KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENKAPSÜLE EDİLMİŞ KURKUMİNİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ RAF ÖMRÜ VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

SALİH ERGEN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENKAPSÜLE EDİLMİŞ KURKUMİNİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ RAF ÖMRÜ VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

SALİH ERGEN

Dr. Öğr. Üyesi Nadide SEYHUN
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Prof. Dr. Nil Pembe ÖZER
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Prof. Dr. Nüket SİVRİ
Jüri Üyesi, İstanbul Üniv. - Cerrahpaşa .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Su ürünleri, özellikle de balıklar, ülkemizde sevilerek tüketilen gıdalardır. Ancak istenilen tüketim miktarı yeterli değildir. Her ne kadar taze tüketim tercih edilse de, su ürünleri, işlenerek tüketilebilen ve bunun üzerinde bol miktarda çalışmalar yapılan bir gıda grubudur. Biz de ülkemizde ve dünyada en çok tüketilen balıklardan olan gökkuşağı alabalığının raf ömrünü uzatmaya yönelik bir çalışma planladık. Bu tez çalışmasını Akademik Çalışmaları ve Eğitim Altyapısını Destekleme Programı kapsamında 2017/47 no'lu proje ile destekleyen Kocaeli Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

Tez çalışmamın planlanmasında, yürütülmesinde, ve düzenlenmesinde her türlü yardımı gösteren ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Nadide SEYHUN'a teşekkürü bir borç bilir, şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca balık temini konusunda ve başka bir çok konuda yardımda bulunan dönem arkadaşlarım Baysal BAYARSLAN ve Muhammed Ali BALTACI'ya, analizlerimi yürütme esnasında her türlü desteği veren Kocaeli Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürüm Sayın Hasan AKYILDIZ'a, Mikrobiyoloji birim sorumlusu Dr. N. Gamze YÖRÜK ile birim çalışanı arkadaşlarım M. Deniz ÇENDEK ve Önder DEMİR'e özel olarak teşekkürlerimi sunarım.

Çok sevgili hayat arkadaşım Ayşegül ERGEN'e ve canım kızım Eslem Asya ERGEN'e de bu çalışma boyunca bana verdikleri destek, motivasyon ve hoşgörü için çok teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Temmuz 2019 Salih ERGEN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 4
1.1. Gökkuşağı Alabalığı 4
1.2. Kurkumin 8
1.2.1. Kurkuminin yapısı 9
1.2.2. Kurkuminin kullanım alanları 9
1.3. Enkapsülasyon 11
1.3.1. Damlatma yöntemi 12
1.3.2. Püskürtmeli (sprey) kurutma yöntemi 13
1.3.3. Püskürtmeli (sprey) kaplama yöntemi 13
1.3.4. Döner süspansiyon seperasyon yöntemi 14
1.3.5. Dondurarak kurutma yöntemi 14
1.3.6. Emülsiyon yöntemi 14
2. MALZEME VE YÖNTEM 16
2.1. Malzemeler 16
2.2. İş Akışı 16
2.3. Enkapsülasyon İşlemi 18
2.4. Kalite Parametreleri 19
2.4.1. Kimyasal analizler 19
2.4.2. Tekstür analizi 19
2.4.3. pH ölçümü 19
2.4.4. Renk ölçümü 19
2.4.5. Mikrobiyolojik analizler 20
2.4.6. TBA ve TVB-N analizleri 20
2.5. İstatistiksel Analizler 20
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 21
3.1. Kimyasal Analizler 21
3.2. Tekstür Analizleri 22
3.3. pH Ölçümleri 24
3.4. Renk Ölçümleri 25
3.5. Mikrobiyolojik Analizler 27
3.6. TBA ve TVB-N Analizleri 28
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 32
KAYNAKLAR 35
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 41
ÖZGEÇMİŞ 42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye'deki su ürünleri yetiştiriciliği dağılımı 4
Şekil 1.2. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) 5
Şekil 1.3. Kurkuminin yapısı 9
Şekil 1.4. Enkapsülasyon işlemi 11
Şekil 1.5. Enkapsülasyon yöntemleri 13
Şekil 2.1. İş akış şeması 17
Şekil 2.2. Nişasta emülsiyonunun hazırlanışı 18
Şekil 3.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen sertlik değerleri 23
Şekil 3.2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen pH değerleri 24
Şekil 3.3. Gökkuşağı alabalığı filetolarının fotoğrafları (üst sıra: kontrol) 26
Şekil 3.4. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen TBA değerleri 29
Şekil 3.5. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen TVB-N değerleri 30

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının kimyasal bileşimi 22
Tablo 3.2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının renk (L*, a*, b*) değerleri 26
Tablo 3.3. Gökkuşağı alabalığı filetolarının mikrobiyolojik analiz bulguları 27
Tablo 4.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının farklı parametreler için sınır değerleri ve raf ömürleri..... 32

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

MAB	:	Mezofilik aerobik bakteri
PAB	:	Psikrofilik aerobik bakteri
PV	:	Peroksit değeri
TBA	:	Tiyobarbütirik asit
TVB-N	:	Toplam uçucu bazik azot

ENKAPSÜLE EDİLMİŞ KURKUMİNİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ RAF ÖMRÜ VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZET

Alabalık, ülkemizde en çok tüketilen ve yetiştiriciliği yapılan iç su balıklarından olup, önemli bir ihracat kaynağıdır. Standart alabalık filetolarının raf ömrü buzdolabı sıcaklığında en fazla 7 gündür. Bu süre oldukça kısa olduğundan, farklı bileşikler ve yöntemler kullanılarak filetoların raf ömrü uzatılmaya çalışılmaktadır.

Bu tez kapsamında, enkapsüle edilmiş kurkuminin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının depolanması boyunca kalite parametrelerine olan etkilerinin incelenmesi ve raf ömrünün uzatılması hedeflenmiştir. Bu amaçla zerdeçalın etken maddesi olan kurkumin nişasta (Pickering) emülsiyonu yöntemi ile enkapsüle edilmiş ve alabalık filetoları bu emülsiyon ile kaplanarak 4°C'de 18 gün boyunca depolanmıştır. Kontrol grubu olarak herhangi bir işlem uygulanmamış filetolar kullanılmıştır. Alabalık filetolarının depolama boyunca değişen kalitesini ve raf ömrünü ölçebilmek amacıyla her iki grup için 0., 4., 8., 13. ve 18. günlerde tekstür, pH, TBA, TVB-N ve renk ölçümleri ile mikrobiyolojik (toplam aerobik mezofilik ve psikrofilik bakteri sayıları) analizleri yapılmıştır. Depolama süresince alabalık filetolarında oluşan değişimler incelendiğinde, süreyle birlikte pH değerleri ve mikroorganizma sayılarının önemli derecede arttığı, ancak kontrol grubuyla kıyaslandığında enkapsüle edilmiş kurkumin kaplanmış filetolarda bu artışın istatistiksel olarak daha yavaş ilerlediği saptanmıştır. Tekstür sonuçları incelendiğinde, enkapsüle edilmiş kurkumin kaplanmış filetoların sertlik değerlerinin depolamanın 13. gününe kadar ilk gün ile aynı kalırken kontrol grubunda depolamanın 4. gününde yumuşamanın başladığı görülmüştür. TBA ve TVB-N sonuçları kıyaslandığında raf ömrü açısından bir fark bulunamazken, renk değerleri açısından depolama boyunca anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak, çiğ alabalık filetolarına enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanması mikrobiyal gelişmeyi ve pH artışını geciktirmiş, sertlik ve renk değerlerini korumuş ve alabalık filetolarının soğukta depolanmasında raf ömrünün uzamasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Enkapsülasyon, Gökkuşağı alabalığı, Kurkumin, *Oncorhynchus mykiss*, Raf ömrü.

EFFICACY OF ENCAPSULATED CURCUMIN ON SHELF LIFE AND QUALITY PARAMETERS OF RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FILLETS

ABSTRACT

Rainbow trout, an important export item, is one of the most consumed and farmed fish in Turkey. The shelf life of standard trout fillets at refrigeration temperature is maximum 7 days. Since it is so short, different compounds and methods are applied to elongate the shelf life.

In this thesis, the aim was to determine the efficacy of encapsulated curcumin on quality parameters and to extent the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Curcumin, the active ingredient of turmeric, was encapsulated in starch (Pickering) emulsion, and the rainbow trout fillets were dipped into this emulsion and refrigerated at 4°C for 18 days. Rainbow trout fillets with no further application were used as a control group. In order to measure the quality change during storage and shelf life of the rainbow trout fillets, texture, pH, TBA, TVB-N, color measurements and microbiological (total mesophilic and psychrophilic bacterial counts) analyses were performed on 0., 4., 8., 13., and 18. days of storage. When the changes in trout fillets during storage were analyzed, it was found that pH values and microbial counts increased significantly during storage, but the increase in encapsulated curcumin coated rainbow trout fillets were significantly slower when compared to control group. Texture results indicated that the hardness values of encapsulated curcumin coated rainbow trout fillets on day 13 were statistically same with that of day 0, but the control group was already softened on day 4. There were no significant differences between the two groups in terms of TBA, TVB-N and color values during storage.

As a result, application of encapsulated curcumin to rainbow trout fillets retarded the microbial growth and pH increase, maintained the hardness and color values, and extended the shelf life of the rainbow trout fillets during refrigerated storage.

Keywords: Encapsulation, Rainbow trout, Curcumin, *Oncorhynchus mykiss*, Shelf life.

GİRİŞ

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde, insanlar beslenme şekillerine çok daha fazla önem göstermekte ve beslenme alışkanlıklarında seçtikleri gıdalara özellikle dikkat etmektedirler. Balık zengin protein içeriği ve yapısında bulunan doymamış yağ asitleri ile vücudun temel besin maddesi ihtiyacını karşılamakta, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu etki yapması yönüyle gıdalar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Balıkçılık sektörü bugün ve gelecekte ülkeler için ekonomik anlamda gelir sağlayan ve yatırımlar yapılan bir sektör olmaya devam etmektedir. Dünyada 2014 yılında su ürünleri üretimi 167 milyon ton iken 2016 yılında 171 milyona çıkmıştır (FAO, 2017). Ülkemizde ise 2016 yılında toplam üretim 588 bin ton iken 2018 yılında 628 bine yükselmiştir (TÜİK, 2018). Bu veriler balıkçılığın dünyada ve ülkemizde hızla arttığının bir göstergesidir.

Alabalık, su ürünleri içerisinde ülkemizde akarsu sistemi ile yetiştiriciliği en çok yapılan türdür. 2016 yılında 107 bin ton alabalık yetiştiriciliği yapılırken 58 bin ton çipura, 80 bin ton levrek yetiştirilmiş; 2017 yılında ise alabalık yetiştiricilik miktarı 109 bin ton iken çipura 61 bin ton, levrek ise 99 bin ton ile alabalık üretimini takip etmişlerdir (TÜİK, 2018). Alabalık aynı zamanda ülkemiz için önemli bir ihracat kaynağıdır. Taze soğutulmuş standart derili alabalık filetolarının raf ömrü 0 – 4°C depolama sıcaklığında en fazla 7 gün, dondurulmuş olarak -18°C'de depolandığında ise 1 yıldır (URL – 1).

Ülkemizde su ürünleri genellikle taze olarak tüketilir, ancak balık ve diğer su ürünleri diğer etlere göre daha hassastır. Bu yüzden balığın soğuk zincire uygun olarak en hızlı şekilde tüketilmesi istenir. Balık yapısal olarak oksidasyona, yağların hidrolizine, otolize ve mikrobiyal bozulmalara karşı hassas olduğu için bu özelliklerinin korunmasına ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar pek çoktur ve her geçen gün giderek artmaktadır. Su ürünlerinin muhafazası için geçmişten günümüze bir çok yöntem denenmiş ve geliştirilmiştir. Eski tarihlerde kurutma, tuzlama ve tütsüleme yaygın olarak kullanılırken teknolojinin gelişmesi ve su ürünleri endüstrisinin büyümesiyle dondurma, soğutma, konserve, vakumlama, ışınlama,

modifiye atmosferde paketleme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaya başlanmıştır (Rodrigues ve ark., 2016; URL – 2).

Gıda endüstrisinde koruma yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılmaya başlanan bir diğer yöntem ise koruma amaçlı antimikrobiyal ve antibakteriyel madde ilavesidir (Altuğ, 2001). Yapılan çalışmalarda doğal antioksidanların lipit oksidasyonunu önlemede etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir (Akhtar ve ark., 1998). Su ürünlerinde de bir çok doğal antimikrobiyal ve antioksidan kaynağı bitki muhafaza amaçlı olarak kullanılmıştır. Biberiye (Akhtar ve ark., 1998; Serdaroğlu ve ark., 2005), sarımsak yağı (Erkan, 2012), zeytin yaprakları (Jemai ve ark., 2008; Boudhrioua ve ark., 2009) gibi doğal koruyucu özellikleri olan bitkiler su ürünlerinde koruma maddeleri olarak kullanılmışlardır.

Biyoaktif bileşikler, gıdalarda doğal olarak çok düşük miktarlarda bulunan, sağlık üzerinde olumlu etkileri ve/veya hastalıkları önleme özelliği olan bileşiklerdir. Bu bileşikler bitkisel ve hayvansal kökenli gıdalarda farklı miktarlarda bulunabilirler. Ancak, pek çok biyoaktif gıda bileşeni gıdanın işlenmesi, depolanması, ve tüketilmesi sırasında hızlı bir şekilde aktivitesini kaybetmekte veya istenmeyen etkileşimlere girmektedir.

Kurkumin (curcumin), zerdeçalın (*Curcuma longa*) etken maddesidir. Çok baskın sarı – turuncu renge sahiptir, gıdalarda renklendirici ve aroma verici olarak da kullanılmaktadır. Kurkumin üzerine yapılan araştırmaların çoğunda zerdeçal özütü kullanılmaktadır çünkü zerdeçalın ağırlıkça sadece yaklaşık %3 ila %5'i kurkumindir, zerdeçal özütünün ise büyük çoğunluğu kurkuminden oluşur (URL – 3). Zerdeçalın kök saplarının toz haline getirilmesiyle elde edilen polifenolik yapıda doğal bir fitokimyasal olan kurkumin, çok güçlü antienflamatuar ve antikanserojen etkiler gösteren kuvvetli bir antioksidandır.

Enkapsülasyon, bir maddenin (aktif madde) başka bir madde içinde (dış kaplama veya kapsül) hapsedilmesi olarak tanımlanabilir (Nedovic ve ark., 2011). Enkapsülasyon gıda üretiminde kapsül içindeki aktif maddeyi korumak, gıdanın işlenmesi ve depolanması sırasında stabilitesini arttırmak, gıdanın işlenmesini kolaylaştırmak, canlı hücreleri korumak, kötü aromaları maskelemek, oksidasyonu engellemek ve biyoaktif maddelerin biyoyararlılığını arttırmak gibi amaçlarla

kullanılmaktadır (Gibbs ve ark., 1999; Nedovic ve ark., 2011; Poncelet ve ark., 2011).

