

Kitosan Kaplamanın Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi †

Özlem Pelin CAN*, Bahri PATIR**

Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü**

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, kitosan ile kaplanan alabalık filetolarının soğuk muhafazası sırasında meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada üç deney grubu (kontrol grubu, bir dakika kitosan solüsyonuna daldırılan grup [I], 30 saniye kitosan solüsyonuna daldırılıp çıkartılan ve iki dakika beklendikten sonra tekrar 30 saniye ikinci daldırmaya tabi tutulan grup [II]) oluşturulmuştur. Deney örnekleri, muhafazanın 0., 3., 6., 9. ve 12. günlerinde mikrobiyolojik (toplam mezofilik ve psikrofilik aerob bakteri sayısı), kimyasal (pH, toplam uçucu bazik azot [TVB-N] ve tiyobarbitürik asit [TBA] sayısı) ve duyuşsal (renk, koku, tat, doku ve genel beğeni düzeyi) açıdan incelenmiştir.

Bulgular: Muhafazanın altıncı gününde kitosan solüsyonu uygulanmış gruplar ile kontrol grubu arasındaki mikrobiyolojik fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubu örneklerinde muhafaza süresi sonunda TBA ve TVB-N değerleri diğer gruplara ait örneklerden daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Sonuç: Bu çalışmaya göre, kitosan solüsyonu ile kaplanmanın gökkuşluğu alabalığı filetolarının muhafaza süresini uzattığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Alabalık, kitosan kaplama, raf ömrü

SUMMARY

Effects of Chitosan Coating on Shelf Life of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Fillets

Objective: This study was performed to examine the changes in the rainbow trout fillets coated with chitosan during cold storage.

Materials and Methods: Three study group (Control group, one minute treatment of chitosan solution [I], 30sn treatment of chirtosan solution, then two minutes wait, again 30sn treatment [II]) was used in this study. The treated and untreated (control) samples were analyzed for microbiological (total mesophilic aerobe bacteria and psychrophile bacteria), chemical (pH, total volatile basic nitrogen [TVB-N] and thiobarbituric acid [TBA]) and sensorial (color, odor, taste, flavor, texture and overall acceptable) properties on days 0., 3., 6., 9. and 12 of storage.

Results: The microbial growth during storage was slowed down significantly by treatment with chitosan ($p<0.05$). Similarly, the TBA and TVB-N values in the samples coated with chitosan were lower than the control group ($p<0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, it was concluded that coating with chitosan prolonged the shelf-life of rainbow trout fillets.

Key words: Rainbow trout, chitosan coating, shelf life

GİRİŞ

Ülkemiz, üç tarafı sularla çevrili olmasına rağmen, balık tüketimi konusunda büyük bir paya sahip değildir. Balık eti besleyici değeri yüksek olan ve çeşitli maddeleri içeren kaliteli bir besindir. Ülkemizde doğal balıkçılık yanında yapılan kültür balıkçılığı, 1980'li yıllardan bu yana gelişme göstermiştir.

Alabalık yetiştiriciliği de bu alanda en büyük paya sahiptir ⁽¹⁾. Elde edilen balıklar taze olarak pazara sunulmakta ve çok fazla değerlendirilme şansı bulmamaktadır. Oysa ki dış ülkelerde, avlanan balıkların büyük bir kısmı, teknolojik bir işlem uygulandıktan sonra tüketime sunulmaktadır. Balık eti kolay bozulabilen bir gıda olduğu için avlandıktan hemen sonra iyi bir şekilde muhafaza edilmelidir. Balık etini

Alındığı tarih: 24.06.2012

Kabul tarihi: 22.09.2012

Yazışma adresi: Özlem Pelin Can, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sivas

e-posta: ozlempelincan@gmail.com

† Bu çalışma, 4. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur. (13-16 Ekim 2011, Antalya)

muhafaza etmede birçok yöntem bulunmakla birlikte, son yıllarda, kaplama teknolojisi de kullanılmaya başlanmıştır⁽²⁾.

