı tülbent yardımıyla gevşekçe sıkılarak suyu uzaklaştırılmıştır. Bu işlem üç kez tekrarlanıp son yıkamada % 0.2' lik

sodyum klorür (NaCl) (Sigma, Almanya) çözeltisi eklendikten sonra tekrar yıkanıp suyu uzaklaştırılmıştır. (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Mercan kıymasının yıkanması

3.1.2.3. Fazla Suyun Giderilmesi

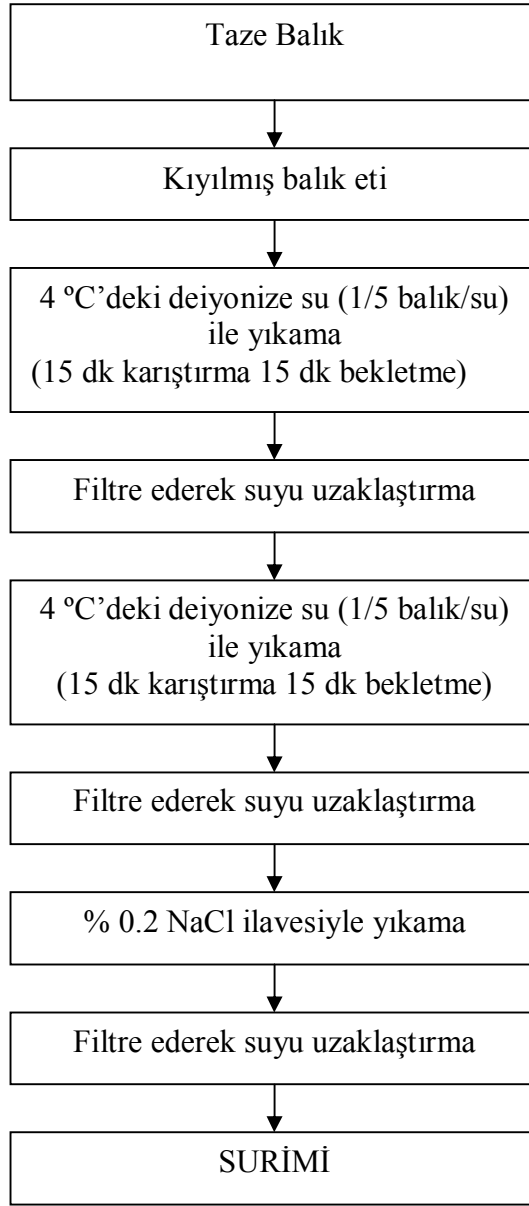
Her yıkama işlemi sonucunda kıymanın suyu süzölmüştür. Daha sonra son bir kontrolle üründe bulunması muhtemel deri kılçık gibi parçalar kontrol edilip uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Sardalya surimi

Protein denatürasyonunu engellemek için bütün aşamalar buz içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 2800 g mercan (*Nemipterus randalli*) kıymasından 1800 g ; 4800 g sardalya (*Sardinella aurita*) kıymasından 3000 g surimi üretilmiştir (Şekil 3.5.).

3.1.2.4. Surimi Üretimi Akış Şeması



Şekil 3.5. Surimi üretim akış şeması (Arıkan Er, 2007)

3.2. Yöntem

3.2.1. Biyokimyasal Besin Kompozisyonu Analizleri

Ham balık kıyması ve surimiler homojenize edilmiş ve aşağıdaki analizler 3 paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.1.1. Ham Protein Analizi

Ham protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 1984). Homojenize edilmiş olan örneklerden yaklaşık 1 g örnek 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılarak kjeldahl tüplerine aktarılmıştır. Üzerlerine yaklaşık 2g yakma katalizörü ($K_2SO_4 + Cu_2SO_4$) ve 10 ml H_2SO_4 ilave edilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma ünitesindeki tüpler $420^\circ C$ 'de içindeki örnekler yeşil-sarı berrak bir renk alınca kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda tüpler oda ısısında soğumaya bırakılmıştır ve soğuduktan sonra üzerlerine 50 ml destile su ve 50 ml % 33'lük NaOH eklenmiştir. Destilasyon işlemi için erlenlere 35 ml N/7'lik H_2SO_4 ve 3 damla metil kırmızısı (0.1 g metil kırmızısı:100 ml metil alkol) eklenerek destilasyon ünitesindeki destilat toplama kısmına yerleştirilmiştir. Destilasyon işlemine erlende 100 ml sıvı toplanıncaya kadar devam edilmiştir. Bu işlemden sonra destilat N/7'lik NaOH ile titre edilerek harcanan NaOH miktarından aşağıdaki formül kullanılarak % ham protein (HP) miktarı hesaplanmıştır.

Kör

$$HP(\%) = \frac{[(N/7H_2SO_4xF) - (N/7NaOHxF)] - [(N/7H_2SO_4xF) - (N/7NaOHxF)]}{\text{ÖrnekMik.}} \times 1.25 \quad (3.1)$$

3.2.1.2. Ham Yağ Tayini

Ham yağ analizi Bligh ve Dyer (1959) metoduna göre yapılmıştır. Bu amaçla homojenize edilmiş örneklerden yaklaşık 3 g alınarak 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartıldıktan sonra üzerlerine 1:2 oranında 120 ml metanol+kloroform (40 ml metanol+80 ml kloroform) karışımından eklenerek tekrar homojenize edilmişlerdir.

