



**BİTKİ ESANSİYEL YAĞLARI KULLANILARAK HAZIRLANAN NANOEMÜLSİYONLARIN
BUZDA DEPOLANAN ALABALIK FİLETOSU ÜZERİNE ANTİOKSİDAN VE
ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİ**

Program Kodu: 1002

Proje No: 213O283

Proje Yürütücüsü:

Prof.Dr. Yeşim ÖZOĞUL

Bursiyer(ler):

Yılmaz Uçar

Mebrure Nukhet Yavuzer

OCAK 2015

ADANA

ÖNSÖZ

Nanoteknoloji, tarım ve gıda sektöründe hızla önemli bir potansiyele sahip olan ve hızla gelişen teknoloji alanıdır. Çeşitli materyallerin ve malzemelerin moleküler düzeyde işlenmesi ve üretilmesini hedeflemektedir. Gıda sanayisinde tarım, gıda işleme, gıda paketlenme, besinsel takviye gibi pek çok alanda nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Nano parçacıklar gıdaların lezzet ve renk değişimine yol açmadan antimikrobiyal özellikleriyle raf ömrünün uzatılmasında kullanılmaktadır. Nanoemülsiyon, heterojen sıvıların birbiri içerisinde 50-1000 nm boyutuna sahip damlacıklar halinde dağılmasıyla oluşmaktadır (Chen ve vd., 2006). Nanoemülsiyonlar; nötrasötikler, antioksidanlar ve antimikrobiyal ajanlar gibi lipofilik bileşenlerin taşıma ve dağıtım sistemleri olarak da etki etmektedir.

Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin gıdalar oksidatif bozulmalara maruz kalmaktadır. Oksidatif bozulma gıda ürünlerinin raf ömrünü sınırlandıran ve kalite kaybına neden olan önemli faktörlerden biridir. Antioksidanlar ransit ürünleri ortadan kaldırmaz ya da oksidasyonu geri çevirmezler. Bu maddeler gıdalara ilave edilerek oksidasyonun şekillenmesini geciktirir yada engellerler. Endüstriyel işlemlerde besinlerin muhafaza süresini uzatmak için esas olarak sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır. Ancak pek çok araştırmacı uzun süredir besinlerin işlenmesinde kullanılan butil hidroksitoluen (BHT), butil hidroksianisol (BHA), tersiyer butil hidroksikinon (TBHQ) ve propil galatlar (PG) gibi bazı sentetik antioksidanların canlı organizmada karsinojenik ve teratojenik etki gösterdiğine dikkat çekmektedir. Tüketiciler de genelde doğal antioksidanları sentetik olanlara tercih etmektedir. Bu nedenle uzun süreden beri, besinlerin koku ve tat gibi özelliklerini artırmak için katkı olarak kullanılan baharat ve doğal aromatik bitkiler giderek önem kazanmıştır. Bu bitkilerin yapılarında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi serbest radikalleri temizleme, metal iyonlarla bileşik oluşturma ve tekli oksijen oluşumunu engelleme gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Fernandez-Lopez ve vd., 2005; Tekinşen, 2000; Wanasundara ve Shahidi, 1998; Sherwin, 1990). Bitki ve baharatların bazılarının antioksidan kapasitelerinin, sentetik antioksidanlardan daha fazla olduğu kanıtlanmıştır. Kendilerine özgü lezzet ve aromaları, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri nedeniyle, daha geniş bioaktivite profiline sahip olan bitki ve baharatlar gıda sektöründe alternatif olarak kullanılabilecek doğal antioksidan maddelerdir. Gıdalarda lipid oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle önlenmesi üretici ve tüketici açısından oldukça önemlidir.

Adham vd. (2000), gıda ürünlerinde nanoemülsiyonların koruyucu madde olarak kullanımının uygun olduğunu belirtmiştir. Ancak gıdaların mikrobiyal ve otolitik



faaliyetlerine karşı korunumu için nanoemülsiyonlar ile ilgili çok az sayıda araştırma yapılmış olup, nanoemülsiyonun özellikle su ürünleri kalitesi üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar yetersiz kalmıştır. Yapılan bu projeye, doğal aromatik bitkilerin esansiyel yağları kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların buzda depolanan alabalık filetosu kalitesine kimyasal, duysal ve mikrobiyolojik etkileri üzerine önemli veriler elde edilmiştir.

TÜBİTAK tarafından desteklenerek yapılan bu projede, elde edilen sonuçların endüstriyel alanlarda önemli gelişmelere ve ileriye yönelik araştırmalara öncülük edebilecek önemli bilgiler içermektedir. Bu projenin gıda ve su ürünleri muhafaza, işleme ve pazarlama alanlarında çalışan pek çok kişi ve tüketicilere önemli yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

İÇİNDEKİLER SAYFA

ÖNSÖZ.....	
İÇİNDEKİLER.....	
TABLolar DİZİNİ.....	
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	
ÖZET.....	
ABSTRACT.....	
1. GİRİŞ.....	
2. GENEL BİLGİLER.....	4
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	
3.1. Nanoemülsiyonun Hazırlanması.....	
3.2. Hazırlanan Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri.....	
3.3. Esansiyel Yağların Su Buharı Distilasyonu ile Elde Edilmesi.....	
3.4. Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (GC-MS).....	9
3.5. Balık Etinin Hazırlanması.....	
3.6. Balıklara Nanoemülsiyon Uygulaması ve Depolama Koşulları.....	
3.7. Depolama Boyunca Yapılan Analizler.....	
3.7.1. Duyusal Analizler.....	
3.7.2. Kimyasal Analizler.....	
3.7.2.1. Toplam Ham Protein Analizi.....	12
3.7.2.2. Lipit Analizi.....	13
3.7.2.3. Nem Analizi.....	13
3.7.2.4. Ham Kül Analizi.....	14
3.7.2.5. Yağ Asitleri Tayini.....	
3.7.2.6. Gaz Kromatografisi Şartları.....	
3.7.2.7. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Analizi.....	
3.7.2.8. Tiobarbitürik Asit (TBA) Analizi.....	
3.7.2.9. Peroksit Analizi (PV).....	
3.7.2.10. Serbest Yağ Asitleri (FFA) Analizi.....	
3.7.2.11. Biyojenik Amin Analizi.....	
3.7.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	
3.7.3.1. Toplam Psikrofil ve Mezofil Aerob Mikroorganizma Sayımı.....	
3.7.3.2. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayımı.....	
3.7.3.3. <i>E.coli</i> Aranması.....	
3.7.3.4. <i>Staphylococcus aureus</i> Aranması.....	
3.7.3.5. <i>Salmonella</i> Aranması.....	
3.7.3.6. <i>Listeria monocytogenes</i> Aranması.....	

3.8. İstatistik Analizleri.....	
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	
4.1. Bitki Esansiyel Yağlarının Ana Bileşenleri.....	
4.2. Alabalık Filetosunun Besinsel İçeriği.....	
4.3. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri.....	
4.4. Duyusal Değerlendirme.....	
4.4.1. Çiğ Alabalık Duyusal Değerlendirilmesi.....	
4.4.2. Pişmiş Alabalık Duyusal Değerlendirilmesi.....	
4.5. Kimyasal Değerlendirme.....	
4.5.1. Toplam Uçucu Bazik Nitrojen (TVB-N).....	
4.5.2. Tiyobarbitürik Asit (TBA).....	
4.5.3. Peroksit Değeri (PV).....	
4.5.4. Serbest Yağ Asiti (FFA).....	
4.5.5. pH	
4.5.6. Yağ Asitleri.....	
4.5.7. Amonyak ve Biyojenik Aminler.....	
4.6. Mikrobiyolojik Değerlendirme.....	
4.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB).....	
4.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayısı (TAPB).....	
4.6.3. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı.....	
4.6.4. <i>E.coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> Sayısı.....	
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	
6. LİTERATÜR ÖZETİ.....	

TABLolar DİZİNİ

SAYFA

Tablo 1. Gaz Kromotografisi-Kütle spektrometre Koşulları.....	9
Tablo 2. Modifiye edilmiş kalite indeks metodu	11
Tablo 3. Pişmiş alabalık için kullanılacak hedonik skala.....	12
Tablo 4. GC-MS ile tanımlanmış esansiyel yağın ana bileşenleri (%).....	19
Tablo 5. Buzda depolanan alabalık filetosunun biyokimyasal kompozisyonu.....	20
Tablo 6. Nanoemülsiyon fiziksel özellikleri.....	20
Tablo 7. Buzda depolanan pişmiş alabalık filetolarının duyusal kalitesinin değerlendirilmesi.....	23
Tablo 8. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince TVB-N değerlerindeki değişimler (mg/100g).....	24
Tablo 9. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince TBA değerlerindeki değişimler.....	26
Tablo 10. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince PV değerlerindeki değişimler.....	28
Tablo 11. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince FFA değerlerindeki değişimler.....	30
Tablo 12. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince pH değerlerindeki değişimler.....	31
Tablo 13. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (SFA) değerlerindeki değişimler.....	38
Tablo 14. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (MUFA) değerlerindeki değişimler.....	39
Tablo 15. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (PUFA) değerlerindeki değişimler.....	40
Tablo 16. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n3 ve n6 değerlerindeki değişimler.....	41
Tablo 17. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince amonyak ve biyojen amin değişimler (mg/100g).....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 1. Clavenger aparatının genel görünümü.....	8
Şekil 2. Gaz Kromatografisi-Kütle spektrometre (GC-MS)'in genel görünümü.....	9
Şekil 3. Buzda depolanan çiğ alabalık filetoalarının duyusal kalitesinin değerlendirilmesi.....	21
Şekil 4. Buzda depolanan alabalık filetoalarının depolanması süresince TAMB değerlerindeki değişimler.....	46
Şekil 5. Buzda depolanan alabalık filetoalarının depolanması süresince TAPB değerlerindeki değişimler.....	47
Şekil 6. Buzda depolanan alabalık filetoalarının depolanması süresince toplam <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı değerlerindeki değişimler.....	48

ÖZET

Gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması konusunda nanoteknoloji uygulamaları hızla gelişmektedir. Gıda makromoleküllerinden (protein, karbonhidrat ve yağ) oluşturulan nanoemülsiyonlar, biyopolimerik nanoparçacıklar, nanokompozitler, nanofiberler, nanotüpler ve nanosensörler çeşitli amaçlarla gıda uygulamalarında kullanılabilme özelliğine sahiptirler. Nanoemülsiyonlar içerdikleri nanodamlacıklar vasıtasıyla, fonksiyonel ve biyoaktif ürünlerin enkapsülasyonu ve taşınmasının sağlanması amacıyla geliştirilen en önemli iletim sistemlerinden birisidir.

Bitki esansiyel yağları (kekik, biberiye, defne ve adaçayı) kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların alabalık filetosu üzerine antioksidan ve antimikrobiyal etkileri araştırılmıştır. Hazırlanan nanoemülsiyonların fiziksel özellikleride (yoğunluk, reaktif indeks ölçümü, damlacık büyüklüğü ölçümü, termodinamik stabilite ve yüzey gerilimi) belirlenmiştir. Depolama süresince düzenli aralıklarla (her 2-3 günde bir) duyusal (çiğ ve pişmiş), kimyasal (TBA (tiobarbitürik asit), pH, TVB-N (toplam ucucu bazik azot), PV (peroksit değeri), serbest yağ asitleri (FFA), yağ asitleri ve biyojenik amin analizleri) ve mikrobiyolojik analizler (ham maddede toplam *Enterobacteriaceae* sayımı, *Salmonella* spp., *E.coli*, *Listeria* ve *Staphylococcus aureus* ve soğukta depolanan örneklerde ise depolama boyunca toplam psikrofil (TAPB) ve mezofil aerob mikroorganizma (TAMB) sayımı) yapılmıştır.

Duyusal analiz sonucuna göre, kontrol grubu alabalık filetosu raf ömrü 14 gün iken, nanoemülsiyon gruplarında 17 gün olduğu belirtilmiştir. Duyusal analizlerde nanoemülsiyon gruplarının balık kokusunu baskılandığı gözlenmiştir. Depolama boyunca kontrol grubunun TVB-N değeri muamele gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Muamele gruplarından en düşük TVB-N değerine kekik grubunun sahip olduğu ve depolama süresi sonunda kekik grubunun 35.26 mg/100g TVB-N değerine ulaşmıştır. En yüksek TBA değeri (2.26 mg MA/kg) kontrol grubunda 17. günde elde edilmiştir. Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetoları PV ve FFA değerleri bakımından, kontrol grubuyla kıyaslandığında daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Bitki esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriği kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerden TAMB, TAPB ve toplam *Enterobacteriaceae* değerlerinin nanoemülsiyon uygulamalarında kontrol grubuna göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* rastlanmadığı gözlenmiştir. Çalışma sonunda bitki esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonların buzda depolanan alabalık filetolarının raf ömrünü arttırdığı (3 gün) ve kalitesini koruduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: nanoemülsiyon, bitki esansiyel yağları, antioksidan, kalite, antimikrobiyal

ABSTRACT

The applications of nanotechnology for development of food quality and

extension of shelf life has been increasing in food industry. Nanoemulsions, biopolymer nanoparticles, nanocomposites, nanofiber, nanotubes and nanosensors obtained from food macromolecules (protein, carbohydrate, and lipid) have potential use in food industry for different purposes. Nanoemulsions with nanodroplets are one of the most important transfer systems for encapsulation and transportation of functional and bioactive compounds.

In this project, antimicrobial and antioxidant the effects of nanoemulsions containing aromatic herb oils (rosemary, laurel, tymus and sage) on the quality of rainbow trout were investigated. Physical properties of nanoemulsions (viscosity, the particle size of droplet, thermodynamic stability, refractive index and surface tension) were also determined. At regular intervals (every 2-3 days), sensory (raw and cooked), chemical (TBA (thiobarbituric acid), pH, TVB-N (total volatile basic nitrogen), PV (peroxide value), FFA (free fatty acids), fatty acids and biogenic amines) and microbiological analyses (for determination of microbiological quality of raw rainbow trout and all samples, total *Enterobacteriaceae* count, *Salmonella* spp., *E. coli*, *Listeria* and *Staphylococcus aureus* analysis, total mesophilic aerobic bacteria counts and total psychrophilic aerobic bacteria counts during storage period) were carried out.

According to results of sensory analyses, shelf life of the control group was 14 days whereas treated groups were determined as 17 days. Nanoemulsion suppressed fish odour. TVB-N content of the control was higher than those for the treated groups during storage period. Among the treated groups, tymus gave the lowest TVB-N content and its level reached 35.26 mg/100g TVB-N at the end of storage period. The highest TBA level (2.26 mg MA/kg) was obtained from the control at day 17. PV and FFA levels in the treated groups were lower compared to those for the control. PUFA contents of the treated groups were higher than those of the control, thus preventing oxidation of fatty acids. According to the microbiological analyses, mesophilic aerobic bacteria, total psychrophilic bacteria, and total *Enterbactericaea* counts were lower in the treated groups than those for the control. *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* were not detected. The results indicated that the use of nanoemulsions with essential herb oils extended the shelf life of rainbow trout fillets stored in ice and maintained the quality.

Keywords: nanoemulsion, plant essential oils, antioxidant, quality, antimicrobial effect.

1.GİRİŞ

“Nano” fiziksel büyüklük olarak ifade edildiğinde milyarda bir anlamını verirken, “Nanometre” metrenin milyarda birine eşit bir uzunluğu ifade etmektedir. Bir nanometre içine yan yana ancak 2-3 atom dizilmektedir. Maddeleri farklı kılan atomların dizilişlerindeki çeşitlilikten dolayı nanoteknolojinin temeli, atom veya molekülleri birleştirip, doğadaki atomik dizilimi taklit ederek istenen ürünü elde etme ilkesine dayanmaktadır. Nanoteknolojik araştırmaların maddenin temel bilgisindeki eksiklikleri tamamlaması, nanoteknolojinin yeni uygulamalar ileri sürmesi ve endüstriyel protiplendirmenin ticari boyut kazanması nanoteknolojiye olan ilgiyi arttırmaktadır (Çıracı vd., 2005; Roco 2007).

Gıda endüstrisinde nanomateryaller, gıdanın raf ömrünü uzatmak, tazeliğini, rengini, kokusunu, tadını muhafaza etmek, kontaminasyon ve bozunmaları fark etmek ve önlemek, gıdanın besinsel değerini tüketiciye ulaşana kadar kaybetmemesini sağlamak ve tüketiciye yüksek seviyede biyoyararlanım sağlayacak özelliklere sahip olmak, çevresel değişikliklere (ısı, sıcaklık, pH) karşı gıdanın özelliklerini muhafaza ederek tüketiciye ulaştırmak için kullanılmaktadır (Karahalil, 2013; Duncan, 2011; Tarhan vd., 2010). Mükemmel penetrasyon özelliklere sahip olan nano yapılar, küçük boyutları sayesinde yüksek konsantrasyonlu aktif maddelerin hücre çeperlerine hızlı iletimini sağlamaktadır (Chen vd., 2006). Nanoemülsiyonlar iç faz damlacık boyutu 50-1000 nm ölçeğinde değişen şeffaf ya da yarı şeffaf emülsiyon yapılardır (Davarcı ve Akdemir, 2013; Shah vd., 2010). Nanoemülsiyonların hazırlanabilmesi için, FDA tarafından GRAS olarak belirtilen insan tüketimi ve yaygın gıda maddeleri için onaylanmış surfaktan madde, yağ fazı ve su fazına ihtiyaç duyulmaktadır (Lovelyn ve Attama, 2011; Shah vd., 2010; Solans, 2005). Nanoemülsiyon teknolojisi kullanılarak vitamin, mineral ve diğer fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmiş fonksiyonel içecekler elde edilerek biyoaktiflerin kontrollü salınımı ve biyoyararlılığın artması sağlanmaktadır (Augustin ve Sanguansri, 2006).

Nanoemülsiyonlar suyu yapısına bağlaması ve böylece mikroorganizmaların suya ulaşımını sınırlamasıyla antimikrobiyal koruyucu olarak bilinmektedir (Al-Adham vd., 2000).Yapılan bir çok araştırmada nanoemülsiyonların bakteriler, mantarlar, sporlar ve virüsler üzerine olumsuz etkiye sahip oldukları bildiği gibi, bunların hücre çekirdekli yapılarına nüfuz etmesiyle çekirdek yapılarına zarar vererek, yok olmalarına neden olduğu belirlenmiştir. Bu nanoyapılar ultrasonik çalkalama, yüksek basınçlı homojenizasyon ve mikroakışkan kanallar kullanılarak elde edilirler (Mason vd., 2006; Nakajima, 2005).

Balık, besleyici bir gıda olarak benimsenmiş olup, yüksek değerli protein içeriği ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ana kaynağı olması nedeniyle büyük öneme sahiptir (Dursun ve Erkan, 2009). Depolama ve işleme boyunca meydana gelen otooksidasyon sonucunda yıkıma uğrayan PUFA, uçucu bileşiklerin oluşumundan dolayı balık eti içerisinde acı bir

aromanın ortaya çıkmasına ve gıdaların doku yapısında, renginde, kokusunda da önemli değişimlere neden olmaktadır.

Gıdalardaki oksidasyonu engellemek amacıyla antioksidanlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sentetik antioksidanlar ucuz olmaları, yüksek düzeyde stabilite ve güçlü antioksidan aktivite göstermelerinden dolayı tercih edilirken, canlı organizmada toksik aktiviteye sahip olduğu ve insanlar için kanserojen etki gösterdiği belirlenmesinden dolayı doğal antioksidanlara yönelim artmıştır (Bandoniene vd., 2002; Akgül, 1989; Akgül ve Ayar, 1993; Torre vd., 2001; Suja vd., 2004; Yingming vd., 2004). Kendilerine özgü lezzet ve aromaları, antimikrobiyel ve antioksidan özellikleri nedeniyle, daha geniş bioaktivite profiline sahip olan doğal aromatik bitkiler gıda sektöründe alternatif olarak kullanılabilir doğal antioksidan maddelerdir (Rice-Avans vd., 1995). Lipid oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle önlenmesi veya azaltılması, üretici ve tüketici açısından güvenilir gıda maddelerinin üretimine olanak sağladığı için önemlidir (Önenç ve Açıkgöz, 2005).

Bitkisel uçucu yağlar hidrofobik özellikleri sayesinde bakterilerin hücre ve mitokondri lipid membranlarını etkileyerek; hücre içi iyon dengesinin bozulmasına, zar geçirgenliğinin değişmesine, stoplazmik koagülasyona ve parçalanmaya neden olmaktadır (Griffin vd., 1999; Hart vd., 2008).

Bu çalışmada, biberiye, kekik, defne ve adaçayı esansiyel yağları kullanılmıştır. Biberiye (*Rosmarinus officinalis*), *Labiatae* familyasına ait olup, yapraklarından ve uçucu yağından yararlanılan önemli bir antioksidan kaynağıdır. Biberiye esansiyel yağı ana bileşenleri 1,8-cineole (%52.17), α -pinene (%12), camphor (% 8.53) 'dan oluşmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından biberiye uçucu yağ bileşenlerinin antioksidan ve antimikrobiyel etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Moghtader vd., 2009; Gachkar vd., 2007; Baratta vd., 1998; Pandit vd., 1994).

Kekik (*Thymus vulgaris*), Ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasındandır. Taze et ve et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kekiğin kendine özgü kokusunu veren ve antioksidan özellik kazandıran fenolik bileşikler uçucu yağların % 78-82' sini oluşturmaktadır. Kekik uçucu yağları karvakrol (%71.54), p-cymene (%11.84), γ - terpinene (% 6.74) ana bileşenlerinden oluşmaktadır (Küçükylmaz vd., 2012; Yanishlieva vd., 2006; Perez vd., 2006; Önenç ve Açıkgöz, 2005; Botsoglou vd., 2003; Singhal vd., 2001).

Defne (*Laurus nobilis*), Lauraceae familyasındandır. Akdeniz defnesinin yaprakları ve meyveleri konservelerde, çorba, balık ve et yemeklerinde baharat olarak kullanılmaktadır. Defne kuru meyve ambalajları içerisinde böceklenmeyi önlemek, balık konservelerinde balığın tazeliğini korumak ve kokusunu gidermek amacıyla kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1981; Göker ve Acar, 1983). Defne uçucu yağları 1,8-cineole (%29.60), α -Terpinyl acetate (%18.16), α -Terpineol (%11.75)'bileşenlerinden oluşmaktadır.



Adaçayı (*Salvia officinalis* L.), Labiatae familyasındandır (Ceylan, 1996).. Akdeniz bitkisi olup, uçucu yağında çok bulunan antiseptik ve antibiyotik etkisi çok güçlü olan bir uçucu yağ bileşenlerine sahiptir (Baydar, 2005). Adaçayı uçucu yağları 1,8-cineole (%47.51), caryophyllene (% 12.63), α -pinene (%11.97) bileşenleri içermektedir.

Adham vd. (2000), gıda ürünlerinde nanoemülsiyonların koruyucu madde olarak kullanımının uygun olduğunu belirtmiştir. Nanoparçacıklar gıda maddesinde, lezzet ve renk değişimine yol açmadan antimikrobiyal özellikleri sayesinde raf ömrünün uzatılmasında büyük öneme sahiptir (Josef ve Morrison, 2006; Chaudhry, 2008). Ancak gıdaların mikrobiyal faaliyetlere karşı korunumu için nanoemülsiyonlar ile ilgili yapılan çok az sayıda çalışma yer alması ve nanoemülsiyonun balığın raf ömrünü belirlenmesi üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar yetersizdir. Bu çalışmada, kekik, biberiye, defne ve adaçayı esansiyel yağlarına dayalı nanoemülsiyonların buzda depolanan alabalık filetolarındaki duysal, kimyasal ve mikrobiyolojik etkileri araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Nanoteknoloji, maddeler üzerinde 100 nanometre ölçeğinden küçük boyutlarda gerçekleştirilen işleme, ölçüm, tasarım, modelleme ve düzenleme gibi çalışmalarla maddeye atom ve molekül seviyesinde gelişmiş veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazandırmayı hedefleyen, yeni ve hızla gelişen bir bilim ve teknoloji alanıdır. Nanoteknoloji malzeme, elektronik, bilgisayar, tıp, ilaç, tekstil, çevre, enerji, biyoteknoloji, tarım ve gıda gibi birçok alanda uygulama imkânı sunabilmektedir. Diğer alanlarla karşılaştırıldığında biyonanoteknoloji ve özellikle nanoteknolojinin gıda alanındaki uygulamalarının, günümüzde daha sınırlı olduğu ifade edilebilmektedir. Bununla birlikte, gelişmelere paralel olarak hızla ilerlemekte ve yeni fonksiyonel gıda ürünlerinin üretimi kapsamında gelecek için büyük önem taşıdığı öngörülmektedir. Bu teknoloji ile gıda içeriğindeki çeşitli maddeler moleküler düzeyde istenen özelliklere göre tasarlanmakta ve kontrol edilebilmektedir. Ayrıca farklı renk, aroma ve besin ögesi taşıyan bir takım nanoyapıların ilavesiyle gıdanın duyuşal ve mekanik özelliklerinin işlenmesi ve yeni ürünler geliştirilmesi sağlanabilmektedir. Ürün koruma ve raf ömrünü uzatma amacıyla üretilen nanokompozitlerle ambalajlama; patojen tesbiti için geliştirilebilecek nanosensörler yardımıyla gıda güvenliği gibi konularda yeni açılımlar sağlanabilmektedir (Sürengil ve Kılınç, 2011; Tarhan vd., 2010; Bouwmeester vd., 2008).

Nanoteknolojinin gıda alanında uygulamaları, gıda işleme ve fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi; biyoaktif maddelerin ve nutrasötiklerin taşınması ve kontrollü salınımı; patojenlerin tesbiti ve gıda güvenliğinin artırılması; ürün kalitesi ve raf ömrünü olumlu yönde etkileyecek paketleme sistemlerinin geliştirilmesi olmak üzere dört ana başlık altında ifade edilebilmektedir. Dünya genelinde bilimsel araştırmalar yapan merkezlerden ve gıda üretimi yapan endüstriyel firmalardan birçok araştırmacı bu uygulama alanlarına yönelik çeşitli çalışmalar yapmaktadır (Sanguansri vd., 2006; Joseph ve Morrison, 2006; Chau vd., 2007; Dursun ve Erkan, 2009).

Gıda işleme ve fonksiyonel ürün geliştirme alanında yapılan çalışmalar;

- Nanoemülsiyonlar ve nanokapsüller vasıtasıyla aroma, renk ve besin ögeleri eklenerek duyuşal ve teknolojik özellikleri geliştirilmiş yeni ve fonksiyonel gıda ürünlerinin tasarlanıp, üretilmesi (Decker, 2003; Hazen, 2003).
- Farklı geleneksel bitkilerden nano boyutta toz veya emülsiyon bitki formülasyonlarının geliştirilmesi (ElAmin, 2005),
- Sıvı formdaki gıdaların yapılarından özellikle monovalent katyonların uzaklaştırılması, sıvı ürünlerin kısmen saflaştırılması, dezenfeksiyonu ve toksinlerin uzaklaştırılması amacıyla nanogözenekli membran ve nanofiltrasyon uygulamalarının geliştirilmesidir (Gardner, 2003).