Literatürde farklı su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için zerdeçal kullanılarak yapılmış birkaç çalışma mevcuttur. Pezeshk ve ark. (2011) zerdeçal özütü ve yeşil soğan özütünün vakum paketlenmiş soğukta depolanan gökkuşağı alabalığının raf ömrü üzerindeki etkilerini incelemiş, zerdeçal özütünün gökkuşağı alabalığının raf ömrünü 3 – 4 gün civarında uzatabildiğini ortaya koymuşlardır. Arulkumar ve ark. (2017) ise zerdeçal özütünün soğukta depolanan mürekkep balığının raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırarak, zerdeçal özütünün raf ömrünü 3 gün uzattığı sonucuna varmışlardır. Toz zerdeçalın çiğ ve pişmiş uskumrunun lipit oksidasyonunu inceleyen bir başka çalışmada da, toz zerdeçalın uskumruda meydana gelen lipit oksidasyonunu önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir (D'souza ve Prabhu, 2006). Ancak literatürde kurkumin kullanarak veya kurkumini enkapsüle ederek gökkuşağı alabalığının ve diğer su ürünlerinin raf ömrü üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

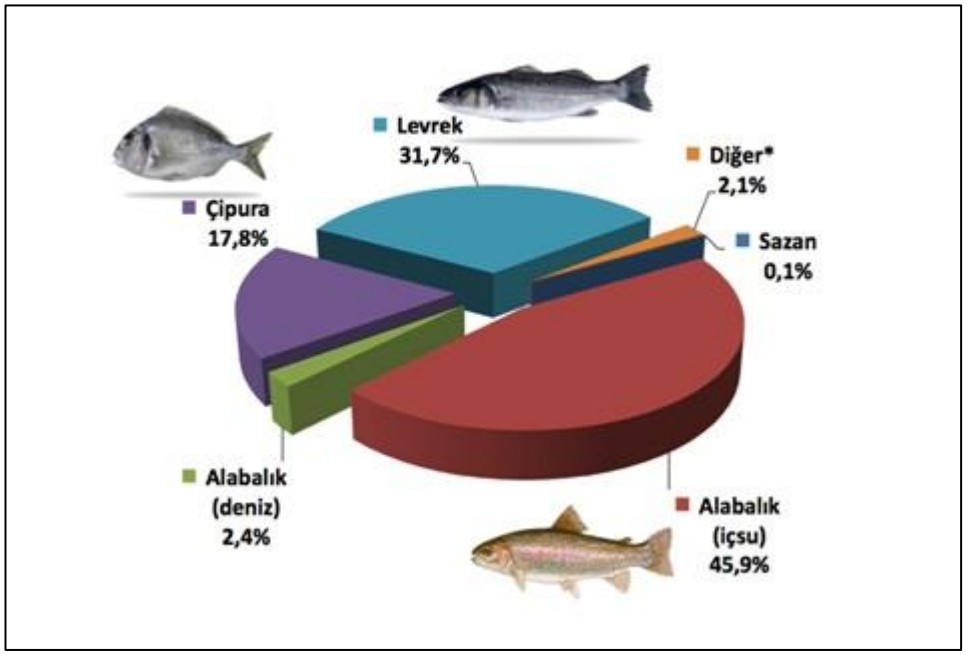
Bu tez çalışmasının amacı, enkapsüle edilmiş kurkuminin gökkuşağı alabalığı filetolarının depolanması sırasında kalite parametrelerine ve raf ömrüne olan etkisinin incelenmesidir. Kurkuminin etkisini görebilmek için kurkumin nişasta (Pickering) emülsiyonu yöntemi ile enkapsüle edilmiş ve gökkuşağı alabalığı filetoları bu emülsiyon ile kaplanarak 4°C'de 18 gün boyunca depolanmıştır. Tez çalışmasının sonucunda çiğ alabalık filetoları enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplandığında kontrol grubu filetolarına kıyasla mikrobiyal gelişmenin ve pH artışının yavaşladığı, sertlik ve renk değerlerinin korunduğu ve soğukta depolamada alabalık filetolarının raf ömrünün 4 güne kadar uzamasının sağlanabildiği ortaya konmuştur.

1. GENEL BİLGİLER

Balık ve diğer su ürünleri, günümüzde tüketilen proteinli yiyeceklerin önemli bir kısmını oluşturur. Yapılan kimyasal analizler sonucunda balığın proteinin yanı sıra önemli miktarda vitamin ve mineral madde içerdiği ve bu ürünlerin besleme değerinin yüksek olduğu bilinmektedir. Yağ miktarı balık çeşitlerine, balığın avlandığı ve yetiştirildiği mevsime, ve balık etlerine göre değişiklik göstermektedir. Karbonhidrat neredeyse hiç bulunmamaktadır. Balıktaki protein yüzdesi ise oldukça yüksektir (Yaman ve Esendal, 2004).

1.1. Gökkuşağı Alabalığı

Türkiye'de iç su balıkları yetiştiriciliği denildiğinde ilk akla gelen gökkuşağı alabalığıdır. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) dünyada ve ülkemizde yaygın biçimde yetiştirilmektedir. Alabalık üretimi iç su balıkları kültürünün yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Bu rakam toplam balıkçılığımızın da yaklaşık %8'ine eşittir (Güner, 2003).



Şekil 1.1. Türkiye'deki su ürünleri yetiştiriciliği dağılımı (URL – 4)

Gökkuşağı alabalığının sınıflandırması ise şu şekildedir (URL – 5):

Alem : Animalia

Şube : Chordata

Alt şube : Vertebrata

Üst sınıf : Pisces

Sınıf : Actinopterygii

Takım : Salmoniformes

Aile : Salmonidae

Cins : *Oncorhynchus*

Tür : *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Şekil 1.2)



Şekil 1.2. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Güney, 2013)

Alabalık türleri sistematik sınıflandırmada *Salmonidae* familyası içerisinde yer alırlar. *Salmonidae* familyasında yer alan Atlantik somonu, deniz alabalığı, dere alabalığı, kaynak alabalığı, alp alabalığı ve göl alabalığı dünya genelindeki alabalık türleri içerisinde ekonomik değere sahip türlerdendir. Ülkemizde ise Anadolu dağ alabalığı, Abant alabalığı, Aras alabalığı, Karadeniz alabalığı gibi alt türleri bulunmaktadır. Alabalık türleri içerisinde yetiştiriciliği en yaygın olanı Kuzey

Amerika kökenli gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) olmuştur. Kaynak alabalığı da gökkuşağı alabalığı ile aynı yıllarda yetiştirilmek ve kültürü yapılmak üzere yaklaşık 120 yıl önce Kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilmiş, ancak kültür şartlarına gökkuşağı alabalığının daha iyi uyum sağlaması sebebiyle kaynak alabalığına karşı gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği tercih edilmiş ve hızlı bir artış göstererek günümüzde önemli bir yetiştiricilik unsuru olmuştur. Dünya genelindeki kültür balıkçılığının gelişimine paralel olarak ülkemizde de özellikle üstün yetiştirme avantajları nedeniyle gökkuşağı alabalığı üretimi büyük aşamalar kat etmiştir. Önceleri küçük işletmeler tarafından gerçekleştirilen gökkuşağı alabalığı üretimi, 1990'lı yıllardan itibaren entegre üretim tesislerine dönüşmüştür. Hatta günümüzde ülkemiz gökkuşağı alabalığı üreticileri Avrupa'ya füme halinde işlenmiş ürün ihraç eder duruma erişmişlerdir (Aydın, 2009). Tarım Bakanlığı verilerine göre Türkiye 2013 yılında toplam su ürünleri yetiştiriciliğinde ve alabalık ihracatında AB ülkeleri arasında birinci sıraya yükselmiştir. 2013 yılında 101 bin ton toplam su ürünleri ihracatı yapılırken her geçen sene bu sayı daha da artmıştır ve 2018'de 177 bin tonu geçmiştir (URL – 6).

Alabalık üretimi ülkemizde ilk ele alınan ve başarıyla uygulanan bir yetiştiricilik yöntemidir. Ülkemizde ilk olarak 1970'li yıllarda başlayan çalışmalardan çok olumlu sonuçlar elde edilmiştir (URL – 7). Alabalık büyümesi ve gelişmesi için temiz, saf, serin ve oksijen yönünden zengin suları tercih ediyor olmasıyla bilinen bir balıktır. Aynı zamanda çevre koşullarına olan direncinin yüksek olması ve yetiştiricilik şartlarının kolay olmasından ötürü de üretimi tercih edilir. Alabalık yetiştiriciliğinde suyun kalite parametreleri çok önemlidir. Bol oksijenli (9 mg/l'nin üzerinde, en az 7 mg/l) sularda yaşamayı seven alabalıklar yıl içinde su sıcaklığı 5°C'nin altına düşmeyen ve 20°C'yi geçmeyen sularda rahatlıkla yetiştirilebilmektedir. Suyun pH'ı 5,5 – 8,5 arasında olmalıdır, pH nötr veya çok hafif alkali ise idealdir (URL – 1).

Alabalık, uygun fiyatı ve etinin lezzetli oluşu nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilen balıklar arasındadır. Alabalık ürünleri bütün alabalık, içi alınmış alabalık, standart derili fileto alabalık, ve füme fileto alabalık olarak taze soğutulmuş veya dondurulmuş halde pazarlanır (URL – 1). Taze balıklar kırmızı et ve tavuk ile karşılaştırıldığında daha hassastır ve daha kısa raf ömrüne sahiptir. Bunun nedeni büyük miktarlarda serbest amino asit ve uçucu azot bazları ve ürünün raf ömrünü

sınırlayan daha yüksek bir nihai pH'a sahip olmalarıdır (Ashie ve ark., 1996). Enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar genellikle ilk tazelik kaybından, mikrobiyal aktivite ise sonraki bozulmalardan sorumludur (Mohan ve ark., 2008). Balık etinde bulunan enzimlerin daha hızlı otolize uğraması ve balık etindeki asit reaksiyonlarının daha az olmasından dolayı balık ve diğer su ürünleri otolize, oksidasyona, yağların hidrolizine ve mikrobiyal bozulmaya karşı diğer etlere göre daha hassastır. Su ürünlerine soğukta veya buzda muhafaza koşullarının uygulanması halinde dahi bozulma ve tazeliğin kaybında zaman faktörü birinci derecede rol oynar. Balık dokusundaki hayati faaliyet sona erdiğinde doku enzimleri hızla hücreleri tahrip ederek etin yumuşamasına sebebiyet vermektedir (Şengör ve ark., 2000). Bu nedenle, balık avlandıktan hemen sonra iyi bir şekilde muhafaza edilmelidir. Balık etini muhafaza etmede birçok yöntem bulunmakla birlikte, son yıllarda kaplama teknolojisi de kullanılmaya başlanmıştır (Can ve Patır, 2012). Ayrıca biyoaktif bileşiklerin ve antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların da su ürünlerinin raf ömrünü arttırmak için kullanılması konusunda yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır (Pazos ve ark., 2005; Çetinkaya, 2013). Hem ekonomik yönelim hem de tüketicilerin korunmuş ürünlere olan talebi, balık kalitesini koruyacak yeni teknolojilerin kullanılmasına eğilimi arttırmıştır.

Mexis ve ark. (2009), bir oksijen emici madde ve kekik yağı kombinasyonunun 4°C'de depolanan gökkuşağı alabalığı filetolarının raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla depolama boyunca filetolarda meydana gelen kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değişimleri analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda, kontrol filetolarının raf ömrü 4 gün iken oksijen emici madde ve kekik yağı kombinasyonunun filetoların raf ömrünü17 güne uzatabildiği ortaya konmuştur.

Ojagh ve ark. (2010) 4°C'de depoladıkları alabalık filetolarını tarçın yağı ile zenginleştirdikleri kitosan ile kaplayarak bu kaplamanın balığın raf ömrünü uzatmaya olan etkilerini araştırmıştır. 16 gün boyunca depolanan alabalıkların mikrobiyolojik, kimyasal ve duyusal özellikleri incelenmiş; kaplama işleminin alabalık filetoları üzerindeki etkilerinin olumlu olduğu, kalite özelliklerini koruduğu ve buzdolabında depolanması esnasında raf ömrünü uzattığı sonucuna varılmıştır.

Andevari ve Rezaei (2011) gökkuşağı alabalığı filetolarının buzdolabı koşullarında 20 gün boyunca depolanması esnasında %1, %1,5 ve %2 oranında tarçın yağı içeren jelatin ile kaplanmasının kalite üzerine etkisini araştırmış; %1,5 ve %2 tarçın yağı içeren jelatin kaplamaların bakteri gelişmesini engellediğini ve kimyasal bozulma derecesini azaltmakta etkili olduğunu, böylece raf ömrünün uzamasını da sağladığını gözlemlemiştir.

Can ve Patır (2012) kitosan kullanarak yaptıkları çalışmada alabalık filetolarının soğuk muhafazası sırasında meydana gelen değişimleri incelemiştir. Bu çalışmayla doğal bir katkı maddesi olan kitosanın alabalık filetolarının raf ömrü üzerine olumlu yönde etki gösterdiği, bu nedenle ambalajlama materyallerine alternatif bir madde olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Jouki ve ark. (2014) gökkuşağı alabalığı filetolarını kekik ve dağ kekiği yağları ekledikleri ayva çekirdeği müsilajından elde edilen filmlerle kaplayarak 4°C'de 18 gün depolamış ve farklı oranlarda eklenen yağ içeren film kaplamaların raf ömrü üzerindeki etkilerini çalışmıştır. Bu çalışma sonucunda, kontrol filetolarının raf ömrü 7 gün iken farklı kaplamalarla gökkuşağı alabalığı filetolarının raf ömrünü 17 güne kadar uzatılmıştır.

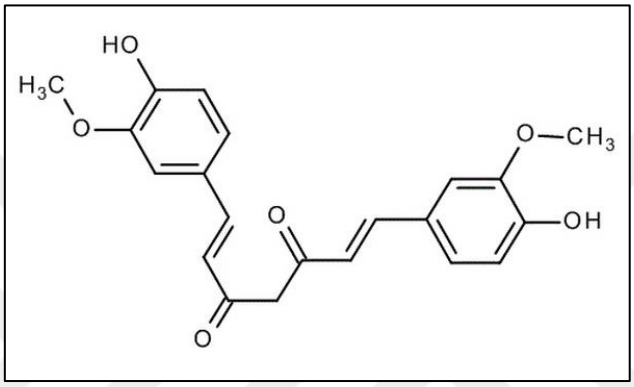
1.2. Kurkumin

Zerdeçal (*Curcuma longa*), Hindistan, Çin ve Güney Doğu Asya'da yaygın olarak yetiştirilen ve baharat, gıda koruyucu ve renklendirici madde olarak kullanılan sarı çiçekli, büyük yapraklı ve yumrulu çok yıllık otsu bir bitkidir. Hint tıbbı olan ayurvedanın temel bitkisi zerdeçaldır. Solunum sistemi hastalıklarında, iştahsızlıkta ve eklem hastalıklarında kullanılır (Karaman ve Köseler, 2017); iltihap azaltma (Sandur ve ark., 2007; Aggarwal ve ark., 2009), iyileştirme (Maheshwari ve ark., 2006), kansere karşı mücadele (Ahn ve ark., 2010) ve bakterilerin aktivitesini azaltma gibi etkileri vardır (Gupta ve ark., 2005; Naz ve ark., 2010).