Kabuklu hayvanların kabuk kısmının (kitin) deasetilasyonu ile elde edilen doğal kaynaklı bir polimer olan kitosan, antimikrobik aktivitesi nedeniyle gıdaların muhafazasında kullanılabilir. Biyo-parçalanabilir bir polimer olan kitosan alerjik, toksik ve iritan değildir. Gıdalarda kullanımı güvenli olan bu madde antimikrobik özelliği yanında iyi bir antioksidandır. Kitosan, nötral ve alkali pH değerlerinde çözünmez; fakat asidik pH derecelerinde çözünebilir. Deasetilasyon derecesi yükseldikçe antibakteriyel özelliği de artmaktadır. Ayrıca kitosan iyi bir film oluşturma özelliğine de sahiptir. Böyle üstün özelliklere sahip olan kitosanın gıda endüstrisinde kullanımının artması beklenmektedir⁽³⁻⁶⁾. Bu çalışma, kitosanın alabalık filetolarının raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Kitosan solüsyonunun hazırlanması: Çalışmada kullanılan kitosan (minimum %85'lik deasetile derecesine sahip) Sigma-Aldrich'den (katolog no: 448877) temin edilmiştir. Uygulamada, %1 asetik asit ve %2 oranında kitosan içeren solüsyonlar kullanılmıştır. Bunun için, 20 g kitosan tartılarak 900 ml distile su içerisine ilave edilmiş ve 10 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 10 ml asetik asit karışıma ilave edilerek iki saat oda ısısında manyetik karıştırıcı ile homojen hale getirilmiştir. Sonra solüsyon distile su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

Fileto örneklerinin hazırlanması: Ortalama ağırlıkları 250-300 g olan gökkuşuğu alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Sivas balık pazarından satın alınmış ve soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda balıklar, usulünce kesilerek filetoları çıkarılmıştır. Elde edilen filetolar bol su ile yıkanıp süzöldükten sonra bir küvet içerisine alınmıştır. Filetoların başlangıç mikrobik yükü ile kimyasal değerleri, küvet içerisinden seçilen bir filetonun analiz edilmesiyle saptanmıştır. Daha sonra çalışma gruplarını oluşturmak amacıyla, her grupta beş adet fileto olacak şekilde, filetolar üç kısma ayrılmıştır. Birincisi kontrol grubu (K), ikincisi bir dakika kitosan solüsyonuna daldırılmış grubu (I) ve üçüncü

kısım filetolar ise 30 saniye kitosan solüsyonuna daldırılıp çıkartılan ve iki dakika beklendikten sonra yine 30 saniye ikinci daldırmaya tabi tutulmuş grubu (II) teşkil etmiştir. Kontrol grubu, hiçbir işlem uygulanmadan hemen +4°C'de muhafazaya alınmıştır. Kitosan ile muamele edilen gruplar ise, daldırma işleminden sonra 10°C'ye ayarlanmış soğutmalı etüv (Nüve; cooled incubator ES 250) içerisinde yaklaşık üç saat kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra plastik kutulara yerleştirilen filetolar +4°C'de muhafazaya alınmıştır. Her üç gruptan 0., 3., 6., 9. ve 12. günlerinde rastgele örnekler alınarak mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal yönden incelenmiştir. Çalışma üç defa yinelenmiştir.

Mikrobiyolojik analizler: Mikrobiyolojik analizler için, 10 gram numune aseptik şartlar altında tartılmış ve üzerine 90 ml steril %0,1'lik peptonlu su ilave edilerek homojen hale getirilmiştir. Böylece örneğin 10⁻¹ (1/10)'lik dilüsyonu hazırlanmıştır. Bu dilüsyondan aynı seyrelticiyi kullanmak suretiyle örneğin 10⁻⁶'ya kadar diğer seyreltileri yapılmıştır. Örneklerin her seyreltisinden birer ml alınarak, iki adet plate count agar (PCA, Merck) besiyerine plak dökme metoduyla ekimleri gerçekleştirilmiştir. Plaklardan bir tanesi toplam mezofilik aerob bakteri (MAB) sayımı için 37±1°C'de iki gün; diğeri ise psikrofilik aerob bakteri (PAB) sayımı için 7±1°C'de 10 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon süreleri sonunda 30-300 koloni içeren plaklar değerlendirilmiştir^(7,8).