Daha sonra bu örnekler üzerine 20 ml % 0.4'lük CaCl₂ çözeltisi eklenerek süzme kağıdında (Schleicher ve Schuell, 595^{1/2} 185 mm) süzme işlemi gerçekleştirilecektir. Süzülen örnekler 105 °C'de 2 saat etüvde bekletilip darası alınmış olan balonlara boşaltılmıştır. Balonların ağzı hava geçirmeyecek şekilde kapatılarak 1 gece karanlık bir yerde bekletilmiş ve bekleme işleminden sonra balon içindeki solüsyon bir pastör pipetine aktararak üst tabaka (metanol+su karışımı) ayrılmıştır. Balon içinde kalan kloroform+lipit karışımı içerisindeki kloroform 60 °C'de rotary evaporatörü yardımı ile uçurulmuştur. Balonlar kalan kloroformun da tamamen uçması için 90 °C'de 1 saat etüvde bekletilmiştir ve daha sonra desikatör yardımıyla soğutulmuş 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartım yapılmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak % lipit oranları hesaplanmıştır.

$$Lipit(\%) = \frac{[(BalonDarası(g) + lipit(g)) - BalonDarası(g)]}{ÖrnekMiktarı(g)} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.1.3. Nem ve Kül Tayini

Kuru madde ve ham kül tayini için etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulan ve soğutulduktan sonra 0,1 mg duyarlı hassas terazide darası alınan porselen krezeler içine homojen haldeki örneklerden yaklaşık 3 g tartılarak konulmuştur. Örnekler etüvde 105 °C'de 5 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Bu işlem 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Desikatörde soğutulduktan sonra örnekler hassas terazide tartılmıştır.

Ham kül tayini için, kuru madde tayini için kurutulmuş olan örnekler yakma fırınına yerleştirilerek 550 °C'de 5 saat süreyle (açık gri renk oluşana kadar) yakılıp ve desikatörde soğutulduktan sonra (oda sıcaklığına) tartılmıştır. Kuru madde ve ham kül (%) oranları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Kuru\ madde\ (\%) = \frac{(Dara\ (g) + kurumadde\ (g)) - dara\ (g)}{Örnek\ miktarı\ (g)} \times 100 \quad (3.3)$$

$$Ham\ Kül\ (\%) = \frac{(Dara\ (g) + hamkül\ (g)) - Dara\ (g)}{Örnek\ miktarı\ (g)} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.2. Ağır Metal Analizi

3.2.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Homojenize edilmiş numuneden çözümüleme kabı içerisine 0.5-1 g kuru örnek tartılmıştır. Çözümüleme kabına (Wessel) 10 mL derişik nitrik asit konmuş ve örneğin durumuna göre 2 mL hidrojen peroksit eklenmiştir.

3.2.2.2. Yakma İşlemi–Mikrodalga (Kapalı Sistem)

Mikrodalgaya yerleştirilen WESSELLER aşağıdaki programa göre yakılmıştır. Çizelge 3.1.'e göre fırın programı yapılır ve program başlatılır.

Çizelge 3.1.Mikrodalga programı

Metotlar	Wessel Sayısı	Power	% Güç	Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Bekleme Süresi (dk)
Metot	10-20 Wessel	1600	75	165	25	5

3.2.2.3. Yanan Numunenin Seyreltilmesi

Mikrodalga fırın içerisindeki numuneler yakma işlemi tamamlandıktan sonra soğutma safhasına geçilmiştir. Çözümüleme (wessel) kapları mikrodalga fırından çıkartılmış ve kapaklarını açmadan önce soğutulmuştur. Yaklaşık sıcaklıkları 40-50 °C düşene kadar beklenmiştir. Sonra kapakları açılmış, içerisindeki gaz basıncı bittikten sonra üzerine 1 ml hidrojen peroksit eklenmiştir (teflon hücrelere, ortamdaki karbon gazlarını uzaklaştırmak için) ve numuneler balon jojeye alınmıştır. Balon joje hacmine kadar ultra saf su ile tamamlanmıştır.

3.2.2.4. Standart Çözeltinin Hazırlanması

Stok Standart mix çözeltisi: 100 µg/mL (100ppm) konsantrasyonda hazırlanmıştır (ICP OES için). Çalışma mix çözeltisi: 10 ppm yada 100 ppm lik ara stok çözeltisi şeklinde hazırlanmıştır. Numunede beklenen değerin yarısı, kendisi ve iki katı olacak şekilde mL olarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Standartlara karşı gelen absorbanlar standart konsantrasyonuna karşı grafiklendirilerek her metal için ayrı bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.

3.2.2.5. Hesaplama İşlemi

Numunelerden hazırlanmış olan çözeltiler Çizelge 3.2.'de verilen dalga boylarında okutulmuştur. Ölçümler sonucunda örneklerin içerdiği metal miktarlarına ait değerler aşağıdaki matematiksel formül yardımı ile (3.5) mg/kg olarak yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

$$K = (a-b) \times V/m \quad (3.5)$$

Burada;

K : Numunedeki metal konsantrasyonu (mg/kg)

a : Numune çözeltilisindeki metal konsantrasyonu (mg/kg)

b : Şahit çözeltilisindeki metal konsantrasyonu (mg/kg)

V : Numune çözeltilisinin hacmi (ml)

m : Numunenin kütlesidir (g)

Çizelge 3.2. Metallerin okunduğu dalga boyları ve okuma aralıkları

Metal	Dalga Boyu (nm)	Okuma limiti (mg/kg)
Pb	220.353	0.02
Cu	327.395	0.005
Cd	214.439	0.002
Zn	213.857	0.003
Mn	257.610	0.001
Fe	259.940	0.002
Cr	267.716	0.004
As	188.980	0.005
Ni	231.634	0.005