Biyoaktif maddelerin taşınması ve kontrollü salınımı alanında yapılan çalışmalar;

- Nanokapsüllerin esansiyel yağlar, antioksidantlar, proteinler, vitaminler ve mineraller gibi çeşitli besin öğeleri için taşıyıcı olarak kullanılıp, onların olumsuz çevre şartlarından korunarak, vücutta uygun bölümde salınımının sağlanması ve böylece biyoyararlılığının artırılması; biyoaktif maddelerin gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında ortam koşullarının etkisi ile çeşitli reaksiyonlar sonucu zararlı bileşenlere dönüşmelerinin engellenmesi (Heller, 2006).
- Nanoemülsiyonlar vasıtasıyla hidrofilik maddelerin yağda çözünür, lipofilik maddelerin ise suda çözünür hale getirilip, çeşitli biyoaktif maddelerin su veya meyve içecekleri içinde dağılımını sağlanması ve biyoyararlılığın artırılmasıdır (Chen vd., 2006).

Karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi makro moleküller çeşitli gıda uygulamalarına yönelik olarak, yeni nano yapıların oluşturulmasında kullanılabilirler. Bu nano yapılar, oldukça küçük boyutlarından dolayı, yüksek konsantrasyonlu aktif maddelerin hücre çeperlerine hızlı iletimini sağlayan mükemmel penetrasyon özelliklerine sahiptirler (Chen vd., 2006). Gıda makromoleküllerinden oluşturulan nanoemülsiyonlar, biyopolimerik nanoparçacıklar, nanokompozitler, nanofiberler, nanotüpler ve nanosensörler çeşitli amaçlarla gıda uygulamalarında kullanılabilme özelliğine sahiptirler. Emülsiyonlar uzun yıllardır araştırılmakta, üretilmekte ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadırlar. Emülsiyon, birbiri içinde çözünmeyen ya da kısmi çözülen iki sıvıdan (örneğin su ve yağ) birinin diğeri içinde damlacıklar halinde dağılmasıyla oluşan bir karışımdır. Nanoemülsiyonlar 50-1000 nm boyutunda değişen ortalama damlacık çapına sahiptir. Genel olarak ortalama damlacık boyutu 100- 500 nm'dir. Nanoemülsiyonlar, FDA tarafından GRAS olarak bilinen insan tüketimi ve yaygın gıda maddeleri için onaylanmış surfaktanlardan yapılmıştır (Lovely ve Attama, 2011). Bu parçacıklar lipofilik iç kabuğun üzerine tek kat halinde sıralanan fosfolipitlerin ara yüzey oluşturmasıyla onları çevreleyen sıvı faz içerisinde tutunmalarıyla oluşurlar. Bu nanoyapılar ultrasonik çalkalama, yüksek basınçlı homojenizasyon ve mikroakışkan kanallar kullanılarak elde edilirler (Mason vd., 2006; Nakajima, 2005) Bu nanoyapıların stabilizasyonunun sağlanmasında elektrostatik ve sterik sabitleme yöntemlerinin yanısıra, arayüzde katı parçacıkların kullanılması ya da akışkanlığın azaltılması da etkili metodlardır (Van Nieuwenhuyzen vd., 1998). Nanoemülsiyonlar içerdikleri nanodamlacıklar vasıtasıyla, fonksiyonel ve biyoaktif ürünlerin enkapsülasyonu ve taşınmasının sağlanması amacıyla geliştirilen en önemli iletim sistemlerinden birisidir.

Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin gıdalar oksidatif bozulmalara maruz kalmaktadır. Oksidatif bozulma gıda ürünlerinin raf ömrünü sınırlandıran ve kalite kaybına neden olan önemli faktörlerden biridir. Ayrıca gıda endüstrisi açısından büyük bir öneme sahiptir. Doymamış yağların oksidasyonu sırasında hidroperoksite ek olarak karbonil

bileşikler, aldehitler, asitler, ketonlar, epoksitler ve karbondioksit gibi toksik bileşikler şekillenir. Bunların sonucu olarak da gıdaların doku yapısında, renginde, kokusunda ve tadında arzu edilmeyen değişimler olur (Sarkardei ve Howell, 2008; Singh vd., 2005; Yu vd., 2002; Yanishlieva ve Marinova, 2001). Oksidasyona bağlı olarak gerçekleşen ransit tat ve kokunun oluşmasında antioksidanların rolü büyüktür. Antioksidanlar ransit ürünleri ortadan kaldırmaz ya da oksidasyonu geri çevirmezler. Bu maddeler gıdalara ilave edilerek oksidasyonun şekillenmesini geciktirir yada engellerler. Endüstriyel işlemlerde besinlerin muhafaza süresini uzatmak için esas olarak sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır. Ancak pek çok araştırmacı uzun süredir besinlerin işlenmesinde kullanılan butil hidroksitoluen (BHT), butil hidroksianisol (BHA), tersiyer butil hidroksiketon (TBHQ) ve propil galatlar (PG) gibi bazı sentetik antioksidanların canlı organizmada karsinojenik ve teratojenik etki gösterdiğine dikkat çekmektedir. Tüketiciler de genelde doğal antioksidanları sentetik olanlara tercih etmektedir. Bu nedenle uzun süreden beri, besinlerin koku ve tat gibi özelliklerini artırmak için katkı olarak kullanılan baharat ve doğal aromatik bitkiler giderek önem kazanmıştır. Bu bitkilerin yapılarında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi serbest radikalleri temizleme, metal iyonlarla bileşik oluşturma ve tekli oksijen oluşumunu engelleme gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Fernandez-Lopez vd., 2005; Tekinşen, 2000; Wanasundara ve Shahidi, 1998; Sherwin, 1990). Bitki ve baharatların bazılarının antioksidan kapasitelerinin, sentetik antioksidanlardan daha fazla olduğu kanıtlanmıştır. Kendilerine özgü lezzet ve aromaları, antimikrobiyel ve antioksidan özellikleri nedeniyle, daha geniş bioaktivite profiline sahip olan bitki ve baharatlar gıda sektöründe alternatif olarak kullanılabilir doğal antioksidan maddelerdir. Gıdalarda lipid oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle önlenmesi üretici ve tüketici açısından oldukça önemlidir (Rice-Avans vd., 1995).

Bu proje ile çeşitli bitkilerin esansiyel yağları kullanılarak nanoemülsiyonlar elde edilmiş ve elde edilen bu nanoemülsiyonların, buzda depolanan alabalık filetolarına duyuşal, kimyasal ve mikrobiyal kalitesi üzerine etkisi belirlenmiştir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Nanoemülsiyonun Hazırlanması

Nanoemülsiyon elde edilmesi Hamouda vd., (1999) tarafından kullanılan yöntemle göre yağ ve su fazı olarak iki farklı aşamadan oluşmaktadır. Kekik, biberiye, defne ve adaçayı esansiyel yağların güçlü aromasından dolayı yağ oranı %4 olarak kullanılmıştır.

3.2. Hazırlanan Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri

Damlacık Boyutu; Nanoemülsiyonlar, damlacık boyutları 20-600 nanometre arasında değişebilen şeffaf ya da yarı saydam görünen emülsiyonlardır (Tadros vd., 2004; Fernandez vd., 2004; Jia vd., 2005).

Viskozite Ölçümü; Viskozite damlaların koagülasyona karşı direncini artırarak emülsiyonlaşma prosesine yardımcı olur. Bir emülsiyonun viskozitesi, difüzyon hareketlerini yavaşlatarak damlaların koagülasyonunu geciktirir ve böylece emülsiyonun kararlılığı ve damla boyutu üzerinde etkiye sahip olur (Cooper and Gunn, 1950). Yüksek viskoziteli emülsiyonlar düşük kararlılığa sahipken; düşük viskoziteli emülsiyonlar ise yüksek kararlılığa sahip olarak karşımıza çıkabilir (Martin,1993).

Termodinamik stabilitesinin belirlenmesi; Nanoemülsiyonlarda en düşük kararlılığa sahip olan sistemler, termodinamik açıdan kararsız sistemler olarak adlandırılırlar. Bu nedenle; birbiri ile karışmayan faz sistemlerinin, herbirinin bu sistem içindeki rollerini belirlemek önemlidir, her şeyden önce, emülsiyonlar geniş bir arayüzey alanı gösterdikleri için, arayüzey gerilimindeki herhangi bir azalmanın, birleşme eğilimini azaltacağı ve kararlılığı destekleyeceği anlaşılmaktadır.

Yüzey Gerilimi; Yüzey gerilimi, yüzeyde ve daha içerde bulunan, birbirine yakın moleküller arasındaki çekim gücünün bir sonucu olarak ortaya çıkar (Martin,1993). Gerilim, birbiri ile karışmayan iki sıvı arasında olunca yüzeylerarası gerilim adını alır. Yüzey gerilimi teorilerine göre; sisteme eklenen ve yüzeylerarası gerilimi düşüren bir madde var ise; birbiri ile karışmayan iki sıvı bir emülsiyon oluşturabilir. Bu sisteme eklenen yüzeylerarası gerilimi düşüren madde genellikle emülgatörlerdir. Emülgatör molekülleri, karakterlerine bağlı olarak su-yağ arayüzeyinde yer alır. Emülgatörün hidrofilik kısmı suya yönelirken; hidrofobik kısım yağa yönelir. Eğer emülgatörün hidrofilik özellikleri, hidrofobik özelliklerinden daha baskın ise; emülgatör molekülü yağ-su arayüzeyinde yönlenecektir. Bu nedenle oluşturulan nanoemülsiyonlarda yüzey geriliminin belirlenmesi gerekmektedir.

Kırılma indeksi; Işığın kırılmasına yada saçılmasına neden olmayacak boyuttaki küçük damlaların elde edilmesi, su ve yağ fazı arasındaki yüzey geriliminin neredeyse sıfıra yaklaşmasıyla mümkün olmaktadır. Bu nedenle kırılma indeksinin nano emülsiyonun kararlılığı ve damlacık boyutu açısından belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonlarının yoğunluk ve reaktif indeks ölçümü, damlacık büyüklüğü ölçümü, termodinamik stabilite ve yüzey gerilimi fiziksel özellikleri ODTÜ Merkez Laboratuvarı tarafından yapılmıştır.

3.3. Esansiyel Yağların Su Buharı Distilasyonu İle Elde Edilmesi

Ayıklanmış, kurutulmuş kekik, biberiye, adaçayı ve defne yapraklarından 100 g alınarak, 2000 ml'lik balona yerleştirilmiştir. Daha sonra örnek üzerine 1000 ml saf su eklenerek 4 saat boyunca distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işlemi tamamlandıktan sonra Clevenger aparatının (Şekil 1) dereceli kısmından yağ miktarı okunarak % yağ verimi hesaplanmıştır.

Su buharı distilasyonu sonucunda elde edilen uçucu yağlar gaz kromatografisi/ kütle spektrometresi (GC-MS) cihazı kullanılarak uçucu yağ kompozisyonları belirlenmiştir.



Şekil 1. Clevenger aparatının genel görünümü

3.4. Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (GC-MS) Analizleri

Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (Şekil 2) analizleri Su Ürünleri Fakültesi Analitik Kimya Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 1 damla uçucu yağ örneği içerisine 1 ml

n-hekzan eklenerek vortekste karıştırılmıştır. Bu örnekler sonrasında enjektörle 1 μ l alınarak GC-MS'e enjekte edilmiştir. Araştırmada kullanılan GC-MS koşulları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Gaz Kromatografisi-Kütle spektrometre (GC-MS)'in genel görünümü

Tablo 1. Gaz Kromatografisi-Kütle spektrometre Koşulları

Cihaz	Perkin Elmer Clarus 500(GC-MS)
Kolon	SGE kolunu (60 m. 0,25mm ID. BPX5 0,25 μ m, USA)
Kolon Sıcaklığı	60 °C'de 10 dk, 4°C/dk artışla 220 °C'ye, 220 °C'de 10 dk beklenir. 4 °C/dk artışla 250 °C'ye , 250 °C'de 10 dk beklenir.
Enjeksiyon Sıcaklığı	240 °C
Taşıyıcı Gaz	Helyum (1,5 ml/dk)
Split Oranı	0
Elektron Enerjisi	70eV
Kütle Aralığı	35-425 m/z
Tarama Kütüphanesi	Nist ve Wiley

3.5. Balık Etinin Hazırlanması

Bu çalışmada balık materyali Adana ilinde bulunan Öz Alabalık çiftliğinden temin edilmiştir. Balıklar ortalama 207.382 \pm 15.65 g ağırlığında 25.51 \pm 0.42 cm uzunluğunda alabalık kullanılmıştır. Balıklar buzlu strafor kutularda Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarına getirilmiş olup, iç organları temizlenerek filetoları çıkarılmıştır. Alabalık

filetoları kontrol ve muamele grupları olmak üzere 5 gruba ayrılarak nanoemülsiyon uygulaması için buzda muhafaza edilmişlerdir.

3.6. Balıklara Nanoemülsiyon Uygulaması ve Depolama Koşulları

Elde edilen kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonlarının filetolara uygulanması Joe vd. (2012) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Filetolara uygulanmış olan nanoemülsiyon oranı balık eti ağırlığının %10'u (v/w) oranında yapılmıştır. Nanoemülsiyonların balık filetosuna uygulanması daldırma yöntemiyle olup 3 dakika bekletilmiştir. Muamele edilen filetolar strafor tabak içine konularak streç film ile kaplanarak buzda buzdolabı içerisinde depolanmıştır. Soğukta depolamada kontrol ile beraber toplam 5 grup olmuştur. Depolamanın 0, 3, 7, 10, 14, 17, 21, 23. günlerinde duyuşal, kimyasal ve mikrobiyoloji analizleri düzenli olarak yapılmıştır.

3.7. Depolama Boyunca Yapılan Analizler

3.7.1. Duyusal Analizler

Balığın çığ olarak duyuşal değeriendirilmesi, Bonilla (2007) tarafından önerilen Kalite İndeks Metodu (QIM) modifiye edilerek (Tablo 2) yapılmıştır. Her bir parametre için 0 çok taze balık etini gösterirken, daha yüksek puanlar daha düşük kaliteyi belirtmiştir. Bu sistemde 0 çok taze balığı veririrken, giderek artan değerieler balığın depolama süresiyle bağlantılı olarak bozulduğunu gösterir.

Tablo 2. Modifiye edilmiş kalite indeks metodu (Bonilla, 2007)

Kalite parametreleri		Tanımlama	Kontrol
Deri	Parlaklık	Yanardöner	0
		Hafif mat	1
		Mat	2
	Mukus	Az ve saydam	

		Çok ve sarımsı	0 1
	Pullar	Düzenli Dağınık	0 1
Et	Tekstür	Sert	0
		Hafif Yumuşak	1
		Çok Yumuşak	2
	Su	Su sızıntısı yok	0
		Su sızıntısı yok	1
	Koku	Taze ve nötral	0
		Yosunumsu	1
		Ekşimiş süt	2
Asetik ve amonyak kokusu		3	
Renk	Beyaz ve kahverengi	0	
	Sarımsı ve koyu kahverengi	1	
Parlaklık	Saydam	0	
	Mat	1	
Parçalanma durumu	Yok	0	
	Hafif parçalanmış	1	
	Biraz parçalanmış	2	
	Yoğun parçalanmış	3	
Nanoemülsiyon kokusu	Yok	0	
	Hafif hissedilir	1	
	Yoğun	2	

Pişmiş alabalığın duyusal analizi

Pişmiş alabalık filetosunun duyusal değerlendirilmesi hedonoik skalaya göre yapılmıştır (Tablo 3). Duyusal özellikler 9'dan ≥ 3 'e kadar olan tanımlayıcı kriterler ile değerlendirmiştir. 9 tamamen taze balığı, ≥ 3 ise tamamen bozulmuş balığı göstermiştir. Balık filetoları yaklaşık 2 dakika mikrodalga fırında (300 mhz) pişirildikten hemen sonra panelistlere sunulmuştur.

	9 Çok iyi	8 Oldukça iyi	7 iyi	6 Biraz iyi	5 Yorumsuz	4 Biraz kötü	3 Kötü	2 Oldukça Kötü	1 Çok kötü
Renk									
Koku									
Lezzet									
Doku Yapısı									
Genel Kabul Edilebilirlik									

Tablo 3. Pişmiş alabalık için kullanılacak hedonik skala

3.7.2.Kimyasal Analizler

3.7.2.1.Toplam Ham Protein Analizi

Toplam ham protein Kjeldahl metoduna (AOAC, 1984) göre yapılmıştır. Kjeldahl tüpleri içerisindeki 1 g homojenize edilmiş örnek üzerine, 2 adet kjeldahl tablet (Merck, TP826558) ve 20 mL H₂SO₄ eklenerek yakma ünitesinde örnekler yeşil renk alana kadar 2-3 saat yakılır. Oda sıcaklığına geldikten sonra örneğin bulunduğu tüp içerisine 75 mL su eklenir. 25 mL %40 'lık borik asit (H₃BO₃) solüsyonu eklenen erlen ile, kjeldahl tüpleri kjeldahl cihazına yerleştirilerek %40'lık NaOH ile 6 dakika distilasyon işlemi yapılır. Kjeldahl cihazından alınan erlen içerisindeki solüsyon 0.1 M HCl ile rengi şeffaf olana kadar titre edilir. Sarf edilen HCl miktarı kaydedilerek, aşağıdaki formül yardımıyla protein miktarları bulunur.

$$\%N = \frac{14.01 \times (A-B) \times M \times 100}{g \times 10}$$

$$\%Protein = \%N \times 6.25$$

A: Örnek için sarf edilen HCl miktarı

B: Kör için sarf edilen HCl miktarı

M: Asit molaritesi

g: Örnek miktarı

3.7.2.2.Lipit Analizi

Lipit analizi Bligh ve Dyer (1959)'in uyguladığı yönteme göre yapılmıştır. 15 g homojenize edilmiş örnek, üzerine 120 mL metanol/kloroform (1/2) eklendikten sonra homojenetörde karıştırılır. Daha sonra bu örnekler üzerine 20 mL %0.4'lük CaCl₂ solüsyonundan eklenerek süzme kağıdından (Scliecher&Schuell, 5951/2 185 mm) süzülen örnekler, 105 °C'de 1 saat etüvde bekletilip darası alınmış olan balon jodelere süzdürülür. Bu balonlar ağızları hava almayacak şekilde kapatılıp 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiş ve ertesi gün metanol-sudan oluşan üst tabaka bir ayırma hunisi yardımıyla alınır. Balonların içinde kalan kloroform-lipit kısmından kloroform +60 C'de su banyosunda rotary evaporatör kullanılarak uçurulur. Daha sonra balonlar etüvde 1 saat süreyle 90 °C'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamının uçması sağlanır ve bir desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılır. Lipit oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

$$\text{Lipit miktarı (\%)} = \frac{[\text{Balon Darası(g)} + \text{Lipit(g)}] - [\text{Balon Darası (g)}]}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \times 100$$

3.7.2.3.Nem Analizi

Nem analizi AOAC (1990) metodu esas alınarak yapılmıştır. Krozeler etüvde 105°C'de 1 saat süreyle kurtulmuş ve desikatörde 30 dakika süreyle soğutulduktan sonra 0.1mg duyarlı hassas terazide darası alınır. Darası alınan krozelere yaklaşık 4-5g homojenize edilmiş örnek tartılarak 105 °C'de (24 saat) kurutulur. Bu işlemin ardından oda sıcaklığına kadar soğumaları için desikatöre yerleştirilmiş ve 0.1mg duyarlı hassas terazide tartılarak sonuçlar kaydedilir. Analiz sonucunda örneğe ait nem miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Nem miktarı (\%)} = \frac{\text{İlk Tartım} - \text{Son tartım}}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \times 100$$

3.7.2.4. Ham Kül Analizi

Ham kül analizi AOAC (1990) metoduna göre yapılmıştır. Analizinde kullanılan porselen krozeler ilk önce 103 °C'de 2 saat süreyle etüvde kurutulup daha sonra desikatörde soğutulduktan sonra 0.1 mg duyarlı hassa terazide daraları alınır. Krozeler içerisine homojenize edilmiş örnekten 3.3-5 g tartılıp bu örnekler 4 saat +550 °C'de rengi açık gri

oluncaya kadar yakılmış ve ardından desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, hassas terazide tartılır. Örneğe ait % ham kül sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Ham Kül (\%)} = \frac{[\text{Dara (g)} + \text{Ham Kül (g)}] - \text{Dara (g)} \times 100}{\text{Örnek Miktarı (g)}}$$

3.7.2.5. Yağ Asitleri Tayini

Eksrakte edilmiş lipitten, yağ asidi metil esterleri Ichibara ve ark (1996) metoduna göre yapılmıştır. 25 mg eksrakte edilmiş yağ örneği üzerine 4mL 2M'lık KOH ve 2mL n-heptan ilave edilir. Daha sonra oda sıcaklığında 2 dakika vortekste karıştırılır ve 4000 rpm' de 10 dakika süreyle santrifüj edilir ve heptan tabakası gaz kromatografisi (GC)'inde analiz için alınır.

3.7.2.6. Gaz Kromatografisi Şartları

Yağ asidi analizi, bir GC Clarous 500 cihazı (Perkin–Elmer, USA), bir adet alev iyonizasyon detektörü ve asit silisit tuzu tüpü SGE (30 m · 0.32 mm ID · 0.25 lm BP20 0.25 UM, USA) kullanılarak analiz edilmiştir. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile önce 220 °C 'ye sonra 280 °C'ye ayarlanır. Bu esnada fırın sıcaklığı 5 dakıda 140 C 'de tutulur. Sonrasında her dakika 4 °C arttırılarak 200 °C'ye kadar, 200 °C'den 220 °C'ye de her dakika 1 °C arttırılarak getirilir. Numune ölçüsü 1ml ve taşıyıcı gaz da 16 ps'de kontrol edillir. Split 1:100 oranında kullanıldı. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanır.

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

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) analizi Antonocopoulos (1973)'e göre yapılmıştır. Homojenize edilen 10 gr et tartılıp tüplere konulur. Üzerine yaklaşık 0,5-0,7 g MgO ve 100 mL saf su ilave edilerek distile edilmiş ve erlene ise 10 mL % 3'lük borik asit, 100 mL su ve 6-8 damla metil kırmızısı eklenir. Daha sonra 200 mL distilat biriktirilmiş ve oluşan distilat 0.1 N HCl ile titre edilir. Örneklerin toplam uçucu bazik azot miktarları aşağıdaki formülde verildiği şekilde hesaplanır.

$$\text{TVB-N (mgN /100g örnek)} = \frac{A \times 1.4 \times 100}{B}$$

A: mL olarak harcanan 0.1 N asit miktarı

B: Örneğin tartım ağırlığı

3.7.2.8. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Analizi

Tarladgis vd. (1960)'nın uyguladığı yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla homojenize edilmiş örnekten tam 10g örnek 0.1mg duyarlı hassas terazide tartılarak, Kjeldahl cihazının tüplerine aktarılır. Daha sonra örneğin üzerine 97,5ml distile su ve 2,5ml (1:2)'lik HCl çözeltisi ilave edilerek destilasyon işlemine geçilerek ve 200ml destilat elde edilinceye kadar kaynatılmaya devam edilir. Kaynatma işleminin sona ermesinin ardından destilat karıştırılarak, 5ml' si cam kapaklı deney tüpüne yerleştirilerek ve üzerine de %90'lık 100ml glacial asetik asit içerisinde 0,2883g çözdürülmüş 5ml TBA reaktifi ilave edilerek tüpün kapağı kapatılıp, bir vorteks kullanılarak karıştırılır. Kör için ise bir başka deney tüpüne 5ml TBA reaktifi ve 5ml distile su ilave edilerek kapağı kapatılıp yine vorteksle karıştırıldıktan sonra, tüpler kaynayan su banyosunda 35 dakika tutulup, soğumaya bırakılır. Daha sonra spektrofotometre tüplerine aktarılarak 538nm dalga boyunda köre karşı, optik dansitesi okunur. Elde edilen dansite değeri ise 7,8 ile çarpılarak 1000g örnekteki mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanır.

3.7.2.9.Peroksit Değeri (PV)

Peroksit değeri AOCS (1994)'a göre gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilmiş 1g lipit örneği üzerine 20ml kloroform ilave edilmiş ardından, 50ml asetik asit:kloroform (60:40) çözeltisi ilave edilerek lipit tamamen çözülene kadar çalkalanır. Lipidi çözme işleminin ardından 1ml, doymuş potasyum iyodür ilave edilerek, 20 saniye gibi bir süre döndürerek çalkalama işleminin ardından karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilir. Daha sonra 100ml distile su ilave edilip ardından %1'lik nişasta solüsyonundan 4-5 damla damlatılıp berrak renk oluşana kadar 0,002 M'lık sodyum tiyosülfatla titre edilir. Aynı uygulama lipit olmaksızın kör içinde yapılır. Hesaplama ise aşağıdaki formül yardımıyla gerçekleştirilir.

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{2 (C - B)\text{meq O}_2/\text{kg}}{W}$$

C: Harcanan 0,002 M'lık sodyum tiyosülfat (mL cinsinden)

B: Kör için harcanan 0,002 M'lık sodyum tiyosülfat (mL cinsinden)

W: Örnek Ağırlığı

3.7.2.10.Serbest Yağ Asitleri (FFA) Analizi

Serbest yağ asit analizi AOCS (1994) metoduna göre belirlenmiştir. Önceden ekstrakte edilmiş lipitten 0,5g örnek tartılarak, dietileter: ethanol (25:25 mL oranında) içerisinde çözüldürülür. Daha sonra 1ml %1'lik fenolftalein indikatörü ilave edilir. Elde edilen

bu karışım 0.1 M'lık sodyum hidroksit ile kalıcı pembe renk oluşuna kadar (en az 15 saniye) titre edilir. Aynı işlemler yağ kullanmadan kör deneme için tekrarlanır. %'de serbest asit miktarı oleik asit cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesap edilir.

$$\% \text{ Serbest Yağ Asiti} = \frac{(C - B) \times 2,805}{W}$$

C: Harcanan 0.1M'lık NaOH miktarı mL cinsinden

B: Kör için harcanan 0.1M'lık NaOH miktarı mL cinsinden

W: Örnek ağırlığı

2.805: Dönüşüm faktörü

3.7.2.11. Biyojenik Amin Analizi

Biyojenik aminler hızlı bir HPLC metodu (Ozogul vd., 2002) kullanılarak analiz edilmiştir. Ekstrakte edilen solüsyondan 4 ml alınarak üzerine 1 mL 2 M sodyum hidroksid ve 40 µl benzoil klorid eklendikten sonra 30 sn vorteksde karıştırılır. Reaksiyon karışımı 20 dk, oda sıcaklığında (24°C) bırakılır. Benzolasyon işlemi 2 mL doymuş sodyum hidroksit eki ile durdurularak, solüsyon iki kez 2mL dietil eter ile ekstrakte edilir. Karıştırma işleminden sonra üst organik faz temiz tüp içerisine alınarak azotta uçurulur. Tüp içinde bulunan kalıntılar 1 mL asetonitrilde çözdürülerek, HPLC tüplerine aktarılır.