Kimyasal analizler: Örneklerdeki pH değerleri, pH metre (Crison, Basic 20) ile tespit edilmiştir⁽⁹⁾. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarları, magnezyum oksit ilave edilen örneklerin su buharı distilasyonu cihazı kullanılarak destilat toplanıp, bu destilatın 0,1 N'lik hidroklorik asit ile nötr noktaya kadar titre edilmesi ile tespit edilmiştir⁽¹⁰⁾. Deneysel örneklerdeki tiyobarbitürik asit (TBA) sayısı; yağ oksidasyonu ile oluşan malondialdehitlerin (MDA) glasiyal asetik asitli ortamda 2-tiyobarbitürik asit ile verdikleri kırmızı rengin 538 nm'deki absorbansının spektrofotometrede okunarak, bu absorbans değerinin 7,8 faktörü ile çarpılmasıyla bulunmuştur⁽¹¹⁾.

Duyusal analizler: Örneklerin duyuşal analizleri, bu konuda deneyimli yedi kişilik panelist grup tarafından yapılmıştır. Değerlendirmede 1-5 arası puan (1 çok kötü, 2 kötü, 3 normal, 4 iyi ve 5 çok iyi) kulla-

nılarak renk, koku, lezzet, doku ve genel beğeni düzeyi kriterleri esas alınmıştır. Bu amaçla, örnekler teflon tavada 10 dakika pişirilmiş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra duyuusal analizleri gerçekleştirilmiştir⁽¹²⁾.

İstatistiksel analizler: Verilerin istatistiksel analizi, Statistical Analysis System (SAS) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arası ve grup içi günler arası değerler karşılaştırılmıştır. Veriler “test grupları x örnekleme zamanı” olacak şekilde 3x5 faktöriyel dizayna uygun olarak sabit etkiler ve değişkenler arası interaksiyonlar yönünden varyans analizine tabi tutulmuştur. General Linear Models (GLM) prosedürüne göre, Fisher’in en düşük kareler ortalamaları (LSD) testi kullanılmıştır. Tüm ortalamaların standart sapma değerleri hesaplanmıştır⁽¹³⁾. Alfa değeri 0.05 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Alabalık filetolarının mikrobiyolojik analiz bulguları.

MİKROORGANİZMA (log ₁₀ kob/g)	GRUP	Muhafaza Süresi (Gün)					
		Fileto	0	3	6	9	12
Toplam mezofilik aerob bakterisi	K	2.7±0.01 ^{b,z}	3.2±0.2 ^{b,z}	6.8±0.02 ^{a,z}	7.1±0.1 ^{a,z}	*	*
	I	2.7±0.01 ^{c,z}	2.9±0.3 ^{c,z}	4.2±0.01 ^{b,y}	5.8±0.02 ^{b,y}	6.3±0.1 ^{a,z}	7.3±0.1 ^{a,z}
	II	2.7±0.01 ^{b,z}	3.0±0.1 ^{b,z}	3.8±0.03 ^{b,y}	4.0±0.1 ^{b,y}	5.9±0.1 ^{a,z}	6.1±0.3 ^{a,y}
Toplam psikrofilik aerob bakterisi	K	4.3±0.03 ^{b,z}	4.3±0.01 ^{b,z}	5.7±0.01 ^{a,z}	6.4±0.1 ^{a,z}	*	*
	I	4.3±0.03 ^{a,z}	4.3±0.03 ^{a,z}	4.8±0.02 ^{a,z}	5.1±0.2 ^{a,y}	5.1±0.3 ^{a,z}	5.3±0.1 ^{a,z}
	II	4.3±0.03 ^{a,z}	4.3±0.1 ^{a,z}	4.5±0.1 ^{a,z}	4.9±0.2 ^{a,y}	5.0±0.1 ^{a,z}	5.0±0.2 ^{a,z}

^{a-c}: Aynı satırda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

^{z,y}: Aynı sütunda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

BULGULAR

Deneyisel örneklerden elde edilen mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 1’de, kimyasal analiz sonuçları Tablo 2’de, duyuusal analiz sonuçları ise Tablo 3’te verilmiştir.

Filetoda total MAB sayısı 2,7 log₁₀ kob/g, PAB sayısı 4,3 log₁₀ kob/g olarak belirlenmiştir. Bu değerler kontrol grubu örneklerinde hızlı bir artış göstererek muhafazanın altıncı gününde total MAB sayısı 7,1 ve PAB sayısı ise 6,4 log₁₀ kob/g değerine ulaşmıştır. I ve II. grup örnekler yaklaşık olarak bu değerlere muhafazanın 12. gününde ulaşmıştır (Tablo 1).

Deneyisel örneklere ait pH, TVB-N ve TBA değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Çiğ filetoda pH, TVB-N ve TBA değerleri sırasıyla 6, 7,5 mg/100 g ve 0,42 mg

Tablo 2. Deneyisel örneklerde belirlenen kimyasal analiz bulguları.