ICP okuma sonuçlarının yöntem ve cihaz açısından doğruluğu ve kontrolü Referans Madde (DORM-3, Fish Protein Certified Reference Material For Trace Metals) kullanılarak yapılmış ve geri alım yüzdeleri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Referans Madde (DORM-3) Sonuçları

Metaller	Sertifika Değerleri (mg/kg)	Okunan Değerler (mg/kg)	Geri Alım Oranı (%)
As	6.88±0.30	6.72±0.22	%97.6
Cd	0.29±0.02	0.29±0.01	%100
Cr	1.89±0.17	1.91±0.10	%101.0
Cu	15.5±0.63	14.92±0.98	%96.2
Fe	347±20	351.6±1.52	%101.3
Mn	-	-	-
Ni	1.28±0.24	1.27±0.04	%99.2
Pb	0.39±0.050	0.37±0.02	%93.6
Zn	51.3±3.1	50.12±0.39	%97.6

3.2.3. İstatistiksel Analizler

Araştırma sonucunda ham balık ve surimideki besin kompozisyonu değişimini belirlemek için SPSS 15 paket programı kullanılarak T testi uygulanmıştır. Gruplar arasındaki ağır metal değişimini belirlemek için ise SAS 9.0 programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Biyokimyasal Kompozisyon

Sardalya (*Sardinella aurita*) ve mercan (*Nemipterus randalli*) balıklarından elde edilen surimi örneklerinin ham protein, ham yağ, nem ve ham kül yüzde değerleri \pm standart sapmaları çizelge 4.1. ve çizelge 4.2.'de verilmiştir.

4.1.1. Mercan (*Nemipterus randalli*) Surimisinin Besin Kompozisyonu

Ham balık ve surimideki yüzde ham protein, ham yağ, nem ve ham kül değerleri \pm standart sapmaları çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mercan (*Nemipterus randalli*) balığından elde edilen suriminin ham protein, ham yağ, nem ve kül içerikleri (%)

Besin Kompozisyonu (%)	Ham Mercan	Surimi
Ham protein	12.0 \pm 1.4	11.7 \pm 0.5
Ham yağ	0.6 \pm 0.1 ^a	0.3 \pm 0.0 ^b
Nem	83.5 \pm 0.2 ^a	85.8 \pm 0.4 ^b
Kül	0.8 \pm 0.1 ^a	0.4 \pm 0.0 ^b

*Aynı satırdaki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<005) göstermektedir. n=3

Ham mercan örneklerinin ham protein, ham yağ, nem ve kül değerleri sırasıyla %12.0, %0.6, % 83.5 ve % 0.8 olarak bulunmuştur.

Karthikeyan ve ark. (2006), yıkama işleminin *Nemipterus japonicus*'un kimyasal kompozisyonuna etkisini araştırmışlardır. Ham protein, nem, ham yağ ve kül değerlerini sırasıyla yıkanmamış balık etinde %18.93 %77.14 %3.45 ve %1.13; yıkanmış balık etinde %15.31, %81.25, %2.10 ve %0.36 olarak bildirmişlerdir. Taze balıkta tespit ettiğimiz ham protein, ham yağ ve kül değerleri Karthikeyan ve ark. (2006)'nın çalışmasındaki değerlerden düşük; nem değeri ise daha yüksek tespit edilmiştir.

Surimi örneklerinde ham protein, ham yağ, nem ve kül değerleri sırasıyla %11.7, %0.3, %85.8 ve %0.4 olarak tespit edilmiştir. Suriminin %11.7 olan ham protein içeriğinin Karthikeyan ve ark. (2006)'nın çalışmasındaki değerlerden daha düşük; yağ içeriğinin Karthikeyan ve ark. (2006)'nın çalışmasındaki değerlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nem oranı Karthikeyan ve ark. (2006)'nın çalışmasındaki değere (%81.25) yakın bulunmuştur. Kül içeriği Karthikeyan ve ark. (2006)'nın çalışmasındaki değerlere (%0.4) uygunluk göstermiştir.

İstatistiki açıdan değerlendirildiğinde ham balık ve suriminin protein değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı; ham yağ ve kül değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ham balıkta %83.5 olan nem içeriğinin surimide %85.8'e çıktığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Bizim çalışmamıza benzer olarak diğer araştırmacılar da taze balıkta tespit ettikleri ham protein, ham yağ ve kül oranlarının surimi ürünlerinde önemli bir düşüş; nem oranının ise artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Karthikeyan ve ark., 2006). Nem oranındaki artışın yıkanmış kıymadaki suyun süzülme oranıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Diğer bileşenlerin % değerlerinde buna bağlı olarak azalma gözlenmiştir.

4.1.2. Sardalya (*Sardinella aurita*) Surimisinin Besin Kompozisyonu

Ham balık ve surimideki ham protein, ham yağ, nem ve ham kül % değerleri \pm standart sapmaları çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sardalya (*Sardinella aurita*) balığından elde edilen suriminin protein, ham yağ, nem ve kül içerikleri (%)

Besin Kompozisyonu (%)	Ham Sardalya	Surimi
Ham protein	16.2 \pm 0.3	15.8 \pm 0.1
Ham yağ	4.5 \pm 0.2 ^a	1.8 \pm 0.1 ^b
Nem	76.0 \pm 0.4 ^a	81.5 \pm 0.1 ^b
Kül	0.8 \pm 0.0 ^a	0.6 \pm 0.0 ^b

*Aynı satırdaki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0.05$) göstermektedir. n=3

Ham sardalya örneklerin ham protein, ham yağ, nem ve kül değerleri sırasıyla %16.2, %4.5, %76.0 ve %0.8 olarak tespit edilmiştir.