Ekipman ve Kolon

Biyojen amin analizi için bir SPD-M20A diode array dedektör, iki kanallı gradient pompa (Shimadzu LC-10AT), autosampler (SIL 20AC), kolon fırını (CTO-20AC), FCV-11AL dalga birimli communication bus module (CBM-20A) sahip Shimadzu Prominence HPLC cihazı (Shimadzu, Kyoto, Japan) kullanılmıştır. Biyojen amin analizi için ters-fazlı Spherisorb 5 Si C18 pH-St, 250X4.6 mm kolon (FENomenex, Macclesfield, Cheshire, UK) kullanılmıştır.

3.7.3. Mikrobiyolojik Analizler

2.7.3.1. Toplam Psikrofil ve Mezofil Aerob Mikroorganizma Sayımı

Toplam mezofil aerob mikroorganizma sayımı (ICMSF,1986) yöntemine göre yapılmıştır. Balık filetosundan 10'ar gram örnek alınarak bu örnekler 90 ml'lik ringer solüsyonunda 2 dakika stomacher ile homojenize edilmiştir. Bu homojenatlar sonrasında 10⁻⁸e kadar dilüsyon edilmiştir. Her bir dilüsyon serisinden 0.1 ml alınarak Plate Count Agar içeren petri kutularına üç tekrarlı ekim yapılmıştır. Bu petri kutuları mezofil canlı sayımı için 30 °C'de 48 saat, psikrofil canlı sayımları için ise 5 °C'de 10 gün inkübe edilmiştir.

3.7.3.2. Toplam *Enterobacteriaceae* Sayımı

Toplam *Enterobacteriaceae* Sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA, Oxoid, CM0107) kullanılmıştır. 10 g balık eti örneği üzerine 90 mL ringer solüsyonu eklenerek 2 dakika Stomacher ile homojen hale getirilmiştir. Bu amaçla paralel petri kutularına uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak çift kat dökme yöntemiyle ekim yapılmıştır. İnkübasyon 30 °C'de 24 saatdir. İnkübasyon sonunda kırmızı ve bordo renkli koloniler sayılmıştır.

3.7.3.3. *E. coli* Aranması

E. coli analizi için de uygun dilüsyonlardan kromojenik Tryptone Bile X—Glucuronide Medium (TBX (Oxoid, CM945) besiyerine 0.5 veya 1 ml aktararak yüzeye sürme yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 18-24 saat 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır.

3.7.3.4. *Staphylococcus aureus* Aranması

Uygun dilüsyonlardan Baird Parker Agar (Merck 1.10675) selektif besi yeri bulunan 14 cm çaplı büyük petri kutusuna doğrudan 1 ml ekim yapılmıştır. 37 °C'de 24-48 saat inkübe edilecek şüpheli kolonilerin (koloni etrafında berrak zon) oluşup oluşmama durumuna göre yorum yapılmıştır (Merck, 1998). Şüpheli koloniler API-staph test kitleri ile doğrulanmıştır.

3.7.3.5. *Salmonella* Aranması

Salmonella aranması ISO 6579:2002 yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için homojenize edilmiş 25 g örnek aseptik koşullarda 225 ml tamponlanmış peptonlu su içerisine alınarak homojenizasyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen homojenat 37 °C'de 18 saat inkübe edilerek bir ön zenginleştirme yapılmıştır. Bu kültürden seçici zenginleştirme besi yeri olan Rappaport-Vassiliadis Soya Peptone Broth'un (RVS Broth). 10 ml'sine 0.1ml eklendikten sonra 37 °C'de 24 inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda bu kültürden XLD agar (Merck 1.05287) besi yerlerine sürme ekim yapılarak 37 °C'de 24 saat sonunda şüpheli kolonilerin oluşup oluşmama durumlarına göre *Salmonella* yönünden API 20 E doğrulama testi gerçekleştirilmiştir.

3.7.3.6. *Listeria monocytogenes* Aranması

Listeria aranması ISO 11290-1:1996 yöntemine göre yapılmıştır. Bu amaçla 25 gr balık eti ilk ön zenginleştirme olarak 225 ml'lik half fraser broth içerisine alınarak stomacher ile homojenize hale getirilmiştir. Elde edilen homojenat 30 °C'de 24 saat inkübe edilir. Sonrasında kültürden 0.1 ml alınarak Palcam ve Oxford agar içersine aşılama yapılarak doğrulama işlemine geçilmiştir. Diğer taraftan kültürden 0.1 ml alınarak 10 ml'lik fraser broth içerisnde ikinci zenginleştirme işlemi yapılır. Sonrasında kültürler 30 veya 37 °C'de 48 saat inkübe edilir. Sonrasında kültürden 0.1 ml alınarak Palcam ve Oxford agar içersine aşılama yapılarak, 37 °C'de 24 saat sonunda şüpheli kolonilerin oluşup oluşmama durumlarına göre

Listeria yönünden değerlendirilmiştir. Şüpheli kolonilerin Listeria yönünden tanımlanması için API Listeria test kitleri (BioMerieux, La Balme-les-Grottes, France) kullanılmıştır.

3.8. İstatistikî analizler

SPSS 22.0 paket istatistik programı kullanılarak, elde edilen verilerin tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Çok karşılaştırma testi olarak da Duncan multiple testi kullanılmıştır. Önem seviyesi $p < 0.05$ olarak alınmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bitki esansiyel Yağlarının Ana Bileşenleri

Kekik, biberiye, defne, adaçayı uçucu yağlarının ana bileşenleri Tablo 4.' de verilmiştir. Çalışmamızda kekik esansiyel yağ bileşenleri karvakrol (%71.54), P-cymene (%11.84) iken, biberiye esansiyel yağ bileşenleri α -pinene (%12.0), 1,8- cineol (%52.17), camphor (%8.53) olarak bulunmuştur. Defne uçucu yağları 1,8-cineole (%29.60), α -Terpinyl acetate (%18.16), α -Terpineol (%11.75) bileşenlerinden oluşmaktadır. Adaçayı uçucu yağları 1,8-cineole (%47.51), caryophyllene (% 12.63), α -pinene (%11.97) bileşenleri içermektedir.

Tablo 4. GC-MS ile tanımlanmış esansiyel yağın ana bileşenleri (%)

Bileşikler	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
α -Pinene	-	12.0	2.67	11.97
1.8-Cineole	-	52.17	29.60	47.51
Camphor	-	8.53		6.37
Carvacrol	71.54	-		
P-Cymene	11.84	-		
β -Pinene	-	1.04	2.09	3.10
β -Myrecene	-	3.81		2.99
Caryophyllene	1.24	4.62		12.63
Camphene	-	2.92		3.01
α -Terpineol	-	2.00	11.75	
γ -Terpinene	6.74	-		
Borneol	-	3.55		3.65
Terpinene-4-Ol	-	1.07		
Bornyl Acetate	-	1.78		2.09
4-Terpineol			10.38	
α -Terpinyl acetate			18.16	
Caryophyllene oxide	1.01	-		
Iso-Borneol	2.04	-		
δ -4-Carene	1.11	-		

4.2. Alabalık Filetosunun Besinsel İçeriği

Çalışmada alabalık filetosunun besinsel içeriği % olarak Tablo 5.' de verilmiştir.

Tablo 5. Buzda depolanan alabalık filetosunun biyokimyasal kompozisyonu

Besinsel içerik (%)	
Protein	19.29±0.29
Lipit	3.60 ±0.65
Nem	74.84±0.44
Kül	1.37±0.09

Balığın fonksiyonel özellikleri, (koku ve damak tadı açısından) duyu kalitesi, depolama stabilitesi üzerinde de etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Gökoğlu, 2002). Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda alabalık filetosunun protein, lipid, nem ve kül içeriği sırasıyla %19.29, %3.60, %74.84 ve %1.37 olarak bulunmuştur. Gülyavuz ve Ünlüsayın (1999) 'nın gökkuşağı alabalığı üzerine yapmış olduğu çalışmada protein %18.8–19.1, lipid içeriği %1.2–10.8, nem içeriği %70–79 ve kül içeriği ise %1.8 olarak rapor edilmiştir. Fallah vd. (2011)

kültür gökkuşuğu alabalığında %18.7 protein, %5.11 lipit, %1.26 kül, ve %74.5 nem düzeyi rapor etmişlerdir. Ayas (2006) gökkuşuğu alabalığının sıcak tütsülemesi üzerine yaptığı çalışmada ham protein oranını %19.23, lipit oranını %7.02, nem ve kül oranını %72.06 ve %1.54 olarak bulmuştur.

4.3. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri

Nanoemülsiyonun fiziksel özelliklerini belirten yoğunluk , reaktif indeks, termo-dinamik stabilite, damlacık büyüklüğü ve yüzey gerilimi Tablo 6 ' de gösterilmiştir.

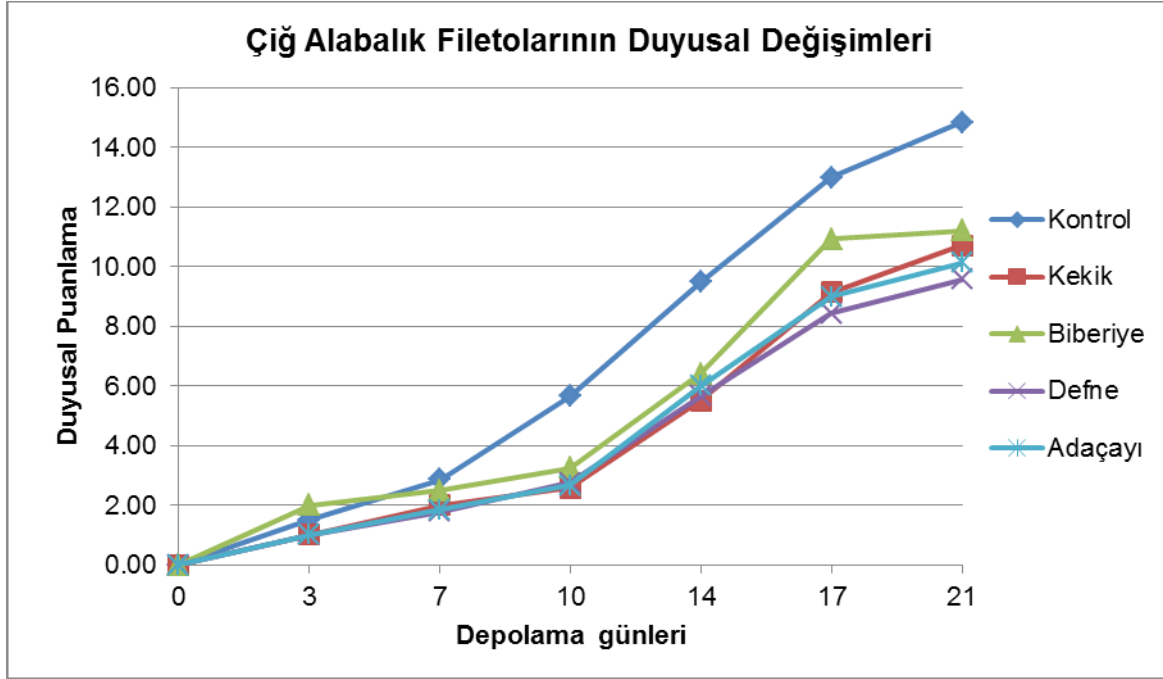
Tablo 6. Nanoemülsiyon fiziksel özellikleri

Kullanılan Yağlar	Yoğunluk (kg/m ³)	Refraktif İndeks (n)	Termo-dinamik stabilite	Damlacık Büyüklüğü (nm)	Yüzey Gerilimi (N/m)
Kekik	50.52±0.99	1.34±0.03	+++	112.82±0.00	31.58±0.15
Biberiye	50.48±0.99	1.34±0.02	+++	63.02±0.26	32.55±0.20
Defne	50.54±0.99	1.34±0,01	+++	66.02±0.00	33.15±0.12
Adaçayı	50.53±0.99	1.33±0.03	+++	59.48±0.25	32.37±0.33

4.4. Duyusal Değerlendirme

4.4.1. Çiğ Alabalık Duyusal Değerlendirilmesi

Nanoemülsiyon uygulanan çiğ alabalık filetosunun buzda depolanması süresince duyusal özelliklerindeki değişimler Şekil 3' de belirtilmiştir. Kontrol ve muamele gruplarından oluşan çiğ alabalık filetolarında duyusal puanlar depolama boyunca kademeli bir artış göstermektedir.



Şekil 3. Buzda depolanan çiğ alabalık filetolarının duyusal kalitesinin değerlendirilmesi

Panelistler tarafından kontrol grubunda raf ömrü 14 gün, nano emülsiyon uygulanan gruplarda ise; 17 gün olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, nano emülsiyon uygulanmış ve uygulanmamış olan filetolarda başlangıç genel duyusal puan 0 olup, kontrol grubunun duyusal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde bu değer 9.50 iken, biberiye, kekik, adaçayı, defne, gruplarının ret edildiği 17.günde ise sırasıyla 10.93, 9.14, 9.00, 8.43 olmuştur. Nanoemülsiyon uygulaması balık etinin doğal kokusu ve aromasında olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Panelistler tarafından kontrol grubuna göre daha çok tercih edilmiş olup nanoemülsiyon uygulaması alabalığın raf ömrünü uzatmıştır. Nanoemülsiyon uygulanmış buzda depolanan alabalık filetolarında panelistler tarafından da beğenilen hafif hissedilebilir oranda bitki esansiyel yağ kokusu hissetilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre kontrol grubuna kıyasla daha uzun raf ömrüne sahip oldukları gözlenmiştir. Filetolar renk parametresi açısından incelendiğinde biberiye grubunda depolamanın 14. günü, kekik, defne, adaçayı gruplarında ise; depolamanın 21. gününden itibaren sararma olduğu gözlenmiştir.

Chytiri vd. (2004) tarafından buzda depolanan alabalık filetosu üzerine yapılmış olan çalışmada çiğ filetonun raf ömrü 10-12 gün, iç organları çıkarılmamış alabalıkların ise 15-16 gün olduğu belirtilmiştir.

4.4.2. Pişmiş Alabalık Duyusal Değerlendirilmesi



Kontrol ve nanoemülsiyon muamelesi yapılan pişmiş alabalık filetosunda depolama süresince duyuşal özelliklerindeki değişimler Tablo 7' de belirtilmiştir. Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosundaki toplam duyuşal puanlar buzda depolanması süresince düşüş göstermiştir.

Tablo 7. Buzda depolanan pişmiş alabalık filetolarının duyuşal kalitesinin değerlendirilmesi

GRUPLAR ve PARAMETRELER		0.gün	3.gün	7.gün	10.gün	14.gün	17.gün	21.gün	23.gün
Renk	Kontrol	9.00±0.00	8.33±0.52	8.00±0.00	7.25±0.46	6.67±0.52	6.33±0.52	3.00±0.00	2.00±0.00
	Kekik	9.00±0.00	8.33±0.52	8.00±0.00	7.75±0.50	7.67±0.52	7.17±0.26	4.00±0.00	3.00±0.00
	Biberiye	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.75±0.50	6.67±0.52	6.50±0.45	3.50±0.55	2.50±0.55
	Defne	9.00±0.00	8.00±0.00	7.88±0.23	7.75±0.46	7.00±0.00	6.50±0.45	4.00±0.00	3.00±0.00
	Adaçayı	9.00±0.00	8.00±0.00	7.75±0.46	7.50±0.53	7.00±0.00	6.67±0.52	4.50±0.55	3.00±0.00
Koku	Kontrol	9.00±0.00	8.33±0.52	8.25±0.46	6.75±0.46	5.17±0.26	4.67±0.52	3.00±0.00	2.00±0.00
	Kekik	9.00±0.00	8.67±0.52	8.50±0.53	7.75±0.50	7.33±0.52	7.00±0.00	5.00±0.00	4.50±0.55
	Biberiye	9.00±0.00	8.00±0.89	7.75±0.89	6.25±0.50	6.17±0.26	6.00±0.00	4.00±0.00	2.50±0.55
	Defne	9.00±0.00	8.67±0.52	8.25±0.46	7.50±0.53	7.00±0.00	6.67±0.52	5.00±0.00	3.50±0.55
	Adaçayı	9.00±0.00	8.33±0.52	7.50±0.93	7.25±0.46	7.17±0.26	6.50±0.45	4.00±0.00	3.50±0.55
Lezzet	Kontrol	9.00±0.00	8.33±0.52	8.00±0.00	7.00±0.00	5.33±0.52	4.17±0.26	3.33±0.52	2.00±0.00
	Kekik	9.00±0.00	8.67±0.52	8.25±0.46	7.50±0.58	7.33±0.52	6.50±0.00	4.00±0.00	2.50±0.55
	Biberiye	9.00±0.00	7.00±0.00	7.63±0.74	6.50±0.58	6.17±0.26	5.33±0.52	3.00±0.00	2.50±0.55
	Defne	9.00±0.00	8.67±0.52	7.75±0.46	7.50±0.53	6.83±0.68	6.50±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00
	Adaçayı	9.00±0.00	8.00±0.89	7.50±0.53	7.25±0.89	7.00±0.00	6.33±0.52	3.00±0.00	3.00±0.00
Doku Yapısı	Kontrol	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.25±0.46	6.33±0.52	6.00±0.00	3.33±0.52	2.00±0.00
	Kekik	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.75±0.50	7.33±0.52	6.67±0.52	4.00±0.00	2.50±0.55
	Biberiye	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.75±0.50	7.00±0.00	6.67±0.52	4.00±0.00	2.50±0.55
	Defne	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.75±0.46	7.00±0.00	6.50±0.45	3.50±0.00	3.50±0.55
	Adaçayı	9.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	7.50±0.53	7.00±0.00	6.67±0.52	3.00±0.00	4.00±0.00
Genel	Kontrol	9.00±0.00	8.33±0.52	8.25±0.46	6.50±0.53	5.67±0.52	4.00±0.00	3.00±0.00	2.00±0.00
	Kekik	9.00±0.00	8.67±0.52	8.50±0.53	7.75±0.50	7.33±0.52	6.67±0.52	4.00±0.00	3.00±0.00



TUBITAK

Kabul Edilebilirlik	Biberiye	9.00±0.00	7.67±0.52	7.75±1.04	7.25±0.96	6.67±0.52	5.67±0.52	3.50±0.55	2.50±0.55
	Defne	9.00±0.00	8.67±0.52	8.25±0.46	7.75±0.46	7.00±0.00	6.83±0.26	4.00±0.00	3.50±0.55
	Adaçayı	9.00±0.00	8.00±0.89	8.00±0.76	7.25±0.89	7.00±0.00	6.50±0.45	3.50±0.55	3.00±0.00

Pişmiş alabalık filetolarında depolama süresi ilerledikçe duyusal puanlarda sürekli bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Pişmiş kontrol grubu alabalık filetosu depolamanın 17. gününde ret edilirken, kekik, biberiye, defne, adaçayı nanoemülsiyonları uygulanmış fileto grupları ise 21. günde reddedilmiştir. Depolamanın ilk günü filetolar renk, koku, lezzet, doku yapısı gibi parametreler açısından incelendiğinde grupların tamamında duyusal puan 9.00 olarak belirlenmiştir. Kontrol grubunun duyusal olarak ret edildiği depolamanın 17. gününde genel kabul edilebilir duyusal puan 4.00 iken kekik, biberiye, adaçayı, defne gruplarının ret edildiği 21. gününde bu puan sırasıyla 4.00. 3.50. 4.00. 3.50 olarak belirlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması balığın lezzet ve aromasında herhangi olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Genel kabul edilebilirlik bakımından nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetoları panelistler tarafından depolama süresince daha iyi puanlar almıştır. Esansiyel yağlar arasında bir fark gözlenmemesine rağmen biberiye grubu lezzet bakımından acımsı bir tata sahip olup panelistler tarafından düşük puan almıştır.

4.5. Kimyasal Değerlendirme

4.5.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince TVB-N değerinde oluşan değişimleri Tablo 8' de gösterilmektedir.

Tablo 8. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince TVB-N değerlerindeki değişimler (mg/100g)

Günler	Kontrol	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
0	13.72±0.42 ^{Ha}	13.72±0.42 ^{Fa}	13.72±0.42 ^{Ea}	13.72±0.42 ^{Fa}	13.72±0.42 ^{Fa}
3	16.04±0.69 ^{Gab}	14.84±0.81 ^{EFb}	15.75±0.69 ^{Dab}	15.10±0.37 ^{Eab}	16.30±0.83 ^{Ea}
7	19.6±0.79 ^{Fa}	14.21±0.41 ^{Fc}	16.26±0.83 ^{Db}	17.20±0.84 ^{Db}	17.66±0.77 ^{Db}
10	21.87±0.83 ^{Ea}	15.35±0.05 ^{Ec}	16.98±0.44 ^{Db}	18.18±0.70 ^{Db}	17.18±0.78 ^{DEb}
14	24.63±0.84 ^{Da}	16.53±0.38 ^{Dd}	19.97±0.81 ^{Cc}	23.50±0.37 ^{Cb}	20.83±0.17 ^{Cc}
17	32.60±0.87 ^{Ca}	17.70±0.79 ^{Cd}	20.94±0.63 ^{Cc}	24.20±0.41 ^{Cb}	21.16±0.41 ^{Cc}
21	38.07±1.41 ^{Ba}	21.39±0.76 ^{Bd}	23.21±0.88 ^{Bc}	26.97±0.79 ^{Bb}	24.15±0.74 ^{Bc}
23	58.18±1.84 ^{Aa}	35.26±0.85 ^{Ad}	40.62±1.76 ^{Ac}	44.91±0.73 ^{Ab}	41.36±0.74 ^{Ac}

^{a-e} Kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

Balık etinin fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalması sonucunda uçucu bileşenler meydana gelmektedir. Ortamda oluşan aminler ve amonyak gibi maddeler balığın kokuşmasına tazeliğini kaybetmesine ve TVB-N değerinde artışa neden olmaktadır. TVB-N değerinde depolama süresince ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm gruplar için depolamanın ilk günü TBV-N değeri 13.72 mg/100g olarak tespit

edilmiştir ve depolama süresi boyunca TVB-N değerlerinde genel olarak artış gözlenmiştir. Kontrol grubunda depolama süresi boyunca günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Kekik grubunda depolamanın 3. günü 7. ve 10. günleriyle kıyaslandığında istatistiksel farklılık görülmezken, depolamanın 10. günü ile 7.günü arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Biberiye grubunda ise depolamanın 3., 7., 10. günleri arasında istatistiksel farklılık bulunmadığı gibi depolamanın 14. ve 17. günleri arasında da istatistiksel farklılık gözlenmemiştir($p<0.05$). Defne grubunda depolama süreci boyunca 7 ve 10. günlerde olduğu gibi depolamanın 14. ve 17. günlerinde de istatistiksel farklılık belirlenmemiştir($p<0.05$). Depolamanın diğer günlerinde ise günler arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur. Adaçayı grubunda ise depolamanın 10. günü 3. ve 7. günlerle kıyaslandığında istatistiksel farklılık görülmemiştir($p<0.05$). Depolamanın 14. ve 17. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, 21. ve 23. gününde istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir($p<0.05$).

Gruplar arasına baktığımız zaman depolamanın 3. gününde kontrol grubu kekik biberiye defne ve adaçayı gruplarıyla kıyaslandığında istatistiksel farklılık gözlenmezken, kekik grubunun kontrol ve adaçayı grupları ile istatistiksel farklılıkları olduğu görülmüştür($p<0.05$). Depolamanın 7. ve 10. günlerinde biberiye defne adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır($p<0.05$). Bu gruplar ile kontrol ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir($p<0.05$). Depolamanın 14. gününde biberiye ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılıklar bulunmazken diğer gruplarla aralarında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir($p<0.05$). Biberiye ve adaçayı grupları arasında depolamanın 17. gününde istatistiksel farklılıklar yok iken, kontrol, kekik ve defne grupları arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir($p<0.05$). Depolamanın 21. ve 23. günleri incelendiğinde biberiye ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken diğer gruplar ile aralarında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir($p<0.05$).

Pek çok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 35 mg/100g'dan yüksek TVB-N kalite değerlerine sahip balığın bozulmuş ürün olarak sınıflandırıldığı belirtilmiştir (Huss 1988; Keitzman vd. 1969; Varlık 1990). Yaptığımız çalışmada depolama boyunca nanoemülsiyon uygulanan filetoların TVB-N değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir. Nanoemülsiyon grupları olan kekik biberiye defne ve adaçayı grupları arasında karşılaştırma yapıldığında kekik nanoemülsiyonunun depolama süresince en düşük TVB-N değerine sahip olduğu görülmüştür. Depolamanın 21. gününde kontrol grubu 38.07 mg/100g ile TVB-N kalite değerlerine göre bozulmuş ürün olarak ifade edilirken kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyon grupları iyi ürün (sırasıyla 21.39 23.21 26.97 ve 24.15 mg/100g) olarak belirtilmiştir. Depolama süresince nanoemülsiyon grubu olan kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonlarının TVB-N değerlerinde önemli ölçüde düşüslere yol açtığı tespit edilmiştir. Arashisar (2004) yaptığı çalışmada

alabalık TVB-N değerini depolamanın ilk günü 12.16 mg/100 g olarak belirlemiş olup depolamanın son günü olan 14. günde bu değer 38.68 mg/100 g' a ulaşmıştır. Yazgan (2013) çipura ve levrek filetolarına uygulanan ayçiçeği nanoemülsiyonunun TVB-N değerleri üzerine etkisini incelemiş ve nanoemülsiyon uygulamasının çipura ve levrek filetoları TVB-N içeriğini düşürdüğü rapor edilmiştir.

4.5.2. Tiyobarbitürik Asit (TBA)

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince TBA değerinde oluşan değişimleri Tablo 9' de gösterilmektedir.

Tablo 9. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince TBA değerlerindeki değişimler

Günler	Kontrol	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
0	0.50±0.12 ^{Ga}	0.50±0.12 ^{Fa}	0.50±0.12 ^{Ea}	0.50±0.12 ^{Da}	0.50±0.12 ^{E^FFa}
3	0.72±0.03 ^{Fa}	0.45±0.04 ^{Fc}	0.54±0.06 ^{Eb}	0.45±0.03 ^{Dc}	0.46±0.03 ^{Fc}
7	0.57±0.06 ^{Ga}	0.47±0.02 ^{Fb}	0.45±0.07 ^{Eb}	0.49±0.02 ^{Db}	0.43±0.00 ^{Fb}
10	0.97±0.07 ^{Ea}	0.85±0.05 ^{Eb}	0.67±0.09 ^{Dc}	0.76±0.10 ^{Cb}	0.61±0.03 ^{Ec}
14	1.35±0.08 ^{Da}	1.06±0.03 ^{Db}	0.85±0.15 ^{Cc}	1.11±0.17 ^{Bb}	0.87±0.05 ^{Dc}
17	2.26±0.05 ^{Aa}	1.79±0.05 ^{Ab}	1.43±0.09 ^{Ac}	1.76±0.39 ^{Ab}	1.48±0.06 ^{Ac}
21	2.08±0.08 ^{Ba}	1.42±0.12 ^{Bb}	1.24±0.08 ^{Bc}	1.31±0.07 ^{Bbc}	1.28±0.20 ^{Bbc}
23	1.77±0.09 ^{Ca}	1.33±0.08 ^{Cb}	1.20±0.12 ^{Bc}	1.21±0.02 ^{Bc}	1.11±0.08 ^{Cc}

^{a-e} Kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

Su ürünlerinde bulunan çoklu doymamış yağ asitleri hızlıca bozularak balığın duyuşal özelliklerinde olduğu kadar besin değerlerinde de azalmalara neden olmaktadır (Çaklı 2007; Fernandez vd. 1997). TBA (tiyobarbitürik asit) lipid oksidasyonunun ikincil aşamasını ifade eden tazelik indikatörüdür (Nishimoto ve vd. 1985; Goulas ve Kontominas 2007).