ANALİZLER	GRUP	Muhafaza Süresi (Gün)					
		Fileto	0	3	6	9	12
pH	K	6.0±0.1 ^{a,z}	6.0±0.3 ^{a,z}	6.3±0.4 ^{a,z}	6.8±0.2 ^{a,z}	6.9±0.6 ^{a,z}	7.1±0.2 ^{a,z}
	I	6.0±0.1 ^{a,z}	5.5±0.2 ^{a,z}	5.8±0.3 ^{a,z}	6.1±0.3 ^{a,z}	6.1±0.4 ^{a,y}	6.3±0.3 ^{a,y}
	II	6.0±0.1 ^{a,z}	5.5±0.3 ^{a,z}	5.6±0.2 ^{a,z}	5.9±0.4 ^{a,z}	5.7±0.5 ^{a,y}	6.0±0.1 ^{a,y}
TVB-N (mg/100g)	K	7.5±0.2 ^{b,z}	7.5±0.3 ^{b,z}	12±0.9 ^{a,z}	28±0.8 ^{a,z}	31±0.8 ^{a,z}	33±0.6 ^{a,z}
	I	7.5±0.2 ^{b,z}	7.5±0.3 ^{b,z}	14±0.8 ^{a,z}	16.8±0.7 ^{a,y}	20.1±0.1 ^{a,y}	24.6±0.8 ^{a,y}
	II	7.5±0.2 ^{b,z}	7.5±0.3 ^{b,z}	12.8±0.6 ^{a,z}	14±0.3 ^{a,y}	18.6±0.3 ^{a,y}	20.1±0.7 ^{a,y}
TBA (mg MDA/kg)	K	0.4±0.2 ^{b,z}	0.5±0.2 ^{b,z}	1.4±0.4 ^{a,z}	2.4±0.1 ^{a,z}	2.8±0.1 ^{a,z}	3.7±0.1 ^{a,z}
	I	0.4±0.2 ^{a,z}	0.5±0.1 ^{a,z}	0.5±0.6 ^{a,y}	0.8±0.5 ^{a,y}	1.2±0.3 ^{a,y}	1.6±0.4 ^{a,y}
	II	0.4±0.2 ^{a,z}	0.5±0.2 ^{a,z}	0.5±0.2 ^{a,y}	0.5±0.6 ^{a,y}	0.6±0.2 ^{a,y}	0.8±0.3 ^{a,y}

^{a-b}: Aynı satırda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

^{z,y}: Aynı sütunda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

*: Analiz yapılmadı

K: Kontrol grubu

I: Bir dakika süreyle kitosan solüsyonuna daldırılmış grup

II: İkinci daldırmaya tabi tutulmuş grup

*: Analiz yapılmadı

K: Kontrol grubu

I: Bir dakika süreyle kitosan solüsyonuna daldırılmış grup

II: İkinci daldırmaya tabi tutulmuş grup

Tablo 3. Deneysel alabalık filetolarının duyusal analiz bulguları.

KRİTER	GRUP	Muhafaza Süresi (Gün)			
		0	3	6	9
Renk	K	4.4±0.4 ^{a,z}	4.4±0.4 ^{a,z}	3.0±0.1 ^{b,z}	*
	I	4.6±0.5 ^{a,z}	4.6±0.6 ^{a,z}	4.6±0.3 ^{a,y}	4.6±0.3 ^{a,z}
	II	4.0±0.1 ^{a,z}	4.0±0.2 ^{a,z}	4.0±0.1 ^{a,y}	4.0±0.1 ^{a,z}
Koku	K	3.0±0.8 ^{a,z}	1.0±0.1 ^{b,y}	1.0±0.1 ^{b,y}	*
	I	3.0±0.2 ^{a,z}	3.0±0.4 ^{a,z}	3.0±0.2 ^{a,z}	3.2±0.2 ^{a,z}
	II	3.2±0.1 ^{a,z}	3.0±0.4 ^{a,z}	3.0±0.2 ^{a,z}	3.0±0.1 ^{a,z}
Lezzet	K	4.0±0.2 ^{a,z}	3.0±0.2 ^{a,y}	2.0±0.1 ^{b,y}	*
	I	3.8±0.4 ^{a,z}	4.4±0.7 ^{a,z}	4.0±0.3 ^{a,z}	4.2±0.2 ^{a,z}
	II	4.0±0.2 ^{a,z}	4.6±0.5 ^{a,z}	4.6±0.5 ^{a,z}	4.6±0.3 ^{a,z}
Doku	K	4.0±0.1 ^{a,z}	3.6±0.9 ^{a,z}	3.8±0.3 ^{a,z}	*
	I	3.2±0.8 ^{a,z}	3.0±0.1 ^{a,z}	2.8±0.4 ^{a,y}	3.0±0.1 ^{a,z}
	II	3.0±0.2 ^{a,z}	2.8±0.4 ^{a,y}	2.6±0.6 ^{a,y}	2.6±0.2 ^{a,z}
Genel Beğeni	K	3.0±0.2 ^{a,z}	2.8±0.2 ^{a,y}	2.8±0.3 ^{a,y}	*
Düzeysi	I	4.2±0.2 ^{a,z}	4.2±0.4 ^{a,z}	4.4±0.1 ^{a,z}	4.2±0.1 ^{a,z}
	II	4.0±0.6 ^{a,z}	3.8±0.4 ^{a,z}	3.8±0.4 ^{a,z}	3.0±0.2 ^{a,z}