Regenstein ve ark. (1991), sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın ham protein değerini %17.7 ve ham yağ değerini %2.8 olarak belirlemiştir. Gökoğlu (2002), *Sardinella aurita*'nın besin kompozisyonu üzerine yaptığı bir çalışmada, bu türde %65.9-79.9 su, %0.4-20.0 yağ, %17.3-22.3 protein ve %1.4-2.9 arasında kül olduğunu bildirmiştir. Njinkoué ve ark. (2002), sardalya (*Sardinella aurita*) balıklarının kırmızı ve beyaz etlerinin kimyasal kompozisyonları ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada; sardalyanın beyaz kasında %73 su ile %3.5 yağ ve kırmızı kasında %68 su ile %10 yağ bulunduğu bildirilmiştir. Ayas (2006), sardalya (*Sardina pilchardus*)'da ham protein, ham yağ, nem ve ham kül değerlerini sırasıyla %19.00, %3.89, %75.50 ve %1.20 olarak tespit etmiştir. İlhan ve ark. (2006), Antalya Körfezi'nden avlanan *Sardinella aurita*'nın et kompozisyonunun mevsimsel değişimini incelemiştir. Bu çalışmada yaz

döneminde protein, yağ ve su oranları sırasıyla %18.21, %3.65 ve %75.95 olarak tespit edilmiştir.

Bizim çalışmamızda, ham yağ oranı Gökoğlu (2002) ve Njinkoué ve ark. (2002)'nin saptadığı değerlerle benzerlik göstermiştir. Nem oranı ise Gökoğlu (2002) ve İlhan ve ark. (2006)'nin çalışmasındaki değerlere benzerlik göstermiştir.

Surimi örneklerinde ham protein, ham yağ, nem ve kül değerleri sırasıyla %15.8, %1.8, %81.5 ve %0.6 olarak bulunmuştur. Leonor Nunes ve ark. (1992), farklı mevsimlerde avlanan sardalya (*Sardina pilchardus*)'dan elde edilen kıyma ve suriminin kimyasal bileşenlerini incelemiştir. Araştırmada Aralık ve Nisan ayında yakalanan sardalyaların kimyasal bileşenlerinde farklılıklar bulunmuştur. Aralık ayında surimi örneklerinin nem, kül, lipit ve protein içeriğini sırayla %78.3 %0.6, %0.2 ve %12.8 olarak tespit etmişlerdir. Nisan ayında ise değerleri sırasıyla %81.8, %0.5, %0.3 ve %8.9 olarak bildirmişlerdir. Roussel ve Cheftel (1998), Atlantik sardalyası (*Sardina pilchardus*)'ndan hazırlamış oldukları ham surimiye kryoprotektan ilave etmiş ve 8 ay süreyle depolamışlardır. Bu sürenin sonunda yaptıkları kimyasal analizler sonucunda, %75 su, %14.5 protein ve %1.5 yağ tespit etmişlerdir.

Sardalya surimisinde saptadığımız ham protein ve ham yağ değerleri, diğer araştırmacıların tespit ettikleri değerlerden yüksek bulunmuştur. Nem ve kül değerleri Leonor Nunes ve ark. (1992)'nin belirlemiş olduğu değerlerle benzerlik göstermiştir.

İstatistiki açıdan değerlendirildiğinde ham balık ve suriminin protein değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı; ham yağ ve ham kül değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ham balıkta % 76.0 olan nem içeriğinin surimide % 81.5'a çıktığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Rousel ve Cheftel (1988) surimide taze balığa oranla nem, yağ, kül ve protein oranlarında azalma tespit etmiştir. Bu çalışmada bizim bulgularımızdan farklı olarak nem oranında azalma tespit edilmiştir.

Söz konusu farklılıkların balık türlerindeki ve yaşam alanlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Ağır Metal İçerikleri

4.2.1. Mercan (*Nemipterus randalli*) balığı surimisinin ağır metal içerikleri

Çizelge 4.3. Mercan (*Nemipterus randalli*) balığından elde edilen suriminin ağır metal içerikleri (mg/kg; yaş ağırlık)

Mercan	Ham balık	Surimi
As	0.9±0.00*	0.72±0.00
Cd	0.04±0.00	0.04±0.00
Cr	0.26±0.00	0.22±0.00
Cu	0.35±0.00	0.62±0.00*
Fe	2.93±0.00	9.63±0.00*
Mn	0.25±0.00	0.22±0.00
Ni	0.24±0.00	0.27±0.00
Pb	0.10±0.00	0.13±0.00
Zn	3.69±0.17	8.12±0.00*