TBA değerinde depolama süresince ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm gruplar için depolamanın ilk günü TBA değeri 0.50 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Kontrol, kekik, biberiye, defne ve adaçayı grupları depolama süresince en yüksek TBA değerini 17. günde elde etmiş olup bu değerlerin sırasıyla 2.26, 1.79, 1.43, 1.76, 1.48 mg MA/kg olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubunda depolamanın 7. gününde TBA değerinde düşüş gözlenmiş olup depolamanın 0. ve 7. günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken depolamanın diğer günleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Biberiye, kekik ve defne grupları depolamanın 0., 3. ve 7. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Aynı zamanda biberiye ve defne gruplarının 21. ve 23. günlerinde de istatistiksel farklılık görülmemiştir ($p<0.05$). Adaçayı grubunda ise depolamanın ilk günü ile 3. 7. ve 10. günleri karşılaştırıldığında istatistiksel farklılık gözlenmezken, 10. gün ile 3. ve 7. günler arasında istatistiksel fark gözlenmiştir

($p < 0.05$). Depolamanın geri kalan günlerinde ise günler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Depolamanın 3. gününde kekik, defne ve adaçayı grupları kıyaslandığında istatistiksel farklılık belirlenmezken biberiye ve kontrol grubu arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). 7. gününde kontrol grubunun diğer gruplarla arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 10. 14. ve 17. günlerinde ise kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken kekik ile defne, biberiye ile adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. gününde defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken kontrol, biberiye ve kekik grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Son olarak depolamanın 23. gününde biberiye, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık görülmemiştir ($p < 0.05$).

Depolama süresince günler ve gruplar arasında 2.26 mg MA/kg olan en yüksek TBA değerini kontrol grubu elde etmiştir. Alabalık filetosuna uygulanan kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonlarının TBA değerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Balık kasında yağların oksitlenmesini belirten TBA miktarı 3 mg MA/kg' in altında olduğu sürece çok iyi bir materyal olarak sınıflandırılmaktadır (Köse ve Erdem 2001; Varlık vd. 2000). Yaptığımız çalışmada kontrol grubu ve nanoemülsiyon uygulanan kekik biberiye defne ve adaçayı gruplarının en yüksek TBA değerine depolamanın 17. gününde (sırasıyla 2.26, 1.79, 1.43, 1.76 ve 1.48 mg MA/kg) ulaştığı ve depolama süresince sınır düzeyini aşmadığı görülmüştür.

Bu çalışmaya benzer olarak Yavuzer (2011)' in yaptığı araştırmada doğal ve ticari yemle beslenen alabalıkların en yüksek TBA değerinin 2.08 mg MA/kg olarak doğal beslenen alabalıklarda depolamanın 17. gününde gözlendiğini belirtmiştir. Balığın duyusal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde TBA değerler her iki grup için 1 MA/kg'ın altında kalmıştır. Rezaei vd. (2008) buzda depolanan gökkuşağı alabalığındaki TBA değerinin depolama süresince 1 mg MA/kg altında olduğunu saptamışlardır. Yazgan (2013) tarafından yapılan nanoemülsiyon çalışmasında çipura ve levrek için başlangıç TBA değerlerinin sırasıyla 0.55 mg ve 0.47 mg MA/kg olduğunu tespit etmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması yapılan grublarda kontrol grubuna kıyasla daha düşük TBA değerine sahip olduğu rapor edilmiştir.

4.5.3. Peroksit Değeri (PV)

Peroksit değeri (PV) ile ölçülen hidroperoksitler, yağların oksidasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince PV değerinde oluşan değişimleri Tablo 10' de gösterilmektedir.

Tablo 10. Buzda depolanan alabalık filetoalarının depolanması süresince PV değerlerindeki değişimler

Günler	Kontrol	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
0	4.07±0.42 ^{Ga}	4.07±0.42 ^{Ea}	4.07±0.42 ^{Ea}	4.07±0.42 ^{Da}	4.07±0.42 ^{Ea}
3	6.12±0.95 ^{Fa}	4.97±0.67 ^{DEb}	4.46±0.22 ^{Eb}	4.65±0.38 ^{Db}	5.46±0.17 ^{Dab}
7	8.23±0.44 ^{Ea}	6.27±0.57 ^{CDbc}	5.74±0.28 ^{Db}	7.11±0.49 ^{Cb}	6.07±0.55 ^{Db}
10	7.12±0.42 ^{EFa}	7.22±0.44 ^{Ca}	6.62±0.17 ^{Da}	7.50±0.46 ^{Ca}	6.75±0.86 ^{Da}
14	12.10±0.78 ^{Da}	6.87±0.74 ^{Cbc}	5.84±0.35 ^{Dc}	7.36±0.56 ^{Cb}	6.34±0.61 ^{Dbc}
17	16.45±0.96 ^{Ba}	12.05±0.89 ^{Bb}	8.70±0.51 ^{Cc}	11.84±1.05 ^{Bb}	9.22±0.57 ^{Cc}
21	14.00±0.99 ^{Cab}	15.15±1.56 ^{Aa}	10.45±0.47 ^{Bc}	13.67±0.75 ^{Aab}	12.28±1.00 ^{Bbc}
23	18.23±1.33 ^{Aa}	16.33±0.66 ^{Aab}	13.65±1.57 ^{Ac}	14.85±0.98 ^{Abc}	14.30±1.24 ^{Abc}

^{a-e} Kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Günler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir.

Peroksit değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde PV değeri tüm gruplar için 4.07 meq O₂/kg bulunmuştur. Tüm gruplarda depolama boyunca genel olarak artış gözlenmişken kontrol grubunda depolamanın 10. ve 21. günlerinde kekik, biberiye, defne ve adaçayı gruplarında ise depolamanın 14. gününde azalma gözlenmiştir. Kontrol grubunda depolamanın 10. günü ile 3. ve 7. günleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmezken diğer günler ile arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kekik, biberiye ve defne gruplarında depolamanın 7., 10., 14. günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmediği gibi adaçayı grubunda da depolamanın 3. 7. ve 14. günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. ve 23. günlerinde kekik ve defne grubunda günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, kontrol, adaçayı ve biberiye gruplarında günler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Depolamanın 3. gününde adaçayı grubunun kontrol, kekik, biberiye, ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmazken kontrol grubunun kekik, biberiye, defne gruplarıyla arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 7. gününde kekik, biberiye, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olmadığı gibi depolamanın 10. gününde gruplar arası istatistiksel farklılık görülmemiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 14. gününde kekik ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken kontrol grubu ile istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 17. gününde kekik ile defne, biberiye ile adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. gününde kontrol grubu kekik ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmediği gibi depolamanın 23. gününde biberiye, defne, adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p < 0.05$). Kekik, biberiye, defne, ve adaçayı nanoemülsiyonu uygulanan alabalık filetoalarının PV bakımından kontrol grubuyla kıyaslandığında daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Varlık vd.

(1993) tarafından yapılan incelemelerde PV değerinin kabul edilebilirlik seviyesi olan 10 meq O₂/kg' da su ürünlerinin tüketilebilir ürün olarak kalite sınıflandırılması yapılmıştır. Yaptığımız çalışmada ise depolama süresince tüm gruplar için filetoların 10 meq O₂/ kg PV değerini aşmadığı ve tüketilebilirlik seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Rezaei vd. (2008) buzda depolanan gökkuşuğu alabalığının peroksit değerinin depolama süresince düşük olduğunu rapor etmiştir (<9.8 meq O₂/kg). Yazgan (2013) tarafından yapılan çipura ve levrek filetoları üzerine yapılan nanoemülsiyon çalışmasında çipura filetosunun 0. gün PV değerinin 2.93 meq O₂/kg levrek filetosunun 0. gün PV değerinin 2.85 meq O₂/kg olduğu bildirilmiştir. En yüksek PV değeri çipura filetosunda kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan grup için depolamanın 6. gününde sırasıyla 8.45 meq O₂/kg ve 6.90 meq O₂/kg olmuştur. Levrek filetosu için ise; en yüksek PV değeri kontrol grubunda depolamanın 6. gününde (5.17 meq O₂/kg) nanoemülsiyon uygulanan grupta ise depolamanın 8. gününde (4.60 meq O₂/kg) gözlenmiştir.

4.5.4. Serbest Yağ Asidindeki (FFA)

Yağ asitleri kokulu uçucu bileşiklere dönüşebildiği için serbest yağ asitlerinin varlığı lipitlerin hidrolizinden kaynaklanır (Lindsay, 1991). Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince FFA değerinde oluşan değişimleri Tablo 11' de gösterilmektedir.

Tablo 11. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince FFA değerlerindeki değişimler

Günler	Kontrol	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
0	4.92±0.63 ^{Fa}	4.92±0.63 ^{Da}	4.92±0.63 ^{CDa}	4.92±0.63 ^{CDa}	4.92±0.63 ^{Ba}
3	5.19±0.82 ^{EFab}	4.77±0.42 ^{Db}	4.36±0.58 ^{CDb}	6.05±0.56 ^{BCa}	4.79±0.51 ^{BCb}
7	7.24±1.37 ^{CDa}	6.19±0.79 ^{Cab}	4.21±0.43 ^{CDc}	5.00±0.74 ^{CDbc}	4.87±0.65 ^{BCbc}
10	6.02±0.61 ^{DEFa}	4.79±0.44 ^{Db}	5.06±0.66 ^{Cab}	5.95±0.37 ^{BCa}	5.12±0.29 ^{BCab}
14	6.40±0.21 ^{DEa}	4.44±0.26 ^{Db}	3.94±0.38 ^{Dbc}	3.58±0.30 ^{Dc}	4.07±0.45 ^{Cbc}
17	10.12±0.70 ^{Ba}	7.62±0.21 ^{Bb}	6.09±0.33 ^{Bb}	7.49±2.12 ^{Bb}	5.72±0.56 ^{Bb}
21	8.37±0.08 ^{Ca}	6.71±0.17 ^{Cb}	5.07±0.11 ^{Cc}	6.58±0.48 ^{BCb}	5.19±0.80 ^{BCc}
23	12.54±0.41 ^{Aa}	10.09±0.58 ^{Ab}	8.91±0.81 ^{Abc}	9.29±0.82 ^{Ab}	7.94±0.74 ^{Ac}

^{a-e} Kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

FFA değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Tüm gruplar için 0. gün FFA değeri 4.92 % oleik asit bulunmuştur. Kontrol grubunda depolamanın 10. günü ile 3. ve 14. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir($p<0.05$). Kekik grubunda ise; depolamanın 3. 10. ve 14. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmediği gibi depolamanın 7. ve 21. günleri arasında da istatistiksel farklılık görülmemiştir($p<0.05$). Biberiye grubunda depolamanın 3. 7. 10. ve 21. günlerinde istatistiksel farklılık bulunmamıştır($p<0.05$). Defne grubunda depolamanın 0. 3. 7. 10. ve 21. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken 14. 17. ve 23. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Adaçayı grubuna baktığımız zaman depolamanın 23. Günü ile diğer günler arasında istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir($p<0.05$).

Depolamanın 3. gününde kontrol grubu ile diğer gruplarla arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, defne grubunun kekik, biberiye ve adaçayı gruplarıyla arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir($p<0.05$). Depolamanın 7. gününde kekik, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmemişken, biberiye ve kekik grupları arasında ise istatistiksel farklılık görülmüştür($p<0.05$). Depolamanın 10. gününde biberiye ve adaçayı gruplarının diğer gruplarla arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, kekik grubunun defne ve kontrol gruplarıyla arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Depolamanın 14. gününde biberiye ve adaçayı gruplarının kekik ve biberiye gruplarıyla arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, kekik ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 17. gününde de kekik, biberiye, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır($p<0.05$). Depolamanın 21. günde kekik ile defne, biberiye ile adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir($p<0.05$). Depolamanın 23. günde biberiye grubu kekik, defne ve adaçayı grupları ile karşılaştırıldığında istatistiksel farklılık gözlenmezken kontrol grubu ile istatistiksel farklılık gözlenmiştir($p<0.05$). Aynı zamanda adaçayı grubunun kekik ve defne grupları arasında istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir($p<0.05$). Tüm gruplarda

depolama süresince FFA değerlerinde artış ve düşüşler gözlenmiş olup kontrol grubu FFA değerlerinin depolama süresince nanoemülsiyon grupları olan kekik biberiye, defne ve adaçayına kıyasla daha yüksek FFA değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yavuzer (2011) tarafından yapılan çalışmada başlangıç FFA değeri doğal yemle beslenen alabalıklarda %5.90 iken ticari yemle beslenen alabalıklarda % 4.52 olarak bildirilmiştir. Depolama süreci sonunda bu değerler sırasıyla %11.04 ve %10.23 olarak en yüksek değere ulaşmıştır. Yazgan (2013) nanoemülsiyon üzerine yaptığı çalışmada depolamanın 0. günü çipura ve levrek filetosunda FFA değerinin sırasıyla % 1.51 ve % 1.09 olduğunu depolamanın son gününde ise kontrol ve nanoemülsiyon uygulaması olan çipura filetosunda FFA değerinin sırasıyla % 5.63 ve %4.92, kontrol ve levrek filetosunda ise FFA değeri sırasıyla % 3.87 ve % 2.85 olduğunu belirtmiştir.

4.5.5. pH

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince pH değerinde oluşan değişimleri Tablo 12' de gösterilmektedir. pH değerlerinde depolama süresince ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Çalışmada pH değeri kontrol, defne ve adaçayı gruplarında depolama süresince kademeli artış gösterirken kekik ve biberiye gruplarında dalgalanmalar gözlenmiştir.

Tablo 12. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince pH değerlerindeki değişimler

Günler	Kontrol	Kekik	Biberiye	Defne	Adaçayı
0	6.89±0.02 ^{Ga}	6.89±0.02 ^{CDa}	6.89±0.02 ^{Da}	6.89±0.02 ^{Ea}	6.89±0.02 ^{Da}
3	6.92±0.02 ^{Fb}	6.91±0.00 ^{Cbc}	6.90±0.01 ^{Dc}	6.95±0.01 ^{Ca}	6.92±0.01 ^{Dbc}
7	6.96±0.02 ^{Eab}	6.90±0.08 ^{Cb}	6.97±0.01 ^{Ca}	6.99±0.01 ^{Ba}	6.94±0.00 ^{CDab}
10	6.98±0.01 ^{Ea}	6.83±0.10 ^{Db}	6.99±0.02 ^{Ca}	6.97±0.00 ^{BCa}	6.93±0.10 ^{Da}
14	7.02±0.01 ^{Da}	6.89±0.01 ^{CDd}	6.90±0.00 ^{Dc}	6.92±0.01 ^{Db}	6.90±0.01 ^{Dcd}
17	7.10±0.01 ^{Ca}	6.98±0.01 ^{Bbc}	6.96±0.02 ^{Cc}	6.98±0.02 ^{Bbc}	6.99±0.00 ^{BCb}
21	7.16±0.01 ^{Ba}	7.04±0.01 ^{Bb}	7.02±0.01 ^{Bbc}	6.97±0.02 ^{Bd}	7.01±0.01 ^{Bc}
23	7.21±0.03 ^{Aa}	7.12±0.01 ^{Ac}	7.10±0.03 ^{AcD}	7.07±0.02 ^{Ad}	7.17±0.01 ^{Ab}

^{a-e} Kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

Balık avlandıktan sonra glikojenoliz ortaya çıkmasıyla postmortem süresince pH miktarı azalma gösterir (Ruiz-Capillas ve Moral 2001). Postmortem aşamasının başlamasıyla balık eti kokuşmaya başlar protein parçalanarak amonyak ve benzeri bileşikler açığa çıkar pH değerinin artışına neden olmaktadır (Salam 2007; Hernandez vd. 2009). Bu nedenle balık eti pH değeri rigor motris ile birlikte oluşan kimyasal tepkimeler sonucunda dalgalanmalar göstererek önce asidik sonra bazik ortam hazırlamaktadır. Taze balıkta pH değeri 6.5-7 olarak belirlenmiştir (Alçıçek 2010). pH değeri balık etinin tazeliğini belirlemede destekleyici bir bilgidir.

Kontrol grubunda depolamanın 7. ve 10. günleri arasında istatistiksel farklılık belirlenmezken diğer günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kekik grubunda depolamanın 0. 3. 7. ve 14. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p < 0.05$). Biberiye grubu depolamanında 14. gününde pH değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Biberiye grubunda depolamanın 7., 10. ve 17. günlerinde olduğu gibi depolamanın 0. 3. ve 14. günleri arasında da istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p < 0.05$). Defne grubunda depolamanın 10. Günü ile 3. 7. 17. ve 21. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, depolamanın 3. günü ile 7. 17. ve 21. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Adaçayı grubunda depolamanın 14. gününe kadar istatistiksel farklılık gözlenmezken, 21. ve 23 günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Depolamanın 3. gününde defne grubunun diğer gruplarla arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 7. gününde biberiye ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık yok iken, kekik ile bu gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 10. gününde kekik grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 14. gününde adaçayı grubu ile biberiye ve kekik grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, biberiye ve kekik grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 17. gününde kekik, biberiye ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık yok iken, kontrol grubu ile bu gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. Gününde kontrol, biberiye, defne ve adaçayı gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Gruplar arasında depolamanın 23 gününde istatistiksel farklılıklar olduğu belirlenmiştir. En yüksek pH değerine kontrol grubu sahip iken, en düşük değere defne grubu sahip olmuştur.

Yaptığımız çalışmada depolama süresince kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonu uygulanan filetoların kontrol grubuna kıyasla daha düşük pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak balıklarda pH'nın tüketilebilirlik sınır değerinin 6.80-7.00 olduğu rapor edilmektedir (Berik ve Varlık 1999). Depolama sonunda kontrol, kekik, biberiye, defne ve adaçayı gruplarının pH değeri sırasıyla 7.21 7.12 7.10 7.07 ve 7.17 olarak bulunmuştur. Cyhtiri vd. (2004) yaptığı çalışmada buzda depolanan iç organları çıkarılmamış ve fileto edilmiş alabalıkların pH değerinin depolama boyunca dalgalanmalar olduğunu ve maksimum pH değerlerinin iç organları çıkarılmadan tüm olarak depolanan alabalıklarda 6. günde 6.52, ve fileto edilen alabalıklarda ise 9. günde 6.65 olarak tesbit etmişlerdir. Kolsarıcı ve Özkaya (1998) tarafından yapılan araştırmada vakum paketlenmiş sıcak tütsülenmiş alabalıkların buzdolabı koşullarında 48 günlük depolama sonrasında pH değerinin 6.56 düzeyinde olduğunu 48. günün sonunda pH'nın 6.47 düzeyine düşerek önemsiz bir değişim gözlenmiştir. Yazgan (2013) bu çalışmaya benzer olarak nanoemülsiyon uygulamasının balık etinde daha düşük pH'a neden olduğunu ifade etmiştir.

Depolama sonunda çipura ve levrek etindeki pH değeri sırasıyla 7.40 ve 7.60 iken nanoemülsiyon uygulanan gruplarda sırasıyla 7.20 ve 7.33 olduğu rapor edilmiştir.

4.5.6. Yağ Asitleri

Uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle EPA ve DHA insan sağlığı için çok faydalıdır. Özellikle çocuklarda ve gençlerde büyümeyi ve idrak etmede, el ve göz koordinasyonun sağlanmasında ayrıca kardiovasküler hastalık riskini azaltmada önemli rol oynar (Chuang vd., 2012). DHA normal cenin (fetus) ve yeni doğan bebekler için çok kritiktir (Innis, 2008). Hamilelik dönemlerinde DHA takviyesi gebelik süresiyle, preklampsi hastalık riskinin ve doğum sonrası depresyonun azalması ile ilişkilidir (Hadders-Algra 2008; Makrides vd., 2010). Ayrıca yapılan araştırmalarda hamilelik döneminde alınan DHA takviyesinin çocuklara alerji ve obesiteyi azalttığı belirlenmiştir (Dunstan vd., 2003; Bergmann vd., 2007).

w-3 yağ asitleri (EPA ve DHA) insanlar tarafından sentezlenemezler ve mutlaka dışarıdan alınmaları gerekmektedir. Soğuk su algleri bu iki yağ asitini sentezleyebilirler ve balıkların bu algleri tüketmesiyle vücutlarına oradan besin zinciri yoluyla insanlara ulaşır. Ayrıca bitkiler kısa zincirli w-3 yağ asitleri (α -Linolenic (ALA)) içerir. İnsanlar elongase ve desaturase enzimlerine sahiptirler ve bu enzimler ALA' yı EPA ve DHA'ya çevirirler ancak bu işlem yetersizdir (Heldt 2005). Diyet uzmanları deniz ürünleri tüketilerek EPA ve DHA ihtiyaçlarının karşılanmasını önermektedirler. Balıklar insan beslenmesi için omega 3 PUFA'nın temel kaynağıdır. Ancak türler arasındaki ve aynı türün farklı bireylerindeki yağ asidi kompozisyonu farklılıklar göstermektedir.

Bitki esansiyel yağları kullanılarak elde edilen nanoemülsiyonların alabalık filetosuna uygulanarak buzda depolanması süresince yağ asit değerlerinde oluşan değişimleri Tablo 13, 14 ve 15'de gösterilmektedir. Gas kromatografisi sonuçlarına göre 8 tanesi doymuş ve 12 tanesi doymamış toplam 20 yağ asitleri belirlenmiştir. 0. günde alabalığın yağ asidi kompozisyonunun %19.46 doymuş (SFA), %40.14 tekli doymamış (MUFA), %28.64 çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA) oluşmuştur. Bunlar arasında en yüksek oranlar miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0), stearik asit (C18:0), palmitoleik asit (C16:1), oleik asit (C18:1n9), linoleik asit (18:2n6), linolenic acid (C18:3n3), cis-5,8,11,14, 17-eikosapentaenoik asit (C20:5n3) ve cis-4,7, 10, 13, 16, 19-dokosaheksaenoik asit (C22:6n3) olmuştur. Bu sonuçlar alabalık ile yapılan diğer araştırmalardaki yağ asitleri ile uyumludur.

Nanoemülsiyon uygulanan ve buzda depolanan balık filetolarının depolama süresince belirlenen yağ asitleri kompozisyonu ve SFA, MUFA ve PUFA'daki değişimler sırasıyla Tablo 13, 14, 15 de gösterilmiştir. Kontrol ve muamele gruplarındaki başlangıç ve depolama sonundaki toplam SFA değerleri kontrol grubunda % 19.46-23.18, kekik gruplarında %19.49-20.77, biberiye gruplarında %19,49-20.59, defne gruplarında %19.46-22.18, ve adaçayı gruplarında %19.49-22.41 olarak tespit edilmiştir. Miristik Asit (C14:0),

palmitik asit (C16:0), stearik asit (C18:0) ve araşidik asitler doymuş asitlerin en önemli olanlarıdır. Miristik aside baktığımız zaman, depolamanın 3. gününde biberiye, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, bu gruplar ile kekik grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 7., 10., 17. ve 21. günlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 14. gününe baktığımız zaman kontrol grubu ile adaçayı ve kekik grupları arasında istatistiksel farklılık yok iken, defne ve biberiye grupları ile istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 23. gününde ise adaçayı grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Diğer önemli doymuş yağ asidi olan palmitik asit depolamanın 3., 7., 10. ve 21. günlerinde gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 14. gününde kontrol grubu ile kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, defne ve adaçayı grupları ile istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Adaçayı grubu ile kontrol grubu arasında depolamanın 17. gününde istatistiksel farklılık gözlenmezken, kontrol grubu ile kekik, biberiye ve defne arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününe baktığımız zaman biberiye grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık belirlenmişken, biberiye ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p<0.05$). Stearik asidi incelediğimiz zaman, depolamanın 21. ve 23. günü hariç diğer günlerde gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 21. gününde kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, bu gruplar ile kontrol, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). 23. günde ise adaçayı grubu ile kekik grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, diğer gruplar ile arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p<0.05$). Doymuş yağ asitlerinden araşidik aside baktığımız zaman, depolamanın 3. Gününde kontrol grubu ile biberiye ve kekik grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Defne grubu ile adaçayı grubu arasında depolamanın 7. gününde istatistiksel farklılık var iken, defne grubunun diğer gruplar ile arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 10. gününe baktığımız zaman, sadece kekik ve kontrol grubunda istatistiksel farklılık gözlenmişken, diğer gruplarla her hangi bir istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p<0.05$). Kontrol hariç diğer tüm gruplar arasında depolamanın 14. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolamanın 17. ve 21. günlerinde biberiye grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde ise kontrol, kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, biberiye ile adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda tüm grupların SFA değerleri başlangıç değerine göre artış göstermiş olup nanoemülsiyon uygulanan balıklarda SFA değeri kontrol gruplarına göre daha düşüktür. Depolama boyunca en düşük SFA değeri biberiye ve kekik gruplarından elde edilmiştir.

Kontrol ve muamele gruplarındaki başlangıç ve depolama sonundaki toplam MUFA değerleri kontrol grubunda % 40.14-37.25, kekik gruplarında %40.14-39.54, biberiye gruplarında %40.14-40.61, defne gruplarında %40.14-39.09, ve adaçayı gruplarında %40.14-38.96 olarak tespit edilmiştir (Tablo 14). Tekli doymamış yağ asitlerine baktığımız zaman palmitoleik asit (C16:1) ve oleik asidin (C18:1n9) bazı önemli yağ asitleri olduğu gözlenmiştir. Palmitoleik asidin başlangıç değeri 3.12 iken depolama boyunca bu değer genellikle kontrol grubunda düşme gösterdiği diğer gruplar ise yükseldiği gözlenmiştir. Depolamanın 3., 7., 10. ve 21. gününde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 14. gününde ise kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, kekik grubu ile biberiye grubu arasında aynı zaman da defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu hariç depolamanın 17. gününde diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p < 0.05$). Depolamanın son günü olan 23. güne baktığımız zaman kontrol grubu ile biberiye ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Oleik aside baktığımız zaman depolamanın 3., 10., 14. ve 17. günlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu ile kekik, biberiye ve defne grupları arasında depolamanın 7. gününde istatistiksel farklılık gözlenmişken, adaçayı grubu ile istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. ve 23. gününe baktığımız zaman kontrol grubu ile kekik grubu arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmişken, diğer grupların kendi arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA), kontrol ve muamele gruplarında depolama boyunca azalış ve artışlar göstermiştir. Muamele gruplarında MUFA miktarı kontrole göre daha yüksektir.