^{a-b}: Aynı satırda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

^{c-y}: Aynı sütunda farklı üst simgeyi taşıyanlar istatistiksel bakımdan farklıdır (p<0,05)

*: Analiz yapılmadı

K: Kontrol grubu

I: Bir dakika süreyle kitosan solüsyonuna daldırılmış grup

II: İkinci daldırmaya tabi tutulmuş grup

MDA/kg olarak belirlenmiştir. Muhafaza süresinin başlarında örneklerdeki pH değerleri arasındaki fark az iken (3. ve 6. günde), daha sonraki günlerde fark artmıştır. En yüksek pH değeri 7,1 olup, bu değer kontrol grubuna aittir (Tablo 2). Her üç gruptaki TVB-N değeri ise, muhafaza süresince 35 mg/100 g değerini aşmamıştır. Fakat kontrol grubu ile diğer iki grup arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0,05; Tablo 2). II. grup örnekleri ait TBA sayısı muhafaza boyunca çok farklı bir değişim göstermemiştir (Tablo 2). Yine en yüksek TBA miktarı kontrol grubuna ait olup, 3,2 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Duyusal analizlere ait veriler Tablo 3'te verilmiştir. Kontrol grubuna ait örnekler muhafazanın 0., 3. ve 6. günlerinde; I. ve II. gruba ait örnekler ise 0., 3., 6. ve 9. günlerde analiz edilmiştir. Kitosanlı gruplar arasındaki fark önemli bulunmamıştır (p>0,05).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Balık ve diğer yenilebilir su ürünleri, hem kimyasal, hem mikrobiyolojik hem de oksidatif açıdan hızlı bir şekilde bozulmaya maruz kalmaktadır. Bunlar, yüksek su miktarı ve besin içeriğinden dolayı özel-

likle mikrobik bozulmaya karşı çok duyarlıdır. Yağ oranı yüksek olan ürünler ise, oksidatif bozulmada büyük risk teşkil etmektedir. Bozulmayı önleyebilmek için günümüzde farklı yöntemlere başvurulmaktadır. Son yıllarda, çeşitli ambalajlama yöntemleri geliştirilerek balıkentinin raf ömrü uzatılmaya çalışılmaktadır. Bu alanda kullanılan kitosan maddesi, doğal bir katkı maddesi olup, uygulandığı gıda maddesine oksijen geçişini engellemektedir. Ayrıca, kitosanın antibakteriyel ve antioksidan özellikleri de mevcuttur. Bu çalışmada, kitosan uygulanmış alabalık filetolarının +4°C'de muhafazası sırasında duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinde meydana gelen değişimler incelenerek, adı geçen maddenin ürünün raf ömrüne etkisi ortaya konmuştur.