Aynı satırdaki *işareti gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Mercan (*Nemipterus randalli*) balığındaki ağır metal (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri sırasıyla 0.94 mg/kg, 0.04 mg/kg, 0.26 mg/kg, 0.35mg/kg, 2.93 mg/kg, 0.25 mg/kg, 0.24 mg/kg, 0.10 mg/kg ve 3.69 mg/kg olarak belirlenmiştir. Mercan surimi örneklerinde ise bu değerler 0.72 mg/kg, 0.04 mg/kg , 0.22 mg/kg, 0.62 mg/kg, 9.63 mg/kg, 0.22 mg/kg, 0.27 mg/kg, 0.13 mg/kg ve 8.12 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Kamaruzzaman ve ark. (2011), *Nemipterus japonicus*'un kas dokusu ve solungaçlarındaki ağır metal (Hg, As, Pb ve Zn) konsantrasyonlarını sırasıyla kas dokuda 0.012 µg/g, 0.014 µg/g, 0.055 µg/g ve 2.327 µg/g; solungaçlarda 0.006 µg/g, 0.013 µg/g, 0.119 µg/g ve 8.722 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki As ve Pb değerleri Kamaruzzaman ve ark. (2011)'nin kas dokuda tespit ettikleri değerlere göre yüksek; Zn değeri ise düşük bulunmuştur. Rejomon ve ark. (2010), Hindistan'dan avlanan *Nemipterus japonicus*'un kas dokusunun Fe, Ni, Cu, ve Cd konsantrasyonlarının sırasıyla 280.268-322.808 ppm, 88.252-96.891 ppm, 2.351- 2.600 ppm ve 29.637- 32.404 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerler bizim değerlerimize göre daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılıkların balık türleri ve avlanma bölgelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda, Mercan (*Nemipterus randalli*) surimi örneklerindeki ağır metal (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri sırasıyla 0.72 mg/kg, 0.04 mg/kg , 0.22 mg/kg, 0.62 mg/kg, 9.63 mg/kg, 0.22 mg/kg, 0.27 mg/kg, 0.13 mg/kg ve 8.12 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Huang ve ark. (1997) *Tilapia (Oreochromis niloticus)*'dan elde ettikleri surimilerde ağır metal içeriklerini (Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb) sırasıyla 4.94 mg/kg, 0.06 mg/kg, 0.00 mg/kg, 0.00 mg/kg ve 0.05 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb değerleri bizim çalışmamızdaki değerlere göre daha düşük bulunmuş olup; surimi işlemleri bizim çalışmamızda olduğu gibi Zn ve Cu değerlerinde artışa, Fe değerinde ise azalmaya sebep olmuştur. Bu çalışmada Pb değeri değişmezken; bizim çalışmamızda arttığı gözlenmiştir.

İstatistiki açıdan değerlendirildiğinde ham mercan ve suriminin Cd, Cr, Mn, Ni ve Pb değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı; Cu, Fe ve Zn değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Bu artışın ürüne yıkama suyu ve kullanılan tuzdan kaynaklanabilecek metal bulaşmalarıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Ham balıkta 0.94 mg/kg olan As içeriğinin beklenildiği üzere surimide 0.72 mg/kg'a düştüğü gözlenmiştir ($p < 0.05$). Balık ve surimi örneklerinde incelenen metal konsantrasyonlarının Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Konseyi'nin belirlediği tüketilebilirlik sınır değerlerinin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir.

4.2.2. Sardalya (*Sardinella aurita*) Balığı Surimisinin Ağır Metal İçerikleri

Sardalya (*Sardinella aurita*)'nın işlenmemiş örneklerinde mineral madde (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri sırasıyla 1.14 mg/kg, 0.04 mg/kg, 0.33 mg/kg, 0.70 mg/kg, 10.45 mg/kg, 0.97 mg/kg, 0.27 mg/kg, 0.12 mg/kg ve 8.07 mg/kg olarak belirlenmiştir. Romeo ve ark. (1999) *Sardinella aurita*'nın kas dokusundaki Cd, Cu ve Zn içeriğini sırasıyla 0.02, µg/g, 2.8 µg/g ve 23 µg/g (k.a) olarak tespit etmiştir. Yazkan ve ark. (2002) bazı balık türlerinin (*M. barbatus*, *M. cephalus*, *T. trachurus*, *Pagellus acarne*, *D. labrax*, *S. auratus*, *Sardinella aurita*, *Boops boops*, *S. japonicus*, *S. solea*) kas ve karaciğer dokusundaki Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir.

Çizelge 4.4. Sardalya (*Sardinella aurita*) balığından elde edilen suriminin ağır metal İçerikleri (mg/kg; yaş ağırlık)

Sardalya	Ham sardalya	Surimi
As	1.14±0.59*	0.72±0.44
Cd	0.04±0.00	0.05±0.00
Cr	0.33±0.01	0.35±0.00
Cu	0.70±0.01	0.87±0.00
Fe	10.45±0.2*	7.80±0.08
Mn	0.97±0.00	0.93±0.00
Ni	0.27±0.00	0.30±0.00
Pb	0.12±0.00	0.13±0.00
Zn	8.07±0.06	12.0±0.12*

* Aynı satırdaki * İşareti gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olduğunu gösterir (p<0.05)

Araştırma sonucunda balıkların kas dokusunda Cu ve Zn içeriğinin sırası ile 0.51-3.66 mg/kg ve 3.17-11.36 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Pb ve Cd ise balık örneklerinin kas dokusunda sırası ile 0.00-2.05 mg/kg ve 0.00-0.13 mg/kg olarak belirlenmiştir. Zn, Pb ve Cd değerleri bizim bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Canlı ve Atlı (2003), *Sardina pilchardus* 'un kas dokusundaki bazı ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn) içeriklerini tespit etmişlerdir. Kas dokusunda metal değerlerinin sırasıyla 0.55 µg/g, 2.22 µg/g, 4.17 µg/g, 39.60 µg/g, 5.57 µg/g ve 43.58 µg/g olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerlerin bizim çalışmamızdaki değerlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bizim bulgularımız, Romeo ve ark. (1999)'nın çalışmasıyla kıyaslandığında Cd değerinin (0.02 µg/g), daha yüksek; Cu ve Zn (2.8 µg/g ve 23 µg/g) değerlerinin daha düşük bulunduğu tespit edilmiştir. Bulunan farklılıkların balıkların tür, cinsiyet, biyolojik döngü, balık büyüklüğü gibi faktörler ile mevsim, yetiştikleri yer, beslenme durumu, suyun sıcaklığı ve tuzluluğu gibi ekolojik faktörlere bağlı olduğu düşünülmektedir.