Zerdeçalın köklerinden elde edilen sarı renkli bir pigment olan kurkumin, zerdeçalın etken maddesidir. Zerdeçalın 1 gramında yaklaşık olarak 10 ila 30 mg kurkumin bulunur (Karaman ve Köseler, 2017).

1.2.1. Kurkuminin yapısı

Zerdeçalın ana bileşeni olan kurkumin, ilk kez Vogel ve Pelletier tarafından 1815 yılında izole edilmiştir. 1870 yılında Daube tarafından kristalize edilmiş ve daha sonra sentezini gerçekleştirecek olan Lampe ve çalışma arkadaşları, 1910 yılında yapısını açıklığa kavuşturmuşlardır (Şekil 1.3). Kurkumin suda nispeten çözünmez, ancak başta metanol olmak üzere aseton, etanol, kloroform, asetik asit, benzen ve toluen gibi solventlerde iyi çözünür (Akkaya, 2014).



Şekil 1.3. Kurkuminin yapısı (URL – 8)

1.2.2. Kurkuminin kullanım alanları

Zerdeçal yüzyıllardır Hindistan'da kullanılmış bir bitkidir ve bilinen bir yan etkisi yoktur. Son yıllarda dünyada zerdeçala karşı ilgi son derece artmıştır, dolayısıyla literatürde zerdeçalın ve etken maddesi olan kurkuminin sağlık üzerine etkileri hakkında yayınlanmış binlerce çalışma bulunmaktadır (Karaman ve Köseler, 2017). Geleneksel tıpta kurkumin hazımsızlık, üriner sistem enfeksiyonları, karaciğer hastalıkları ve romatoit artrit gibi çok çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Kurkumin son yıllarda kanser araştırmalarında kanseri baskılayıcı özelliği nedeniyle dikkat çekmiştir. Antikanser bir ajan olarak pek çok kanser türünde tümör oluşumunu baskıladığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Zerdeçaldan elde edilen kurkumin yüzyıllar boyunca çeşitli iltihabi hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılmıştır. Kurkuminin lösemi ve lenfoma, gastrointestinal kanserler, genitoüriner kanserler, göğüs kanseri, yumurtalık kanseri, baş ve boyun skuamöz (yassı) hücre karsinoması, akciğer kanseri, melanom ve nörolojik kanserlerde tümör oluşumunu baskıladığı rapor edilmiştir (Anand ve ark., 2008).

Kurkumin, güçlü bir anti-enflamatuar ve antioksidandır, ayrıca depresyon, diyabet ve astım belirtilerinin tedavisinde de kullanılabilir (Karaman ve Köseler, 2017).

Zerdeçalın alabalık filetolarının raf ömrünü uzatmak için kullanıldığı bir çalışmada zerdeçal özütü, arpacık soğanı özütü ve bunların kombinasyonlarının vakumla paketlenmiş gökkuşağı alabalığının kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir (Pezeshk ve ark., 2011). 20 gün boyunca 4±1°C'de depolanan alabalık örneklerinin periyodik olarak mikrobiyolojik (toplam bakteri ve psikrotrof bakteri sayısı), kimyasal (TVB-N, TBA ve peroksit değeri) ve duyusal analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda zerdeçal özütü, arpacık soğanı özütü ve bunların kombinasyonlarının mikrobiyal gelişmeyi geciktirdiği ve raf ömrünü uzattığı ortaya konmuştur.

Zerdeçalın buzda depolanan karideslerin raf ömrünü nasıl etkilediğini anlamak için yürütülen bir çalışmada, zerdeçal kullanımının soyulmuş karideslerin raf ömrünü 8 güne kadar uzattığı görülmüştür (Prabhu ve ark., 2016).

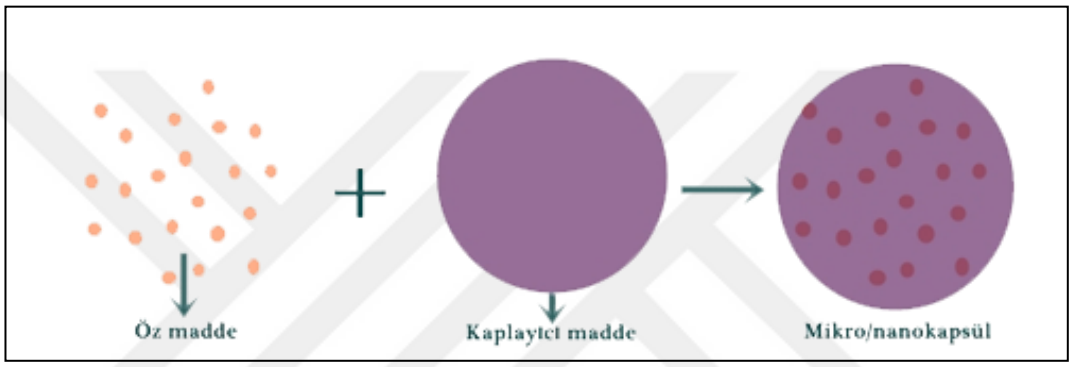
Arulkumar ve ark. (2017) zerdeçal özütünün 4ºC'de 18 gün boyunca depoladıkları mürekkep balıklarının raf ömrü ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmayla %0,5'lik zerdeçal özütüyle kaplanan mürekkep balıklarının 4ºC'deki raf ömrünün 15 güne kadar uzadığı saptanmıştır.

Chilek ve ark. (2017) sodyum asetat, kırmızı biber ve zerdeçalın 5°C'de 15 gün boyunca depoladıkları tilapya balığı filetolarının raf ömrüne olan etkisini görebilmek amacıyla 6 farklı gruba ayırdıkları filetolarda mikrobiyolojik analiz, TVB-N, TBA ve TMA ölçümleri ile tekstür analizlerini yapmıştır. Zerdeçalın tek başına kullanımı kontrol grubu filetolarında 3 gün olan raf ömrünü 6 güne uzatmış, zerdeçal-tuz-sodyum asetat kombinasyonunda ise raf ömrü 12 gün olarak bulunmuştur.

Kaba ve ark. (2017) doğal ve yapay renklendiricilerin sıcak dumanlanmış zargana filetolarının kalitesi üzerindeki etkilerini görebilmek amacıyla zerdeçal ve sunset yellow FCF (E110) kullanmış ve depolama boyunca kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler yapmıştır. Çalışma sonunda zerdeçal kullanımının zargana filetolarının duyusal özellikleri üzerinde sunset yellow FCF'den daha olumlu etkileri olduğunu ve zargana filetolarının tüketilebilirliğini arttırdığını ortaya konmuştur.

1.3. Enkapsülasyon

Enkapsülasyon, hassas bir maddenin (aktif madde) etrafının başka bir madde (dış kaplama veya kapsül) ile sarılarak bariyer oluşturulması prensibine dayanan bir yöntemdir (Şekil 1.4). Bu yöntemle hassas maddelerin stabilitesi ve biyoyararlılığı arttırılabilmektedir (Özcan, 2018). Enkapsülasyon yöntemiyle oluşturulan kapsülün boyutu 200 nm (0,2 µm) ve altındaysa işlem 'nanoenkapsülasyon', 0,2 – 5000 µm arasında ise 'mikroenkapsülasyon' olarak adlandırılmaktadır (Gökmen ve ark., 2012).



Şekil 1.4. Enkapsülasyon işlemi (URL – 9)

Gıda endüstrisinde en fazla enkapsüle edilen maddeler renklendiriciler, aroma vericiler, vitaminler, biyoaktif bileşikler ve diğer hassas gıda bileşenleridir, ve genellikle gıdaların raf ömürlerinin uzatılması hedeflenmektedir (Nedovic ve ark., 2011; Özcan, 2018). Aktif bileşikler kullanımı, taşımayı veya başka bileşenlerin içine katılmasını kolaylaştırmak üzere sıvıdan katı forma dönüştürmek gibi çeşitli nedenlerle enkapsüle edilirler. Gıda endüstrisinde enkapsüle edilmiş maddelerin çok sayıda yararı vardır. Enkapsülasyon işlemi biyoaktif moleküller (antioksidanlar, mineraller, vitaminler, yağ asitleri, vb.) ile canlı hücrelerin (probiyotikler, vb.) gıdalara eklenmesini kolaylaştırmada yararlı bir araçtır. Diğer nedenler içinde tat/koku maskeleme, buharlaşma, oksidasyondan korunma ve kontrollü salım uygulamaları bulunmaktadır (Nedovic ve ark., 2011; Zuidam ve Shimoni, 2010).

Su ürünlerinde yapılan enkapsülasyon çalışmaları genellikle balık yağının olumsuz tadını maskelemek ve lipit oksidasyonunu engellemek üzerinedir. Enkapsülasyon sayesinde balık yağının oksidatif stabilitesinin arttığı pek çok çalışma ile ortaya konmuştur (Beindorff ve Zuidam, 2010; Sathivel ve Kramer, 2010).

Enkapsülasyonun su ürünlerinde kullanıldığı bir diğer uygulama alanı da su ürünleri yetiştiriciliğidir. Ghosh ve ark. (2014) gökkuşağı alabalığı bağırsağından izole edilen ve probiyotik özelliği olan bir *Enterobacter* türünü (C6-6) aljinat ile enkapsüle ederek gökkuşağı alabalığı yavrularına oral yolla ve intraperitoneal (IP) enjeksiyon yoluyla uygulamış ve enkapsüle C6-6'nın *Flavobacterium psychrophilum*'un neden olduğu bakteriyel soğuk su hastalığına karşı koruyucu etkinliğini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, her iki yolla uygulanan enkapsüle C6-6'nın gökkuşağı alabalığındaki bakteriyel soğuk su hastalığı salgınlarını önlemek için etkili olduğu görülmüştür. Kumaree ve ark. (2014) yayın balığından izole ettikleri *Lactobacillus plantarum'*u enkapsüle ederek farklı oranlarda balık yemine karıştırmış ve enkapsüle edilen *Lactobacillus plantarum'*un patojenler üzerinde güçlü bir antibakteriyel etki göstererek balık hastalıklarını engellemede oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur.

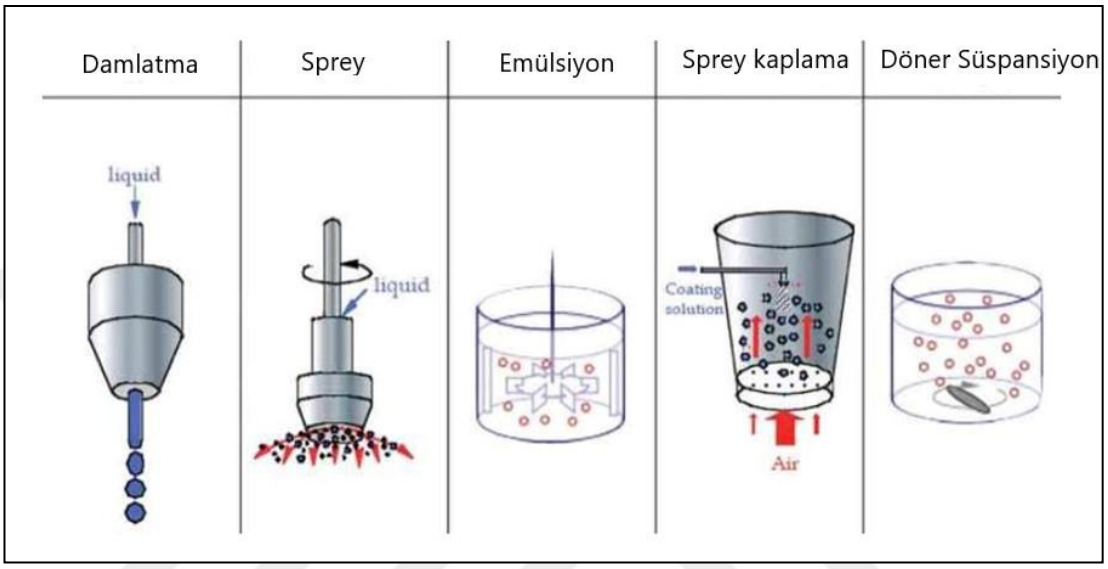
Literatürde enkapsülasyonun balık ve diğer su ürünlerinin raf ömrü araştırmalarında kullanıldığı çalışmalar kısıtlıdır. Shamloofar ve ark. (2015) enkapsüle edilmiş nisin kullandıkları çalışmada, farklı oranlarda nisin uygulanan gökkuşağı alabalığı filetolarını modifiye atmosferde paketleyerek 4ºC'de 20 gün boyunca depolamış ve raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmayla enkapsüle edilmiş nisin uygulanan filetoların raf ömrünün kontrol filetolarına kıyasla 4 – 7 gün uzadığı saptanmıştır.

Enkapsülasyon için farklı yöntemler kullanılmaktadır (Şekil 1.5). Enkapsülasyon yöntemini ve kaplama maddesini seçerken aktif maddenin fizikokimyasal özellikleri, üretim sırasında kullanılan işlem koşulları, ürünün depolama şartları, kapsül boyutu ve yoğunluğu gibi kriterler dikkate alınmalıdır (Gökmen ve ark., 2012). En kolay sınıflandırma, enkapsülasyon işlemini gerçekleştirmek için gerekli ekipmana dayalı olabilir. Kullanılan enkapsülasyon materyali, kaplanacak olan malzeme veya istenilen işleve göre bu yöntemler değişiklik gösterir ve ona göre tercih edilir (Poncelet ve ark., 2011).

1.3.1. Damlatma yöntemi

Damlatma yönteminde aktif madde ile bir polimer çözeltisi homojenize edilerek bir şırınga veya damlalıktan damlatılır. Damlacıklar soğutma veya jelleştirme ile

katılaşabilir. Damlatma yöntemi pratik değildir, genellikle küçük ölçekli üretimlerde kullanılması uygundur. Yöntemin en büyük dezavantajı verimliliğin düşük olmasıdır. Verimlilik, bir sıvı jetinin oluşturulması ve küçük damlacıklara bölünmesi, damlalıkların çoğaltılması veya döndürme düzenekleriyle çalışılarak arttırılabilir (Poncelet ve ark., 2011).