Yapılan analiz neticesinde fileto total MAB sayısı 2,7 log₁₀ kob/g olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Total MAB sayısı bakımından kabul edilebilir en yüksek değer 7 log₁₀ kob/g olarak verilmektedir⁽¹⁴⁾. Bulgular kısmında da belirtildiği gibi, kontrol grubu örneklerde total MAB sayısı muhafazanın 6., I. grup örneklerde ise 12. günde bu değer üzerinde bulunmuştur. II. grup örnekleri ise 12. günde 6,1 log₁₀ kob/g olarak tespit edilmiştir. Kitosanın antibakteriyel özelliği gruplar arasında etkili olmuştur. Birinci grup ve II. grup örnekler arasında oluşan farklılığın, kitosanın uygulanma şekline kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan literatür taramalarında, kitosanın uygulama şeklinin ve yüzde miktarının mikroorganizmalar üzerine farklı etki oluşturduğuna dair bilgiler mevcuttur. Mohan ve ark.⁽¹⁶⁾, sardalye balığını %1 ve %2 kitosan ile kaplayarak 12 gün 2°C'de muhafazaya almış ve %1 kitosan ile kaplanan gruba ait örneklerde total MAB sayısını 11. günde 7,6 log₁₀ kob/g olarak, %2 ile kaplanmış gruba ait örneklerde ise 7,3 log₁₀ kob/g olarak bulmuştur. Fan ve ark.⁽¹⁵⁾, sazan balığı filetolarını kitosan ile kaplama işlemine tabi tuttukten sonra -3°C'de muhafaza etmişler ve 30 gün sonunda muamele grubu örneklerdeki total MAB sayısının yine belirtilen değer altında kaldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, muhafazanın 6. gününde kitosan ile muamele edilen gruplar ile kontrol grubu arasında yaklaşık 2 log'luk bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Benzer şekilde, kitosan ile muamele edilen balık köfteleri ile ringa balıklarında kontrol gruplarına göre 2 log'luk bir düşüşün olduğu bildirilmektedir^(17,18).

Deneysel örneklerde belirlenen PAB sayısı muhafaza süresince artmıştır (Tablo 1). Kontrol grubu örneklerde belirlenen değerler diğer iki gruba göre daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak, kitosan ile kaplanan gruplar arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Duan ve ark. (19), Kuzey Amerika Pasifik denizinde bulunan ve ticari bir balık türü olan lingcod (*Ophiodon elongatus*) filetoalarını kitosan ile kaplayarak muhafaza etmiştir. Araştırmada, üçüncü hafta sonunda PAB sayısının $7 \log_{10}$ kob/g değerini aştığı, kontrol grubu örneklerde ise birinci hafta sonunda $7,5 \log_{10}$ kob/g değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Adı geçen çalışmada, kitosanın antimikrobik özelliği ortaya konmuştur. Alak ve ark. (2), palamut filetoalarında psikrofilik bakteri sayısını kontrol grubu örneklerinde $6,9 \log_{10}$ kob/g, kitosan ile kapladığı örneklerde ise $5,6 \log_{10}$ kob/g olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada da benzer sonuç elde edilmiştir.

Kitosanın antibakteriyel etkisinin, ürünün pH'sı ve muhafaza sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olduğu bildirilmiştir (2). Bu çalışmada, kitosan ile muamele edilen gruplarda (I ve II) asetik asidin etkisinden, pH değeri kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Düşük pH değerinde kitosanın antibakteriyel etkisinin arttığı göz önüne alındığında, bu çalışmada elde edilen bulguları destekler mahiyettedir. Mohan ve ark. (16), %2 kitosan ile kapladıkları ve soğukta muhafaza ettikleri sardalye balıklarında 0. günde pH değerini 6,1; 11. günde ise 6,6 olarak tespit etmiştir. Bu sonuç, pH ile ilgili bulgularımızla örtüşmemektedir. Bu durum, materyal olarak farklı balık türlerinin kullanılmasına bağlanabilir. Başlangıçta pH değeri 6 olarak saptanmıştır. Kitosan ile kaplanmış balık örneklerinde bu değer önce düşmüş, muhafazanın altıncı gününden sonra ise yükselmiştir. Benzer durum Fan ve ark. (15), Alsavar ve ark. (20) ve Manju ve ark. (21)'nin çalışmalarında da saptanmıştır. Manat ve ark. (22) balık örneklerindeki başlangıçtaki pH düşüşünü ortamdaki çözünmüş CO_2 'in artmasına, daha sonra pH yükselmesinin ise, volatil bazların miktarının artmasına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada da muhafazanın 6. gününde pH yükselmeye başladığında, ortamda belirlenen volatil bazların miktarı da artış göstermiştir.