Sardalya surimide mineral madde (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri sırasıyla 0.72 mg/kg, 0.05 mg/kg, 0.35 mg/kg, 0.87 mg/kg, 7.80 mg/kg, 0.93 mg/kg, 0.30 mg/kg, 0.13 mg/kg ve 12.0 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, ham balık ve suriminin Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı; Zn değerlerinin surimi yapılmış balıkta önemli derecede arttığı tespit edilmiştir (p<0.05). Ham balıkta 1.14 mg/kg olan As içeriğinin surimide 0.72 mg/kg; 10.45 mg/kg olan Fe içeriğinin 7.80 mg/kg'a ve 9.97 mg/kg olan Mn değerinin 0.93'e düştüğü gözlenmiştir (p<0.05).

Huang ve ark. (1997) *Tilapia (Oreochromis niloticus)*'dan elde ettikleri filetoların ağır metal içeriklerini (Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb) sırasıyla 0.37 mg/kg, 0.05 mg/kg, 1.75 mg/kg, 0.00 mg/kg ve 0,12 mg/kg; surimi örneklerinde ise bu değerleri 4.94 mg/kg, 0.06 mg/kg, 0.00 mg/kg, 0.00 mg/kg ve 0.05 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb değerleri bizim çalışmamızdaki değerlere göre daha düşük bulunmuştur. Ancak surimi işlemi bizim bulgularımıza benzer olarak Zn ve Cu değerlerinde artışa, Fe değerinde ise azalmaya sebep olmuştur. *Tilapia* surimisinde Pb değeri değişmezken bizim çalışmamızda arttığı gözlenmiştir. Biz bu metal konsantrasyonlarındaki artışların kullanılan su ve tuzun metal içeriklerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Sardalya ve surimi örneklerinde incelenen metal konsantrasyonları As hariç Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Konseyi'nin belirlediği tüketilebilirlik sınır değerlerinin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir. Ham sardalyada tespit edilen As, Türk gıda kodeksi limit değeri (1.00 mg/kg)'nin üzerine çıkmış olup (1.14 mg/kg); surimide bu değer tekrar 1 mg/kg'ın altına düşmüştür. Bu durum surimi işleminin mercan ve sardalya balıklarındaki As'in azaltılmasında etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Surimi işleminde sonra sardalya ve mercan balıklarının ham protein değerlerinin değişmediği ($p>0.05$); bununla birlikte ham yağ ve kül oranlarında azalma ($p<0.05$); nem oranında ise yükselme olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Her iki balık türüne ait surimi örneklerinde As değerlerinin azaldığı; Cu, Ni, Pb ve Zn değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Sardalya surimisinde Cd ve Cr değerleri; mercan surimisinde Fe değeri artış göstermiştir. Ham sardalyada tüketilebilirlik sınırının üzerinde tespit edilen As değeri; sardalya surimide limit değerinin altına düşmüş ve tüketilebilir hale gelmiştir.

Bu çalışma sonucunda İskenderun Körfezi'nden yakalanan *Nemipterus randalli* ve *Sardinella aurita* ve bu türlerden elde edilen surimideki ağır metal seviyelerinin Türkiye ve Avrupa standartlarının altında kalması nedeniyle insan tüketimi için herhangi bir sağlık tehlikesi oluşturmadığı tespit edilmiş ve bütün bu bilgiler ışığında bu ürünlerin rahatlıkla tüketilebileceği ortaya konulmuştur. Surimi ürünlerinde ağır metal içerikleriyle ilgili çok sınırlı sayıda literatür bulunmakla birlikte; İskenderun Körfezi'nde yaygın şekilde bulunan bu türlerden surimi üretimi ve elde edilen ürünün besin kompozisyonu ve ağır metal içerikleri ile ilgili başka çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu araştırma bir ön çalışma niteliğinde olup; konuyla ilgili ilk bulgulara sahip olması açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda surimide ağır metal içeriklerini etkileyen tuz oranı, su kalitesi, pH ve sıcaklık gibi faktörler göz önüne alınarak daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır. Bizim çalışmamızın diğer çalışmalara ışık tutacağı inancındayız.

KAYNAKLAR

- Akşar, O. A., 2012 **Japonya Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Sektörü**, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bitirme Ödevi 43 s.
- Anonymous, 1997. **Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği**. Dünya Yayıncılık, İstanbul, 214.
- AOAC, 1984. **Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists**. Association of Official Analytical Chemists, (14th ed.), Washington, DC.
- Arıkan, G., 2007. **Sazan Balıklarından (*Cyprinus carpio*) Elde Edilen Proteinlerin İzolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması**. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Isparta.
- Ayas, D., 2006. **Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın Sıcak Tütsülenmesi Sonrasındaki Kimyasal Kompozisyon Oranlarındaki Değişimleri**. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 23 - Ek (1/3): 343–346.
- Barrera, A. M., Ramirez, J. A., Gonzalez-Cabr_Ales, J. J. And Azquez, M., 2002 **Effect of Pectins on the Gelling Properties of Surimi From Silver Carp**. Food Hydrocolloids 16 : 441-447p.
- Barrero, M., Bello, R.A., (2000), **Characterization of Sardine Minced Flesh (*Sardinella aurita*) Washed With Different Solutions**, Journal Aquatic Food Product Technology, 9(3): 105-114.
- Bentis C. A., Zotos A., Petridis D, 2003. **Production of Fish-Protein Products (Surimi) from Small Pelagic Fish (*Sardinops pilchardusts*)**, Underutilized by the Industry.
- Bentis, C. A., Zotos, A. Petridis, D., 2005. **Production of Fish-Protein Products (surimi) from Small Pelagic Fish (*Sardinops pilcharddusts*)**, Underutilized by The Industry. Journal of Food Engineering, (68), 303-308).
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. **A rapid Method of Total Lipit Extraction and Proficiation**, Can. J. Biochem. Physiol., 37 : 911-917.
- Buyruk, G., 2005. **Tilapia (*Oreochromis niloticus*)'dan Hazırlanan Suriminin Besinsel Kalitesi ve Duyusal Değerlendirilmesi**. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 37, Adana.
- Canlı, M. and Atlı, G., 2003. **The Relationships Between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and the Size of Six Mediterranean Fish Species**. Environmental Pollution, 121: 129-136.
- Çaklı, Ş. ve Duyar, H. A., 2001. **Surimi Teknolojisi**. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 18 (1/2), 255–269.
- Council of Eorope, 1996. **Resolution AP (96) 4 on Maximum and Guideline Levels and on Source Directed Measures Aimed at Reducing the Contamination of Food by Lead, Cadmium and Mercury**. Adopted by the Committee of Ministers on 2 October 1996.
- Gökoğlu, N., 2002. **Su Ürünleri İşleme Teknolojisi**. Su Vakfı Yayınları. ISBN: 975- 9703-48-3, 157s, İstanbul.
- Heimann, P., Künzler, W., Liniger, M. and Simmen, A., 1994. **Microbiological and chemical properties of products made from surimi**. Fleischwirtschaft 74, (1).
- Huang, Y. ve Abdel, H. 1997. **Properties of Surimi Made From Tilapia**. Center of Food Safety and Quality Enhancement. GA 30602, 17s.
- Huda, N., Abdullah, A. and Babji, A.S., 2000. **Nutritional quality of surimi powder from threadfin bream**. Journal of Muscle Foods 11, 99 – 109.