Şekil 1.5. Enkapsülasyon yöntemleri (Poncelet ve ark., 2011)

1.3.2. Püskürtmeli (sprey) kurutma yöntemi

Püskürtmeli kurutma, enkapsülasyon için kullanılan en eski yöntemlerden biridir, ekonomik ve kullanışlı olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır (Gökmen ve ark., 2012). Küçük damlacıklar ya soğutulur ya da kurutulur. Püskürtmeli kurutma kullanımı gıda endüstrisinde büyük ölçüde geliştirilmiştir, çünkü işlem klasik gıda tozu (süt tozu vb.) üretimine çok benzerdir. Bu yöntemle yüksek miktarlarda üretim yapılabilir ve kaplama materyali çeşitliliği fazladır, ancak aktif maddeler yüksek sıcaklıkta çok çabuk bozulabildiği için sonuç her zaman tatmin edici değildir (Poncelet ve ark., 2011).

1.3.3. Püskürtmeli (sprey) kaplama yöntemi

Püskürtmeli kaplama, bir tozun genellikle bir akışkan yatak ünitesinde akışkanlaştırması ve akışkanlaştırılmış parçacıklar üzerine bir kaplama çözeltisinin püskürtülmesiyle yapılır. Kaplama materyali kurutma veya soğutma ile katılaştırılır.

Performans ve esneklik açısından en verimli yöntemdir, ancak işlem maliyetlerinin yüksek olması bu yöntemin dezavantajıdır (Poncelet ve ark., 2011).

1.3.4. Döner süspansiyon seperasyon yöntemi

Rotasyonel süspansiyon seperasyon olarak da adlandırılan bu yöntem aktif maddenin sıvı kaplama materyali ile süspanse edilerek döner disk atomizerden geçirilmesi işlemidir (Gökmen ve ark., 2012). Parçacıklar ve çözelti arasındaki etkileşimler, parçacıkların etrafında bir kaplama tabakasının oluşmasına neden olur (Poncelet ve ark., 2011). Döner süspansiyon seperasyon yöntemi çeşitli gıda uygulamaları için etkili bir yöntemdir. Özellikle püskürterek kurutulmuş aroma maddelerinin uzun süreli depolanmalarında oluşabilecek uçucu bileşik kaybını önlemek amacıyla tercih edilmektedir (Barbosa-Canovas ve ark., 2005).

1.3.5. Dondurarak kurutma yöntemi

Dondurarak kurutma, ısıya duyarlı biyoaktif bileşenlerin ve aroma maddelerinin kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde aktif madde ve taşıyıcı malzeme suda çözünür. Yüksek enerji kullanımı ve uzun işlem süresi gerektirmesi nedeniyle pahalı bir yöntemdir (Gökmen ve ark., 2012).

1.3.6. Emülsiyon yöntemi

Emülsiyon yönteminde hazırlanan polimer çözeltisi (sürekli olmayan faz) soya, ayçiçeği, kanola ve mısır yağı gibi sıvı yağlar (sürekli faz) içerisine eklenmektedir (Barbosa-Canovas ve ark., 2005). Emülsiyon ile dağıtılan damlacıklar farklı işlemlerle mikrokapsüllere dönüştürülebilir. Gıda endüstrisinde kullanılan ana yöntem, önce enkapsüle edilecek aktif maddeyi içeren bir yağ çözeltisinin bir polimer çözelti içinde dağıtılması ve sonra polimerlerin damlacıkların ara yüzünde çökeltilmesi şeklindedir (Poncelet ve ark., 2011).

Emülsiyon bazlı sistemler biyoaktif bileşenleri zor koşullara karşı korumak, stabilitelerini ve etkilerini arttırmak ve kötü tat ve kokuyu maskelemek gibi nedenlerle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurkumin hidrofobik ve kararsız yapıda olduğundan gıda sistemleri içindeki davranışının kontrolü zor olmaktadır, bu nedenle kurkumin taşıyıcı bir yağ içerisinde emülsiyon formunda

enkapsüle edilir (Sari ve ark., 2015). Kurkuminin emülsiyon yöntemi ile enkapsülasyonu ile ilgili literatürde yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada kurkuminin antienflamasyon etkisini geliştirmek için değişik boyutlarda su içinde yağ (Y/S) nanoemülsiyonları, 24000 rpm'de ve 1500 barda yüksek-basınçlı homojenizasyon kullanılarak hazırlanmış ve iki Y/S emülsiyonu kullanılarak kurkumin enkapsüle edilmiştir. Kurkumin suda çözünmediği halde, Y/S emülsiyonlarının kurkumini taşıma kapasitesi yüksek olduğu ve emülsiyonun kurkuminin antienflamasyon etkisini arttırdığı gözlenmiştir (Wang ve ark., 2008).

Kurkuminin çok çeşitli fonksiyonları olmasına rağmen sudaki çözünmezliği, düşük stabilitesi, ışığa ve ısıya hassas olması gibi nedenlerle gıda sektöründeki kullanımı renklendirici ve koruyucu olmaktan öte gidememiştir (Wang ve ark., 2009). Wang ve ark. (2009) kurkumini stabilize ederek kararlılığını ve çözünürlüğünü arttırmak için jelatin ve nişasta emülsiyonu ile enkapsüle etmiş, elde ettikleri mikrokapsüllerin *E. coli, Y. enterocolitica, S. aureus, B. subtilis, B. cereus, A. niger, P. notatum, S. cerevisiae* gibi gıda kaynaklı patojenlere karşı antibakteriyel ve antifungal aktivitelerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları enkapsüle kurkuminin antifungal aktivitesinin antibakteriyel aktivitesine göre çok daha iyi olduğunu ve Gram (+) bakterilerde Gram (–) bakterilere göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışma enkapsüle kurkuminin gıda endüstrisinde hem renklendirici hem de koruyucu olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Literatürde enkapsülasyon yönteminin ve kurkuminin balık ve diğer su ürünlerinin raf ömrü araştırmalarında kullanıldığı çalışmalar çok kısıtlıdır, enkapsüle edilmiş kurkuminin etkilerini araştıran bir çalışma ise henüz bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasıyla literatürdeki bu boşluğu doldurmak için bir başlangıç yapılması hedeflenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Şekil 2.1'de verilen iş akış şemasında çalışma kapsamında izlenen sıra ve kullanılan yöntemler kısaca verilmiştir.

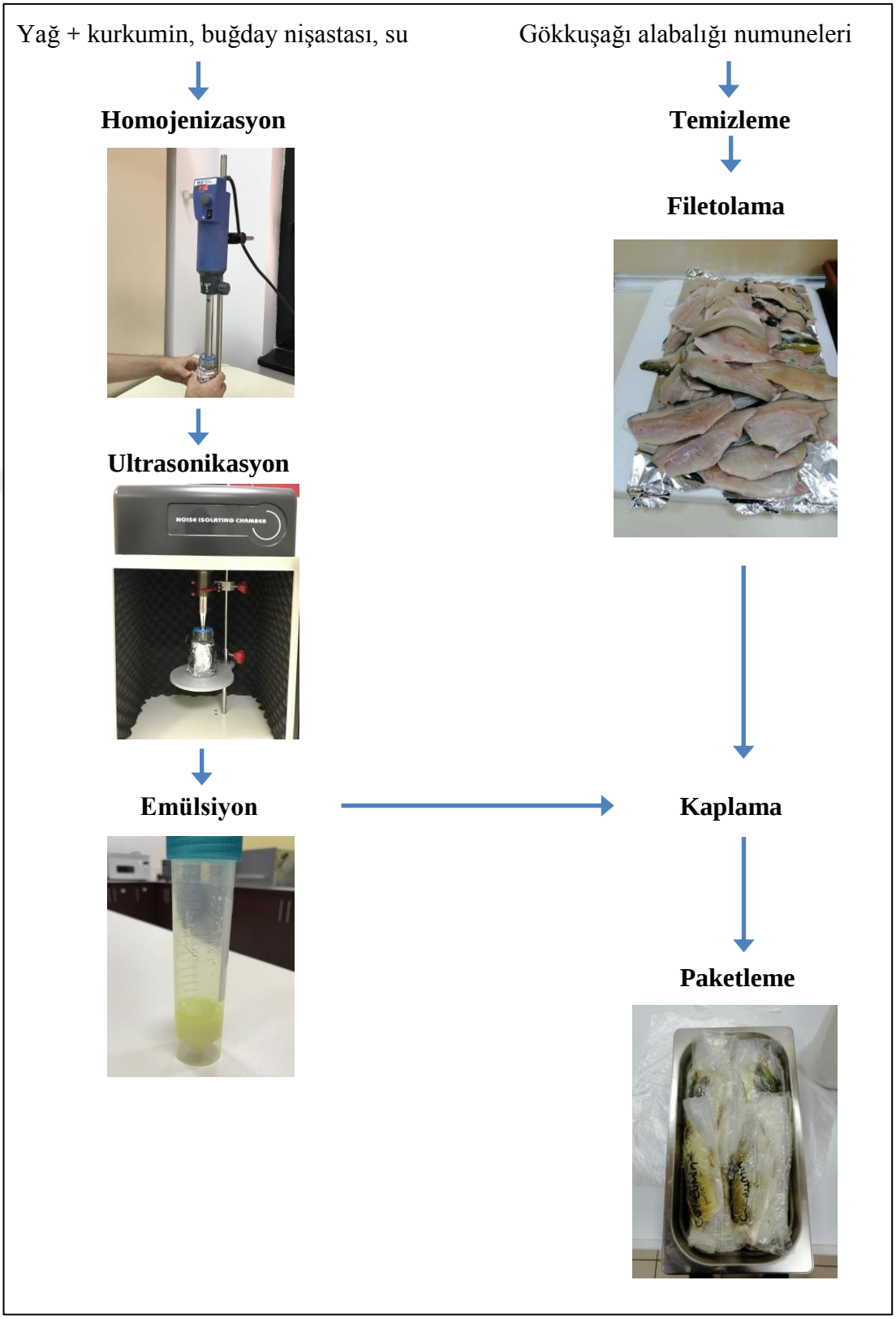
2.1. Malzemeler

Bu tez çalışmasında gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır. Çalışma için kullanılan gökkuşağı alabalığı örnekleri Yuvacık, Kocaeli'de bulunan Balkaya Alabalık Üretim Tesisleri'nden canlı olarak temin edilmiştir. Deneyler Nisan ve Haziran aylarında iki tekerrür olarak yürütülmüştür. Her iki tekerrür için alabalık işletmesinden aynı boy balık temin edilmiştir. Alınan gökkuşağı alabalığı örnekleri işletmeden laboratuvara bir saat içinde getirilerek laboratuvar koşullarında temizlenmiş ve filetolanmıştır (Şekil 2.1).

Enkapsülasyon için kullanılan kurkumin Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 820354). Ayçiçek yağı ve buğday nişastası ise Kocaeli'de yerel bir marketten alınmıştır.

2.2. İş Akışı

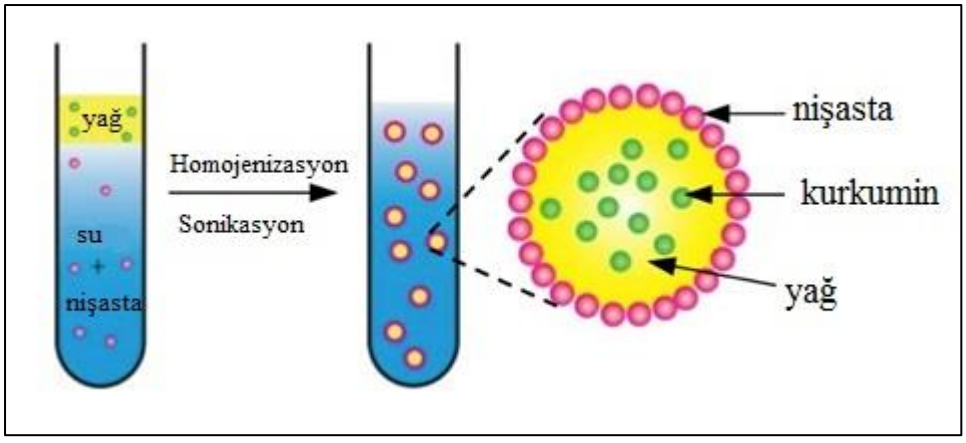
Gökkuşağı alabalığı filetoları rastgele iki ayrı gruba bölünmüştür. Kontrol grubu olarak ayrılan filetolar herhangi bir işlem yapılmadan tek tek polietilen ambalajlarda paketlenerek +4±1°C'de depolanmıştır. Enkapsüle edilmiş kurkuminin depolama boyunca gökkuşağı alabalığı filetolarının kalitesine ve raf ömrüne olan etkisini görebilmek amacıyla ise öncelikle kurkumin enkapsüle edilerek bir emülsiyon hazırlanmış ve filetolar 5 dakika boyunca bu emülsiyonun içinde daldırma yöntemi ile bekletildikten sonra polietilen torbalarda ambalajlanarak +4±1°C'de depolanmıştır. Depolama süresi boyunca depolama sıcaklığı fiber optik termokupl ile ölçülerek kontrol edilmiştir.



Şekil 2.1. İş akış şeması

2.3. Enkapsülasyon İşlemi

Enkapsülasyon için Wang ve ark. (2014) yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Gökkuşağı alabalığı filetolarının kaplanması amacıyla öncelikle nişasta (Pickering) emülsiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan emülsiyonun bileşimi %10 ayçiçek yağı, %8 buğday nişastası, ve %82 sudan oluşmaktadır. Toz halindeki kurkumin direkt olarak ayçiçek yağına eklenmiş (0,25 mg kurkumin/g yağ) ve 60°C'de 2 saat boyunca kurkumin tamamen çözünene kadar bir manyetik karıştırıcı (A&E Lab Co Ltd., ASCH-305, UK) yardımı ile karıştırılmıştır. Daha sonra kurkumin içeren ayçiçek yağı, buğday nişastası ve su karıştırılıp su ve yağ fazının iyice karışması amacı ile 14000 rpm'de 2 dakika boyunca homojenizatör kullanılarak (IKA Ultra-Turrax T18, Almanya) homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonucunda elde edilen emülsiyonun çok ince taneli yapıda olabilmesi için ultrasonikatörde (Hinotek JY92-IIN, Çin) 1 dakika ultrasese maruz bırakılmıştır. Bu işlemler sonucunda enkapsüle kurkumin elde edilmiştir (Şekil 2.2). Kurkumin ışığa duyarlı bir bileşen olduğu için (Wang ve ark., 2009) tüm bu işlemler boyunca kullanılan kaplar alüminyum folyo ile kaplanarak ışığın etkisi minimuma indirilmiştir. Filetolar hazırlanan emülsiyonun içinde filetoları tamamen kaplayacak şekilde daldırma yöntemi ile 5 dakika boyunca bekletildikten sonra bir ızgara üzerinde süzdürülüp tek tek ambalajlanarak depolanmıştır.