TVB-N değeri, su ürünlerinde bozulmanın bir indikatörü olarak kullanılmaktadır. Bu değer, endojen enzimlerin ve bozulma oluşturan bakterilerin aktiviteleri sonucu yükselmektedir (23). TVB-N değeri,

35-40 mg TVB-N/100 g değerini aştığında ürün bozulmuş olarak kabul edilir (24). Bu çalışmada, belirlenen limitleri aşan grup olmamıştır. Fakat, kitosan ile kaplı gruplarda bu değer daha düşük saptanmıştır. Fan ve ark. (15) da benzer sonuçlar elde etmiştir. Muşabak (25), kitosan ile kapladığı sardalye balıklarında TVB-N değerini en düşük düzeyde bulduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Jeon ve ark. (18) 12 günlük muhafaza süresi sonunda farklı tip kitosan ile kaplanmış morina balığı filetoalarındaki TVB-N oluşumunda %35-50 arasında azalma olduğunu rapor etmiştir.

TBA miktarı lipid oksidasyonun bir göstergesidir. Gökkuşluğu alabalıklarının filetoaları oksidasyona duyarlı olup, muhafaza süresince meydana gelen oksidatif değişimler bu üründe önemli yer tutmaktadır. Oksidasyon reaksiyonunun oluşumunda oksijen önemli rol oynamaktadır. Oksidasyon hızı; yüksek sıcaklık, ışık, nem, balıktaki yağ oranı gibi farklı faktörlere bağlıdır (26). Çalışmamızda, TBA değeri, kontrol grubuna göre kitosan ile kaplanmış gruplarda daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu durum kitosanın balık filetoalarını dış etkilerden koruması ile açıklanabilir. Kitosan antioksidan özelliğe sahip ve ürüne oksijen girişini engellediğinden deniz ürünlerinin raf ömrünü uzattığı çeşitli araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (27,28). Ojgah ve ark. (29) gökkuşluğu alabalığını kitosan ile kaplayarak dondurulmuş muhafazasını incelemiştir. Araştırmacılar, kitosan ile kaplanan örneklerin, kontrol grubuna göre TBA değerlerinin daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Aynı şekilde, Jeon ve ark. (18), kitosan ile kapladıkları balık filetoalarının soğuk muhafazası sırasında, kontrol grubunda TBA değerlerinin daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Yine Fan ve ark. (15), sazan balığı filetoalarının kitosan ile kaplanması neticesinde, TBA değerinde önemli değişikliklerin meydana geldiğini ve kontrol grubuna göre daha az yükselmenin olduğunu belirtmiştir.

Kitosanın antibakteriyel ve antioksidan özellikleri sayesinde gıdalar uzun süre muhafaza edilebilir. Su ürünlerinde bozulma özellikle ransid tat ve putrid koku ile kendini belli eder. Kitosan ile kaplanan ürünler duyuşal açıdan değerlendirildiğinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmamızda da, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grup arasında renk, koku, lezzet ve doku açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Renk, lezzet ve koku kriterleri,

ürünün mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir. Kontrol grubu örneklerde, incelenen mikrobiyolojik ve kimyasal parametre değerleri sürekli artış göstermiştir. Buna bağlı olarak, bu grup örneklerin renk, koku ve lezzet puanlarının, diğer gruplara göre daha düşük olduğu görülmüştür. Örnekler doku açısından değerlendirildiğinde II. grup örnekler, diğer gruplara göre düşük puan almıştır. Bu durum, bu grup fileto ların iki defa kitosan solüsyonuna daldırılması nedeniyle, diğer kitosanlı gruba göre daha kalın kitosan tabakasının oluşmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örnekler genel beğeni düzeyi açısından değerlendirildiğinde, I. grup örneklerin daha yüksek, II grup örneklerin ise daha düşük puan aldıkları görülmüştür. Yine, burada da kitosan tabakasının kalınlığının fileto ların duyu sal kriterleri üzerine olumsuz bir etki gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Ancak, kitosan ile kaplama muhafaza süresini olumlu yönde etkilemiştir. Bu çalışmada, II. grup örneklerin mikrobiyolojik ve kimyasal nitelikleri I. grup örnekler e göre daha iyi bulunmasına rağmen, I. grup örnekler duyu sal olarak daha fazla beğeni kazanmıştır. Duyu sal açıdan, çalışma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde I. grup örneklere uygulanan yöntemin daha üstün olduğu vurgulanabilir.