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), depolama sonunda tüm gruplarda azalış göstermiştir. Kontrol ve muamele gruplarındaki başlangıç ve depolama sonundaki toplam PUFA değerleri kontrol grubunda % 28.64-23.13, kekik gruplarında %28.64-26.54, biberiye gruplarında %28.64-27.42, defne gruplarında %28.64-26.13, ve adaçayı gruplarında %28.64-25.41 olarak tespit edilmiştir (Tablo 15). En önemli çoklu doymamış yağ asitlerinin, linoleik asit (C18:2n6), linolenik asit (C18:3n3), eikosopentaenoik asit (C20:5n3, EPA) ve dokosahekzaenoik asit (C22:6n3, DHA) olduğu gözlenmiştir. Linoleik aside baktığımız zaman depolamanın 3. gününde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kekik, biberiye ve defne grupları arasında depolamanın 7. ve 17. gününde istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmişken, bu gruplar ile kontrol ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 10. ve 14. günlerinde kontrol grubu ile kekik grubu arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 21. ve 23. günlerine baktığımız zaman kontrol grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Diğer önemli

çoklu doymamış yağ asidi olan linolenik aside baktığımız zaman depolamanın 7., 10., 14., 21. ve 23. günlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 3. gününe baktığımız zaman kontrol grubu ile kekik grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, bu gruplar ile biberiye, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 17. gününde ise kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmezken, bu gruplar ile kontrol, defne ve adaçayı grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Eikosopentaenoik aside baktığımız zaman depolamanın 3., 7., 14. ve 23. günlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 10. gününde kontrol, adaçayı ve defne grupları arasında istatistiksel farklılık var iken, defne ile kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Defne ile kontrol ve adaçayı grupları arasında depolamanın 17. ve 21. günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken, bu grup ile kekik ve biberiye grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Diğer önemli çoklu doymamış bir yağ asidi olan dokosaheksaenoik aside baktığımız zaman, depolamanın 3. ve 10. günlerinde kontrol grubu ile biberiye grubu arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmişken, diğer gruplar ile arasında herhangi bir istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 7. gününde ise kontrol grubu ile adaçayı grubu arasında istatistiksel farklılık var iken, kontrol grubunun diğer gruplar ile arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 14. gününe geldiğimizde biberiye ve kekik grubu arasında istatistiksel farklılık yok iken, biberiye ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 17., 21. ve 23. günlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Biberiye, kekik, defne ve adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriği kontrol ile karşılaştırıldığında muamele gruplarının daha yüksek PUFA içeriğine sahip olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir. Yazgan (2013) yaptığı bir çalışmada, ayçiçeği ile hazırlanan nanoemülsiyonların hem çipura hem de levrek örneklerinde depolama süresince kontrol grubuna oranla yağ asitlerini koruduğu saptanmıştır. Depolama süresince nanoemülsiyon uygulanan gruplarda yağ asitlerinde görülen artmanın, ayçiçek yağının yağ asit içeriği kaynaklandığı tesbit edilmiştir.

Bu çalışmada alabalıklarda PUFAs-w3 oranı (%13.31), PUFAs-w6 oranından (% 14.72) daha az bulunmuştur. İngiltere'deki Sağlık Departmanı en ideal w6/w3 oranının en yüksek 4.0 olması gerektiğini belirtmişlerdir (HMSO, 1994). Bu miktardan daha fazlası sağlık için zararlıdır ve kalp yetmezliği riskini arttırmaktadır (Moreira et al., 2001). Bu çalışmada w6/w3 oranı 1.1 olarak belirlenmiştir. Arzu edilen en az PUFA/SFA oranı 0.45'tir (HMSO, 1994) ve bu çalışmada oran 1.47'dir (Tablo 16).



Tablo 13. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (SFA) değerlerindeki değişimler

Yağ asitleri (SFA)	Gruplar	0. gün	3. gün	7. gün	10. gün	14. gün	17. gün	21. gün	23. gün
C14:0	Kontrol	1.75 ±0.05 ^{Ba}	1.71±0.04 ^{Bab}	1.77±0.06 ^{Ba}	1.95±0.06 ^{Ba}	2.35±0.21 ^{Aa}	1.82±0.08 ^{Ba}	2.05±0.08 ^{ABa}	1.97±0.33 ^{Bb}
	Kekik	1.75 ±0.05 ^{Ba}	1.67±0.01 ^{Bb}	1.80±0.02 ^{Ba}	1.89±0.11 ^{Ba}	2.14±0.26 ^{Ab}	1.82±0.03 ^{Ba}	1.92±0.03 ^{ABa}	1.76±0.01 ^{Bb}
	Biberiye	1.75 ±0.05 ^{Aa}	1.74±0.02 ^{Aa}	1.84±0.01 ^{Aa}	1.80±0.06 ^{Aa}	1.77±0.12 ^{Ab}	1.74±0.05 ^{Aa}	1.95±0.16 ^{Aa}	1.86±0.15 ^{Ab}
	Defne	1.75 ±0.05 ^{Ca}	1.74±0.02 ^{Ca}	1.78±0.01 ^{Ca}	1.82±0.03 ^{BCa}	1.76±0.01 ^{Cb}	2.06±0.28 ^{ABa}	2.23±0.11 ^{Aa}	1.81±0.04 ^{BCb}
	Adaçayı	1.75 ±0.05 ^{Ca}	1.76±0.00 ^{Ca}	1.74±0.07 ^{Ca}	1.87±0.03 ^{Ca}	1.91±0.18 ^{B^{Cab}}	1.98±0.08 ^{BCa}	2.18±0.25 ^{Ba}	2.88±0.08 ^{Aa}
C15:0	Kontrol	0.17 ±0.00 ^{Ab}	0.16±0.00 ^{BCb}	0.17±0.01 ^{ABCa}	0.17±0.00 ^{ABa}	0.18±0.01 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{ABa}	0.17±0.00 ^{ABa}	0.16±0.01 ^{Cb}
	Kekik	0.17 ±0.00 ^{Ba}	0.18±0.01 ^{ABa}	0.17±0.00 ^{Ba}	0.18±0.01 ^{ABa}	0.20±0.02 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Ba}	0.18±0.00 ^{ABa}	0.17±0.00 ^{Ba}
	Biberiye	0.17 ±0.00 ^{ABa}	0.17±0.01 ^{ABab}	0.17±0.00 ^{ABa}	0.16±0.00 ^{Bb}	0.18±0.01 ^{ABa}	0.16±0.00 ^{Ba}	0.19±0.03 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{ABab}
	Defne	0.17 ±0.00 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aab}	0.17 ±0.01 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Aa}	0.19±0.03 ^{Aa}	0.16±0.01 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Aab}
	Adaçayı	0.17 ±0.00 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aab}	0.17±0.01 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aa}	0.19±0.02 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aa}	0.18±0.01 ^{Aa}	0.17±0.00 ^{Aa}
C16:0	Kontrol	11.77 ±0.41 ^{Ca}	12.20±0.4 ^{Ca}	12.73±0.28 ^{Ca}	13.02±1.1 ^{BCa}	14.25±0.90 ^{ABa}	14.39±0.78 ^{ABa}	14.82±0.04 ^{Aa}	14.79±0.10 ^{Aa}
	Kekik	11.77 ±0.41 ^{Aa}	11.82±0.57 ^{Aa}	12.31±0.72 ^{Aa}	12.06±0.15 ^{Aa}	12.37±0.51 ^{Ab}	12.55±0.19 ^{Ab}	13.27±0.89 ^{Aa}	13.14±0.96 ^{Ab}
	Biberiye	11.77 ±0.41 ^{Ba}	11.87±0.21 ^{Ba}	11.81±0.11 ^{Ba}	12.02±0.06 ^{Ba}	12.28±0.60 ^{ABb}	12.24±0.94 ^{ABb}	13.29±0.64 ^{Aa}	12.94±0.13 ^{BB}
	Defne	11.77 ±0.41 ^{Ca}	11.78±0.06 ^{Ca}	11.89±0.22 ^{Ca}	12.20±0.74 ^{Ca}	12.71±0.52 ^{BCab}	12.57±0.40 ^{BCb}	13.52±0.66 ^{ABa}	14.41±0.78 ^{Ab}
	Adaçayı	11.77 ±0.41 ^{Da}	11.90±0.37 ^{CDa}	11.99±0.70 ^{CDa}	12.22±0.59 ^{BCDa}	13.08±0.46 ^{ABCab}	13.34±0.66 ^{ABab}	13.77±0.04 ^{Aa}	13.52±0.63 ^{Ab}
C17:0	Kontrol	0,04 ±0.00 ^{ABCa}	0.03 ±0.00 ^{Ca}	0,04± 0,01 ^{BCb}	0.07±0.01 ^{Aa}	0.06±0.03 ^{Ba}	0.04±0.01 ^{BCa}	0.04±0.00 ^{ABCa}	0.04±0.00 ^{ABCb}
	Kekik	0,04 ±0.00 ^{Aa}	0.04±0.01 ^{Aa}	0.04±0.00 ^{Aa}	0.06±0.03 ^{Aa}	0.04±0.01 ^{Aa}	0.04±0.01 ^{Ab}	0.04±0.01 ^{Ab}	0.04±0.00 ^{Ab}
	Biberiye	0,04 ±0.00 ^{Ba}	0.04±0.00 ^{Ba}	0.07±0.00 ^{Aa}	0.07±0.01 ^{Aa}	0.03±0.00 ^{Ba}	0.04±0.01 ^{Ba}	0.04±0.01 ^{Bb}	0.03±0.00 ^{Bb}
	Defne	0,04 ±0.00 ^{BCa}	0.04±0.00 ^{BCa}	0.04±0.01 ^{Cb}	0.05±0.01 ^{ABCa}	0.04±0.01 ^{Ca}	0.04±0.00 ^{BCa}	0.06±0.01 ^{ABa}	0.07±0.01 ^{Aa}
	Adaçayı	0,04 ±0.00 ^{ABa}	0.06±0.03 ^{Aa}	0.04±0.00 ^{ABb}	0.06±0.01 ^{Aa}	0.04±0.01 ^{ABa}	0.03±0.00 ^{Ba}	0.05±0.01 ^{ABab}	0.04±0.00 ^{ABb}
C18:0	Kontrol	3,63 ± 0,13 ^{Aa}	3,59 ±0,22 ^{Aa}	3,32±0,40 ^{Aa}	3,45±0,07 ^{Aa}	3,40±0,28 ^{Aa}	3,74±0,19 ^{Aa}	3,77±0,18 ^{Aa}	3,75±0,21 ^{Aa}
	Kekik	3,63 ± 0,13 ^{Aa}	3,59±0,16 ^{Aa}	3,52±0,12 ^{Aa}	3,55±0,07 ^{Aa}	3,70±0,14 ^{Aa}	3,78±0,11 ^{Aa}	3,16±0,12 ^{Bb}	3,51±0,09 ^{Ab}
	Biberiye	3,63 ± 0,13 ^{Aa}	3,61±0,17 ^{Aa}	3,70±0,14 ^{Aa}	3,30±0,64 ^{Aa}	3,28±0,69 ^{Aa}	3,46±0,08 ^{Aa}	2,87±0,31 ^{Ab}	3,75±0,13 ^{Ab}
	Defne	3,63 ± 0,13 ^{Aa}	3,81±0,21 ^{Aa}	3,66±0,09 ^{Aa}	3,64±0,20 ^{Aa}	3,55±0,05 ^{Aa}	3,83±0,12 ^{Aa}	3,69±0,01 ^{Aa}	3,69±0,01 ^{Ab}
	Adaçayı	3,63 ± 0,13 ^{ABa}	3,51±0,13 ^{ABa}	3,50±0,21 ^{Ba}	3,71±0,16 ^{ABa}	3,77±0,11 ^{ABa}	3,70±0,23 ^{ABa}	3,79±0,15 ^{ABa}	3,90±0,06 ^{Aa}
C20:0	Kontrol	1,41 ± 0,01 ^{BCa}	1,48 ±0,13 ^{BCa}	1,49±0,08 ^{BCa}	1,66±0,18 ^{ABa}	1,82±0,18 ^{Aa}	1,34±0,04 ^{Cb}	1,59±0,05 ^{ABCab}	1,79±0,09 ^{Aa}
	Kekik	1,41 ± 0,01 ^{ABa}	1,43±0,04 ^{ABab}	1,36±0,01 ^{ABbc}	1,32±0,05 ^{Bb}	1,44±0,16 ^{ABab}	1,35±0,04 ^{ABb}	1,31±0,05 ^{Bb}	1,49±0,02 ^{Ab}
	Biberiye	1,41 ± 0,01 ^{BCa}	1,31±0,02 ^{BCb}	1,34±0,02 ^{BCbc}	1,40±0,06 ^{BCab}	1,53±0,17 ^{ABab}	1,72±0,06 ^{Aa}	1,75±0,16 ^{Aa}	1,28±0,07 ^{Cc}
	Defne	1,41 ± 0,01 ^{Aa}	1,37±0,01 ^{Aab}	1,43±0,04 ^{Aab}	1,45±0,01 ^{Aab}	1,28±0,07 ^{Ab}	1,46±0,18 ^{Ab}	1,37±0,04 ^{Ab}	1,38±0,04 ^{Abc}
	Adaçayı	1,41 ± 0,01 ^{ABa}	1,29±0,04 ^{Bb}	1,30±0,03 ^{ABc}	1,52±0,11 ^{Aab}	1,38±0,14 ^{ABb}	1,34±0,01 ^{ABb}	1,42±0,16 ^{ABb}	1,25±0,06 ^{Bc}
C22:0	Kontrol	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	0,12 ±0,01 ^{ABa}	0,10±0,01 ^{BCa}	0,10±0,01 ^{BCa}	0,09±0,01 ^{Ca}	0,09±0,00 ^{BCa}	0,09±0,01 ^{Ca}	0,10±0,01 ^{BCa}
	Kekik	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	0,12±0,01 ^{ABa}	0,10±0,01 ^{BCa}	0,09±0,01 ^{Ca}	0,09±0,01 ^{BCa}	0,09±0,01 ^{Ca}	0,08±0,00 ^{Ca}	0,10±0,01 ^{BCa}
	Biberiye	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	0,10±0,00 ^{Bb}	0,10±0,01 ^{Ba}	0,10±0,01 ^{Ba}	0,08±0,00 ^{Ba}	0,09±0,00 ^{Ba}	0,09±0,01 ^{Ba}	0,09±0,01 ^{Bab}
	Defne	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	0,10±0,00 ^{ABb}	0,10±0,00 ^{ABa}	0,10±0,01 ^{Ba}	0,08±0,00 ^{Ba}	0,09±0,01 ^{Ba}	0,12±0,04 ^{ABa}	0,09±0,00 ^{Bab}
	Adaçayı	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	0,09±0,00 ^{BCb}	0,09±0,00 ^{BCa}	0,09±0,00 ^{BCa}	0,08±0,01 ^{Ca}	0,09±0,00 ^{BCa}	0,11±0,01 ^{Ba}	0,08±0,00 ^{Cb}
C24:0	Kontrol	0,56 ±0,09 ^{BCa}	0,50 ±0,04 ^{BCb}	0,56±0,06 ^{BCa}	0,68±0,01 ^{Aa}	0,59±0,03 ^{ABab}	0,47±0,06 ^{Ca}	0,00±0,00 ^{Db}	0,60±0,01 ^{ABa}
	Kekik	0,56 ±0,09 ^{Aa}	0,54±0,04 ^{Aab}	0,58±0,08 ^{Aa}	0,64±0,05 ^{Aa}	0,53±0,04 ^{Ab}	0,49±0,02 ^{Aa}	0,57±0,16 ^{Aa}	0,58±0,04 ^{Aa}
	Biberiye	0,56 ±0,09 ^{ABa}	0,54±0,04 ^{ABab}	0,63±0,01 ^{ABa}	0,69±0,13 ^{Aa}	0,64±0,06 ^{ABa}	0,52±0,06 ^{ABa}	0,00±0,00 ^{Cb}	0,49±0,09 ^{Ba}
	Defne	0,56 ±0,09 ^{Aa}	0,63±0,06 ^{Aa}	0,56±0,06 ^{Aa}	0,64±0,04 ^{Aa}	0,52±0,04 ^{Ab}	0,52±0,08 ^{Aa}	0,51±0,08 ^{Aa}	0,58±0,03 ^{Aa}
	Adaçayı	0,56 ±0,09 ^{Aa}	0,57±0,04 ^{Aab}	0,61±0,08 ^{Aa}	0,62±0,11 ^{Aa}	0,60±0,01 ^{Aab}	0,66±0,13 ^{Aa}	0,51±0,08 ^{Aa}	0,58±0,04 ^{Aa}

Tablo 14. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (MUFA) değerlerindeki değişimler

Yağ asitleri (MUFA)	Gruplar	0. gün	3. gün	7. gün	10. gün	14. gün	17. gün	21. gün	23. gün
C16:1	Kontrol	3.12±0.66 ^{Aa}	2.96±0.50 ^{Aa}	3.43±0.06 ^{Aa}	3.29±0.51 ^{Aa}	2.66±0.06 ^{Ac}	2.55±0.07 ^{Ab}	3.19±0.78 ^{Aa}	2.68±0.11 ^{Ab}
	Kekik	3.12±0.66 ^{Aa}	3.32±0.32 ^{Aa}	3.22±0.34 ^{Aa}	3.19±0.11 ^{Aa}	3.67±0.24 ^{Aa}	3.44±0.15 ^{Aa}	2.91±0.04 ^{Aa}	3.12±0.70 ^{Ab}
	Biberiye	3.12±0.66 ^{Ba}	3.50±0.04 ^{ABa}	3.59±0.06 ^{ABa}	3.81±0.08 ^{Aa}	3.69±0.01 ^{ABa}	3.22±0.25 ^{ABa}	3.51±0.09 ^{ABa}	3.76±0.11 ^{ABa}
	Defne	3.12±0.66 ^{Ba}	3.39±0.04 ^{ABa}	3.50±0.03 ^{ABa}	3.33±0.03 ^{ABa}	3.26±0.06 ^{Bb}	3.32±0.10 ^{ABa}	3.89±0.02 ^{Aa}	3.65±0.06 ^{ABa}
	Adaçayı	3.12±0.66 ^{Aa}	3.35±0.01 ^{Aa}	3.34±0.09 ^{Aa}	3.25±0.25 ^{Aa}	3.20±0.23 ^{Ab}	3.52±0.05 ^{Aa}	3.33±0.31 ^{Aa}	3.26±0.30 ^{Ab}
C17:1	Kontrol	0.05±0.00 ^{BCa}	0.05±0.00 ^{BCa}	0.05±0.01 ^{Cb}	0.06±0.00 ^{ABa}	0.07±0.01 ^{Aa}	0.06±0.01 ^{ABCa}	0.05±0.00 ^{BCb}	0.05±0.00 ^{BCa}
	Kekik	0.05±0.00 ^{AB}	0.06±0.01 ^{ABa}	0.05±0.00 ^{ABab}	0.06±0.01 ^{ABa}	0.07±0.01 ^{Aa}	0.05±0.00 ^{ABa}	0.06±0.00 ^{ABab}	0.05±0.01 ^{Ba}
	Biberiye	0.05±0.00 ^{ABa}	0.05±0.01 ^{ABa}	0.06±0.00 ^{Aa}	0.05±0.00 ^{ABa}	0.05±0.01 ^{ABb}	0.06±0.01 ^{ABa}	0.06±0.01 ^{ABab}	0.04±0.01 ^{Ba}
	Defne	0.05±0.00 ^{ABa}	0.05±0.00 ^{ABa}	0.05±0.01 ^{Bb}	0.06±0.01 ^{ABa}	0.06±0.01 ^{ABab}	0.05±0.01 ^{ABa}	0.07±0.01 ^{Aa}	0.06±0.00 ^{ABa}
	Adaçayı	0.05±0.00 ^{ABCa}	0.05±0.01 ^{BCa}	0.04±0.04 ^{Cb}	0.06±0.00 ^{Aa}	0.06±0.01 ^{ABab}	0.05±0.00 ^{ABCa}	0.06±0.01 ^{ABab}	0.05±0.01 ^{BCa}
C18:1n9	Kontrol	36.20±0.28 ^{Aa}	36.28±0.28 ^{Aa}	35.67±0.81 ^{ABb}	36.03±0.08 ^{Aa}	35.94±0.02 ^{ABa}	34.96±0.58 ^{Ba}	34.93±0.25 ^{Bb}	33.77±0.51 ^{Cb}
	Kekik	36.20±0.28 ^{ABa}	36.05±0.13 ^{ABa}	37.06±0.30 ^{Aa}	36.88±0.14 ^{Aa}	35.75±0.71 ^{Ba}	36.32±0.78 ^{ABa}	36.53±0.25 ^{ABa}	35.62±0.49 ^{Ba}
	Biberiye	36.20±0.28 ^{Aa}	36.46±0.45 ^{Aa}	37.17±0.03 ^{Aa}	36.16±0.97 ^{Aa}	36.01±0.42 ^{Aa}	36.29±1.00 ^{Aa}	35.78±0.59 ^{ABab}	36.10±1.05 ^{Aa}
	Defne	36.20±0.28 ^{ABa}	36.83±0.62 ^{ABa}	37.17±0.06 ^{Aa}	36.18±1.11 ^{ABa}	36.27±0.25 ^{ABa}	36.35±0.66 ^{ABa}	35.63±0.63 ^{BCab}	34.67±0.57 ^{Cab}
	Adaçayı	36.20±0.28 ^{ABa}	36.52±0.56 ^{Aa}	36.36±0.11 ^{ABab}	36.86±0.72 ^{Aa}	36.21±0.38 ^{ABa}	35.30±0.47 ^{BCa}	35.27±0.77 ^{BCab}	34.91±0.06 ^{Cab}
C20:1	Kontrol	0.63±0.01 ^{ABa}	0.58±0.01 ^{BCc}	0.61±0.05 ^{ABa}	0.66±0.01 ^{Aa}	0.54±0.01 ^{Ca}	0.63±0.02 ^{ABab}	0.58±0.01 ^{BCa}	0.64±0.01 ^{Aa}
	Kekik	0.63±0.01 ^{Aa}	0.61±0.01 ^{Aabc}	0.61±0.05 ^{Aa}	0.63±0.04 ^{ABa}	0.64±0.08 ^{Aa}	0.61±0.06 ^{Ab}	0.58±0.03 ^{Aa}	0.67±0.01 ^{Aa}
	Biberiye	0.63±0.01 ^{Aa}	0.65±0.01 ^{Aa}	0.67±0.01 ^{Aa}	0.60±0.02 ^{Ab}	0.64±0.03 ^{Aa}	0.57±0.01 ^{Ab}	0.66±0.16 ^{Aa}	0.62±0.05 ^{Aa}
	Defne	0.63±0.01 ^{BCa}	0.59±0.01 ^{Cbc}	0.67±0.04 ^{ABa}	0.63±0.01 ^{BCab}	0.60±0.02 ^{Ca}	0.72±0.04 ^{Aa}	0.62±0.01 ^{BCa}	0.61±0.02 ^{Ca}
	Adaçayı	0.63±0.01 ^{Aa}	0.64±0.04 ^{Aab}	0.70±0.04 ^{Aa}	0.65±0.02 ^{Aab}	0.67±0.07 ^{Aa}	0.64±0.01 ^{Aab}	0.70±0.08 ^{Aa}	0.65±0.01 ^{Aa}
C22:1n9	Kontrol	0.15±0.04 ^{Aa}	0.15±0.01 ^{Aa}	0.12±0.01 ^{BCa}	0.10±0.01 ^{Bc}	0.12±0.01 ^{BCa}	0.11±0.02 ^{BCa}	0.12±0.01 ^{BCa}	0.11±0.01 ^{BCa}
	Kekik	0.15±0.04 ^{AaB}	0.09±0.06 ^{Ba}	0.12±0.01 ^{ABa}	0.16±0.01 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{ABa}	0.11±0.00 ^{ABa}	0.11±0.00 ^{ABa}	0.10±0.00 ^{ABa}
	Biberiye	0.15±0.04 ^{Aa}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.11±0.01 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{Aab}	0.11±0.02 ^{Aa}	0.12±0.01 ^{Aa}	0.12±0.02 ^{Aa}	0.10±0.00 ^{Aa}
	Defne	0.15±0.04 ^{Aa}	0.08±0.06 ^{Aa}	0.12±0.01 ^{Aa}	0.12±0.01 ^{Abc}	0.11±0.01 ^{Aa}	0.13±0.02 ^{Aa}	0.16±0.07 ^{Aa}	0.11±0.01 ^{Aa}
	Adaçayı	0.15±0.04 ^{ABa}	0.12±0.00 ^{BCa}	0.12±0.01 ^{BCa}	0.11±0.01 ^{Cbc}	0.13±0.01 ^{ABCa}	0.11±0.00 ^{Ca}	0.16±0.01 ^{Aa}	0.11±0.01 ^{Ca}

Tablo 15. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince yağ asitleri (PUFA) değerlerindeki değişimler