Şekil 2.2. Nişasta emülsiyonunun hazırlanışı (Wang ve ark., 2014)

2.4. Kalite Parametreleri

Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama boyunca kalitesinin nasıl değiştiğini ölçebilmek amacıyla her iki tekerrür için de 0., 4., 8., 13. ve 18. günlerde tekstür, pH, ve renk ölçümleri ile mikrobiyolojik, kimyasal, TBA ve TVB-N analizleri yapılmıştır. Her bir parametre için rastgele seçilen 3 ayrı fileto kullanılmıştır.

2.4.1. Kimyasal analizler

Gökkuşağı alabalığı filetolarının nem ve kuru madde analizleri TS 1743/ISO 1442'ye göre, kül tayini analizleri TS 1746 ISO 936/2001 Et ve Et Mamulleri Standardı'na göre, protein analizleri AOAC 992.15'e göre, yağ analizleri TS 1744 Et ve Et Mamülleri – Toplam Yağ Miktarı Tayini Standardı'na göre yapılmıştır.

2.4.2. Tekstür analizi

Gökkuşağı alabalığı filetolarının tekstür analizi 50 N'luk bir yük hücresi takılmış olan tekstür analiz cihazı (Lloyd Instruments TA Plus, UK) ile yapılmıştır. Gökkuşağı alabalığı filetoları 10 mm'lik silindirik bir prob yardımıyla 3 mm/dk hızla %30 oranında sıkıştırılmıştır.

2.4.3. pH ölçümü

Gökkuşağı alabalığı filetolarının pH değerleri TS 3136 ISO 2917 Et Ve Et Ürünleri pH Ölçülmesi Standardı'na göre ölçülmüştür (Inolab pH 7110, Almanya).

2.4.4. Renk ölçümü

Gökkuşağı alabalığı örneklerinin renk değerleri Hunter L*, a*, b* yöntemi ile ölçülmüştür (Konica Minolta Chroma Meter CR-400, Japonya). Hunter kolorimetresinde üç renk değeri vardır: L* değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki aydınlık derecesini, a* değeri kırmızı veya yeşilliği (pozitif değerler kırmızılık, negatif değerler yeşillik göstergesidir), b* değeri ise sarılık veya maviliği ölçer (pozitif değerler sarılık, negatif değerler mavilik göstergesidir).

2.4.5. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler için seçilen her bir filetodan 3'er ayrı dilüsyon hazırlanmıştır. Mikrobiyolojik analizler için, 10 gram örnek aseptik şartlar altında tartılmış ve üzerine 90 ml steril %0,1'lik peptonlu su ilave edilerek homojen hale getirilmiş, daha sonra diğer dilüsyonlar hazırlanmıştır. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri (MAB) ve toplam psikrofilik aerobik bakteri (PAB) sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan birer ml alınarak, her mikroorganizma grubu için üçer adet PCA besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim yapıldıktan sonra toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için 37±1°C'de 48 saat, psikrofilik aerobik bakteri sayımı için 7±1°C'de 10 gün inkübe edilmiş, inkübasyon süresi sonunda petrilerde oluşan koloniler sayılmıştır.

2.4.6. TBA ve TVB-N analizleri

Tiyobarbütirik asit (TBA) ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizleri TÜBİTAK MAM Gıda Enstitüsü laboratuvarlarında Schormüller yöntemi kullanılarak yaptırılmıştır (Schormüller, 1968).

2.5. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen deneysel verilerin analizleri, Microsoft Excel 2010 programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar arasında farklılık olup olmadığı ve aralarındaki ilişki %95 güven aralığında t-testi uygulanarak ortaya konmuştur. Verilerin istatistiksel analizi için MINITAB 16 istatistik programı (Minitab Inc., State Collage, PA, USA) kullanılmıştır. Her ölçüm 3 kere tekrarlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, enkapsüle edilmiş kurkuminin gökkuşağı alabalığı filetolarının raf ömrü ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Enkapsülasyon sistemi olarak hazırlama ve sıvı hali sayesinde uygulama kolaylığı nedeniyle emülsiyon yöntemi seçilmiştir. Ön denemelerde farklı emülsiyonlar oluşturularak emülsiyon kararlılığına ve rengine bakılmıştır. Bu ön denemeler sonucunda %10 yağ içeren nişasta (Pickering) emülsiyonu kullanılmasına karar verilmiştir. Pickering emülsiyonları, yalnızca katı partiküller kullanılarak (nişasta, kolloidal silika, vb.) stabilize edilen, fiziksel ve kimyasal anlamda uzun dönemli kararlılık gösteren emülsiyonlardır. Bu şekilde, partiküller dışında hiç bir kimyasal veya katkı maddesi eklenmesi gerekmemekte, gıda ile daha uyumlu emülsiyonlar üretilebilmektedir. Bu özellikleri dolayısıyla gerek konvansiyonel, gerekse fonksiyonel gıda ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadırlar. Stabilitesi yüksek emülsiyonların karakteristik özellikleri ortam koşullarından oldukça yavaş etkilenirler.

Kontrol filetoları ve enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplanan filetolar olarak iki gruba ayrılan gökkuşağı alabalığı filetoları 4°C'de 18 gün boyunca depolanarak tekstür, renk, TBA, TVB-N ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Giriş kısmında belirtildiği gibi standart derili alabalık filetolarının buzdolabı sıcaklığındaki raf ömrü en fazla 7 gündür; literatürde raf ömrünü uzatmak için yapılan çalışmalarda ise farklı uygulamalarla alabalık filetolarının raf ömürlerinin en fazla 15 ila 20 gün arasına uzatılabildiği görülmüştür (Mexis ve ark., 2009; Ojagh ve ark., 2010; Andevari ve Rezaei, 2011). Bu nedenle değişimleri gözlemleyebilmek için depolama süresi literatürle uyumlu olarak 18 gün seçilmiştir.

3.1. Kimyasal Analizler

Çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalığı filetolarının işletmeden temin edildiği gün analiz edilmesi ile elde edilen kimyasal bileşimi Tablo 3.1'de verilmiştir. Kullanılan gökkuşağı alabalığının yağ oranı %2,78 olarak tespit edilmiştir. Buna göre çalışmada kullandığımız alabalıklar az yağlı balıklar sınıfına girmektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Tablo 3.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının kimyasal bileşimi

Nem (%)	Kuru madde (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)
74,54 ± 0,20	25,46 ± 0,20	1,54 ± 0,06	2,78 ± 0,07	17,36 ± 0,74

3.2. Tekstür Analizleri

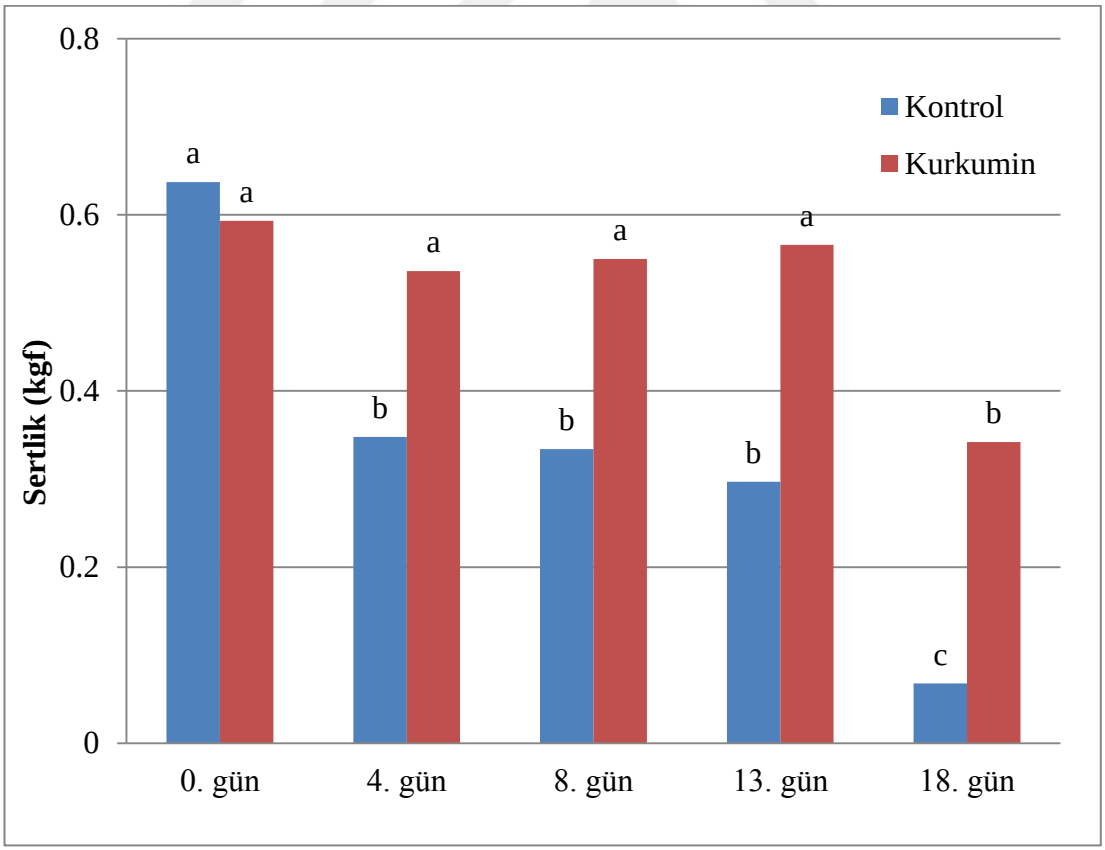
Kontrol grubu ve enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış alabalık filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen sertlik değerleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplanan alabalık filetolarının sertlik değerleri 13. gün sonuna kadar istatistiksel olarak 0. gün ile aynı kalırken, kontrol filetoları 4. günden itibaren belirgin bir şekilde yumuşamıştır. Balık dokusundaki hayati faaliyet sona erdiğinde doku enzimleri hızla hücreleri tahrip ederek etin yumuşamasına sebebiyet vermektedir. Kasaplık hayvanlarda "olgunlaşma" olarak adlandırılan bu olay, et kalitesi açısından tercih edilen bir durum olmakla birlikte, balıklarda istenmemektedir (Şengör ve ark., 2000). Şekil 3.1'den anlaşılacağı gibi, hiç bir uygulama yapılmamış alabalık filetolarındaki sertlik kaybı 4. gün itibariyle istatistiksel anlamda belirgin olarak başlamıştır. 18. günde kontrol örnekleri kendiliğinden parçalanmaya başlamış, balık etinin yapısı tamamıyla bozulmuştur. Ancak 18. günün sonunda enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplanmış alabalık örnekleri hala diri durumdadır, istatistiksel olarak kontrol örneklerinin 4. gündeki sertliği ile aynıdır. Enkapsüle edilmiş kurkumin uygulaması, alabalık filetolarının etinin sertliğinin muhafaza edilmesinde etkili olmuştur. Balık etinin yumuşamasının kalite kaybı olarak kabul edildiği düşünüldüğünde, enkapsüle edilmiş kurkuminin yalnızca sertlik değerleri göz önüne alındığında raf ömrünü 2 hafta kadar uzatabilmesi mümkün olmuştur.

Su ürünlerinin tekstür özelliklerini değerlendirmek için duyusal ve aletli analiz yöntemleri kullanılabilmektedir, çalışma sonuçları her iki yöntemin de güvenilir olduğunu ve uyumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur (Coppes ve ark., 2002). Literatürde su ürünlerinde yapılmış olan tekstür çalışmalarında çoğunlukla duyusal analiz uygulandığı görülmektedir (Rezaei ve Hosseini, 2008; Mexis ve ark., 2009; Pezeshk ve ark., 2011). Ancak aletli analiz yöntemleri daha kısa sürer ve daha az

insan kaynağına ihtiyaç duyar, böylece panelistlere bağlı olmadan sonuç alabilmeyi sağlar (Coppes ve ark., 2002).

Rezaei ve Hosseini (2008) soğukta depolanan gökkuşağı alabalığıyla yaptıkları çalışmada duyusal analiz yöntemini kullanarak filetoların 4. güne dek kalitesini koruduğunu, 4. günden sonra kalitenin bozulmaya başladığını, 12. günden sonra kabul edilemez olarak nitelendirildiğini tespit etmiştir. Bu sonuç Şekil 3.1'de verilen sonuçlarla uyumludur.

Pankyamma ve ark. (2016) yayın balığı filetolarını %2'lik zerdeçal çözeltisine batırdıktan sonra sıcak dumanlama yapmış ve raf ömrü değişimlerini incelemiştir. Çalışmada sertlik değerleri tekstür cihazıyla ölçülmüş; depolama boyunca sertlik değerlerinin azaldığı, ancak kontrolle kıyaslandığında zerdeçal uygulamasının filetoların sertlik değerlerindeki düşüşü geciktirdiği ortaya konmuştur. Bizim çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

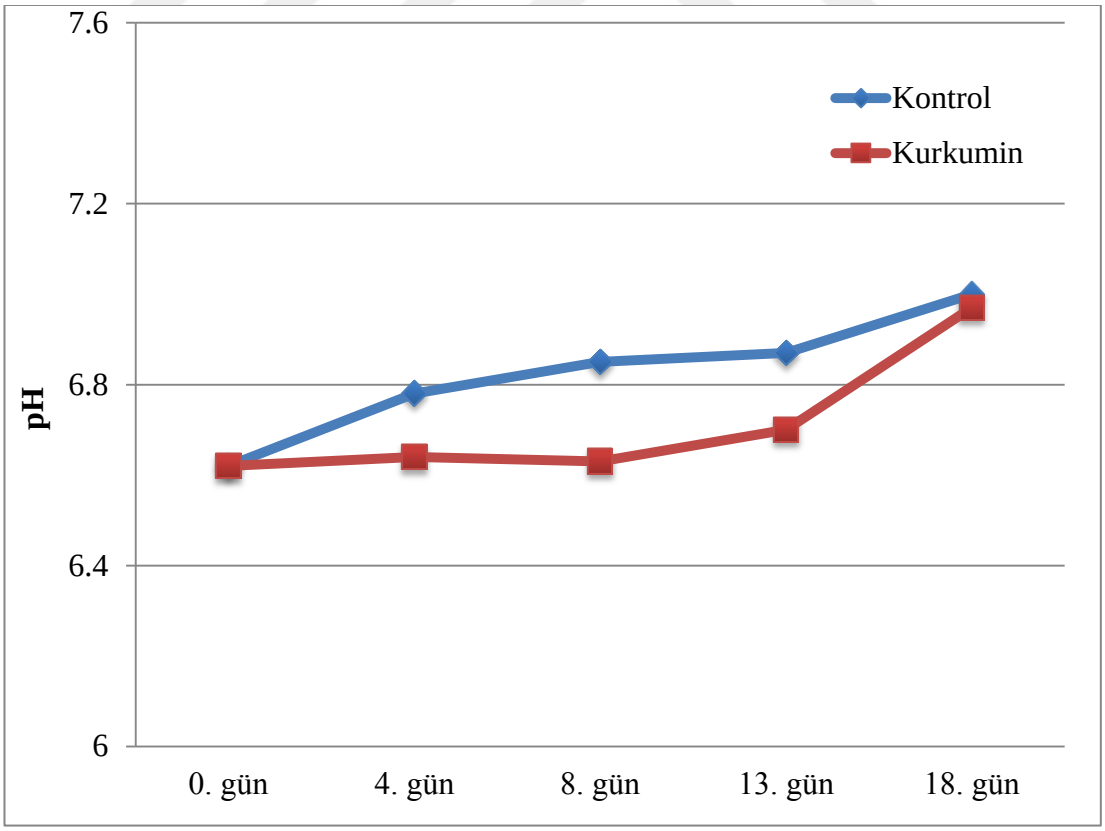


Şekil 3.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen sertlik değerleri
a-c: Farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır ($p<0,05$).