Sonuç olarak, doğal bir katkı maddesi olan kitosanın alabalık fileto larının raf ömrü üzerine olumlu yönde etki gösterdiği, hem katkı maddelerine hem de ambalajlama materyallerine alternatif bir madde olarak kullanılabilmesi düşüncesine varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. **Baysal A.** Beslenme. 2. baskı. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi, 2002.
2. **Alak G, Aras Hisar S, Hisar O, Kaban G, Kaya M.** Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 2010; 16(Suppl A):S73-80.
3. **Bourtoom T.** Edible films and coatings: Characteristics and properties. *Int Food Res J* 2008; 15:3-6.
4. **Cuero RG.** Antimicrobial action of exogenous chitosan, chitin and chitinases. In: Jolles P, Muzarelli RAA eds. Chitin and Chitinases. Basel: Birkhauser, 1999:315-33. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-8757-1_23 PMID:10906970
5. **Tsai GJ, Su WH, Chen HC, Pan CL.** Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation. *Fisheries Sci* 2002; 68:170-7. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00404.x>
6. **No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, Xu Z.** Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *J Food Sci* 2007; 72:R87-100. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x> PMID:17995743
7. **Harrigan WF.** Laboratory methods in food microbiology. London: Academic Press, 1998.
8. **Halkman AK.** Gıda mikrobiyolojisi uygulamaları. Ankara: Başak Matbaacılık, 2005.
9. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Official methods of analysis of association of official chemists. 15th ed. Arlington: AOAC Inc, 1990.
10. **Varlık C, Erkan N, Özden Ö, Mol S, Baygar T.** Su Ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basımevi, 2004.
11. **Tarladgis BG, Watts BM, Yournathan MT, Dugan LR.** A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J Am Oil Chem Soc* 1960; 37:44-8. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02630824>
12. **Kurtcan Ü, Gönül M.** Gıdaların duyu sal değerlendirilmesinde puanlama metodu. *Ege Univ Müh Fak Dergisi Seri B* 1987; 5:137-46.
13. Statistical Analysis System (SAS). SAS/STAT User's Guide. Release 6.12. Cary NC: Statistical Analysis System Institute Inc, 1996.
14. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in Foods. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications. Toronto: University of Toronto Press, 1986.
15. **Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y, Chi Y.** Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chem* 2009; 115:66-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.060>
16. **Mohan CO, Ravishankar CN, Lalitha KV, Srinivasa Gopal TK.** Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloid* 2012; 26:167-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.05.005>
17. **López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Pérez-Mateos M, Montero P.** A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloid* 2005; 19:303-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.06.006>
18. **Jeon YJ, Kamil JYVA, Shahidi F.** Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *J Agri Food Chem* 2002; 20:5167-78. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0116931>
19. **Duan J, Cherian G, Zhao Y.** Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. *Food Chemistry* 2010; 119:524-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.055>
20. **Alasalvar C, Taylor KDA, Oksuz A, Garthwaite T, Alexis MN, Grigorakis K.** Freshness assessment of cultured seabream (*Sparus aurata*) by chemical, physical, and sensory methods. *Food Chem* 2001; 72:33-40. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00196-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00196-5)
21. **Manju S, Jose L, Srinivasa Gopal TK, Ravishankar CN, Lalitha KV.** Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chem* 2007; 102:27-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.037>
22. **Chaijan M, Benjakul S, Visessanguan W, Faustman C.** Changes of pigments and colour in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. *Food Chem* 2005; 93:607-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.035>
23. **Kyranas VR, Lougovois VP, Valsamis DS.** Assessment of shelf life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *Int J of Food Sci Tech* 1997; 32:339-47. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.1997.00408.x>
24. **Connell JJ.** Methods of assessing and selecting for quality, in control of fish quality. 3rd ed. Berlin: Springer, 1990.

25. **Muşabak C.** Kitosanla kaplama ve modifiye atmosfer ambalajlamının palamut (*Sarda sarda*) filetolarının kimyasal parametreleri üzerine etkisi [yüksek lisans]. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, 2008.
26. **Gökoğlu N.** Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2002.
27. **Sathivel S, Liu Q, Huang J, Prinyawiwatkul W.** The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *J Food Eng* 2007; 83:366-73.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.03.009>
28. **Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon YJ.** Food applications of chitin and chitosan. *Trends Food Sci Tech* 1999; 10:37-51.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00017-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00017-5)
29. **Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH.** Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chem* 2010; 120:193-8.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.006>