- Huda, N., Abdullah, A. and Babji, A.S., 2001. **Functional properties of surimi powder from three Malaysian marine fish**. International Journal of Food Science and Technology. 36, 401 – 406.
- Hughes, W.W., 1996. Environmental Toxicants (W.W. Hughes editör). **Essentials of Environmental Toxicology**. The effects of Environmentally Hazardous Substance on Human Health, Taylor & Francis Publicatio, Washington, pp.125-141.
- Ingadottir, B., (2004), **The Use of Acid and Alkali- Aided Protein Solubilization and Precipitation Methods to Produce Functional Protein Ingredients From Tilapia**, Master Thesis, 93 p.
- İlhan, R., İkiz, R. ve Gülyavuz, H. 2006. **Antalya Körfezi'nden Avlanan Sardinella urita'nın (Valenciennes, 1847) Et Kompozisyonunun Mevsimsel Değişimi**, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2006, Cilt/Volume 23, Ek/Suppl. (1/3): 439-442
- James, C. 2003. **“Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003”**, ISAAA Briefs No: 30, ISAAA: Ithaca, NY.
- Kaba, F., 2011. **Karabalık Kroketinin Soğuk Muhafazası Süresince Kalite Değişiminin incelenmesi**. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 40
- Kamaruzzaman, B.Y., Rina, Z., Akbar, B., Jalal, J. ve Jalal, K.C.A 2011. **Heavy Metal Accumulation in Commercially Important Fishes of South West Malaysian Coast**, Research Journal of environmental Sciences, 10- 1819; 3412.
- Kargın, F., 1996. **Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of Mullus Barbatulus and Sparus aurata Collected from Iskenderun Gulf (Turkey)**.
- Karthikeyan, M., Dileep, A.O. ve Shamasundar, B.A. 2006. **Effect of water washing on the functional and rheological properties of proteins from threadfin bream (Nemipterus japonicus) meat**, International Journal of Food Science and Technology 2006, 41, 1002-1010.
- Kristinsson, H.G., Demir, N., (2003), **Functional Fish Protein Ingredients from Fish Species of Warm and Temperate Waters: Comparison of Acid and Alkali-Aided Processing. Conventional Surimi Processing**, Advances in Seafood Byproducts, Fairbanks, AK; Alaska Sea Grant College Program.
- Lee, C.M., 1984. **Surimi proces technology**. Food Technology. 38 (12), 69-80.
- Lee, J. S., 1992. **Microbiological Considerations in Surimi Manufacturing**. In: **Surimi Technology**. (Lanier, T. C. ve Lee, C. M., -eds.) Marcel Dekker, Inc., pp.113- 121, New York.
- Leonor Nunes, M., Cardinal, M., Mendes, R., Morao Campos, R., Bandarra, N.M, Lourenço, H. and Jerome, M., 1992. **Effect of Season and Storage on Proteins and Lipids of Sardine (Sardine pilchardus) Minces and Surimi (Edited by H.H. Huss et al.)**. Quality Assurance in Fish Industry. Elsevier Science Publishers B.V.Amsterdam, Netherlands, pp. 73- 79.
- Lombardero-Fernandez, M., Fernandez- Fernandez, E., Montouto-Grana, M., Romero-Rodríguez, M. A. And Vazquez-Oderiz, M. L., 2002. **Surimi-Derived Elver Substitutes: Microscopic ppearance and Physicochemical and Sensory Properties**. J. Food Sci. 67 (1) :351-355p.
- Lou S, Chen H, Hsu Y Chang H., 2005. **Changes in Purine Content of Tilapia Surimi Products During Processing**.
- Maff (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 1995. **Monitoring and Surveillance of Non-Radioactive Contaminants in the Aquatic Environment and Activities**