Yağ asitleri (PUFA)	Gruplar	0. gün	3. gün	7. gün	10. gün	14. gün	17. gün	21. gün	23. gün
C18:2n6	Kontrol	14.19±0.58 ^{Aa}	13.43 ±0.45 ^{Aa}	12.94±0.57 ^{ABb}	12.68±0.39 ^{ABb}	11.70±0.63 ^{BCb}	11.72±0.74 ^{BCb}	11.39±0.76 ^{BCc}	11.05±0.82 ^{Cc}
	Kekik	14.19±0.58 ^{ABa}	14.13±0.83 ^{ABa}	14.46±0.13 ^{ABa}	14.50±0.12 ^{Aa}	13.44±0.31 ^{Ba}	14.60±0.26 ^{Aa}	14.58±0.30 ^{Aa}	13.67±0.30 ^{ABab}
	Biberiye	14.19±0.58 ^{Aa}	14.05±0.28 ^{Aa}	14.49±0.04 ^{Aa}	13.99±0.73 ^{ABab}	14.12 ±0.29 ^{Aa}	14.46±0.21 ^{Aa}	14.07±0.37 ^{ABab}	14.30±0.10 ^{Aa}
	Defne	14.19±0.58 ^{ABa}	14.37±0.16 ^{Aa}	14.45±0.14 ^{Aa}	13.81±0.91 ^{ABab}	13.76±0.08 ^{ABa}	13.72±0.25 ^{ABa}	13.33±0.11 ^{Bab}	13.86±0.13 ^{ABab}
	Adaçayı	14.19±0.58 ^{Aa}	14.09±0.40 ^{ABa}	13.47±0.25 ^{ABCb}	13.78±0.25 ^{ABCab}	13.97±0.29 ^{ABa}	12.58±0.25 ^{Cb}	12.88±0.82 ^{BCb}	12.69±0.70 ^{Cb}
C18:3n3	Kontrol	2.70 ±0.16 ^{ABa}	2.84 ±0.01 ^{Aa}	2.74±0.14 ^{ABa}	2.70±0.09 ^{ABa}	2.90±0.09 ^{Aa}	2.70±0.01 ^{ABb}	2.72±0.05 ^{ABa}	2.54±0.11 ^{Ba}
	Kekik	2.70 ±0.16 ^{Aa}	2.90±0.06 ^{Aa}	2.70±0.03 ^{Aa}	2.66±0.13 ^{Aa}	2.92±0.35 ^{Aa}	2.94±0.04 ^{Aa}	2.83±0.06 ^{Aa}	2.59±0.08 ^{Aa}
	Biberiye	2.70 ±0.16 ^{Ba}	2.62±0.04 ^{Bb}	2.67±0.04 ^{Ba}	2.50±0.14 ^{Ba}	2.66±0.09 ^{Ba}	3.02±0.13 ^{Aa}	3.01±0.22 ^{Aa}	2.56±0.01 ^{Ba}
	Defne	2.70 ±0.16 ^{ABa}	2.69±0.03 ^{ABb}	2.63±0.04 ^{ABa}	2.68±0.05 ^{ABa}	2.76±0.04 ^{Aa}	2.58±0.04 ^{Bb}	2.71±0.00 ^{ABa}	2.67±0.07 ^{ABa}
	Adaçayı	2.70 ±0.16 ^{Aa}	2.61±0.03 ^{Ab}	2.53±0.14 ^{Aa}	2.78±0.18 ^{Aa}	2.45±0.40 ^{Aa}	2.70±0.06 ^{Ab}	2.80±0.28 ^{Aa}	2.51±0.05 ^{Aa}
C20:2 cis	Kontrol	0.38 ±0.01 ^{ABa}	0.33±0.00 ^{Ba}	0.34±0.07 ^{Ba}	0.41±0.00 ^{Aa}	0.38±0.01 ^{ABa}	0.37±0.02 ^{ABa}	0.32±0.01 ^{Ba}	0.36±0.01 ^{ABab}
	Kekik	0.38 ±0.01 ^{Aa}	0.37±0.01 ^{Aa}	0.35±0.04 ^{Aa}	0.39±0.01 ^{Aab}	0.34±0.04 ^{Aab}	0.35±0.06 ^{Aa}	0.33±0.06 ^{Aa}	0.39±0.01 ^{Aa}
	Biberiye	0.38 ±0.01 ^{Aa}	0.32±0.01 ^{Aa}	0.39±0.00 ^{Aa}	0.37±0.02 ^{Ab}	0.33±0.04 ^{ABab}	0.23±0.12 ^{Aa}	0.38±0.13 ^{Aa}	0.32±0.08 ^{ABab}
	Defne	0.38 ±0.01 ^{Aa}	0.33±0.00 ^{ABa}	0.36±0.07 ^{ABa}	0.40±0.01 ^{Aab}	0.28±0.01 ^{Bb}	0.40±0.05 ^{Aa}	0.34±0.05 ^{ABa}	0.39±0.01 ^{Aa}
	Adaçayı	0.38 ±0.01 ^{Aa}	0.35±0.06 ^{ABa}	0.34±0.06 ^{ABa}	0.39±0.02 ^{ABab}	0.32±0.04 ^{ABab}	0.30±0.00 ^{ABa}	0.32±0.04 ^{ABa}	0.29±0.01 ^{Bb}
C20:4 n6	Kontrol	0,53±0.02 ^{CDa}	0.61 ±0.01 ^{ABb}	0,57±0,03 ^{BCab}	0.64±0.00 ^{Aa}	0.55±0.02 ^{CDa}	0.54±0.03 ^{CDa}	0.63±0.04 ^{ABa}	0.51±0.02 ^{Dab}
	Kekik	0,53±0.02 ^{ABa}	0.54±0.01 ^{ABc}	0.57±0.01 ^{ABb}	0.60±0.01 ^{ABb}	0.61±0.08 ^{Aa}	0.57±0.04 ^{ABa}	0.52±0.04 ^{Ba}	0.55±0.02 ^{ABa}
	Biberiye	0,53±0.02 ^{ABa}	0.65±0.02 ^{Aa}	0.65±0.02 ^{Aa}	0.58±0.00 ^{ABb}	0.52±0.01 ^{Ba}	0.54±0.00 ^{ABa}	0.59±0.12 ^{ABa}	0.47±0.05 ^{Bb}
	Defne	0,53±0.02 ^{BCa}	0.60±0.01 ^{ABb}	0.62±0.04 ^{Aab}	0.57±0.01 ^{ABCb}	0.51±0.01 ^{Ca}	0.59±0.07 ^{ABa}	0.55±0.00 ^{ABCa}	0.54±0.01 ^{BCab}
	Adaçayı	0,53±0.02 ^{Aa}	0.54±0.01 ^{Ac}	0.59±0.04 ^{Aab}	0.59±0.03 ^{Ab}	0.60±0.05 ^{Aa}	0.55±0.00 ^{Aa}	0.61±0.07 ^{Aa}	0.57±0.01 ^{Aa}
C20:5n3	Kontrol	1.82 ± 0.08 ^{ABa}	1.87 ±0.08 ^{Aa}	1.70±0.10 ^{BCa}	1.60±0.05 ^{Cc}	1.67±0.04 ^{BCa}	1.77±0.04 ^{ABab}	1.71±0.04 ^{BCab}	1.60±0.04 ^{Ca}
	Kekik	1.82 ± 0.08 ^{Aa}	1.86±0.06 ^{Aa}	1.90±0.15 ^{Aa}	1.84±0.10 ^{Ab}	1.90±0.08 ^{Aa}	1.74±0.10 ^{Ab}	1.89±0.03 ^{Aa}	1.52±0.10 ^{Ba}
	Biberiye	1.82 ± 0.08 ^{Aa}	1.80±0.05 ^{Aa}	1.82±0.03 ^{Aa}	1.82±0.03 ^{ABb}	1.84±0.03 ^{Aa}	1.74±0.02 ^{ABb}	1.82±0.04 ^{Aa}	1.63±0.12 ^{Ba}
	Defne	1.82 ± 0.08 ^{ABa}	1.74±0.01 ^{BCa}	1.68±0.04 ^{Ca}	1.88±0.01 ^{Aa}	1.80±0.06 ^{ABa}	1.89±0.03 ^{Aa}	1.55±0.01 ^{Db}	1.71±0.06 ^{BCa}
	Adaçayı	1.82 ± 0.08 ^{Aa}	1.83±0.07 ^{Aa}	1.68±0.19 ^{Aa}	1.74±0.01 ^{Ab}	1.70±0.24 ^{Aa}	1.82±0.05 ^{Aab}	1.68±0.20 ^{ABab}	1.66±0.11 ^{Aa}
C22:2 cis	Kontrol	0.24 ± 0.10 ^{Aa}	0.15 ±0.00 ^{Bb}	0.14±0.01 ^{Ba}	0.14±0.01 ^{Ba}	0.14±0.00 ^{Bc}	0.15±0.01 ^{Bbc}	0.14±0.00 ^{Bab}	0.14±0.00 ^{Ba}
	Kekik	0.24 ± 0.10 ^{Aa}	0.15±0.00 ^{Ab}	0.26±0.18 ^{Aa}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.17±0.02 ^{Abc}	0.13±0.01 ^{Ac}	0.13±0.00 ^{ABa}	0.13±0.02 ^{Aa}
	Biberiye	0.24 ± 0.10 ^{Aa}	0.15±0.01 ^{Bb}	0.13±0.00 ^{Ba}	0.15±0.01 ^{Ba}	0.18±0.00 ^{ABab}	0.15±0.01 ^{Bbc}	0.17±0.03 ^{ABa}	0.14±0.00 ^{Ba}
	Defne	0.24 ± 0.10 ^{Aa}	0.15±0.01 ^{Bb}	0.15±0.01 ^{Ba}	0.15±0.01 ^{Ba}	0.15±0.00 ^{Bbc}	0.17±0.00 ^{ABb}	0.11±0.02 ^{Bb}	0.14±0.01 ^{Ba}
	Adaçayı	0.24 ± 0.10 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Aa}	0.17±0.01 ^{Aa}	0.14±0.00 ^{Aa}	0.20±0.02 ^{Aa}	0.16±0.05 ^{Aab}	0.18±0.02 ^{Aa}	0.22±0.10 ^{Aa}
C22:6 n3	Kontrol	8.79 ±0.72 ^{Aa}	8.39 ±0.28 ^{ABb}	8.10±0.48 ^{ABCb}	7.88±0.34 ^{ABCb}	7.76±0.98 ^{ABCb}	7.29±0.20 ^{BCa}	7.88±0.16 ^{BCa}	6.95±0.08 ^{Ca}
	Kekik	8.79 ±0.72 ^{Aa}	8.86±0.08 ^{ABb}	8.36±0.35 ^{ABab}	8.58±0.01 ^{ABab}	8.83±0.51 ^{ABab}	8.06±0.28 ^{ABa}	7.79±0.09 ^{Ba}	7.71±0.26 ^{Ba}
	Biberiye	8.79 ±0.72 ^{Aa}	9.32±0.44 ^{Aa}	8.31±0.06 ^{Aa}	9.13±0.62 ^{Aa}	9.29±0.33 ^{Aa}	8.44±0.66 ^{Aa}	8.04±0.88 ^{Aa}	8.02±0.83 ^{Aa}
	Defne	8.79 ±0.72 ^{Aa}	9.02±0.30 ^{ABab}	8.73±0.32 ^{ABab}	8.21±0.40 ^{ABCab}	7.45±0.31 ^{BCDb}	7.26±0.34 ^{CDa}	7.74±0.06 ^{ABCDA}	6.84±1.09 ^{Da}
	Adaçayı	8.79 ±0.72 ^{Aa}	9.11±0.07 ^{ABab}	9.00±0.06 ^{Aa}	8.16±0.43 ^{ABab}	7.62±0.40 ^{Bb}	7.76±0.64 ^{Ba}	7.13±0.06 ^{Ba}	7.49±0.30 ^{Ba}

Tablo 16. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n3 ve n6 değerlerindeki değişimler

Yağ asitleri	Gruplar	0. gün	3. gün	7. gün	10. gün	14. gün	17. gün	21. gün	23. gün
Σ SFA	Kontrol	19.46	19.77	20.16	21.07	22.74	22.05	22.51	23.18
	Kekik	19.46	19.37	19.86	19.76	20.49	20.27	20.51	20.77
	Biberiye	19.46	19.36	19.64	19.53	19.77	19.65	20.17	20.59
	Defne	19.46	19.63	19.61	20.06	20.10	20.74	21.14	21.18
	Adaçayı	19.46	19.35	19.42	20.26	21.02	21.30	21.48	22.41
Σ MUFA	Kontrol	40.14	40.01	39.87	40.13	39.32	38.30	38.86	37.25
	Kekik	40.14	40.11	41.06	40.92	40.26	40.52	40.18	39.54
	Biberiye	40.14	40.79	41.59	40.74	40.49	40.24	40.11	40.61
	Defne	40.14	40.93	41.50	40.30	40.28	40.56	40.35	39.09
	Adaçayı	40.14	40.67	40.54	40.92	40.26	39.61	39.50	38.96
Σ PUFA	Kontrol	28.64	27.60	26.52	26.03	25.08	24.53	24.77	23.13
	Kekik	28.64	28.79	28.58	28.69	28.20	28.38	28.05	26.54
	Biberiye	28.64	28.90	28.45	28.53	28.93	28.56	28.07	27.42
	Defne	28.64	28.89	28.61	27.68	26.70	26.60	26.31	26.13
	Adaçayı	28.64	28.69	27.75	27.56	26.84	25.86	25.58	25.41
Σ n3	Kontrol	13.31	13.09	12.54	12.17	12.32	11.76	12.30	11.08
	Kekik	13.31	13.62	12.95	13.08	13.65	12.74	12.50	11.82
	Biberiye	13.31	13.74	12.80	13.45	13.79	13.19	12.86	12.20
	Defne	13.31	13.45	13.03	12.77	12.01	11.73	12.00	11.22
	Adaçayı	13.31	13.55	13.20	12.67	11.77	12.27	11.60	11.65
Σ n6	Kontrol	14.72	14.03	13.51	13.32	12.24	12.26	12.02	11.56
	Kekik	14.72	14.66	15.03	15.09	14.05	15.16	15.10	14.21
	Biberiye	14.72	14.70	15.14	14.57	14.63	15.00	14.66	14.77
	Defne	14.72	14.97	15.07	14.38	14.27	14.31	13.88	14.40
	Adaçayı	14.72	14.63	14.05	14.37	14.56	13.13	13.49	13.26
n6/n3	Kontrol	1.11	1.08	1.08	1.09	0.99	1.04	0.98	1.04
	Kekik	1.11	1.08	1.16	1.15	1.03	1.19	1.21	1.20
	Biberiye	1.11	1.07	1.18	1.08	1.06	1.14	1.14	1.21
	Defne	1.11	1.11	1.16	1.13	1.19	1.22	1.16	1.28
	Adaçayı	1.11	1.08	1.06	1.13	1.24	1.07	1.16	1.14
DHA /EPA	Kontrol	0.21	0.22	0.21	0.20	0.22	0.24	0.22	0.23
	Kekik	0.21	0.21	0.23	0.22	0.22	0.22	0.24	0.20
	Biberiye	0.21	0.19	0.22	0.20	0.20	0.21	0.23	0.20
	Defne	0.21	0.19	0.19	0.23	0.24	0.26	0.20	0.25
	Adaçayı	0.21	0.20	0.19	0.21	0.22	0.23	0.24	0.22

4.5.7. Amonyak ve Biyojenik Aminler

Biyojenik aminler genellikle serbest aminoasitlerin mikrobiyal enzimlerle dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadır. Aminoasit dekarboksilasyon alfa-karboksil grubun uzaklaşmasıyla meydana gelir (Shalaby, 1996). Histamin zehirlenmesi en önemli gıda kaynaklı zehirlenmelerinden birisidir (Taylor, 1986; Halasz ve ark., 1994). Tablo 17 balık etindeki amonyak ve biyojen amin değişimini göstermektedir. Depolama süresince amonyak ve biyojen amin içeriği bakımından önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Balık etindeki başlangıç amonyak miktarı 35.29 mg/100 g olup, depolama süresince amonyak miktarı önemli düzeyde artış göstermiştir. Gruplar arasında amonyak bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın 14. gününden itibaren kontrol grubu en yüksek amonyak içeriğine sahip grup olmuştur. Ozogul ve ark. (2011) biberiye ve adaçayı ekstraktının 3 °C'de depolanan sardalya filetosunda daha düşük amonyak birikimine yol açtığını bulmuştur. Mevcut çalışmada, nanoemülsiyon uygulaması amonyak üretimini önemli düzeyde düşürmüş olup, kekik nanoemülsiyonu içeren grup depolama süresince genellikle en düşük amonyak içeriğine sahip grup olmuştur. Balığın duyusal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde kontrol grubunun amonyak değeri 40.34 mg/100 g olurken, depolamanın 17. gününde adaçayı, biberiye, defne ve kekik nanoemülsiyonu uygulanan grupta bu değerler sırasıyla 39.23, 35.53, 32.88 ve 24. 57 mg/100 g olmuştur. Depolama sonunda en yüksek amonyak değeri (90.58 mg/100 g) kontrol grubu ve defne nanoemülsiyonu uygulanan grupta (68.05 mg/100 g) gözlenmiştir.

Putresin, kadaverin, spermidin, spermin, serotonin ve dopamin balık etinde en fazla miktarda bulunan amin olmuştur. 2 ± 1 °C'de 27 gün depolanan vakum paketlenmiş alabalık filetolarında da başlıca bulunan biyojen aminlerin putresin, kadaverin, spermin, spermidin, serotonin, tiramin ve dopaminin olduğu tespit edilmiştir (Özogul ve ark., 2013a). Gruplar arasında putresin, spermidin, triptamin, spermin, tiramin, dopamin ve agmatin bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Nano emülsiyonun balık etindeki biyojen amin birikimine etkisi, depolama günü ve biyojen amin türüne göre değişkenlik göstermesine karşın, depolama sonuna doğru nano emülsiyon uygulanan gruplar daha düşük amin değerine sahip olmuştur.

Putresin, kadaverin ve histamin gibi biyojenik aminler taze balıkta düşük düzeyde oldukları yada hiç bulunmadıkları için balıkta bozulma indikatörü olarak kullanılabilir. Putresin ve kadaverinin histamin toksikliğini arttırdığı düşünülmektedir (Lehane ve Olley, 2000; Staruszkiewicz ve ark., 2004; Richard ve ark., 2011). Alabalık etindeki başlangıç putresin değeri 12.95 mg/100 g olup, depolama süresince putresin değerinde önemli artışlar gözlenmiştir. En yüksek putresin değeri 136.38 mg/100 g olarak depolamanın 21. gününde kontrol grubunda gözlenmiştir. Kontrol ve muamele grupları arasında putresin değeri bakımından önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 3 ve 7. gününde en

yüksek putresin değeri biberiye nanoemülsiyonu uygulanan grupta gözlenirken, depolamanın 10. gününden itibaren kontrol grubu en yüksek, kekik ve biberiye nanoemülsiyonu uygulanan grup genellikle en düşük putresin değerine sahip grup olmuştur. Özogul ve ark. (2011) biberiye ve adaçayı ekstraktlarının 3 °C'de depolanan vakum paketlenmiş sardalya filetolarındaki histamin, putresin, kadaverin ve TMA birikimini önemli düzeyde düşürdüğünü ancak serotonin ve agmatin oluşumunu artırdığını rapor etmiştir.

Balık etindeki başlangıç kadaverin değeri düşük düzeyde (0.95 mg/100g) bulunmuş olup, depolamanın 14. gününden itibaren kadaverin değerinde önemli artışlar gözlenmiştir. Depolamanın 10. gününden itibaren en yüksek kadaverin değeri kontrol grubunda gözlenirken, kekik uygulaması kadaverin düzeyinde önemli düşümlere yol açmıştır. En yüksek kadaverin değeri depolamanın 14. gününde kontrol grubunda (69.84 mg/100 g) gözlenmiştir. Depolama sonunda kontrol, adaçayı, biberiye, defne ve kekik nanoemülsiyonu uygulanan gruplar için kadaverin düzeyi 53.91, 17.12, 35.78, 29.33 ve 25.69 mg/100 g olmuştur.

Balık etindeki spermidin düzeyi 6.01 ile 50.94 mg/100 g arasında değişkenlik göstermiştir. Depolamanın 10. gününde kontrol grubu diğer gruplara kıyasla en yüksek spermidin düzeyine sahip iken, depolama süresince genellikle en yüksek spermidin düzeyleri biberiye nanoemülsiyonu içeren gruplarda gözlenmiştir. Triptamin, 2-feniletilamin ve histamin balık etinde en düşük miktarda bulunan aminler olmuştur. Bazı depolama günlerinde triptamin ve 2-feniletilamine rastlanmaz iken, en yüksek triptamin ve 2-feniletilamin düzeyine kontrol grubunda sırasıyla depolamanın 10. gününde (6.95 mg/100 g) ve 23. gününde (3.44 mg/100 g) rastlanmıştır. Spermin balık etinde başlangıçta en yüksek düzeyde bulunan (38.71 mg/100g) amin olup, depolama süresince 40 mg/100 g'ın altında kalmıştır.

FDA (1995) histaminin yasal limitini 5 mg/100 g olarak bildirmiştir. Bu çalışmada alabalık etinde histamin depolamanın 10. gününde kontrol ve defne nanoemülsiyonu uygulanan grupta çok düşük düzeyde (0.27 mg/100 g) bulunmasına rağmen, depolama süresince genellikle tespit edilememiştir. Alabalık ile yapılan diğer çalışmalarda da histamin varlığına rastlanmamıştır (Rezaei et al., 2007; Ozogul ve ark., 2013b).

Balık etindeki başlangıç serotonin ve dopamin düzeyi sırasıyla 7.30 ve 12.12 mg/100 g olup depolama süresince 21 mg/100 g'ın altında kalmıştır. Serotonin ve dopamin birikimi üzerine nanoemülsiyonun etkisi depolama süresine göre değişkenlik göstermesine karşın depolamanın 14. gününden itibaren kontrol grubu genellikle en yüksek, kekik nanoemülsiyonu içeren balıklar ise en düşük serotonin ve dopamin içeriğine sahip grup olmuştur.

Özogul ve ark. (2013 a) tiraminin alabalık etinde birikime uğrayan başlıca aminlerden birisi olduğunu rapor etmiştir. Soğuk depolanan vakum paketlenmiş alabalık filetolarındaki 8.70 mg/100 g olan başlangıç tiramin seviyesi 16. günde 82 mg/100 g'a ulaşmıştır. Krizek ve ark. (2011) tiraminin 15 °C'de alabalık ve sazan etinde putresin ve kadaverini takiben en

yüksek miktarda üretilen amin olduğunu bildirmiştir. Ancak mevcut çalışmada, taze alabalık etindeki başlangıç tiramin düzeyi 4.55 mg/100 g olup, depolama süresince 7.5 mg/100 g'ın altında kalmıştır. Depolamanın 7., 10., 17. ve 23. gününde kontrol grubu en yüksek tiramin içeriğine sahip grup olmuştur. Depolamanın 3. ve 23. günü dışında tiramin kekik nanoemülsiyonu uygulanan grupta en düşük düzeylerde bulunmuştur.

Deniz balıkları başta olmak üzere balıklar trimetilaminoksit (TMAO) içermektedir. TMAO miktarı balık türüne, balığın avlandığı ortama, mevsime ve balık büyüklüğüne göre değişkenlik göstermektedir. TMAO bozulma etmeni bakterilerce TMA'e dönüşmektedir. TMA balıkta amonyak benzeri kötü kokuya ve balıgımsı tada yol açmaktadır (Gram ve Huss, 1996; Olafsdottir ve ark., 1997). Alabalık etindeki TMA düzeyi bir tatlı su balığı olduğu için tüm depolama boyunca 0.6 mg/100 g'ın altında kalmıştır. Ozogul ve ark. (2013b) 4 °C'de depolanan kültür ve doğal alabalıktaki başlangıç TMA içeriğinin 0.52 mg/100g' olduğunu ve depolama süresince 0.05 mg/100g'ın altında kaldığını rapor etmiştir. Agmatin düzeyi depolama süresince 0.81 mg/100g ile 3.61 mg/100 g arasında değişkenlik göstermiştir. Nanoemülsiyonların agmatin üzerindeki etkisi depolama süresine bağlı olarak değişkenlik göstermesine karşın, depolamanın 10. günü dışında adaçayı agmatin birikiminde önemli düşümlere yol açmıştır. Depolama sonunda en yüksek agmatin değerleri kontrol ve defne nanoemülsiyonu içeren grupta gözlenmiştir.

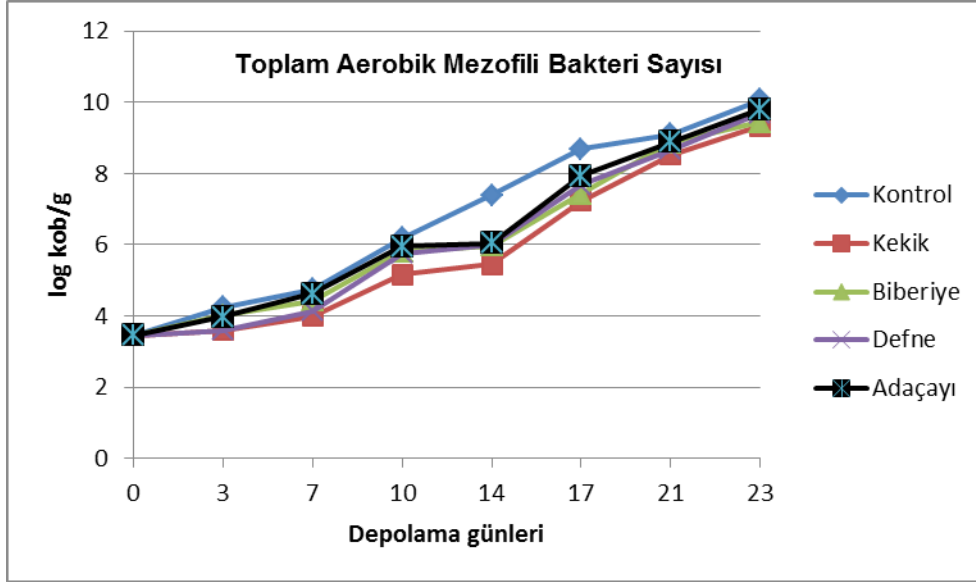
Tablo 17. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince amonyak ve biyojen amin değişimleri (mg/100g)