3.3. pH Ölçümleri

Kontrol grubu ve enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış alabalık filetolarının depolama süresi boyunca meydana gelen pH değişimleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında her iki grup için de ortalama pH değeri 6,6 olarak ölçülmüştür. Bu değer literatürdeki diğer alabalık çalışmalarında ölçülen başlangıç pH değerleri ile uyumludur (Gimenez ve ark., 2002; Chytiri ve ark., 2004; Mexis ve ark., 2009).

Varlık ve ark. (1993) balıklar için maksimum kabul edilebilir pH değerinin 6,8 – 7 aralığında olduğunu belirtmiştir. Şekil 3.2 incelendiğinde, kontrol örneklerinin ortalama pH değerinin sınır olarak kabul edilen 6,8'e depolamanın 4. gününde çıktığı (pH: 6,8), ancak enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplanmış alabalık örneklerinin pH değerlerinin depolamanın 13. gününde dahi sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir (pH: 6,7). Depolamanın 18. gününde her iki grubun da pH değeri 7'ye ulaşmıştır.



Şekil 3.2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen pH değerleri

Su ürünlerinde pH derecesinin tayini su ürünlerinin tazeliklerinin tespitinde önemli bir yardımcı testtir. Balık etinin pH değeri arttıkça enzimler aktif hale gelir (Dinçer ve ark., 2009). Depolanan balığın bozulmasındaki en büyük etken mikrobiyal faaliyetlerdir. Bu faaliyetler sonucu ortamda amonyak, trimetilamin ve diğer azotlu bileşikler meydana gelir ve bu da pH'da artışa sebep olur (Kyrana ve ark., 1997; Boskou ve Debevere, 2000; Ruiz -Capillas ve Moral, 2001; Masniyom ve ark., 2002). Balık için pH değeri tek başına kalite göstergesi olmasa da karşılaştırma yapmak için oldukça kullanışlıdır. Çalışmamızın sonucunda kurkumin uygulanan filetolardaki pH artışının kontrol grubuna göre daha yavaş olması, bozulmanın daha yavaş olduğunun bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Ayrıca kurkuminin hafif alkali etkisinin olmasının da düşük pH değerlerinde etkisinin olabileceği rapor edilmiştir (Pankyamma ve ark., 2016).

3.4. Renk Ölçümleri

Kontrol grubu ve enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama boyunca ölçülen renk (L*, a*, b*) değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. L*, a*, b* renk değerleri, ölçümünde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. L*, a*, b* renk değerleri insan gözü algılamasına yakın olarak tasarlanmıştır. L* açıklık – koyuluk koordinatı (L*=0 siyahı gösterir, L*=100 beyazdır), a* kırmızı/yeşil koordinatı (+a* kırmızıyı, – a* ise yeşili belirtir), b* ise sarı/mavi koordinatıdır (+b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir). Kurkumin güçlü bir sarı / turuncu renge sahip olduğundan, enkapsüle edilmiş kurkuminin renk üzerinde bir etkisi olup olmadığını görebilmek için renk değerlerini ölçmek gereklidir. Sarı rengi belirten değer b* değeridir.

Tablo 3.2 incelendiğinde, her ne kadar enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış filetoların b* değerleri kontrol filetolarına göre daha yüksek olsa da ölçülen değerlerin standart sapma değerleri yüksek olduğundan iki uygulama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Standart sapmaların bu kadar yüksek olmasının nedenleri balıkların renginin homojen olmaması, alabalık dokusunun renginin balıktan balığa ve filetonun her bir bölgesinde farklılık göstermesidir. Literatürde çiğ alabalık filetolarıyla yapılan çalışmalarda cihaz kullanarak renk ölçümü yapılan çalışmaya rastlanmamıştır, renk genellikle duyusal

analizin bir parçası olarak çalışmalarda yer almaktadır. Her iki uygulamanın birlikte çekilmiş fotoğrafı Şekil 3.3'te görülmektedir. Şekil 3.3'te verilen üst 3 fileto kontrol grubuna, diğerleri ise enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış gruba aittir. Bu fotoğraftan da görülebileceği gibi, kurkumin uygulaması filetoların renkleri üzerinde gözle algılanabilecek olumlu veya olumsuz anlamlı bir fark oluşturmamıştır.

Tablo 3.2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının renk (L*, a*, b*) değerleri

Renk		Depolama süresi (gün)				
		0	4	8	13	18
L*	Kontrol	50,71 ± 2,18	49,88 ± 2,55	49,08 ± 5,32	51,96 ± 3,17	55,61 ± 2,25
	Kurkumin	53,71 ± 3,11	50,40 ± 1,14	51,65 ± 4,70	53,79 ± 2,21	58,89 ± 1,95
a*	Kontrol	-0,25 ± 1,02	0,24 ± 0,32	0,29 ± 0,04	0,58 ± 0,71	0,68 ± 0,82
	Kurkumin	-2,30 ± 0,07	-0,67 ± 0,07	-0,29 ± 0,50	0,08 ± 1,22	1,01 ± 2,38
b*	Kontrol	3,07 ± 0,56	3,53 ± 0,63	3,11 ± 2,12	3,96 ± 0,19	4,09 ± 2,43
	Kurkumin	5,28 ± 1,06	6,44 ± 3,37	6,11 ± 3,89	5,87 ± 1,93	6,67 ± 4,18



Şekil 3.3. Gökkuşağı alabalığı filetolarının fotoğrafları (üst sıra: kontrol)

3.5. Mikrobiyolojik Analizler

Gıdaların mikrobiyolojik yükü, gıdanın kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Su ürünlerinde raf ömrünün belirlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri mikrobiyolojik analizlerdir (Yıldız, 2019). Gökkuşağı alabalığı örneklerinde 0. günde toplam MAB (mezofilik aerobik bakteri) ve PAB (psikrofilik aerobik bakteri) sayımları yapılmış olup bu değerler sırasıyla ortalama 2,3 $\log_{10}$ kob/g ve 4,0 $\log_{10}$ kob/g olarak belirlenmiştir. Literatürde bulunan pek çok çalışmada taze balıklardaki toplam mezofilik bakteri sayısının 10^2 ile 10^6 kob/g (2 – 6 $\log_{10}$ kob/g) arasında olduğu belirtilmiştir (Pezeshk ve ark., 2011). Bu çalışmadaki başlangıç toplam MAB sayısının 2,3 $\log_{10}$ kob/g olması, çalışmada kullanılan alabalıkların mikrobiyolojik kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Çiğ balık etinde toplam MAB sayısı bakımından kabul edilebilir en yüksek değer 7 $\log_{10}$ kob/g olarak kabul edilmektedir (ICMSF, 1986). Her iki gruptaki alabalık filetolarının depolama süresince elde edilen mikrobiyolojik analiz bulguları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Gökkuşağı alabalığı filetolarının mikrobiyolojik analiz bulguları

Mikroorganizma ($\log_{10}$ kob/g)		**Depolama süresi (gün)**				
		0	**4**	**8**	**13**	**18**
Toplam MAB	Kontrol	$2,3 \pm 0,04^{a,z}$	$7,2 \pm 0,04^{b,y}$	*	*	*
	Kurkumin	$2,3 \pm 0,07^{a,z}$	$6,1 \pm 0,13^{b,z}$	$8,2 \pm 0,03^{c}$	*	*
Toplam PAB	Kontrol	$4,0 \pm 0,05^{a,z}$	$5,2 \pm 0,02^{b,y}$	$9,0 \pm 0,03^{c,y}$	*	*
	Kurkumin	$3,9 \pm 0,04^{a,z}$	$4,8 \pm 0,05^{b,z}$	$8,8 \pm 0,02^{c,z}$	*	*

*: Sınır değeri olan 7 $\log_{10}$ kob/g değerinin üzerinde olduğu için belirtilmemiştir.
a-c: Her mikroorganizma grubu için aynı satırda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır ($p<0,05$).
z-x: Her mikroorganizma grubu için aynı sütunda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır ($p<0,05$).

Depolama süresince her iki grubun bakteri sayılarının artış gösterdiği ve iki grup arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Başlangıç mikroorganizma sayılarının düşük olmasına rağmen kontrol grubu örneklerinde toplam MAB sayısının hızlı bir artış göstererek depolamanın 4. gününde 7,2 $\log_{10}$ kob/g değerine ulaştığı ve sınır değerini aştığı gözlenmiştir (Tablo 3.3). Enkapsüle edilmiş kurkumin uygulaması yapılan örneklerde ise toplam MAB sayısı depolamanın 4. gününde 6,1 $\log_{10}$ kob/g iken 8. gününde 8,2 $\log_{10}$ kob/g değerine ulaşmıştır.

Psikrofil bakteriler soğuk ortamlarda üreyebilme özelliğine sahip olduklarından soğukta muhafaza edilen gıdalar için oldukça önemlidirler. Çalışma boyunca elde edilen toplam PAB sayıları incelendiğinde depolama boyunca psikrofil bakteri sayısının arttığı, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulaması yapılan örneklerin toplam PAB sayısının istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük ilerlemekle birlikte her iki grupta da sınır değerinin üzerine depolamanın 8. gününde çıktığı görülmektedir (Tablo 3.3). Mikrobiyolojik analizlerin sonucunda kontrol filetolarının mikrobiyolojik açıdan tüketilebilirliğini depolamanın 4. günü kaybettiği, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulaması yapılan filetoların ise bu sınırın üzerine depolamanın 4 ve 8. günleri arasında ulaştığı ortaya konmuştur.

Mexis ve ark. (2009) bir oksijen emici madde ve kekik yağı kombinasyonu kullandıkları çalışmada, kontrol grubu alabalık filetolarının toplam bakteri sayısının 4. günde sınır değerine ulaştığını, kekik yağı uygulanan filetolar için bu sürenin 7-8 gün, oksijen emici madde ve kekik yağı kombinasyonu uygulanan filetolarda ise 12 gün olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçlarıyla uyumludur.

Can ve Patır (2012) kitosanla kapladıkları alabalık filetolarını depolayarak yaptıkları çalışmanın sonucunda, başlangıçta sırasıyla 2,7 ve 4,3 $\log_{10}$ kob/g olan toplam MAB ve PAB sayılarının kontrol grubu filetolarında sınır değerlerini toplam MAB sayısı için depolamanın 6. günü (7,1 $\log_{10}$ kob/g), toplam PAB sayısı içinse depolamanın 9. günü aştığını rapor etmiştir. Bu sonuçlar bizim bulgularımızla paraleldir.

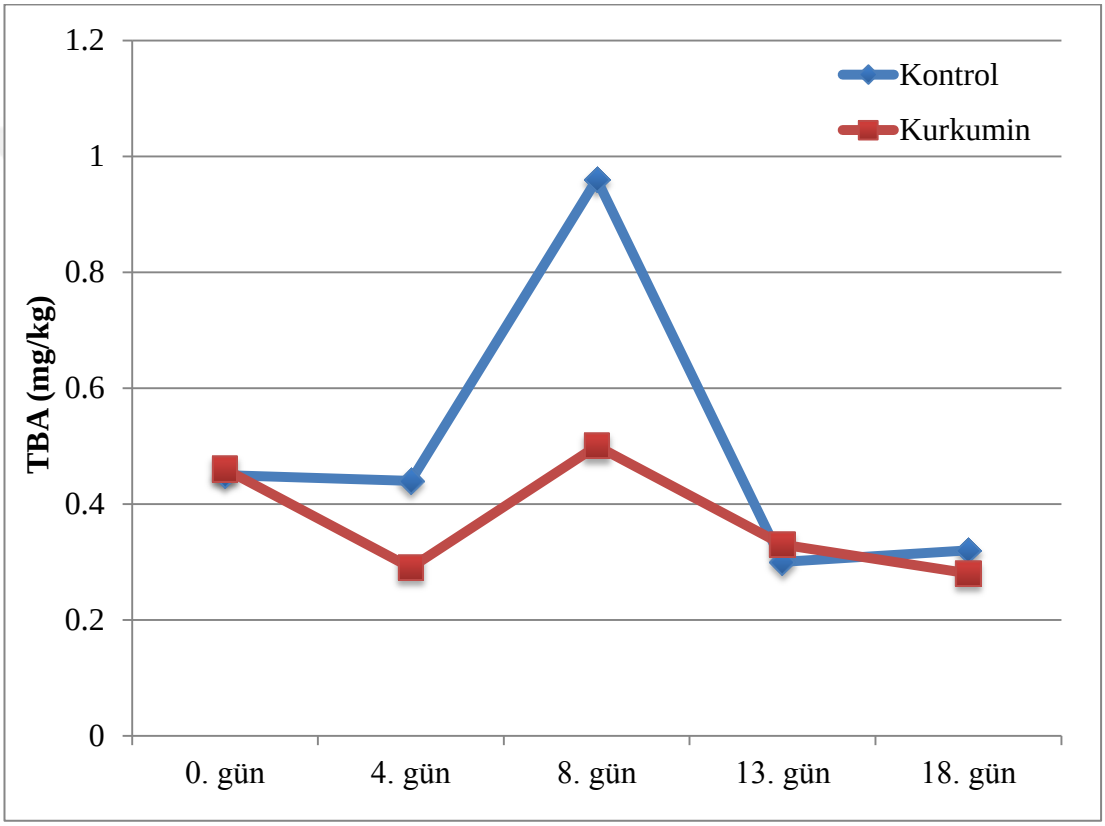
Chilek ve ark. (2017) tilapya balığı filetolarının raf ömrüyle ilgili yaptıkları çalışmada kontrol grubunun toplam MAB sayısının depolamanın 3. gününde 7,88 $\log_{10}$ kob/g'a ulaşarak sınır değerinin üzerine çıktığını, yalnızca zerdeçal uygulanan filetoların ise depolamanın 6. gününde sınır değerine ulaştığını ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçlarıyla benzerdir.