- Regulating the Disposal of Wastes at Sea**, 1973. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report, No.44.
- Mendes, R., Nunes, M.L., (1992), **Characterization of Sardine Protein Changes During Surimi Preparation**, 63-71, in Quality Assurance in The Fish Industry, Huss, H. H., Jakobsen, M. and Liston, J., (Eds.), Amsterdam 587 p.
- Mol, S., (2004), **XII. Bölüm, Surimi Teknolojisi**, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, Editör: Prof. Dr. Candan Varlık. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, 491 s.
- Morales, O. G., Ram_Rez, J. A., Vicanco, D. I. Vazquez, M., 2001 **Surimi of Fish Species From the Gulf of Mexico: Evaluation of the Setting Phenomeon**. Food Chemistry 75 : 43-48p.
- Njinkoué, J-M., Barnathan, G., Miralles, J., G 2002. **Lipids and fatty acids in muscle, liver and skin of three edible fish from the Senegalese coast: Sardinella maderensis, Sardinella urita and Cephalopholis taeniops**. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 131(3):395-402.
- NMKL 161. 1998, 17.1.Jorhem. L 1993. **Determination of Metals in Foodstuffs by Atomic Absorption spectrophotometry after Dry Ashing**: NMKL İnterlaboratory Study of Lead, Cadmium, Zinc, Copper, Iron, Chromium, and Nickel. J. AOAC Int 76:798; 17.2.Skurikhin, I.M. 1993 Methods of Analysis for Toxic Elements in Foods. Part IV. General Method of Ashing for Determination of Toxic Elements. J. AOAC Int 16:2
- Oehenschlöger, J., 2000. **Identifying Heavy Metals in Fish (H.A. Bremner editör). Safety and Quality Issues in Fish Processing, Woodhead Publishing Limited**. Cambridge, England, pp.95-108.
- Pérez-;Martín, R.I., 1986. **Estudios De Los Procesos Termicos En La Fabrication De Conservas De Atun Blanco Y Su Incidencia En La Calidad**. Ph Thesis. Spain, Faculty of Chemistry, University of Santiago.
- Pipatsattayanuwog, S., Park, J.W. and Morrissey, M.T., 1995. **Functional properties and shelf Life of Fresh Surimi from Pacific whiting**. Journal of Food Science. 60, 6, 1241-1244.
- Ramirez-Suarez, J. C., Pacheco-Aguilar, R. Mazorra-Manzano, M. A., 2000. **Washing Effects on Gelling Properties and Color of Monterey Sardine (*Sardinops sagax caerulea*) Minced Flesh**. J. Aquatic Food Product Technology, 9 (2) : 55-67p.
- Regenstein, J.M., Regenstein, C. E., 1991. **Introduction to Fish Tecnology**. An Osprey Book Published by Van Nostrand Reinhold. Newyork. 268 s.
- Rejomon, G., Nair, M. ve Joseph, T., 2010. **Trace Metal Dynamics in Fishes From The Southwest Coast of India**, Environmental Monitoring and Assessment, 167: 243-255.
- Reppond. K.D., Babbit, J.K., Berntsen, S. and Tsurata, M., 1995, **Gel Properties of Surimi from Pasific Herring**, J. Food Sci., 6 (4): 707-710, 714.
- Roméo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z. and Barelli, M.G., 1999. **Heavy Metal Distribution in Different Fish Species from the Mauritania Coast**. The Science of Total Environment 232: 169-175.
- Roussel, H., Cheftel, J.C., 1998. **Characteristics of Surumi and Kamaboko from Sardines**. Int. Journal Food Sci. Technol., 23: 607-623
- Suzuki, T., (1981), **Fish and Krill Protein, Processing Technology**, Applied Science Publishers Ltd, London, England, 260p.
- Süle, Ö., 2011, **Carassius gibelio'dan Surimi Yapımı ve Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 46

- Şener, İ. H., 1995. **Su ürünleri pazarlamasındaki zorluklar ve çözüm yolları.** Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu: 404-416, Erzurum.
- Taşkaya, L., (2003), **Sardalya (*Sardina Pilchardus.*, Walbaum, 1792)'dan Surimi Üretiminde Yeni Bir Teknolojinin Kullanımı ve Jel Oluşum Özellikleri,** Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova İzmir, 96 s.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö. Mol, S. ve Baygar, T. 2004. **Su ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 44,** Su ürünleri Fak. No:7, 491 s, İstanbul.
- Yazkan, M., Özdem, R, F. ve Gölükcü, M., 2002. **Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği.** Turk J Vet Anim Sci., 26: 1309-1313.
- Yılmaz, H., Aras, N. M., Yılmaz M., Haliloğlu, H. İ., 2002. **Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758)'inden Surimi Üretimi Üzerine Bir Araştırma.** Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (4), 429-433.
- Yılmaz, H., Aras, N. M., Yılmaz M., Haliloğlu, H. İ., 2003. **Siraz (*Capoeta capoeta umbla* Heckel, 1843) Bahğından Surimi Üretimi Üzerine Bir Araştırma.** Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1), 63-67.
- Zhou, A., Benjakul, S., Pan, K., Gong, J. And Liu, X., 2005. **Cryoprotective effects of trehalose and sodium lactate on tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi during frozen storage.** Food Chemistry. 0308-8146-see front matter, 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved. Doi:10.1016/j.foodchem.

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca ilminden faydalandığım kadar insani ve ahlaki değerlerini örnek aldığım, öğrencisi olmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli, Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Beyza ERSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen değerli aile bireylerimden sevgi ve sabırlarını eksik etmeyen annem İnci GÜRLER ve babam Memet GÜRLER'e, örnek olmak için çabaladığım kız kardeşim Nida GÜRLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Hatay'ın Antakya ilçesinde doğdu. İlköğretimini Hatay Nizamettin İlköğretim okulunda tamamladı. Lise öğrenimini Hüseyin Özbuğday Lisesinde tamamladı. 2007 yılında girdiği Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2011 yılında mezun oldu.