	AMN	PUT	KAD	SPD	TRPT	PHEN	SPN	HİS	SER	TİR	TMA	DOP	AGM	
0	35.29±1.95	12.95±0.63	0.95±0.09	6.01±0.10	0.77±0.05	0.00±0.00	38.71±2.32	0.00±0.00	7.30±0.09	4.55±0.27	0.61±0.02	12.12±0.52	1.84±0.04	Kontrol
3	27.40±2.13 ^b	24.41±1.54 ^a	0.00±0.00 ^d	19.39±0.97 ^c	0.26±0.02 ^c	0.00±0.00 ^c	26.59±1.40 ^c	0.00±0.00 ^b	4.59±0.10 ^d	0.43±0.01 ^c	0.14±0.01 ^c	16.15±0.83 ^b	2.16±0.19 ^b	Kontrol
	22.11±0.74 ^c	20.68±1.65 ^b	5.90±0.34 ^b	28.84±2.01 ^b	0.00±0.00 ^d	0.33±0.02 ^b	24.51±2.37 ^d	0.17±0.03 ^a	6.71±0.36 ^c	2.32±0.18 ^b	0.18±0.01 ^b	10.93±1.06 ^c	0.81±0.07 ^d	Adaçayı
	32.90±1.76 ^a	27.20±2.32 ^a	10.82±0.37 ^a	50.94±4.03 ^a	0.61±0.01 ^b	0.70±0.01 ^a	29.83±1.35 ^b	0.00±0.00 ^b	8.84±0.69 ^a	3.54±0.15 ^a	0.17±0.00 ^b	22.35±1.78 ^a	1.12±0.11 ^c	Biberiye
	25.20±0.77 ^b	15.40±0.82 ^c	0.00±0.00 ^d	28.87±1.72 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c	24.20±1.51 ^d	0.00±0.00 ^b	6.84±0.23 ^c	0.14±0.01 ^d	0.24±0.02 ^a	18.08±0.58 ^b	1.95±0.09 ^b	Defne
26.94±0.44 ^b	14.79±1.20 ^c	0.77±0.12 ^c	49.15±3.02 ^a	1.38±0.06 ^a	0.00±0.00 ^c	39.11±2.74 ^a	0.00±0.00 ^b	8.04±0.02 ^b	3.74±0.21 ^a	0.14±0.00 ^c	21.53±1.20 ^a	2.73±0.24 ^a	Kekik	
7	26.62±2.04 ^c	22.17±1.29 ^a	2.88±0.03 ^b	16.86±1.11 ^b	0.37±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b	15.08±0.44 ^d	0.00±0.00 ^a	7.62±0.49 ^b	6.09±0.31 ^a	0.13±0.07 ^a	24.43±1.01 ^a	3.61±0.30 ^a	Kontrol
	29.78±0.822 ^c	13.72±0.77 ^b	1.57±2.72 ^{bc}	25.39±1.17 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	19.00±0.63 ^c	0.00±0.00 ^a	5.91±0.25 ^c	1.99±0.19 ^b	0.90±0.04 ^b	15.58±0.29 ^c	0.91±0.06 ^d	Adaçayı
	5.54±1.89 ^b	13.60±0.90 ^b	0.00±0.00 ^c	26.59±1.02 ^a	0.37±0.04 ^a	0.00±0.00 ^b	26.91±0.21 ^a	0.00±0.00 ^a	7.81±0.75 ^b	1.33±0.07 ^c	0.00±0.00 ^c	18.92±1.28 ^b	2.11±0.12 ^b	Biberiye
	34.75±2.39 ^a	20.50±1.36 ^a	10.26±0.42 ^a	24.92±2.37 ^a	0.00±0.00 ^b	0.85±0.04 ^a	21.64±1.36 ^b	0.00±0.00 ^a	6.99±0.57 ^b	1.36±0.12 ^c	0.00±0.00 ^c	17.03±0.50 ^c	1.73±0.10 ^c	Defne
25.40±1.58 ^{bc}	14.85±0.92 ^b	2.55±0.13 ^b	24.71±0.28 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	17.97±0.57 ^c	0.00±0.00 ^a	10.08±0.54 ^a	1.22±0.03 ^c	0.00±0.00 ^c	15.90±0.10 ^c	0.94±0.06 ^d	Kekik	
10	30.83±0.67 ^a	34.47±2.99 ^a	14.63±1.08 ^a	41.48±2.10 ^a	6.95±0.31 ^a	0.00±0.00 ^b	35.75±0.50 ^a	0.27±0.03 ^a	14.71±0.81 ^b	7.29±0.46 ^a	0.13±0.01 ^a	12.91±0.11 ^e	0.83±0.02 ^d	Kontrol
	25.50±1.94 ^{bc}	11.61±0.71 ^d	2.53±0.11 ^c	30.83±1.71 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	23.97±0.47 ^c	0.00±0.00 ^b	12.58±0.89 ^c	2.24±0.06 ^c	0.02±0.00 ^c	15.24±0.70 ^d	1.60±0.09 ^b	Adaçayı
	27.31±2.26 ^b	22.28±1.01 ^b	2.68±0.10 ^c	22.96±1.34 ^c	0.00±0.00 ^c	0.33±0.03 ^a	27.44±1.96 ^b	0.00±0.00 ^b	19.14±0.80 ^a	3.01±0.29 ^b	0.02±0.00 ^c	17.68±1.17 ^c	1.39±0.07 ^c	Biberiye
	24.00±1.75 ^c	16.39±1.57 ^c	5.60±0.45 ^b	18.43±6.37 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	14.22±1.41 ^e	0.27±0.01 ^a	12.87±0.97 ^c	2.57±0.16 ^{bc}	0.10±0.02 ^b	19.40±0.46 ^b	1.72±0.14 ^b	Defne
18.21±0.04 ^d	15.97±0.78 ^c	2.20±0.16 ^c	12.49±0.77 ^d	0.46±0.05 ^b	0.00±0.00 ^b	20.78±0.41 ^d	0.00±0.00 ^b	12.29±0.89 ^c	1.47±0.11 ^d	0.00±0.00 ^d	20.58±1.16 ^a	2.56±0.05 ^a	Kekik	
14	40.34±1.61 ^a	79.80±3.90 ^a	69.84±3.07 ^a	6.32±0.34 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	25.45±1.01 ^b	0.00±0.00 ^a	10.84±0.89 ^a	1.00±0.08 ^c	0.10±0.00 ^b	19.86±0.85 ^a	1.91±0.16 ^a	Kontrol
	36.72±2.07 ^b	60.07±2.79 ^b	36.61±3.38 ^b	14.54±1.26 ^{ab}	0.49±0.01 ^a	2.03±0.05 ^a	19.85±0.98 ^d	0.00±0.00 ^a	8.61±0.36 ^b	5.31±0.33 ^a	0.04±0.00 ^d	15.37±1.38 ^c	0.86±0.05 ^c	Adaçayı
	35.12±1.70 ^b	33.57±2.57 ^{cd}	37.66±1.79 ^b	14.93±1.05 ^a	0.23±0.02 ^b	0.93±0.03 ^b	28.82±1.07 ^a	0.00±0.00 ^a	8.53±0.46 ^b	0.98±0.06 ^c	0.06±0.01 ^c	18.95±1.77 ^{ab}	1.13±0.12 ^b	Biberiye
	27.53±1.19 ^c	38.75±2.39 ^c	31.26±1.49 ^c	12.78±1.01 ^b	0.22±0.03 ^b	0.00±0.00 ^c	21.78±1.28 ^c	0.00±0.00 ^a	3.42±0.22 ^c	1.49±0.03 ^b	0.15±0.01 ^a	17.32±0.91 ^{bc}	1.32±0.08 ^b	Defne
30.41±1.77 ^c	30.61±3.06 ^d	20.67±1.23 ^d	14.66±1.00 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	25.18±0.87 ^b	0.00±0.00 ^a	3.18±0.07 ^d	0.66±0.03 ^d	0.02±0.01 ^e	15.25±1.24 ^c	1.80±0.16 ^a	Kekik	
17	58.11±3.75 ^a	94.17±4.68 ^a	18.88±1.13 ^b	10.29±0.66 ^b	0.00±0.00 ^c	0.35±0.01 ^{ab}	23.59±1.78 ^b	0.00±0.00 ^b	8.60±0.59 ^c	2.74±0.14 ^a	0.02±0.00 ^c	16.75±0.49 ^a	1.94±0.14 ^b	Kontrol
	39.23±1.06 ^b	35.36±0.89 ^{bc}	24.76±1.23 ^a	13.39±1.02 ^a	0.42±0.03 ^a	0.00±0.00 ^b	24.29±1.16 ^b	0.00±0.00 ^b	13.42±0.60 ^a	2.73±0.13 ^a	0.00±0.00 ^c	16.91±1.37 ^a	1.75±0.11 ^b	Adaçayı
	35.53±3.11 ^{bc}	36.04±0.90 ^{bc}	19.10±1.25 ^b	14.35±1.12 ^a	0.00±0.00 ^c	0.65±0.56 ^a	29.44±2.78 ^a	0.00±0.00 ^b	12.10±1.04 ^b	1.35±0.06 ^c	0.48±0.02 ^b	17.21±1.19 ^a	3.02±0.15 ^a	Biberiye
	32.88±2.14 ^c	39.43±3.62 ^b	7.14±0.37 ^c	10.48±0.53 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	29.46±2.11 ^a	0.14±0.01 ^a	9.74±0.27 ^c	2.09±0.05 ^b	0.53±0.02 ^a	13.94±0.77 ^b	3.32±0.26 ^a	Defne
24.57±1.21 ^d	33.49±2.68 ^d	8.23±0.79 ^c	12.67±1.00 ^a	0.15±0.01 ^b	0.00±0.00 ^b	25.45±1.81 ^b	0.00±0.00 ^b	9.56±0.39 ^c	0.94±0.04 ^d	0.46±0.04 ^b	13.50±0.36 ^b	1.86±0.16 ^b	Kekik	
21	72.40±4.67 ^a	136.38±2.19 ^a	58.89±5.40 ^a	12.97±0.59 ^a	3.02±0.06 ^a	0.59±0.03 ^a	17.58±0.76 ^c	0.00±0.00 ^a	14.58±1.16 ^a	3.14±1.74 ^{bc}	0.35±0.02 ^{ab}	19.69±0.54 ^a	3.59±0.29 ^a	Kontrol
	67.23±5.27 ^{ab}	52.98±2.03 ^c	55.17±4.58 ^a	11.65±0.64 ^{bc}	2.27±0.12 ^b	0.38±0.03 ^b	20.86±1.29 ^b	0.00±0.00 ^a	12.05±0.30 ^{bc}	4.28±0.49 ^b	0.34±0.03 ^b	14.92±1.41 ^b	2.22±0.08 ^b	Adaçayı
	62.50±5.41 ^b	52.32±4.22 ^c	51.75±3.97 ^a	11.58±0.50 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^c	26.57±2.18 ^a	0.00±0.00 ^a	12.82±0.77 ^b	5.59±0.51 ^a	0.31±0.03 ^b	15.74±0.77 ^b	1.12±0.05 ^c	Biberiye
	63.23±0.74 ^b	64.93±2.41 ^b	52.04±3.10 ^a	12.71±0.81 ^{ab}	0.36±0.01 ^c	0.00±0.00 ^c	26.67±0.53 ^a	0.00±0.00 ^a	9.93±0.27 ^d	5.79±0.44 ^a	0.39±0.01 ^a	14.70±0.93 ^b	2.20±0.14 ^b	Defne
42.93±3.00 ^c	40.14±2.84 ^d	24.98±2.21 ^b	6.11±0.15 ^d	0.22±0.04 ^d	0.00±0.00 ^c	20.17±1.79 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	11.37±0.55 ^c	1.74±0.04 ^c	0.17±0.00 ^c	14.45±0.26 ^b	1.37±0.04 ^c	Kekik	
23	90.58±6.45 ^a	86.75±4.05 ^a	53.91±2.21 ^a	11.98±0.56 ^b	0.52±0.03 ^a	3.44±0.22 ^a	23.55±0.67 ^a	0.00±0.00 ^a	13.64±1.27 ^a	6.52±0.61 ^a	0.45±0.03 ^a	20.53±0.63 ^a	2.16±0.14 ^b	Kontrol
	56.82±4.74 ^c	51.61±2.23 ^c	17.12±1.24 ^e	7.36±0.51 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	21.65±1.74 ^a	0.00±0.00 ^a	8.31±0.07 ^b	2.94±0.16 ^d	0.28±0.02 ^b	15.52±1.37 ^c	1.57±0.03 ^c	Adaçayı
	54.35±2.74 ^c	48.45±6.46 ^c	35.78±2.90 ^b	50.17±4.91 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	21.79±1.50 ^a	0.00±0.00 ^a	5.61±0.54 ^d	2.82±0.23 ^d	0.25±0.01 ^{bc}	13.15±0.94 ^d	0.83±0.01 ^d	Biberiye
	68.05±4.51 ^b	64.34±4.11 ^b	29.33±1.63 ^c	10.90±0.41 ^{bc}	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	16.61±1.17 ^b	0.00±0.00 ^a	7.46±0.33 ^{bc}	3.57±0.08 ^c	0.26±0.02 ^{bc}	17.17±0.16 ^b	2.79±0.20 ^a	Defne
49.72±3.58 ^c	44.04±2.23 ^c	25.69±0.40 ^d	7.31±0.57 ^c	0.29±0.01 ^b	1.70±0.09 ^b	12.04±0.33 ^c	0.00±0.00 ^a	6.58±0.49 ^{cd}	4.70±0.39 ^b	0.22±0.02 ^d	13.71±0.17 ^d	1.70±0.09 ^c	Kekik	

4.6. Mikrobiyolojik Değişimler

4.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB)

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince TAMB değerinde oluşan değişimleri Şekil 4' de gösterilmektedir.



Şekil 4. Buzda depolanan alabalık filetosunun depolanması süresince TAMB değerlerindeki değişimler

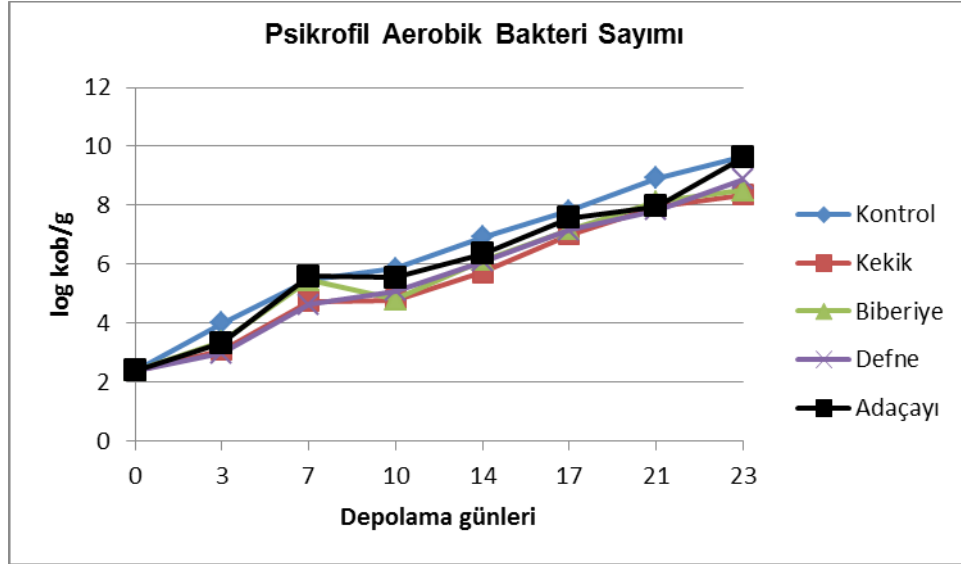
TAMB sayısında depolama süresi boyunca önemli artışlar gözlenmiştir. Depolamanın 0.gününde tüm gruplar için TAMB sayısı 3.45 log kob/g olmuştur. Benzer şekilde pek çok araştırmacı tarafından alabalık filetosu üzerine yapılan incelenmelerde toplam aerobik mezofil bakteri sayımı başlangıç değeri 3-4 log kob/g olduğu rapor edilmiştir (Arashisar vd. 2004; Rezaei ve Hosseini 2008; Frangos ve vd. 2010).

Depolama boyunca kontrol grubu alabalık filetosunun sahip olduğu mikrobiyal yükün nanoemülsiyon gruplarını oluşturan kekik, biberiye, defne ve adaçayı gruplarına oranla daha yoğun olduğu gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulamaları bakteri gelişimini yavaşlatığı gözlenmiştir. Tüm depolama günlerinde nanoemülsiyon uygulamalarındaki TAMB sayısı kontrol grubundan daha düşük seviyede olmuştur. Çiğ balık için 7 log kob/g olarak önerilen maksimum toplam canlı sayısı limiti (ICMSF 1986) kontrol grubunda 14. gününde, nanoemülsiyon uygulanan gruplarda depolamanın 17. gününde aşılmıştır. Kontrol grubunun duysal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde TAMB sayısı 7.39 log kob/g iken kekik, biberiye, defne ve adaçayı gruplarının ret edildiği depolamanın 17. gününde TAMB sayısı sırasıyla 7.23 7.43 7.69 ve 7.94 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik verilere dayalı olarak alabalık örnekleri duysal sonuçlarla benzer bir raf ömrüne sahip olmuştur. Bitki esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonların mikroorganizma üremesini geciktirdiği gözlenmiştir.

Chytiri vd. (2004) buzda 18 gün depolanan fileto ve bütün kültür gökkuşağı alabalığının TAMB sayısının sırasıyla depolamanın 10. ve 18. gününde 7 log kob/g' i aştığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Rezaei ve Hosseini (2008) buzda 20 gün depolanan gökkuşağı alabalığındaki TAMB sayısının depolama sonunda 7.04 log kob/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Yazgan (2013) levrek ve çipura kontrol gruplarındaki mikrobiyal floranın nanoemülsiyon uygulanan gruplara oranla daha hızlı gelişim gösterdiğini belirtmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak nanoemülsiyon uygulamasının bakteri gelişiminde önemli düşümlere yol açtığı rapor edilmiştir.

4.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayısı (TAPB)

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince TAPB değerinde oluşan değişimleri Şekil 5' de gösterilmektedir.



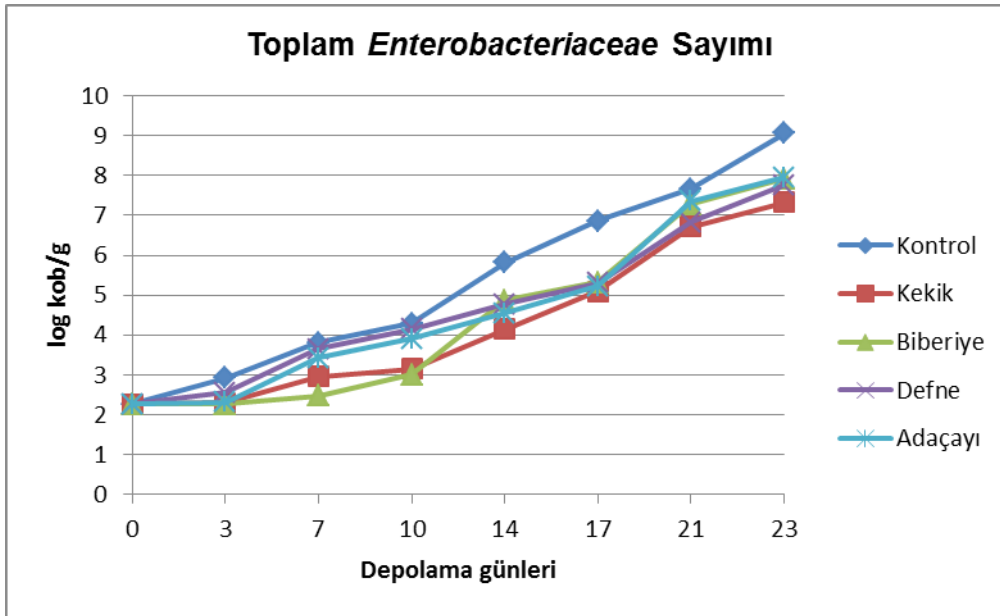
Şekil 5. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince TAPB değerlerindeki değişimler

Toplam aerobik psikrofil bakteri sayısında depolama boyunca önemli artışlar gözlenmiştir. Depolama süresince kontrol, kekik ve defne grupları TAPB sayısında kademeli artış gözlenirken, biberiye ve adaçayı gruplarında dalgalanmalar söz konusu olmuştur. Depolamanın ilk gününde tüm gruplarda TAPB sayısı 2.40 log kob/g olmuştur. Depolama boyunca kontrol grubunda mikrobiyal flora nanoemülsiyon uygulanan gruba oranla daha hızlı gelişim gösterdiği gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulamaları bakteri gelişiminde önemli düşümlere yol açmıştır. Genel olarak tüm depolama günlerinde kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyon uygulamalarında TAPB sayısının kontrol grubundan daha düşük seviyede olduğu gözlenmiş olup depolamanın 7. gününde biberiye ve adaçayı bakteri sayısı (sırasıyla 5.46 ve 5.59 log kob/g) kontrol grubuna yakın olmuştur. Balığın duyusal olarak ret

edildiği depolamanın 14. gününde kontrol grubu 6.91 log kob/g; depolamanın 17. gününde kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyon grupları sırasıyla 7.00 7.18 7.16 ve 7.58 kob log/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 17. gününde kontrol ve adaçayı nanoemülsiyon grubu sırasıyla 7.81 ve 7.58 kob log/g değerleriyle birbirine yakın mikrobiyal ağırlığa sahip olduğu gözlenmiştir. Yazgan (2013) ayçiçeği nanoemülsiyon çalışmasında nanoemülsiyon uygulaması yapılan levrek ve çipura filetolarının kontrol grubuna göre daha düşük TAPB değerine sahip olduğunu bildirmiştir.

4.6.3. Toplam *Enterobacteriaceae* Sayısı

Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetosunun buzda depolanması süresince toplam *Enterobacteriaceae* sayımı değerinde oluşan değişimleri Şekil 6' de gösterilmektedir.



Şekil 6. Buzda depolanan alabalık filetolarının depolanması süresince toplam *Enterobacteriaceae* sayımı değerlerindeki değişimler

Bu çalışmada tüm gruplar için başlangıç toplam *Enterobacteriaceae* sayısı yaklaşık 2.27 log kob/g olup depolama süresiyle önemli artışlar gözlenmiştir. Balığın duyuşal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde kontrol grubu 5.81 log kob/g; depolamanın 17. gününde kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyon grupları sırasıyla 5.09 5.32 5.30 ve 5.22 kob log/g olmuştur. 23 gün devam eden buzda depolama sonunda kontrol grubu, kekik, biberiye, defne ve adaçayı nanoemülsiyonları uygulanan gruplarda sırasıyla 9.05 7.32 7.92 7.76 ve 7.95 log kob/g'a ulaşmıştır. Çalışmada kullanılan nanoemülsiyonların alabalık filetoları *Enterobacteriaceae* yükünü azalttığı tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca kontrol grubunda hızlı bir bakteri gelişimi izlenirken kekik,

biberiye, defne ve adaçayı muamelelerinde kademeli bakteri artışı gözlenmiştir ancak kekik grubunun yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğu ifade edilebilir. Benzer olarak Yazgan (2013) nanoemülsiyon uygulanan gruplarda kontrol grubuna kıyasla daha düşük oranda koliform bakteri gelişimi olduğunu tespit etmiştir.

4.6.4. *E. coli* *Staphylococcus aureus* *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* Sayısı

Ham maddede *Staphylococcus aureus* *Listeria* *E.coli* ve *Salmonella spp.* testleri yapılmış ve bunlar ham maddede tespit edilmemiştir. Bu patojenik bakterilerin bulunmaması balığın kontamine olmadığını göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada kekik (*Thymus vulgaris*) biberiye (*Rosmarinus officinalis*) defne (*Laurus nobilis*) adaçayı (*Salvia officinalis*) uçucu yağlarından elde edilen nanoemülsiyonların buzda depolanma süresi boyunca alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosunun duyuşal kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir;

Bitki esansiyel yağları su buharı distilasyonu ile elde edilmiş olup uçucu yağ bileşenleri kekik için % 71.54 karvakrol % 11.84 p-cymene %6.74 γ -terpinene % 1.24 caryophyllene biberiye için ana bileşenler %12.0 α -pinene %52.17 1 8- cineol %8.53 camphor %3.55 borneol % 4.62 caryophyllene ve % 2.0 α -terpineol olarak bulunmuştur. Defne uçucu yağları 1 8-cineole (%29.60) α -terpinyl acetate (%18.16) α -terpineol (%11.75) bileşenlerinden oluşurken adaçayı; 1 8-cineole (%47.51) caryophyllene (% 12.63) α -pinene (%11.97) bileşenleri içermektedir.

Çiğ alabalık filetolarının duyuşal puanı depolama süresi boyunca sürekli bir artış göstermiştir. Duyusal değerlendirmeye dayalı olarak buzda depolanan alabalık filetosunun raf ömrü kontrol grubu için 14 gün olarak tespit edilmiştir. Kekik, biberiye defne ve adaçayı nanoemülsiyon uygulanması yapılan grupların raf ömrü ise 17 gün olarak bulunmuştur. Balık filetolarının duyuşal olarak kabul edilebildikleri son raf ömründe duyuşal toplam puanları kontrol için 9.50 biberiye kekik adaçayı defne gruplarının ret edildiği 17. günde ise sırasıyla 10.93, 9.14, 9.00, 8.43 olarak bulunmuştur.

Nano emülsiyon uygulanmış buzda depolanan alabalık filetolarının hafif hissedilebilir esansiyel yağ kokusu panelistler tarafından beğenilmiştir. Filetolar renk parametresi açısından incelendiğinde biberiye grubunda depolamanın 14. günü kekik defne ve adaçayı gruplarında ise 21. gününden itibaren sararma olduğu gözlenmiştir.

Pişmiş alabalık filetolarının renk koku lezzet doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik açısından duyuşal puanlarında depolama süresi boyunca bir düşüş görülmüştür. Duyusal değerlendirmeye dayalı olarak pişmiş alabalık filetosu kontrol grubu depolamanın 17. gününde ret edilirken kekik biberiye defne adaçayı nano emülsiyonları uygulanmış fileto grupları ise depolamanın 21. gününde reddedilmiştir. Filetolar renk koku lezzet doku yapısı gibi parametreler açısından incelendiğinde kontrol grubunun duyuşal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde genel kabul edilebilir duyuşal puanı 5.00 iken kekik biberiye defne ve adaçayı gruplarının ret edildiği 17. günde bu puanlar sırasıyla 4.00, 3.50, 4.00 ve 3.50 olarak belirlenmiştir.

Buzda depolanan alabalık filetosunun başlangıçtaki (0. gün) TVB-N değeri 13 72 mg/100 g olup bu değer depolama süresi boyunca bütün gruplarda artış göstermiştir. TVB-N' nin kabul edilebilirlik seviyesini kontrol grubu depolamanın 17. gününden sonra aştığı muamele gruplarında ise 23. günde ulaştığı gözlenmiştir. Depolama süresince

nanoemülsiyon grubu olan kekik biberiye defne ve adaçayının kontrol grubuna kıyasla TVB-N değerlerinde önemli düşümlere yol açtığı tespit edilmiştir.

Araştırmamızda nanoemülsiyon solüsyonu uygulanan ve uygulanmayan alabalık filetoları TBA değerinin çok iyi bir materyalde olması gereken değere sahip olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubu en yüksek TBA değerine depolamanın 14. gününde ulaşırken muamele gruplarının depolamanın 17. gününde ulaştığı gözlenmiştir. Bu durum buzda depolanan ve nano emülsiyon uygulanan alabalık filetolarında lipit oksidasyonunun düşük seviyede meydana geldiğini göstermiştir.

Depolama süresi boyunca FFA ve PV değerleri tüm gruplarda dalgalanmalar gözlenmesine rağmen nanoemülsiyon grubu olan kekik biberiye defne ve adaçayı gruplarının kontrol grubuna kıyasla daha düşük FFA ve PV değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.

Yaptığımız bu çalışmada depolama süresince nanoemülsiyon gruplarının kontrol grubuna kıyasla daha düşük pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda kontrol, kekik, biberiye, defne ve adaçayı gruplarının pH değeri sırasıyla 7.21, 7.12, 7.10, 7.07 ve 7.17 olarak bulunmuştur.

Biberiye, kekik, defne ve adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriği kontrol ile karşılaştırıldığında muamele gruplarının daha yüksek PUFA içeriğine sahip olduğu ve oksidasyonu engellediği tespit edilmiştir.

Gruplar arasında amonyak ve biyojen amin üretimi bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Putresin, kadaverin, spermidin, spermin, serotonin ve dopamin balık etinde en fazla miktarda bulunan amin olmuştur. Alabalık etinde histamin çok düşük düzeyde (< 0.27 mg/100 g) bulunmasına karşın, tiramin değeri depolama süresince 7.5 mg/100 g'ın altında kalmıştır. Balık etindeki en yüksek putresin değeri 136.38 mg/100 g olarak depolamanın 21. gününde kontrol grubunda gözlenmiştir. Nanoemülsiyonun balık etindeki biyojen amin birikimine etkisi, depolama günü ve biyojen amin türüne göre değişkenlik göstermesine karşın, depolama sonuna doğru nanoemülsiyon uygulanan gruplar genellikle daha düşük amin birikimine sahip olmuştur. Putresin, kadaverin, tiramin, dopamin ve serotonin birikimi kekik nanoemülsiyonu uygulanan grupta önemli düzeyde engellenirken, adaçayı nanoemülsiyonu içeren grup genellikle daha düşük agmatin içeriğine sahip olmuştur.

Araştırmada elde edilen mikrobiyolojik analiz sonuçları duyuşal değerlendirmedeki bulguları desteklemektedir. Mikrobiyolojik verilere dayanarak TAMB ve TAPB sayımlarında kontrol grubu depolamanın 14. gününde kekik biberiye defne ve adaçayı grupları depolamanın 17. günde mikrobial sınıra ulaşmıştır. Kontrol grubunun duyuşal olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde TAMB sayısı 7.39 log kob/g iken kekik biberiye defne ve adaçayı gruplarının ret edildiği depolamanın 17. gününde TAMB sayısı sırasıyla 7.23, 7.43, 7.69 ve 7.94 log kob/g olmuştur. TAMB ve TAPB sayımları sonucunda nanoemülsiyon

uygulamalarının kontrol gruplarına kıyasla mikroorganizma gelişimini geciktirdiği gözlenmiştir.