3.6. TBA ve TVB-N Analizleri

Çalışmamızda kullanılan alabalık filetoları az yağlı olmasına rağmen, emülsiyon hazırlanırken ayçiçek yağı kullanılması ve bu emülsiyonla alabalık filetolarının kaplanması nedeniyle, fazladan kullanılan yağın lipit oksidasyonunu arttırıp

arttırmadığını anlayabilmek amacıyla depolama süresi boyunca TBA ve TVB-N analizleri de yaptırılmıştır.

Şekil 3.4 TBA, Şekil 3.5 ise TVB-N bulgularını göstermektedir. Şekil 3.4 ve 3.5 incelendiğinde, enkapsülasyon için kullanılan ekstra yağın TBA ve TVB-N değerlerini olumsuz yönde etkilemediği görülmektedir. Yani enkapsüle edilmiş kurkumin ile kaplanan alabalık filetolarının TBA ve TVB-N değerleri kontrol filetolarının değerlerinden daha yüksek olarak ölçülmemiştir.

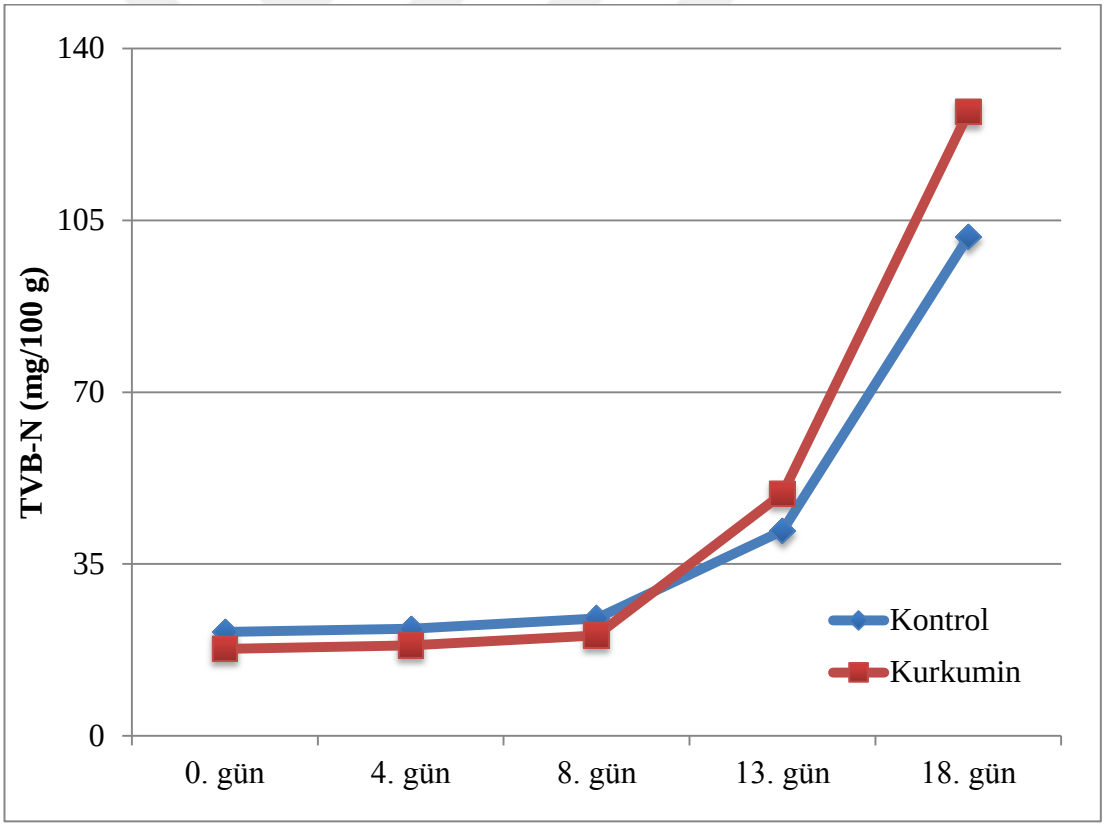


Şekil 3.4. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen TBA değerleri

Su ürünlerinin bozulmasına yol açan faktörlerden biri de lipit oksidasyonudur. TBA miktarı lipit oksidasyonunun bir göstergesidir. İyi bir su ürününde TBA sayısı 5'ten fazla olmamalıdır. Tüketilebilirlik sınır değeri ise 7 – 8 arasındadır (Varlık ve ark., 1993). Şekil 3.4'te görülebileceği gibi, 8. günde kontrol grubunun TBA değeri kurkumin uygulanan gruba göre ciddi bir artış göstermiş olsa da her iki uygulama için ölçülen TBA değerleri sınır değerinin çok altındadır. Bu sonuçlar, çalışmada kullanılan filetolarında oksidatif bozulma olmadığını göstermektedir. Literatürdeki

diğer gökkuşağı alabalığı kullanılan çalışmalarda da TBA değerlerinin depolama boyunca sınır değerini aşmadığı görülmektedir (Ojagh ve ark., 2010; Pezeshk ve ark., 2011; Can ve Patır, 2012; Jouki ve ark., 2014).

Pezeshk ve ark. (2011) zerdeçal uygulanan alabalık filetolarının TBA değerlerinin depolamanın 10. gününe kadar artıp sonrasında düşmeye başladığını, kontrol grubu için ise düşüşün 15. gün başladığını gösterip, kontrol grubunun en yüksek TBA değerinin zerdeçal uygulanan filetoların en yüksek TBA değerinin yaklaşık 2 katı olduğunu rapor etmişlerdir. Chilek ve ark. (2017) tilapya balığı filetoları kullanarak yaptıkları çalışmada, kontrol grubu ve zerdeçal uygulanmış filetoların TBA değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ve depolama boyunca hiçbir uygulamanın sınır değerine ulaşmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızın sonuçları da buçalışmalarla benzer olarak bulunmuştur.



Şekil 3.5. Gökkuşağı alabalığı filetolarının depolama süresi boyunca ölçülen TVB-N değerleri

TVB-N su ürünlerinde depolama boyunca bozulmanın derecesini gösteren kimyasal bir parametredir. TVB-N enzimlerin ve bozulma oluşturan bakterilerin aktiviteleri sonucu yükselmektedir (Can ve Patır, 2012). TVB-N değerine göre kalite sınıflandırılmasında, 25 mg/100 g'a kadar olan balıklar 'çok iyi', 30 mg/100 g'a kadar olanlar 'iyi', 35 mg/100 g'a kadar olanlar ise 'pazarlanabilir' olarak değerlendirilmektedir (Varlık ve ark., 1993). 35 mg/100 g, su ürünlerinin tüketilebilmesi için en üst sınır olarak kabul edilmiştir (Kilinc ve Cakli, 2005). Şekil 3.5 incelendiğinde kontrol grubu ve enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış olan alabalık filetolarının TVB-N değerlerinin paralel ilerleyerek depolama boyunca artış gösterdiği, depolamanın 8. gününden sonra hızlı bir artış göstererek depolamanın 13. gününde sınır değerinin üzerine çıktığı görülmektedir.

Pezeshk ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada kontrol grubu filetolarının TVB-N değerinin depolamanın 20. gününde sınır değerini geçerken zerdeçal özütü uygulanan filetoların sınır değerini hiç geçmediğini rapor etmiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızın sonucundan farklıdır. Bunun nedeni Pezeshk ve ark. (2011)'nın çalışmalarında vakum paketleme kullanmış olmalarıdır, vakum paketleme bozulmayı geciktiren ve raf ömrünü uzatan bir ambalajlama yöntemidir.

Jouki ve ark. (2014) soğukta depolanan alabalık filetolarının TVB-N değerinin depolamanın 15. gününde sınır değerini aştığını göstermiştir. Chilek ve ark. (2017) tilapya balığı filetoları kullanarak yaptıkları çalışmada, kontrol grubu ve zerdeçal uygulanmış filetoların TVB-N değerlerinin depolamanın 10. gününde sınır değerinin üstüne çıktığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızın sonuçları da bu çalışmalarla benzer olarak bulunmuştur.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında enkapsüle edilmiş kurkuminin gökkuşağı alabalığı filetolarının depolanması sırasında kalite parametrelerine ve raf ömrüne olan etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kurkumin nişasta (Pickering) emülsiyonu yöntemi ile enkapsüle edilmiş, gökkuşağı alabalığı filetoları bu emülsiyon ile kaplanarak 4°C'de 18 gün boyunca depolanmıştır. Kalite parametreleri olarak tekstür (sertlik), pH, TBA, TVB-N, renk değerleri ölçülmüş ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Tüm sonuçları bir arada değerlendirebilmek adına, kalite parametrelerinin sınır değerleri ve her iki grubun sınır değerlerini geçtiği depolama günleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Tablo 4.1. Gökkuşağı alabalığı filetolarının farklı parametreler için sınır değerleri ve raf ömürleri

Parametre	Sınır değer	Kontrol filetoları	Enkapsüle kurkumin uygulanan filetolar
pH	6,8	4 gün	13 – 18 gün
Sertlik	yumuşama	4 gün	13 gün
MAB	7 $\log_{10}$ kob/g	3 – 4 gün	4 – 8 gün
PAB	7 $\log_{10}$ kob/g	4 – 8 gün	4 – 8 gün
TBA	7 – 8 mg/kg	–	–
TVB-N	35 mg/100 g	8 –13 gün	8 –13 gün

Tablo 4.1'de verilen sonuçlar, farklı kalite parametreleri ayrı ayrı incelendiğinde kontrol grubunun ve enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grubun her bir parametre için kabul edilen sınır değerlerini farklı günlerde aştığını göstermektedir. Sertlik değerleri ele alındığında enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grup depolamanın 13. gününe kadar sertliğini korumakta iken, kontrol grubunun depolamanın 4. gününde istatistiksel açıdan önemli derecede yumuşayarak kalitesini kaybetmeye başladığı görülmüştür. Kontrol grubu filetoları sınır pH değerine 4. günde ulaşmış, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grup depolamanın 13.

gününden sonra sınır değerini aşmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçları incelendiğinde, kontrol grubu depolamanın 4. gününde kabul edilen sınır değerlerinin üzerine çıkarken, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grup için bu süre 4 – 8 gün arasında olmuştur. TBA değerleri her iki grup için de 18 günlük depolama süresi boyunca sınır değerini aşmazken, TVB-N değerlerinin hem kontrol hem de enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanmış olan alabalık filetoları için 13. günde sınır değerinin üzerine çıktığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre kontrol grubu filetolarının raf ömrü 3 – 4 gün arasında iken, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grubun raf ömrünün 4 – 8 gün arasında olduğu söylenebilir. Her parametrenin sınır değerini aştığı günler kesin olarak bilinmemektedir. Kontrol grubu tüketilebilirliğini depolamanın 4. günü kaybetmiş, enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanan grup ise istatistiksel tahminlere göre depolamanın 6 – 7. gününe dek tüketilebilir kalitede kalmıştır.

Literatürde yapılmış olan az sayıdaki benzer çalışmalara bakıldığında, elde edilen sonuçların bu tez çalışmasının sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Pezeshk ve ark. (2011) zerdeçal özütünün vakum paketlenmiş soğukta depolanan gökkuşağı alabalık filetolarının raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırarak zerdeçal özütünün filetoların raf ömrünü 3 – 4 gün uzattığını belirlemiştir. Chilek ve ark. (2017) sodyum asetat, kırmızı biber ve zerdeçal kullandıkları çalışmada zerdeçalın tek başına kullanımının tilapya balığı filetolarının raf ömrünü 3 gün uzattığını, zerdeçal farklı kombinasyonlarla kullanıldığında ise raf ömrünün 9 güne kadar uzayabileceğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, çiğ alabalık filetolarına enkapsüle edilmiş kurkumin uygulanması mikrobiyal gelişmeyi ve pH artışını geciktirmiş, sertlik ve renk değerlerini korumuş, ve soğukta depolamada raf ömrünü 4 güne kadar uzatmıştır. Bu çalışma ile enkapsüle edilmiş kurkumin uygulamalarının alabalıkların depolanması süresince kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak amacı ile kullanılabilecek alternatif bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının yapılacak diğer çalışmalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Alabalık filetoları ve diğer su ürünlerinde bozulmanın geciktirilmesi, kalite özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla enkapsüle edilmiş

kurkumini diğer doğal antimikrobiyal bileşikler ve bitki özütleri ile kombine ederek ve/veya farklı ambalajlama ve muhafaza yöntemleri (vakum paketleme, buzda depolama, dondurarak depolama, vb.) kullanarak daha iyi sonuçlar elde edilebileceği öngörülmektedir. Analiz yapılan günlerin sıklığı arttırılarak raf ömrünün net olarak belirlenmesi sağlanabilir. Yapılan analizlere duyusal analiz eklenerek aletli analiz ve duyusal analiz sonuçları arasındaki korelasyonlara yönelik araştırmalar yapılabilir. Farklı miktarlarda kurkumin kullanılarak kurkumin oranının etkilerini anlamaya yönelik çalışmalar yapılabilir. Kurkumin enkapsülasyonu için farklı yöntemler denenebilir.

KAYNAKLAR

Aggarwal B.B., Harikumar K.B., Potential Therapeutic Effects of Curcumin, the Anti-Inflammatory Agent, against Neurodegenerative, Cardiovascular, Pulmonary, Metabolic, Autoimmune and Neoplastic Diseases, *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 2009, **41**, 40–59.

Ahn J., Lee H., Kim S., Ha T., Curcumin-Induced Suppression of Adipogenic Differentiation is Accompanied by Activation of Wnt/B-Catenin Signaling, *Am J Physiol Cell Physiol*, 2010, **298**, 1510–1516.

Akkaya N.E., Kurkuminin Sudaki Çözünürlüğünün Arttırılması Ultrases Ortamında Aljinat-Kurkumin Kompleksleri Hazırlanması ve Kürecik Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 356092.

Altuğ T., *Gıda Katkı Maddeleri*, Meta Basım, İzmir, 2001.

Akhtar P., Gray J.L., Gornaa E.A., Booren A.M., Effect of Dietary Components and Surface Application of Oleoresin Rosemary on Lipid Stability of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Muscle during Refrigerated and Frozen Storage, *Journal of Food Lipids*, 1998, **5**, 43–58.

Anand P., Sundaram C., Jhurani S., Kunnumakkara A.B., Aggarwal B.B., Curcumin and Cancer: An ‘‘Old-Age” Disease with an “Age-Old” Solution, *Cancer Letters*, 2008, **267**, 133–164.

Andevari G. T. ve Rezaei M., Effect of Gelatin Coating Incorporated with Cinnamon Oil on the Quality of Fresh Rainbow Trout in Cold Storage, *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, **6**(73), 2305–2311.

Arulkumar A., Ramanchandran K., Paramasivam S., Palanivel R., Miranda J.M., Effects of Turmeric (*Curcuma longa*) on Shelf Life Extension and Biogenic Amine Control of Cuttlefish (*Sepia brevimana*) during Chilled Storage, *CyTA-Journal of Food*, 2017, **15**(3), 441–447.

Ashie I.N.A., Smith J.P., Simpson B.K., Spoilage and Shelf-Life Extension of Fresh Fish and Shellfish, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 1996, **36**, 87–121.

Aydın F., Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, *Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü Dökümanları*, 2009.

Barbosa-Canovas G.V., Ortega-Rivas E., Juliano P., Yan H., Food Powders; Physical Properties, *Processing and Functionality*, Kluwer Academic, New York, 199–219, 2005.

Beindorff C.M. ve Zuidam N.J., Microencapsulation of Fish Oil, *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*, Springer, New York, NY, 161–185, 2010.

Boudhrioua N., Bahloul N., Slimen B.I., Kechaou N., Comparison on the Total Phenol Contents and the Color of Fresh and Infrared Dried Olive Leaves, *Ind Crops Prod*, 2009, **29**(2-3), 412–419.

Boskou G. ve Debevere J., Shelf-life Extension of Cod Fillets with an Acetate Buffer Spray Prior to Packaging Under Modified Atmosphere, *Food Additives and Contaminants*, 2000, **17**(1), 17–25.

Can Ö.P. ve Patır B., Kitosan Kaplamanın Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi, *Türk Mikrobiyol Cem Dergisi*, 2012, **42**(4), 148–154.

Chilek T.Z.T, Amin A.M., Jusoh N., Hanidun S.M., Suhaimin N., Shariff Z.M., Ibrahim S., Effect of Sodium Acetate, Chilli and Turmeric on the Shelf Life of Refrigerated Tilapia Fillet, *Malays. Appl. Biol*., 2017, **46**(3), 51–58.

Chytiri S., Chouliara I., Savvaidis I.N., Kontominas M.G., Microbiological, Chemical and Sensory Assessment of Iced Whole and Filleted Aquacultured Rainbow Trout, *Food Microbiology*, 2004, **21**, 157–165.

Coppes Z., Pavlisko A., Vecchi S.D., Texture Measurements in Fish and Fish Products, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2002, **11**(1), 89–105.

Çetinkaya S., Vakum Paketli Pişirilen (Sous-Vide) Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhychus mykiss* Walbaum, 1792)'nın Soğuk Depolanması Sırasında Kalite Özelliklerine Doğal Antioksidanların Etkisi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2013, 330799.

Dinçer T., Cadun A., Çakli Ş., Tolasa Ş., Effects of Different Thawing Methods on the Freshness Quality of Fish, *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2009, **26**(4), 253–256.

D'souza H.P. ve Prabhu H.R., In Vitro Inhibition of Lipid Peroxidation in Fish by Turmeric (*Curcuma longa*). *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 2006, **21**(2), 138–141.

Erkan N., The Effect of Thyme and Garlic Oil on the Preservation of Vacuum-Packaged Hot Smoked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Food Bioprocess Technol*, 2012, **5**(4), 1246–1254.

Gibbs B.F., Kermasha S., Alli I., Mulligan C.N., Encapsulation in the Food Industry: a Review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1999, **50**, 213–224.

Ghosh B., Cain K. D., Nowak B. F., Bridle A. R., Microencapsulation of a Putative Probiotic Enterobacter Species, C6-6, to Protect Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), Against Bacterial Coldwater Disease, *Journal of Fish Diseases*, 2014, **39(**1), 1–11.

Gimenez B., Roncales P., Beltran J., Modified Atmosphere Packaging of Filleted Rainbow Trout, *J. Sci. Food*, 2002, **82**, 1154–1159.

Gökmen S., Palamutoğlu R., Sarıçoban C., Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2012, **7**(1), 36–50.

Gupta S.P. ve Jain S.K., Effective and Controlled Transdermal Delivery of Metoprolol Tartarate, *Indian journal of Pharmaceutical Sciences*, 2005, **67**(3), 346–350.

Gülyavuz H. ve Ünlüsayın M., *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Şahin Matbaası, Ankara, 1999.

Güner Y., Alabalık Yetiştiriciliği, *Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Çiftçi Broşürleri*, 2003.

Güney S., Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792)'nda Kefir İlaveli Yemin Spesifik Olmayan İmmun Sistem ve Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2013, 341704.

ICMSF - International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Microorganisms in Foods, Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications, 2nd edition, University of Toronto Press, Toronto, 1986.

Jemai H., Buaziz M., Fki I., Feki A.E., Sayadi S., Hypolipidimic and Antioxidant Activities of Oleoropein and Its Hydrolysis Derivate-Rich Extracts from Chemlali Olive Leaves, *Chemico-Biological Interactions*, 2008, **176**(2-3),88–98.

Jouki M., Yazdi F.T., Mortazavi S.A., Koocheki A., Khazaei N., Effect of Quince Seed Mucilage Edible Films Incorporated with Oregano or Thyme Essential Oil on Shelf Life Extension of Refrigerated Rainbow Trout Fillets, *International Journal of Food Microbiology*, 2014, **174**, 88–97.

Kaba N., Özer Ö., Çorapcı B., Effects of Natural and Artificial Colorants on Hot Smoked Garfish (*Belone belone* (Linnaeus, 1761)) Stored at +4±1ºC, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2017, **26**(10), 1233–1243.

Karaman B.E. ve Köseler E., Zerdeçalın Kronik Hastalıklarla İlişkisi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD, 2017, **2**(2), 96–112.

Kilinc B. ve Cakli S., Determination of the Shelf Life of Sardine (*Sardina pilchardus*) Marinades in Tomato Sauce Stored at 4ºC, *Food Control*, 2005, **16**(7),639–644.

Kumaree K.K., Akbar A., Anal A.K., Bioencapsulation and Application of *Lactobacillus plantarum* Isolated from Catfish Gut as an Antimicrobial Agent and Additive in Fish Feed Pellets, *Annals of Microbiology*, 2014, **65**(3), 1439–1445.

Kyrana V.R., Lougovois V.P., Valsamis D.S., Assessment of Shelf-Life of Maricultured Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice, *International Journal of Food Science and Technology*, 1997, **32**, 339–347.

Maheshwari A.V., Blum Y.C., Shekhar L., Ranawat A.S., Ranawat C.S., Multimodal Pain Management after Total Hip and Knee Arthroplasty at the Ranawat Orthopaedic Center, *Clinical Orthopaedics Related Research*, 2009, **467**(6), 1418–1423.

Masniyom P., Benjakul S., Visessanguan W., Shelf-life Extension of Refrigerated Sea Bass Slices under Modified Atmosphere Packaging, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002, **82**, 873-880.

Mexis S.F., Chouliara E., Kontominas M.G., Combined Effect of an Oxygen Absorber and Oregano Essential Oil on Shelf Life Extension of Rainbow Trout Fillets Stored at 4ºC, *Food Microbiology*, 2009, **26,** 598–605.

Mohan C.O., Ravishankar C.N., Srinivasagopal K., Effect of O_2 Scavenger on the Shelf-life of Catfish (*Pangasius sutchi*) Steaks During Chilled Storage, *J. Sci. Food Agric*, 2008**, 88**, 442–448.

Naz S., Jabeen S., Ilyas S., Manzoor F., Aslam F., Ali A., Antibacterial Activity of *Curcuma longa* Varieties Against Different Strains of Bacteria, *Pak. J Bot*, 2010, **42**(1), 455–462.

Nedovic V., Kalusevic A., Manojlovic V., Levic S., Bugarski B., An Overview of Encapsulation Technologies for Food Applications, *Procedia Food Science*, 2011, **1**, 1806–1815.

Ojagh S.M., Rezaei M., Razavi S., Hosseini S.M.H., Effect of Chitosan Coatings Enriched with Cinnamon Oil on the Quality of Refrigerated Rainbow Trout, *Food Chemistry*, 2010, **120**, 193–198.

Özcan K., Kırmızı Pancar Betalainlerinin Enkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2018, 526272.

Pankyamma V., Somarajan T., Ninan G., Kuttanppilly Velayudhanelayodam L., Abubacker Aliyamveettil Z., Puthanpurackal Kizhakkathil B., Effects of Turmeric Treatment and Smoking Duration on the Shelf Life of Ready- to- Cook Fillets from Sutchi Catfish during Chill Storage, *Journal of Food Process Engineering*, 2016, **39**(5), 472–483.

Pazos M., Gonzalez M.J., Gallardo J.M., Torres J.L., Medina I., Preservation of the Endegenous Antioxidant System of Fish Muscle by Grape Polyphenols During Frozen Storage, *European Food Research Technology*, 2005, **220**(5), 514–519.

Pezeshk S., Rezaei M., Hosseini H., Effects of Turmeric, Shallot Extracts, and Their Combination on Quality Characteristics of Vacuum-Packaged Rainbow Trout Stored at 4±1°C, *Journal of Food Science*, 2011, **76**(6), M387–M391.

Poncelet D., Picot A., Mafadi S.E., Encapsulation: An Essential Technology for Functional Food Applications, *Innovations in Food Technology*, 2011, 32–34.

Prabhu N.M., Rajasekar P., Nisha R.G., Yasminebegam A.A., Kannapiran E., Manikandan R., Effect of Turmeric on Shrimp (*Penaeus semisulcatus*) Shelf Life Extension in Chilled Storage Conditions, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2016, **15**(1), 39–52.

Rezai M. ve Hosseini S.F., Quality Assessment of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss)* During Chilled Storage, *Journal of Food Science*, 2008, **73**(6), H93–H96.

Rodrigues B.L., da Silveira Alvares T., Sampaio G.S., Cabral C.C., Araujo J.V., Franco R.M., Mano S.B., Junior C.A., Influence of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging in Combination with UV-C Radiation on the Shelf Life of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets, *Food Control*, 2016, **60**, 596–605.

Ruiz-Capillas C. ve Moral A., Residual Effect of CO_2 on Hake (*Merluccius merluccius L.*) Stored in Modified and Controlled Atmospheres, *European Food Research and Technology*, 2001, **212**, 413–420.

Sandur S.K., Pandey M.K., Sung B., Ahn K.S., Murakami A., Sethi G., Limtrakul P., Badmaev V., Aggarwal B.B., Curcumin, Demethoxycurcumin, Bisdemethoxycurcumin, Tetrahydrocurcumin and Turmerones Differentially Regulate Anti-inflammatory and Anti-Proliferative Responses Through a ROS-independent Mechanism, *Advance Access Publication*, 2007, **28**(8), 1765–1773.

Sari T.P., Mann B., Kumar R., Singh R.R.B., Sharma R., Bhardwaj M., Athira S., Preparation and Characterization of Nanoemulsion Encapsulating Curcumin, *Food Hydrocolloids*, 2015, **43**, 540–546.

Sathivel S. ve Kramer D., Microencapsulation, Nanoencapsulation, Edible Film, and Coating Applications in Seafood Processing, *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*, Blackwell Publishing Ltd., İngiltere, 414–422, 2010.

Schormüller J., *Handbuch der Lebensmittel Chemie*, Springer-Verlag, Berlin – Hiedelberg – New York, 1968.

Serdaroğlu M. ve Felekoğlu E., Effects of Using Rosemary Extract Andonion Juice on Oxidative Stability of Sardine (*Sardina pilchardus*) Mince, *Journal of Food Quality*, 2005, **28**, 109–120.

Şengör G.F., Çelik U., Akkuş S., Buzdolabı Koşullarında Depolanan İstavrit Balığı (*Trachurus trachurus*, L. 1758)'nın Tazeliğinin ve Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi, *Turkish Journal of Vet. and Animal Sciences*, 2000, **24**, 187–193.

Shamloofar M., Hoseini E., Kamali A., Motalebi Moghanjoghi A.A., Poorgholm R., Antibacterial Activities of Nisin Encapsulated in Zein and Modified Atmosphere Packaging on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet During Chilled Storage 4°C, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2015, **14**(2), 369–481.

URL – 1: http://fishfarmeurope.eu/fishfarma/2416/mod_page/content/3/e-Book-for-TR-Fish-Farmers.pdf (Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2019).

URL – 2: https://www.foodelphi.com/su-urunleri-muhafaza-yontemleri - doc-dr-abdullah-oksuz/ (Ziyaret tarihi: 25 Temmuz 2019)

URL – 3: https://getappvice.com /tr/ zerdecal- ve - kurkuminin – bilimsel - olarak-kanitlanmis – 10 - faydasi/ (Ziyaret tarihi: 28 Ocak 2019).

URL – 4: https://www.tarimorman.gov.tr (Ziyaret tarihi: 3 Mart 2017).

URL – 5: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=127185 (Ziyaret tarihi: 5 Eylül 2019).

URL – 6: https://www.tarimorman.gov.tr/ BSGM / Belgeler / Icerikler / Su Ürünleri Veri ve Dökümanları / Su-Ürünleri-İstatistikleri.pdf (Ziyaret tarihi: 25 Temmuz 2019).

URL – 7: http://www.atillaalpbaz.com/?o=3&y=218 (Ziyaret tarihi: 5 Eylül 2019)

URL – 8: http://www.merckmillipore.com/TR/tr/product/Curcumin, MDA_CHEM-820354 (Ziyaret tarihi: 17 Ağustos 2019).

URL – 9: https://mivegida.com/bilgi-merkezi/enkapsulasyon-teknolojisi/ (Ziyaret tarihi: 9 Eylül 2017).

Varlık C., Uğur M., Gökoğlu N., Gün H., *Su Ürünlerinde Kalite ve Kontrol İlke ve Yöntemleri,* Gıda Teknolojisi Derneği, 17, İstanbul, 16-19, 1993.

Wang M.S., Chaudhari A., Pan Y., Young S., Nitin N., Controlled Release of Natural Polyphenols in Oral Cavity Using Starch Pickering Emulsion, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 2014, **1688**, 8–11.

Wang X., Jiang Y., Wang Y.W., Huang M.T., Ho C.T., Huang Q., Enhancing Anti-inflammation Activity of Curcumin Through O/W Nanoemulsions, *Food Chem.*, 2008, **108**(2), 419–424.

Wang Y., Lu Z., Wu H., Lv F., Study on the Antibiotic Activity of Microcapsule Curcumin Against Foodborne Pathogens, *International Journal of Food Microbiology*, 2009, **136**(1), 71–74.

Yaman F. ve Esendal Ö., Balıklarda Probiyotik Kullanımı, *Orlab Online Mikrobiyoloji Dergisi*, 2004, **2**(6), 1–18.

Yıldız P.O., Turunçgil Kabuk Yağlarının Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkileri, *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2019, **5**(1), 17–26.

Zuidam N.J. ve Shimoni E., Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them, *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*, Springer, New York, NY, 3–29, 2010.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Ergen S.,** Seyhun N., Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yetiştiriciliğinde Enkapsüle Edilmiş Probiyotiklerin Kullanımı, *19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Sinop, Türkiye, 12 – 15 Eylül 2017.

ÖZGEÇMİŞ

03.08.1988 tarihinde Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2011 yılında Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Halen 2014 yılında göreve başladığı Kocaeli Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'nde mühendis olarak görev yapmaktadır.