Toplam *Enterobacteriaceae* sayısı depolama süresince artış göstermiştir. Kekik biberiye defne ve adaçayı uygulamalarının *Enterobacteriaceae* gelişimini azalttığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik sonuçlara göre depolama süresi boyunca kekik grubunun yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Buzda depolanan alabalık filetolarında depolama süresi boyunca *E.coli*, *S. aureus*, *Salmonella*, *L. monocytogenes*'e rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, bitki esansiyel yağları kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların alabalık filetolarına uygulayarak, duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi incelenmiş ve analiz sonuçlarına göre raf ömrünün 3 gün arttırdığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik sonuçlar, duyuusal değerlendirmeler ve kimyasal analiz sonuçları paralellik göstermektedir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre kontrol grubu alabalık filetoları 14. gün nanoemülsiyon uygulaması yapılan alabalık filetoları ise 17. güne kadar iyi kalite özelliklerini koruyarak güvenilir bir şekilde tüketilebileceği ve depolanabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol grubuna göre muamele gruplarının daha düşük TAMB, TAPB ve toplam *Enterobacteriaceae* sayısının gözlenmesi nanoemülsiyon uygulamasının pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Endüstriyel açıdan incelendiğinde önemli bir gelişme olduğu bilinmekte ve ileriye yönelik olarak da ayrıntılı çalışmalar yapılması önerilmektedir. İleriye yönelik çalışmalarda çeşitli bitki esansiyel yağları farklı oranlarda kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların, çeşitli balık türleri veya balık ürünleri üzerine kalite etkileri araştırılabilir.

6. LİTERATÜR ÖZETİ

- Akgül, A. 1989. "Baharatların Antioksidan Özellikleri", Doğa-TR. J. of Agriculture and Forestry, 13, 11-24.
- Akgül, A., Ayar, A. 1993. "Yerli Baharatların Antioksidan Etkileri", Doğa-TR. J. of Agriculture and Forestry. 17: 1061-1068.
- Al-Adham, I., Khalil, E., Al-Hmoud, N. D., Kierans, M., Collier, P. J. 2000. "Microemulsions are membrane-active antimicrobial self-preserving systems", J Appl Microbiol, 89, 32-39.
- Alçıçek, Z. 2010. "The comparative investigate of using hot smoking and liquid smoking techniques of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during vacuum packed and chilled storage with different salting techniques", Ph. Doctorate thesis, Ankara, Turkey: Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Fisheries and Aquaculture.

- Antonocopoulos, N. 1973. "Bestimmung des flüchtigen Basenstickstoffs" In: Fische and Fischerzeugnisse (edited by W. Ludorf & V. Meyer). Pp. 224–225. Berlin und Hamburg: Aulage Verlag Paul Parey.
- AOAC. 1984. "Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists", Association of Official Analytical Chemists, 14th edn. Washington, DC: AOAC.
- AOAC. 1990. "Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists", Association of Official Analytical Chemists, 15th edn. Washington, DC: AOAC.
- AOAS. 1994. "Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, the American Oil Chemists' Society", Champaign, IL: AOAS.
- Arashisar, S., Hırsar, O., Kaya, M., Yanık., T. 2004. "Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets". International Journal of Food Microbiology, 97, 209–214.
- Augustin, M. A., Sanguansri, P. 2006. "Nanoscale materials development - a food industry perspective", Trends Food Sci Technol, 17, 547-556.
- Ayas, D. 2006. "Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın sıcak tütülenmesi sonrasındaki kimyasal kompozisyon oranlarındaki değişimleri", E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 23, 343-346.
- Bandoniene, D., Venskutonis, P. R. Gruzdiene, D., Murkovic, M. 2002. "Antioxidative activity of sage (*Salvina officinalis* L.) savory (*Satureja hortensis* L.) and borage (*Borage officinalis* L.) extracts in rapeseed oil", Eur. J. Lipid Sci. Technol, 104, 286-292.
- Baratta, M. T., Dorman, H. J. D., Deans, S. G., Biondi, D. M., Ruberto, G. 1998. "Chemical composition antimicrobial and antioxidative activity of laurel sage rosemary oregano and coriander essential oils", J Essent Oil Res, 10, 618-627.
- Baydar, H. 2005. "Tıbbi Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilim ve Teknolojisi", Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. SDÜ Basımevi, 51, 125.
- Bergmann, L. R., Bergmann, K. E., Haschke-Becher, E., Richter, R., Dudenhausen, J. W., Barclay, D., Haschke, F. 2007. "Does maternal docosahexaenoic acid supplementation with very-longchain n-3 fatty acids during pregnancy and lactation lower BMI in late infancy" J Perinat Med, 35, 295–300.
- Berik, N., Varlık, C. 1999. "Kültür gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetosunun sogukta depolanması", Turkish Journal of Veterinary Animal Science, 23, 285–290.

- Bligh, E. C., Dyer, W. J. 1959. "A rapid method of total lipid extraction and purification", *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 913–917.
- Bonilla, A. C., Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E. 2007. "Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study", *Food Control*, 18, 352–358.
- Botsoglou, N. A., Christaki, E., Fletouris, D. J., Florou-Paneri, P., Spais, A. B. 2003. "The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage", *Meat Sci*, 62, 259–265.
- BOUWMEESTER, H., Dekkers, S., Noordam, M. Y., Hagens, W. I., Bulder A. S., Heer, C. D., Ten Voorde, S. E. C. G., Wijnhoven, S. W. P., Marvin H. J. P., Sips A. J. A. M. 2009. "Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production", *Regul Toxicol Pharmacol*, 53, 52–62.
- Bozkurt, Y., Göker, Y. 1981. "Orman Ürünlerinden Faydalanma Ders Kitabı İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları", İ.Ü. Yayın No: 2840.
- Çaklı, Ş., Kılınc, B., Dincer, T., Tolasa, S. 2007. "Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice", *Food Control*, 18, 391–397.
- Ceylan, A. 1996. "Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri)", E.Ü.Z.F. Yayınları No:481 Bornova İzmir ISBN:975-483-362-1, S.225-240.
- Chau, C. F. 2007. "The development of regulations for food nanotechnology", *Trends Food Sci. Technol*, 18, 269–280.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L. 2008. "Applications and implications of nanotechnologies for the food sector", *Food Addit Contam*, 25, 241–58.
- Chen, H., Weiss, J., Shahidi, F. 2006. "Nanotechnology in Nutraceuticals And Functional Foods", *Food Tech*, 60, 30–36.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaıdis, I. N., Kontominas, M. G. 2004. "Microbiological chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout", *Food Microbiology*, 21, 157–165.
- COOPER, J. W., Gunn, C. 1950. "Tutorial Pharmacy. 4th Ed", Pitman Medical Publishing Company Ltd, 241-268.
- Çıracı, S., Özbay, E., Gülseren, O., Demir, H. V., Bayındır, M., Oral, A., Senger, T., Aydınlı, A., Dana, A. 2005. "Türkiye’de Nanoteknoloji". TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi Ağustos sayısı.
- Davarcı, D., Akdemir, S. 2013. "Personel Care Europe", April Issue.
- Decker, K. J. 2003. "Wonder waters fortified and flavoured waters", *Food Product Design*, 13, 57-74.

- Duncan, T. V. 2011. "Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials antimicrobials and sensors", *Journal of Colloid and Interface Science*, 363, 1–24.
- Dunstan, J. A., Mori, T. A., Barden, A., Beilin, L. J., Taylor, A. L., Holt, P. G., Prescott, S. L. 2003. "Fish oil supplementation in pregnancy modifies neonatal allergen-specific immune responses and clinical outcomes in infants at high risk of atopy: a randomized, controlled trial", *J Allergy Clin Immunol*, 112, 1178–84.
- Dursun, S., Erkan, N. 2009. "Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı", *Journal of Fisheries Science*, 3, 352-373.
- El Amin, A. 2005. "Nanotechnology targets new food packaging products". <http://www.foodproductdailyusa.com/news/ng.asp>
- Fallah, A. A., Saei-Dehkordi, S. S., Nematollahi, A. 2011. "Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 767–773.
- Fernandez, J., Perez-Alvarez, J. A., Fernandez-Lopez, J. A. 1997. "Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat", *Food Chemistry*, 59, 345–353.
- Fernandez-Lopez, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, I., Perez-Alvarez, A., Kuri, V. 2005. "Antioxidant and antibacterial activities of natural extract, application in beef meatballs", *Meat Sci*, 69, 371-380.
- Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., Isavvaidis, N. 2010. "Combined effects of salting oregano oil and vacuum-packaging on the shelflife of refrigerated trout fillets", *Food Microbiology*, 27, 115–121.
- Gachkar, L., Yadegari, D., Rezaei, M. B., Taghizadeh, M., Alipoor, A. S. Rasooli, I. 2007. "Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils", *Food Chem*, 102, 898-904.
- Gardner, E. 2003. "Brainy food academia, industry sink their teeth into edible nano". *Small Time Correspondent*. www.smalltimes.com. Accessed 22.02.2005.
- Gokoglu, N. 2002. "A Descriptive Method for Sensory Evaluation of Mussels", *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 35, 563–567.
- Goulas, A. E., Kontominas, M. G. 2007. "Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf life of sea bream (*Sparus aurata*)", *Food Chemistry*, 100, 287–296.
- Göker, Y., Acar, İ. 1983. "Orman Yan Ürünlerinden Akdeniz Defnesi (*Laurus nobilis* L.)" *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri:B Cilt:33 Sayı:1 İstanbul sayfa: 125*.

- Gram, L., Huss H. H. 1996. "Microbiological spoilage of fish and fish products", *Int. J. Food Microbiol*, 33, 121-137.
- Griffin, S., Wyllie, G. S., Markham, J. L., Leach, D. N. 1999. "The Role of Structure and Molecular Properties of Terpenoids in Determining their Antimicrobial Activity", *Flavour and Fragrance Journal*, 14, 322-332.
- Gülyavuz, H. Ünlüsayın, M. 1999. *Su ürünleri işleme teknolojisi*. Ankara, Şahin Matbaası.
- Hadders-Algra, M. 2008. "Prenatal long-chain polyunsaturated fatty acid status: the important of a balanced intake of docosahexaenoic acid and arachidonic acid", *J Perinat Med*, 36, 101–9.
- Halász, A., Barath, A., Simon-Sarkadi, L., Holzapfel, W. 1994. "Biogenic amines and their production by microorganisms in food", *Trends Food Sci. Tech*, 5, 42-48.
- Hamouda, T., Hayes, M. M., Chao, Z. H., Johnson, K., Wright, D. C., Brisker, J. 1999. "A Novel Surfactant Nanoemulsion With Broad-Spectrum Sporicidal Activity Against *Bacillus* Species", *J Infect Dis*, 180, 1939–49.
- Hart, K. J., Yanez-Ruiz, D. R., Duval. S. M., Mcewan. N. R., Newbold, C. J. 2008. "Plant extracts to manipulate rumen fermentation", *Anim. Feed Sci. Technol*, 147, 8-35.
- Hazen, C. 2003. "Formulating function into beverages", *Food Product Design*, 12, 36-70.
- Heldt, H. W. 2005. *Plant biochemistry. An update and translation of the German third edition*. Burlington, MA: Elsevier Academic Press. 630 p.
- Heller, L. 2006. "Flavor firm uses nanotechnology for newingredient solutions". <http://www.confectionerynews.com/news/ng.asp>.
- Hernández, M. D. López, M. B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García, B., Garrido, M. D. 2009. "Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage", *Food Chemistry*, 114, 237–245.
- HMSO, UK. 1994. "Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46) ", London: HMSO.
- Huss, H. H. 1988. "Fresh Fish: Quality and quality changes", *Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations*. p. 132.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K., Nakayama, T. 1996. "An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids", *Lipids*, 31, 535–539.
- ICMSF. 1986. "The International Commission on Microbiological Specifications for Foods of the International Union of Biological Societies", Blackwell Scientific Publications, 181–196.
- Innis, S. M. 2008. "Dietary omega-3 fatty acids and the developing brain", *Brain Res*, 1237, 35–3.

- Jia, Z., Yujun, W., Guangsheng, L. 2005. "Adsorption of diuretic furosemide onto chitosan nanoparticles prepared with a water-in-oil nanoemulsion system", *Science direct*, 65, 249–257.
- Joe, M. M., Chauhan, P. S., Bradeeba, K., Shagol, C., Sivakumaar, P. K. 2012. "Influence of sunflower oil based nanoemulsion (AUSN-4) on the shelf life and quality of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*) steaks stored at 20 °C", *Food Control*, 23, 564-570.
- Joseph, T., Morrison, M. 2006. "Nanotechnology in Agriculture and Food". Institute of Nanotechnology. www.nanoforum.org.
- Karahalil, B. 2013. "Gıda endüstrisinde nanoteknolojinin kullanılması ve güvenlik sorunu". *Gıda*, 38, 39-46.
- Kertzman, U., Priebbe, K., Rakovi, D., Reichsteir, K. 1969. "Seefisch als Lebensmittel", Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 368.
- Kolsarıcı, N., Özkaya, Ö. 1998. "Gökkusağı Alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin Raf Ömrü Üzerine Tütsüleme Yöntemleri ve Depolama Sıcaklığının Etkisi", *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 22, 273–284.
- Köse, S. Erdem, M. E. 2001. "Quality changes of whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, N. 1840) stored at ambient and refrigerated temperatures", *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1, 59–67.
- Krizek, M., Vacha, F., Vejsada, P., Pelikanova, T. 2011. "Formation of biogenic amines in fillets and minced flesh of three freshwater fish species stored at 3 °C and 15 °C", *Acta Vet. Brno*, 80, 365–372.
- Küçükylmaz, K., Çatlı, A. U., Çınar, M. 2012. "Etlik piliç yemlerine esansiyel yağ Karışımı ilavesinin büyüme performansı karkas randımanı ve bazı iç organ ağırlıkları üzerine etkileri", *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 18, 291-296.
- Lehane, L. Olley, J. 2000. "Histamine fish poisoning revisited", *International Journal of Food Microbiology*, 58, 1–37.
- Lindsay, R. C. 1991. "Flavour of fish", Paper presented at 8th World Congress of Food Science and Technology, 29th September–4th October, Toronto, Canada.
- Lovelyn, C. Attama A. A. 2011. "Current State of Nanoemulsions in Drug Delivery", *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2, 626-639.
- Makrides, M., Gibson, R. A., McPhee, A. J., Yelland, L., Quinlivan, J., Ryan, P. 2010. "Effect of DHA supplementation during pregnancy on maternal depression and neurodevelopment of young children: a randomized controlled trial", *J Am Med Assoc*, 304, 1675–83.

- MARTIN, A. 1993. "Colloids. In: Physical Pharmacy", Physical and Chemical Properties in Pharmaceutical Sciences (Martin, A. Ed.) 4th ed., Lea and Febiger, Philadelphia, P. A., 393-422, 453-476.
- Mason, T. G. Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., Graves, S. M. 2006. "Nanoemulsions: formation structure and physical properties", J Phys.: Condens. Matter, 18, 635– 666.
- Moghtader, M., Afzali, D. 2009. "Study of the antimicrobial properties of the essential oil of rosemary", American-Eurasian J Agric. & Environ. Sci, 5, 393-397
- Moreira, A. B., Visentanier, J. V., de Souza, N. E., Matsushita, M. 2001. "Fatty acid profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon fresh water fishes", J Food Comp Anal, 14, 565–574.
- Nakajima, M. 2005. "Development of nanotechnology and materials for innovative utilization of biological functions". Proceedings of the 34th United States and Japan Natural Resources (UJNR) Food and Agriculture Panel Susono Japan.
- Nishimoto, J., Suwetja, I. K., Miki, H. 1985. "Estimation of keeping freshness period and practical storage life of mackerel muscle during storage at low temperatures". Memoirs of the Faculty of Fisheries Kagoshima University, 34, 89–96.
- Olafsdottir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschlager, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henehan G., Nielsen, J., Nilsen, H. 1997. "Methods to evaluate fish freshness in research and industry", Trends Food Sci. Tech., 8, 258-266.
- Ozogul, F., Kuley, E., Kenar M. 2011. "Effects of rosemary and sage tea extract on biogenic amines formation of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets", International Journal of Food Science and Technology, 46, 761–766.
- Ozogul, F., Kus B., Kuley, E. 2013a. "The impact of strawflower and mistletoe extract on quality properties of rainbow trout fillets", International Journal of Food Science and Technology, 48, 2228–2238.
- Ozogul, F., Yavuzer, E., Ozogul, Y., Kuley E., 2013b. "Comparative Quality Loss in Wild and Cultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during Chilling Storage", Food Science and Technology Research, [19](#), 445-454.
- Önenç, S. S., Açıkgöz, Z. 2005. "Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri". Hayvansal Üretim, 46, 50-55.
- Özoğul, F., Taylor, K. D. A., Quantick, P., Özoğul, Y. 2002. "Biogenic amines formation in Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored under modified atmosphere packaging using a rapid HPLC method", Int. J. Food Sci. Technol, 37, 515-528.
- Pandit, V., Shelef, L. 1994. "Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to rosemary(*Rosmarinus officinalis* L.)", Food Microbiol, 11, 57-63.

- Perez-Mateos, M., Lanier, T. C. , Boyd, L. C. 2006. "Effects of rosemary and green tea extracts on frozen surimi gels fortified with omega-3 fatty acids", *Journal Science Food Agriculture*, 86, 558–567.
- Rezaei, M., Hosseini, S. F. 2008. "Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage", *Journal of Food Science*, 73, 93-96.
- Rezaei, M., Montazeri, N., Langrudi, H. E., Mokhayer, B., Parviz, M., Nazarinia, A. 2007. "The biogenicamines and bacterial changes of farmed rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*) stored in ice", *Food Chem*, 103, 1150-154.
- Rice-Avans, C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M., Pridham, J. B. 1995. "The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenol flavonoids", *Free Radical Research*, 22, 375-383.
- Richard, N. L., Pivarnik, L. F., Ellis, P. C., Lee, C. M. 2011. "Impact of quality parameters on the recovery of putrescine and cadaverine in fish using methanol-hydrochloric acid solvent extraction", *Journal of AOAC International*, 94, 1177–1188
- Roco, M. 2007. "National Nanotechnology Initiative- Past Present Future", In: *Handbook of Nanoscience Engineering and Technology* Goddard III WA Brenner DW Lyshevski SE Iafrate GJ. Taylor &Francis USA, 3.1-3.21.
- Ruiz-Capillas, C., Moral, A. 2001. "Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice", *Food Research International*, 34, 441–447.
- Salam, K. I. 2007. "Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon", *Food Control*, 18, 566–575.
- Sanguansri, P., Augustin, M. A. 2006. "Nanoscale materials development a food industry perspective", *Trends in Food Science & Technology*, 17, 547–556.
- Sarkardei, S. S., Howell, N. K. 2008. "Effect of natural antioxidants on stored freeze-dried foodproduct formulated using horse mackerel (*Trachurus trachurus*)", *International Journal of Food Science and Technology*.
- Shah, P., Bhalodia, D., Shelat, P. 2010. "Nanoemulsion: A Pharmaceutical Review". *Systematic Reviews in Pharmacy*, 1, 24-32.
- Shalaby, A. R., 1996. "Significance of biogenic amines to food safety and human health", *Food Res. Int*, 29, 675-690.
- Sherwin, E. R. 1990. "Food Additives", Marcel Dekker, New York, 139–193.
- Singh, G., Marimuthu, P., Murali, H. S., Bawa, A. S. 2005. "Antioxidative and antibacterial potentials of essential oils and extracts isolated from various spice materials", *Journal of Food Safety*, 25, 130–145.
- Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., Rege, D. V. 2001. "University of Mumbai Handbook of Herbs and Spices", Woodhead Publishing Limited, 22-34.

- Staruszkiewicz, W. F., Barnett, J. D., Rogers, P. L., Benner, R. A. J., Wong, L. L., Cook, J. 2004. "Effects of on-board and dockside handling on the formation of biogenic amines in mahimahi (*Coryphaena hippurus*), skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)", Journal of Food Protection, 67, 134–141
- Suja, K. P., Jayalekshmy, A., Arumughan, C. 2004. "Free Radical Scavenging Behavior of Antioxidant Compounds of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in DPPH System", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 912– 915.
- Sürengil, G., Kılınç, B. 2011. "Gıda-ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi", Journal of Fisheries Sciences, 5, 317-325.
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., Solans, C. 2004. "Formation and stability of nano-emulsions", Advances in Colloid and Interface Science, 108–109, 303–318.
- Tarhan, Ö., Gökmen, V., Harsal, Ş. 2010. "Nanoteknolojinin Gıda Bilim ve Teknolojisi Alanındaki Uygulamaları", Gıda 35, 219-225.
- Tarladgis, B., Watts, B. M., Yonathan, M. 1960. "Distillation method for determination of malonaldehyde in rancid food", Journal of American Oil Chemistry Society, 37, 44–48.
- Taylor, S. L., 1986. "Histamine food poisoning", Toxicology and clinical aspects, 17, 2, 91-128.
- Tekinşen, C. 2000. "The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage", Meat Science, 65, 1193-1200.
- Torre, J., Lorenzo, M. P., Martinez-Alcazar, M. P., Barbaras, C. 2001. "Simple High Performance Liquid Chromatography Method for α -tocopherol Content". Journal of Chromatography, 919, 305-311.
- Van Nieuwenhuyzen, W., Szuhaj, B.F. 1998. "Effects of lecithins and proteins on the stability of emulsions", Übersichtsbeiträge/Reviews.
- Varlık, C., Erkan, N., Metin, S., Baygar, T., Özden, Ö. 2000. "Determination of the shelf-life of marinated fish balls", Turk. J. Vet. Anim. Sci, 24, 593–597.
- Varlık, C., Heperkan, D. 1990. "Hamsinin Buzda Muhafazası", İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 4, 53-58.
- Varlık, C., Ugur, M., Gökoglu, N. and Gün, H. 1993. "Principles and Methods of Quality Control in Seafood ", Food Technology Association, Istanbul, Turkey.
- Wanasundara, U. N., Shahidi, F. 1998. "Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils", Food Chemistry, 63, 335-342.
- Yanishlieva, N. V., Marinova, E., Pokorny, J. 2006. "Natural antioxidants from herbs and spices". Eur J Lipid Sci Technol, 108, 776-793.
- Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M. 2001. "Stabilisation of edible oils with natural antioxidants", Eur. Journal Lipid Science Technol, 103, 752-767.

- Yavuzer, E. 2011. “Doğal ve ticari yemle beslenen gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) buzda depolanma süresince kimyasal duyuşal ve mikrobiyolojik değişimler”. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi Adana.
- Yazgan, H. 2013. Effects of nanoemulsion based on sunflower oil on sensory, chemical and microbiological Quality of sea bass (*Dicentrarchus Labrax*) and sea bream (*Sparus Aurata*) stored at chilled temperature (2 ± 2 °C) PhD Thesis, Department of Fisheries and Processing Technology, Institute of Natural and Applied Science, Cukurova University, pp. 100
- Yılmaz, M. 2004. “Gökkuşığı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetosunda *Listeria monocytogenes*’in gelişimi üzerine vakum ve modifiye atmosferde ambalajlamanın etkisi”. Doktora tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Erzurum.
- Yingming, P., Ying, L., Hengshan, W., Min, L. 2004. “Antioxidant Activities of Several Chinese Medicine Herbs”, Food Chemistry, 88, 347- 350.
- Yu, L., Scanlin, L., Wilson, J., Schmidt, G. 2002. “Rosemary extract as inhibitors of lipid oxidation and color change in cooked turkey products during refrigerated storage”, Journal of Food Science, 67, 2.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. YEŞİM ÖZOĞUL
Proje No:	213O283
Proje Başlığı:	Bitki Esansiyel Yağları Kullanılarak Hazırlanan Nanoemülsiyonların Buzda Depolanan Alabalık Filetosu Üzerine Antioksidan Ve Antimikrobiyal Etkileri
Proje Türü:	1002 - Hızlı Destek
Proje Süresi:	12
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇUKUROVA Ü. SU ÜRÜNLERİ F. SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKN. B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/02/2014 - 01/02/2015
Onaylanan Bütçe:	29000.0
Harcanan Bütçe:	29000.0
Öz:	<p>Gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması konusunda nanoteknoloji uygulamaları hızla gelişmektedir. Gıda makromoleküllerinden (protein, karbonhidrat ve yağ) oluşturulan nanoemülsiyonlar, biyopolimerik nanoparçacıklar, nanokompozitler, nanofiberler, nanotüpler ve nanosensörler çeşitli amaçlarla gıda uygulamalarında kullanılabilme özelliğine sahiptirler. Nanoemülsiyonlar içerdikleri nanodamlacıklar vasıtasıyla, fonksiyonel ve biyoaktif ürünlerin en-kapsülasyonu ve taşınmasının sağlanması amacıyla geliştirilen en önemli iletim sistemlerinden birisidir.</p> <p>Bitki esansiyel yağları (kekik, biberiye, defne ve adaçayı) kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların alabalık filetosu üzerine antioksidan ve antimikrobiyal etkileri araştırılmıştır. Hazırlanan nanoemülsiyonların fiziksel özellikleride (yoğunluk, reaktif indeks ölçümü, damlacık büyüklüğü ölçümü, termodinamik stabilite ve yüzey gerilimi) belirlenmiştir. Depolama süresince düzenli aralıklarla (her 2-3 günde bir) duyusal (çiğ ve pişmiş), kimyasal (TBA (tiobarbitürik asit), pH, TVB-N (toplam ucucu bazik azot), PV (peroksit değeri), serbest yağ asitleri (FFA), yağ asitleri ve biyojenik amin analizleri) ve mikrobiyolojik analizler (ham maddede toplam Enterobacteriaceae sayımı, Salmonella spp., E.coli, Listeria ve Staphylococcus aureus ve soğukta depolanan örneklerde ise depolama boyunca toplam psikrofil (TAPB) ve mezofil aerob mikroorganizma (TAMB) sayımı) yapılmıştır.</p> <p>Duyusal analiz sonucuna göre, kontrol grubu alabalık filetosu raf ömrü 14 gün iken, nanoemülsiyon gruplarında 17 gün olduğu belirtilmiştir. Duyusal analizlerde nanoemülsiyon gruplarının balık kokusunu baskılandığı gözlenmiştir. Depolama boyunca kontrol grubunun TVB-N değeri muamele gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Muamele gruplarından en düşük TVB-N değerine kekik grubunun sahip olduğu ve depolama süresi sonunda kekik grubunun 35.26 mg/100g TVB-N değerine ulaşmıştır. En yüksek TBA değeri (2.26 mg MA/kg) kontrol grubunda 17. günde elde edilmiştir. Nanoemülsiyon uygulanan alabalık filetoları PV ve FFA değerleri bakımından, kontrol grubuyla kıyaslandığında daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Bitki esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriği kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerden TAMB, TAPB ve toplam Enterobacteriaceae değerlerinin nanoemülsiyon uygulamalarında kontrol grubuna göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. E.coli, Staphylococcus aureus, Salmonella spp., Listeria monocytogenes rastlanmadığı gözlenmiştir. Çalışma sonunda bitki esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonların buzda depolanan alabalık filetolarının raf ömrünü arttırdığı (3 gün) ve kalitesini koruduğu bulunmuştur.</p>
Anahtar Kelimeler:	nanoemulsiyon, bitki esansiyel yağları, antioksidan, kalite, antimikrobiyal
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır