



BİTKİSEL YAĞLAR KULLANILARAK OLUŞTURULAN NANOEMÜLSİYONLARIN SOĞUKTA (2 ± 2 °C) VE VAKUM PAKETLENEREK DEPOLANAN LEVREK (*Dicentrarchus labrax*) FİLETOLARININ DUYUSAL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Program Kodu: 1001

Proje No: 113O379

Proje Yürütücüsü:

Prof.Dr. Yeşim ÖZOĞUL

Bursiyerler:

Mustafa Durmuş

Esra Balıkçı

Saadet Gökdoğan

İlknur Yuvka

Temmuz 2015

ADANA

ÖNSÖZ

Gıda endüstrisinde, çeşitli muhafaza tekniklerinin kullanımına rağmen mikroorganizmaların etkisiyle gıdalarda mikrobiyolojik bozulmalar ve gıda zehirlenmeleri oluşabilmektedir. Bu durum gıda endüstrisi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Doğal antioksidanlar ve antimikrobialer gibi sentetik veya sentetik olmayan maddeler, bu istenmeyen mikroorganizmaların oluşmasını önlemek veya kontrol altında tutmak için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sentetik koruyucuların gıda ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve antibiyotiğe dirençli suşları geliştirmesi bakımından doğal katkı maddelerin kullanımına yönelik çalışmalarda artışlar olup araştırmacıları yeni arayışlara yönlendirmektedir. Nanoteknoloji 100nm den daha küçük biyolojik ve biyolojik olmayan yapıların karakterizasyonu, yapımı ve işlenmesi üzerinde yoğunlaşmış bir teknolojidir. Nanoparçacıklar gıda maddesinde, lezzet ve renk değişimine yol açmadan antimikrobiyal özellikleri sayesinde raf ömrünün uzatılmasında büyük öneme sahiptir. Nanoteknolojinin gıda endüstrisindeki uygulama alanı, gıdanın besin öğelerince zenginleştirilmesi ve böylece yeni ürün geliştirilmesi yönünde katkı sağlaması şeklinde ifade edilebilir. Gıda endüstrisinin nanoteknolojiden faydalanma potansiyeli yüksek olmasına rağmen hala çok sınırlı ölçülerdedir. Ancak son yıllarda dünya gıda sanayisi bu teknolojiden faydalanma yollarının arayışı içerisine girmiş ve nanoteknolojiye dayalı teknikler gıda güvenliği ile ilişkili sorunlara çözüm sunmak için gıda endüstrisine tanıtılmıştır.

Gıda ürünlerinde nanoemülsiyonların koruyucu madde olarak kullanımının uygun olduğunu belirtilmiştir (Adham vd., 2000). Ancak nanoemülsiyonlar ile ilgili çok az sayıda araştırma yapılmış olup, nanoemülsiyonun özellikle su ürünleri kalitesi üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Yapılan bu projeye, ticari olarak kullanılan bitki yağları (ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır, kanola, fındık ve soya yağı) kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların birinci aşama soğukta (2 ± 2 °C) ve ikinci aşama vakum paketlenerek soğukta depolanan levrek filetosu kalitesine kimyasal, duyu ve mikrobiyolojik etkileri araştırılmıştır. TÜBİTAK tarafından desteklenen bu projede, elde edilen sonuçların su ürünleri işleme sektöründe kullanılmak üzere güzel sonuçlar elde edilmiş olup ileriye yönelik araştırmalara öncülük edebilecek önemli bilgiler elde edilmiştir.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	5
3.1. Ön Deneme.....	5
3.2. Nanoemülsiyonun Hazırlanması	5
3.3. Hazırlanan Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri.....	5
3.4. Balık Etinin Hazırlanması.....	6
3.5. Balıklara Nanoemülsiyon Uygulaması ve Depolama Koşulları.....	6
3.6. Depolama Boyunca Yapılan Analizler.....	7
3.6.1. Duyusal Analizler.....	7
3.6.1.1. Çiğ Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi.....	7
3.6.1.2. Pişmiş Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi.....	9
3.6.2. Kimyasal Analizler	10
3.6.2.1. Toplam Ham Protein Analizi.....	10
3.6.2.2. Lipit Analizi.....	10
3.6.2.3. Nem Analizi.....	11
3.6.2.4. Ham Kül Analizi	11
3.6.2.5. Yağ Asitleri Tayini	11
3.6.2.6. Gaz Kromatografisi Şartları	11
3.6.2.7. Toplam Uçucu Bazik Nitrojen (TVB-N) Analizi.....	12
3.6.2.8. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Analizi	12
3.6.2.9. Peroksit Analizi (PV).....	12
3.6.2.10. Serbest Yağ Asitleri (FFA) Analizi	13
3.6.2.11. pH Analizi.....	13
3.6.2.12. Su Tutma Kapasitesi.....	13
3.6.2.13. Biyojenik Amin Analizi	14
3.6.3. Mikrobiyolojik Analizler	14
3.6.3.1. Toplam Psikrofil ve Mezofil Aerob Mikroorganizma Sayımı.....	14
3.6.3.2. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayımı.....	14
3.6.3.3. <i>E.coli</i> Aranması	14

3.6.3.4. <i>Staphylococcus aureus</i> Aranması	15
3.6.3.5. <i>Salmonella</i> Aranması	15
3.6.3.6. <i>Listeria monocytogenes</i> Aranması.....	15
3.6.3.7. Depolama boyunca vakum paketlenmiş örneklerde yapılacak analizler.	15
3.7. İstatistik Analizleri.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	16
4.1. Projenin 1. Aşaması	16
4.1.1. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri.....	16
4.1.2. Besin Madde Bileşenleri.....	17
4.1.3. Depolama Boyunca Yağ Asitlerindeki Değişimler.....	17
4.1.4. Duyusal Değerlendirme	25
4.1.4.1. Çiğ Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi	25
4.1.4.2. Pişmiş Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi	26
4.1.5. Kimyasal Değerlendirme	28
4.1.5.1. Toplam Uçucu Bazik Nitrojen (TVB-N)	28
4.1.5.2. Peroksit Değeri (PV).....	29
4.1.5.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA).....	31
4.1.5.4. Serbest Yağ Asiti (FFA).....	33
4.1.5.5. pH	34
4.1.5.6. Su Tutma Kapasitesi	36
4.1.5.7. Biyojenik Aminler	37
4.1.6. Mikrobiyolojik Değerlendirme.....	42
4.1.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB).....	42
4.1.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayısı (TAPB)	43
4.1.6.3. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı.....	44
4.1.6.4. <i>E.coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> Sayısı.....	45
4.2. Projenin 2. Aşaması.....	45
4.2.1. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri.....	45
4.2.2. Besin Madde Bileşenleri.....	46
4.2.3. Depolama Boyunca Yağ Asitlerindeki Değişimler.....	47
4.2.4. Duyusal Değerlendirme	55
4.2.4.1. Çiğ Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi	55
4.2.4.2. Pişmiş Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi	56
4.2.5. Kimyasal Değerlendirme	59
4.2.5.1. Toplam Uçucu Bazik Nitrojen (TVB-N)	59
4.2.5.2. Peroksit Değeri (PV).....	61

4.2.5.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA).....	63
4.2.5.4. Serbest Yağ Asiti (FFA).....	65
4.2.5.5. pH	67
4.2.5.6. Su Tutma Kapasitesi	69
4.2.5.7. Biyojenik Aminler.....	69
4.2.6. Mikrobiyolojik Değerlendirme.....	75
4.2.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB).....	75
4.2.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayısı (TAPB)	76
4.2.6.3. Toplam <i>Enterobacteriaceae</i> Sayısı.....	78
4.2.6.4. <i>E.coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> Sayısı	79
4.2.7. Bakteriyel Üyelerin Tanımlanması.....	79
4.2.8. Nanoemülsiyonların Antibakteriyel Aktivitesi.....	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
6. PROJE ÇIKTILARI.....	88
7. LİTERATÜR ÖZETİ.....	89

Tablo 1. Modifiye edilmiş kalite indeks metodu	8
Tablo 2. Torry şeması	9
Tablo 3. Su-içinde-yağ emülsiyonun özellikleri.....	16
Tablo 4. Levrek filetolarının besin madde bileşenleri (%).....	17
Tablo 5. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam doymuş yağ asitlerindeki (SFA) değişimler.....	19
Tablo 6. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam tekli doymamış yağ asitlerindeki değişimler.....	21
Tablo 7. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam çoklu doymamış yağ asitlerindeki değişimler.....	24
Tablo 8. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) TVB-N değerindeki (mg/ 100g) değişimler.....	29
Tablo 9. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) peroksit değerindeki (PV) değişimler.....	31
Tablo 10. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) TBA değerlerindeki değişimler.....	32
Tablo 11. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) serbest yağ asitlerindeki (FFA) değişimler.....	34
Tablo 12. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) pH değerindeki değişimler.....	35
Tablo 13. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) su tutma kapasitesindeki değişimler.....	36
Tablo 14. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) biyojenik amin miktarındaki değişimler.....	40
Tablo 15. Su-içinde-yağ emülsiyonun özellikleri.....	46
Tablo 16. Levrek filetolarının besin madde bileşenleri (%).....	46
Tablo 17. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam doymuş yağ asitlerindeki (SFA) değişimi.....	49
Tablo 18. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam tekli doymamış yağ asitlerindeki (MUFA) değişimi.....	51
Tablo 19. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam çoklu doymamış yağ asitlerindeki (PUFA) değişimi.....	54

Tablo 20. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince TVB-N değerindeki (mg/ 100g) değişimler.....	60
Tablo 21. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince peroksit değeri (PV) değerindeki (mg/ 100g) değişimler...	63
Tablo 22. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince tiyobarbitürik asit (TBA) değerindeki (mg MA/ 100g) değişimler.....	65
Tablo 23. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince serbest yağ asitleri (FFA) değerindeki değişimler.....	66
Tablo 24. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince pH değerindeki değişimler.....	68
Tablo 25. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince su tutma kapasitesindeki değişimler.....	69
Tablo 26. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince biyojenik amin miktarındaki değişimler.....	73
Tablo 27. Levrekten izole edilen ve API test kiti ile tanımlanan bakteri üyeleri.....	80
Tablo 28. Levrekten izole edilen ve API test kiti ile tanımlanan bakteri üyeleri.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1. Nanoemülsiyon uygulanan çiğ levrek filetolarının duyuşal değişimleri.....	25
Şekil 2. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının koku skorundaki değişimler.....	26
Şekil 3. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının tat skorundaki değişimler.....	27
Şekil 4. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının tekstür skorundaki değişimler.....	27
Şekil 5. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı.....	42
Şekil 6. Nano emülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam aerobik psikrofil bakteri sayısı.....	43
Şekil 7. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam Enterobacteriaceae sayısı.....	44
Şekil 8. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen çiğ levrek filetolarının duyuşal değişimleri.....	56
Şekil 9. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının koku skorundaki değişimler.....	57
Şekil 10. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının tat skorundaki değişimler.....	58
Şekil 11. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının tekstür skorundaki değişimler.....	59
Şekil 12. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenmiş levrek filetolarının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı.....	76
Şekil 13. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenmiş levrek filetolarının toplam aerobik psikrofil bakteri sayısı.....	77
Şekil 14. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenmiş levrek filetolarının toplam <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı.....	79

ÖZET

Bitkisel yağlar (zeytin yağı, soya, mısır, kanola, fındık ve ayçiçek yağı) kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonların soğukta (2 ± 2 °C) ve vakum paketlenerek depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) filetolarının duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Birinci aşamada, muamele edilen balık filetoları 2 ± 2 °C'de buzdolabında depolanmıştır. İkinci aşamada ise muamele edilen balık filetoları vakum paketlenerek 2 ± 2 °C'de depolanmıştır. Depolama süresince düzenli aralıklarla (her 2 günde bir) duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılarak kalite parametreleri belirlenmiştir. Kimyasal kalitenin belirlenmesi için TBA (tiobarbitürik asit), pH, TVB-N (toplam ucucu bazik azot), TMA (trimetil amin), PV (peroksit değeri), serbest yağ asitleri (FFA), biyojenik amin analizleri yapılmıştır. Mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesi için ham maddede ve soğukta depolanan örneklerde, toplam koliform sayımı, *Salmonella* spp., *E.coli*, *Listeria* ve *Staphylococcus aureus* analizleri, toplam psikrofil (TAPS) ve mezofil aerob mikroorganizma sayımı (TAMB), vakum paketlenmiş örneklerde ise toplam anaerobik bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı yapılmıştır. Ayrıca APİ test kitleri kullanılarak balık filetosunun depolanma süresince mevcut balık bozucu bakterilerin izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Nanoemülsiyonların *in vitro* koşullarda balık bozucu bakteriler üzerindeki antibakteriyel etkileri disk difüzyon yöntemine göre belirlenmiştir.

Duyuusal analizlerde nanoemülsiyonların balık kokusunu baskılandığı gözlenmiştir. Birinci aşamada kontrol grubunun raf ömrü 8 gün nanoemülsiyon gruplarında 10 gün olduğu belirtilmiştir. İkinci aşamanın duyuusal analizlerde levrek filetolarının raf ömrü kontrol grubu için 12 gün, ayçiçek ve zeytin muamele grupları için 14 gün, diğer muamele grupları için ise 16 gün olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca kontrol grubunun TVB-N değeri muamele gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Her iki aşamada, tüm örnekler için çok düşük TBA değeri gözlenmiştir (birinci aşama için <0.75 mg MA kg⁻¹, ikinci aşama için <1.30 mg MA/kg). Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının PV ve FFA değerleri bakımından, kontrol grubuyla kıyaslandığında daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriğinin özellikle EPA ve DHA'nın kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerden TAMB, TAPB ve toplam *Enterobacteriaceae* değerlerinin nanoemülsiyon uygulamalarında kontrol grubuna göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Bozulmuş levrek kasından 48 bakteri izolasyonu gerçekleşmiş olup, API testi sonucunda toplamda 42 izolat ön tanımlanmış, 6 izolat tanımlanamamıştır. Levrek kasından 11 tür tespit edilmiş, *Sphingomonas paucimobilis* (%26.19) ve *Stenotrophomonas maltophilia* (%23.80) baskın tür olarak belirlenmiştir. Nanoemülsiyonların antibakteriyel etkisi bakteri türlerine göre değişkenlik göstermesine karşın, 0.78-50 ml/ml MİK değeri ile soya, mısır ve zeytin genellikle en yüksek antibakteriyel etkiye sahip nanoemülsiyon grupları olmuştur. *Ochrobactrum anthropi* nanoemülsiyona karşı en hassas bakteri olmuştur. Projenin her iki aşaması sonucundan elde edilen verilere göre, nanoemülsiyonlar levrek filetolarının raf ömrünü arttırmış ve kalitesini korumuştur.

Anahtar Kelimeler: nanoemülsiyon, bitkisel yağlar, soğukta depolama, vakum paketlenme, kalite parametreleri, levrek

ABSTRACT

The effects of nanoemulsion prepared with plant oils (sunflower, olive, corn, canola, hazelnut and soybean) on the sensory, chemical and microbiological quality parameters of chilled (2 ± 2 °C) and vacuum packed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets were investigated. First stage of project consists of the treatment of fish with nanoemulsions and the storage of samples at 2 ± 2 °C. Second stage of project includes the storage of vacuum packed samples at 2 ± 2 °C. At regular intervals (every two days), sensory, chemical and microbiological analyses were carried out to determine quality parameters. TBA (thiobarbituric acid), pH, TVB-N (total volatile basic nitrogen), PV (peroxide value), FFA (free fatty acids), WHC (water holding capacity), and biogenic amines as chemical quality parameters were determined. For determination of microbiological quality of raw sea bass and all samples, total *Enterobacteriaceae* count, *Salmonella* spp., *E. coli*, *Listeria* and *Staphylococcus aureus* analysis, total mesophilic aerobic bacteria counts and total psychophilic aerobic bacteria counts were determined during storage. Lactic acid bacteria count and total anaerobic count were determined in vacuum packed sample. API test kits were used for the isolation and identification of spoilage bacteria present in fish. The antimicrobial effects of nanoemulsions *in vitro* were determined by disc diffusion method.

According to results of sensory analyses, nanoemulsion suppresses fishy odour. At the end of first stage of project, shelf life of the control was 8 days whereas shelf life of treated groups was 10 days. At the end of second stage of the project, sensory analyses showed that shelf life of the control was 12 days, sunflower and olive oil groups were 14 days and the rest of treated groups were 16 days. TVB-N values in the control were found to be higher than the treated groups during storage period. For both stages of the project, TBA values of all samples were low (<0.75 mg MA kg⁻¹ for first trial, <1.30 mg MA/kg for second trial). PV and FFA values of treated groups were lower compared to those of the control. PUFA contents, especially EPA and DHA of treated groups were higher than those of the control, indicating that nanoemulsion inhibited oxidation. According to the microbiological analyses, mesophilic aerobic bacteria, total psychophilic bacteria, and total *Enterobacteriaceae* counts were lower in the treated groups than those for the control. 48 bacteria were isolated from spoiled sea bass fillets and totally 42 bacteria were identified by API test strip and 6 were not identified. Among 42 bacteria, 11 species of bacteria were found and *Sphingomonas paucimobilis* (26.19%) and *Stenotrophomonas maltophilia* (23.80%) were predominant. The effects of nanoemulsions varied according to bacteria species. However, soybean, corn and olive oil groups had the highest antimicrobial activity with MIC value of 0.78-50 ml/ml. *Ochrobactrum anthropi* was the most sensitive bacteria to nanoemulsions. The results obtained from two stages of project showed that nanoemulsion extended the shelf life of sea bass fillets and maintained the quality.

Keywords: nanoemulsion, plant oils, chill storage, vacuum packing, quality parameter, sea bass

1.GİRİŞ

Nanoteknoloji, 100 nm'den daha küçük biyolojik ve biyolojik olmayan yapıların karakterizasyonu, görüntüsünün alınması, modellenmesi, kontrol edilmesi, yapımı, işlenmesi ve değiştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. 'Nano' kelime olarak, bir fiziksel büyüklüğün milyarda biri anlamına gelmektedir. Nanometre ise bir metrenin milyarda birine eşit uzunluk birimidir. Bir nanometre içine yan yana ancak 2 ila 3 atom dizilebilmektedir. Nano ölçeklerde bir nesneyi, yaklaşık 100 ila 1000 atom bir araya gelerek oluşturur (Çıracı vd. 2005).

Günümüzde nanoteknolojiye olan ilgini artmasının 3 temel nedeni vardır;

- Nanoteknolojik araştırmaların, maddenin temel bilgisindeki eksiklikleri tamamlaması,
- Nanoteknolojinin yeni uygulamalar vaat etmesi,
- Endüstriyel prototiplendirmenin ticari boyut kazanmasıdır.

Nanoparçacıklar arasında, nanoemülsiyonlar birbiri içerisinde çözünmeyen en az iki sıvının, birbirleri içerisinde damlacıklar halinde dağıldığı şeffaf veya yarı saydam görünen heterojen emülsiyonlardır. Bir sıvı (dağılan faz) diğer sıvı (dağınilan faz) içinde dağılmış durumdadır. Nanoemülsiyonların iç faz damlacık boyutları 20 ila 600 nm arasında bir dağılım göstermektedir (Tadros vd. 2004; Fernandez vd. 2004; Jia vd. 2005). Damlacık büyüklüğünün verildiği çalışmalar incelendiğinde nanoemülsiyon olarak isimlendirilen sistemler için, genel olarak kabul edilen belli bir sınır olmadığı görülmektedir. Nanoemülsiyonlar su/yağ ve yağ/su tiplerinde olabilir (Solans 2005). Yüksek kinetik stabilite gösterirler (Kim vd. 2004; Bouchemal vd. 2004; Uson vd. 2004). Nanoemülsiyonun hazırlanması için en az üç bileşene; yağ fazına, su fazına ve surfaktana gereksinim olmakla birlikte mekanik aletlerin kullanımı da gerekmektedir (Solans 2005). Yağ fazı ; katı ve sıvı yağlar, mumlar, yağ alkol ve asitleri ile bunların esterlerini, hidrokarbonları, gliseritleri ve silikonları içeren türevler, yağ fazı olarak kullanılmaktadır (McClemments vd. 2006). Su fazı; su ve su ile karışabilen hidrofilik özellikteki maddelerden oluşmaktadır (McClemments vd. 2006). Emülsiyonlarda iki sıvı fazın molekülleri arasındaki çekme etkileşimlerinin farklılıklarına bağlı olarak, iki sıvının bağlı olduğu her yerde yüzey gerilimi bulunmaktadır. Ara yüzey gerilimi, amfifilik veya surfaktantlar kullanılarak önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Mason vd. 2006).

Su ürünleri çabuk bozulabilen gıdalardır. Bozulma öncelikle kaslardaki enzimler ve sonra mikrobiyal enzimlerle gerçekleşir. Bu bozulma sentetik koruyucularla kontrol altına alınabilmesine rağmen (Mahmoud vd. 2006), sentetik koruyucuların sağlık üzerine olumsuz etkilerinden dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir (Tasou vd. 1995). Son yıllarda nanoteknolojinin gıdalarda kullanılması araştırmacılar ve üretici firmalar tarafından ilgi odağı olmuştur. Nanopartiküller gıdalarda renk ve aroma kaybı olmadan gıda maddelerini koruyucu özelliğe sahiptir. Aynı zamanda depolama, patojen bakteri tespitinde, paketlenme gibi çeşitli işlemlerde de kullanılır (Chaudhry vd. 2008). Üstelik bu bileşimler hafif ve biyolojik açıdan

güvenilir olup dokuda bulunan ökoryotik hücreleri etkilemez (Chepurnov vd. 2003). Nanoemülsiyonlar antimikrobiyal koruyucu olarak bilinir. Bunun nedeni, suyu yapısına bağlaması ve böylece mikroorganizmaların suya ulaşımını sınırlamasıdır (Al-Adham vd. 2000). Yapılan bir çok araştırmada nanoemülsiyonların, bakteri (Bortoleto vd. 1998; Jones vd. 1997), mantar (Myc vd. 2001; Zhang vd. 2008), ve virüs (Donovan vd. 2000) üzerine olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Al-Adham vd. (2000) nanoemülsiyonların içecek ve su ürünlerinde koruyucu olarak kullanılmasının mümkün olduğunu rapor etmiştir. Ancak bildiğimiz kadarıyla balık etlerinin raf ömrünün artırılması yönünde bugüne kadar bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bundan yola çıkarak, bu proje ile çeşitli bitkisel yağlardan hazırlanan nanoemülsiyonların balığın duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisi araştırılacaktır.

Gıda endüstrisinin nanoteknolojiden faydalanma potansiyeli yüksek olmasına rağmen halen çok sınırlı ölçülerdedir. Ancak son yıllarda dünya gıda sanayi bu teknolojiden faydalanma yollarının arayışı içine girmiş ve nanoteknolojiye dayalı teknikler gıda güvenliği ile ilişkili sorunlara çözüm sunmak için gıda endüstrisine tanıtılmıştır. Nanoparçacıklar gıda maddesinde, lezzet ve renk değişimine yol açmadan antimikrobiyal özellikleri sayesinde raf ömrünün uzatılmasında büyük öneme sahiptir (Joseph vd. 2006; Chaudhry 2008).

Nanoemülsiyondaki damlacıklar mikroorganizmalar üzerinde hayati bir rol oynamaktadır (Grassi vd. 2000). Bu damlacıklar seçici olarak bakteriyel hücre duvarı yada organizmanın lipit tabakasını kararsız hale getiren viral tabaka ile birleşmekte (Gutierrez vd. 2008) ve sonuç olarak dokuda mevcut olan ökaryotik hücreyi etkilemeksizin prokaryotik hücrelerin (patojenlerin) parçalanmasını sağlamaktadır (Solans vd. 2005). Nanoemülsiyonların bu spesifik olmayan faaliyet mekanizması, dirençli üyelerin gelişimine yol açmamaktadır.

Bir çok araştırma sonucunda nanoemülsiyonların, *Haemophilus influenzae*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus pneumoniae* ve *Vibrio cholerae* gibi klinik patojenlere (Hamouda vd. 1999; Fellows vd. 2001) aynı zamanda *Staphylococcus aureus*, *P.aeruginosa* (Al-Adham vd. 2000) ve *Listeria monocytogenes* (Ferreira vd. 2010) gibi gıdada mevcut olabilen patojenlere karşı bakterisit aktivite gösterdiği bildirilmiştir.

Nanoemülsiyonun balığın raf ömrü üzerindeki etkisi ile ilgili literatürlerde çok az sayıda çalışmalar mevcuttur. Joe vd. (2012) ayçiçek yağı ile hazırlanan nanoemülsiyonun 20 °C de depolanan uskumru filetosunun raf ömrüne etkisini incelemiş ve raf ömrünü uzattığını tesbit etmişlerdir. Levrek (*Dicentrarchus labrax*) ülkemizde ekonomi değeri yüksek bir balık olup TÜİK (2010) raporuna göre üretimi giderek artarak 50 796 tona ulaşmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, farklı yağlardan (ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır, kanola, fındık ve soya yağı) elde edilen nanoemülsiyonların levrek filetosunun duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

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). Tarhan vd. (2010) emülsiyonların uzun yıllardır araştırılmakta, üretilmekte ve gıda endüstrisinde kullanıldığını belirtmişlerdir. Emülsiyon, birbiri içinde çözünmeyen ya da kısmi çözülen iki sıvıdan (örneğin su ve yağ) birinin diğeri içinde damlacıklar halinde dağılmasıyla oluşan bir karışımdır. Nanoemülsiyonlar ise bu damlacık çaplarının ortalama 20-600 nm olduğu, nano boyutta yapıları ifade etmektedir. Bu parçacıklar lipofilik iç kabuğun üzerine tek kat halinde sıralanan fosfolipitlerin arayüzey oluşturmasıyla onları çevreleyen sıvı faz içerisinde tutunmalarıyla oluşurlar. Nanoemülsiyonlar içerdikleri nanodamlacıklar vasıtasıyla, fonksiyonel ve biyoaktif ürünlerin enkapsülasyonu ve taşınmasının sağlanması amacıyla geliştirilen en önemli iletim sistemlerinden birisidir. Nanoemülsiyonlar vasıtasıyla hidrofilik maddelerin yağda çözünür, lipofilik maddelerin ise suda çözünür hale getirilip, çeşitli biyoaktif maddelerin su veya meyve içecekleri içinde dağılımını sağlanması ve biyoyararlığın artırılması sağlanır (Chen vd. 2006). Bu nanoyapılar ultrasonik çalkalama, yüksek basınçlı homojenizasyon ve mikroakışkan kanallar kullanılarak elde edilirler (Mason vd. 2006; Nakajima vd. 2005).

Nanoemülsiyonun balığın raf ömrü üzerindeki etkisi ile ilgili literatürlerde çok az sayıda çalışmalar mevcuttur. Literatürde son zamanlarda yapılan çalışmalar, bazı mikroemülsiyonların ve nanoemülsiyonların ilginç antimikrobiyal özelliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Nanoemülsiyon formülasyonuna dayalı bir surfaktan geliştirilmesi için ayçiçekyağı, hintyağı, hindistan cevizi, yerfıstığı, susam yağı gibi yemeklik yağlar araştırılmıştır (Joe vd. 2011). Farklı yemek yağlarından oluşan emülsiyonların damlacık büyüklükleri 72.52 ile 875.22 arasında değişiklik göstermiştir. En küçük damlacık büyüklüğü ayçiçek yağı ile oluşturulan nanoemülsiyonda kayıt edilmiştir. AUSN-1 için ayçiçek yağı ile oluşturulan nanoemülsiyonda en yüksek antimikrobiyal etki *Salmonella typhi*'ye karşı gözlenmiştir. Bunu *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* takip etmiştir. AUSN-1'in aynı zamanda *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp.'ye karşı yüksek fungisidal etkisi ve *Bacillus cereus* ve *Bacillus circulans*'a karşı oldukça fazla sporsidal etkisi olduğunu göstermiştir. Çiğ tavuk eti, elma suyu, süt ve karışık meyve gibi gıda ürünleri üzerinde AUSN-1'in antimikrobiyal aktivitesi için yapılan çalışma, bu ürünlerde oluşan bakteriyel ve fungal populasyonda önemli miktarda bir azalma olduğunu göstermiştir.

Joe vd. (2012) yaptıkları çalışmada 72 saat süresince 20 °C sıcaklıkta depolanan uskumru (*Scomberomorus guttatus*) filetosunun, mikrobiyolojik, kimyasal ve duyusal kalitesi

üzerine nanoemülsiyonun (ASUN-4) etkisini incelemişlerdir. Çalışmada ilk 12 saatlik sürede, heterotrofta H₂S'de, laktik asit bakteri popülasyonlarında azalma göstermiştir ($p < 0.05$). Depolama süresince ASUN-4 uygulamasına bakmaksızın bütün örneklerde, toplam karbonhidrat ve proteinde azalma gözlenirken, yağ içeriğinde artış gözlenmiştir. AUSN-4 uygulanan örneklerde ise daha düşük düzeyde azalma olmuştur. AUSN-4 depolama boyunca kimyasal bozulma indikatörlerinin değerini azaltmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda, antibiyotik ve kontrol grubu ile karşılaştırdığı zaman AUSN-4 uygulanan filetoların 48 saatlik raf ömründe bir artış olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara dayanılarak ayçiçek yağı bazlı nanoemulsion koruyucu tekniği, raf ömrünü uzatmak için uygulanabilir ve depolama süresince *S. guttatus* filetosunun kalitesini artırmayı sağlayabilir.

Su ürünleri çabuk bozulabilen gıdalardır. Bu bozulma sentetik koruyucularla kontrol altına alınabilmesine rağmen sentetik koruyucuların sağlık üzerine olumsuz etkilerinden dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Son yıllarda nanoteknolojinin gıdalarda kullanılması araştırmacılar ve üretici firmalar tarafından çok ilgi çekmiştir. Nanopartiküller gıdalara renk ve aromayı koruma özelliği vardır. Aynı zamanda antimikrobiyal özellikleride vardır. Balıkların raf ömrünün artırılması yönünde bugüne kadar nanoemülsiyon kullanımı ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu proje ile çeşitli bitkisel yağlar kullanılarak nanoemülsiyonlar elde edilecek ve elde edilen bu nanoemülsiyonlar, soğukta ($2 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ve vakum paketlenerek soğukta ($2 \pm 2^{\circ}\text{C}$) depolanan levrek filetolarının duyusal, kimyasal ve mikrobiyal kalitesi üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu projede soğukta depolamanın seçilmesinin nedeni; gıdaların tazesine en yakın şekilde dayandırılmasına olanak sağlayan soğuk depolama su ürünleri muhafazasında da yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasıdır. Ülkemizde su ürünlerinin %75 taze olarak tüketilmektedir. Dünyada ise %40 taze olarak tüketilmektedir. Vakum paketlenme yaparak soğukta depolama seçilmesinin nedeni ise; yurt dışında vakumlanmış taze veya tütülenmiş ürünler marketlerde satılmaktadır. Vakum paketlenmede, oksijenin çekilmesiyle, oksijene bağlı mikroorganizmaların çoğalmasını engeller ve oksidasyon prosesini azaltır. Böylece gıdalar daha uzun süre kalite ve tazeliklerini korur. Üreticiler, ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak, fire vermemek, istenmeyen kokulardan muhafaza etmek, ambalajlamada kaliteyi yakalamak ve oluşabilecek dış etkenlerden ürünlerini korumak için vakumlu ambalajlamadan yararlanmaktadırlar. Tüketiciler, gıda maddelerinin hijyenik, taze, katkısız ve koruyucu maddelerden arındırılmış olmalarını tercih etmektedirler. Vakumla ambalajlanmış herhangi bir üründe, ambalaj içinde oksijen olmadığı için bozulmaya sebep olan bakterilerin çoğalması engellenmiş olmaktadır. Böylece soğukta ($2 \pm 2^{\circ}\text{C}$) saklanan vakumlu ambalajlardaki ürünler uzun süre tazeliğini bozulmadan koruyabilmektedir.

Ülkemizde ve yurt dışında bu konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışmanın bulunması bu

projenin özgün değerini artırmaktadır. Proje bu bağlamda orjinal bir özelliğe sahiptir. Projenin gerçekleştirilmesiyle, nanoteknolojinin su ürünleri ve diğer gıdaların işleme teknolojisinde kullanımı ile ilgili bilimsel boşluk doldurulmuş olup bunun yanında üretici, tüketici ve akademik anlamda bilim insanlarının kullanabileceği veriler elde edilmiştir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1.Ön deneme

Planlanan ön-denemelerde balıkların temininden itibaren projenin sonuna kadar olan aşamaların küçük bir modeli kurulmuş olup ileriki durumlarda karşılaşılması muhtemel bir problem veya aksaklık önceden tesbit edilmiş ve gerekli önlemler alınmıştır.

3.2. Nanoemülsiyonun Hazırlanması

Nanoemülsiyon elde edilmesi Hamouda vd. (1999) tarafından kullanılan yöntemle göre yağ ve su fazı olarak iki farklı aşamadan oluşmaktadır. Su-içinde-yağ nanoemülsiyonun yağ fazı oluşturmak için %14 ticari bitkisel yağ, %3 etanol ve %3 surfaktan (Tween 80) kullanıldı. 200 ml hazırlanan nanoemülsiyonun yağ fazı için beher içerisine toplam emülsiyonun %14'ü oranında ayçiçek yağı %3'ü oranında surfaktan ve %3'ü oranında etanol eklenip karıştırılarak, 86 °C sıcaklığa ayarlanan etüv içerisinde 1 saat süre ile bekletildi. Etüvden alınan karışım oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutuldu. Soğuyan karışım içerisine toplam emülsiyonun %80'nini oluşturacak şekilde saf su eklendi. Daha sonra buz dolu bir beher içerisine yerleştirilerek ultrasonik homojenizörde 72 AMPL'de 15 dk. homojenize edildi.

3.3. 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).

Viskosite 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 vd. 1950). Yüksek viskoziteli emülsiyonlar düşük kararlılığa sahipken; düşük viskoziteli emülsiyonlar ise yüksek kararlılığa sahip olarak karışımıza 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 (Martin1993). 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.

Nanoemülsiyonlarının yoğunluk ve reaktif indeks ölçümü, damlacık büyüklüğü ölçümü, termodinamik stabilite ve yüzey gerilimi fiziksel özellikleri ODTÜ Merkez Laboratuvarı tarafından yapılmıştır.

3.4. Balık Etinin Hazırlanması

Bu çalışmada balık materyali Adana ilinde bulunan levrek çiftliğinden temin edilmiştir. Balıklar ortalama 270 ± 23 g ağırlığında 29.7 ± 1.0 cm uzunluğunda levrek kullanılmıştır. Balıklar buzlu strafor kutularda Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarına getirilmiş olup, iç organları temizlenerek filetoları çıkarılmıştır. Levrek filetoları kontrol ve muamele grupları olmak üzere 7 gruba ayrılarak nanoemülsiyon uygulaması için buzda muhafaza edilmişlerdir.

3.5. Balıklara Nanoemülsiyon Uygulaması ve Depolama Koşulları

Çeşitli bitki yağları marketten temin edilerek (ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır, kanola, fındık ve soya yağı) bunların nanoemülsiyonları elde edilmiştir. Kullanılan yağlardan nanoemülsiyonun elde edilmesi Hammouda vd. (1999) tarafından kullanılan yöntemine göre yağ ve su fazı olarak iki farklı aşamadan oluşmuştur. %14 yağ, %3 etanol, %3 biyosurfaktan (tween 80) karıştırılarak etüvde 86°C de 1 saat bekletildikten sonra bu karışıma saf su (%80) eklenirerek buz dolu küvet içerisinde ultrasonic homojenizatörde 15 dakikada karıştırılmıştır. Bu nanoemülsiyonların yoğunluk (density) reaktif indeks, viskozitesi ve termodinamik stability

(kararlılığı), nano emülsiyon damlacık boyutu, yüzey gerilimi Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez laboratuvarlarından hizmet alımı şeklinde yapılmıştır.

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 buzdolabı (2 ± 2 °C) de içerisinde depolanmıştır. Soğukta depolamada kontrol ile beraber toplam 7 grup olmuştur. Depolamanın 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12. günlerinde duyuşal, kimyasal ve mikrobiyoloji analizleri düzenli olarak yapılmıştır.

Projenin ikinci aşaması ise muamele edilen balık filetoları vakum paketlenerek 2 ± 2 °C'de buzdolabında depolanmıştır. Vakum paketlenerek soğukta depolamada kontrol ile beraber toplam 7 gruptur. Toplamda her iki depolamada 14 grup vardır. Depolama boyunca düzenli aralıklarla (her 2 günde bir) duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

3.6. Depolama Boyunca Yapılan Analizler

3.6.1. Duyusal Analizler

3.6.1.1. Çiğ Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi

Balığın çiğ olarak duyuşal değerlendirilmesi, 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 verirken, giderek artan değerler balığın depolama süresiyle bağlantılı olarak bozulduğunu gösterir. Pişmiş örnekler Torry (Howgate, 1982) metoduna göre değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Modifiye edilmiş kalite indeks metodu

Kalite parametreleri		Tanımlama	Kontrol
Deri	Parlaklık	Yanardöner	0
		Hafif mat	1
		Mat	2
Deri	Mukus	Az ve saydam	0
		Çok ve sarımsı	1
Deri	Pullar	Düzenli	0
		Dağınık	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	

3.6.1.2. Pişmiş Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi

Pişmiş örnekler Torry (Howgate 1982) metoduna göre değerlendirilmiştir. 10'dan 3 kadar olan puanlandırma şeması kullanılmıştır (Tablo 2). 10 tamamiyle taze balığı, 3 ise kokmuş veya bozulmuş balığı göstermektedir. Pişmiş balık örneklerini hazırlamak için, her bir gruptaki 2 fileto çıkarılarak orta sıcaklıkta 2 dakika bir mikrodalga fırında (600 W) pişirilmiştir. Pişmiş örnekler panelistlere sıcak olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Torry şeması

Skor	Koku skoru	Tat	Tekstür (tat hissi)	Skor
10	Başlangıçta hafif şekerimsi, bu kokuyu takiben nişastamsı koku	Sulu, metalik, nişastamsı. Başlangıçta tatlılık yok fakat hafif tatlılıkla etimsi bir tat gelişebilmektedir.	Kuru, hafif kolay ufalanır, Sert lifli	10
9	Kabuklu, deniz yosunu, kaynamış et	Tatlı, etimsi, kremisi, yeşil bitki, karakteristik	Kuru, hafif kolay ufalanır, lifli, özlü	9
8	Koku kaybı, kaynamış süt, kaynamış patates	Tatlı ve karakteristik tat fakat tat yoğunluğunda azalma	Kuru, az özlü, lifli, sert	8
7	Talaş, kaynamış patates	Nötral	Hafif kuru, lifli, az sulu	7
6	Yoğun süt, karamel, toffee-benzeri koku	Doğal olmayan tat	Hafif kuru, az sulu, yapışkan, lifli	6
5	Süt sürahisi kokusu, kaynamış patates, kaynamış çamaşır gibi"	Hafif ekşi, kötü tat belirtisi	Az sulu, az lifli	5
4	Laktik asit, ekşi süt, ``ahır gibi'', bozuk ot	Hafif acılaşıma, kötü tat	Başlangıçtaki elastiklik depolama ile yumuşamış	4
3	Daha düşük yağ asitleri (asetik asit veya bütrik asit), komposto ot, ``kaynamış çamaşır gibi"	Güçlü acı, lastik, hafif sülfid, bozuk	Başlangıçtaki elastiklik depolama ile yumuşamış	3

3.6.2.Kimyasal Analizler

3.6.2.1.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.

$$\%N = \frac{14.01 \times (A-B) \times M}{g \times 10} \times 100 \quad \%Protein = \%N \times 6.25$$

A: Örnek için sarf edilen HCl miktarı

B: Kör için sarf edilen HCl miktarı

M: Asit molaritesi

g: Örnek miktarı

3.6.2.2.Lipit Analizi

Lipit analizi Bligh ve Dyer (1959)'in uyguladığı yöntemle 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 jöjelere 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.

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

3.6.2.3. 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.

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

3.6.2.4. Ham Kül Analizi

Ham kül analizi AOAC (1990) metoduna göre yapılmıştır. Analizinde kullanılan porselen krozelere 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.

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

3.6.2.5. Yağ Asitleri Tayini

Eksrakte edilmiş lipitten, yağ asidi metil esterleri Ichihara vd. (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.

3.6.2.6. 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 İm 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 edilir. Split 1:100 oranında kullanıldı. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanır.

3.6.2.7. 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.

$$\text{TVB-N (mgN /100g örnek)} = \frac{Ax1,4x100}{B}$$

A: mL olarak harcanan 0.1 N asit miktarı

B: Örneğin tartım ağırlığı

3.6.2.8. 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.

3.6.2.9. 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 çözülmeye 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

3.6.2.10. 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 çözündürülür. 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

3.6.2.11. pH Analizi

Balık etindeki pH değişimleri dijital bir pH metre (WTW 315i pH Meter; Weilheim, Germany) kullanılarak analiz edilmiştir. 5 g balık örneği alınarak 50 mL saf su içerisinde (1/10) 5 dk karıştırılmıştır. pH metre bu solüsyona daldırılarak balık etinin pH'ı ölçülmüştür.

3.6.2.12. Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesinin tespiti (WHC), 10 g balık eti santrfüj tüplerine alınacak ve 10.000 X g'de 20°C'de 15 dakika santrfüj edildikten sonra sıvı kaybı ağırlık üzerinden hesaplanarak, % olarak ifade edilmiştir (Cheret vd. 2005).

3.6.2.11. 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 vortekste 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 içerisinde 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.

3.6.3. Mikrobiyolojik Analizler

Ham maddede ve soğukta depolama boyunca yapılacak analizler;

3.6.3.1. Toplam Psikrofil ve Mezofil Aerob Mikroorganizma Sayımı

Toplam mezofil aerob mikroorganizma sayımı (ICMSF1986) 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 10⁸e 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.

3.6.3.2. 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.

3.6.3.3. *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.

3.6.3.4. *Staphylococcus aureus* Aranması

Uygun dilusyonlardan 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.

3.6.3.5. *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.

3.6.3.6. *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 içerisinde 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.

3.6.3.7. Depolama boyunca vakum paketlenmiş örneklerde yapılacak analizler

Vakum paketlenmiş örneklerde toplam anaerobic bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı yapılmıştır. Toplam anaerobik bakteri sayımı için uygun seyreltiklerden Trypticase peptone glucose yeast extract agara (TPGY) ekim işlemi yapılmıştır. Petri kutuları CO₂ gazını üreten kitlerin bulunduğu anaerobik kavanozlarda 20 °C'de 4 gün inkübe edilmiştir

(Speck 1984). Laktik asit bakteri sayımı için MRS agar kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 1 ml alınarak MRS agar içeren petri kutularına ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Petri kutuları 30°C'de 5 gün inkübe edilmiştir. Ayrıca API test kitleri kullanılarak balık filetosunun depolanma süresince mevcut balık bozucu bakterilerin izolasyonu gerçekleştirilmiştir. 6 çeşit yağ kullanılarak oluşturulacak nanoemülsiyonların *in vitro* koşullarda balık bozucu bakteriler üzerindeki antibakteriyel etkileri disk difüzyon yöntemine (Jorgensen vd. 2003) göre belirlenmiştir.

3.7. İstatistik Analizleri

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. Projenin 1. Aşaması; bitkisel yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonların soğukta (2 ± 2 °C) depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) filetolarının duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

4.1.1. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri

Hazırlanan nanoemülsiyonun özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Su-içinde-yağ emülsiyonunun özellikleri

Yağlar	Yoğunluk (gr/ml)	Viskosite (N s/m ²)	Termo-dinamik stabilite	Damlacık Büyüklüğü (nm)	Yüzey gerilimi (N/m)
Ayçiçek	0,98±0,01	1,94±0,14	+++	211,95	33,15±0.61
Fındık	0,98±0,02	1,99±0,09	+++	185,38	33,40±0,23
Kanola	0,98±0,01	1,83±0,13	+++	299,19	35,65±1,15
Soya	0,98±0,02	1,93±0,14	+++	249,77	34,54±0,78
Mısır	0,98±0,02	1,86±0,11	+++	249,59	33,20±0,79
Zeytin	0,98±0,01	1,99±0,11	+++	275,38	30,64±0,72

4.1.2. Besin Madde Bileşenleri

Araştırmada materyal olarak kullanılan levrek filetolarının besin madde bileşenleri Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Levrek filetolarının besin madde bileşenleri (%)

Besin değeri (%)	$\bar{X} \pm S_x$
Protein	18.76±0.08
Lipit	3.91±0.13
Nem	75.84±0.14
Kül	1.34±0.13

$\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart Sapma

Diğer araştırmacılar levrek için protein düzeyi %17.9-21.5 olarak rapor etmişlerdir (Ballestrazzi vd. 1996; Kyra vd. 2002; Alasalvar vd. 2001). Aynı tür için Mendes and Gonçalves (2008) daha yüksek protein (%23.9) içeriği tespit etmişlerdir. Lipit düzeyinin ise %3.40-10.7 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Kyra vd. 2002; Mendes ve Gonçalves 2008; Yazgan 2013). Yüksek lipit içeriğinin yemdeki yağ oranından ve kültür balıklarının kafes içerisindeki azalan aktivitesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

4.1.3. Depolama Boyunca Yağ Asitlerindeki Değişimler

Nanoemülsiyon uygulanarak soğukta depolanan levrek filetolarının depolama süresince doymuş yağ asitleri kompozisyonu değişimleri Tablo 5' de verilmiştir. Araştırma sonunda tüm gruplarda gözlenen temel yağ asitleri miristik asit (C14:0), palmitik asit(C16:0), stearik asit (C18:0), palmitoleik asit (C16:1), oleik asit (C18:1n9), linoleik asit (C18:2n6), eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5n3) ve dekoheksaenoik asit (DHA, C22:6n3) olduğu tespit edilmiştir.

Toplam doymuş yağ asitleri (SFA) depolamanın başlangıcında çığ balık filetosunda %19.21 olarak bulunmuşken depolamanın sonunda %24.05 olarak tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon ile muamele edilen gruplar SFA değeri depolama süresince %19.08-23.43 arasında değişim göstermiştir. Depolama süresi boyunca tüm muamele gruplarında SFA değeri artış göstermiştir. Depolamanın sonunda nanoemülsiyon grupları arasında en yüksek SFA değeri %23.43 ile kanola grubu olmasına karşılık, %21.97 SFA değeri ile zeytin yağı grubu en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Doymuş yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda miristik asit, palmitik asit ve stearik asit olduğu belirlenmiştir. Araştırmamızda bu yağ asitlerinin temel doymuş yağ asitleri olduğu tespit

edilmiştir. Miristik asit depolamanın 2. gününde kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemülsiyon grupları için sırasıyla %2.65, %2.55, %2.56, %2.61, %2.82, %2.39, %2.19 olarak bulunmuşken, depolamanın son gününde(12) sırasıyla %3.68, %3.08, %3.51, %3.37, %3.41, %3.11, %3.08 olarak bulunmuştur. Miristik asit değerlerinde depolama süresi ile birlikte dalgalanmalar göze çarpmıştır. Ancak depolamanın 8, 10 ve 12. günlerinde miristik asit değerinde artışlar gözlenmiştir. Depolama süresi boyunca gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, depolamanın 2. ve 10. gününde ise istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Depolamanın 8. gününde ayçiçek, kanola ve mısır yağı nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmazken, bu gruplar ile geri kalan tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 12 gününde nanoemülsiyon muamele grupları arasında fındık grubu(%3.51) en yüksek miristik asit değerine sahip iken, ayçiçek ve zeytin grupları (%3.08) en düşük miristik asit değerine sahip olmuştur.

Doymuş yağ asitlerinden en yüksek değere sahip olan yağ asidi palmitik asittir. Depolamanın başlangıcında palmitik asit değeri %12.86 olarak bulunmuş iken, depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemülsiyon grupları için sırasıyla %16.50, %15.92, %15.69, %15.79, %15.16, %15.94, %15.08 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca palmitik asit değerinde artışlar gözlenmiştir. Depolamanın 2., 4., 6. ve 10. günlerinde kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 8 gününde ayçiçek, kanola ve mısır yağı nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmezken, bu gruplar ile kontrol, fındık, soya, zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın son gününde ise kontrol grubu ile fındık ve soya yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir.

Tablo 5. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2°C) toplam doymuş yağ asitlerindeki (SFA) değişimler

Günler	C12:0	C14:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	SFA	Grup
0	0.44±0.13	2.50±0.07	12.86±0.51	0.09±0.01	3.18±0.18	0.15±0.00	19.21±0.76	K
2	0.93±0.11 ^a	2.65±0.08 ^{ab}	13.63±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a	3.13±0.04 ^b	0.18±0.01 ^a	20.60±0.11	K
	0.73±0.01 ^{bc}	2.55±0.19 ^{ab}	12.72±0.01 ^{cd}	0.08±0.01 ^a	3.24±0.10 ^b	0.20±0.05 ^a	19.51±0.16	A
	0.57±0.00 ^c	2.56±0.10 ^{ab}	13.09±0.13 ^b	0.08±0.01 ^a	2.63±0.06 ^c	0.17±0.02 ^a	19.08±0.33	F
	0.60±0.07 ^{bc}	2.61±0.13 ^{ab}	12.56±0.19 ^{de}	0.07±0.01 ^a	3.32±0.05 ^{ab}	0.16±0.01 ^a	19.31±0.46	KAN
	0.59±0.07 ^{bc}	2.82±0.42 ^a	12.45±0.01 ^e	0.09±0.02 ^a	3.33±0.14 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	19.47±0.65	S
	0.61±0.04 ^{bc}	2.39±0.07 ^{ab}	12.81±0.04 ^c	0.07±0.01 ^a	3.19±0.02 ^b	0.17±0.01 ^a	19.24±0.04	M
	0.75±0.05 ^b	2.19±0.01 ^b	13.26±0.01 ^b	0.07±0.02 ^a	3.44±0.07 ^a	0.17±0.01 ^a	19.87±0.06	Z
4	0.51±0.04 ^c	3.36±0.21 ^a	15.62±0.33 ^a	0.09±0.02 ^a	2.69±0.09 ^c	0.18±0.04 ^a	22.43±0.35	K
	0.50±0.01 ^c	2.59±0.13 ^b	12.92±0.08 ^{bc}	0.06±0.00 ^c	3.36±0.10 ^a	0.20±0.06 ^a	19.62±0.07	A
	0.34±0.00 ^d	2.56±0.07 ^b	13.28±0.14 ^{bc}	0.07±0.00 ^{ab}	2.93±0.13 ^b	0.20±0.01 ^a	19.37±0.08	F
	0.53±0.04 ^c	2.43±0.01 ^b	12.80±0.04 ^c	0.08±0.01 ^{ab}	3.47±0.03 ^a	0.18±0.02 ^a	19.47±0.10	KAN
	0.72±0.11 ^b	2.50±0.14 ^b	12.89±0.52 ^{bc}	0.07±0.01 ^{ab}	3.30±0.04 ^a	0.20±0.00 ^a	19.68±0.30	S
	0.96±0.07 ^a	2.70±0.18 ^b	13.19±0.27 ^{bc}	0.07±0.01 ^{ab}	2.68±0.15 ^c	0.21±0.02 ^a	19.79±0.21	M
	0.40±0.03 ^{cd}	2.62±0.04 ^b	13.48±0.13 ^b	0.09±0.01 ^a	3.39±0.04 ^a	0.18±0.03 ^a	20.15±0.27	Z
6	0.42±0.00 ^{bc}	2.52±0.15 ^{bc}	15.43±0.36 ^a	0.08±0.01 ^a	3.59±0.25 ^a	0.17±0.00 ^b	22.19±0.45	K
	0.37±0.02 ^{bc}	2.55±0.12 ^{bc}	13.12±0.11 ^d	0.08±0.00 ^a	3.49±0.02 ^{ab}	0.17±0.00 ^b	19.76±0.23	A
	0.37±0.03 ^{bc}	2.41±0.09 ^c	13.71±0.03 ^{bc}	0.07±0.00 ^a	3.32±0.08 ^{abc}	0.17±0.01 ^b	20.04±0.06	F
	0.32±0.04 ^c	2.85±0.10 ^a	13.14±0.18 ^d	0.07±0.01 ^a	3.52±0.06 ^{ab}	0.20±0.00 ^a	20.10±0.40	KAN
	0.76±0.06 ^a	2.60±0.03 ^{abc}	13.10±0.18 ^d	0.07±0.01 ^a	3.03±0.10 ^c	0.16±0.00 ^b	19.72±0.15	S
	0.47±0.04 ^b	2.54±0.13 ^{bc}	13.43±0.04 ^{cd}	0.09±0.01 ^a	3.26±0.08 ^{bc}	0.18±0.02 ^b	19.96±0.01	M
	0.47±0.06 ^b	2.76±0.08 ^{ab}	14.04±0.15 ^b	0.09±0.02 ^a	3.09±0.08 ^c	0.17±0.01 ^b	20.60±0.03	Z
8	0.55±0.03 ^b	2.69±0.12 ^b	15.92±1.17 ^a	0.08±0.01 ^b	3.10±0.09 ^c	0.17±0.01 ^a	22.49±1.22	K
	0.45±0.08 ^{bc}	3.03±0.07 ^a	13.54±0.27 ^{cd}	0.09±0.01 ^{ab}	3.14±0.06 ^c	0.18±0.01 ^{ab}	20.42±0.22	A
	0.42±0.04 ^{bc}	2.58±0.07 ^b	14.59±0.48 ^{bcd}	0.08±0.01 ^b	2.92±0.03 ^{cd}	0.17±0.01 ^b	20.75±0.40	F
	0.37±0.06 ^{cd}	3.08±0.13 ^a	14.83±0.13 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	3.64±0.06 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.20±0.13	KAN
	0.69±0.04 ^a	2.65±0.04 ^b	13.43±0.11 ^d	0.08±0.00 ^{ab}	3.08±0.11 ^c	0.17±0.01 ^b	20.09±0.22	S
	0.26±0.07 ^d	3.01±0.08 ^a	14.11±0.13 ^{bcd}	0.09±0.01 ^{ab}	3.39±0.18 ^b	0.22±0.04 ^a	21.06±0.35	M
	0.43±0.05 ^{bc}	2.78±0.06 ^b	14.73±0.14 ^{abc}	0.08±0.00 ^{ab}	2.82±0.08 ^d	0.18±0.02 ^{ab}	21.01±0.15	Z
10	0.82±0.01 ^a	3.10±0.05 ^{ab}	15.93±0.06 ^a	0.10±0.02 ^a	2.51±0.46 ^b	0.24±0.01 ^a	22.68±0.36	K
	0.64±0.06 ^{cd}	3.18±0.04 ^a	14.86±0.09 ^{bc}	0.07±0.01 ^a	3.34±0.04 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.27±0.13	A
	0.58±0.03 ^{cd}	3.01±0.09 ^{ab}	14.88±0.14 ^{bc}	0.08±0.01 ^a	2.87±0.13 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	21.62±0.16	F
	0.66±0.03 ^{bc}	3.23±0.11 ^a	15.12±0.17 ^b	0.09±0.01 ^a	3.12±0.01 ^a	0.18±0.03 ^b	22.40±0.01	KAN
	0.73±0.04 ^b	3.02±0.18 ^{ab}	14.17±0.23 ^d	0.09±0.02 ^a	3.05±0.11 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	21.25±0.59	S
	0.57±0.03 ^{de}	2.99±0.04 ^{ab}	15.82±0.11 ^a	0.09±0.02 ^a	3.24±0.10 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.89±0.24	M
	0.49±0.01 ^e	2.86±0.13 ^b	14.70±0.03 ^c	0.07±0.01 ^a	2.86±0.11 ^{ab}	0.21±0.03 ^{ab}	21.18±0.21	Z
12	0.52±0.05 ^c	3.68±0.11 ^a	16.50±0.10 ^a	0.08±0.01 ^a	3.10±0.21 ^{ab}	0.19±0.02 ^b	24.05±0.13	K
	0.55±0.01 ^c	3.08±0.06 ^d	15.92±0.09 ^b	0.07±0.01 ^a	2.95±0.08 ^b	0.22±0.02 ^{ab}	22.78±0.17	A
	0.78±0.10 ^{ab}	3.51±0.03 ^{ab}	15.69±0.08 ^b	0.07±0.00 ^a	3.11±0.14 ^{ab}	0.20±0.01 ^b	23.35±0.00	F
	0.89±0.04 ^a	3.37±0.12 ^{bc}	15.79±0.19 ^b	0.08±0.01 ^a	3.08±0.11 ^{ab}	0.25±0.02 ^a	23.43±0.35	KAN
	0.90±0.01 ^a	3.41±0.20 ^{ab}	15.16±0.11 ^c	0.08±0.02 ^a	3.48±0.28 ^a	0.19±0.00 ^b	23.21±0.20	S
	0.67±0.04 ^b	3.11±0.13 ^{cd}	15.94±0.01 ^b	0.08±0.00 ^a	3.29±0.20 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	23.31±0.12	M
	0.56±0.04 ^c	3.08±0.03 ^d	15.08±0.06 ^c	0.08±0.01 ^a	3.03±0.07 ^b	0.18±0.03 ^b	21.97±0.08	Z

^{a-d} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

Nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenmiş soğukta depolanan levrek filetolarının toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) Tablo 6' da verilmiştir. Depolama süresi boyunca MUFA değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcında MUFA değeri %35.88 olarak tespit edilmiş iken, depolamanın sonunda ise kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemüsyon grupları için sırasıyla %28.80, %30.15, %29.11, %29.75, %30.76, %29.87 ve %30.61 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde ayçiçek yağı nanoemülsiyon grubu %36.30 MUFA değeri ile en yüksek değere sahip iken, depolamanın 12. gününde kontrol grubu(%28.80) en düşük MUFA değerine sahip olmuştur.

Toplam tekli doymamış yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda palmitoleik asit (C16:1) ve oleik asit (C18:1n9) olduğu belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında palmitoleik asit değeri %4.71 olarak belirlenmiştir ve depolama boyunca tüm gruplarda %3.42-4.92 arasında değişmiştir. Depolama süresi ile birlikte palmitoleik asit değerinde artışlar ve azalışlar belirlenmiştir. Depolamanın 4. gününde zeytin yağı muamele grubu %4.92 palmitoleik asit değeri ile en yüksek değer olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca depolamanın 2. günü hariç diğer tüm günlerde gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 6. gününde fındık yağı nanoemülsiyon grubu ile diğer tüm muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmişken, depolamanın 8. gününde ise kanola, 10 gününde ayçiçek yağı muamele grupları ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 12. gününde kontrol, ayçiçek, kanola ve soya yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$).

Tekli doymamış yağ asitlerinden en yüksek değere sahip olan yağ asidi oleik asittir. Depolamanın başlangıcında oleik asit değeri %29.95 olarak bulunmuşken depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemüsyon grupları için sırasıyla %23.82, %25.04, %24.44, %24.96, %25.75, %25.17, %25.74 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca oleik asit değerlerinde azalmalar ve gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 2. ve 10. günlerinde kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon ile muamele edilen gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde mısır yağı grubu ile diğer nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmişken, fındık, kanola, soya ve zeytin yağı grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın son gününde %23.82 oleik asit değeri ile kontrol grubu en düşük değere sahip iken, depolamanın 2. gününde %30.45 oleik asit değeri ile zeytin yağı muamele grubu en yüksek değere sahip olmuştur. Depolamanın 10. gününe baktığımızda nanoemülsiyon muamele gruplarının birbirleri arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Tablo 6. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince (2±2°C) toplam tekli doymamış yağ asitlerindeki değişimler

Günler	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1n9	C20:1	C22:1n9	MUFA	Grup
0	0.08±0.00	4.71±0.10	0.10±0.00	29.95±0.47	0.83±0.08	0.22±0.04	35.88±0.25	K
2	0.09±0.01 ^a	4.20±0.11 ^a	0.11±0.00 ^a	28.30±0.30 ^b	1.03±0.00 ^a	0.24±0.03 ^a	33.96±0.37	K
	0.11±0.02 ^a	4.79±0.07 ^a	0.11±0.01 ^a	30.18±0.11 ^a	0.88±0.10 ^{abc}	0.24±0.04 ^a	36.30±0.35	A
	0.10±0.01 ^a	4.76±0.04 ^a	0.10±0.01 ^a	30.27±0.08 ^a	0.74±0.03 ^c	0.21±0.03 ^a	36.17±0.06	F
	0.07±0.04 ^a	4.61±0.03 ^a	0.10±0.01 ^a	30.12±0.11 ^a	1.04±0.14 ^a	0.22±0.02 ^a	36.15±0.25	KAN
	0.09±0.01 ^a	4.70±0.09 ^a	0.11±0.01 ^a	30.15±0.07 ^a	0.81±0.13 ^{bc}	0.12±0.02 ^b	35.97±0.21	S
	0.08±0.01 ^a	4.25±0.61 ^a	0.10±0.01 ^a	30.13±0.52 ^a	0.91±0.06 ^{abc}	0.24±0.01 ^a	35.70±0.00	M
	0.07±0.03 ^a	4.32±0.48 ^a	0.09±0.01 ^a	30.45±0.40 ^a	0.96±0.00 ^{ab}	0.27±0.03 ^a	36.16±0.01	Z
4	0.11±0.01 ^a	4.04±0.01 ^e	0.10±0.04 ^a	28.68±0.44 ^c	0.80±0.02 ^{cd}	0.28±0.01 ^a	33.99±0.38	K
	0.08±0.01 ^{ab}	4.61±0.05 ^b	0.09±0.00 ^a	29.24±0.16 ^b	0.86±0.06 ^{bc}	0.21±0.06 ^{ab}	35.08±0.09	A
	0.09±0.00 ^{ab}	4.75±0.15 ^{ab}	0.10±0.00 ^a	30.17±0.04 ^a	0.73±0.01 ^d	0.26±0.01 ^{ab}	36.09±0.13	F
	0.08±0.00 ^{ab}	4.52±0.04 ^c	0.10±0.01 ^a	29.94±0.09 ^a	0.88±0.01 ^{bc}	0.18±0.04 ^b	35.69±0.07	KAN
	0.07±0.01 ^b	4.69±0.01 ^{bc}	0.10±0.01 ^a	30.04±0.02 ^a	0.83±0.04 ^{bc}	0.18±0.01 ^b	35.89±0.01	S
	0.07±0.01 ^b	4.27±0.08 ^d	0.09±0.01 ^a	28.73±0.25 ^c	1.17±0.01 ^a	0.25±0.05 ^{ab}	34.56±0.24	M
	0.10±0.03 ^a	4.92±0.12 ^a	0.12±0.02 ^a	29.70±0.07 ^{ab}	0.92±0.06 ^b	0.25±0.01 ^{ab}	36.00±0.15	Z
6	0.07±0.01 ^a	3.88±0.11 ^d	0.10±0.01 ^a	28.66±0.41 ^{de}	0.85±0.07 ^a	0.18±0.01 ^b	33.74±0.57	K
	0.06±0.06 ^a	4.33±0.08 ^b	0.11±0.01 ^a	29.04±0.12 ^{cd}	0.79±0.02 ^{ab}	0.21±0.05 ^{ab}	34.51±0.23	A
	0.07±0.01 ^a	4.31±0.08 ^b	0.09±0.00 ^a	29.80±0.08 ^a	0.75±0.02 ^b	0.27±0.03 ^a	35.28±0.04	F
	0.08±0.03 ^a	4.83±0.07 ^a	0.10±0.02 ^a	29.30±0.07 ^{bc}	0.83±0.02 ^{ab}	0.28±0.04 ^a	35.41±0.08	KAN
	0.07±0.03 ^a	4.06±0.07 ^c	0.10±0.00 ^a	29.96±0.09 ^a	0.80±0.04 ^{ab}	0.26±0.01 ^a	35.24±0.00	S
	0.08±0.01 ^a	4.32±0.07 ^b	0.10±0.00 ^a	28.39±0.22 ^e	0.76±0.04 ^{ab}	0.18±0.00 ^b	33.83±0.18	M
	0.08±0.02 ^a	4.20±0.06 ^{bc}	0.11±0.01 ^a	29.58±0.07 ^{ab}	0.81±0.01 ^{ab}	0.26±0.02 ^a	35.02±0.01	Z
8	0.08±0.00 ^b	3.81±0.23 ^d	0.10±0.01 ^b	28.39±0.28 ^{cd}	0.71±0.01 ^c	0.27±0.01 ^{ab}	33.35±0.05	K
	0.08±0.00 ^b	4.44±0.09 ^b	0.11±0.01 ^{ab}	28.49±0.11 ^{cd}	0.89±0.11 ^{ab}	0.20±0.05 ^c	34.20±0.19	A
	0.09±0.00 ^{ab}	3.93±0.03 ^{cd}	0.10±0.00 ^b	29.41±0.13 ^{ab}	0.80±0.04 ^{bc}	0.26±0.02 ^{abc}	34.58±0.11	F
	0.08±0.03 ^b	4.85±0.14 ^a	0.13±0.00 ^a	28.78±0.40 ^c	0.93±0.03 ^a	0.30±0.01 ^a	35.07±0.56	KAN
	0.09±0.00 ^{ab}	4.19±0.01 ^{bc}	0.10±0.00 ^b	29.81±0.08 ^a	0.79±0.01 ^{bc}	0.19±0.01 ^c	35.16±0.07	S
	0.10±0.01 ^{ab}	4.12±0.06 ^c	0.11±0.01 ^{ab}	28.16±0.06 ^d	0.87±0.06 ^{ab}	0.27±0.03 ^{ab}	33.62±0.01	M
	0.11±0.00 ^a	4.11±0.11 ^c	0.12±0.01 ^{ab}	29.28±0.16 ^b	0.73±0.03 ^c	0.23±0.04 ^{bc}	34.57±0.02	Z
10	0.09±0.00 ^a	3.89±0.06 ^c	0.12±0.01 ^a	23.88±0.54 ^b	0.87±0.01 ^{ab}	0.26±0.02 ^{bc}	29.10±0.46	K
	0.07±0.00 ^a	4.68±0.06 ^a	0.09±0.00 ^a	27.05±0.14 ^a	0.77±0.01 ^c	0.18±0.01 ^d	32.84±0.21	A
	0.09±0.01 ^a	3.76±0.09 ^c	0.10±0.01 ^a	27.62±0.09 ^a	0.87±0.08 ^{ab}	0.21±0.01 ^{cd}	32.64±0.12	F
	0.09±0.00 ^a	4.13±0.05 ^b	0.12±0.02 ^a	27.52±0.30 ^a	0.81±0.04 ^{bc}	0.27±0.02 ^b	32.92±0.27	KAN
	0.08±0.00 ^a	4.27±0.11 ^b	0.11±0.00 ^a	27.02±0.25 ^a	0.89±0.00 ^{ab}	0.12±0.01 ^e	32.49±0.15	S
	0.08±0.03 ^a	4.24±0.04 ^b	0.11±0.01 ^a	27.52±0.24 ^a	0.91±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	33.19±0.21	M
	0.08±0.01 ^a	4.26±0.09 ^b	0.09±0.02 ^a	27.11±0.13 ^a	0.74±0.01 ^c	0.22±0.04 ^{cd}	32.48±0.02	Z
12	0.06±0.01 ^{ab}	3.72±0.09 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	23.82±0.44 ^d	0.83±0.02 ^{ab}	0.29±0.01 ^{ab}	28.80±0.30	K
	0.09±0.03 ^a	3.75±0.11 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	25.04±0.11 ^{abc}	0.89±0.04 ^a	0.29±0.03 ^a	30.15±0.10	A
	0.09±0.01 ^{ab}	3.60±0.01 ^{bc}	0.09±0.00 ^a	24.44±0.16 ^{cd}	0.68±0.01 ^b	0.22±0.00 ^c	29.11±0.14	F
	0.09±0.00 ^a	3.76±0.09 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	24.96±0.01 ^{bc}	0.76±0.06 ^{ab}	0.09±0.03 ^d	29.75±0.18	KAN
	0.06±0.01 ^b	3.88±0.02 ^a	0.11±0.03 ^a	25.75±0.54 ^a	0.72±0.10 ^{ab}	0.25±0.01 ^{abc}	30.76±0.42	S
	0.09±0.00 ^a	3.42±0.12 ^c	0.11±0.01 ^a	25.17±0.13 ^{ab}	0.82±0.13 ^{ab}	0.28±0.04 ^{abc}	29.87±0.17	M
	0.09±0.01 ^a	3.88±0.12 ^d	0.12±0.02 ^a	25.74±0.14 ^a	0.76±0.06 ^{ab}	0.21±0.03 ^{bc}	30.61±0.22	Z

^{a-d} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

Nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenmiş soğukta depolanan levrek filetolarının toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) Tablo 7' de verilmiştir. Başlangıç PUFA değeri %29.25 olarak belirlenmiştir. Bu değer depolama süresi ile azalmıştır ve depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemüsyon grupları için sırasıyla %20.94, %24.30, %23.70, %24.46, %26.41, %23.78 %24.48 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde mısır yağı grubu %29.83 ile en yüksek PUFA değerine sahip iken, depolamanın 12. gününde kontrol grubu %20.94 ile en düşük PUFA değerine sahip olmuştur.

Toplam çoklu doymamış yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda linoleik asit, eikosapentaenoik asit ve dekosaheksaenoik asit olduğu belirlenmiştir. Toplam çoklu doymamış yağ asitlerinden en yüksek değere sahip olan yağ asidi linoleik asittir. Depolamanın başlangıcında linoleik asit değeri %14.52 olarak tespit edilmiştir ve bu değer de depolama süresi ile birlikte azalmalar gözlenmiştir. Depolama boyunca gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 4. gününde soya yağı grubu ile kanola grubu hariç diğer tüm muameleler arasında istatistiksel farklılık belirlenmişken, depolamanın 6. ve 8. günlerinde kontrol, ayçiçek, fındık ve mısır yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın sonunda nanoemülsiyon muamele grupları arasında %13.36 linoleik asit değeri ile fındık yağı muamele grubu en düşük değere sahip olmuş iken, %14.87 linoleik asit değeri ile soya yağı muamele grubu en yüksek değere sahip olmuştur.

İnsan sağlığı açısından çok önemli değere sahip çoklu doymamış yağ asitlerinden biri eikosapentaenoik asittir. Depolama başlangıcında EPA değeri %4.21 olarak tespit edilmiştir ve bu değer depolama sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemüsyon grupları için sırasıyla %2.81, %3.48, %3.23, %3.62, %3.28, %3.45, %3.35 olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca kontrol grubu ve muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek EPA değeri depolamanın 2. gününde %4.73 ile mısır yağı grubu olmuştur. En düşük EPA değeri ise depolamanın sonunda %2.81 ile kontrol grubu olmuştur. Depolamanın 2. gününde tüm nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık yok iken, kontrol grubu ile istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Soya ve mısır yağı grupları arasında depolamanın 8. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemişken, kontrol grubu ile tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 10. ve 12. günlerinde depolamanın 8. gününde olduğu gibi kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir.

DHA diğer önemli çoklu doymamış yağ asitlerinden biridir. Depolamanın başlangıcında DHA değeri %8.09 olarak tespit edilmiştir ve en yüksek DHA değeridir. Bu değer depolama süresi ile birlikte azalmıştır ve depolama süresi boyunca gruplar arasında



istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. Depolamanın sonunda DHA değeri kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemüsyon grupları için sırasıyla %4.06, %5.69, %5.63, %5.79, %5.96, %5.31, %5.45 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 2. gününde tüm nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel fark yok iken, kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Mısır yağı grubu ile kontrol grubu arasında depolamanın 4. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemiş iken soya yağı grubu ile bu gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 8., 10. ve 12. günlerinde kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 7. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması süresince (2±2°C) toplam çoklu doymamış yağ asitlerindeki değişimler

Günler	C18:2n6	C18:3n3	C20:2	C20:3n6	C20:5n3	C20:4n6	C22:2	C22:6n3	PUFA	Grup
0	14.52±0.42	0.56±0.01	0.19±0.00	0.42±0.00	4.21±0.08	1.05±0.07	0.23±0.04	8.09±0.19	29.25±0.35	K
2	14.54±0.09 ^{cd}	0.54±0.04 ^{ab}	0.19±0.00 ^a	0.44±0.00 ^a	4.10±0.03 ^c	0.47±0.04 ^c	0.28±0.00 ^a	6.42±0.56 ^b	26.97±0.52	K
	14.20±0.14 ^d	0.55±0.04 ^a	0.20±0.05 ^a	0.47±0.07 ^a	4.55±0.14 ^{ab}	1.35±0.20 ^a	0.22±0.04 ^{bc}	7.88±0.23 ^a	29.41±0.60	A
	14.73±0.15 ^{bc}	0.52±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^a	0.41±0.00 ^a	4.60±0.01 ^{ab}	0.23±0.04 ^c	0.18±0.01 ^c	7.48±0.25 ^a	28.31±0.33	F
	15.08±0.25 ^{ab}	0.46±0.04 ^b	0.20±0.02 ^a	0.44±0.04 ^a	4.40±0.07 ^b	0.30±0.08 ^c	0.25±0.02 ^{ab}	7.97±0.22 ^a	29.08±0.11	KAN
	15.44±0.02 ^a	0.56±0.04 ^a	0.19±0.01 ^a	0.47±0.07 ^a	4.42±0.19 ^b	0.72±0.11 ^b	0.20±0.04 ^{bc}	7.68±0.25 ^a	29.66±0.42	S
	15.15±0.06 ^{ab}	0.50±0.03 ^{ab}	0.19±0.01 ^a	0.42±0.02 ^a	4.73±0.08 ^a	1.25±0.11 ^a	0.21±0.01 ^{bc}	7.41±0.22 ^a	29.83±0.54	M
	14.70±0.39 ^{bc}	0.50±0.01 ^{ab}	0.19±0.02 ^a	0.42±0.05 ^a	4.57±0.04 ^{ab}	0.26±0.04 ^c	0.23±0.03 ^{abc}	7.38±0.21 ^a	28.22±0.70	Z
4	14.26±0.88 ^b	0.54±0.08 ^{ab}	0.25±0.03 ^a	0.50±0.05 ^a	3.79±0.01 ^b	0.86±0.06 ^b	0.22±0.01 ^{ab}	6.19±0.92 ^b	26.59±1.94	K
	14.18±0.04 ^b	0.52±0.01 ^{ab}	0.26±0.05 ^a	0.46±0.02 ^a	4.46±0.15 ^a	1.39±0.08 ^a	0.20±0.00 ^{bc}	6.80±0.24 ^{ab}	28.24±0.21	A
	14.37±0.18 ^b	0.50±0.03 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.44±0.01 ^a	4.21±0.07 ^a	0.37±0.05 ^c	0.17±0.01 ^c	7.06±0.06 ^{ab}	27.31±0.12	F
	14.79±0.10 ^{ab}	0.48±0.04 ^c	0.19±0.00 ^a	0.41±0.01 ^a	4.19±0.10 ^a	0.33±0.02 ^c	0.20±0.01 ^{bc}	6.59±0.14 ^{ab}	27.17±0.20	KAN
	15.51±0.31 ^a	0.52±0.01 ^{ab}	0.21±0.02 ^a	0.44±0.06 ^a	4.23±0.09 ^a	0.30±0.01 ^c	0.22±0.01 ^{ab}	7.52±0.06 ^a	28.92±0.06	S
	14.15±0.21 ^b	0.48±0.02 ^c	0.23±0.01 ^a	0.45±0.03 ^a	4.37±0.20 ^a	1.47±0.12 ^a	0.26±0.03 ^a	6.49±0.10 ^b	27.89±0.11	M
	14.51±0.21 ^b	0.59±0.04 ^a	0.22±0.04 ^a	0.49±0.07 ^a	4.18±0.07 ^a	0.35±0.05 ^c	0.22±0.04 ^{ab}	6.96±0.11 ^{ab}	27.50±0.06	Z
6	14.28±0.37 ^b	0.47±0.03 ^a	0.20±0.00 ^a	0.45±0.01 ^a	3.39±0.12 ^d	0.35±0.01 ^a	0.21±0.03 ^a	5.56±0.11 ^c	24.90±0.30	K
	13.89±0.06 ^b	0.53±0.01 ^a	0.19±0.00 ^a	0.43±0.01 ^a	4.38±0.04 ^a	0.52±0.02 ^a	0.18±0.01 ^a	6.33±0.01 ^b	26.44±0.09	A
	14.17±0.04 ^b	0.50±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.44±0.00 ^a	4.07±0.07 ^b	0.31±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	6.87±0.07 ^a	26.73±0.06	F
	14.86±0.13 ^a	0.38±0.21 ^a	0.21±0.02 ^a	0.44±0.02 ^a	4.15±0.08 ^b	0.28±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	6.43±0.04 ^b	26.93±0.44	KAN
	15.15±0.11 ^a	0.53±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.44±0.01 ^a	3.83±0.15 ^c	0.23±0.04 ^a	0.19±0.01 ^a	6.60±0.28 ^{ab}	27.15±0.33	S
	14.91±0.09 ^a	0.47±0.03 ^a	0.19±0.01 ^a	0.43±0.01 ^a	4.20±0.07 ^{ab}	0.81±0.70 ^a	0.18±0.00 ^a	6.31±0.06 ^b	27.49±0.78	M
	14.22±0.04 ^b	0.55±0.02 ^a	0.20±0.01 ^a	0.44±0.01 ^a	4.04±0.09 ^{bc}	0.30±0.03 ^a	0.20±0.01 ^a	6.76±0.16 ^a	26.69±0.21	Z
8	13.76±0.41 ^b	0.43±0.04 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.46±0.01 ^{bc}	3.18±0.01 ^d	0.34±0.03 ^{ab}	0.19±0.01 ^b	5.31±0.40 ^d	23.86±0.86	K
	13.80±0.07 ^b	0.49±0.01 ^{ab}	0.22±0.03 ^a	0.49±0.04 ^{ab}	4.24±0.08 ^a	0.33±0.02 ^{ab}	0.20±0.05 ^{ab}	6.03±0.08 ^{bc}	25.79±0.01	A
	14.12±0.08 ^b	0.48±0.01 ^{ab}	0.19±0.00 ^a	0.44±0.01 ^c	3.94±0.06 ^{bc}	0.27±0.03 ^b	0.22±0.01 ^{ab}	6.73±0.05 ^a	26.36±0.14	F
	14.77±0.14 ^a	0.35±0.14 ^b	0.23±0.00 ^a	0.52±0.01 ^a	4.11±0.10 ^{ab}	0.37±0.05 ^a	0.23±0.01 ^a	6.19±0.09 ^{bc}	26.75±0.24	KAN
	15.14±0.37 ^a	0.51±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.46±0.01 ^{bc}	3.79±0.09 ^c	0.30±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^{ab}	6.40±0.11 ^{ab}	26.96±0.40	S
	14.13±0.13 ^b	0.44±0.02 ^{ab}	0.22±0.04 ^a	0.43±0.01 ^c	3.89±0.13 ^c	0.35±0.04 ^a	0.20±0.04 ^{ab}	5.81±0.07 ^c	25.45±0.21	M
	14.10±0.02 ^b	0.52±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.45±0.01 ^c	3.93±0.06 ^{bc}	0.34±0.02 ^{ab}	0.19±0.01 ^b	6.20±0.08 ^{bc}	25.90±0.06	Z
10	13.25±0.21 ^b	0.45±0.01 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	0.53±0.00 ^a	3.12±0.02 ^c	0.41±0.02 ^{ab}	0.22±0.00 ^{ab}	4.32±0.11 ^e	22.51±0.31	K
	13.75±0.20 ^{ab}	0.46±0.01 ^{ab}	0.18±0.01 ^b	0.42±0.01 ^b	3.56±0.16 ^{ab}	0.36±0.04 ^{bc}	0.19±0.01 ^b	5.73±0.07 ^{bcd}	24.63±0.23	A
	13.92±0.04 ^{ab}	0.46±0.01 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	0.47±0.06 ^{ab}	3.36±0.21 ^{bc}	0.34±0.04 ^{bc}	0.20±0.03 ^{ab}	5.95±0.13 ^{abc}	24.91±0.14	F
	14.12±0.08 ^{ab}	0.33±0.17 ^b	0.21±0.02 ^{ab}	0.47±0.06 ^{ab}	3.71±0.07 ^a	0.31±0.01 ^c	0.19±0.01 ^b	6.01±0.11 ^{ab}	25.33±0.13	KAN
	15.20±0.14 ^a	0.50±0.02 ^{ab}	0.23±0.01 ^a	0.50±0.01 ^{ab}	3.43±0.16 ^{ab}	0.35±0.03 ^{bc}	0.22±0.01 ^{ab}	6.17±0.04 ^a	26.59±0.03	S
	14.07±0.29 ^{ab}	0.45±0.02 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	0.50±0.03 ^{ab}	3.68±0.04 ^a	0.32±0.06 ^{bc}	0.23±0.00 ^a	5.59±0.06 ^{cd}	25.06±0.31	M
	14.08±0.06 ^{ab}	0.54±0.02 ^a	0.22±0.03 ^{ab}	0.49±0.06 ^{ab}	3.69±0.09 ^a	0.48±0.04 ^a	0.20±0.02 ^{ab}	5.51±0.35 ^d	25.18±0.06	Z
12	12.34±0.37 ^c	0.41±0.01 ^b	0.21±0.03 ^a	0.55±0.03 ^a	2.81±0.12 ^c	0.38±0.04 ^a	0.18±0.01 ^a	4.06±0.08 ^e	20.94±0.47	K
	13.48±0.10 ^b	0.44±0.01 ^{ab}	0.21±0.03 ^a	0.47±0.06 ^{ab}	3.48±0.05 ^{ab}	0.34±0.02 ^a	0.21±0.04 ^a	5.69±0.06 ^b	24.30±0.27	A
	13.36±0.16 ^b	0.44±0.02 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.42±0.00 ^b	3.23±0.12 ^b	0.27±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a	5.63±0.07 ^{bc}	23.70±0.01	F
	13.49±0.28 ^b	0.43±0.03 ^{ab}	0.21±0.02 ^a	0.47±0.04 ^{ab}	3.62±0.16 ^a	0.27±0.04 ^a	0.20±0.02 ^a	5.79±0.20 ^{ab}	24.46±0.01	KAN
	14.87±0.04 ^a	0.47±0.03 ^a	0.20±0.03 ^a	0.49±0.06 ^{ab}	3.28±0.08 ^{ab}	0.97±0.35 ^a	0.18±0.03 ^a	5.96±0.12 ^a	26.41±1.08	S
	13.45±0.28 ^b	0.44±0.01 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.46±0.02 ^{ab}	3.45±0.16 ^{ab}	0.30±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a	5.31±0.08 ^d	23.78±0.12	M
	13.81±0.08 ^b	0.48±0.02 ^a	0.25±0.04 ^a	0.55±0.08 ^{ab}	3.35±0.21 ^{ab}	0.39±0.02 ^a	0.20±0.02 ^a	5.45±0.05 ^{cd}	24.48±0.06	Z

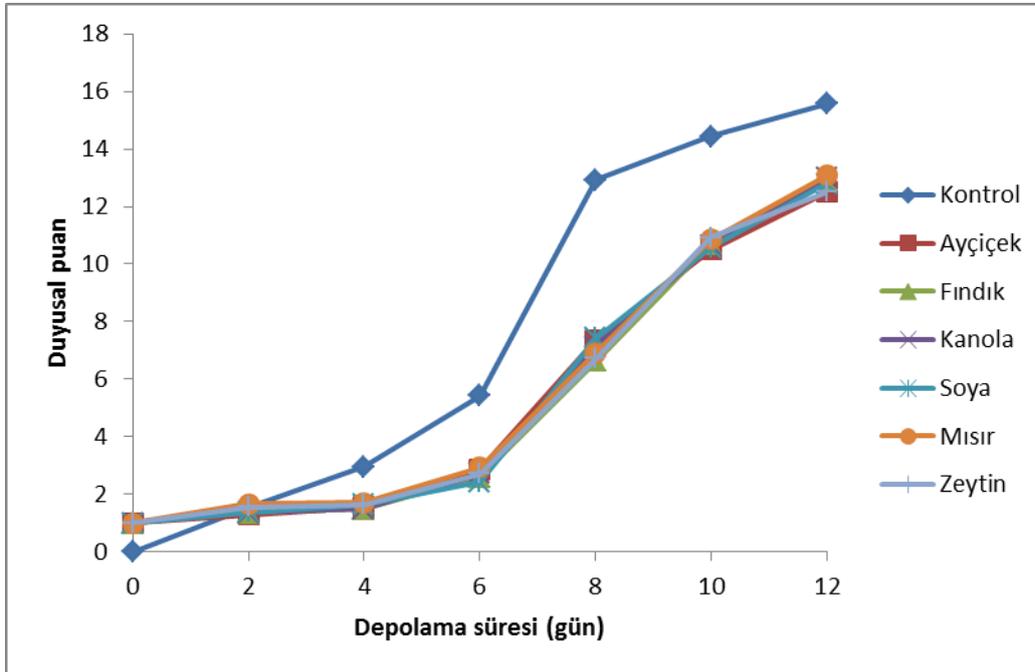
^{a-d} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

4.1.4. Duyusal Değerlendirme

4.1.4.1. Çiğ Levrek Duyusal Değerlendirilmesi

Şekil 1' de nanoemülsiyon uygulanan çiğ levrek filetosunun soğuk depolanması süresince duyusal özelliklerindeki değişimleri göstermektedir. Duyusal puanlar depolama süresince artış göstermiştir. Duyusal parametreler bakımından kontrol ve muamele grupları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). 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 levreğin raf ömrünü uzatmıştır.

Panelistler tarafından levreğin raf ömrü kontrol grubunda 8 gün, nanoemülsiyon uygulanan gruplarda ise 10 gün olarak belirlenmiştir. Levrek filetosunun red edildiği 8. günlerinde genel kabul edilebilirlik duyusal puanlar kontrol grubunda 12,93, muamele gruplarının red edildiği 10. günde ise ayçiçek 10.5, fındık 10.71, kanola 10.64, soya 10.57, mısır 10,86 ve zeytin 10,93 olarak bulunmuştur. Depolama sonunda (12.gün) bu değerler, kontrol grubunda 15.57, nanoemülsiyon uygulanan gruplarda ise 12.5-13.07 arasındadır.



Şekil 1. Nanoemülsiyon uygulanan çiğ levrek filetolarının duyusal değişimleri

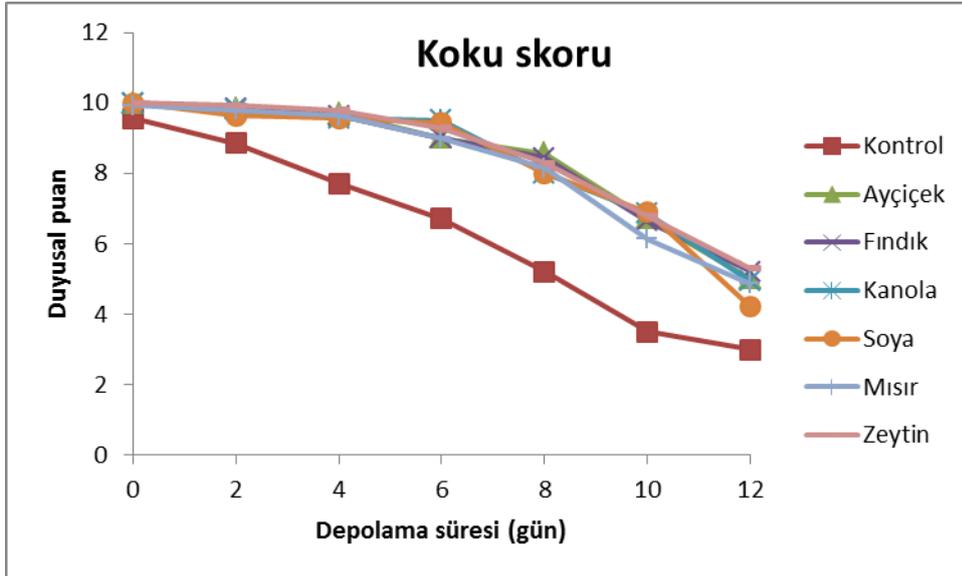
Benzer sonuçlar Yazgan (2013) tarafından yapılan ayçiçek yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon ile muamele edilen levrek ve çipuradan elde edilmiştir. Çipuranın raf ömrünün kontrol grubu için 4 gün, muamele gruplarında ise 6 gün olduğunu rapor etmiştir. Levrek için ise kontrol grubu 5 gün muamele gruplarının 7 gün raf ömrüne sahip olduğu belirtilmiştir. Limbo vd. (2009) kültür levreğinin tazeliğini eriyen buzda 8 gün, 4.8 °C de 4 gün ve 16.5°C de 1 gün koruduğunu tespit etmişlerdir. Chang vd. (1998) levreğin raf ömrünün

5°C de 3 gün olduğunu, Çaklı vd. (2006) iç organı çıkartılmış veya çıkartılmamış levreklerin raf ömrünün 14 gün olduğunu rapor etmişlerdir.

4.1.4.2. Pişmiş Levrek Duyusal Değerlendirilmesi

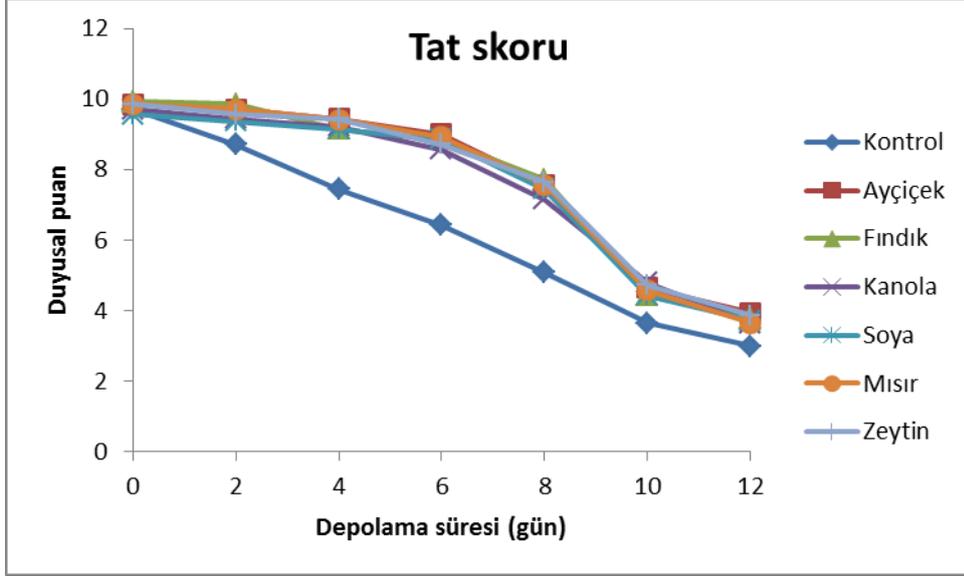
Şekil 2, 3, 4' de nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetosunun soğuk depolanması süresince duyusal (sırasıyla koku, tat ve tekstür) özelliklerindeki değişimleri göstermektedir. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam duyusal puanlar buzda depolanması süresince düşüş göstermiştir (Şekil 2). Gruplar arasında duyusal parametreler bakımından önemli farklılıklar gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması balığın lezzet ve aromasında herhangi olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Ancak genel kabul edilebilirlik bakımından nanoemülsiyon uygulanan levrek filetoları panelistler tarafından depolama süresince daha iyi puanlar almıştır.

Pişmiş balık filetoları çiğ filetolara benzer raf ömrüne sahip olmuştur. Levreğin raf ömrü kontrol grubunda 8 gün, nanoemülsiyon uygulanan grupta ise 10 gün olarak belirlenmiş olup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında nanoemülsiyon uygulaması depolama süresince daha yüksek puanlar almıştır.



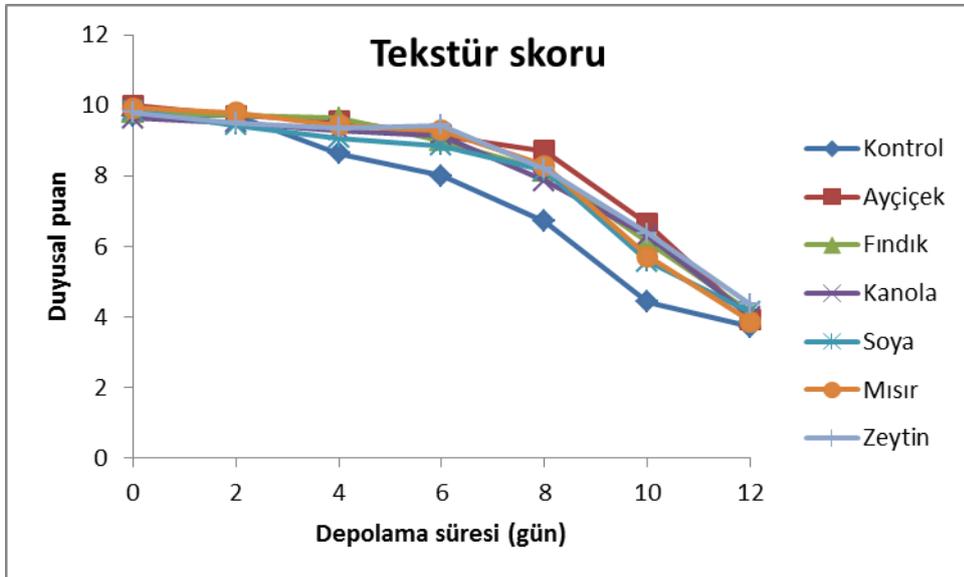
Şekil 2. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının koku skorundaki değişimler

Nanoemülsiyon uygulaması balığımsı kokuyu uzaklaştırarak pozitif bir etkiye sahip olmuştur (Şekil 2). Yağlar arasında bir fark gözlenmemesine rağmen koku skoru muamele gruplarında hızlı bir şekilde azalmaya neden olmamıştır.



Şekil 3. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının tat skorundaki değişimler

Depolama süresince pişmiş levrek filetosunda nanoemülsiyon uygulaması kontrol grubu ile karşılaştırıldığında panelistler tarafından daha çok tercih edilmiş ve tat, koku ve tekstür skorları depolama boyunca daha yüksek puanlar almıştır (Şekil 2,3,4). Nanoemülsiyon uygulaması levreğin tatında, kokusunda ve tekstüründe olumlu bir etkiye sahip olmuştur. Koku, tat ve tekstür skorları kontrol grubunun red edildiği 8. günde sırasıyla 5.21, 5.07 ve 6.71 olarak bulunmuştur. Muamele gruplarının red edildiği 10. günde ise koku skoru 6.14 (mısır)-6.9 (soya), tat skoru 4.43 (fındık ve soya)-4.71 (zeytin) ve tekstür skoru ise 5.57 (soya)- 6.64 (ayçiçek) olarak tesbit edilmiştir.



Şekil 4. Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetolarının tekstür skorundaki değişimler

Tekstür balık etinin kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Yumuşak balık eti hiç şüphesiz tüketici tarafından kabul edilmez ve dolayısıyla balık işleyen fabrikalar için ise kalite kaybı olarak değerlendirilmektedir (Chen vd. 2014). Balık tekstürü karışık bir terim olup birbirleri ile ilişkili fiziksel parametreleri içermektedir. Bunlar sertlik, sululuk, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik, sakızlanma.

4.1.4. Kimyasal Değerlendirme

4.1.4.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N)

Tablo 8 levreğin soğukta depolanması süresince TVB-N değerindeki (mg/ 100g) değişimlerini göstermektedir. TVB-N değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde TVB-N değeri tüm gruplar için 20.66 mg/ 100g iken depolamanın 12. gününde kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin için sırasıyla 66.87, 53.16, 55, 50.23, 62.19, 61.41, 50.92 mg/ 100g olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda depolama süresi boyunca 2. ve 4. günde istatistiksel farklılık gözlenmezken diğer günlerde istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Ayçiçek grubunda ise depolamanın 2, 4 ve 6. Günlerinde istatistiksel farklılık yokken diğer günler de mevcuttur. Fındık ve soya grubunda 0. ve 4. ile 2. ve 6. günler arasında fark yokken depolamanın diğer günlerinde istatistiksel farklılıklar vardır. Kanola ve zeytin gruplarına bakıldığında depolamanın 4. gününden sonra günler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. Mısır grubunda depolamanın 4. ve 6. ile 8. ve 10. günleri arasında istatistik fark yokken diğer günlerde istatistiksel fark belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde kanola ve zeytin gruplarının arasında istatistiksel fark yok iken diğer gruplar ile arasında fark belirlenmiştir. 4. gününe bakıldığında kontrol grubunun diğer gruplar ile istatistiksel farklılık olduğu gözlenmektedir. Depolamanın 6. gününde kontrol ve mısır grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık göstermektedir. Depolamanın 8. gününe gelindiğinde fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları arasında istatistiksel fark yok iken kontrol ve ayçiçek grupları arasında istatistiksel fark belirlenmiştir. 10. güne bakıldığında zeytin grubunun fındık ve soya grubu arasında fark gözlenmezken diğer gruplar arasında istatistiksel fark olduğu gözlenmiştir. Depolamanın son gününe gelindiğinde kontrol grubu ile diğer gruplar arasında fark gözlenirken, soya ve mısır grupları arasında istatistiksel fark belirlenmemiştir.

Balık etinde depolama sonuna kadar 35 mg/100 g'ın altında TVB-N limiti önerilmektedir (ECC 1995). Bu çalışmada kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan grupların duyusal olarak kontrol grubunun red edildiği 8. günde TVB-N değeri 36.24 mg/100g ve muamele gruplarının red edildiği 10. gününde TVB-N değerleri en düşük 34.10 mg/100g mısır için ve en yüksek 44.34 mg/100g soya için bulunmuştur. TVB-N için önerilen maksimum değer (35 mg/100 g) kontrol grubunda 8. günde, diğer gruplar için 10 günde aşılmıştır.

Tablo 8. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetoalarının soğukda depolanması süresince (2±2 °C) TVB-N değeriindeki (mg/ 100g) değışimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}	20.66±1.04 ^{E,a}
2	25.63±1.06 ^{D,ab}	24.20±0.82 ^{D,b}	24.48±0.84 ^{D,ab}	20.53±0.90 ^{E,c}	24.17±0.26 ^{D,ab}	25.75±0.50 ^{C,a}	20.93±0.69 ^{DE,c}
4	26.36±1.46 ^{D,a}	23.91±1.51 ^{D,b}	19.59±0.70 ^{E,c}	23.55±0.18 ^{D,b}	20.17±0.77 ^{E,c}	23.32±0.39 ^{D,b}	23.69±1.89 ^{D,b}
6	27.90±0.09 ^{D,a}	23.91±0.43 ^{D,bc}	23.25±0.35 ^{D,c}	23.53±0.38 ^{D,bc}	24.44±0.69 ^{D,b}	21.64±0.63 ^{DE,d}	23.04±0.71 ^{DE,c}
8	36.24±1.34 ^{C,a}	30.18±1.06 ^{C,c}	33.41±0.76 ^{C,b}	34.08±0.71 ^{C,b}	34.24±1.06 ^{C,b}	33.87±0.99 ^{B,b}	33.56±1.44 ^{C,b}
10	47.74±1.47 ^{B,a}	39.04±1.46 ^{B,d}	41.84±1.40 ^{B,c}	36.72±0.89 ^{B,e}	44.34±1.76 ^{B,b}	34.10±0.66 ^{B,f}	43.73±1.23 ^{B,bc}
12	66.87±2.57 ^{A,a}	53.16±1.98 ^{A,cd}	55.00±1.19 ^{A,c}	50.23±1.33 ^{A,d}	62.19±0.43 ^{A,b}	61.41±2.34 ^{A,b}	50.92±2.86 ^{A,d}

^{a-b} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Çaklı vd. (2006) iç organı çıkartılmış levreğin TVB-N değeriinin depolama boyunca arttığını rapor etmiştir. Bununla beraber Castro vd. (2006)'da eriyen buzda depolanan Avrupa levreğinin TVB-N düzeyinin değışmediğini belirtmiştir. Levrek için diğer araştırmacılar da benzer sonuçlar bulmuşlardır (Kyraa Lougovois 2002; Papadopoulou vd. 2003; Mendes ve Gonçalves 2008). TVB-N Avrupa levreği için iyi bir tazelik parametresi olmadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada TVB-N değeri Avrupa Komisyonunun belirlediği sınır değeri (35 mg N 100 g⁻¹) aştığı gözlenmiştir. Kontrol grubu nanoemülsiyon ile muamele edilen gruba göre daha çabuk bozulmuştur. Yazgan (2013) ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonun levrek filetosu üzerine etkisini araştırmış ve benzer sonuçlar elde etmiştir. Joe vd. (2012) ayçiçek yağına dayalı oluşturulan nanoemülsiyonun uskumrunun raf ömrüne ve kalitesine etkisini araştırmışlardır. TVB-N değeriinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu tesbit etmişlerdir.

4.1.4.2. Peroksit Değeri (PV)

Tablo 9 soğukta (2±2 °C) depolanan nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki peroksit değeri (PV) değışimlerini göstermektedir. Peroksit değeri (PV) ile ölçülen hidroperoksitler, yağların oksidasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Peroksit değeriinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur (p<0.05). Tüm gruplarda 0. gün PV değeri 3.93 meq/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek PV değeri 10. günde kontrol için 20.05 meq/kg ve nanoemülsiyon uygulanan ayçiçek grubu için 12.42 meq/kg olarak bulunmuştur.

Kontrol grubunda depolamanın 10. gününde PV değerinde artış ve 12. gününde ise bir düşüş gözlenmiştir. Ayçiçek grubunda depolamanın 0., 2. ve 4. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Yine aynı şekilde depolamanın 8., 10. ve 12. günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Fındık ve mısır grubunda ise her iki grup içinde depolamanın 0., 2. ve 4. gününde günler arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Kanola ve soya grubunda depolama süresi boyunca dalgalanmalar gözlenmiştir. Zeytin grubunda depolamanın 6. (10.64 meq/kg) ve 10. (11.01 meq/kg) günlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken en yüksek değerler bu günlerde belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde kontrol, kanola, mısır ve zeytin arasında istatistiksel farklılık yok iken diğer gruplarla istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde kontrol ve soya grubu sırasıyla 5.83 ve 5.70 meq/kg olarak belirlenmiştir. Bu gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Fındık, kanola ve mısır arasında depolamanın 6. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın 8. gününde en düşük değer (5.59 meq/kg) zeytin grubunda bulunmuştur. Ayçiçek, mısır ve zeytin grupları arasında depolamanın 10. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın son gününde ise 8. günde olduğu gibi gruplar arasında en düşük değere zeytin grubu sahiptir ve diğer gruplarla arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$).

Gracey vd. (1999) 5 meq O_2 /kg'ın altında olan peroksit değerine sahip olan yağların taze olduğu ya da hidroperoksitlerin ketonlara indirgendiğini, 5 ve 10 meq O_2 /kg arasında peroksit değerine sahip yağların ise acılaşmaya başladığını rapor etmiştir. Peroksit değeri yüksek olan yağlar ikincil oksidasyon başlamadığı sürece kokusuz olabilirler ancak ikincil oksidasyonun başladığı ileri aşamalarda peroksit değeri düşük olup yağ acılaşmıştır. Çalışmanın 2. gününden itibaren kontrol ve muamele grupları arasında istatistiksel olarak farklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu çalışmada depolama süresince PV değeri, fındık ve mısır hariç tüm gruplar için dalgalanma göstermiş olup depolamanın sonunda (12. gün) peroksit değerinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. Fındık, ve mısır gruplarında peroksit değeri depolama boyunca düzenli artış gözlenmiştir. Diğer gruplarda depolama süresinin sonlarında azalma gözlenmiş olup bu azalmanın birincil ürünlerin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden dolayı olabileceği gibi birincil ürünler olan hidroperoksitlerin proteinlerle reaksiyona girmesinden kaynaklanabileceği (Refsgaard vd. 2000; Saeed vd. 1999) rapor edilmiştir.

Tablo 9. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince ($2\pm 2^{\circ}\text{C}$) peroksit değerlerindeki (PV) değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X}\pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X}\pm S_x$	Fındık $\bar{X}\pm S_x$	Kanola $\bar{X}\pm S_x$	Soya $\bar{X}\pm S_x$	Mısır $\bar{X}\pm S_x$	Zeytin $\bar{X}\pm S_x$
0	3.93±0.42 ^{Ea}	3.93±0.42 ^{Ca}	3.93±0.42 ^{Da}	3.93±0.42 ^{Da}	3.93±0.42 ^{Ca}	3.93±0.42 ^{Da}	3.93±0.42 ^{Da}
2	5.18±0.42 ^{Da}	2.47±0.39 ^{Cc}	3.08±0.42 ^{Dbc}	5.24±0.58 ^{Ca}	3.44±0.32 ^{Cb}	4.36±0.15 ^{Da}	5.23±0.69 ^{Ca}
4	5.83±0.59 ^{Da}	3.85±0.73 ^{Cbc}	3.44±0.56 ^{Dbc}	3.19±0.20 ^{Dc}	5.70±0.96 ^{Ba}	4.50±0.31 ^{Db}	3.05±0.43 ^{Dc}
6	12.92±0.77 ^{Ca}	9.57±0.83 ^{Bbc}	7.77±0.51 ^{Cd}	6.86±0.52 ^{Bd}	9.10±0.65 ^{Ac}	6.79±0.91 ^{Cd}	10.64±0.83 ^{Ab}
8	16.51±0.19 ^{Ba}	12.17±1.05 ^{Ab}	9.95±0.60 ^{Bc}	7.82±0.83 ^{Bd}	10.06±0.53 ^{Ac}	10.36±1.00 ^{Bc}	5.59±0.72 ^{Ce}
10	20.05±0.82 ^{Aa}	12.42±1.35 ^{Ab}	8.66±0.46 ^{Cd}	9.38±0.95 ^{Acd}	9.39±0.90 ^{Acd}	11.25±0.47 ^{Bb}	11.01±0.95 ^{Abc}
12	13.24±0.79 ^{Ca}	11.69±1.41 ^{Ab}	11.16±0.43 ^{Abc}	9.07±0.61 ^{Ade}	9.87±0.24 ^{Acd}	12.33±0.54 ^{Aab}	7.75±0.74 ^{Be}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir. $\bar{X}\pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

4.1.4.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA)

Tiyobarbitürik asit (TBA) ikincil lipid oksidasyon derecesini (malonaldehit içeriği) ölçen bir balık tazelik indikatörüdür. Tablo 10 nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğuk depolanması süresince ($2\pm 2^{\circ}\text{C}$) TBA değerindeki değişimleri göstermektedir. TBA değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bu çalışmada tüm gruplar için başlangıç TBA değeri 0.48 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda depolamanın 6. gününde 0.65 mg MA/kg ile en yüksek değer elde edilmiş ve depolamanın diğer günleri arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Ayçiçek grubunda depolamanın 2. ve 8. günleri ile 4. ve 10. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Fındık grubunda en yüksek değer 0.61 mg MA/kg (6. gün) en düşük değer depolamanın 4. gününde belirlenmiştir (0.48 mg MA/kg). Kanola grubunda depolamanın 6. 8. ve 12. gününde günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken bu günler ile depolamanın diğer günleri arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir ($p<0.05$). Soya grubu ayçiçek grubundan sonra depolamanın 6. gününde en yüksek değere (0.70 mg MA/kg) sahip olmuştur. Mısır grubunda depolamanın 0. 4. 8. ve 10. gününde günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Zeytin grubunun en yüksek değerleri 0.66 mg MA/kg olarak depolamanın 4 ve 6. gününde belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde kontrol fındık kanola ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmamış iken en yüksek değer 0.57 mg MA/kg ile ayçiçek grubu olmuştur. Depolamanın 4. gününe ayçiçek kanola ve zeytin grupları arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Fakat bu gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 6. gününde

ayçiçek ve soya grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken bu grupların TBA değerleri maksimum değerlere ulaşmıştır. Depolamanın 8. gününde ayçiçek ve kontrol arasında istatistik farklılık varken diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Depolamanın 10. gününde kanola ve ayçiçek arasında istatistik farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak bu iki grup ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde kontrol ayçiçek fındık ve kanola arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Levrek etindeki TBA değeri depolama süresince bir çok balık türü için tüketilebilir sınır olarak bildirilen 7-8 mg malonaldehit/kg'ın (Varlık vd.1993) çok altında kalmıştır (<075 MA/kg).

Tablo 10. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince (2 ± 2 °C) TBA değerlerindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	0.48±0.03 ^{CDa}	0.48±0.03 ^{Da}	0.48±0.03 ^{Ca}	0.48±0.03 ^{Ca}	0.48±0.03 ^{CDa}	0.48±0.03 ^{CDa}	0.48±0.03 ^{Ca}
2	0.46±0.01 ^{Dc}	0.57±0.02 ^{Ca}	0.47±0.03 ^{Cbc}	0.45±0.01 ^{Cc}	0.50±0.00 ^{BCDb}	0.57±0.06 ^{Ba}	0.48±0.01 ^{Cbc}
4	0.58±0.05 ^{Bb}	0.64±0.08 ^{Ba}	0.48±0.01 ^{Cc}	0.65±0.03 ^{Aa}	0.52±0.05 ^{BCc}	0.49±0.02 ^{CDc}	0.66±0.05 ^{Aa}
6	0.65±0.03 ^{Abc}	0.75±0.09 ^{Aa}	0.61±0.04 ^{AcD}	0.55±0.02 ^{Bd}	0.70±0.03 ^{Aab}	0.63±0.04 ^{Ac}	0.66±0.08 ^{Abc}
8	0.52±0.04 ^{Cb}	0.57±0.01 ^{Ca}	0.56±0.04 ^{Bab}	0.55±0.01 ^{Bab}	0.53±0.03 ^{Bb}	0.52±0.02 ^{BCb}	0.54±0.03 ^{Bab}
10	0.58±0.02 ^{Bcd}	0.63±0.02 ^{Bab}	0.57±0.03 ^{ABcd}	0.67±0.03 ^{Aa}	0.54±0.03 ^{Bde}	0.52±0.08 ^{Bce}	0.61±0.05 ^{Abc}
12	0.52±0.05 ^{Cab}	0.52±0.02 ^{CDab}	0.55±0.06 ^{Ba}	0.53±0.03 ^{Bab}	0.46±0.03 ^{Dc}	0.45±0.01 ^{Dc}	0.48±0.04 ^{Cbc}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-D} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Balık etinde genellikle TBA değeri 1–2 mg MA kg⁻¹ normal koku ve aroma için limit olduğu belirtilmiştir (Moini vd. 2009). Bu çalışmada bütün örnekler için çok düşük TBA değeri gözlenmiştir (<0.75 mg MA kg⁻¹). Bu durum oksidasyonun az olduğunu göstermektedir. Kyrana ve Lougovois (2002) yaptığı çalışmada 22 gün boyunca buzda depolanan levrek için TBA değerlerinin 0.37-0.65 MA kg⁻¹ arasında değiştiğini rapor etmiştir. Çaklı vd. (2006) iç organı çıkartılmış levrek için TBA değerinin 0.83 den 2.48 MA kg⁻¹, iç organı çıkartılmamış levrek için ise 1.27 den 2.66 MA kg⁻¹ yükseldiğini tespit etmişlerdir.

4.1.4.4. Serbest Yağ Asitleri (FFA)

Yağ asitleri kokulu uçucu bileşiklere dönüşebildiği için serbest yağ asitlerinin varlığı lipitlerin hidrolizinden kaynaklanır (Lindsay 1991). Balık etinin içerdiği serbest yağ asitleri depolama süresince artış gösterdiğinden dolayı serbest yağ asitleri miktarı ile balık tazelik kaybı arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir (Barassi vd. 1987; Özogul vd. 2005). Tablo 11 soğukda (2 ± 2 °C) depolanan nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki serbest yağ asitleri (FFA) değişimlerini göstermektedir. FFA değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 0. günü FFA değeri tüm gruplar için %3.6 olarak tespit edilmiş olup depolamanın son gününde ise kontrol grubunda FFA değeri %8.65 ve nanoemülsiyon uygulaması olan levrek filetosunda FFA değerleri minimum %5.01 zeytin için ve maksimum %9.32 fındık için tesbit edilmiştir. Kontrol grubunda depolama süresi boyunca 2. ve 6. günlerde istatistiksel farklılık bulunmazken ($p>0.05$) diğer günler arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Ayçiçek grubu için depolamanın 6. 8. ve 10. gününde istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Bu grup için en yüksek FFA değeri depolamanın 12. gününde %7.94 olarak bulunmuştur. Fındık grubunda en düşük değer depolamanın 2. gününde %2.96 belirlenmiştir. Bu grubda 0. ve 4. günler arasında istatistiksel farklılık yokken diğer günler arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Kanola grubunda 0. ve 12. günler arasında istatistiksel farklılık varken diğer günlerin kendi arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir. Soya grubunda ise depolamanın 4. 6. ve 8. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken ($p>0.05$) bu günler ile diğer günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Mısır grubunda depolamanın en yüksek değerini depolamanın 12. gününde elde ederken (%8.75) zeytin grubunda ise depolamanın 10. gününde en yüksek değer (%5.53) gözlenmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel farklılıklara baktığımız zaman depolamanın 2. gününde kontrol grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 4. gününde mısır grubu en yüksek FFA değerine sahiptir (%6.63) ve mısır grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 6. gününde kontrol soya ve mısır grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken bu gruplar ile kanola ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Kontrol ayçiçek ve fındık grupları arasında depolamanın 8. gününde istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Bu gruplar ile mısır ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 10. gününde kontrol ayçiçek fındık mısır ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın son gününde fındık grubu en yüksek değerine sahip olduğu (%9.32) belirlenmiştir. En düşük değere ise zeytin grubu (%5.01) sahiptir ve bu grup ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). FFA değerlerinde depolama boyunca fındık ve ayçiçek grupları hariç diğer gruplarda dalgalanmalar gözlenmiş olup genel olarak depolama boyunca FFA değeri artmıştır. Kyrana ve Lougovois (2002) iç organı çıkartılmamış

levrek için FFA değerinin 12 gün depolama sonunda 1.78 den 3.21'e yükseldiğini ve 15 gün depolama sonunda ise maksimum değer 9.87'ye yükseldiğini ve depolama sonunda ise FFA miktarının hızlı bir şekilde düştüğünü tespit etmişlerdir.

Tablo 11. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince (2 ± 2 °C) serbest yağ asitlerindeki (FFA) değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	3.60±0.20 ^{Ea}	3.60±0.20 ^{Ca}	3.60±0.20 ^{Ca}	3.60±0.20 ^{Ca}	3.60±0.20 ^{Da}	3.60±0.20 ^{Da}	3.60±0.20 ^{Ea}
2	5.46±0.69 ^{Bca}	2.48±0.07 ^{De}	2.96±0.10 ^{Cde}	4.55±0.59 ^{Bb}	3.60±0.30 ^{Dcd}	3.99±0.32 ^{Dbc}	4.57±0.53 ^{Bcd}
4	4.41±0.54 ^{Dc}	4.27±0.51 ^{Ccd}	3.39±0.26 ^{Cd}	4.71±0.38 ^{Bbc}	5.60±0.83 ^{Cb}	6.63±0.51 ^{Ba}	3.95±0.32 ^{DEcd}
6	5.68±0.36 ^{Bca}	5.34±0.50 ^{Bab}	5.22±0.46 ^{Bab}	4.70±0.41 ^{Bb}	5.66±0.27 ^{Ca}	5.52±0.32 ^{Ca}	4.65±0.31 ^{BCb}
8	5.17±0.12 ^{Cb}	5.42±0.46 ^{Bab}	5.53±0.14 ^{Bab}	4.63±0.24 ^{Bc}	5.03±0.29 ^{Cbc}	5.75±0.09 ^{Ca}	4.13±0.30 ^{CDEd}
10	6.15±0.24 ^{Bab}	5.67±0.37 ^{Bbc}	5.74±0.55 ^{Bbc}	5.07±0.31 ^{Bc}	6.93±0.22 ^{Ba}	6.21±0.73 ^{BCab}	5.53±0.34 ^{Abc}
12	8.65±0.22 ^{Ab}	7.94±0.65 ^{Ab}	9.32±0.76 ^{Aa}	6.54±0.43 ^{Ac}	8.00±0.88 ^{Ab}	8.75±0.29 ^{Ab}	5.01±0.43 ^{ABd}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

4.1.4.5.pH

Postmortem süresince pH'da gözlenen düşüş balık öldükten sonra oluşan glikogenoliz ile ilişkili olmaktadır (Ruiz-Capillas ve Moral 2001). Canlı balık kasında pH değeri 7'ye yakinken postmortem aşamasında mevsim balık türü ve diğer faktörlere bağlı olarak 6.0 ile 7.1 arasında değişebilir (Simeonidou ve vd. 1998). Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğuk (2 ± 2 °C) depolanması süresince pH değerindeki değişimler Tablo 12' de verilmiştir. Mevcut çalışmada başlangıç pH değeri 6.36 olarak gözlenmiştir. pH değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunda depolama günleri boyunca günler arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Tüm gruplarda pH değerinde günlere bağlı olarak artış gözlenmektedir ve istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 2. gününde kontrol ve ayçiçek grupları arasında istatistiksel bir farklılık olmasına rağmen diğer gruplar arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Depolamanın 4. gününde ayçiçek fındık kanola ve soya gruplarında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Depolama süresi boyunca 0. gün hariç kontrol grubunun pH değeri diğer gruplar ile arasında istatistiksel bir farklılık

olduğu belirlenmiştir ve kontrol grubunun pH değeri tüm gruplar arasında en yüksek değere sahiptir. Depolamanın 8. gününde fındık mısır ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Ancak bu gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde ise ayçiçek fındık kanola ve mısır arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir.

Tablo 12. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince (2 ± 2 °C) pH değerindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	6.36±0.21 ^{Ga}	6.36±0.21 ^{Fa}	6.36±0.21 ^{Ea}	6.36±0.21 ^{Fa}	6.36±0.21 ^{Da}	6.36±0.21 ^{Ea}	6.36±0.21 ^{Da}
2	6.51±0.02 ^{Fa}	6.39±0.01 ^{Fb}	6.45±0.04 ^{Eab}	6.48±0.10 ^{EFab}	6.38±0.10 ^{DEb}	6.41±0.06 ^{Eab}	6.41±0.08 ^{Dab}
4	6.79±0.08 ^{Ea}	6.60±0.08 ^{Ebc}	6.63±0.06 ^{Db}	6.53±0.06 ^{DEbcd}	6.48±0.11 ^{CDEbcd}	6.42±0.10 ^{Ed}	6.44±0.18 ^{Dcd}
6	7.02±0.05 ^{Da}	6.81±0.09 ^{Db}	6.75±0.07 ^{CDbc}	6.65±0.07 ^{CDcd}	6.55±0.04 ^{CDd}	6.69±0.09 ^{Dc}	6.71±0.07 ^{Cbc}
8	7.38±0.01 ^{Ca}	7.04±0.05 ^{Cb}	6.85±0.07 ^{Cc}	6.71±0.05 ^{Cd}	6.61±0.08 ^{Ce}	6.88±0.10 ^{Cc}	6.82±0.05 ^{Cc}
10	7.64±0.01 ^{Ba}	7.34±0.13 ^{Bbc}	7.28±0.11 ^{Bbc}	7.39±0.05 ^{Bb}	7.20±0.08 ^{Bc}	7.31±0.08 ^{Bbc}	7.24±0.09 ^{Bc}
12	7.78±0.01 ^{Aa}	7.61±0.05 ^{Abc}	7.60±0.04 ^{Abc}	7.65±0.05 ^{Ab}	7.55±0.10 ^{AcD}	7.65±0.09 ^{Ab}	7.48±0.02 ^{Ad}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-F} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Çaklı vd. (2006), 14 gün boyunca buzda depolanan iç organı çıkartılmış levreklerde pH değerini 6.36-6.67 arasında ve iç organı çıkartılmamış levreklerde ise pH değerinin 6.35-6.73 olarak rapor etmişlerdir. Kyrana ve Lougovois (2002) ise iç organı çıkartılmadan 22 gün boyunca depolanan levreklerde ise pH değerinin 6.39-6.69 arasında olduğunu tesbit etmişlerdir. Balıklarda azotlu bileşiklerin parçalanması sonucu pH değerinde artışlar gözlenir. Bu çalışmada da uçucu bileşiklerin meydana gelmesi sonucu pH değerinde artışlar gözlenmiştir. Muamele grupları içerisinde soya yağı ve zeytin yağı daha düşük pH değerlerine sahip olmuştur. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında nanoemülsiyon gruplarının pH değerleri daha düşüktür. Bunun nedeni nanoemülsiyonların mikroorganizmaların büyümesi üzerine negatif etki göstermesi ve dolayısıyla uçucu bileşiklerin oluşumunu geciktirmesidir.

4.1.4.6. Su Tutma Kapasitesi

Diğer tüm gıdalarda olduğu gibi etin bileşimini de büyük oranda su bulunmaktadır. Etteki su miktarı %70–80 arasında değişmektedir (Honikel 1988). Ekonomik ve teknolojik nedenlerle suyun mümkün olduğunca yapıda tutulması arzu edilir. Etin doğal olarak sahip olduğu suyu bünyesinde tutabilme becerisine etin “su tutma kapasitesi” denir (Hamn 1986).

Tablo 13 levreğin depolanması süresince su tutma kapasitesindeki değişimleri göstermektedir. Su tutma kapasitesi değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın ilk gününde tüm gruplar için su tutma kapasitesi değeri %21.59 olarak bulunmuştur. Ayçiçek ve fındık grubu hariç diğer gruplar depolama süresi boyunca su tutma kapasitesi değerlerinde azalma gözlenmiştir. Ancak ayçiçek ve fındık grubu depolamanın 6. günü ve sonrasında düzenli bir azalma gözlenmiştir. Gruplar arasında depolamanın 2. gününde fındık grubunun diğer gruplar ile arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 4. gününde ise ayçiçek grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın tüm günlerine 0. gün ile 6. günde gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir. Depolamanın 10 ve 12. gününde kontrol hariç diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$).

Tablo 13. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetoalarının soğukta depolanması süresince (2 ± 2 °C) su tutma kapasitesindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	21.59±035 ^{Aa}	21.59±035 ^{ABa}	21.59±035 ^{Aa}	21.59±035 ^{Aa}	21.59±035 ^{Aa}	21.59±035 ^{Aa}	21.59±035 ^{Aa}
2	21.19±028 ^{Ab}	21.17±008 ^{Bb}	22.76±029 ^{Aa}	20.91±064 ^{Ab}	21.24±061 ^{Ab}	20.72±101 ^{ABb}	20.89±148 ^{ABb}
4	18.98±136 ^{Bb}	22.96±033 ^{Aa}	18.98±135 ^{Bb}	18.98±136 ^{Bb}	20.37±138 ^{ABb}	18.99±136 ^{BCb}	18.98±137 ^{Bb}
6	17.66±136 ^{Ba}	18.99±135 ^{Ca}	17.50±056 ^{Ca}	18.81±149 ^{Ba}	18.98±137 ^{Ba}	18.22±139 ^{CDa}	16.87±155 ^{Ca}
8	11.5±019 ^{Cd}	18.12±022 ^{Da}	13.75±023 ^{Dc}	17.33±096 ^{Bab}	15.93±130 ^{Cb}	16.68±151 ^{Dab}	15.86±035 ^{Cb}
10	10.63±101 ^{Cb}	14.46±130 ^{Ea}	13.30±118 ^{Da}	12.69±135 ^{Ca}	13.14±086 ^{Da}	12.73±092 ^{Ea}	13.40±098 ^{Da}
12	7.50±058 ^{Db}	10.50±118 ^{Fa}	11.08±099 ^{Ea}	11.10±075 ^{Ca}	10.25±084 ^{Ea}	9.87±083 ^{Fa}	10.35±095 ^{Ea}

^{a-d} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Kontrol grubunda su kaybı muamele gruplarına göre çok yüksektir ($p<0.05$). Fındık ve kanola yağı diğer gruplara göre daha yüksek su tutma kapasitesi değerlerine sahiptir. Nanoemülsiyon uygulaması levrek filetosunda su kaybını önlemiştir.

4.1.5.7. Biyojenik Aminler

Serbest aminoasitlerin mikrobiyal enzimlerle dekarboksilasyonu sonucu biyojenik aminler oluşmaktadır. Aminoasit dekarboksilasyon alfa-karboksil grubun uzaklaşmasıyla meydana gelir (Shalaby, 1996; Ozogul, 2004). Balık etinde bulunan aminoasitlerin enzimatik dekarboksilasyonu ile bir çok amin bileşikleri oluşmaktadır. Dekarboksilaz enzimi için gerekli olan substrat serbest aminoasitlerdir. Bu nedenle balığın bozulması veya ayrışması süresince, bakteriyel üretim, aminoasit dekarboksilasyon faaliyeti ve proteoliz aktivitesinden dolayı amino asitler serbest kalmakta ve biyojenik amin üretilmektedir (Ozogul, 2004). Biyojenik aminler toksik maddeler olduğundan insan ve hayvanlarda hastalığa yol açmaktadır. Biyojenik aminler sadece toksik etkilerinden dolayı önemli olmamakta, aynı zamanda gıdaların bozulma ve tazelik derecesini gösteren bir indikatördür (Halasz vd, 1994).

Tablo 14 nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukda depolanması boyunca amonyak ve biyojen amin değişimini göstermektedir. Depolama süresince ve gruplar arasında amonyak ve biyojen amin içeriği bakımından önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın başlangıcında balık etindeki amonyak miktarı 12.62 mg/100 g olup, depolama süresince amonyak miktarı önemli düzeyde artış göstermiştir. Depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için amonyak miktarı sırasıyla 90.96, 63.36, 63.58, 51.90, 48.21, 62.05, 66.19 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması amonyak üretimini önemli düzeyde düşürdüğü tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarının kontrol grubundan çok daha düşük amonyak değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 14).

Araştırma sonunda balık etinde en fazla miktarda bulunan biyojenik aminler putresin, kadaverin, spermidin, spermin, serotonin ve dopamin olarak tespit edilmiştir. Özoğul vd (2013) yapmış olduğu bir çalışmada depolama boyunca benzer biyojen aminler bulunmuştur. Kadaverin ve putresin gibi biyojenik aminler gıdalarda ve özellikle balık ve balık ürünlerinde çok önemli olmaktadır. Balıkta bakteriyel bozulma başlar başlamaz putresin ve kadaverin üretimi sürekli olarak artar. Bu nedenle bu aminler balık kalitesi için potansiyel bir indikatör olarak düşünülmektedir (Fernandez-Salguero vd 1987, Özoğul, 2004). Aynı zamanda putresin ve kadaverinin histamin toksikliğini artırdığı düşünülmektedir (Lehane ve Olley, 2000; Staruszkiewicz ve ark., 2004; Richard ve ark., 2011).

Balık etindeki başlangıç putresin değeri 1.40 mg/100 g olup, depolamana süresince artışlar gözlenmiştir. Depolama boyunca nanoemülsiyon muamele grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 12. gününde kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için putresin miktarı sırasıyla 84.12, 70.27, 55.11, 53.14, 62.60, 57.46 ve 43.45 mg/100 g olmuştur. Zeytin grubunun putresin değeri, nanoemülsiyon muamele grupları arasında depolamanın sonunda en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Depolamanın başlangıcında kadaverin değeri 0.89 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Depolama süresi ile birlikte bu değer artmıştır. Nanoemülsiyon muamele grupları arasında depolama süresince istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek kadaverin değeri depolamanın sonunda fındık grubunda 24.88 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 2. ve 10. günlerinde nanoemülsiyon muamele grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 12. gününde kontrol, kanola ve soya grupları arasında istatistiksel fark gözlenmezken, bu grupların diğer gruplar ile arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Balık etindeki spermidin düzeyi 8.66 ile 23.23 mg/100 g arasında değişkenlik göstermiştir. Depolama süresi ile bu değer artmıştır. Depolamanın 6. ve 12. günlerinde kontrol grubu spermidin düzeyi sırasıyla 8.68 ve 9.44 mg/100 g olarak tespit edilmiştir ve bu değerler nanoemülsiyon muamele gruplarının spermidin düzeyinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Depolamanın sonunda fındık ve kanola grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, diğer nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Ayrıca kanola grubu 13.54 mg/100 g spermidin düzeyi ile nanoemülsiyon muamele grupları arasında en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Spermin düzeyine baktığımız zaman depolamanın başlangıcında 11.49 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca spermin düzeyinde azalışlar ve artışlar gözlenmiştir. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık depolama süresince gözlenmiştir. En yüksek spermin düzeyi depolamanın 8. gününde 14.73 mg/100 g ile ayçiçek grubunda tespit edilmiş iken, en düşük spermin düzeyi ise kanola grubunda (5.64 mg/100 g) depolamanın 10. gününde belirlenmiştir.

FDA (1995) histaminin yasal limitini 5 mg/100 g olarak bildirmiştir. Histamin düzeyi, yapmış olduğumuz çalışmada depolamanın 8. günü dahil olmak üzere tespit edilememiştir. Fakat depolamanın sonunda ayçiçek grubu 1.18 mg/100 g histamin düzeyi ile en yüksek değerde bulunmuştur ve bu değer yasal sınırın altında kalmaktadır. Nanoemülsiyon muamele gruplarından zeytin grubunda depolama boyunca histamin belirlenememiştir.

Balık etindeki başlangıç serotonin ve dopamin düzeyi sırasıyla 5.86 ve 15.55 mg/100 g olarak bulunmuştur. Depolama süresi boyunca serotonin ve dopamin düzeylerinde dalgalanmalar gözlenmiştir ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek serotonin ve dopamin düzeyi sırasıyla depolamanın sonunda 17.71 ve 26.03 mg/100 g ile mısır grubunda olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 10. gününde ayçiçek, kanola ve soya gruplarında hem serotonin hem de dopamin bakımından istatistiksel farklılık gözlenmemiş iken ($p>0.05$), bu gruplar ile kontrol ve diğer nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir ($p<0.05$).

Deniz balıklarında yüksek miktarda trimetilaminoksit (TMAO) bulunur. TMAO miktarı balık türüne, cinsiyete, balığın avlandığı ortama, mevsime ve balık büyüklüğüne göre

değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Balık eti bozulmaya başladıkça bakteriler TMAO'yu TMA'ya dönüştürürler. TMA değerinin artışı ile birlikte balıkta, amonyak benzeri kötü koku ve balığımsı tat ön plana çıkmaktadır (Gram vd, 1996; Olafsdottir vd, 1997). Bu da balığın bozulmaya başladığının bir göstergesi olmaktadır. Balık etindeki başlangıç TMA düzeyi 4.52 mg/100g olarak tespit edilmiş iken, depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için TMA miktarı sırasıyla 46.99, 34.60, 22.33, 22.81, 25.93, 30.41 ve 34.17 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca TMA miktarında artış gözlenmiştir. Nanoemülsiyon ve kontrol grubu arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 6. gününde nanoemülsiyon muamele gruplarından kanola grubu hariç tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, kontrol grubu ile aralarında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarından en yüksek TMA miktarı depolamanın 12. gününde 34.60 mg/100g değerle ayçiçek grubu olduğu tespit edilmiştir. Tüm depolama boyunca nanoemülsiyon muamele gruplarının TMA miktarı kontrol grubunun TMA miktarından düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 14. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının soğukta depolanması süresince (2±2 °C) biyojenik amin miktarındaki değişimler

Günler	AMN	PUT	KAD	SPD	TRP	PHEN	SPN	HİS	SER	TYR	TMA	DOP	AGM	Grup
0	12.62±1.19	1.40±0.13	0.89±0.82	8.66±0.74	0.00±0.00	0.00±0.00	11.49±1.10	0.00±0.00	5.86±0.19	0.00±0.00	4.52±0.28	15.55±0.83	1.62±0.07	K
2	14.28±1.34 ^b	3.90±0.10 ^b	1.05±0.05 ^c	11.74±0.48 ^b	0.44±0.04 ^c	0.00±0.00 ^a	11.63±0.26 ^c	0.00±0.00 ^a	8.59±0.23 ^b	2.72±0.14 ^a	5.23±0.03 ^a	18.02±2.62 ^a	2.34±0.59 ^c	K
	13.73±0.75 ^b	0.00±0.00 ^e	1.10±0.09 ^c	10.87±0.64 ^c	0.35±0.08 ^d	0.00±0.00 ^a	12.96±0.73 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	9.91±0.45 ^a	1.19±0.10 ^{cde}	4.14±0.04 ^d	17.70±0.94 ^a	2.62±0.24 ^b	A
	14.80±0.55 ^b	2.44±0.15 ^c	0.70±0.03 ^d	12.73±0.11 ^a	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^a	14.66±0.70 ^a	0.00±0.00 ^a	6.15±0.55 ^d	1.29±0.06 ^{cd}	4.14±0.06 ^d	12.35±0.44 ^c	2.38±0.10 ^b	F
	13.99±0.52 ^b	6.66±0.50 ^a	3.80±0.12 ^a	9.87±0.22 ^d	0.77±0.07 ^a	0.00±0.00 ^a	13.60±0.38 ^{ab}	0.00±0.00 ^a	7.34±0.50 ^c	1.58±0.16 ^b	4.23±0.02 ^c	12.85±0.85 ^c	2.62±0.27 ^b	KAN
	16.05±0.35 ^a	2.15±0.19 ^c	0.27±0.03 ^e	9.01±0.78 ^{de}	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^a	13.86±1.21 ^{ab}	0.00±0.00 ^a	8.36±0.13 ^b	1.12±0.08 ^{de}	4.48±0.08 ^b	16.75±1.01 ^{ab}	3.42±0.09 ^a	S
	14.29±0.39 ^b	6.74±0.50 ^a	2.57±0.18 ^b	8.20±0.06 ^e	0.25±0.00 ^e	0.00±0.00 ^a	12.53±0.27 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	5.92±0.38 ^d	1.34±0.04 ^c	0.00±0.00 ^e	14.48±0.96 ^{bc}	3.24±0.11 ^a	M
	14.06±0.28 ^b	0.82±0.03 ^d	0.86±0.06 ^d	9.82±0.62 ^d	0.56±0.04 ^b	0.00±0.00 ^a	11.79±1.07 ^c	0.00±0.00 ^a	7.61±0.40 ^c	1.01±0.10 ^e	4.08±0.02 ^d	16.10±1.50 ^{ab}	2.10±0.09 ^b	Z
4	20.93±1.95 ^a	4.60±0.02 ^a	1.57±0.01 ^a	14.51±0.22 ^{cd}	1.80±0.04 ^a	0.00±0.00 ^b	10.88±0.21 ^b	0.00±0.00 ^a	13.85±0.31 ^a	0.93±0.03 ^c	18.79±0.04 ^a	16.99±1.06 ^c	3.84±0.17 ^a	K
	16.83±1.27 ^{bc}	0.57±0.05 ^d	0.00±0.00 ^e	13.77±0.79 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^b	9.31±0.85 ^c	0.00±0.00 ^a	10.74±0.87 ^c	1.88±0.18 ^{bc}	12.51±1.06 ^d	14.22±0.89 ^d	3.64±0.37 ^a	A
	11.19±0.67 ^d	0.00±0.00 ^e	0.36±0.01 ^d	15.43±1.30 ^{bc}	0.85±0.06 ^b	0.51±0.01 ^a	9.71±0.82 ^c	0.00±0.00 ^a	11.33±0.90 ^{bc}	1.71±1.50 ^{bc}	15.65±0.37 ^b	17.44±1.41 ^c	3.66±0.14 ^a	F
	14.82±1.47 ^c	1.88±0.36 ^b	0.00±0.00 ^e	20.26±1.02 ^a	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^b	11.12±0.17 ^b	0.00±0.00 ^a	11.31±1.20 ^{bc}	3.42±0.17 ^a	16.02±1.56 ^b	20.51±1.42 ^b	3.24±0.33 ^b	KAN
	17.00±0.54 ^b	1.36±0.11 ^c	0.51±0.02 ^c	9.94±0.37 ^e	0.57±0.05 ^c	0.00±0.00 ^b	6.86±0.34 ^d	0.00±0.00 ^a	9.87±0.89 ^c	2.29±0.13 ^b	15.66±0.87 ^b	21.00±1.72 ^b	2.92±0.11 ^b	S
	12.36±0.51 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	11.22±0.96 ^e	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^b	10.93±0.59 ^b	0.00±0.00 ^a	12.98±0.23 ^a	1.65±0.05 ^{bc}	14.66±0.56 ^{bc}	21.47±1.88 ^{ab}	3.12±0.08 ^b	M
	15.28±0.42 ^{bc}	0.80±0.00 ^d	1.20±0.08 ^b	16.44±0.28 ^b	0.48±0.03 ^d	0.00±0.00 ^b	12.31±0.86 ^a	0.00±0.00 ^a	12.38±0.84 ^{ab}	1.32±0.05 ^{bc}	13.77±1.04 ^{cd}	23.51±0.48 ^a	2.09±0.14 ^c	Z
6	33.53±2.95 ^a	7.31±0.38 ^{ef}	1.63±0.08 ^b	8.68±0.66 ^e	1.16±0.06 ^a	0.57±0.01 ^a	11.05±0.20 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	12.15±0.18 ^d	1.40±0.02 ^d	26.22±0.02 ^a	20.58±1.35 ^{cd}	2.77±0.12 ^d	K
	24.26±1.78 ^b	6.87±0.36 ^f	0.73±0.05 ^c	9.34±0.34 ^{de}	0.23±0.01 ^e	0.00±0.00 ^c	9.09±0.45 ^d	0.00±0.00 ^a	14.86±0.76 ^c	3.02±0.14 ^a	20.12±0.78 ^b	19.54±1.28 ^d	3.09±0.08 ^d	A
	21.55±1.31 ^b	7.94±0.14 ^{de}	0.52±0.03 ^d	10.17±0.27 ^d	0.35±0.00 ^d	0.33±0.01 ^b	9.97±0.54 ^{cd}	0.00±0.00 ^a	15.14±0.36 ^{bc}	2.11±0.02 ^b	19.83±1.56 ^b	23.84±0.78 ^a	4.26±0.09 ^c	F
	23.96±0.36 ^b	16.07±0.22 ^a	2.00±0.07 ^a	18.12±0.27 ^a	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^c	13.78±0.74 ^a	0.00±0.00 ^a	16.21±0.53 ^{ab}	1.89±0.08 ^c	15.81±0.74 ^c	22.80±1.05 ^{abc}	5.24±0.34 ^b	KAN
	21.95±2.12 ^b	11.47±1.08 ^b	1.69±0.15 ^b	9.81±0.44 ^d	0.99±0.03 ^b	0.00±0.00 ^c	11.94±0.82 ^b	0.00±0.00 ^a	11.22±1.08 ^d	2.24±0.15 ^b	19.07±0.60 ^b	16.38±0.99 ^e	4.48±0.37 ^c	S
	17.57±1.14 ^c	8.87±0.40 ^d	0.27±0.00 ^e	15.70±0.9 ^b	0.76±0.07 ^c	0.00±0.00 ^c	14.07±0.63 ^a	0.00±0.00 ^a	16.72±0.94 ^a	1.87±0.15 ^c	20.57±0.50 ^b	21.29±1.87 ^{bcd}	7.46±0.07 ^a	M
	18.23±0.61 ^c	10.15±0.74 ^c	0.43±0.05 ^d	12.83±0.24 ^c	0.26±0.08 ^e	0.00±0.00 ^c	10.81±0.64 ^c	0.00±0.00 ^a	14.67±0.12 ^c	3.12±0.05 ^a	19.61±0.78 ^b	23.01±1.16 ^{ab}	4.24±0.07 ^c	Z

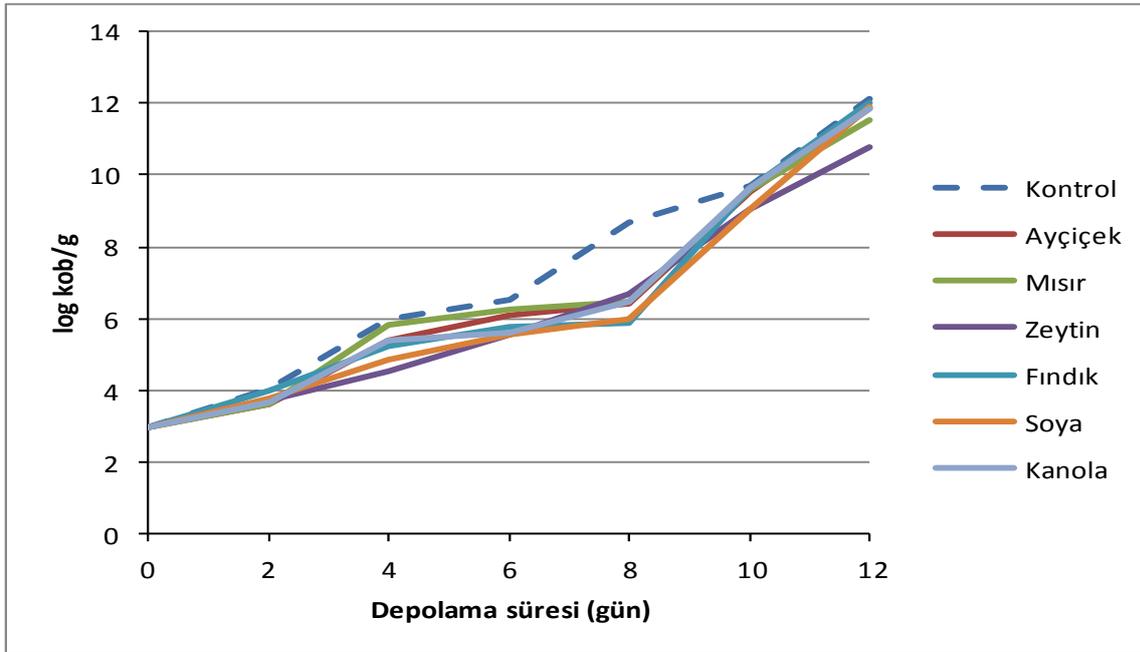
8	34.76±1.40 ^a	23.67±1.50 ^b	3.19±0.19 ^b	17.92±0.57 ^a	1.05±0.08 ^a	0.00±0.00 ^a	11.24±0.68 ^c	0.00±0.00 ^a	16.82±1.08 ^a	1.30±0.10 ^c	29.63±0.03 ^a	20.53±1.12 ^a	5.10±0.23 ^a	K
	27.39±1.03 ^b	23.82±1.93 ^b	4.46±0.21 ^a	17.06±1.46 ^{ab}	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^a	14.73±1.37 ^a	0.00±0.00 ^a	16.36±1.56 ^a	1.48±0.01 ^{bc}	10.89±0.76 ^d	20.05±1.30 ^{ab}	3.60±0.36 ^b	A
	24.99±0.69 ^{bc}	31.65±2.84 ^a	3.48±0.20 ^b	15.62±0.46 ^b	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^a	10.61±0.91 ^c	0.00±0.00 ^a	12.80±1.15 ^{bc}	1.52±0.12 ^b	16.95±0.86 ^b	17.97±1.23 ^b	3.16±0.13 ^c	F
	26.02±1.49 ^{bc}	21.22±0.67 ^b	3.52±0.15 ^b	16.49±0.99 ^{ab}	0.55±0.05 ^c	0.00±0.00 ^a	11.10±0.45 ^c	0.00±0.00 ^a	10.15±2.84 ^{cd}	0.86±0.05 ^d	17.79±0.55 ^b	18.74±1.21 ^{ab}	2.35±0.09 ^d	KAN
	23.92±1.63 ^c	22.46±0.53 ^b	3.50±0.35 ^b	12.32±0.63 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^a	11.39±0.66 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	9.29±0.06 ^d	1.42±0.14 ^{bc}	9.49±0.44 ^e	18.55±0.86 ^{ab}	2.80±0.24 ^c	S
	24.15±2.20 ^c	23.73±0.52 ^b	4.17±0.24 ^a	17.24±1.64 ^{ab}	0.24±0.02 ^d	0.00±0.00 ^a	12.87±0.74 ^b	0.00±0.00 ^a	12.71±1.21 ^{bc}	1.96±0.13 ^a	14.66±0.88 ^c	20.00±1.71 ^{ab}	2.94±0.17 ^c	M
	26.04±1.86 ^{bc}	23.23±1.50 ^b	2.61±0.23 ^c	17.40±1.10 ^{ab}	0.65±0.05 ^b	0.00±0.00 ^a	9.02±0.91 ^d	0.00±0.00 ^a	14.73±0.72 ^{ab}	2.04±0.08 ^a	15.45±0.95 ^c	18.87±0.87 ^{ab}	3.60±0.17 ^b	Z
10	85.15±5.60 ^a	56.34±1.97 ^a	15.08±0.98 ^a	19.77±0.68 ^a	1.58±0.70 ^a	0.00±0.00 ^b	12.47±1.01 ^a	0.00±0.00 ^b	13.89±0.84 ^a	1.02±0.07 ^a	38.75±0.15 ^a	20.45±1.91 ^a	2.26±0.04 ^a	K
	37.63±3.64 ^b	30.94±0.56 ^d	4.81±0.29 ^e	9.96±0.56 ^e	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	7.11±0.67 ^{cd}	0.00±0.00 ^b	7.07±0.69 ^d	1.05±0.06 ^a	17.52±1.34 ^f	17.32±1.03 ^b	1.51±0.05 ^c	A
	38.51±3.50 ^{Bb}	38.20±2.66 ^{bc}	7.63±0.44 ^d	11.63±0.42 ^{cd}	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	7.25±0.64 ^{cd}	0.59±0.01 ^a	8.42±0.13 ^c	0.45±0.01 ^b	27.84±2.42 ^d	13.94±1.07 ^c	0.93±0.04 ^d	F
	34.60±1.85 ^b	27.71±2.20 ^d	4.08±0.40 ^e	10.82±0.06 ^{de}	0.41±0.01 ^{bc}	0.00±0.00 ^b	5.64±0.45 ^d	0.00±0.00 ^b	6.70±0.31 ^d	0.31±0.53 ^b	19.81±0.47 ^f	17.37±1.18 ^b	1.88±0.11 ^b	KAN
	34.16±2.03 ^b	39.78±2.04 ^b	12.65±0.55 ^b	11.56±0.81 ^{cd}	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	8.32±0.42 ^{bc}	0.73±0.64 ^a	7.16±0.90 ^d	0.10±0.16 ^b	24.20±1.01 ^e	16.85±1.15 ^b	0.97±0.04 ^d	S
	33.02±2.53 ^b	35.31±1.72 ^c	13.21±1.11 ^b	12.48±1.01 ^{bc}	1.39±0.08 ^a	0.45±0.05 ^a	11.77±1.92 ^a	0.00±0.00 ^b	11.16±1.12 ^b	0.41±0.03 ^b	30.88±1.61 ^c	20.04±1.91 ^a	1.80±0.18 ^b	M
	32.37±1.91 ^b	28.67±2.53 ^d	10.30±0.13 ^c	13.73±1.20 ^b	0.58±0.03 ^b	0.00±0.00 ^b	9.76±0.10 ^b	0.00±0.00 ^b	6.60±0.46 ^d	0.22±0.03 ^b	33.67±0.67 ^b	15.17±1.17 ^{bc}	1.83±0.09 ^b	Z
12	90.96±6.85 ^a	84.12±2.10 ^a	18.08±2.46 ^b	9.44±0.31 ^f	0.33±0.03 ^c	0.00±0.00 ^c	13.67±1.00 ^a	0.21±0.01 ^e	6.84±0.61 ^e	1.16±0.05 ^d	46.99±0.19 ^a	25.34±2.08 ^{ab}	0.85±0.03 ^e	K
	63.36±2.85 ^b	70.27±1.68 ^b	24.88±0.92 ^a	17.90±1.68 ^c	0.35±0.05 ^c	1.25±0.07 ^a	9.48±2.19 ^b	1.18±0.08 ^a	11.01±0.31 ^c	0.80±0.13 ^e	34.60±1.78 ^b	19.53±0.67 ^c	1.01±0.11 ^e	A
	63.58±5.73 ^b	55.11±1.75 ^d	22.89±1.18 ^a	15.40±1.00 ^d	0.43±0.01 ^b	0.00±0.00 ^c	7.50±0.33 ^c	0.81±0.05 ^b	6.66±0.29 ^e	1.28±0.09 ^{cd}	22.33±0.66 ^e	22.70±1.41 ^b	1.37±0.15 ^d	F
	51.90±4.19 ^c	53.14±4.50 ^d	16.50±1.36 ^b	13.54±0.78 ^{de}	0.35±0.01 ^c	0.00±0.00 ^c	7.46±0.31 ^c	0.61±0.03 ^c	8.80±0.25 ^d	1.77±0.10 ^b	22.81±1.54 ^e	23.59±0.98 ^{ab}	2.50±0.21 ^b	KAN
	48.21±2.69 ^c	62.60±3.38 ^c	16.06±0.89 ^b	20.88±0.97 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c	8.23±0.37 ^b	0.51±0.04 ^d	8.49±0.44 ^d	1.47±0.07 ^c	25.93±1.30 ^d	24.62±2.05 ^{ab}	1.36±0.09 ^d	S
	62.05±2.91 ^b	57.46±3.15 ^d	23.80±1.00 ^a	23.23±1.52 ^a	0.51±0.03 ^a	1.02±0.02 ^b	6.56±0.07 ^c	0.18±0.01 ^e	17.71±0.40 ^a	2.99±0.22 ^a	30.41±2.25 ^c	26.03±1.98 ^a	2.79±0.28 ^a	M
	66.19±3.49 ^b	43.45±2.26 ^e	10.51±0.60 ^c	12.30±1.12 ^e	0.48±0.04 ^a	0.00±0.00 ^c	7.85±0.20 ^{bc}	0.00±0.00 ^f	13.06±0.86 ^b	3.07±0.02 ^a	34.17±2.60 ^b	23.49±2.02 ^{ab}	1.87±0.17 ^c	Z

^{a-f} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir.

4.1.6. Mikrobiyolojik Değerlendirme

4.1.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Şekil 5 nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosunun toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısını göstermektedir. Depolama süresince TAMB sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Başlangıç TAMB sayısı 2.97 kob log/g olarak bulunmuştur. Nanoemülsiyon uygulaması bakteri gelişimini önemli düzeyde engellemiştir. Zeytin, soya, fındık ve kanola nanoemülsiyonları depolamanın 4. gününden itibaren diğer gruplara oranla daha düşük bakteriyel yüke sahip olmuştur. Mikrobiyolojik veriler duyuşal sonuçlara benzer bir raf ömrü göstermiştir.



Şekil 5. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

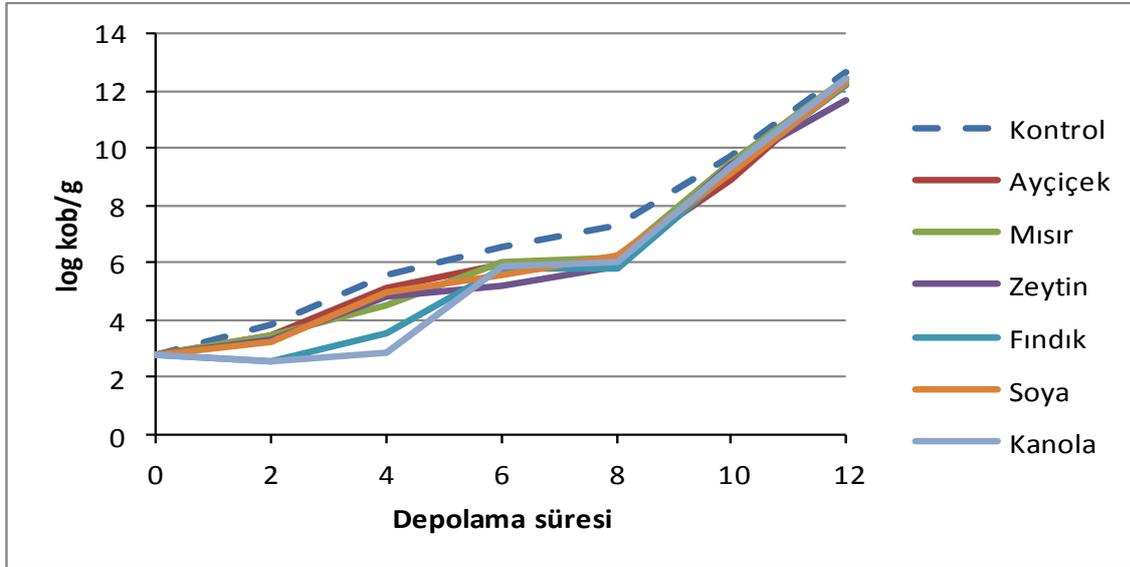
Balık kalitesi için 7 log kob/g olarak önerilen (ICMSF 1986) maksimum kabul edilebilir bakteriyel sayıya kontrol için depolamanın 8. gününde diğer gruplar için 10. gününde ulaşılmıştır. Kontrol grubunun duyuşal olarak red edildiği depolamanın 8. gününde TAMB sayısı 8.69 log kob/g iken muamele grupları için TAMB sayısı depolamanın 10. gününde ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nanoemülsiyonları için sırasıyla 8.54 8.59 8.46 8.59 8.05 ve 8.65 log kob/g olmuştur. Depolama sonunda en düşük TAMB sayısı zeytin nanoemülsiyonu uygulanan grupta (9.80 log kob/g). Diğer gruplarda bu değer 10.46 log kob/g (kanola) ve 11.13 log kob/g (kontrol) arasında değişkenlik göstermiştir.

TAMB sayısı kontrol grubunda muamele gruplarına göre çok hızlı artmıştır. Bu durum nanoemülsiyonların bakterilerin büyüme ve gelişmesini inhibe ettiğini göstermektedir. Kontrol için TAMB sayısı 6 günden sonra ve muamele grupları için ise 8. günden sonra sınır

limitini aşmış olup mikrobiyolojik analiz sonucu duyu analizi ile paralel değildir. Farklı bitkisel yağlar kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonlar levrek filetosunun raf ömrünü 2 gün uzatmıştır. Benzer sonuçlar Yazgan (2013) hem çipura hem de levrek için elde etmiştir. Çaklı vd. (2006) 14 gün depolama sonunda iç organı çıkartılmış veya çıkartılmamış levreklerde mesofilik bakteri miktarı 7 log kob/g aşmıştır. Papadopoulos vd. (2003) iç organı çıkartılmış levreklerde 9 günden sonra, iç organı çıkartılmamış levreklerde ise 15 günün sonunda limit değerini aştığı tesbit edilmiştir.

4.1.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayımı

Levrek filetosundaki toplam aerobik psikrofil bakteri (TAPB) sayısı Şekil 6'da verilmiştir. Başlangıç TAPB sayısı 2.78 log kob/g olup depolama süresince TAPB sayısında önemli değişimler gözlenmiştir. En hızlı bakteriyel gelişim kontrol grubunda gözlenmiştir.



Şekil 6. Nano emülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam aerobik psikrofil bakteri sayısı

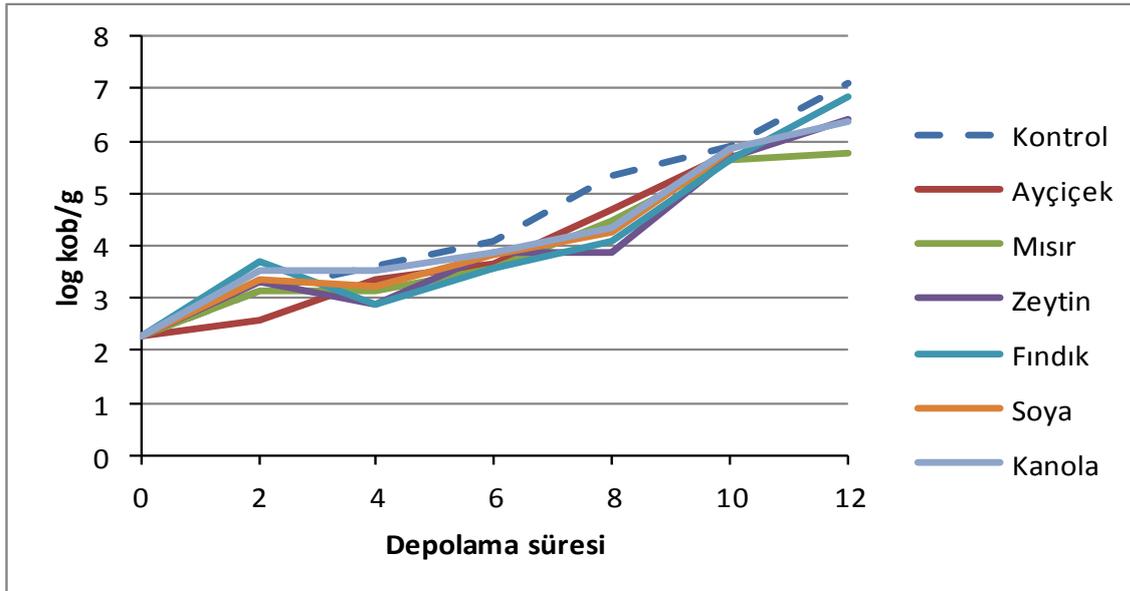
Nanoemülsiyon uygulaması bakteriyel gelişimi yavaşlatmıştır. Muamele grupları arasında zeytin ve fındık nanoemülsiyonu uygulanan gruplar genellikle daha düşük mikrobiyal yüke sahip olmuştur. Balığın duyu analizi olarak red edildiği depolama günlerinde kontrol için TAPB sayısı 7.28 log kob/g (8. gün) iken ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nano emülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 7.87, 8.47, 8.44, 8.20, 8.10 ve 8.32 log kob/g (10. gün) olmuştur. Depolama sonunda bu değerler kontrol ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 11.65, 11.40, 11.43, 10.68, 11.23, 11.25 ve 11.45 log kob/g olarak bulunmuştur.

Pseudomonas cinsleri gıdalarda özellikle balık ve balık ürünlerinde bozulmaya neden olurlar (Gram ve Huss 1996). Nanoemülsiyonların psikrofil bakteri üzerine önemli derecede inhibe etkisi olduğu Şekil 6 da görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere soğukta depolamanın

başlangıcında psikrofil bakterilerinin büyüme oranı azalmıştır. 4. günden sonra bütün gruplarda hızlı bir yükseliş gözlenmiş olup 6.-8. günlerde sabit kalarak depolama sonunda >10 log kob/g'nin üzerine çıkmıştır. Muamele gruplarında psikrofil bakteri sayısı kontrol grubuna göre çok daha düşüktür. Benzer sonuç ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonun çipura ve levrek filetosunda da tespit edilmiştir (Yazgan 2013). İç organı çıkartılmadan buzda depolanan levrek ve çipuranın 14. günde psikrofil bakteri sayımı sırasıyla 8.03 ve 8.24 log kob/g olduğu ve iç organı çıkartılmış levrek ve çipuralarda ise bu miktar sırasıyla 8.22 ve 8.93 log kob/g olduğu tesbit edilmiştir (Çaklı vd. 2006).

4.1.6.3. Toplam *Enterobacteriaceae* sayımı

Şekil 7 nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam *Enterobacteriaceae* sayısını göstermektedir. Koliform grub bakteriler tanım olarak Gram negatif fakültatif anaerob spor oluşturmeyen çubuk şeklinde ve laktozdan 48 saat içerisinde gaz oluşturan bakterilerdir. Bu tanıma göre koliform bakteriler oldukça karışık bir grubu oluşturmaktadır ve *Enterobacteriaceae* familyası içerisinde bu tanıma giren bir çok bakteri bulunur. Taze balık etindeki başlangıç toplam *Enterobacteriaceae* sayısı 2.27 log kob/g olmuştur. Depolama süresince *Enterobacteriaceae* sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. En yüksek artış kontrol grubunda gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması *Enterobacteriaceae* gelişimini kontrol grubuna kıyasla yavaşlatmıştır.



Şekil 7. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetosundaki toplam *Enterobacteriaceae* sayısı

Diğer gruplara kıyasla zeytin ve bunu takiben fındık ve mısır nanoemülsiyonu uygulanan gruplar depolama süresince genellikle daha düşük *Enterobacteriaceae* sayısına sahip olmuştur. Depolamanın 6. gününe kadar toplam *Enterobacteriaceae* sayısı 5 log

kob/g'ın altında kalmıştır. Balığın duyusal olarak red edildiği depolamanın 8. (kontrol) ve 10. gününde (muamele grupları) toplam *Enterobacteriaceae* sayısı kontrol, ayçiçeği, mısır, zeytin, fındık, soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 5.34, 5.77, 5.63, 5.67, 5.64, 5.82 ve 5.85 log kob/g olmuştur. Depolama sonunda en yüksek toplam *Enterobacteriaceae* sayısı 7.11 log kob/g ile kontrol grubunda gözlenmiştir.

Enterobacteriaceae sayısı iç organı çıkartılmış ve iç organı çıkartılmamış buzda 16 gün boyunca depolanan levreklerde sırasıyla 6.5 ve 4.2 log kob/g olduğu tesbit edilmiştir (Papadopoulos vd. 2003). Carcascosa vd. (2014) yaptıkları bir çalışmada iç organı çıkartılmadan buzda depolanan levreklerde başlangıç *Enterobacteriaceae* sayısı balık etinde 0.27 log kob/g, deride 2.28 log kob/g ve solungaçlarda 2.57 log kob/g olarak rapor etmişlerdir. 18 günlük depolama sonunda bu miktar etde 5.42 log kob/g deride 6.35 log kob/g ve solungaçlarda 6.87 log kob/g'a ulaştığı tesbit edilmiştir.

4.1.6.4. *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* Sayısı

Ham maddede *Staphylococcus aureus*, *Listeria*, *E.coli* ve *Salmonella spp.* testleri yapılmış ve bunlar ham maddede tespit edilmemiştir.

4.2. Projenin 2. Aşaması; bitkisel yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonların vakum paketlenerek depolanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) filetolarının duyusal kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

4.2.1. Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri

Projenin ikinci aşaması için hazırlanan nanoemülsiyonların yapısal özellikleri Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. Su-içinde-yağ emülsiyonun özellikleri

Yağlar	Yoğunluk (gr/ml)	Viskozite (N s/m ²)	Termo-dinamik stabilite	Damlacık Büyüklüğü (nm)	Yüzey gerilimi (N/m)
Ayçiçek	0.98±0.05	2.57±0.20	+++	361.18	34.68±0.75
Fındık	0.98±0.03	2.54±0.15	+++	398.72	33.53±0.61
Kanola	0.99±0.01	2.50±0.17	+++	391.53	40.89±0.97
Soya	0.98±0.07	2.60±0.25	+++	358.18	34.21±0.33
Mısır	0.99±0.05	2.43±0.09	+++	334.41	41.73±0.91
Zeytin	0.98±0.05	2.39±0.11	+++	380.29	35.92±0.12

4.2.2. Besin Madde Bileşenleri

Projenin ikinci aşamasında kullanılan levrek filetolarının besin bileşenleri Tablo 16'da verilmiştir. Birinci aşama sonuçlarına göre protein ve lipit değerlerinde bir artış gözlenmişken nem değerinde azalma belirlenmiştir.

Tablo 16. Levrek filetolarının besin bileşenleri (%)

Besin değeri (%)	$\bar{X} \pm S_x$
Protein	20.34±0.09
Lipit	6.21±0.03
Nem	71.72±0.90
Kül	1.26±0.04

$\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart Sapma

Yazgan (2013) yaptığı çalışmada levreğin protein (%19.36), lipit (%5.14), kül (%1.36) ve nem (%73.85) içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Erkan ve Özkan (2007) kültür levreğinde, ham protein, nem, kül, yağ ve karbonhidrat içeriğini sırasıyla %20.35, % 70.71, % 1.66, % 6.10, % 1.18 olarak bildirmiş. Kyrana ve Lougovois (2002) levreğin lipit içeriğini %4.81, kül içeriğini %1.23 ve nem içeriğini ise %76.72 olarak belirtmişlerdir. Çevresel koşullar, yaşam alanı, beslenme rejimi, yem kompozisyonu, hasat mevsimi, cinsiyet ve balık

büyüklüğü gibi faktörler balıkların besin madde içeriğini etkileyen en önemli faktörlerdir (Weatherup vd. 1999; Rasmussen 2000).

4.2.3. Depolama Boyunca Yağ asitlerindeki Değişimler

Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek filetolarının depolama süresince yağ asitleri kompozisyonu değişimleri Tablo 17, 18, 19'da verilmiştir. Araştırma sonunda tüm gruplarda gözlenen temel yağ asitleri miristik asit (C14:0), palmitik asit(C16:0), stearik asit (C18:0), palmitoleik asit (C16:1), oleik asit (C18:1n9), linoleik asit (C18:2n6), araşidonik asit (C20:4n6), eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5n3) ve dekosaheksaenoik asit (DHA, C22:6n3) olduğu tespit edilmiştir.

Toplam doymuş yağ asitleri (SFA) depolamanın başlangıcında %17.64 olarak tespit edilmişken, depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemülsiyon grupları için sırasıyla %21.89, %20.13, %18.74, %19.26, %19.21, %18.97, %19.90 olarak bulunmuştur (Tablo 17). Depolama süresi boyunca SFA değerinde artışlar ve kontrol ve nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın 18. gününde %21.89 ile kontrol grubu en yüksek SFA değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Nanoemülsiyon grupları arasında ise %20.13 SFA değeri ile en yüksek değer ayçiçek grubundan elde edilmişken, en düşük değer ise %16.57 SFA değeri ile fındık grubu olduğu tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda miristik asit, palmitik asit ve stearik asit olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitleri, doymuş yağ asitlerinin en önemlileri olduğu tespit edilmiştir. Miristik asit depolamanın başlangıcında %2.15 olarak bulunmuştur. Depolama süresi ile birlikte miristik asit değerinde azalışlar ve artışlar olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 2. ve 6. günlerinde nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın 8. gününde fındık ve kanola grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmazken, bu muamele grupları ile zeytin grubu arasında istatistiksel fark belirlenmiştir. Depolamanın 14., 16. ve 18. günlerine baktığımız zaman kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Doymuş yağ asitlerinden en yüksek değere sahip olan yağ asidi palmitik asittir. Depolamanın başlangıcında palmitik asit değeri %12.13 olarak tespit edilmişken depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin yağı nanoemülsiyon grupları için sırasıyla %15.89, %14.71, %13.80, %14.43, %13.89, %13.48, %14.11 olarak belirlenmiştir. Palmitik asit değeri depolama süresi ile birlikte artış göstermiştir. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon muamele grupları arasında depolama süresi ile birlikte istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. Depolamanın 2. gününde ayçiçek grubu %11.59 palmitik asit değeri ile en düşük değere sahip iken, kontrol grubu depolamanın sonunda %15.89 yağ asidi değeri ile en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 10. gününde fındık, kanola, soya ve mısır grupları arasında istatistiksel



farklılık belirlenmezken, diğer gruplarla istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 12., 14., 16. ve 18. günlerinde kontrol grubu ile nanoemüsyon grupları arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Stearik aside baktığımız zaman depolamanın başlangıcında %2.87 olarak tespit edilmiştir. Stearik asit değerinde depolama boyunca artışlar ve azalışlar olmuştur. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon grupları arasında depolama süresi boyunca istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Fakat depolamanın 6. gününde tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Depolamanın 14., 16 ve 18. günlerinde ayçiçek grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Toplam doymuş yağ asitleri bakımından kontrol grubunun nanoemülsiyon gruplarından daha fazla doymuş yağ asidine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değer depolama süresi ile orantılı olarak artmıştır.

Tablo 17. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince (2 ± 2 °C) toplam doymuş yağ asitlerindeki (SFA) değişimi

Günler	C12:0	C14:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	SFA	Grup
0	0.21±0.03	2.15±0.01	12.13±0.04	0.05±0.01	2.87±0.03	0.23±0.02	17.64±0.04	K
2	0.25±0.06 ^a	2.37±0.28 ^a	12.20±0.30 ^a	0.06±0.01 ^{ab}	2.58±0.19 ^{ab}	0.27±0.02 ^a	17.72±0.40	K
	0.22±0.01 ^a	2.14±0.00 ^{ab}	11.59±0.02 ^b	0.04±0.00 ^{ab}	2.87±0.04 ^a	0.21±0.01 ^b	17.06±0.06	A
	0.20±0.04 ^a	2.16±0.17 ^{ab}	11.70±0.01 ^{ab}	0.07±0.00 ^a	2.23±0.01 ^c	0.22±0.00 ^b	16.57±0.21	F
	0.18±0.02 ^a	2.19±0.07 ^{ab}	12.02±0.50 ^{ab}	0.06±0.02 ^{ab}	2.44±0.19 ^{bc}	0.23±0.03 ^{ab}	17.10±0.45	KAN
	0.25±0.07 ^a	2.08±0.01 ^{ab}	11.69±0.12 ^{ab}	0.04±0.00 ^{ab}	2.87±0.06 ^a	0.24±0.01 ^{ab}	17.16±0.23	S
	0.16±0.02 ^a	2.18±0.03 ^{ab}	11.94±0.14 ^{ab}	0.04±0.01 ^b	2.61±0.01 ^{ab}	0.24±0.00 ^{ab}	17.16±0.15	M
4	0.18±0.01 ^a	2.04±0.02 ^b	11.80±0.02 ^{ab}	0.06±0.02 ^a	2.75±0.24 ^{ab}	0.21±0.01 ^b	17.02±0.20	Z
	0.21±0.01 ^b	2.18±0.01 ^{abc}	13.21±0.06 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	2.33±0.06 ^b	0.23±0.00 ^a	18.23±0.01	K
	0.20±0.01 ^b	2.14±0.06 ^d	12.06±0.11 ^c	0.07±0.01 ^b	2.74±0.13 ^a	0.21±0.01 ^b	17.41±0.31	A
	0.20±0.02 ^b	2.25±0.01 ^{ab}	12.47±0.16 ^b	0.07±0.01 ^b	2.28±0.01 ^b	0.23±0.00 ^a	17.49±0.16	F
	0.20±0.01 ^b	2.16±0.04 ^{abc}	12.51±0.08 ^b	0.07±0.00 ^{ab}	2.37±0.05 ^b	0.23±0.00 ^a	17.53±0.00	KAN
	0.19±0.00 ^b	2.17±0.00 ^{abc}	12.12±0.05 ^c	0.08±0.00 ^a	2.44±0.09 ^b	0.23±0.00 ^a	17.22±0.14	S
6	0.22±0.03 ^b	2.16±0.04 ^{cd}	12.60±0.27 ^b	0.08±0.00 ^a	2.75±0.08 ^a	0.24±0.01 ^a	18.04±0.40	M
	0.26±0.01 ^a	2.26±0.07 ^a	12.96±0.11 ^a	0.07±0.01 ^{ab}	2.01±0.01 ^c	0.22±0.00 ^{ab}	17.78±0.21	Z
	0.24±0.01 ^a	2.33±0.08 ^a	13.52±0.11 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	2.31±0.08 ^a	0.23±0.01 ^{ab}	18.70±0.12	K
	0.26±0.01 ^a	2.26±0.01 ^a	13.06±0.04 ^{bc}	0.07±0.00 ^b	2.60±0.13 ^a	0.23±0.00 ^a	18.47±0.16	A
	0.22±0.10 ^a	2.22±0.03 ^a	12.69±0.10 ^e	0.07±0.00 ^b	2.26±0.14 ^a	0.23±0.00 ^a	17.69±0.03	F
	0.17±0.02 ^a	2.23±0.01 ^a	12.76±0.07 ^{de}	0.07±0.00 ^b	2.47±0.10 ^a	0.22±0.00 ^b	17.91±0.00	KAN
8	0.22±0.02 ^a	2.27±0.06 ^a	12.85±0.12 ^{cd}	0.07±0.00 ^b	2.41±0.07 ^a	0.23±0.00 ^a	18.04±0.13	S
	0.24±0.05 ^a	2.31±0.08 ^a	12.94±0.07 ^{cd}	0.08±0.00 ^a	2.43±0.37 ^a	0.23±0.01 ^{ab}	18.21±0.33	M
	0.20±0.01 ^a	2.25±0.16 ^a	13.16±0.08 ^{bc}	0.08±0.01 ^{ab}	2.56±0.15 ^a	0.23±0.00 ^a	18.47±0.40	Z
	0.18±0.02 ^{ab}	2.20±0.05 ^{ab}	13.64±0.11 ^a	0.08±0.01 ^a	2.54±0.06 ^{ab}	0.25±0.02 ^a	18.88±0.21	K
	0.21±0.01 ^a	2.19±0.02 ^{ab}	13.52±0.08 ^a	0.08±0.01 ^a	2.32±0.06 ^b	0.23±0.00 ^{ab}	18.54±0.04	A
	0.11±0.01 ^c	2.10±0.05 ^d	12.85±0.05 ^c	0.06±0.02 ^a	2.51±0.26 ^{ab}	0.24±0.01 ^{ab}	17.85±0.16	F
10	0.12±0.01 ^c	2.15±0.08 ^b	12.88±0.06 ^{bc}	0.06±0.02 ^a	2.80±0.06 ^a	0.22±0.01 ^{ab}	18.22±0.10	KAN
	0.19±0.01 ^{ab}	2.19±0.01 ^{ab}	12.93±0.04 ^{bc}	0.07±0.00 ^a	2.57±0.02 ^{ab}	0.23±0.00 ^{ab}	18.17±0.04	S
	0.16±0.01 ^b	2.28±0.00 ^{ab}	13.09±0.16 ^b	0.08±0.01 ^a	2.58±0.11 ^{ab}	0.23±0.01 ^{ab}	18.40±0.07	M
	0.18±0.02 ^{ab}	2.39±0.19 ^a	13.60±0.06 ^a	0.06±0.03 ^a	2.51±0.09 ^{ab}	0.22±0.01 ^b	18.94±0.04	Z
	0.17±0.02 ^{ab}	2.16±0.01 ^{bc}	14.10±0.16 ^a	0.07±0.02 ^a	2.88±0.04 ^a	0.22±0.03 ^a	19.58±0.17	K
	0.12±0.02 ^c	2.14±0.04 ^{bc}	13.89±0.08 ^{ab}	0.07±0.00 ^a	2.62±0.08 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	19.07±0.06	A
12	0.07±0.01 ^d	2.09±0.04 ^c	12.98±0.04 ^c	0.07±0.01 ^a	2.71±0.10 ^{ab}	0.23±0.01 ^a	18.13±0.00	F
	0.10±0.01 ^{cd}	2.26±0.01 ^a	13.05±0.19 ^c	0.07±0.01 ^a	2.64±0.07 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	18.33±0.11	KAN
	0.13±0.01 ^{cd}	2.20±0.00 ^{ab}	13.08±0.04 ^c	0.06±0.02 ^a	2.47±0.05 ^b	0.23±0.00 ^a	18.16±0.10	S
	0.11±0.02 ^{cd}	2.12±0.01 ^c	13.24±0.05 ^c	0.07±0.00 ^a	2.65±0.18 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	18.41±0.24	M
	0.19±0.01 ^a	2.14±0.05 ^{bc}	13.78±0.09 ^b	0.06±0.02 ^a	2.65±0.16 ^{ab}	0.24±0.01 ^a	19.04±0.20	Z
	0.17±0.00 ^{cd}	2.31±0.06 ^a	14.78±0.13 ^a	0.08±0.00 ^a	2.84±0.08 ^a	0.23±0.00 ^a	20.41±0.15	K
14	0.23±0.04 ^b	2.19±0.01 ^b	14.17±0.05 ^b	0.08±0.01 ^a	2.54±0.12 ^{bc}	0.23±0.01 ^{ab}	19.42±0.21	A
	0.20±0.02 ^{bc}	2.27±0.06 ^{ab}	13.15±0.16 ^c	0.07±0.00 ^a	2.43±0.04 ^c	0.22±0.00 ^{ab}	18.34±0.28	F
	0.36±0.01 ^a	2.32±0.07 ^a	13.17±0.08 ^c	0.08±0.01 ^a	2.49±0.14 ^{bc}	0.22±0.00 ^{ab}	18.63±0.16	KAN
	0.19±0.01 ^{bc}	2.34±0.01 ^a	13.16±0.25 ^c	0.08±0.01 ^a	2.60±0.10 ^{bc}	0.22±0.01 ^b	18.57±0.17	S
	0.14±0.02 ^d	2.29±0.02 ^{ab}	13.09±0.23 ^c	0.07±0.00 ^a	2.55±0.04 ^{bc}	0.23±0.01 ^{ab}	18.35±0.19	M
	0.21±0.00 ^{bc}	2.27±0.02 ^{ab}	13.80±0.08 ^b	0.08±0.01 ^a	2.67±0.06 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	19.25±0.16	Z
16	0.18±0.01 ^a	2.59±0.04 ^a	14.84±0.09 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	2.59±0.04 ^{ab}	0.24±0.01 ^a	20.52±0.19	K
	0.18±0.01 ^a	2.27±0.06 ^{bc}	14.38±0.07 ^b	0.07±0.00 ^{ab}	2.33±0.06 ^c	0.23±0.01 ^{ab}	19.45±0.05	A
	0.14±0.00 ^a	2.15±0.02 ^c	13.29±0.01 ^{de}	0.08±0.01 ^{ab}	2.56±0.08 ^{ab}	0.23±0.01 ^{ab}	18.43±0.08	F
	0.15±0.01 ^a	2.16±0.04 ^c	13.72±0.10 ^c	0.08±0.00 ^a	2.36±0.20 ^{bc}	0.23±0.01 ^{ab}	18.69±0.25	KAN
	0.18±0.04 ^a	2.17±0.09 ^c	13.60±0.28 ^{cd}	0.06±0.02 ^b	2.69±0.04 ^a	0.21±0.00 ^b	18.89±0.16	S
	0.17±0.01 ^a	2.38±0.12 ^b	13.14±0.28 ^e	0.07±0.00 ^{ab}	2.70±0.06 ^a	0.23±0.01 ^{ab}	18.67±0.34	M
18	0.17±0.02 ^a	2.18±0.01 ^c	13.94±0.09 ^c	0.08±0.01 ^{ab}	2.69±0.13 ^a	0.23±0.00 ^a	19.28±0.22	Z
	0.15±0.01 ^{ab}	2.77±0.08 ^a	15.59±0.14 ^a	0.08±0.01 ^a	2.40±0.06 ^{cd}	0.23±0.01 ^a	21.20±0.25	K
	0.14±0.01 ^{ab}	2.15±0.04 ^c	14.66±0.05 ^b	0.07±0.00 ^a	2.56±0.07 ^{bc}	0.23±0.00 ^a	19.80±0.06	A
	0.14±0.01 ^{ab}	2.23±0.08 ^{bc}	13.56±0.06 ^e	0.08±0.01 ^a	2.32±0.03 ^d	0.23±0.01 ^a	18.54±0.02	F
	0.16±0.01 ^a	2.27±0.01 ^b	13.80±0.12 ^d	0.07±0.00 ^a	2.50±0.01 ^{bcd}	0.23±0.01 ^a	19.01±0.11	KAN
	0.15±0.01 ^{ab}	2.20±0.01 ^{bc}	13.77±0.06 ^d	0.06±0.02 ^a	2.65±0.02 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	19.04±0.07	S
20	0.13±0.02 ^b	2.20±0.01 ^{bc}	13.30±0.08 ^f	0.07±0.01 ^a	2.80±0.14 ^a	0.23±0.00 ^a	18.71±0.25	M
	0.17±0.02 ^a	2.16±0.00 ^{bc}	14.03±0.04 ^c	0.06±0.02 ^a	2.81±0.08 ^a	0.23±0.00 ^a	19.45±0.04	Z
	0.17±0.02 ^{abc}	2.95±0.04 ^a	15.89±0.15 ^a	0.08±0.01 ^a	2.58±0.03 ^c	0.23±0.00 ^{ab}	21.89±0.12	K
	0.11±0.01 ^{cd}	2.19±0.07 ^d	14.71±0.06 ^b	0.06±0.02 ^a	2.84±0.05 ^{ab}	0.23±0.01 ^{ab}	20.13±0.08	A
	0.15±0.01 ^{bc}	2.25±0.06 ^d	13.80±0.03 ^e	0.07±0.00 ^a	2.26±0.04 ^e	0.22±0.01 ^b	18.74±0.01	F
	0.20±0.05 ^{ab}	2.28±0.04 ^{cd}	14.43±0.18 ^c	0.07±0.00 ^a	2.06±0.07 ^f	0.24±0.01 ^a	19.26±0.25	KAN
22	0.21±0.01 ^a	2.40±0.05 ^{bc}	13.89±0.08 ^{de}	0.07±0.00 ^a	2.43±0.04 ^d	0.23±0.01 ^{ab}	19.21±0.14	S
	0.09±0.01 ^d	2.42±0.04 ^{bc}	13.48±0.04 ^f	0.07±0.00 ^a	2.71±0.11 ^{bc}	0.22±0.00 ^{ab}	18.97±0.17	M
24	0.16±0.02 ^{abc}	2.47±0.10 ^b	14.11±0.18 ^d	0.07±0.00 ^a	2.88±0.04 ^a	0.23±0.01 ^{ab}	19.90±0.23	Z

a-f Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

Nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenmiş soğukta depolanan levrek filetolarının toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) Tablo 18'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında MUFA değeri %41.07 olarak tespit edilmiştir. Bu değer depolama süresi ile birlikte azalmıştır ve depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için sırasıyla %36.41, %38.02, %38.00, %38.18, %38.22, %38.05, %38.34 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu depolamanın en sonunda %36.41 MUFA değeri ile en düşük değere sahip olmuş iken, soya grubu(%41.52) ise depolamanın 2. gününde en yüksek değer de olduğu tespit edilmiştir. Toplam tekli doymamış yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda palmitoleik asit (C16:1) ve oleik asit (C18:1n9) olduğu belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında palmitoleik asit %4.69 olarak tespit edilmiştir ve bu değer depolama süresi ile birlikte azalmıştır. Depolamanın 4. ve 8. günlerinde tüm muamele grupları arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Zeytin grubu ile diğer tüm muamele grupları arasında depolamanın 10. gününde istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 12., 14. ve 16. günlerinde fındık, kanola ve soya grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Tekli doymamış yağ asitleri arasında oleik asit en yüksek değere sahip yağ asididir. Depolamanın başlangıcında oleik asit %35.60 olarak tespit edilmiştir. Palmitoleik asitte olduğu gibi oleik asitte depolama süresi boyunca azalmıştır ve depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için sırasıyla %31.42, %33.08, %33.07, %33.19, %33.23, %33.22, %33.34 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi ile birlikte gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde fındık, kanola ve mısır grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken, diğer tüm gruplarla istatistiksel farklılık tespit edilmiştir. Depolamanın 6., 8., 10. ve 12. günlerinde fındık grubu sırasıyla %35.94, %35.74, %35.69 ve %35.33 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler gruplar arasında en yüksek oleik asit değerleridir ve fındık grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 16. ve 18 günlerinde kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmişken, depolamanın son gününde nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 18. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince (2±2 °C) toplam tekli doymamış yağ asitlerindeki (MUFA) değişimi

Günler	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1n9	C20:1	C22:1n9	MUFA	Grup
0	0.06±0.01	4.69±0.03	0.10±0.01	35.60±0.80	0.60±0.01	0.04±0.02	41.07±0.86	K
2	0.07±0.00 ^a	4.82±0.09 ^a	0.12±0.01 ^a	35.31±0.14 ^a	0.25±0.04 ^c	0.04±0.01 ^a	40.60±0.01	K
	0.06±0.01 ^b	4.02±0.06 ^b	0.11±0.01 ^a	35.80±0.14 ^{cd}	0.53±0.02 ^b	0.04±0.01 ^a	40.54±0.06	A
	0.07±0.00 ^a	4.03±0.01 ^b	0.12±0.00 ^a	36.16±0.18 ^{bc}	0.55±0.02 ^{ab}	0.03±0.00 ^a	40.95±0.17	F
	0.07±0.00 ^a	4.21±0.13 ^b	0.12±0.01 ^a	36.37±0.07 ^{ab}	0.52±0.06 ^b	0.03±0.00 ^a	41.31±0.13	KAN
	0.06±0.01 ^b	4.79±0.13 ^a	0.10±0.00 ^a	35.92±0.17 ^c	0.62±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	41.52±0.31	S
	0.07±0.01 ^{ab}	3.93±0.28 ^b	0.10±0.00 ^a	36.52±0.19 ^a	0.52±0.04 ^b	0.03±0.01 ^a	41.15±0.41	M
0.07±0.01 ^{ab}	3.88±0.04 ^b	0.11±0.01 ^a	35.46±0.07 ^{de}	0.55±0.01 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	40.09±0.00	Z	
4	0.08±0.01 ^a	4.14±0.03 ^a	0.12±0.01 ^a	35.34±0.08 ^c	0.52±0.00 ^{bc}	0.03±0.01 ^b	40.21±0.04	K
	0.07±0.01 ^a	4.08±0.09 ^a	0.11±0.01 ^a	35.31±0.06 ^c	0.49±0.01 ^d	0.03±0.00 ^{ab}	40.08±0.06	A
	0.08±0.01 ^a	4.09±0.30 ^a	0.12±0.01 ^a	35.99±0.01 ^a	0.51±0.01 ^{cd}	0.07±0.00 ^a	40.85±0.28	F
	0.08±0.01 ^a	4.10±0.02 ^a	0.12±0.00 ^a	35.93±0.11 ^a	0.54±0.01 ^b	0.06±0.01 ^{ab}	40.81±0.05	KAN
	0.08±0.01 ^a	4.12±0.02 ^a	0.12±0.00 ^a	35.70±0.03 ^b	0.53±0.01 ^{bc}	0.03±0.00 ^{ab}	40.57±0.04	S
	0.08±0.01 ^a	3.99±0.06 ^a	0.12±0.00 ^a	35.99±0.01 ^a	0.57±0.01 ^a	0.04±0.01 ^{ab}	40.78±0.04	M
0.08±0.01 ^a	4.10±0.03 ^a	0.13±0.01 ^a	35.28±0.04 ^c	0.57±0.01 ^a	0.05±0.03 ^{ab}	40.19±0.08	Z	
6	0.09±0.01 ^a	4.26±0.17 ^{ab}	0.13±0.01 ^a	35.13±0.18 ^a	0.52±0.01 ^{abc}	0.03±0.00 ^a	40.14±0.35	K
	0.06±0.01 ^b	4.10±0.01 ^b	0.12±0.00 ^a	35.27±0.01 ^{de}	0.48±0.04 ^c	0.03±0.00 ^a	40.05±0.01	A
	0.07±0.00 ^{ab}	4.08±0.09 ^b	0.11±0.01 ^a	35.94±0.10 ^a	0.56±0.03 ^a	0.04±0.01 ^a	40.79±0.23	F
	0.08±0.00 ^{ab}	4.33±0.01 ^a	0.12±0.00 ^a	35.61±0.07 ^{bc}	0.49±0.01 ^{bc}	0.04±0.00 ^a	40.66±0.09	KAN
	0.08±0.01 ^{ab}	4.20±0.12 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	35.50±0.14 ^{cd}	0.52±0.00 ^{abc}	0.03±0.00 ^a	40.44±0.01	S
	0.08±0.00 ^{ab}	4.15±0.04 ^{ab}	0.13±0.01 ^a	35.82±0.10 ^{ab}	0.53±0.02 ^a	0.03±0.00 ^a	40.73±0.15	M
0.08±0.01 ^{ab}	4.15±0.01 ^{ab}	0.13±0.01 ^a	35.20±0.00 ^a	0.52±0.00 ^{abc}	0.05±0.03 ^a	40.13±0.06	Z	
8	0.09±0.01 ^a	4.15±0.07 ^a	0.14±0.01 ^a	35.06±0.01 ^{cd}	0.51±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	39.98±0.04	K
	0.07±0.00 ^a	4.01±0.02 ^a	0.13±0.01 ^a	34.88±0.04 ^{de}	0.53±0.01 ^a	0.04±0.00 ^a	39.64±0.06	A
	0.07±0.01 ^a	4.14±0.11 ^a	0.11±0.01 ^a	35.74±0.16 ^a	0.54±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	40.62±0.28	F
	0.07±0.01 ^a	4.06±0.08 ^a	0.12±0.01 ^a	35.43±0.11 ^b	0.53±0.03 ^a	0.03±0.00 ^a	40.24±0.04	KAN
	0.08±0.01 ^a	4.11±0.05 ^a	0.12±0.00 ^a	34.78±0.16 ^a	0.52±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	39.63±0.11	S
	0.08±0.01 ^a	4.14±0.06 ^a	0.12±0.01 ^a	35.26±0.02 ^{bc}	0.51±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	40.12±0.09	M
0.08±0.01 ^a	4.11±0.07 ^a	0.14±0.04 ^a	35.14±0.01 ^c	0.51±0.00 ^a	0.05±0.02 ^a	40.03±0.02	Z	
10	0.07±0.01 ^a	4.15±0.04 ^{ab}	0.12±0.03 ^a	34.80±0.13 ^c	0.52±0.04 ^a	0.03±0.01 ^a	39.68±0.15	K
	0.08±0.01 ^a	4.25±0.05 ^a	0.11±0.00 ^a	34.38±0.11 ^d	0.52±0.02 ^a	0.04±0.01 ^a	39.36±0.14	A
	0.07±0.00 ^a	4.10±0.02 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	35.69±0.26 ^a	0.52±0.02 ^a	0.03±0.00 ^a	40.52±0.26	F
	0.07±0.00 ^a	4.08±0.11 ^b	0.11±0.00 ^a	35.17±0.01 ^b	0.56±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	40.01±0.11	KAN
	0.07±0.00 ^a	4.14±0.01 ^{ab}	0.11±0.01 ^a	34.43±0.10 ^d	0.53±0.02 ^a	0.03±0.01 ^a	39.29±0.06	S
	0.07±0.00 ^a	4.03±0.01 ^{bc}	0.11±0.01 ^a	34.19±0.05 ^d	0.51±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	38.93±0.07	M
12	0.07±0.01 ^a	3.92±0.10 ^c	0.10±0.00 ^a	35.09±0.11 ^{bc}	0.51±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	39.71±0.21	Z
	0.08±0.01 ^a	3.91±0.07 ^c	0.12±0.00 ^a	34.21±0.30 ^c	0.50±0.01 ^a	0.06±0.02 ^{ab}	38.87±0.41	K
	0.08±0.00 ^a	4.24±0.04 ^{ab}	0.11±0.00 ^a	34.30±0.07 ^c	0.51±0.01 ^a	0.04±0.01 ^{bc}	39.27±0.11	A
	0.09±0.01 ^a	4.38±0.03 ^a	0.13±0.00 ^a	35.33±0.11 ^a	0.52±0.04 ^a	0.07±0.00 ^a	40.51±0.11	F
	0.08±0.00 ^a	4.28±0.06 ^a	0.12±0.00 ^a	34.94±0.12 ^b	0.53±0.01 ^a	0.03±0.01 ^c	39.97±0.19	KAN
	0.09±0.01 ^a	4.37±0.03 ^a	0.13±0.00 ^a	34.08±0.01 ^c	0.49±0.01 ^a	0.04±0.01 ^{bc}	39.19±0.05	S
14	0.08±0.00 ^a	4.11±0.02 ^b	0.12±0.00 ^a	34.07±0.13 ^c	0.49±0.02 ^a	0.03±0.01 ^{bc}	38.89±0.11	M
	0.08±0.00 ^a	3.60±0.14 ^d	0.12±0.00 ^a	35.04±0.06 ^{ab}	0.52±0.01 ^a	0.03±0.00 ^{bc}	39.39±0.19	Z
	0.07±0.01 ^a	3.14±0.01 ^d	0.11±0.00 ^a	34.09±0.06 ^b	0.52±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	37.97±0.05	K
	0.08±0.00 ^a	4.29±0.05 ^a	0.12±0.00 ^a	34.05±0.04 ^b	0.47±0.01 ^{bc}	0.04±0.01 ^a	39.04±0.01	A
	0.08±0.01 ^a	4.11±0.03 ^b	0.12±0.00 ^a	34.60±0.08 ^a	0.45±0.01 ^c	0.04±0.01 ^a	39.38±0.06	F
	0.08±0.00 ^a	4.13±0.05 ^b	0.11±0.00 ^a	34.76±0.19 ^a	0.46±0.02 ^c	0.04±0.00 ^a	39.57±0.26	KAN
16	0.08±0.02 ^a	4.21±0.06 ^{ab}	0.11±0.01 ^a	33.98±0.04 ^{bc}	0.47±0.01 ^{bc}	0.03±0.00 ^a	38.87±0.03	S
	0.09±0.01 ^a	4.23±0.04 ^a	0.13±0.01 ^a	33.78±0.04 ^c	0.47±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^a	38.72±0.01	M
	0.07±0.00 ^a	3.78±0.04 ^c	0.12±0.00 ^a	34.80±0.07 ^a	0.49±0.01 ^b	0.03±0.00 ^a	39.28±0.03	Z
	0.08±0.00 ^a	3.06±0.06 ^d	0.11±0.00 ^c	33.07±0.07 ^d	0.49±0.03 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	36.84±0.10	K
	0.08±0.01 ^a	4.04±0.04 ^b	0.12±0.01 ^{bc}	34.16±0.06 ^b	0.51±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	38.94±0.08	A
	0.08±0.01 ^a	4.16±0.04 ^{ab}	0.12±0.00 ^{abc}	33.43±0.11 ^c	0.48±0.01 ^{ab}	0.03±0.01 ^a	38.28±0.06	F
18	0.08±0.00 ^a	4.22±0.01 ^a	0.13±0.00 ^a	33.43±0.18 ^c	0.45±0.04 ^b	0.03±0.00 ^a	38.34±0.21	KAN
	0.07±0.00 ^a	4.13±0.01 ^{ab}	0.12±0.01 ^{bc}	33.49±0.19 ^c	0.50±0.01 ^{ab}	0.03±0.01 ^a	38.32±0.17	S
	0.08±0.01 ^a	4.05±0.06 ^b	0.13±0.01 ^{ab}	33.42±0.02 ^c	0.48±0.00 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	38.18±0.06	M
	0.08±0.01 ^a	3.60±0.14 ^c	0.12±0.01 ^{bc}	34.70±0.07 ^a	0.49±0.02 ^{ab}	0.03±0.00 ^a	39.01±0.23	Z
	0.08±0.01 ^b	4.26±0.05 ^{ab}	0.12±0.01 ^a	31.42±0.11 ^b	0.51±0.03 ^a	0.04±0.01 ^a	36.41±0.18	K
	0.08±0.01 ^b	4.20±0.06 ^{ab}	0.12±0.01 ^a	33.08±0.10 ^a	0.51±0.04 ^a	0.04±0.04 ^a	38.02±0.13	A
18	0.08±0.00 ^{ab}	4.21±0.08 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	33.07±0.09 ^a	0.50±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	38.00±0.01	F
	0.08±0.01 ^b	4.28±0.01 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	33.19±0.05 ^a	0.50±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	38.18±0.06	KAN
	0.10±0.01 ^a	4.27±0.10 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	33.23±0.10 ^a	0.48±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	38.22±0.20	S
	0.09±0.01 ^{ab}	4.12±0.04 ^b	0.12±0.00 ^a	33.22±0.04 ^a	0.49±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	38.05±0.06	M
	0.09±0.01 ^{ab}	4.31±0.06 ^a	0.12±0.01 ^a	33.34±0.20 ^a	0.46±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	38.34±0.28	Z

Nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenmiş soğukta depolanan levrek filetolarının toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) Tablo 19'da verilmiştir. Depolamanın başlangıcında PUFA değeri %30.11 olarak tespit edilmiştir. Bu değer MUFA' da olduğu gibi depolama süresi ile birlikte azalmıştır ve depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için sırasıyla %19.31, %23.13, %24.35, %24.21, %24.15, %23.33, %23.74 olarak belirlenmiştir. Toplam çoklu doymamış yağ asitleri arasında en yüksek değere sahip yağ asitleri tüm gruplarda linoleik asit, araşidonik asit, eikosapentaenoik asit ve dekoheksaenoik asit olduğu belirlenmiştir. Linoleik asit çoklu doymamış yağ asitlerinden en yüksek değere sahip olan yağ asidir. Depolamanın başlangıcında linoleik asit değeri %15.46 olarak tespit edilmiştir ve depolama ile birlikte bu değer azalmıştır. En yüksek linoleik asit değeri depolamanın 2. gününde %16.18 değeri ile mısır grubu olduğu tespit edilmiş iken, en küçük değer ise depolamanın en son gününde kontrol grubunda (%12.39) olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca nanoemülsiyon muamele grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 6. gününde nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Fındık, ayçiçeği, kanola, zeytin, soya grupları arasında depolamanın 8. gününde istatistiksel farklılık tespit edilmemişken, mısır grubu ile bu gruplar arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Linoleik asit değeri depolamanın diğer günlerinde kontrol grubunda en düşük değerde bulunmuştur ve diğer nanoemülsiyon grupları ile arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir. Diğer önemli yağ asitlerinde biri de araşidonik asittir. depolamanın başlangıcında % 1.59 olarak tespit edilmiş iken, depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için sırasıyla %1.03, %1.41, %1.48, %1.57, %1.42, %1.59, %1.45 olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca artışlar ve azalışlar belirlenmiştir. Gruplar arasında depolama günleri boyunca istatistiksel farklılık gözlenmiştir.

Çoklu doymamış yağ asitlerinden en önemlilerinden biri eikosapentaenoik asittir. Özellikle insan sağlığı açısından son derece önemlidir ve mutlaka dışarıdan alınması gereken elzem bir yağ asididir. Depolama başlangıcında EPA değeri % 4.53 olarak tespit edilmiştir. EPA değeri depolama değeri ile birlikte azalmıştır. Depolamanın 14. gününde kontrol grubu (%2.07) en düşük EPA değeri olarak tespit edilmiştir. Depolama boyunca kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Soya grubu ile diğer nanoemülsiyon grupları ve kontrol grubu arasında depolamanın 6. gününde istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 8., 12., 14., 16. ve 18. günlerinde kontrol grubu ile tüm nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde kontrol grubu %2.09 ile en düşük değere sahip iken, fındık grubu %3.03 ile en yüksek EPA değerine sahip olmuştur.

Diğer önemli çoklu doymamış yağ asitlerinden biri de dekosahexaenoik asittir. DHA depolamanın başlangıcında %7.07 olarak bulunmuş iken, depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için sırasıyla %2.58, %4.14, %4.16, %4.22, %4.43, %4.05, %4.18 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca DHA değerinde azalış gözlenmiştir ve gruplara arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir ($p < 0.05$). Fındık, kanola, ayçiçeği, soya ve zeytin grupları arasında depolamanın 4. gününde istatistiksel farklılık gözlenmezken, bu gruplar ile mısır ve kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir. Depolamanın diğer günlerinde kontrol grubu ile tüm gruplara arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 12. gününde tüm nanoemülsiyon muamele gruplarında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir. Genel olarak PUFA değerine baktığımız zaman, kontrol grubunda nanoemülsiyon gruplarına nazaran daha fazla azalış olduğu tespit edilmiştir. Tüm gruplarda PUFA ve MUFA miktarında azalma gözlenirken SFA değerinde artmalar tesbit edilmiştir. Bu da yağların oksitlenerek doymuş hale dönüştüğünü göstermektedir. Nanoemülsiyon uygulaması oksidasyonu azaltarak MUFA ve PUFA değerlerini koruduğu tespit edilmiştir.

Tablo 19. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince (2±2 °C) toplam çoklu doymamış yağ asitlerindeki (PUFA) değişimi

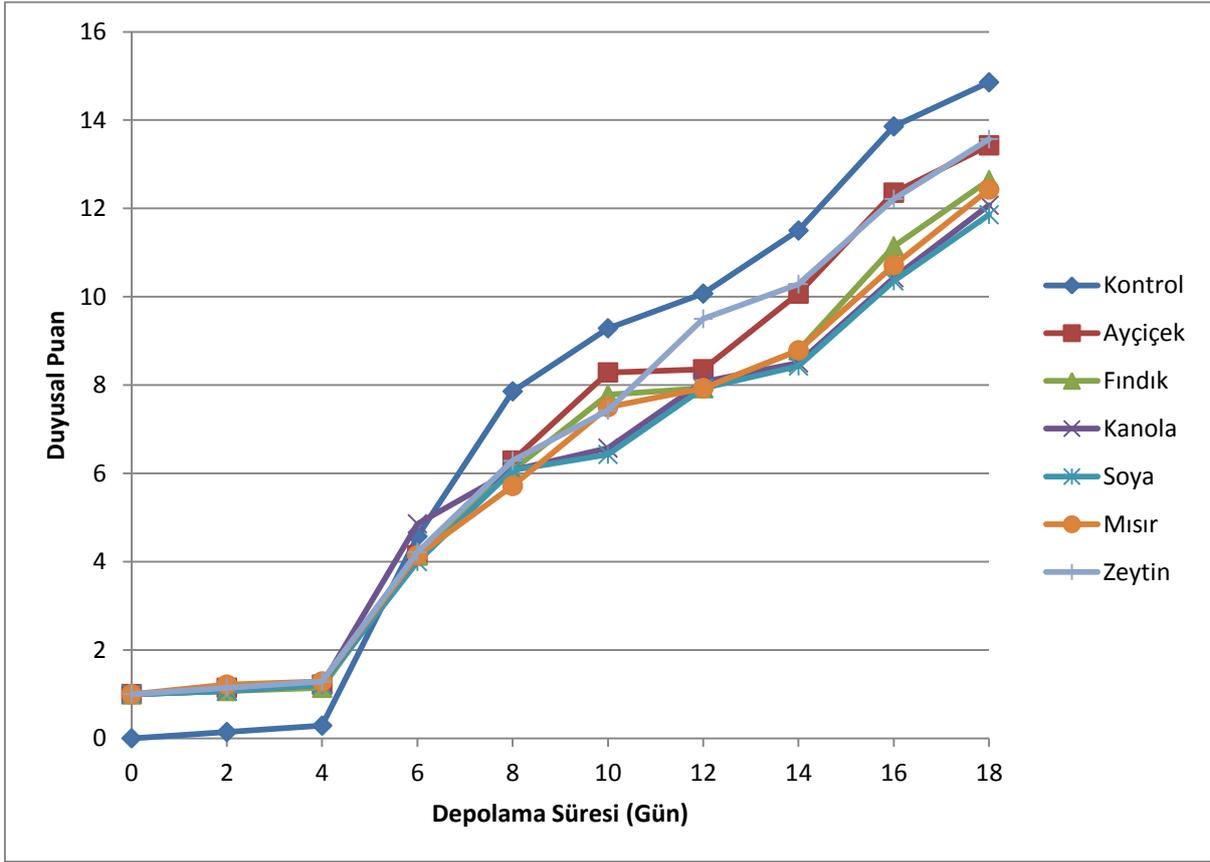
Gün	C18:2n6	C18:3n3	C20:2	C20:3n6	C20:5n3	C20:4n6	C22:2	C22:6n3	PUFA	Grup
0	15.46±0.21	0.55±0.03	0.33±0.04	0.48±0.04	4.53±0.04	1.59±0.06	0.12±0.03	7.07±0.12	30.11±0.29	K
2	15.40±0.01c	0.55±0.04 ^a	0.30±0.04 ^a	0.51±0.07 ^a	3.77±0.12 ^d	1.66±0.15 ^a	0.11±0.02 ^{ab}	4.77±0.17 ^d	27.05±0.25	K
	15.97±0.11 ^{ab}	0.55±0.01 ^a	0.25±0.03 ^a	0.48±0.00 ^a	4.28±0.02 ^{bc}	1.67±0.04 ^a	0.10±0.01 ^{ab}	5.38±0.30 ^{cd}	28.65±0.21	A
	15.44±0.07 ^c	0.54±0.01 ^a	0.28±0.00 ^a	0.48±0.00 ^a	4.28±0.10 ^{bc}	1.45±0.04 ^b	0.10±0.01 ^{ab}	6.39±0.13 ^{ab}	28.95±0.13	F
	16.06±0.13 ^a	0.53±0.04 ^a	0.26±0.04 ^a	0.49±0.04 ^a	4.54±0.08 ^a	1.56±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^{ab}	5.84±0.18 ^{bc}	29.35±0.04	KAN
	15.72±0.20 ^b	0.53±0.00 ^a	0.28±0.01 ^a	0.48±0.01 ^a	4.45±0.05 ^{ab}	1.50±0.08 ^{ab}	0.11±0.00 ^a	6.25±0.33 ^{ab}	29.30±0.08	S
	16.18±0.01 ^a	0.53±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.55±0.06 ^a	4.16±0.11 ^c	1.69±0.01 ^a	0.08±0.01 ^b	6.56±0.59 ^{ab}	30.03±0.62	M
15.25±0.04 ^c	0.56±0.03 ^a	0.25±0.03 ^a	0.49±0.01 ^a	4.56±0.05 ^a	1.44±0.09 ^b	0.11±0.00 ^a	6.96±0.11 ^a	29.61±0.09	Z	
4	15.13±0.06 ^d	0.52±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.48±0.01 ^b	3.08±0.02 ^d	1.49±0.03 ^{ab}	0.09±0.01 ^a	4.73±0.10 ^c	25.78±0.06	K
	15.41±0.10 ^{bc}	0.53±0.00 ^a	0.25±0.04 ^a	0.48±0.01 ^b	4.19±0.04 ^b	1.50±0.04 ^{ab}	0.10±0.00 ^a	5.43±0.15 ^b	27.88±0.28	A
	15.53±0.10 ^b	0.53±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.51±0.01 ^a	4.14±0.03 ^b	1.42±0.12 ^b	0.09±0.00 ^a	5.49±0.18 ^b	27.96±0.11	F
	15.30±0.08 ^{cd}	0.53±0.01 ^a	0.29±0.00 ^a	0.51±0.01 ^a	4.23±0.01 ^{ab}	1.49±0.06 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	5.69±0.10 ^b	28.12±0.06	KAN
	15.37±0.09 ^{bc}	0.54±0.01 ^a	0.28±0.00 ^a	0.49±0.01 ^b	3.94±0.06 ^c	1.41±0.00 ^b	0.09±0.00 ^a	5.48±0.18 ^b	27.58±0.23	S
	15.73±0.01 ^a	0.52±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.49±0.01 ^b	4.19±0.02 ^b	1.62±0.01 ^a	0.10±0.00 ^a	6.21±0.06 ^a	29.13±0.01	M
15.49±0.11 ^{bc}	0.54±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.48±0.01 ^b	4.31±0.04 ^a	1.45±0.01 ^b	0.10±0.00 ^a	5.53±0.02 ^b	28.16±0.16	Z	
6	14.25±0.06 ^b	0.52±0.00 ^a	0.27±0.00 ^a	0.47±0.01 ^{ab}	3.09±0.05 ^c	1.44±0.05 ^{bc}	0.09±0.00 ^a	4.20±0.10 ^d	24.32±0.06	K
	15.32±0.06 ^a	0.51±0.00 ^a	0.28±0.00 ^a	0.49±0.01 ^a	4.19±0.08 ^a	1.47±0.01 ^{bc}	0.10±0.01 ^a	5.21±0.08 ^b	27.54±0.23	A
	15.39±0.04 ^a	0.50±0.04 ^a	0.28±0.00 ^a	0.46±0.03 ^{ab}	4.15±0.08 ^a	1.40±0.06 ^{cd}	0.10±0.01 ^a	5.53±0.12 ^a	27.80±0.37	F
	15.38±0.04 ^a	0.52±0.00 ^a	0.26±0.00 ^a	0.45±0.00 ^b	4.13±0.08 ^a	1.32±0.04 ^d	0.10±0.01 ^a	5.19±0.12 ^b	27.33±0.05	KAN
	15.27±0.01 ^a	0.53±0.01 ^a	0.28±0.00 ^a	0.48±0.01 ^{ab}	3.44±0.08 ^b	1.60±0.05 ^a	0.09±0.00 ^a	4.79±0.13 ^c	26.46±0.25	S
	15.45±0.20 ^a	0.54±0.01 ^a	0.28±0.00 ^a	0.48±0.00 ^{ab}	4.22±0.03 ^a	1.50±0.01 ^b	0.10±0.01 ^a	5.08±0.08 ^b	27.64±0.09	M
15.35±0.08 ^a	0.51±0.04 ^a	0.28±0.00 ^a	0.48±0.01 ^{ab}	4.22±0.04 ^a	1.39±0.01 ^{cd}	0.09±0.00 ^a	5.27±0.16 ^{ab}	27.58±0.05	Z	
8	14.24±0.08 ^c	0.53±0.02 ^a	0.37±0.12 ^a	0.53±0.04 ^a	3.04±0.04 ^e	1.42±0.12 ^d	0.10±0.01 ^a	4.12±0.04 ^f	24.18±0.21	K
	15.23±0.08 ^b	0.51±0.02 ^a	0.28±0.00 ^a	0.50±0.01 ^{ab}	4.13±0.08 ^{ab}	1.68±0.02 ^a	0.09±0.00 ^a	4.96±0.17 ^{bc}	27.36±0.29	A
	15.26±0.02 ^b	0.51±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.49±0.01 ^{abc}	3.98±0.04 ^{bc}	1.51±0.05 ^{bc}	0.09±0.00 ^a	5.36±0.09 ^a	27.47±0.19	F
	15.21±0.06 ^b	0.53±0.01 ^a	0.27±0.00 ^a	0.47±0.00 ^{bc}	4.11±0.01 ^{ab}	1.37±0.10 ^{cd}	0.09±0.00 ^a	5.15±0.04 ^{ab}	27.19±0.01	KAN
	15.13±0.06 ^b	0.52±0.02 ^a	0.28±0.00 ^a	0.50±0.01 ^{ab}	3.20±0.04 ^d	1.53±0.02 ^{abc}	0.09±0.00 ^a	4.73±0.05 ^d	25.96±0.01	S
	15.56±0.17 ^a	0.52±0.01 ^a	0.27±0.01 ^a	0.46±0.01 ^c	3.88±0.12 ^c	1.64±0.02 ^{ab}	0.08±0.00 ^b	4.50±0.11 ^e	26.89±0.39	M
15.23±0.10 ^b	0.48±0.04 ^a	0.27±0.01 ^a	0.47±0.01 ^{bc}	4.17±0.05 ^a	1.64±0.05 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	4.76±0.01 ^{cd}	27.09±0.04	Z	
10	14.28±0.10 ^c	0.49±0.01 ^a	0.27±0.04 ^a	0.45±0.04 ^a	2.80±0.08 ^c	1.18±0.03 ^d	0.09±0.01 ^a	3.87±0.15 ^c	23.41±0.06	K
	15.11±0.02 ^{ab}	0.52±0.01 ^a	0.27±0.00 ^a	0.46±0.01 ^a	3.85±0.14 ^a	1.41±0.06 ^c	0.09±0.01 ^a	4.87±0.03 ^a	26.56±0.03	A
	15.16±0.13 ^{ab}	0.50±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.47±0.01 ^a	3.91±0.08 ^a	1.51±0.04 ^{bc}	0.09±0.01 ^a	4.67±0.16 ^{ab}	26.56±0.28	F
	15.22±0.04 ^{ab}	0.53±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.46±0.01 ^a	3.82±0.10 ^a	1.52±0.03 ^b	0.10±0.01 ^a	4.72±0.04 ^a	26.63±0.10	KAN
	15.05±0.01 ^b	0.49±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.46±0.01 ^a	2.92±0.07 ^c	1.60±0.04 ^{ab}	0.09±0.01 ^a	4.64±0.18 ^{ab}	25.52±0.21	S
	15.40±0.25 ^a	0.53±0.03 ^a	0.28±0.01 ^a	0.47±0.01 ^a	3.05±0.14 ^{bc}	1.64±0.04 ^a	0.09±0.00 ^a	4.40±0.15 ^b	25.85±0.30	M
15.14±0.11 ^{ab}	0.50±0.04 ^a	0.28±0.00 ^a	0.48±0.01 ^a	3.55±0.59 ^{ab}	1.67±0.06 ^a	0.09±0.01 ^a	4.78±0.03 ^a	26.47±0.59	Z	
12	13.77±0.06 ^d	0.46±0.01 ^c	0.28±0.01 ^{ab}	0.49±0.01 ^a	2.43±0.11 ^d	1.11±0.07 ^c	0.09±0.00 ^a	3.85±0.10 ^b	22.47±0.04	K
	14.93±0.11 ^{abc}	0.47±0.01 ^{bc}	0.27±0.00 ^b	0.47±0.00 ^b	3.65±0.05 ^a	1.43±0.00 ^b	0.09±0.01 ^a	4.69±0.11 ^a	25.98±0.16	A
	15.05±0.06 ^{ab}	0.49±0.01 ^{abc}	0.26±0.00 ^c	0.46±0.00 ^c	3.55±0.08 ^a	1.44±0.01 ^{ab}	0.09±0.00 ^a	4.56±0.17 ^a	25.89±0.16	F
	15.19±0.08 ^a	0.51±0.01 ^a	0.27±0.00 ^b	0.46±0.00 ^c	3.61±0.02 ^a	1.48±0.07 ^{ab}	0.09±0.00 ^a	4.53±0.08 ^a	26.13±0.06	KAN
	14.81±0.05 ^{bc}	0.48±0.01 ^{bc}	0.26±0.01 ^c	0.45±0.01 ^d	3.02±0.01 ^c	1.42±0.10 ^b	0.09±0.01 ^a	4.42±0.21 ^a	24.92±0.17	S
	14.71±0.23 ^c	0.49±0.01 ^{ab}	0.27±0.00 ^b	0.46±0.00 ^c	2.93±0.07 ^c	1.47±0.06 ^{ab}	0.09±0.01 ^a	4.35±0.19 ^a	24.75±0.16	M
14.67±0.11 ^c	0.49±0.01 ^{ab}	0.28±0.00 ^a	0.49±0.00 ^a	3.19±0.01 ^b	1.59±0.01 ^a	0.09±0.00 ^a	4.57±0.12 ^a	25.36±0.21	Z	
14	13.30±0.08 ^e	0.45±0.04 ^a	0.28±0.01 ^a	0.48±0.01 ^a	2.07±0.08 ^d	1.10±0.04 ^b	0.09±0.00 ^a	3.09±0.01 ^c	20.86±0.18	K
	14.70±0.12 ^{ab}	0.46±0.01 ^a	0.27±0.00 ^a	0.48±0.01 ^a	3.06±0.04 ^{ab}	1.39±0.03 ^a	0.09±0.01 ^{ab}	4.48±0.12 ^a	24.91±0.07	A
	14.73±0.07 ^a	0.47±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.48±0.00 ^a	3.20±0.07 ^a	1.48±0.01 ^a	0.09±0.01 ^{ab}	4.23±0.18 ^{ab}	24.94±0.32	F
	14.32±0.01 ^d	0.47±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.47±0.01 ^a	3.19±0.05 ^a	1.52±0.01 ^a	0.09±0.00 ^a	4.43±0.18 ^{ab}	24.75±0.07	KAN
	14.55±0.15 ^{abc}	0.48±0.04 ^a	0.24±0.03 ^b	0.47±0.01 ^a	2.99±0.11 ^{bc}	1.45±0.10 ^a	0.08±0.00 ^{ab}	4.40±0.10 ^{ab}	24.65±0.28	S
	14.46±0.01 ^{cd}	0.47±0.02 ^a	0.27±0.01 ^{ab}	0.46±0.01 ^a	2.90±0.04 ^c	1.54±0.11 ^a	0.08±0.01 ^b	4.17±0.05 ^b	24.33±0.12	M
14.50±0.05 ^{bcd}	0.46±0.01 ^a	0.27±0.00 ^a	0.46±0.00 ^a	3.09±0.03 ^{ab}	1.44±0.01 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	4.19±0.07 ^{ab}	24.48±0.07	Z	
16	12.80±0.09 ^d	0.49±0.02 ^a	0.28±0.01 ^{ab}	0.48±0.01 ^b	2.15±0.01 ^d	1.05±0.04 ^b	0.08±0.00 ^a	3.08±0.03 ^c	20.39±0.06	K
	14.58±0.02 ^a	0.44±0.01 ^a	0.28±0.00 ^a	0.50±0.01 ^a	3.21±0.01 ^a	1.62±0.04 ^a	0.09±0.01 ^a	4.22±0.06 ^b	24.92±0.06	A
	14.57±0.17 ^a	0.46±0.01 ^a	0.27±0.00 ^{abc}	0.48±0.01 ^b	3.08±0.07 ^b	1.52±0.08 ^a	0.08±0.00 ^a	4.26±0.04 ^b	24.71±0.38	F
	14.30±0.14 ^{bc}	0.46±0.01 ^a	0.26±0.00 ^c	0.47±0.01 ^b	3.12±0.02 ^{ab}	1.55±0.04 ^a	0.08±0.01 ^a	4.26±0.07 ^b	24.48±0.07	KAN
	14.46±0.02 ^{ab}	0.48±0.04 ^a	0.27±0.01 ^{bc}	0.48±0.01 ^b	3.07±0.03 ^b	1.62±0.05 ^a	0.08±0.00 ^a	4.48±0.14 ^a	24.92±0.06	S
	14.20±0.06 ^c	0.47±0.02 ^a	0.28±0.01 ^{ab}	0.50±0.01 ^a	2.72±0.07 ^c	1.57±0.04 ^a	0.09±0.01 ^a	4.23±0.05 ^b	24.03±0.12	M
14.38±0.09 ^{abc}	0.44±0.01 ^a	0.27±0.00 ^{abc}	0.48±0.00 ^{ab}	3.13±0.01 ^{ab}	1.52±0.01 ^a	0.08±0.00 ^a	4.11±0.06 ^b	24.40±0.06	Z	
18	12.39±0.06 ^e	0.43±0.01 ^b	0.27±0.01 ^{abc}	0.46±0.01 ^{ab}	2.09±0.11 ^d	1.03±0.04 ^c	0.09±0.01 ^{abc}	2.58±0.05 ^d	19.31±0.08	K
	13.53±0.08 ^d	0.43±0.01 ^b	0.28±0.01 ^a	0.47±0.00 ^a	2.79±0.08 ^{bc}	1.41±0.01 ^b	0.10±0.01 ^a	4.14±0.05 ^{bc}	23.13±0.21	A
	14.45±0.02 ^a	0.43±0.01 ^{ab}	0.26±0.00 ^{bc}	0.46±0.00 ^{ab}	3.03±0.04 ^a	1.48±0.01 ^b	0.09±0.00 ^{ab}	4.16±0.04 ^{bc}	24.35±0.08	F
	14.19±0.11 ^b	0.44±0.01 ^{ab}	0.27±0.00 ^{ab}	0.47±0.01 ^{ab}	2.99±0.09 ^a	1.57±0.01 ^a	0.08±0.00 ^{bc}	4.22±0.07 ^b	24.21±0.11	KAN
	14.17±0.04 ^b	0.46±0.01 ^{ab}	0.26±0.01 ^c	0.45±0.01 ^b	2.91±0.04 ^{ab}	1.42±0.05 ^b	0.08±0.01 ^c	4.43±0.12 ^a	24.15±0.28	S
	13.76±0.15 ^c	0.46±0.01 ^a	0.27±0.01 ^{abc}	0.47±0.01 ^{ab}						

4.2.4. Duyusal Değerlendirme

4.2.4.1 Çiğ Levreğin Duyusal Değerlendirilmesi

Şekil 8 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenmiş çiğ levrek filotosunun soğukta depolanması boyunca duyusal parametrelerindeki değişimleri göstermektedir. Depolama süresi boyunca duyusal parametreler bakımından sürekli bir artış olmuş ve kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Uygulamış olduğumuz ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar balık etinin yapısını olumsuz bir yönde etkilememiştir. Bunun yanı sıra kontrol grubunda kokuşma hissedildiği zaman muamele gruplarında nanoemülsiyonun kokuşmayı bastırdığı tespit edilmiştir. Muamele gruplarının kontrol grubuna göre daha uzun raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Vakum paketlenerek depolanan levrek filetolarının raf ömrü panelistler tarafından kontrol gurubu için 12 gün, ayçiçek ve zeytin muamele grupları için 14 gün, diğer muamele grupları için ise 16 gün olarak belirlenmiştir. Kontrol grubunun panelistler tarafından red edildiği 12. günde kabul edilebilirlik duyusal puanı 10.07 olarak tespit edilmiştir. Ayçiçek ve zeytin yağı ile hazırlanan muamele gruplarının red edildiği 14. günde ise sırasıyla 10.08 ve 10.29 olduğu belirlenmiştir. Fındık kanola soya ve mısır yağları ile hazırlanan nanoemülsiyon muamele grupları depolamanın 16. gününde panelistler tarafından red edildiğinde kabul edilebilirlik duyusal puanları sırası ile 11.14 10.43 10.36 ve 10.71 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda kontrol grubunun duyusal değeri en yüksek değer (14.86) olur iken muamele grupları arasında en düşük değer ise 11.86 kabul edilebilirlik duyusal puanı ile soya yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon muamele grubu olmuştur. Muamele grupları arasında depolama sonunda kabul edilebilirlik duyusal puanlar 11.86 ile 13.57 arasındadır. Depolamanın sonunda muamele grupları arasında en yüksek değer 13.57 ile zeytin yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon muamele grubu olmuştur. Ozogul vd. (2005) doğal levrek ile yaptıkları çalışmada levreğin raf ömrünün buzda depolanmasıyla 16 gün, buzsuz olarak depolandığında ise 4 gün olarak bulmuşlardır. Turan ve Kocatepe (2013) yaptıkları çalışmada kültür levreğinin raf ömrünün buzda depolanmasında 8 gün, vakum paketlenerek depolanmasında ise raf ömrünü 20 gün olarak tesbit etmişlerdir. Benzer olarak, diğer balık türlerinin vakum paketlenerek depolanması sonucu raf ömrünün kontrol grubuna göre daha uzun olduğu tesbit edilmiştir (Ozogul vd. 2004; Goulas vd. 2007; Li vd. 2011). Papadopoulos vd. (2003) buzda depolanan ve iç organı çıkartılmamış levreğin raf ömrünü 13 gün, iç organı çıkartılmış levreğin raf ömrünü ise 8 gün olarak tesbit etmişlerdir. Poli vd. (2001) iç organı çıkartılmadan depolanan levreğin raf ömrünün 10 gün olduğunu rapor etmişlerdir.

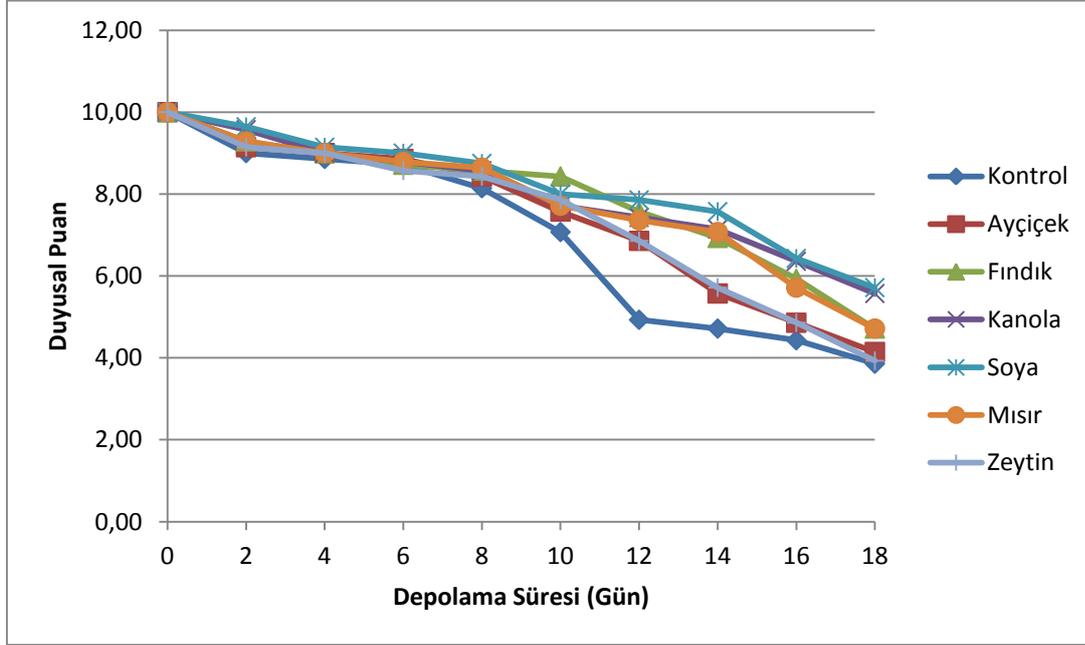


Şekil 8. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen çığ levrek filetolarının duyuşal değışimi

4.2.4.2. Pişmiş Levreğın Duyusal Değerlendirilmesi

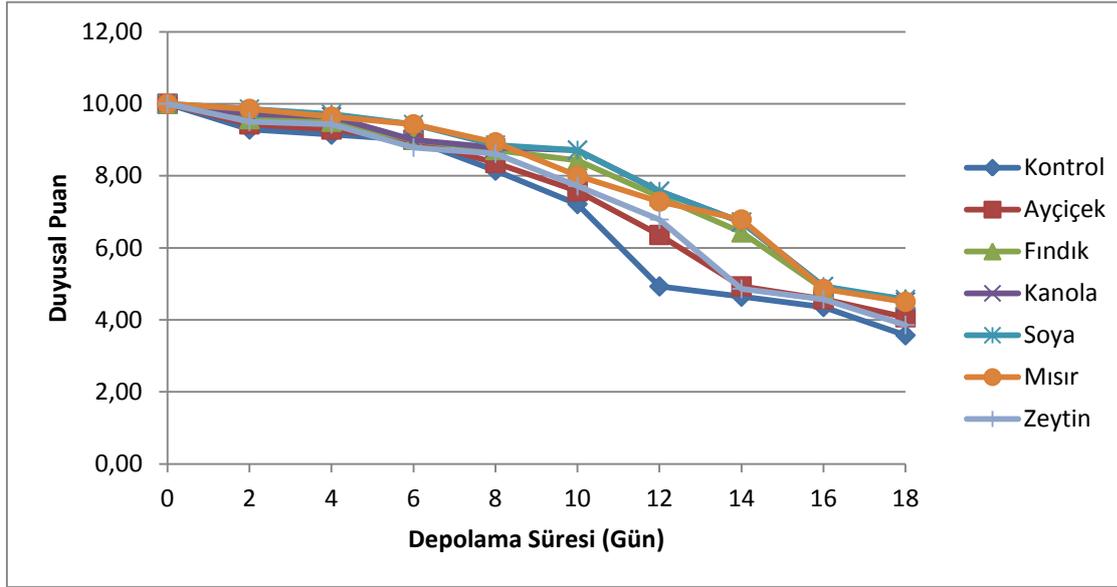
Şekil 9 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarının pişirildikten sonraki koku özelliklerindeki değışimleri göstermektedir. Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek filetosundaki toplam koku parametresi puanları soğukta depolanması süresince düşüş göstermiştir. Gruplar arasında depolama boyunca koku parametresi bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar balık filetosu üzerinde herhangi bir lezzet ve aroma kaybına neden olmamıştır. Depolama boyunca panelistler tarafından kontrol grubuna kıyasla nanoemülsiyon grupları ile muamele olmuş levrek filetolarına daha iyi puanlar verilmiştir. Levrek filetolarının koku bakımından raf ömrü çığ filetolarla benzer raf ömrüne sahip olmuş ve panelistler tarafından kontrol grubu depolamanın 12. gününde ayçiçek ve zeytin yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon grupları depolamanın 14. gününde ve diğer gruplar ise depolamanın 16. gününde red edilmiştir. Depolama süresi boyunca kontrol grubunun aksine nanoemülsiyon grupları balık kokusunu uzaklaştırdığı belirlenmiştir. Yazgan (2013) ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların çipura ve levrek için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Turan ve Kocatepe (2013) kültür levreğinin buzda, vakum ve modifiye atmosfer ile depolanması sonucu koku skorunun depolama süresince azaldığını ancak modifiye

atmosferle paketlenen örneklerin daha yüksek koku skoruna sahip oldukları tesbit etmişlerdir.



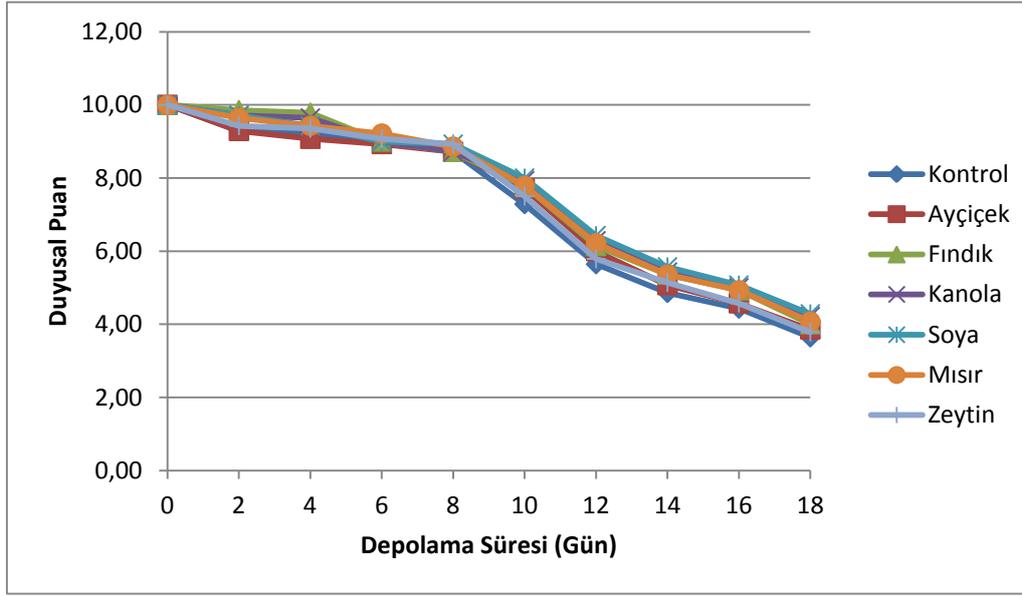
Şekil 9. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının koku skorundaki değişimler

Şekil 10 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarının pişirildikten sonraki tat özelliklerindeki değişimleri göstermektedir. Depolama süresi boyunca tat değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. Depolamanın 10. gününden sonra kontrol grubunda hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Kontrol grubu depolamanın 12. gününde 4.93 puanla panelistler tarafından red edilmiştir. Depolamanın 14. Gününde ise ayçiçek ve zeytinyağı ile hazırlanan nanoemülsiyon grubu sırasıyla 4.93 ve 4.86 puanla red edilmiştir. Tat bakımından diğer gruplara baktığımız zaman depolamanın 16. gününde red edildiği belirlenmiştir. Panelistler tarafından mısır ve soya yağı ile muamele edilen balık filetolarının diğerlerine göre daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir.



Şekil 10. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının tat skorundaki değişimler

Balık kas yapısı çok sıkı olmadığından depolama süresi ile birlikte yumuşamaya başlar. Bu durum tüketici ve balık işleme fabrikaları tarafından istenilmeyen en önemli parametrelerden biridir. Balık etinin kas yapısını belirlemede duyusal olarak tekstür analizi kullanılmaktadır. Şekil 11 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarının pişirildikten sonraki tekstür özelliklerindeki değişimleri göstermektedir. Duyusal parametrelerden koku ve tat da olduğu gibi tekstür de depolama süresi boyunca düşüşler gözlenmiştir. Depolamanın 10. gününden sonra kontrol grubu ve diğer gruplarda hızlı bir duyusal puan düşüşü belirlenmiştir. Panelistler tarafından depolamanın 14. gününde kontrol grubu 16. gününde ayçiçek, mısır, fındık ve zeytin grupları 18. gününde kanola ve soya grupları ile muamele edilen levrek filetoları red edilmiştir.



Şekil 11. Nanoemülsiyon uygulanan ve vakum paketlenen pişmiş levrek filetolarının tekstür skorundaki değişimler

4.2.5. Kimyasal Değerlendirme

4.2.5.1. Toplam Uçucu Bazik Nitrojen (TVB-N)

TVB-N balık kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli kimyasal parametrelerden biridir. Tablo 20 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarının TVB-N değişimleri göstermektedir. TVB-N değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur. Depolamanın 0. gününde TVB-N değeri 18.94 mg/100 gr olarak bulunmuştur. Mendes ve Gonçalves (2008) levrek ve çipuralarda başlangıç TVB-N değerini sırasıyla 21.9 ve 19.0 mg/100 gr olarak bulmuşlardır. Castro vd. (2006) 0. günde levreğin başlangıç TVB-N değerini 19-22 mg/100 gr, Grigorakis vd. (2004) 'de 16 mg/100gr olarak ve Taliadourou vd. (2003) tüm levreklerde 22.7 mg/100gr, levrek filetolarında ise 27.2 mg/100gr olarak rapor etmişlerdir. Bu farklılıkların protein yapısında olmayan nitrojenden kaynaklandığı ve bununda balığın beslenme şekline, mevsime, balığın büyüklüğüne ve çevresel faktörlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Connell 1995). TVB-N içeriği balık etindeki başlangıç mikrobiyal aktiviteyle ilgili olduğu tesbit edilmiştir (Connell 1995; Kyrana vd. 1997).

Tablo 20. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetoalarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince TVB-N değerindeki (mg/ 100g) değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	18.94±0.15 ^{FGa}	18.94±0.15 ^{Fa}	18.94±0.15 ^{Da}	18.94±0.15 ^{Da}	18.94±0.15 ^{Ea}	18.94±0.15 ^{DEa}	18.94±0.15 ^{Da}
2	19.78±0.78 ^{Fa}	16.64±1.25 ^{Gbc}	17.84±0.96 ^{Eb}	17.92±0.22 ^{DEb}	16.66±0.81 ^{Fbc}	15.96±0.77 ^{Fc}	17.47±0.32 ^{Eb}
4	20.83±0.17 ^{Ea}	16.03±0.55 ^{Gbc}	15.13±0.73 ^{Fc}	16.98±0.46 ^{Eb}	16.05±0.70 ^{Fbc}	14.02±0.13 ^{Gd}	15.98±0.84 ^{Fbc}
6	18.18±0.47 ^{Ga}	16.57±0.66 ^{Gbc}	16.92±0.26 ^{Eabc}	16.82±0.76 ^{Eabc}	16.11±0.28 ^{Fc}	14.52±1.07 ^{FGd}	17.70±1.14 ^{Eab}
8	22.31±0.10 ^{Da}	20.70±0.40 ^{Eb}	19.53±0.05 ^{Dc}	18.62±0.37 ^{Dc}	18.85±0.01 ^{Ec}	17.65±0.86 ^{Ed}	19.09±0.80 ^{Dc}
10	25.40±0.39 ^{Ca}	22.39±0.17 ^{Dc}	21.23±0.54 ^{Cd}	21.15±0.19 ^{Cd}	20.87±0.13 ^{Dd}	20.28±0.51 ^{De}	23.59±0.10 ^{Cb}
12	26.22±0.70 ^{Ca}	21.81±1.47 ^{DEc}	23.71±0.49 ^{Bb}	23.29±0.79 ^{Bbc}	24.61±0.37 ^{Bab}	21.82±1.61 ^{Cc}	24.16±0.40 ^{Cb}
14	30.13±0.70 ^{Ba}	23.89±0.83 ^{Cde}	25.07±0.07 ^{Ac}	23.34±0.99 ^{Bef}	25.77±0.07 ^{Abc}	22.47±1.05 ^{BCf}	26.63±0.60 ^{Bb}
16	26.12±0.59 ^{Ca}	26.64±0.84 ^{Ba}	23.08±0.69 ^{Bb}	21.40±0.94 ^{Cc}	23.30±0.35 ^{Cb}	23.51±0.91 ^{Bb}	26.36±0.26 ^{Ba}
18	34.36±0.56 ^{Aa}	30.77±0.80 ^{Ab}	25.76±0.63 ^{Ad}	24.89±0.75 ^{Ade}	24.07±0.95 ^{BCE}	25.79±0.40 ^{Ad}	29.52±0.66 ^{Ac}

^{a-f} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

^{A-G} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Depolama ile birlikte TVB-N değerleri giderek artmıştır. Depolama süresi boyunca kontrol grubunda 10. 12. ve 16. günleri arasında istatistiksel farklılık yok iken depolamanın diğer günleri arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur. Kontrol grubu depolamanın en son gününde 34.36 mg/100 gr değeri ile diğer muamele gruplarından en yüksek değere sahip olmuştur. Ayçiçek grubunda depolamanın 6. gününe kadar TVB-N değerlerinde bir düşüş gözlenmiş olup depolamanın diğer günlerinde artış belirlenmiştir. Depolamanın 2. 4. ve 6. günleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken depolamanın son günleri ile arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Kanola ve soya yağı ile hazırlanan muamele grupları depolamanın 18. gününde kontrol grubu ve diğer muamele gruplarına kıyasla en düşük TVB-N değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Kanola ve soya grupları depolamanın 2. 4. ve 6. günlerinde günler arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir. Mısır yağı ile muamele edilen grupta ise depolama süresi boyunca günler arasında istatistiksel farklılıklar olduğu gözlenmiştir. En düşük TVB-N değeri depolamanın 4. gününde mısır yağı ile muamele edilen grupta 14.02 mg/100 gr olarak bulunmuştur. Tüm muamele gruplarında gözlendiği gibi zeytin yağı uygulanan grupta da TVB-N değerlerinde depolamanın ilk 6 günü boyunca düşüşler gözlenmiştir. Muamele gruplarındaki bu düşüşlerin vakum paketlemenin ve nanoemülsiyonun etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Depolamanın 2. gününde kontrol grubu ile muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Muamele

gruplarından fındık kanola ve zeytin grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken bu gruplar ile mısır yağı uygulanan grup arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu ile mısır grubu depolamanın 4. gününde diğer muamele grupları arasında istatistiksel farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 6. gününde kontrol grubu ile fındık kanola ve zeytin yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiş iken bu gruplar ile mısır yağı muameleli grup arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 8. gününde ise fındık kanola soya ve zeytin muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemesine karşılık diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Muamele grupları arasında ayçiçek nanoemülsiyonu uygulanan levrek filetoları 20.70 mg/100 gr TVB-N değeri ile en yüksek muamele grubu olmuştur. Kontrol grubu ile diğer tüm muamele grupları arasında depolamanın 10. gününde istatistiksel farklılık belirlenmiş iken depolamanın 12.gününde kontrol grubu ile soya grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın 14. gününde 22.47 mg/100 gr TVB-N değeri ile en düşük mısır yağı muamele grubu olmuş iken en yüksek değer ise 30.13 mg/100 gr TVB-N değeri ile kontrol grubu olmuştur. Kanola yağı muamele grubu depolamanın 16. gününde 21.40 mg/100 gr TVB-N değeri en düşük olmuştur ve kontrol ve diğer muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın en son gününe geldiğimizde fındık kanola ve mısır yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Kontrol grubu ise depolamanın son gününde en yüksek TVB-N değerine sahip olmuş ve tüm muamele grupları ile arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir.

Balık etinde tavsiye edilen TVB-N limiti 35 mg/100 gr'ım altındadır (ECC 1995). Bu çalışmada kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan grupların bu limit değerinin altında kaldığı bulunmuştur. Vakum paketlenme ve hazırlanan nanoemülsiyonların balık filetosunun raf ömrünü uzatmada etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Yazgan (2013) tarafından yapılan ayçiçek yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon ile muamele edilen levrek ve çipuradan elde edilmiştir.

4.2.5.2. Peroksit Değeri (PV)

Tablo 21 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki peroksit değerlerinin (PV) değişimlerini göstermektedir. Balık etinde doymamış yağ asitleri yüksek oranda bulunmaktadır. Bu yağlar oksitlenmeye çok müsaittir. Yağların oksitlenmesi sonucu oluşan ilk ürünler peroksitlerdir. Balık etinin açılışmaya başlamasının ilk aşamasıdır. Bu yüzden peroksitler balık etinin kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli kimyasal analizlerinden biridir.

Depolama süresi boyunca ve gruplar arasında peroksit değerleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde PV değeri 2.28 meq O₂/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek PV değeri depolamanın 18. gününde kontrol grubu için

12.87 meq O₂/kg ve nanoemülsiyon uygulanan ayçiçek grubu için 10.01 meq O₂/kg olarak bulunmuştur. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon muamele gruplarının PV değerlerinde depolama süresi boyunca inişler ve çıkışlar gözlenmiştir. Depolamanın 2. ve 4. gününde istatistiksel farklılık görülmemiştir. Daha sonraki günlerde PV değerinde artışla belirlenmiştir. Ayçiçek muamele grubu tüm nanoemülsiyon grupları arasında en yüksek PV değerine depolamanın en son gününde ulaşmıştır. Depolamanın 10. gününe kadar kontrol ve nanoemülsiyon muamele grupları değerlerinde artış olmuştur. Ancak depolamanın 10. gününden sonra PV değerlerinde bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşüş depolamanın sonlarına doğru tekrardan yükselişe geçmiştir. Depolamanın 12. gününde 2.22 meq O₂/kg PV değeri ile mısır muameleli grup en düşük değere sahip olmuştur ve bunu 2.60 meq/kg ile soya muameleli grup takip etmiştir. Nitekim depolamanın 16. gününde 2.79 meq O₂/kg ile mısır grubu tekrardan tüm grupların içinde en düşük değere sahip olmuştur. Depolama süresi boyunca gruplar arasındaki karşılaştırmaya baktığımız zaman depolamanın 2. gününde Kontrol grubu ile ayçiçek ve fındık yağı muameleli gruplar arasında istatistiksel farklılık yok iken kontrol grubu ile diğer nanoemülsiyon grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde tüm gruplara arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Ayçiçek fındık kanola soya ve mısır yağları ile hazırlanan muamele grupları arasında depolamanın 6. gününde istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Fakat bu gruplar ile kontrol grubu arasında gözlenmiştir. Depolamanın 8. 12. 16. ve 18. günleri arasında kontrol grubu ile tüm muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 10. gününde nanoemülsiyon muamele grupları arasında 8.97 meq O₂/kg PV değeri ile en yüksek ayçiçek yağı muamele grubu olduğu belirlenmiş iken 6.42 meq O₂/kg PV değeri ile zeytin yağı muamele grubunun en düşük değere sahip olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 14. gününde ise kontrol grubu ile ayçiçek fındık kanola ve zeytin yağları muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Fakat soya ve mısır yağı muamele grupları ile arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 16. gününde 2.63 meq O₂/kg PV değeri ile kanola yağı muamele grubu diğer gruplar arasında en düşük değere sahip olmuş iken depolamanın son gününde ise 7.06 meq O₂/kg PV değeri ile soya yağı muamele grubu diğer gruplara kıyasla en düşük değere sahip olmuştur.

Tablo 21. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince peroksit değeri (PV) değerindeki (mg/ 100g) değişimleri

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	2.28±0.10 ^{Ga}	2.28±0.10 ^{Ha}	2.28±0.10 ^{Ea}	2.28±0.10 ^{Ea}	2.28±0.10 ^{Ga}	2.28±0.10 ^{Da}	2.28±0.10 ^{Fa}
2	3.33±0.22 ^{Fa}	3.14±0.17 ^{Gab}	3.10±0.25 ^{DEab}	2.48±0.32 ^{Ecd}	2.83±0.23 ^{EFGbcd}	2.53±0.10 ^{Dcd}	2.90±0.12 ^{EFbc}
4	3.67±0.37 ^{Fa}	3.52±0.28 ^{FGa}	3.24±0.28 ^{Da}	3.53±0.21 ^{Da}	3.48±0.22 ^{DEa}	3.45±0.43 ^{Ca}	3.13±0.33 ^{DEFa}
6	6.46±0.50 ^{Da}	4.21±0.36 ^{EFbc}	4.23±0.54 ^{Cbc}	4.86±0.35 ^{Cb}	4.92±0.16 ^{Cb}	4.66±0.41 ^{Bb}	3.84±0.15 ^{CDc}
8	6.87±0.05 ^{CDa}	5.33±0.27 ^{Db}	4.19±0.22 ^{Cd}	5.07±0.53 ^{Cbc}	4.46±0.40 ^{Ccd}	4.63±0.50 ^{Bcd}	4.32±0.41 ^{Cd}
10	9.30±0.48 ^{Ba}	8.97±0.67 ^{Bab}	7.91±1.14 ^{Abc}	7.48±0.17 ^{Acld}	8.18±0.72 ^{Aabc}	7.12±0.60 ^{Acld}	6.42±0.52 ^{Bd}
12	5.45±0.42 ^{Ea}	4.85±0.46 ^{DEb}	4.20±0.25 ^{Cc}	3.71±0.31 ^{Dcd}	2.60±0.09 ^{FGe}	2.27±0.03 ^{De}	3.43±0.48 ^{DEd}
14	7.13±0.68 ^{CDa}	6.29±0.45 ^{Cab}	6.08±0.67 ^{Bab}	6.61±0.58 ^{Ba}	3.64±0.35 ^{Dc}	5.24±0.47 ^{Bb}	7.06±0.98 ^{Ba}
16	7.36±0.32 ^{Ca}	4.60±0.46 ^{DEb}	2.86±0.14 ^{DEde}	2.63±0.07 ^{Ee}	3.14±0.10 ^{DEFcd}	2.79±0.26 ^{CDde}	3.38±0.05 ^{DEc}
18	12.87±0.66 ^{Aa}	10.01±0.67 ^{Ab}	7.96±0.56 ^{Acld}	7.54±1.06 ^{Acld}	7.06±0.64 ^{Bd}	7.76±0.67 ^{Acld}	8.75±0.80 ^{Abc}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

^{A-H} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Gracey vd. (1999) 5 meq O₂/kg'ın altında olan peroksit değerine sahip olan yağların taze olduğu ya da hidroperoksitlerin ketonlara indirgendüğünü, 5 ve 10 meq O₂ /kg arasında peroksit değerine sahip yağların ise acılaşılmaya başladığını rapor etmiştir. Aubourg vd. (2010) kültür çipurasını taneli buz ve sulu buz içerisinde 2 °C sıcaklıkta 14 gün boyunca depolamışlar. Depolamanın başlangıcında peroksit değerini taneli buz içerisinde depolanan grupta 2.95 meq O₂/kg , sulu buz içerisinde depolanan grupta ise 2.84 meq O₂/kg olarak bildirmişlerdir. Depolama boyunca peroksit değeri dalgalanma gözlenmiş olup en yüksek değer taneli buz içerisinde tutulan grupta depolamanın 11. gününde 6.69 meq O₂/kg, sulu buz içerisinde tutulan grupta ise depolamanın 7. gününde 8.13 meq O₂/kg olarak tesbit edilmiştir. Ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonun 2±2 °C'de levrek ve çipura filetosuna uygulanması sonucu nanoemülsiyon ile muamele edilen örneklerin PV değeri kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur (Yazgan 2013). Bu çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup kullanılan yağlar arasında istatistiksel farklar gözlenmiştir.

4.2.5.3. Tiyobarbitürik Asit (TBA)

Su ürünlerinden deniz levreğinin et yapısında önemli düzeyde doymamış yağ asidi bulunmaktadır. Bu yüzden bu balık türü oksitlenmeye karşı çok hassastır. Balık etinde

bulunan lipidlerin oksitlenmesinin birincil aşamasında peroksitler oluşmaktadır. Oksitlenmenin ileri aşamasında tiyobarbitürik asit ikincil lipid oksidasyon derecesini ölçen bir tazelik parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 22 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki TBA değerindeki değişimleri göstermektedir. TBA değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın 0. gününde TBA değeri 0.49 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu depolamanın 12. gününde 1.30 mg MA/kg TBA değeri ile en yüksek bulunmuştur ve depolamanın diğer günleri ile arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Ayçiçek yağı muamele grubu depolamanın 10. gününde 0.39 mg MA/kg TBA değeri ile en düşük bulunmuştur. Bu grubun depolamanın 12. 14. 16. ve 18. günleri arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir. Fındık yağı muamele grubu 0.63 mg MA/kg TBA değeri ile depolamanın 16. gününde en yüksek bulunmuştur ve depolamanın diğer günleri ile arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Kanola yağı muamele grubu depolamanın 4. gününde 0.42 mg MA/kg TBA değeri ile en düşük bulunmuş iken soya yağı muamele grubu depolamanın 2. ve 4. günlerinde 0.41 mg MA/kg TBA değeri ile en düşük olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 14. gününde mısır yağı muamele grubu depolamanın diğer günleri ile arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir. Zeytin yağı muamele grubu depolama süresi boyunca depolamanın 16. gününde 0.64 mg MA/kg TBA değeri ile en yüksek değer bulunmuştur. Gruplar arasına baktığımız zaman depolamanın 2. gününde kontrol grubunun kanola ve zeytin yağı muamele grupları ile arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken kontrol grubu ile diğer muamele grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur. Depolamanın 4. 8. ve 10. günlerinde fındık kanola soya ve zeytin yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. 0.44 mg MA/kg TBA değeri ile depolamanın 6. gününde mısır muamele grubu diğer gruplara karşılık en düşük değere sahip olmuştur. Depolamanın 12. gününde ayçiçek ve fındık yağı muamele grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Fakat kontrol grubu ile diğer tüm muamele grupları arasında farklılık gözlenmiştir. Kontrol grubu depolamanın 16. gününde 1.01 mg MA/kg TBA değeri ile en yüksek bulunmuş iken 0.52 mg MA/kg TBA değeri ile mısır yağı muamele grubu en düşük değer bulunmuştur. Depolamanın son gününe baktığımız zaman tüm gruplar arasından zeytin yağı muamele grubu 0.63 mg MA/kg TBA değeri ile en yüksek bulunmuştur.

Tablo 22. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince tiyobarbitürik asit (TBA) değerindeki (mg MA/ 100g) değişimleri

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	0.49±0.03 ^{Fa}	0.49±0.03 ^{DEa}	0.49±0.03 ^{Ca}	0.49±0.03 ^{CDa}	0.49±0.03 ^{Ca}	0.49±0.03 ^{CDa}	0.49±0.03 ^{BCDa}
2	0.50±0.03 ^{Fa}	0.42±0.02 ^{Fcd}	0.45±0.02 ^{DEbcd}	0.46±0.05 ^{DEabc}	0.41±0.01 ^{Ed}	0.45±0.05 ^{Ebcd}	0.47±0.04 ^{CDab}
4	0.55±0.07 ^{DEFa}	0.48±0.02 ^{Eb}	0.44±0.01 ^{Ec}	0.42±0.02 ^{Ec}	0.41±0.02 ^{Ec}	0.42±0.03 ^{Fc}	0.44±0.03 ^{Ec}
6	0.59±0.02 ^{Da}	0.52±0.01 ^{Cdb}	0.47±0.01 ^{CDc}	0.46±0.01 ^{DEcd}	0.46±0.02 ^{Dcd}	0.44±0.01 ^{EFd}	0.46±0.02 ^{DEcd}
8	0.77±0.07 ^{Ca}	0.65±0.03 ^{Ab}	0.50±0.01 ^{Cc}	0.52±0.01 ^{Cc}	0.49±0.01 ^{Cc}	0.49±0.01 ^{Dc}	0.49±0.01 ^{BCc}
10	0.96±0.04 ^{Ba}	0.39±0.01 ^{Fc}	0.49±0.04 ^{Cb}	0.50±0.03 ^{CDb}	0.49±0.01 ^{Cb}	0.52±0.02 ^{BCb}	0.50±0.01 ^{BCb}
12	1.30±0.01 ^{Aa}	0.59±0.07 ^{Bb}	0.56±0.02 ^{Bb}	0.52±0.01 ^{Cc}	0.52±0.01 ^{Bc}	0.52±0.01 ^{BCc}	0.52±0.01 ^{Bc}
14	0.56±0.07 ^{DEb}	0.55±0.03 ^{BCbc}	0.48±0.02 ^{Cd}	0.50±0.02 ^{CCd}	0.51±0.02 ^{BCbcd}	0.64±0.06 ^{Aa}	0.51±0.02 ^{BCcd}
16	1.01±0.06 ^{Ba}	0.56±0.01 ^{BCcd}	0.63±0.00 ^{Ab}	0.66±0.04 ^{Ab}	0.57±0.02 ^{Ac}	0.52±0.01 ^{BCDd}	0.64±0.02 ^{Ab}
18	0.51±0.01 ^{EFc}	0.56±0.03 ^{Bb}	0.57±0.05 ^{Bb}	0.57±0.06 ^{Bb}	0.52±0.01 ^{Bc}	0.55±0.03 ^{Bbc}	0.63±0.04 ^{Aa}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

^{A-F} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

TBA değerinin, 3'ün altında ise çok iyi, 5'in altında ise iyi olarak kabul edildiği (Erdem vd. 2005), tüketilebilir sınır değerinin ise 7–8 MA/kg arasında olduğu bildirilmiştir (Varlık vd.1993). Kılınç vd. (2007), sulu buz içerisinde 4°C'de depolanan kültür çipurası ve levreğin TBA değerini sırasıyla 2.19 ve 1.94 mg MA/kg, taneli buz içerisinde 4°C'de depolanması sonucu sırasıyla 3 ve 3.20 mg MA/kg olarak bildirmiştir. Çaklı vd. (2007), iç organları çıkartılmış kültür çipura ve levreğin buzda depolanması boyunca TBA değerini levrekte 1.4 mg MA/kg iken çipurada 0.9 mg MA/kg olarak tesbit etmişlerdir. Mendes ve Golçalves (2008) vakum paketlenen çipura ve levreklerde TBA değerlerinin vakum paketlenen örneklerde daha düşük olduğunu ve paket içerisinde oksijenin uzaklaştırılması oksidasyonu önlediğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada TBA değeri çok düşük olup kontrol grubu muamele gruplarına göre biraz daha yüksektir.

4.2.5.4. Serbest Yağ Asitleri (FFA)

Serbest yağ asitlerinin esterleşmiş lipitlerin enzimatik hidrolizinin bir sonucu olduğu bilinmektedir (Pacheco-aguilar vd. 2000). Tablo 23 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki lipitlerin enzimatik hidrolizi sonucu oluşan değişimleri göstermektedir. FFA değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur (p<0.05).

Depolamanın 0. günü FFA değeri %4.33 olarak tespit edilmiş olup depolamanın son gününde ise kontrol grubunda FFA değeri %5.35 ve nanoemülsiyon uygulaması olan levrek

filetosunda FFA değerleri minimum %1.81 fındık için ve maksimum %5.06 zeytin yağı muamele grubu için tespit edilmiştir. Depolama boyunca tüm gruplarda FFA değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Kontrol grubu depolamanın 10. gününde %6.46 FFA değeri ile en yüksek sonuç elde edilmişken depolamanın 12. gününde ise %2.52 FFA değeri ile en düşük sonuç gözlenmiştir. Ayçiçek yağı muamele grubu depolamanın 10. 12. 14 ve 16. günleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Fındık(%4.64) kanola(%4.81) soya(%4.52) mısır(%4.93) ve zeytin(%5.06) yağları muamele gruplarında sırasıyla depolamanın 16. 10. 18. 12. ve 12. günlerinde en yüksek FFA değerleri bulunmuştur. Depolamanın 2 gününde kontrol grubu ile fındık yağı muamele grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken diğer muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 4. gününde muamele grupları arasında %2.51 FFA değeri ile ayçiçek yağı muamele grubu en düşük değere sahip olmuştur. Kontrol grubu hariç depolamanın 8. gününde tüm muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Depolamanın 10. ve 12 günlerinde kontrol grubu ile tüm muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Kontrol grubu ayçiçek fındık kanola ve soya yağları muamele grupları arasında istatistiksel farklılık yok iken bu gruplar ile zeytin ve soya yağları muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın son gününde %3.54 FFA değeri ile muamele grupları arasında fındık grubu en düşük değere sahip olmuş iken %4.94 FFA değeri ile ayçiçek yağı muamele grubu en yüksek değer olarak gözlenmiştir.

Tablo 23. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukda depolanması süresince serbest yağ asitleri (FFA) değerindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	4.33±0.43 ^{CDa}	4.33±0.43 ^{BCa}	4.33±0.43 ^{Aa}	4.33±0.43 ^{ABa}	4.33±0.43 ^{ABa}	4.33±0.43 ^{Ba}	4.33±0.43 ^{Ba}
2	3.76±0.37 ^{DEa}	2.48±0.15 ^{Ede}	3.40±0.30 ^{Cab}	2.61±0.14 ^{Dde}	3.21±0.19 ^{Dbc}	2.40±0.19 ^{Ee}	2.87±0.12 ^{Dcd}
4	4.24±0.38 ^{CDa}	2.51±0.22 ^{Ec}	2.65±0.22 ^{Dc}	2.67±0.25 ^{Dc}	3.83±0.14 ^{BCb}	2.94±0.05 ^{Dc}	3.56±0.19 ^{Cb}
6	3.56±0.28 ^{Ea}	3.39±0.33 ^{Dab}	1.81±0.15 ^{Ed}	3.08±0.19 ^{CDbc}	2.94±0.14 ^{Dc}	3.57±0.34 ^{Ca}	2.66±0.20 ^{Dc}
8	4.31±0.28 ^{CDa}	3.93±0.25 ^{Cab}	3.45±0.29 ^{Cb}	3.56±0.21 ^{Cb}	3.84±0.27 ^{BCab}	3.97±0.33 ^{BCab}	3.71±0.35 ^{Cb}
10	6.46±0.40 ^{Aa}	4.19±0.23 ^{BCc}	4.07±0.23 ^{ABc}	4.81±0.32 ^{Ab}	3.94±0.22 ^{Bcd}	3.53±0.18 ^{Cd}	4.35±0.26 ^{Bbc}
12	2.52±0.39 ^{Fd}	4.66±0.03 ^{ABab}	3.69±0.39 ^{BCc}	4.42±0.31 ^{ABb}	3.33±0.27 ^{CDc}	4.93±0.15 ^{Aab}	5.06±0.33 ^{Aa}
14	3.41±0.26 ^{Ebc}	4.17±0.34 ^{BCa}	4.08±0.44 ^{ABab}	3.43±0.39 ^{Cbc}	3.34±0.35 ^{CDc}	3.88±0.34 ^{BCabc}	4.40±0.39 ^{Ba}
16	4.64±0.44 ^{Ca}	4.64±0.26 ^{ABa}	4.47±0.28 ^{Aa}	4.62±0.24 ^{ABa}	4.30±0.36 ^{ABa}	2.82±0.23 ^{Dc}	3.61±0.21 ^{Cb}
18	5.35±0.22 ^{Ba}	4.94±0.16 ^{Aab}	3.54±0.37 ^{BCd}	4.10±0.28 ^{BCd}	4.52±0.47 ^{Abc}	3.59±0.23 ^{Cd}	3.72±0.25 ^{Cd}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları (p<0.05) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Kyrana ve Lougovois (2002), içorganları çıkarılmadan buz içeren strafor kutularda bütün halde buzdolabında (0 ± 4 °C) depolanan kültür levreğinin FFA değerinin depolamanın 10-12.güne kadar yavaş bir şekilde arttığını, 15. günden sonra ise depolamanın sonuna kadar hızlı bir şekilde artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Yazgan (2013) ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonun çipura ve levrek filetosuna uygulayarak buzdolabı koşulunda (2 ± 2 °C) kalite üzerine etkisini incelemiştir. Depolamanın 0. günü çipura ve levrek filetosunda FFA değeri sırasıyla %1.51 ve %1.09 olarak tespit edilmiş olup, depolamanın son gününde ise kontrol ve nanoemülsiyon uygulaması olan çipura filetosunda FFA değeri sırasıyla %5.63 ve %4.92, kontrol ve nanoemülsiyon uygulaması olan levrek filetosunda ise FFA değeri sırasıyla %3.87 ve %2.85 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada, FFA değerleri tüm gruplarda dalgalanmalar göstermiş olup gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Genel olarak, depolama boyunca en yüksek değer kontrol grubundan elde edilmiş olup 10. günde kontrol grubunda maksimum FFA değeri (%6.46) elde edilmiştir.

4.2.5.5. pH Değişimleri

Tablo 24 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki pH değerindeki değişimleri göstermektedir. Depolamanın başlangıcında pH değeri 6.79 olarak ölçülürken depolama süresi boyunca pH değerinde önemli artışlar ve azalışlar gözlenmiştir. Depolama 18. gününde kontrol grubu 7.22 pH değeri ile en yüksek değere sahip olmuştur. Depolama boyunca kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Depolamanın 8. gününde zeytin yağı muamele grubu 6.73 pH değeri ile tüm muamele grupları arasında en düşük değere sahip olmuşken kanola ve ayçiçek yağı muamele grupları 7.01 pH değeri ile nanoemülsiyon grupları içinde en yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Depolamanın 12. Günü ve sonraki günlerinde kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 14. Gününde kanola soya ve mısır yağı muamele gruplarının bir birleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Fakat bu gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Depolamanın 18. Gününde kontrol ayçiçek fındık kanolasoya mısır ve zeytin yağı muamele gruplarının pH değerleri sırasıyla 7.22, 7.01, 6.90, 7.01, 6.99, 6.90 ve 6.88 olarak ölçülmüştür.

Çalışmamızda pH değerleri 6.73-7.22 arasında değişim göstermiştir. Varlık ve arkadaşları (1993) pH tüketilebilir sınır değerlerinin 6.8-7 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Oehlensclager (1992) pH'nın kalite parametrelerden biri olduğu ancak tek başına yeterli olmadığını vurgulamıştır. Buna ek olarak su ürünlerinin pH değerinin 7 üzerine çıktığında bu ürünlerin bozulmuş olabileceğini belirtmiştir. Bu referansları göz önüne aldığımızda kontrol grubu depolamanın 12. gününde 7.08 pH değerine sahip olmuştur ve 7 değerinin üzerine

çıkıştır. Kontrol grubunun hem duysal hem de mikrobiyolojik olarak depolamanı 12. gününde red edildiştir. Bu kalite parametreleri pH değeri ile paralellik göstermektedir. Nanoemülsiyon mamele gruplarından ayçiçek ve soya grubu depolamanın 18. gününde 7 değerinin üzerine çıkmıştır. Diğer gruplar bu değerin altında kalmıştır.

Tablo 24. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince pH değerindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	6.79±0.02 ^{Fa}	6.79±0.02 ^{Ga}	6.79±0.02 ^{Ea}	6.79±0.02 ^{Fa}	6.79±0.02 ^{Ea}	6.79±0.02 ^{Ea}	6.79±0.02 ^{Ga}
2	6.93±0.01 ^{DEbc}	6.96±0.02 ^{Ba}	6.84±0.01 ^{Dd}	6.86±0.03 ^{Dd}	6.90±0.02 ^{Dc}	6.84±0.02 ^{Dd}	6.94±0.01 ^{Bab}
4	6.90±0.01 ^{Ea}	6.89±0.02 ^{DEFab}	6.90±0.02 ^{Cab}	6.86±0.01 ^{Dbc}	6.89±0.05 ^{Dab}	6.78±0.02 ^{Ed}	6.85±0.01 ^{Ec}
6	6.99±0.01 ^{Ca}	6.93±0.02 ^{BCb}	6.98±0.01 ^{Aa}	6.98±0.02 ^{Ba}	6.98±0.01 ^{Aa}	6.97±0.04 ^{Aa}	6.97±0.01 ^{Aa}
8	6.97±0.04 ^{CDa}	6.92±0.01 ^{CDb}	6.85±0.04 ^{Dc}	6.83±0.01 ^{Ec}	6.95±0.01 ^{BCab}	6.94±0.01 ^{Bab}	6.73±0.00 ^{Hd}
10	6.98±0.02 ^{CDa}	6.91±0.01 ^{CDEc}	6.85±0.01 ^{Dd}	6.98±0.01 ^{Ba}	6.97±0.02 ^{ABa}	6.93±0.01 ^{BCbc}	6.94±0.02 ^{Bb}
12	7.08±0.08 ^{Ba}	6.87±0.02 ^{Fc}	6.75±0.03 ^{Fd}	6.93±0.02 ^{Cbc}	6.82±0.03 ^{Ec}	6.93±0.02 ^{BCb}	6.83±0.02 ^{Fc}
14	7.18±0.08 ^{Aa}	6.92±0.01 ^{CDde}	6.92±0.03 ^{Bd}	6.99±0.01 ^{ABb}	6.96±0.01 ^{ABbc}	6.99±0.01 ^{Ab}	6.89±0.01 ^{CDde}
16	7.10±0.02 ^{Ba}	6.88±0.05 ^{EFc}	6.87±0.01 ^{Dcd}	6.89±0.02 ^{Dbc}	6.92±0.02 ^{CDb}	6.84±0.02 ^{Dd}	6.90±0.01 ^{Cbc}
18	7.22±0.03 ^{Aa}	7.01±0.03 ^{Ab}	6.90±0.02 ^{Cc}	7.01±0.03 ^{Ab}	6.99±0.01 ^{Ab}	6.90±0.01 ^{Cc}	6.88±0.02 ^{Dc}

^{a-e} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir.

^{A-H} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

Canlı balık kasında pH değeri 7'ye yakinken postmortem aşamasında mevsim, balık türü ve diğer faktörlere bağlı olarak 6.0 ile 7.1 arasında değişebilir (Simeonidou vd. 1998). Çaklı vd. (2007), iç organları alınmış bütün haldeki kültür çipurası ve levreğin buzda depolanması süresince pH değerinin 6.53 ila 6.82 arasında değiştiğini bildirmiştir. Mendes ve Gonçalves (2008) çipura ve levreklerde 15 gün boyunca soğuk depolama boyunca çözünür CO₂ ve vakum paketlemenin etkisini araştırmışlardır. pH değerlerinin depolama boyunca arttığını, çipurada pH değerleri 5.96 ile 6.20 arasında olduğu, levreklerde ise pH değeri 6.09 ile 6.43 arasında değiştiğini tesbit etmişlerdir. Bu çalışmada nanoemülsiyon uygulaması balık etinde daha düşük pH'a neden olmuştur. Benzer sonuçlar Yazgan (2013) tarafından da elde edilmiştir. Ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonun depolama sonunda çipura ve levrek etindeki pH değeri sırasıyla 7.40 ve 7.60 iken, nanoemülsiyon uygulanan gruplarda sırasıyla 7.20 ve 7.33 olarak rapor etmiştir.

4.2.5.6. Su Tutma Kapasitesi

Tablo 25 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki su tutma kapasitesindeki değişimleri göstermektedir.

Diğer tüm gıdalarda olduğu gibi balık etinin bileşimini de büyük oranda su oluşturur. Kasın yapısına, yaşına ve türüne bağlı olarak etteki su miktarı %70–80 arasında değişmektedir (Hamm 1986; Honikel 1988). Su tutma kapasitesi depolama boyunca tüm gruplarda azalmıştır ve gruplar arasında istatistiksel farklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Gruplar arasında mısır, kanola ve zeytin daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olup, nanoemülsiyon uygulaması levrek filetosunda su kaybını önlemiştir.

Tablo 25. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince su tutma kapasitesindeki değişimler

Depolama Süresi (gün)	Kontrol $\bar{X} \pm S_x$	Ayçiçek $\bar{X} \pm S_x$	Fındık $\bar{X} \pm S_x$	Kanola $\bar{X} \pm S_x$	Soya $\bar{X} \pm S_x$	Mısır $\bar{X} \pm S_x$	Zeytin $\bar{X} \pm S_x$
0	17.75±1.41 ^{Aa}	17.75±1.41 ^{ABa}	17.75±1.41 ^{Aa}	17.75±1.41 ^{ABa}	17.75±1.41 ^{ABa}	17.75±1.41 ^{Aa}	17.75±1.41 ^{Aa}
2	17.78±0.83 ^{Aa}	17.96±0.60 ^{Aa}	17.93±0.66 ^{Aa}	18.09±0.65 ^{Aa}	17.82±1.52 ^{Aa}	17.99±0.23 ^{Aa}	17.94±0.44 ^{Aa}
4	17.23±0.76 ^{ABa}	17.67±0.04 ^{ABa}	17.63±1.17 ^{Aa}	17.97±1.21 ^{ABa}	17.30±0.79 ^{ABa}	17.69±0.44 ^{Aa}	17.84±1.04 ^{Aa}
6	16.31±1.46 ^{ABCa}	17.19±0.48 ^{ABCa}	17.13±0.60 ^{ABa}	17.69±0.97 ^{ABa}	17.21±0.54 ^{ABa}	17.29±1.13 ^{ABa}	17.68±0.64 ^{Aa}
8	15.67±0.64 ^{BCa}	16.95±0.68 ^{ABCDab}	16.87±1.46 ^{ABab}	17.08±1.24 ^{ABCab}	16.99±0.50 ^{ABab}	17.26±0.76 ^{ABab}	17.53±0.39 ^{Ab}
10	14.97±0.76 ^{CDa}	16.91±0.47 ^{ABCDb}	16.75±1.51 ^{ABb}	16.87±0.85 ^{ABCb}	16.91±1.04 ^{ABb}	17.25±1.08 ^{ABb}	17.17±0.85 ^{ABb}
12	14.73±0.34 ^{CDa}	16.74±0.59 ^{ABCDb}	16.77±0.79 ^{ABb}	16.80±0.64 ^{ABCb}	16.87±0.08 ^{ABb}	17.20±0.06 ^{ABb}	16.97±1.04 ^{ABb}
14	13.89±0.91 ^{DEa}	16.29±0.75 ^{BCDb}	15.75±0.30 ^{Bb}	16.38±0.09 ^{ABCb}	16.50±0.50 ^{ABb}	16.91±0.48 ^{ABb}	16.47±0.93 ^{ABCb}
16	13.33±0.34 ^{DEa}	15.95±0.83 ^{CDb}	15.53±0.08 ^{Bb}	16.18±1.03 ^{BCb}	16.12±0.51 ^{ABb}	16.65±0.38 ^{ABb}	15.87±0.29 ^{BCb}
18	12.51±1.06 ^{Ea}	15.63±0.96 ^{Db}	15.48±0.61 ^{Bb}	15.50±0.35 ^{Cb}	16.08±0.81 ^{Bb}	15.96±0.55 ^{Bb}	15.05±0.53 ^{Cb}

^{a-b} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir.

^{A-E} Herbir tür için günler arası önemli farklılıkları ($p < 0.05$) göstermektedir. $\bar{X} \pm S_x$: Ortalama±Standart sapma

4.2.5.7. Biyojenik Aminler

Balık etinde bulunan serbest aminoasitlerin enzimatik dekarboksilasyonu ile birlikte amin bileşikleri oluşmaktadır. Serbest aminoasitler dekarboksilaz enzimi için gerekli substratlardır. Bu nedenle balığın bozulması veya ayrışması süresince, bakteriyel üretim, aminoasit dekarboksilasyon faaliyeti ve proteoliz aktivitesinden dolayı amino asitler serbest kalmakta ve biyojenik amin üretilmektedir (Özoğul, 2004). Başta histamin olmak üzere putresin, kadaverin, tiramin, triptamin, β -feniletilamin, spermin, spermidin ve agmatin gibi

biyojenik aminler, amino asitlerin bakteriyel dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadır. Bu aminler gıdalarda tazelik veya bozulma derecesini göstermektedir.

Tablo 26 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetolarındaki amonyak ve biyojen amin değişimini göstermektedir. Depolama süresince ve gruplar arasında amonyak ve biyojen amin içeriği bakımından istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Başlangıçtaki balık etindeki amonyak miktarı 17.16 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi ile birlikte amonyak miktarında artışlar gözlenmiştir. Depolamanın sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için amonyak miktarı sırasıyla 52.78, 33.30, 33.39, 35.73, 33.31, 31.00 ve 40.49 mg/100g olarak bulunmuştur. Depolama süresince nanoemülsiyon muamele grupları ve kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Nanoemülsiyon muamele grupları arasında en yüksek amonyak miktarına depolamanın 18. gününde zeytin grubunda 40.49 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki amonyak miktarı depolama süresince nanoemülsiyon muamele gruplarından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sonunda balık etinde en fazla miktarda bulunan biyojenik aminler putresin, kadaverin, spermidin, spermin, serotonin, dopamin ve agmatin olarak tespit edilmiştir. Balık ve balık ürünleri kadaverin ve putresin gibi biyojen aminler çok önemlidir. Balıkta bakteriyel bozulma başlar başlamaz putresin ve kadaverin üretimi sürekli olarak artar. Bu biyojenik aminlerin miktarının artması histaminin toksisitesini arttırdığı bilinmektedir.

Balık etindeki başlangıç putresin değeri 3.46 mg/100 g olup, depolama süresince artışlar gözlenmiştir. Depolama boyunca gruplar arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. Depolamanın 4. gününde ayçiçek ve fındık grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmezken, bu gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama boyunca en yüksek putresin değeri depolamanın 16. gününde 103.87 mg/100 g ile kontrol grubu olduğu tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarında ise en yüksek değer 94.97 mg/100 g değeri ile zeytin grubu olmuştur.

Depolamanın başlangıcında kadaverin değeri 1.42 mg/100 g olarak belirlenmişken, depolamanın sonunda ise kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için kadaverin miktarı sırasıyla 145.47, 120.03, 119.69, 104.64, 124.09, 84.48 ve 106.94 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Depolamanın ilk gününden itibaren tüm gruplarda kadaverin değeri artış göstermiştir. Depolamanın 18. gününde en yüksek kadaverin değerlerine ulaşmışlardır. depolamanın 10. gününde kontrol, ayçiçeği, fındık ve kanola grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, bu gruplar ile diğer nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık belirlenmiştir. depolamanın 10. gününden sonra kadaverin miktarında önemli artışlar gözlenmiştir ve bu artış depolamanın son gününe kadar devam etmiştir.

Spermidin ve spermin gıdalarda doğal olarak oluşan biyojenik aminler olup bunların formasyonu bakteriyel bozulmayla ilişkili olmamaktadır Spermidin ve spermin balıkta önemsiz bir bileşiktir ve depolama süresince az miktarda oluşur (Ritchie ve Mackie, 1980). Balık etindeki başlangıç spermidin ve spermin düzeyi sırasıyla 14.42 ve 13.12 mg/100 g olarak bulunmuştur. Depolama süresince spermidin ve spermin düzeylerinde dalgalanmalar gözlenmiştir ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek spermidin düzeyi depolamanın 14. gününde kontrol grubunda (31.46 mg/100 g) belirlenmiş iken, en yüksek spermin düzeyi ise depolamanın 2. gününde soya grubunda (18.59 mg/100 g) olduğu tespit edilmiştir. Spermidin ve spermin düzeyinde depolamanın sonunda azalış olduğu ve nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir.

Histamin düzeyine baktığımız zaman depolamanın başlangıcında 0.20 mg/100 g olarak bulunmuştur. Depolama süresi ile birlikte histamin düzeyinde değişimler gözlenmiştir. En yüksek histamin değeri depolamanın 18. gününde ayçiçek grubunda (3.34 mg/100 g) tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 14. gününde kontrol ve kanalo grupları arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken, diğer tüm nanoemülsiyon muamele grupları arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir ($p < 0.05$). FDA (1995) histaminin yasal limitini 5 mg/100 g olarak bildirmiştir. Histamin düzeyi yapmış olduğumuz çalışmada bu değeri geçmediği belirlenmiştir.

Serotonin düzeyine baktığımız zaman depolamanın başlangıcında 2.63 mg/100 g olarak bulunmuştur. Depolama süresinde serotonin miktarında artışlar ve azalışlar gözlenmiştir. Depolamanın 18.gününde kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için serotonin miktarı sırasıyla 6.19, 3.42, 5.34, 8.60, 8.59, 4.94 ve 5.47 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarından bazıları depolama süresince kontrol grubundan daha yüksek miktarda serotonin düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir.

Dopamin ve agmatin balık ve balık ürünlerinde yaygın olarak bulunmaktadır ve bunlar balık etinin bozulmasıyla birlikte artış göstermektedir. Depolama başlangıcında dopamin ve agmatin düzeyi sırasıyla 4.96 ve 9.49 mg/100 g olarak bulunmuştur ve bu değerler en düşük dopamin ve agmatin değerleridir. Depolama süresi ile orantılı olarak artışlar gözlenmiştir. Dopamin ve agmatin miktarı depolamanın son gününde kontrol grubunda sırasıyla 101.64 ve 139.34 mg/100 g olarak en yüksek miktarda oldukları tespit edilmiştir. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon grupları arasında depolama boyunca istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarında kontrol grubundan daha düşük dopamin ve agmatin miktarı olduğu belirlenmiştir.

TMA, balık etinin bozulmaya başlaması ile birlikte TMAO'un bakteriler tarafından parçalanması sonucunda oluşmaktadır. Balık ve balık ürünleri bozuldukça TMA miktarında artış olur ve bu artış balık etinde kötü kokunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Balık etindeki başlangıç TMA düzeyi 0.14 mg/100g olarak tespit edilmiş iken, depolamanın



sonunda kontrol, ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytin grupları için TMA miktarı sırasıyla 36.69, 19.99, 23.03, 18.16, 17.55, 26.03, ve 17.71 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Nanoemülsiyon muamele grupları arasında en yüksek TMA miktarı 26.03 mg/100g ile mısır grubu olurken, bunu 23.03 mg/100g ile fındık grubu takip etmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarının TMA değeri, depolama süresi boyunca kontrol grubu TMA değerinden daha düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan nanoemülsiyonların bakterileri gelişimini yavaşlattığını göstermektedir.

Tablo 26. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının vakumlanarak soğukta depolanması süresince biyojenik amin miktarındaki değişim

Günler	AMN	PUT	KAD	SPD	TRP	PHEN	SPN	HİS	SER	TYR	TMA	DOP	AGM	Grup
0	17.16±0.17	3.46±0.27	1.42±0.08	14.42±0.38	0.60±0.09	0.00±0.00	13.12±0.21	0.20±0.01	2.63±0.05	0.10±0.01	0.14±0.00	4.96±0.21	9.49±0.48	K
2	19.18±0.09F ^a	3.91±0.10 ^a	2.40±0.09 ^b	13.85±0.50 ^b	0.50±0.01 ^b	0.00±0.00 ^a	12.95±0.58 ^{cd}	0.00±0.00 ^d	4.94±0.34 ^e	0.53±0.01 ^b	3.93±0.03 ^a	7.07±0.58 ^b	11.36±0.06 ^e	K
	18.07±0.48 ^b	3.72±0.10 ^{ab}	0.00±0.00 ^f	12.20±0.53 ^c	0.54±0.07 ^b	0.00±0.00 ^a	11.26±1.05 ^{Ee}	0.00±0.00 ^d	6.88±0.36 ^a	1.12±0.02 ^a	1.20±0.09 ^c	5.82±0.33 ^c	11.58±0.08 ^d	A
	18.63±0.34 ^{ab}	3.77±0.25 ^{ab}	0.42±0.03 ^e	11.99±0.76 ^c	1.11±0.04 ^a	0.00±0.00 ^a	17.12±0.59 ^b	0.20±0.01 ^c	4.54±0.15 ^e	0.00±0.00 ^e	1.12±0.09 ^c	6.73±0.31 ^b	18.31±0.11 ^a	F
	17.78±0.26 ^b	3.33±0.24 ^{bc}	0.34±0.04 ^e	13.89±0.43 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^a	12.36±0.73 ^{de}	0.24±0.01 ^b	5.52±0.43 ^{cd}	0.38±0.08 ^c	0.82±0.07 ^d	7.94±0.62 ^a	11.88±0.08 ^c	KAN
	17.81±0.58 ^b	3.31±0.11 ^{bc}	0.85±0.02 ^c	15.76±0.63 ^a	0.32±0.03 ^c	0.00±0.00 ^a	18.59±1.02 ^a	0.00±0.00 ^d	6.22±0.20 ^b	0.19±0.02 ^d	1.50±0.14 ^b	6.57±0.42 ^b	12.72±0.12 ^b	S
	16.03±0.86 ^c	3.33±0.57 ^{bc}	3.29±0.12 ^a	9.33±0.30 ^d	1.08±0.03 ^a	0.00±0.00 ^a	12.36±0.27 ^{de}	0.26±0.01 ^a	5.05±0.35 ^{de}	0.53±0.04 ^b	0.08±0.02 ^e	6.61±0.23 ^b	11.60±0.10 ^d	M
	18.77±0.65 ^{ab}	3.05±0.21 ^c	0.59±0.01 ^d	11.91±0.77 ^c	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^a	13.96±0.26 ^c	0.00±0.00 ^d	5.62±0.11 ^c	0.20±0.01 ^d	0.89±0.06 ^d	6.60±0.19 ^b	11.27±0.07 ^e	Z
4	21.11±0.43 ^a	5.49±0.09 ^a	4.97±0.15 ^c	11.58±0.70 ^b	0.00±0.00 ^b	0.51±0.02 ^b	13.20±0.73 ^a	0.47±0.04 ^b	11.71±0.97 ^{ab}	3.63±0.21 ^a	4.55±0.05 ^a	9.53±0.38 ^a	17.33±0.89 ^a	K
	17.84±1.19 ^b	2.86±0.18 ^c	3.53±0.34 ^d	8.45±0.21 ^c	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c	11.96±0.66 ^a	0.29±0.01 ^c	7.07±0.76 ^d	2.38±0.08 ^c	0.53±0.02 ^f	8.68±0.11 ^b	16.78±1.56 ^{ab}	A
	16.86±0.28 ^{bc}	4.66±0.30 ^b	0.61±0.02 ^g	11.34±0.83 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c	8.19±0.56 ^c	0.00±0.00 ^e	10.40±0.49 ^b	2.76±0.15 ^b	1.30±0.02 ^c	6.99±0.17 ^c	14.41±1.25 ^{cd}	F
	16.85±1.03 ^{bc}	5.97±0.56 ^a	5.04±0.04 ^b	13.40±0.03 ^a	0.77±0.03 ^a	0.00±0.00 ^c	12.48±0.55 ^a	0.53±0.01 ^a	8.93±0.52 ^c	0.00±0.00 ^d	0.44±0.04 ^f	8.78±0.79 ^{ab}	12.64±0.59 ^d	KAN
	17.03±0.34 ^{bc}	2.66±0.14 ^c	2.59±0.07 ^e	10.95±0.39 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c	12.22±1.00 ^a	0.00±0.00 ^e	5.61±0.57 ^e	2.93±0.24 ^b	1.56±0.08 ^b	6.49±0.54 ^c	16.83±1.00 ^{ab}	S
	16.02±0.84 ^c	2.78±0.23 ^c	1.53±0.09 ^f	8.14±0.56 ^c	0.00±0.00 ^b	1.17±0.03 ^a	10.45±0.45 ^b	0.21±0.01 ^d	5.88±0.24 ^{de}	3.93±0.18 ^a	0.73±0.14 ^e	6.39±0.31 ^c	15.18±1.37 ^{bc}	M
	17.55±0.08 ^b	4.58±0.25 ^b	6.14±0.04 ^a	10.98±0.74 ^b	0.78±0.09 ^a	0.00±0.00 ^c	12.48±0.59 ^a	0.42±0.04 ^b	12.87±1.40 ^a	2.63±0.23 ^{bc}	1.15±0.12 ^d	8.29±0.49 ^b	14.04±0.58 ^{cd}	Z
6	19.06±1.45 ^a	9.56±0.36 ^{ab}	15.51±0.01 ^b	7.78±0.29 ^d	0.84±0.05 ^c	0.48±0.07 ^a	10.73±0.32 ^d	0.50±0.01 ^{bc}	7.39±0.44 ^a	3.40±0.03 ^a	7.67±0.07 ^a	21.39±1.17 ^a	20.27±1.09 ^a	K
	17.35±0.72 ^{ab}	10.18±2.78 ^a	15.17±1.8 ^b	14.69±0.19 ^a	2.78±0.22 ^a	0.00±0.00 ^b	12.28±1.09 ^{abc}	0.00±0.00 ^d	6.88±0.57 ^a	2.07±0.21 ^d	1.13±0.13 ^e	19.35±0.57 ^b	13.85±0.93 ^c	A
	16.81±1.07 ^b	7.91±0.83 ^{bc}	13.30±0.58 ^c	13.03±0.68 ^b	0.45±0.05 ^d	0.00±0.00 ^b	9.23±0.37 ^e	0.49±0.44 ^{bc}	7.62±0.66 ^a	3.06±0.06 ^b	1.29±0.06 ^{cd}	15.58±0.57 ^{cd}	14.77±0.76 ^c	F
	16.84±1.62 ^b	3.77±0.26 ^f	17.52±0.73 ^a	5.62±0.27 ^a	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^b	12.96±0.79 ^{bc}	0.34±0.06 ^c	3.61±0.02 ^c	0.12±0.04 ^g	4.94±0.45 ^b	15.15±0.89 ^d	17.68±1.02 ^b	KAN
	17.27±0.39 ^{ab}	6.14±0.26 ^{cd}	6.78±0.39 ^d	5.75±0.55 ^a	0.74±0.03 ^c	0.00±0.00 ^b	11.75±0.89 ^{cd}	0.00±0.00 ^d	5.45±0.39 ^b	0.77±0.06 ^e	1.60±0.03 ^c	15.65±1.21 ^{cd}	6.49±0.58 ^d	S
	16.22±0.66 ^b	3.32±0.67 ^f	1.94±0.18 ^e	9.57±0.58 ^c	2.05±0.04 ^b	0.00±0.00 ^b	13.45±0.60 ^{ab}	0.00±0.00 ^d	4.73±0.25 ^b	2.76±0.22 ^c	1.22±0.16 ^e	13.95±1.33 ^d	13.39±1.07 ^c	M
	17.67±0.55 ^{ab}	4.47±0.40 ^{ef}	18.66±1.18 ^a	8.44±0.68 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^b	13.79±0.89 ^a	0.95±0.01 ^a	5.43±0.54 ^b	0.34±0.05 ^f	1.50±0.09 ^{cd}	17.19±1.22 ^c	20.72±1.90 ^a	Z
8	22.90±1.96 ^a	26.54±1.83 ^a	27.83±2.70 ^{bc}	11.99±0.45 ^c	3.57±0.30 ^b	0.00±0.00 ^b	10.76±0.50 ^{cd}	1.00±0.01 ^b	5.79±0.20 ^c	4.74±0.04 ^a	14.78±1.24 ^a	16.86±1.30 ^a	15.77±1.24 ^b	K
	19.13±1.37 ^b	26.53±2.50 ^a	25.89±1.16 ^{bc}	10.54±0.39 ^d	2.82±0.11 ^c	0.00±0.00 ^b	11.79±0.40 ^{bc}	0.00±0.00 ^c	4.89±0.46 ^d	0.36±0.03 ^g	13.82±0.12 ^b	11.28±0.64 ^b	13.28±0.08 ^c	A
	19.01±0.71 ^b	26.11±1.84 ^a	28.37±0.86 ^{ab}	10.43±0.73 ^d	1.20±0.06 ^g	0.00±0.00 ^b	12.05±0.20 ^b	1.08±0.05 ^a	7.86±0.18 ^{ab}	0.79±0.01 ^e	10.49±0.60 ^d	8.15±0.45 ^c	17.88±0.08 ^a	F
	18.87±1.01 ^b	10.69±0.49 ^c	24.87±1.50 ^c	14.85±0.73 ^a	2.48±0.09 ^d	0.00±0.00 ^b	10.29±0.47 ^d	0.00±0.00 ^c	7.11±0.30 ^b	0.50±0.02 ^f	11.05±0.05 ^d	5.26±0.37 ^d	13.48±0.48 ^c	KAN
	18.70±1.05 ^b	20.24±1.92 ^b	27.32±2.22 ^{bc}	13.68±0.49 ^b	1.99±0.09 ^e	0.00±0.00 ^b	15.19±1.18 ^a	0.00±0.00 ^c	7.19±0.32 ^b	1.31±0.09 ^d	11.92±0.12 ^c	5.20±0.28 ^d	15.42±0.42 ^b	S
	17.81±1.64 ^b	9.52±0.85 ^c	14.13±0.9 ^d	10.27±0.42 ^d	4.48±0.19 ^a	0.00±0.00 ^b	2.90±0.20 ^f	0.00±0.00 ^c	8.22±0.65 ^a	1.43±0.09 ^c	1.46±0.10 ^f	8.47±0.39 ^c	15.327±0.24 ^b	M
	18.86±1.53 ^b	26.39±2.46 ^a	31.31±2.53 ^a	7.66±0.48 ^e	1.48±0.12 ^f	1.00±0.10 ^a	4.51±0.63 ^e	0.00±0.00 ^c	7.24±0.70 ^b	4.29±0.01 ^b	4.38±0.10 ^e	8.49±0.09 ^c	10.09±0.18 ^d	Z
10	25.09±1.63 ^a	60.52±0.06 ^a	20.92±1.29 ^b	24.99±1.88 ^a	0.42±0.03 ^c	0.00±0.00 ^d	7.79±0.62 ^{cd}	0.93±0.29 ^{bcd}	7.20±0.32 ^d	3.00±0.10 ^a	21.41±0.41 ^a	60.99±2.16 ^a	57.17±5.60 ^a	K
	23.62±1.82 ^b	50.29±3.40 ^b	22.45±0.80 ^b	8.43±0.09 ^d	0.33±0.01 ^c	1.47±0.04 ^a	10.08±0.63 ^b	0.77±0.09 ^d	11.08±0.79 ^b	2.69±0.25 ^a	0.42±0.03 ^f	55.58±5.17 ^{ab}	51.64±3.67 ^{ab}	A
	22.28±1.69 ^{bc}	49.16±0.82 ^b	20.28±1.24 ^b	16.74±0.01 ^c	1.14±0.05 ^a	1.19±0.01 ^b	10.89±0.83 ^b	1.00±0.06 ^{bc}	7.81±0.02 ^{cd}	1.27±0.06 ^c	12.14±0.39 ^b	49.71±4.37 ^c	53.35±0.65 ^{ab}	F
	21.67±1.58 ^{bc}	39.73±2.94 ^c	21.91±1.83 ^b	18.95±1.66 ^b	1.16±0.11 ^a	0.00±0.00 ^d	13.44±0.63 ^a	0.27±0.02 ^e	10.87±0.63 ^b	1.84±0.67 ^b	4.47±0.38 ^d	36.50±2.35 ^d	40.93±1.61 ^d	KAN
	19.84±0.39 ^c	32.81±1.95 ^d	9.32±0.86 ^c	15.88±0.65 ^c	0.37±0.03 ^c	0.00±0.00 ^d	8.44±0.00 ^c	1.40±0.24 ^a	12.79±0.87 ^a	1.99±0.01 ^b	1.51±1.11 ^e	56.30±1.92 ^{ab}	57.26±2.69 ^a	S
	19.92±0.95 ^c	35.28±2.30 ^{cd}	10.06±0.88 ^c	8.63±0.31 ^d	0.65±0.05 ^b	0.51±0.01 ^c	7.17±0.21 ^d	1.09±0.01 ^b	7.46±0.15 ^{cd}	0.86±0.04 ^c	0.28±0.03 ^f	51.74±1.94 ^{bc}	50.09±3.70 ^{bc}	M
	23.99±1.41 ^{ab}	55.62±5.43 ^a	43.79±3.21 ^a	9.62±0.45 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.22±0.48 ^{cd}	0.83±0.06 ^{cd}	8.23±0.24 ^c	2.88±0.01 ^a	6.40±0.67 ^c	55.53±1.46 ^{ab}	45.07±3.92 ^{cd}	Z

12	27.02±0.42 ^a	72.15±2.14 ^b	70.54±2.00 ^a	9.11±0.00 ^{cd}	0.00±0.32 ^d	4.71±0.67 ^a	7.91±0.05 ^c	0.54±0.94 ^c	13.11±0.94 ^b	2.79±0.27 ^b	24.98±0.44 ^a	60.54±1.64 ^a	68.50±3.22 ^a	K
	23.69±0.96 ^{bc}	70.64±5.00 ^b	65.85±5.00 ^b	9.70±0.91 ^c	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	14.74±1.37 ^a	0.54±0.04 ^c	8.34±0.50 ^d	0.63±0.10 ^e	14.40±0.19 ^c	60.06±3.78 ^a	60.31±5.87 ^b	A
	23.14±0.55 ^{bc}	63.99±3.72 ^c	39.50±1.86 ^e	14.38±0.50 ^a	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	11.93±0.85 ^b	1.79±0.10 ^a	12.80±0.57 ^b	2.58±0.72 ^b	13.30±0.85 ^{cd}	59.37±1.79 ^{ab}	51.30±3.12 ^c	F
	23.58±1.67 ^{bc}	42.62±2.41 ^d	46.08±5.80 ^d	13.43±0.58 ^b	0.77±0.03 ^a	0.00±0.00 ^d	10.65±0.25 ^b	0.34±0.05 ^d	3.70±0.28 ^f	1.22±0.03 ^d	11.32±0.54 ^e	49.07±1.76 ^{bc}	53.86±4.42 ^{bc}	KAN
	22.53±0.93 ^{bc}	61.21±3.39 ^c	37.68±2.77 ^e	9.35±0.40 ^{cd}	0.36±0.06 ^b	0.00±0.00 ^d	11.25±0.98 ^b	1.35±0.06 ^b	11.00±0.26 ^c	1.62±0.07 ^c	15.82±0.75 ^b	55.19±3.44 ^{ab}	56.24±4.09 ^{bc}	S
	21.41±1.33 ^c	44.64±0.83 ^d	27.37±1.67 ^f	7.62±0.17 ^e	0.30±0.01 ^c	1.69±0.13 ^b	5.05±0.10 ^d	0.25±0.00 ^d	6.40±0.96 ^e	1.71±0.10 ^c	12.90±1.13 ^d	56.85±13.59 ^{ab}	49.28±3.56 ^c	M
	24.89±2.12 ^{ab}	85.59±9.20 ^a	61.89±2.43 ^c	8.43±0.45 ^{de}	0.35±0.00 ^b	0.60±0.00 ^c	8.68±0.21 ^c	1.69±0.04 ^a	19.27±1.01 ^a	4.62±0.72 ^a	14.32±0.55 ^c	44.38±2.69 ^c	51.23±2.85 ^c	Z
14	30.65±2.94 ^a	89.66±4.94 ^a	66.91±3.00 ^a	31.46±1.77 ^a	0.87±0.09 ^{bc}	2.13±0.12 ^b	15.16±0.58 ^a	0.80±0.02 ^c	16.68±0.65 ^a	4.97±0.09 ^a	26.54±1.01 ^a	96.80±8.88 ^a	99.48±5.95 ^a	K
	26.93±1.19 ^b	77.85±5.17 ^b	49.17±1.31 ^b	10.58±0.42 ^c	0.79±0.05 ^c	0.48±0.03 ^e	9.05±0.37 ^c	0.00±0.00 ^f	9.63±0.35 ^d	3.68±0.08 ^d	22.69±1.46 ^b	79.26±5.36 ^b	67.79±2.24 ^{bc}	A
	24.26±1.22 ^{bc}	60.74±5.11 ^d	51.37±3.41 ^b	11.53±0.58 ^c	0.53±0.06 ^d	3.27±0.10 ^a	12.09±0.63 ^b	0.20±0.01 ^e	9.32±0.24 ^d	1.25±0.04 ^e	0.26±0.02 ^e	55.72±3.15 ^e	64.09±5.79 ^c	F
	24.80±2.57 ^{bc}	72.79±5.23 ^{bc}	30.35±1.08 ^c	8.33±0.25 ^d	0.93±0.06 ^b	0.00±0.00 ^f	11.49±0.72 ^b	0.80±0.02 ^c	13.64±0.89 ^b	4.42±0.36 ^b	1.92±0.16 ^d	69.09±2.55 ^{cd}	66.59±3.52 ^{bc}	KAN
	23.22±1.08 ^{bc}	67.86±6.70 ^{cd}	52.72±3.17 ^b	28.89±2.26 ^b	0.47±0.03 ^d	0.92±0.01 ^d	9.92±0.60 ^c	1.09±0.03 ^a	13.68±1.07 ^b	0.87±0.05 ^f	18.99±0.62 ^c	63.16±4.97 ^{de}	75.22±6.64 ^b	S
	22.46±0.86 ^c	42.59±3.23 ^e	27.65±1.75 ^c	11.19±0.21 ^c	0.49±0.02 ^d	0.00±0.00 ^f	9.06±0.90 ^c	0.66±0.03 ^d	11.16±0.99 ^c	4.05±0.34 ^c	1.44±0.08 ^{de}	59.72±4.42 ^{de}	70.97±2.36 ^{bc}	M
	26.03±2.91 ^{bc}	76.44±5.38 ^{bc}	64.09±2.82 ^b	6.44±0.31 ^d	1.42±0.05 ^a	1.04±0.03 ^c	11.56±0.75 ^b	1.04±0.04 ^b	14.21±1.02 ^b	1.53±0.03 ^e	0.44±0.01 ^e	74.88±5.35 ^{bc}	73.90±2.89 ^b	Z
16	38.17±3.14 ^a	103.87±5.21 ^a	88.02±2.00 ^{ab}	13.53±1.12 ^{ab}	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	12.67±0.29 ^b	0.34±0.07 ^d	7.21±0.20 ^c	4.04±0.04 ^d	31.22±0.02 ^d	62.56±4.24 ^{bc}	119.98±6.26 ^a	K
	31.88±5.44 ^{ab}	71.77±4.74 ^d	47.47±3.48 ^e	14.53±0.67 ^a	0.00±0.00 ^c	1.45±0.04 ^d	10.54±0.20 ^c	0.42±0.03 ^d	7.38±0.51 ^c	4.09±0.14 ^d	2.54±0.22 ^c	56.92±4.08 ^c	85.98±2.10 ^e	A
	27.54±6.19 ^b	83.87±7.78 ^c	77.84±3.45 ^{bc}	12.82±0.43 ^{bc}	0.00±0.00 ^c	1.24±0.05 ^d	9.02±0.10 ^d	1.14±0.06 ^a	7.84±0.10 ^c	3.27±0.07 ^e	0.41±0.02 ^d	60.31±4.02 ^{bc}	96.95±6.00 ^{cd}	F
	26.26±2.96 ^b	62.58±3.68 ^e	73.08±2.25 ^{cd}	11.72±0.41 ^{cd}	1.32±0.14 ^a	1.42±0.06 ^d	8.52±0.58 ^d	0.82±0.07 ^b	5.40±0.25 ^d	5.18±0.50 ^b	6.37±0.46 ^a	56.65±2.28 ^c	102.91±5.23 ^{bc}	KAN
	27.53±1.80 ^b	93.99±5.26 ^b	81.50±3.46 ^{bc}	13.67±1.24 ^{ab}	0.40±0.00 ^b	1.88±0.16 ^c	11.05±0.73 ^c	0.00±0.00 ^f	10.53±0.26 ^a	5.39±0.09 ^a	0.32±0.02 ^d	65.60±2.98 ^{ab}	110.62±3.07 ^{ab}	S
	25.03±1.89 ^b	73.75±4.39 ^d	63.10±4.30 ^d	10.98±0.72 ^d	0.42±0.04 ^b	2.48±0.18 ^b	14.70±0.10 ^a	0.23±0.02 ^e	4.78±0.17 ^d	4.53±0.45 ^c	0.33±0.05 ^d	49.71±1.31 ^d	91.95±9.18 ^{de}	M
	36.33±2.91 ^a	94.97±2.71 ^b	97.45±9.52 ^a	13.15±1.14 ^{abc}	0.00±0.00 ^c	4.59±0.36 ^a	13.36±0.60 ^b	0.65±0.05 ^c	9.06±0.88 ^b	5.17±0.17 ^b	5.43±0.35 ^b	72.03±5.97 ^a	107.39±5.22 ^{bc}	Z
18	52.78±5.53 ^a	73.02±6.04 ^{ab}	145.47±11.25 ^a	9.71±0.85 ^b	0.00±0.00 ^e	0.51±0.01 ^d	9.09±0.77 ^a	0.84±0.04 ^d	6.19±0.45 ^b	5.45±0.93 ^a	36.69±1.71 ^a	101.64±9.61 ^a	139.34±12.32 ^a	K
	33.30±5.22 ^{bc}	77.30±7.63 ^a	120.03±4.50 ^b	8.33±0.10 ^c	0.98±0.10 ^a	1.21±0.12 ^a	8.55±0.14 ^a	3.34±0.12 ^a	3.42±0.21 ^d	3.04±0.32 ^c	19.99±0.86 ^{cd}	80.25±2.41 ^d	109.37±2.01 ^b	A
	33.39±3.78 ^{bc}	65.29±5.17 ^{bc}	119.69±4.59 ^b	9.44±0.10 ^b	0.86±0.05 ^b	0.00±0.00 ^e	7.72±0.23 ^b	0.14±0.01 ^e	5.34±0.41 ^c	4.11±0.39 ^b	23.03±0.74 ^{bc}	70.34±2.52 ^e	110.24±9.04 ^b	F
	35.73±4.93 ^{bc}	57.36±3.66 ^{cd}	104.64±4.35 ^c	10.90±0.56 ^a	0.23±0.02 ^d	0.47±0.03 ^d	9.07±0.49 ^a	0.73±0.02 ^d	8.60±0.65 ^a	5.58±0.46 ^a	18.16±0.15 ^d	94.63±1.90 ^{ab}	109.36±8.03 ^b	KAN
	33.31±2.39 ^{bc}	69.43±4.63 ^{ab}	124.09±4.00 ^b	4.78±0.29 ^f	0.00±0.00 ^e	0.63±0.05 ^c	5.46±0.26 ^c	1.12±0.05 ^c	8.59±0.23 ^a	5.16±0.58 ^a	17.55±1.42 ^d	81.71±2.43 ^{cd}	108.57±2.66 ^b	S
	31.00±4.14 ^c	54.13±4.90 ^d	84.48±2.01 ^d	6.17±0.36 ^e	0.31±0.01 ^c	0.93±0.05 ^b	5.84±0.14 ^c	0.15±0.01 ^e	4.94±0.22 ^c	4.02±0.03 ^b	26.03±1.17 ^b	62.55±5.31 ^e	104.32±4.25 ^b	M
	40.49±4.88 ^b	70.58±4.79 ^{ab}	106.94±2.00 ^c	7.01±0.45 ^d	0.30±0.00 ^{cd}	0.00±0.00 ^e	4.15±0.26 ^d	1.27±0.12 ^b	5.47±0.29 ^c	5.93±0.06 ^a	17.71±0.25 ^d	89.76±6.76 ^{bc}	114.94±3.95 ^b	Z

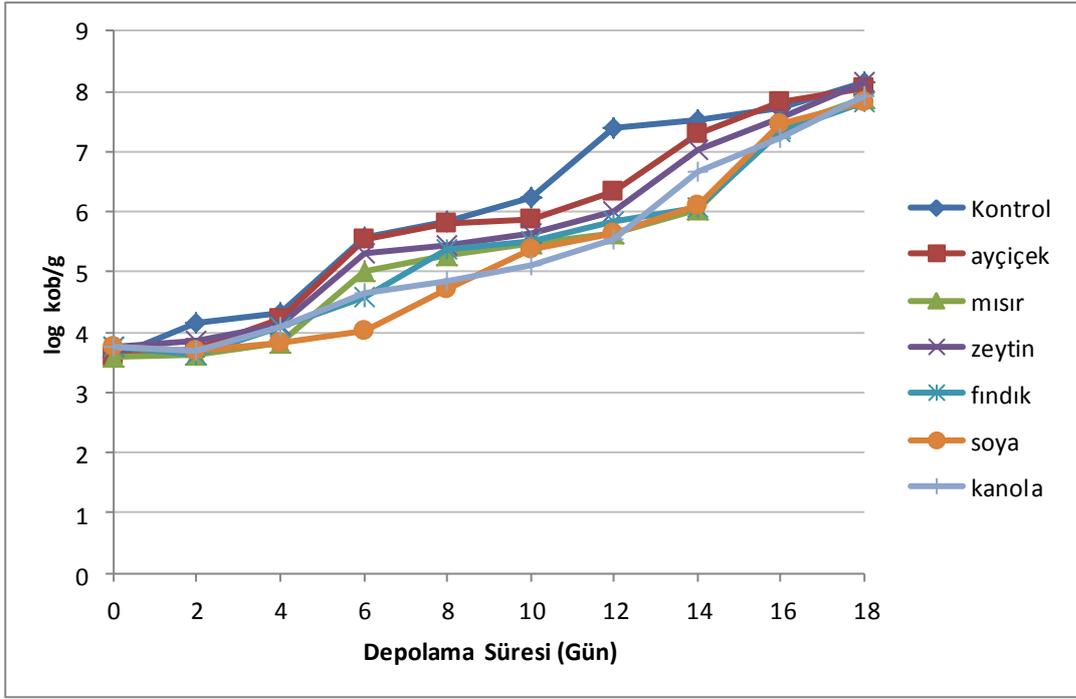
^{a-g} Herbir tür için kontrol ve muameleler arası önemli farklılıkları ($p<0.05$) göstermektedir.

4.2.6. Mikrobiyolojik Değerlendirme

4.2.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Şekil 12 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetosunun toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısını göstermektedir. Depolama boyunca TAMB sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında TAMB sayısı 3.59 kob log/g olarak bulunmuştur. Yazgan (2013) ayçiçek yağına dayalı oluşturulan nanoemülsiyonun buzdolabı koşullarında (2 ± 2) depolanan çipura ve levrek filetolarında TAMB sayısının depolama süresince önemli oranda arttığını rapor etmiştir. Başlangıç TAMB sayısı çipura için 3.26 log kob/g, levrek için ise 3.24 log kob/g olmuştur. Levrek için yapılan diğer çalışmalarda başlangıç TAMB sayısı 3.5–6 log kob/g olarak rapor edilmiştir (Masniyom vd. 2002; Taliadourou vd. 2003; Paleologos vd. 2004).

Balık kalitesi için kabul edilebilir bakteri sayısı limiti 7 log kob/g olarak önerilmektedir (ICMSF 1986).Yapmış olduğumuz çalışmada kontrol grubu depolamanın 12. gününde TAMB sayısı 7.38 log kob/g ile limit sınırı aşmıştır. Projenin birinci aşamasında kontrol grubunun bakteri sayısının 8. gününde sayısal limiti aştığı gözlenmiştir. Vakum pakitleme ile birlikte kontrol grubundaki levrek filetolarının raf ömrünü 4 gün arttırdığı belirlenmiştir. Ayçiçek ve zeytin yağı muamele grupları depolamanın 14. gününde TAMB sayıları sırasıyla 7.28 ve 7.02 log kob/g olarak bulunmuştur. Bu değerler yasal limitin üzerinde olduğu için mikrobiyolojik olarak ürün tüketimi red edilmiştir. Ayçiçek ve zeytin yağı muamele gruplarının kontrol grubundan 2 gün daha fazla raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Mısır, fındık, soya ve kanola yağları muamele gurupları depolamanın 16. gününde mikrobiyolojik olarak red edilmiştir ve bu muamele grupları levrek filetolarının raf ömrünü kontrol grubuna kıyasla 4 gün daha uzatmıştır. Depolamanın en son gününde kontrol grubu TAMB sayısı 8.16 log kob/g ile en yüksek değere ulaşmıştır. Depolamanın sonunda en düşük TAMB sayısı 7.82 log kob/g ile soya yağı muamele grubu olurken en yüksek TAMB sayısı ise 8.14 log kob/g ile zeytin yağı muamele grubu olmuştur. Mikrobiyolojik olarak elde etmiş olduğumuz bu veriler duyusal olarak elde etmiş olduğumuz sonuçlarla benzer bir raf ömrü göstermiştir.



Şekil 12. Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek fileto larının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

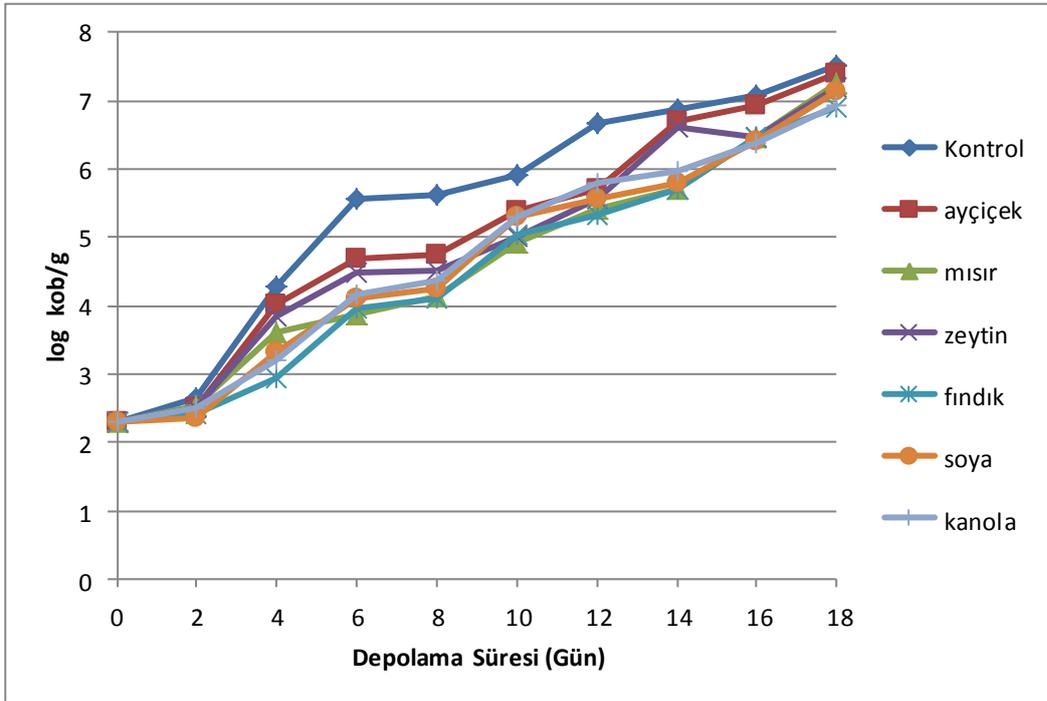
Kyrana ve Lougovois (2002), içorganları çıkarılmadan bütün halde, buz dolu strafor kutularda buzdolabında (0 ± 4 °C) depolanan kültür levreğinin depolamanın 16.gününe kadar toplam canlı sayısı (TVC) 10^7 kob/g bozulma seviyesine ulaştığını bildirmişlerdir. Papadopoulou (2003) polietilen film ile kaplanmış buzda depolanan aquakültür levreğinin tüm halde iç organları çıkarılmamış levrek örnekleri ve iç organları çıkarılmış örneklerin raf ömrünü sırasıyla 13 ve 8 gün olarak bildirmiştir. Grigorakis vd. (2003) mevsimsel olarak (yaz ve kış) elde edilen ve buzda depolanan çipuraların, depolamanın 8. gününden sonra mikrobiyal popülasyonda hızlı bir artış gözlemlendiğini, yaz ve kış aylarında elde edilen örneklerde depolama sonunda (15. gün) TVC değerleri sırasıyla 10^7 and 10^9 kob/g'a ulaştığını belirtmiştir. Çaklı vd. (2007), iç organları çıkartılmış bütün haldeki kültür çipurası ve levreğinin buzda depolanması süresince mezofilik toplam canlı sayısı çipurada 7.35 log kob/g iken levrekte 7.31 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar kontrol grubuna kıyasla bakteri gelişimini önemli düzeyde engellemiştir. Depolama boyunca tüm nanoemülsiyon gruplarındaki bakteri sayısı kontrol grubundan düşük olmuştur.

4.2.6.2. Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri Sayımı (TAPB)

Şekil 13 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetosunun toplam aerobik psikrofil bakteri (TAPB) sayısını göstermektedir. Depolamanın başlangıcında TAPB sayısı 2.30 kob log/g olarak bulunmuştur. Depolama süresince ile

birlikte TAPB sayısında önemli değişimler gözlenmiştir. Kontrol grubunun aksine hazırlanan nanoemülsiyonlar TAPB gelişimini önemli oranla engellemiştir. Kontrol grubunda depolama süresi boyunca hızlı bir bakteri artışı gözlenmiştir.

Kontrol grubu depolamanın 16. Gününde TAPB sayısı 7.09 kob log/g ile yasal limiti aşmıştır ve mikrobiyolojik olarak red edilmiştir. Nanoemülsiyon uygulanan muamele grupları arasında ayçiçek yağı muamele grubu depolama boyunca diğer muamele gruplarından en yüksek mikrobiyal yüke sahip olmuştur. Depolamanın sonunda kontrol ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 7.51, 7.40, 7.24, 7.19, 6.91, 7.13 ve 6.92 log kob/g olarak bulunmuştur. Fındık ve kanola yağı muamele grupları depolamanın 18. gününde en düşük mikrobiyal yüke sahip olmuşlardır ve 7 log kob/g yasal limiti aşmamışlardır.



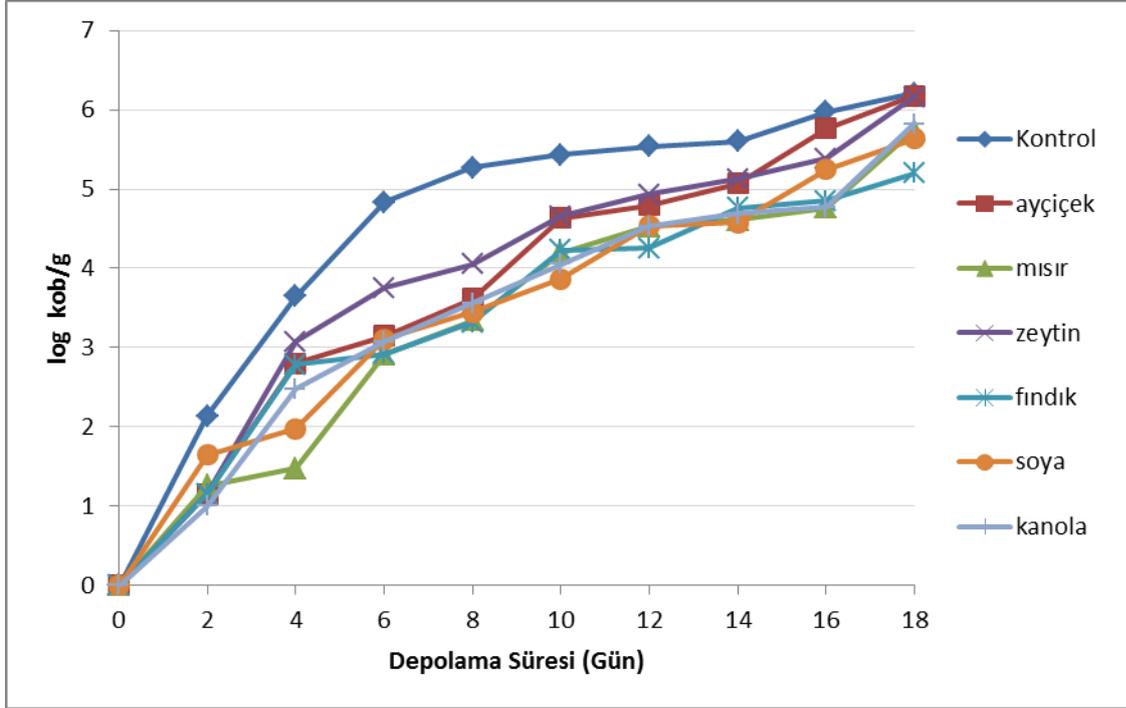
Şekil 13. Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek filetolarının toplam aerobik psikrofil bakteri sayısı

Çaklı vd. (2007), iç organları alınmış bütün haldeki kültür çipurası ve levreğinde 18 günlük buzda depolama sonunda psikrofil bakteri sayısını sırasıyla 7.35 log kob/g ve 7.31 log kob/g olarak tespit etmiştir. Yazgan (2013) başlangıç TAPB sayısı çipura filetosunda 3.30 log kob/g, levrek filetosunda ise 3.37 log kob/g olarak rapor etmiştir. Depolama süresince TAPB sayısında önemli artışlar gözlenmiş olup depolama sonunda (10 gün) nanoemülsiyon uygulanan çipurada 6.85 levrekde ise 6.11 log kob/g olarak tesbit edilmiştir. Nanoemülsiyon uygulanmayan çipurada TAPB sayısı 7.24 levrekde ise 7.11 log kob/g olarak rapor edilmiştir.

Benzer olarak, bu çalışmada nanoemülsiyon uygulamasının levreklerde TAPB sayısında önemli düşümlere neden olduğu tesbit edilmiştir.

4.2.6.3. Toplam *Enterobacteriaceae* sayımı

Şekil 14 nanoemülsiyon uygulanarak vakum paketlenip soğukta depolanan levrek filetosunun toplam *Enterobacteriaceae* sayısını göstermektedir. Depolama başlangıcında *Enterobacteriaceae* bulunamamıştır. Depolamanın 2. gününde toplam *Enterobacteriaceae* sayısı kontrol, ayçiçeği, mısır, zeytin, fındık, soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 2.14, 1.15, 1.26, 1.15, 1.15, 1.65 ve 1 log kob/g olmuştur. *Enterobacteriaceae* sayısında depolama süresi ile doğru orantılı olarak artışlar gözlenmiştir. Tüm grupların içinde en yüksek artışın kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir ve nanoemülsiyon uygulaması tüm gruplarda *Enterobacteriaceae* gelişimi kontrol grubunun aksine yavaşlatmıştır. Mısır ve soya yağı muamele grupları depolamanın 4. gününde sırasıyla 1.48 ve 1.98 log kob/g *Enterobacteriaceae* sayısı ile muamele grupları arasında en düşük değerlere sahip olmuştur. Balığın duyusal olarak red edildiği depolamanın 12. (kontrol) 14. (ayçiçek ve zeytin) ve 16. (diğer muamele grupları) günlerinde toplam *Enterobacteriaceae* sayısı kontrol ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 5.53, 5.07, 4.77, 5.13, 4.85, 5.25 ve 4.77 log kob/g olmuştur. Depolamanın sonunda kontrol grubunun (6.20 log kob/g) en yüksek toplam *Enterobacteriaceae* sayısına ulaştığı gözlenmiştir. Nanoemülsiyon muamele gruplarına baktığımız zaman fındık yağı muamele grubu depolamanın sonunda 5.20 log kob/g ile en düşük toplam *Enterobacteriaceae* sayısına ulaşırken ayçiçek yağı muamele grubu 6.17 log kob/g ile en yüksek toplam *Enterobacteriaceae* sayısı sahip olduğu gözlenmiştir. Paleologos vd. (2004), buzdolabı koşullarında (4 ± 1 °C) buzda depolanan ince polietilen filme sarılmış 3 farklı koşulda depolanan levrek üzerine yapmış oldukları bir çalışmada *Enterobacteriaceae* miktarı 10^6 kob/g' değerine yakın değerler elde etmişlerdir. Nanoemülsiyon uygulaması *Enterobacteriaceae* miktarını azaltmış olup benzer sonuçlar Yazgan (2013) tarafından da tesbit edilmiştir.



Şekil 14. Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek filetoalarının toplam *Enterobacteriaceae* sayısı

4.2.6.4. *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* Sayısı

Ham balık etinde *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *E.coli* ve *Salmonella spp.* testleri yapılmış ve bunlar ham balık eti materyalinde tespit edilmemiştir.

4.2.7. Bakteriyel Üyelerin Tanımlanması

Çalışmada vakum paketlenmiş ve normal atmosfer koşullarında depolanmış kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan bozulmuş levrek kasından 48 bakteri izolasyonu gerçekleşmiştir (Tablo 27). API testi sonucunda toplamda 42 izolat ön tanımlanmış, 6 izolat tanımlanamamıştır. Balığın tipik bakteriyel florası *Vibrio*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* ve *Aeromonas*'tır. Ilıman sulardaki balıklardan izole edilen en önemli türler *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Enterobacteriaceae* ve *Salmonella*'dır. Soğuk su balıklarındaki bakteriyel flora ise psikrotrofik Gram negatif türler baskındır (Shewan 1977). Taze, vakum ve modifiye atmosfer paketlenmiş olarak $2\pm 2^\circ\text{C}$ 'de depolanan ringa balığının mikrobiyal florası üzerine yapılan bir çalışmada taze ringada *Pseudomonas* (30%), *Enterobacteriaceae* (23.2%), *Vibrio* (13.3%) and *Moraxella* (13.3%) bakteri grupları belirlenirken, vakum ve modifiye atmosfer paketlenmiş ringalarda baskın bakteri türlerin *Vibrio* and *Moraxella* olduğu tespit edilmiştir (Özoğul 2001).

Tablo 27. Levrekten izole edilen ve API test kiti ile tanımlanan bakteri üyeleri

Bakteri Türleri	İzolat sayısı	(%)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3	7.14
<i>Pseudomonas fluorescens/putida</i>	2	4.76
<i>Pseudomonas luteola</i>	5	11.90
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	11	26.19
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	1	2.38
<i>Serratia marcescens</i>	1	2.38
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i>	5	11.90
<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>salmonicida</i>	2	4.76
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	10	23.80
<i>Cedecea davisae</i>	1	2.38
<i>Chryseobacterium meningosepticum</i>	1	2.38
Tanımlanamayan	6	

Çalışmada 11 tür tespit edilmiş olup, *Sphingomonas paucimobilis* (26.19%) ve *Stenotrophomonas maltophilia* (23.80%) baskın tür olmuştur. *Sphingomonas paucimobilis* minör klinik öneme sahip gram negatif bir bakteridir. Ancak, septisemiye sebebiyet vermesinden dolayı önemli bir patojen olduğu bildirilmektedir (Ryan ve Adley 2010). *Sphingomonas* üyelerinin toprak, sediment (akarsu ve alt sediment), atık su, yeraltı suyu, tatlı su ve deniz suyu gibi akuatik ortamlardan izole edilebilmektedir (Leys 2004). *Stenotrophomonas maltophilia*, çeşitli klinik sendromlara yol açan fırsatçı bir patojen olup çeşitli gıdalarda bulunabilmektedir. *S. maltophilia* ton balığı gibi çeşitli balık türlerinden izole edilebilmektedir (Ben-Gigirey vd. 2002).

Ayrıca levrek kasından *Pseudomonas luteola* (5 izolat), *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria* (5 izolat) ve *Pseudomonas aeruginosa* (3 izolat) izole edilmiştir. *Pseudomonas fluorescens/putida* ve *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida* floranın %4.76'ını oluşturmuştur. Levrek etinde ayrıca *Ochrobactrum anthropi*, *Serratia marcescens*, *Cedecea davisae* ve *Chryseobacterium meningosepticum*'in 1'er üyesi tespit edilmiştir. Ayaz

ve Karataş (2010) levrekten *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae*, *V. alginolyticus*, *Vibrio* spp., *V. splendidus*, *V. proteolyticus*, *V. pelagius*, *Flavobacterium* sp., *Acinetobacter/Moraxella* sp., *Pseudomonas* sp., *P. anguilliseptica*, *P. aeruginosa*, *Moritella marina*, *V. fluvialis*, *V. vulnificus*, *V. tubiashii*, *V. harveyi*, ve *V. diaboliticus* izole etmiştir. Wei vd. (2010) Asya levreğinden (*Lates calcarifer*) *Aeromonas* spp., *Escherichia coli*, *Edwardsiella tarda*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp. ve *Vibrio* spp. izole etmiştir.

4.2.8. Nanoemülsiyonların Antibakteriyel Aktivitesi

Nanoemülsiyonların levrek etinden izole edilen bakteriler üzerindeki minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) Tablo 28'de verilmiştir. Çalışmada antimikrobiyal aktivite analizi için 6 bakteri üyesi (*Sphingo. paucimobilis*, *Steno. maltophilia*, *Ser. marcescens*, *Pseu. luteola*, *Ochro. anthropi* ve *Aer. hydrophila/caviae/sobria*) seçilmiştir. Nanoemülsiyonların gram pozitif ve gram negatif bakterileri içeren çeşitli mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu biyosit aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Sutcliffe vd. 2008; Fritsche vd. 2008; Ferreira vd. 2010).

Bu çalışmada, nanoemülsiyonların antibakteriyel etkisi bakteri türlerine göre değişkenlik göstermesine karşın, soya, mısır ve zeytin genellikle en yüksek antibakteriyel etkiye sahip gruplar olmuştur. *Pseu. luteola'* ya karşı soya ve zeytin benzer bir MİK değeri göstermiştir (12.5 ml/ml). Diğer grupların bu bakteri üzerindeki MİK değeri 25 ml/ml olmuştur. *Sphingo. paucimobilis* 6.25 ml/ml MİK değeri ile soya nanoemülsiyonuna karşı en hassas bakteri olmuştur. Zeytin *Sphingo. paucimobilis* üzerinde en zayıf etkiye sahip nanoemülsiyon olmuştur. *Ochro. anthropi'* ye karşı zeytin (0.78 ml/ml), soya (6.25 ml/ml) ve ayçiçeği (6.25 ml/ml) nanoemülsiyonu en yüksek antibakteriyel etki göstermiştir. Anwer vd. (2014) karanfil esansiyel yağından elde edilen farklı formülasyondaki nanoemülsiyonların antibakteriyel etkisini incelemişlerdir. % 1 karanfil esansiyel yağı, % 8 Triasetin, % 15 Tween-80, % 15 Labrasol ve %61 su içeren nanoemülsiyonun bakterilere karşı en yüksek inhibisyon etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu formülasyonda hazırlanan nanoemülsiyonun saf esansiyel yağa kıyasla (MİK:0.130-0.500 %), MİK değerinin %0.075-0.300 olduğu bulunmuştur.

Tablo 28. Levrekten izole edilen ve API test kiti ile tanımlanan bakteri üyeleri

Bakteri Türleri	MIK (ml/ml)	Gruplar
<i>Pseudomonas luteola</i>	25	Ayçiçek
	25	Mısır
	25	Fındık
	12.5	Soya
	12.5	Zeytin
	25	Kanola
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	12.5	Ayçiçek
	12.5	Mısır
	12.5	Fındık
	6.25	Soya
	25	Zeytin
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	12.5	Kanola
	6.25	Ayçiçek
	12.5	Mısır
	25	Fındık
	6.25	Soya
	0.78	Zeytin
<i>Serratia marcescens</i>	25	Kanola
	25	Ayçiçek
	>50	Mısır
	25	Fındık
	12.5	Soya
	50	Zeytin
<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i>	50	Kanola
	25	Ayçiçek
	50	Mısır
	50	Fındık
	25	Soya
	12.5	Zeytin
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	50	Kanola
	12.5	Ayçiçek
	6.25	Mısır
	25	Fındık
	25	Soya
	12.5	Zeytin
6.25	Kanola	

Ser. marcescens gelişimi üzerinde zeytin (12.5 ml) ve bunu takiben soya, mısır, ayçiçeği (25 ml/ml) nanoemülsiyonu en etkili gruplar olmuştur. Ancak, fındık nanoemülsiyonunun bu bakteri üzerindeki MİK değeri 50 ml/ml' nin üzerinde olmuştur. *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria* gelişimi üzerinde soya ve ayçiçeği nanoemülsiyonunu benzer antimikrobiyal aktivite (25 ml/ml) gösterirken, mısır, fındık ve kanola nanoemülsiyonu daha yüksek MİK değerine (50 ml/ml) sahip olmuştur. *Steno. maltophilia* nanoemülsiyona karşı en hassas bakterilerden birisi olmuştur. Bu bakteri üzerindeki en yüksek antimikrobiyal etki mısır ve kanola nanoemülsiyonunda (6.25 ml/ml) gözlenmiştir. *Steno. maltophilia* üzerine

zeytin ve ayçiçeği nanoemülsiyonunun etkisi benzer olmuştur (12.5 ml/ml). Joe vd. (2012) ayçiçeği nanoemülsiyonunun (yağ/su) streptomisine kıyasla 100 mg/L dozunda *S. typhi*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'a karşı yüksek antimikrobiyal aktivite sergilediğini bildirmiştir. Bhargava vd. (2015) kekik yağı nanoemülsiyonunun gıda kaynaklı patojenler üzerindeki antimikrobiyal etkilerini inceledikleri çalışmada, %0.05 nanoemülsiyonun *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *E. coli*O157:H7 gelişiminde sırasıyla 3.44, 2.31 ve 3.05 log kob/g azalma gözlenmiştir. %0.1 dozunda uygulanan nanoemülsiyonun bu bakterilerin gelişimi üzerinde sırasıyla 3.57, 3.26 ve 3.35 log kob/g azalma gözlenmiştir. Chang vd. (2013) farklı lipit faz kompozisyonunda hazırlanan karvakrol nanoemülsiyonunun mayalar (*Zygosaccharomyces bailii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Brettanomyces bruxellensis* ve *Brettanomyces naardenensis*) üzerindeki antimikrobiyal etkinliğine çalışmıştır. Çalışmada yağ fazındaki karvakrol dozunun arttıkça nanoemülsiyonun mayalar üzerindeki etkisinin arttığı gözlenmiştir. Yağ fazında düşük karvakrol dozunda (\leq %20), nanoemülsiyon maya gelişimini engileyememiştir ancak yüksek karvakrol düzeyinde (%40), maya gelişimine rastlanmamıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu araştırma 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama da bitkisel yağlardan (zeytin yağı, soya, mısır, kanola, fındık ve ayçiçek yağı) nanoemülsiyonlar elde edilerek balık etine %10 oranında uygulanmıştır. Muamele edilen balık filetoları 2 ± 2 °C'de buzdolabında depolanmıştır. İkinci aşamada ise muamele edilen balık filetoları vakum paketlenerek 2 ± 2 °C'de depolanmıştır. Düzenli aralıklarla duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Projenin birinci aşamasından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

Bu çalışmada levreğin besin madde içeriği, %18.76 protein, %3.91 lipit, %1.34 kül ve %75.84 nem olarak tesbit edilmiştir.

Bitkisel yağ içeren nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriği kontrol ile karşılaştırıldığında muamele gruplarının daha yüksek PUFA içeriğine sahip olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir.

Panelistler tarafından levreğin raf ömrü kontrol grubunda 8 gün, nanoemülsiyon uygulanan gruplarda ise 10 gün olarak belirlenmiştir 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 levreğin raf ömrünü uzatmıştır.

Nanoemülsiyon uygulanan pişmiş levrek filetosunun soğuk depolanması süresince duyuşal (sırasıyla koku, tat ve tekstür) özellikleri depolanma süresince düşüş göstermiştir. Pişmiş balık filetoları çiğ filetolara benzer raf ömrüne sahip olmuştur. Levreğin raf ömrü

kontrol grubunda 8 gün, nanoemülsiyon uygulanan grupta ise 10 gün olarak belirlenmiş olup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında nanoemülsiyon uygulaması depolama süresince daha yüksek puanlar almıştır.

Bu çalışmada kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan grupların duyuşal olarak kontrol grubunun red edildiği 8. günde TVB-N değeri 36.24 mg/100g ve muamele gruplarının red edildiği 10. gününde TVB-N değerleri en düşük 34.10 mg/100g mısır için ve en yüksek 44.34 mg/100g soya için bulunmuştur. TVB-N için önerilen maksimum değer (35 mg/100 g) kontrol grubunda 8. günde, diğer gruplar için 10 günde aşılmıştır.

Peroksit değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm gruplarda 0. gün PV değeri 3.93 meq/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek PV değer 10. günde kontrol için 20.05 meq/kg ve nanoemülsiyon uygulanan ayçiçek grubu için 12.42 meq/kg olarak bulunmuştur. Depolama süresince PV değer, fındık ve mısır hariç tüm gruplar için dalgalanma göstermiş olup depolamanın sonunda (12. gün) peroksit değerinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. Fındık, ve mısır gruplarında peroksit değer depolama boyunca düzenli artış gözlenmiştir.

TBA değerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm gruplar için başlangıç TBA değer 0.48 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Tüm örnekler için çok düşük TBA değer gözlenmiştir (< 0.75 mg MA kg⁻¹).

Depolamanın 0. günü FFA değer tüm gruplar için %3.6 olarak tespit edilmiş olup depolamanın son gününde ise kontrol grubunda FFA değer %8.65 ve nanoemülsiyon uygulaması olan levrek filetosunda FFA değerleri minimum %5.01 zeytin için ve maksimum %9.32 fındık için tespit edilmiştir. FFA değerlerinde depolama boyunca fındık ve ayçiçek grupları hariç diğer gruplarda dalgalanmalar gözlenmiş olup genel olarak depolama boyunca FFA değer artmıştır.

Muamele grupları içerisinde soya yağı ve zeytin yağı daha düşük pH değerlerine sahip olmuştur. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında nanoemülsiyon gruplarının pH değerleri daha düşüktür. Bunun nedeni nanoemülsiyonların mikroorganizmaların büyümesi üzerine negatif etki göstermesi ve dolayısıyla uçucu bileşiklerin oluşumunu geciktirmesidir.

Su tutma kapasitesi değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde tüm gruplar için su tutma kapasitesi değer %21.59 olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda su kaybı muamele gruplarına göre çok yüksektir ($p < 0.05$). Fındık ve kanola yağı diğer gruplara göre daha yüksek su tutma kapasitesi değerlerine sahiptir. Nanoemülsiyon uygulaması levrek filetosunda su kaybını önlemiştir.

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. Nanoemülsiyon muamele grupları biyojenik amin üretimini kontrol grubuna kıyasla yavaşlatmıştır.

Depolama süresince TAMB sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Başlangıç TAMB sayısı 2.97 kob log/g olarak bulunmuştur. Nanoemülsiyon uygulaması bakteri gelişimini önemli düzeyde engellemiştir. Zeytin, soya, fındık ve kanola nanoemülsiyonları depolamanın 4. gününden itibaren diğer gruplara oranla daha düşük bakteriyel yüke sahip olmuştur. Mikrobiyolojik veriler duyuşal sonuçlara benzer bir raf ömrü göstermiştir.

Nanoemülsiyon uygulaması TAPB gelişimi yavaşlatmıştır. Muamele grupları arasında zeytin ve fındık nanoemülsiyonu uygulanan gruplar genellikle daha düşük TAPB sahip olmuştur. Balığın duyuşal olarak red edildiği depolama günlerinde kontrol için TAPB sayısı 7.28 log kob/g (8. gün) iken ayçiçeği mısır zeytin fındık soya ve kanola nano emülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 7.87, 8.47, 8.44, 8.20, 8.10 ve 8.32 log kob/g (10. gün) olmuştur.

Taze balık etindeki başlangıç toplam *Enterobacteriaceae* sayısı 2.27 log kob/g olmuştur. Depolama süresince *Enterobacteriaceae* sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. En yüksek artış kontrol grubunda gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulaması *Enterobacteriaceae* gelişimini kontrol grubuna kıyasla yavaşlatmıştır.

Projenin ikinci aşamasından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

Bu çalışmada levreğin besin madde içeriği, %20.34 protein, %6.21 lipit, %71.72 kül ve %1.26 nem olarak tesbit edilmiştir.

Tüm gruplarda PUFA ve MUFA miktarında azalma gözlenirken SFA değerinde artmalar tesbit edilmiştir. Bu da yağların oksitlenerek doymuş hale dönüştüğünü göstermektedir. Nanoemülsiyon uygulaması oksidasyonu azaltarak MUFA ve PUFA değerlerini koruduğu tesbit edilmiştir.

Uygulamış olduğumuz ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar balık etinin yapısını olumsuz bir yönde etkilememiştir. Bunun yanı sıra kontrol grubunda kokuşma hissedildiği zaman muamele gruplarında nanoemülsiyonun kokuşmayı bastırdığı tespit edilmiştir. Muamele gruplarının kontrol grubuna göre daha uzun raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Vakum paketlenerek depolanan levrek filetolarının raf ömrü panelistler tarafından kontrol gurubu için 12 gün, ayçiçek ve zeytin muamele grupları için 14 gün, diğer muamele grupları için ise 16 gün olarak belirlenmiştir.

Nanoemülsiyon uygulanan vakum paketlenmiş levrek filetosundaki duyuşal parametrelerden koku, tat ve tekstür de depolama süresi boyunca düşüşler gözlenmiştir. Gruplar arasında depolama boyunca farklılıklar gözlenmiştir. Ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar balık filetosu üzerinde herhangi bir lezzet ve aroma kaybına neden olmamıştır. Depolama boyunca panelistler tarafından kontrol grubuna kıyasla

nanoemülsiyon grupları ile muamele olmuş levrek filetolarına daha iyi puanlar verilmiştir. Levrek filetolarının koku bakımından raf ömrü çiğ filetolarla benzer raf ömrüne sahip olmuş ve panelistler tarafından kontrol grubu depolamanın 12. gününde ayçiçek ve zeytin yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon grupları depolamanın 14. gününde ve diğer gruplar ise depolamanın 16. gününde red edilmiştir.

TVB-N değerlerinde depolama süresi boyunca ve gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur. Depolamanın 0. gününde TVB-N değeri 18.94 mg/100 gr olarak bulunmuştur. Bu çalışmada kontrol ve nanoemülsiyon uygulanan grupların limit (35 mg/100 gr) değerinin altında kaldığı bulunmuştur. Vakum paketleme ve hazırlanan nanoemülsiyonların balık filetosunun raf ömrünü uzatmada etkili olduğu belirlenmiştir.

Depolama süresi boyunca ve gruplar arasında peroksit değerleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde PV değeri 2.28 meq O₂/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek PV değeri depolamanın 18. gününde kontrol grubu için 12.87 meq O₂/kg ve nanoemülsiyon uygulanan ayçiçek grubu için 10.01 meq O₂/kg olarak bulunmuştur. Kontrol grubu ve nanoemülsiyon muamele gruplarının PV değerlerinde depolama süresi boyunca dalgalanmalar gözlenmiş olup muamele grupları daha düşük PV değerine sahip olduğu tesbit edilmiştir.

Depolamanın 0. gününde TBA değeri 0.49 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Depolama boyunca ulaştığı maksimum değer 1.30 mg MA/kg olmuştur. Bu çalışmada TBA değeri çok düşük olup (< 1.30 mg MA/kg) kontrol grubu muamele gruplarına göre biraz daha yüksektir.

Depolamanın 0. günü FFA değeri %4.33 olarak tespit edilmiş olup depolamanın son gününde ise kontrol grubunda FFA değeri %5.35 ve nanoemülsiyon uygulaması olan levrek filetosunda FFA değerleri minimum %1.81 fındık için ve maksimum %5.06 zeytin yağı muamele grubu için tespit edilmiştir. Depolama boyunca tüm gruplarda FFA değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiştir.

Depolamanın başlangıcında pH değeri 6.79 olarak ölçülürken depolama süresi boyunca pH değerinde önemli artışlar ve azalışlar gözlenmiştir. Depolamanın 18. gününde kontrol grubu 7.22 pH değeri ile en yüksek değere sahip olmuştur. Depolama boyunca kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Nanoemülsiyon uygulaması balık etinde daha düşük pH'a neden olmuştur.

Su tutma kapasitesi depolama boyunca tüm gruplarda azalmıştır ve gruplar arasında istatistiksel farklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Gruplar arasında mısır, kanola ve zeytin daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olup nanoemülsiyon uygulaması levrek filetosunda su kaybını önlemiştir.

Amonyak ve biyojenik amin üretimi bakımından kontrol grubu ile nanoemülsiyon muamele grupları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Putresin, kadaverin,

spermidin, spermin, serotonin, dopamin ve agmatin balık etinde en fazla miktarda bulunan amin olmuştur. Kontrol grubuna kıyasla nanoemülsiyon muamele grupları putresin kadaverin ve spermidin üretimini azaltığı tespit edilmiştir.

Depolamanın başlangıcında TAMB sayısı 3.59 kob log/g olarak bulunmuştur. Depolama boyunca TAMB sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Ticari yağlar kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonlar kontrol grubuna kıyasla bakteri gelişimini önemli düzeyde engellemiştir. Depolama boyunca tüm nanoemülsiyon gruplarındaki bakteri sayısı kontrol grubundan düşük olmuştur.

Depolamanın başlangıcında TAPB sayısı 2.30 kob log/g olarak bulunmuştur. Depolama süresince ile birlikte TAPB sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Hazırlanan nanoemülsiyonlar TAPB gelişimini önemli oranla engellemiştir.

Depolama başlangıcında *Enterobacteriaceae* bulunamamıştır. Depolamanın 2. gününde toplam *Enterobacteriaceae* sayısı kontrol, ayçiçeği, mısır, zeytin, fındık, soya ve kanola nanoemülsiyonu uygulanan gruplarda sırasıyla 2.14, 1.15, 1.26, 1.15, 1.15, 1.65 ve 1 log kob/g olmuştur. *Enterobacteriaceae* sayısında depolama süresi ile doğru orantılı olarak artışlar gözlenmiştir. Tüm grupların içinde en yüksek artışın kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir .

Bozulmuş levrek kasından 48 bakteri izolasyonu gerçekleştirilmiş olup, API testi sonucunda toplamda 42 izolat ön tanımlanmış, 6 izolat tanımlanamamıştır. Levrek kasından 11 tür tespit edilmiş, *Sphingomonas paucimobilis* (26.19%) ve *Stenotrophomonas maltophilia* (23.80%) baskın tür olarak belirlenmiştir. Nanoemülsiyonların antibakteriyel etkisi bakteri türlerine göre değişkenlik göstermesine karşın, 0.78-50 ml/ml MİK değeri ile soya, mısır ve zeytin genellikle en yüksek antibakteriyel etkiye sahip nanoemülsiyon grupları olmuştur. *Ochrobactrum anthropi* nanoemülsiyona karşı en hassas bakteri olmuştur.

İleriye yönelik çalışmalarda çeşitli bitki yağları farklı oranlarda kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların, çeşitli balık türlerine veya işlenmiş su ürünleri üzerine kalite etkileri, antimikrobial ve antioksidan etkileri araştırılabilir.

6. PROJE ÇIKTILARI

Projeden makale çıkma potansiyeli yüksek olup hazırlık aşamasındadır. Elde edilen proje sonucu aşağıda verilen konferanslarda sunulmuş veya sunulacaktır.

Konferanslar

Durmuş, M., Ozogul, Y., Boga, E.K., Ayas, D., Ozogul, F., Uçar, Y. (2015). The effects of nanoemulsions based on commercial oils on biogenic amine concentration of refrigerated farmed sea bass. TAFT 2015 - 5th Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference, 12-15 Ekim, Nantes, Fransa.

Ozogul, Y., Durmuş, M., Uçar, Y., Köşker, A.R., Ayas, D., Yazgan H. (2015). The effects of nanoemulsions based on commercial oils (sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils) on the fatty acid compositions of farmed sea bass stored at 2 ± 2 °C. TAFT 2015 - 5th Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference, 12-15 Ekim, Nantes, Fransa.

Durmuş, M., Ozogul, Y., Balıkcı, E., Gökdoğan, S., Ozogul, F., Köşker A.R., Yuvka, İ. (2015). The Effects of Nanoemulsions Based on Commercial Oils for the Quality of Vacuum-Packed Sea Bass at 2 ± 2 °C. pp. 1517, ICFAE 2015 : 17th International Conference on Food and Agricultural Engineering, 21-22 Nisan 2015, İstanbul, Turkey.

Ozogul, Y., Durmuş, M., Ozogul, F., Boğa, E.K., Uçar, Y., Yazgan H. (2015). The Effects of Nanoemulsions Based on Commercial Oils (sunflower, Canola, Corn, Olive, Soybean and Hazelnut Oils) for the Quality of Farmed Sea Bass at 2 ± 2 °C. pp. 1207, ICFAE 2015: International Conference on Food Engineering and Biotechnology, 23-24 Mart 2015, Prag, Çek Cumhuriyeti.

7. LİTERATÜR ÖZETİ

- A.O.A.C. 1984. "Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists (14th ed.)", Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- A.O.A.C. 1990. "Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists (15th ed.) ", Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Al-adham I., Khalil, E., Al-Hmoud, N., Kierans, M., Collier, P. 2000. "Microemulsions are membrane-active, antimicrobial, self-preserving systems", J Appl Microbiol 89,32–9.
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Oksuz, A., Garthwaite, T., Alexis, M. N., Grigorakis, K. 2001. "Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical, and sensory methods", Food Chemistry, 72, 33–40.
- Antonocopoulos, N. 1973. "Bestimmung des fluchtigen basenstickstoffs", In W. Ludorf & V. Meyer (Eds.) Fische and Fischerzeugnisse, 224–225.
- Anwer, M. K., Jamil, S., Ibnouf, E. O., Shakeel F., 2014. "Enhanced antibacterial effects of clove essential oil by nanoemulsion", Journal of Oleo Science, 63, 347-354.
- AOCS, 1994. "Official Methods and recommended practices of the American oil chemists society", American Oil Chemists Society, Champaign,IL.
- Aubourg, S. P., Álvarez, V., Pena, J. 2010. "Lipid hydrolysis and oxidation in farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) slaughtered and chilled under different icing conditions", Grasas Y aceites, 61, 183-190.
- Ayaz, A., Karataş, S. 2010. " Dominant aerobic bacterial community of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.1758) larvae during weaning from Artemia to dry feed in culture conditions", Turk. J. Vet. Anim. Sci, 34, 501-506.
- Ballestrazzi, R., Lanari, D. 1996. "Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed fish oil or fatty acid Ca salts", Aquaculture, 139, 101-108.
- Barassi, C. A., Pècora, R. P., Roldán, H., Trucco, R. E. 1987. "Total nonvolatile free fatty acids as a freshness index for hake (*Merluccius hubbsi*) stored in ice", J. Sci. Food Agric, 38, 373–6.
- Ben-Gigirey, B., Vieites, J. M., Kim, S. H., An, H., Villa, T., Barros-Velázquez, G. 2002. "Specific detection of *Stenotrophomonas maltophilia* strains in albacore tuna (*Thunnus alalunga*) by reverse dot-blot hybridization", 13, 293–299.
- Bhargava, K., Conti, D. S., Rocha, S. R. P., Zhang, Y. 2015. "Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce", Food Microbiology, 47, 69–73.

- Bligh, E. C., Dyer, W. J. 1959. "A rapid method of total lipid extraction and purification", *Canadian J of Biochem Physio*, 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.
- Bortoleto, R. K., Deoliveira, A. H., Ruller, R., Arni, R. K., Ward, R. J. 1998. "Tertiary structural changes of the alpha-hemolysin from *Staphylococcus aureus* on association with liposome membranes", *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 351, 47-52.
- Bouchemal, K., Briancon, S., Perrier, E., Fessi, H. 2004. "Nano-emulsion formation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimisation", *Int J Pharm*, 280, 241–251.
- Cakli, S., Kilinc, B., Cadun, A., 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.
- Carrascosa, C., Millán, R., Saavedra, P., Jaber, J. R., Montenegro, T., Raposo, A., Pérez, E., Sanjuán, E. 2014. "Predictive models for bacterial growth in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice", *Int J Food Sci Tech*, 49, 354–363.
- Castro, P., Padern, J. C. P., Cansino, M. J. C., Velasquez, E. S., De Larriva, R. M. 2006. "Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice", *Food Control*, 17, 245–248.
- Chang, K. L. B., Chang, J., Shiau, C. Y., Pan, B. S. 1998. "Biochemical, microbiological, and sensory changes of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) under partial freezing and refrigerated storage", *J Agr Food Chem*, 46, 682–686.
- Chang, Y., McLandsborough, L., McClements, D. J. 2013. "Nanoemulsions formed by spontaneous emulsification", *J. Agric. Food Chem*, 61, 8906–8913
- 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., Shadidi, F. 2006. "Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods", *Food Technol*, 60, 30-36.
- Cheng, J. H., Sun, D. W., Han, Z., Zeng, X. A. 2014. "Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 52-61.
- Chepurinov, A. A., Bakulina, L. F., Dadaeva, A. A., Ustinova, E. N., Chepurnova, T. S., Baker, J. R. 2003. "Inactivation of ebola virus with a surfactant nanoemulsion", *Acta Tropica*, 87, 315-320.

- Chéret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., Lamballerie, M. D. 2005. "Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets", J Food Sci, 70, 477-483.
- Connell, J. J. 1995. "Control of Fish Quality, 4th Edition", Fishing News Books Limited, London.
- 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.
- Donovan, B. W., Reuter, J. D., Cao, Z., Andrzej, M., Johnson, K. J., Baker, J. R. 2000. "Prevention of murine influenza A virus pneumonitis by surfactant nano-emulsions", Antiviral Chemistry and Chemotherapy, 11, 41-49.
- EEC Decision 95/149/EC. 1995. "Total volatile basic nitrogen TVBN limit values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used", Official Journal L, 97, 84–87.
- Erdem, M. E., Bilgin, S., Çağlak, E. 2005. "Tuzlama ve marinasyon yöntemleri ile işlenmiş istavrit balığı'nın(*Trachurus mediterraneus*, steindachner, 1868) muhafazası sırasındaki kalite değişimleri", OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20, 1-6.
- Erkan, N., Özden, Ö. 2007. "Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS", Food Chemistry, 102, 721–725
- FDA. 1996. "Decomposition and histamine in raw, frozen tuna and mahi-mahi, canned tuna and related species", Compliance Policy Guides, 7108, 540-525.
- Fellows, P., Linscott, M., Ivins, B., Pitt, M., Rossi, C., Gibbs, P. 2001. " Efficacy of a human anthrax vaccine in guinea pigs rabbits, and rhesus macaques against challenge by *Bacillus anthracis* isolates of diverse geographical origin", Vaccine, 19, 3241–7.
- Fernandez, P., Andre, V., Rieger, J., Kuhnle, A. 2004. "Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion", Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects, 251, 53–58.
- Fernandez-Salguero, J., Mackie, I. M.. 1987. "Technical note: Preliminary survey of the content of histamine and other higher amines in some samples of spanish canned fish", Int. J. Food Sci. Technol, 22, 409-412.
- Ferreira, J. P., Alves, D. O., Neves, J., Silva, P. A., Gibbs, P., Teixeira, C. 2010. " Effects of the components of two antimicrobial emulsions on food-borne pathogens", Food Control, 3, 227–30.

- Fritsche, T., Biedenbach, D., Jones, R., Sutcliffe, J. 2008. "Antimicrobial activity of nanoemulsions tested against seven gram-negative species", 48th Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy, American Society for Microbiology, Washington, DC.
- 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.
- Gracey, J., Collims, D. S., Huey, R. 1999. "Harcourt Brace and Company", Meat Hygiene Saunders, 10, 407.
- Gram, L., Huss, H. H. 1996. "Microbiological spoilage of fish and fish products", Int. J. Food Microbiol, 33, 121-137.
- Gram, L., Huss, H. H. 1996. "Microbiological spoilage of fish and fish products", Int. J. Food Microbiol, 33, 121-137.
- Grassi, M., Coceani, N., Magarotto, L. 2000. "Mathematical modeling of drug release from microemulsions", Theory in comparison with experiments, J Coll Interface Sci, 228, 141–150.
- Grigorakis, K., Taylor, K. D. A., Alexis, M. N. 2003. " Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) ", Sensory differences and possible chemical basis, Aquaculture, 225, 109–119.
- Grigorakis, K., Alexis, M., Gialamas, I., Nikolopoulou, D. 2004. "Sensory, microbiological, and chemical spoilage of cultured common sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: a seasonal differentiation", Eur Food Res Technol, 219, 584–587.
- Grigorakis, K., Taylor, K. D. A., Alexis, M. N. 2003. "Seasonal pattern of spoilage of ice stored cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*)", Food Chemistry, 81, 263–268.
- Gutierrez, J. M., Gonzalez, C., Maestro, A., Sole, I., Pey, C. M., Nolla, J. 2008. "Nano-emulsions; New applications and optimization of their preparation", Curr Opin Colloid Interface Sci, 13, 245-251.
- Halász, A., Barath, A., Simon-Sarkadi, L., Holzappel, W. 1994. "Biogenic amines and their production by microorganisms in food", Trends Food Sci. Tech, 5, 42-48.
- Hamm, R. 1986. "Functional properties of the myofibrillar system and their measurements in bechtel (Ed.), Food Academic Press Inc, 135-192.
- 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.
- Honikel, K. O. 1988. "How to measure the water holding capacity of meat? ", Meat Science, 49, 447-457.

- Howgate, P. F. 1982. " Quality assessment and quality control in fish handling and processing", Her Majesty's Stationery Edinburgh, 177-186.
- 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", *Microorganisms in Foods*, 181–196.
- Jia, Z., Yujun, W., Guangsheng, L. 2005. " Adsorption of diuretic furosemide onto chitosan nanoparticles prepared with a water-in-oil nanoemulsion system", *Reactive and Functional Polymers*, 65, 249–257.
- Joe, M. M., Bradeeba, K., Parthasarathi, R., Sivakumar, P. K., Chauhan, P. S., Tipayno, S., Benson, A., Sa, T. 2012. "Development of surfactin based nanoemulsion formulation from selected cooking oils: Evaluation for antimicrobial activity against selected food associated microorganisms", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43, 172–180.
- Joe, M. M., Chauhan, P. S., Bradeeba, K., Shagol, C., Sivakumar, 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.
- Jones, M. N., Song, Y. H., Kaszuba, M., Reboiras, M. D. 1997. "The interaction of phospholipid liposomes with bacteria and their use in the delivery of bactericides", *Journal of Drug Targeting*, 5, 25-34.
- Jorgensen, J. H., Turnidge, J. D. 2003. "Susceptibility test methods: Dilution and disk diffusion methods", *Manual of Clinical Microbiology*, 1108-1127.
- Joseph, T., Morrison, M. 2006. "Nanotechnology in Agriculture and Food. Institute of Nanotechnology", Available online at: www.nanoforum.org.
- Kilinc, B., Cakli, S., Cadun, A., Dincer, T., Tolasa, S. 2007. " Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 °C", *Food Chemistry*, 104, 1611–1617.
- Kim, Y. D., Kim, J. S., Cho, I., Kim, K. W. 2004. "A novel nanoemulsification method of stirring at the Θ -point with the tocopherol-based block co-polymer nonionic emulsifier PPG–20 tocophereth-50", *IFSCC Magazine*, 7, 319-325.
- Kyrana, V. R., Lougovois, V. P. 2002. "Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice" *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 319–328.

- Kyrana, V. R., Lougovois, V. P., Valsamis, D. S. 1997. "Assessment of shelf-life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice", *Int. J. Food Sci Technol*, 32, 339–347.
- Lehane, L., Olley, J. 2000. "Histamine fish poisoning revisited", *International Journal of Food Microbiology*, 58, 1–37.
- Leys, N. M. E. J., Ryngaert, A., Bastiaens, L., Verstraete, W., Top, E. M., Springael, D. 2004. "Occurrence and Phylogenetic Diversity of *Sphingomonas* Strains in Soils Contaminated with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons", *Appl. Environ. Microbiol*, 70, 1944-1955.
- Li, X. N., Anton, T. M. C., Ta, M., Zhao, N., Vandamme, T. F. 2011. "Microencapsulation of Nano- emulsions: Novel Trojan Particles for Bioactive Lipid Molecule Delivery," *International Journal of Nanomedicine*, 6, 1313-1325.
- Limbo, S., Sinelli, N., Torri, L., Riva, M., 2009. "Freshness decay and shelf life predictive modelling of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) applying chemical methods and electronic nose" , *Food Sci Tech*, 42, 977-984.
- Lindsay, R. C. 1991. "Flavour of fish. Paper presented at 8th World Congress of Food Science & Technology", Toronto Canada
- Mahmoud, B. S. M., Yamazaki, K., Miyashita, K., Shin, I. S., Chang, D., Suzuki, T. 2006. "A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds", *Food Chemistry*, 99, 656–662.
- Martin, A. 1993. "Physical and chemical properties in pharmaceutical sciences", *Colloids. In: Physical Pharmacy*, 393-422.
- Masniyom, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. 2002. "Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices under modified atmosphere packaging" *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 873–880.
- Mason, H. G., Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., Grave, S. M. 2006. "Nanoemulsions: formation, structure and physical properties", *J of Phys: Condens Matter*, 18, 635- 666.
- Mcclemments, J., Takhistov, P., Weiss, J. 2006. "Functional materials in food nanotechnology", *J Food Sci*, 71, 107-116.
- Mendes, R., Gonçalves, A. 2008. "Effect of soluble CO₂ stabilisation and vacuum packaging in the shelf life of farmed sea bream and sea bass fillets", *Int J Food Sci Tech*, 43, 1678–1687.
- Merck. 1998. "Gıda Mikrobiyolojisi", *ORKİM Kimyevi Maddeler Tic.Ltd.Şti*, 168.
- Moini, S., Tahergorabi, R., Seyed-Vali, H., Rabbani, M., Tahergorabi, Z., Feas, X., Aflaki, F. 2009. "Effect of gamma radiation on the quality and shelf life of refrigerated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets", *J Food Protect*, 72, 1419–1426.

- Myc, A., Vanhecke, T., Jeffrey, J. L., Hamouda, T., James, R., Jr., Baker, J. R. 2001. "The fungicidal activity of novel nanoemulsion (X8W60PC) against clinically important yeast and filamentous fungi" *Mycopathologia*, 155, 195-201.
- 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.
- Oehlenschläger, J. 1992. "Evaluation of some well established and some underrated indices for the determination of freshness and/or spoilage of ice stored wet fish", Elsevier Science Publishers, 339-350.
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Hennehan 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., Ozogul, Y. 2004. "Balık ve balık ürünlerinde biyojenik aminler", *Ege Üniversitesi Su ürünleri Dergisi*, 21, 375-381.
- Ozogul, F., Kus B., Kuley, E., 2013. "The impact of strawflower and mistletoe extract on quality properties of rainbow trout fillets", *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 2228–2238
- Özogul, F., Taylor, K., Quantick, P., Özogul, 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, 515–522
- Özogul, Y., Özyurt, G., Özogul, F., Kuley, E., Polat, A. 2005. "Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory chemical and microbiological methods" *Food Chem*, 92, 745–51.
- Özoğul, F. 2001. "The effect packaging systems on quality and safety of herring. PhD dissertation" University of Lincoln. Lincoln, U. K.
- Pachero-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M. E., Robles-Burgueno, M. R. 2000. "Post-mortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 C. ", *J. Food Sci*, 65, 40–47.
- Paleologos, E. K., Savvaıdis, I. N., Kontominas, M. G. 2004. "Biogenic amines formation and its relation to microbiological and sensory attributes in ice-stored whole, gutted and filleted Mediterranean sea bass (*Dicentrarchus labrax*)", *Food Microbiology*, 21, 549–557.
- Papadopoulos, V., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaıdis, I. N., Kontominas, M. G., 2003. "Effect of gutting on microbiological, chemical and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice", *Food Microbiology*, 20, 411–420.

- Poli, M. B., Parisi, G., Zambacavallo, G., Mecatti, M., Lupi, P., Gualtieri, M., Franci, O. 2001. "Quality outline of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in Italy: shelf life, edible yield, nutritional and dietetic traits", *Aquaculture*, 202, 303–315.
- Rasmussen, R. S., Ostefeld, T. H., Ronsholdt, B., McLean, E. 2000. "Manipulation of end-product quality of rainbow trout with finishing diets", *Aquaculture Nutrition*, 6, 17-23
- Refsgaard, H. H. F., Tsai, L., Stadtman, E. R. 2000. "Modifications of proteins by polyunsaturated fatty acid peroxidation products", *Pnas*, 97, 611–616.
- 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
- Ruiz-Capillas, C., Moral, A. 2001. "Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice", *Food Research International*, 34, 441-447.
- Ryan, M. P., Adley, C. C. 2010. "Sphingomonas paucimobilis: a persistent gram-negative nosocomial infectious organism", 75,153-7.
- Saeed, S., Fawthrop, S. A., Howell, N. K. 1999. "Electron spin resonance (ESR) study on free radical transfer in fish-protein interaction", *Journal Science Food Agriculture*, 79, 1809–1816.
- Shalaby, A. R. 1996. "Significance of biogenic amines to food safety and human health", *Food Res. Int*, 29, 675-690.
- Shewan, J. M. 1977. "The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action", London: Tropical Products Institute, 51-66.
- Simeonidou, S., Govaris, A., Varelziz, K. 1998. "Quality assessment of seven Mediterranean fish during storage on ice", *Food Research International*, 30, 479–484.
- Solans, C., Izquierdo, P., Nolla, J., Azemar, N., Garcia-Celma, M. J. 2005. "Nanoemulsions" *Curr Opin Coll Int Sci*, 10, 102–110.
- Speck, L. M. 1984. "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods", Health. Assoc., Washington, DC.
- 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
- Sutcliffe, J., Biedenbach, D., Jones, R., Fritsche, T. 2008. "Novel nanoemulsion antimicrobials tested against nine gram-positive species", 48th Interscience Conference of Antimicrobial Agents & Chemotherapy, American Society for Microbiology, Washington, DC
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., Solans, C. 2004. "Formation and stability of nano emulsions", *Adv Colloid Interface Sci*, 108–109, 303–318.

- Taliadourou, D., Papadopoulos, V., Domvridou, E., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. 2003. "Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice", Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, 1373–1379.
- 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.
- Tassou, C. C , Drosinos, E. H, Nychas, G. J. E. 1995. "Effects of essential oil from mint (*Menthapiperita*) on *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* in model food systems at 4 and 10 8C", J Appl Bacteriol, 78, 593–600.
- Turan, H., and Kocatepe, D. 2013. "Different MAP Conditions to Improve the Shelf Life of Sea Bass", Food Sci. Biotechnol, 22, 1589-1599.
- USON, N., GARCÍA, M. J., SOLANS, C. 2004. "Formation of water-in-oil (W/O) nanoemulsions in a water/mixed non-ionic surfactant/oil systems prepared by a low-energy emulsification method. Colloids Surf A", Physicochem Eng Aspects, 250, 415–421.
- Varlik, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H. 1993. "Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği", Gıda Teknolojisi Yayın No: 17, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 173.
- Weatherup, R. N., McCracken, K. J. 1999. "Changes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), body composition with weight", Aquaculture Research, 30, 305-307.
- Wei, L. S., Musa, N., Wee, W. 2010. "Bacterial flora from a healthy freshwater Asian sea bass (*Lates calcarifer*) fingerling hatchery with emphasis on their antimicrobial and heavy metal resistance pattern" Veterinarskii Arhiv, 80, 411-420.
- 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 OC) ", PhD Thesis, Department of Fisheries and Processing Technology, Institute of Natural and Applied Science, Cukurova University, 100.
- Zhang, H., Lu, Z., Zhang, L., Bao, Y., Zhan, X., Feng, F. 2008. "Antifungal activity of a food-grade dilution-stable microemulsion against *Aspergillus niger*", Letters in Applied Microbiology, 47, 445-450.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. YEŞİM ÖZOĞUL
Proje No:	1130379
Proje Başlığı:	Bitkisel Yağlar Kullanılarak Oluşturulan Nanoemülsiyonların Soğukta (2±2 C) ve Vakum Paketlenerek Depolanan Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>) Filetolarının Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkileri
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	19
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇUKUROVA Ü. SU ÜRÜNLERİ F. SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKN. B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/10/2013 - 15/05/2015
Onaylanan Bütçe:	102450.0
Harcanan Bütçe:	88883.2
Öz:	<p>Bitkisel yağlar (zeytin yağı, soya, mısır, kanola, fındık ve ayçiçek yağı) kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonların soğukta (2±2 oC) ve vakum paketlenerek depolanan levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>) filetolarının duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Birinci aşamada, muamele edilen balık filetoları 2±2 0C?de buzdolabında depolanmıştır. İkinci aşamada ise muamele edilen balık filetoları vakum paketlenerek 2±2 0C?de depolanmıştır. Depolama süresince düzenli aralıklarla (her 2 günde bir) duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılarak kalite parametreleri belirlenmiştir. Kimyasal kalitenin belirlenmesi için TBA (tiobarbitürik asit), pH, TVB-N (toplam ucucu bazik azot), TMA (trimetil amin), PV (peroksit değeri), serbest yağ asitleri (FFA), biyojenik amin analizleri yapılmıştır. Mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesi için ham maddede ve soğukta depolanan örneklerde, toplam koliform sayımı, Salmonella spp., E.coli, Listeria ve Staphylococcus aureus analizleri, toplam psikrofil (TAPS) ve mezofil aerob mikroorganizma sayımı (TAMB), vakum paketlenmiş örneklerde ise toplam anaerobic bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı yapılmıştır. Ayrıca APİ test kitleri kullanılarak balık filetosunun depolanma süresince mevcut balık bozucu bakterilerin izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Nanoemülsiyonların in vitro koşullarda balık bozucu bakteriler üzerindeki antibakteriyel etkileri disk difüzyon yöntemine göre belirlenmiştir.</p> <p>Duyusal analizlerde nanoemülsiyonların balık kokusunu baskılandığı gözlenmiştir. Birinci aşamada kontrol grubunun raf ömrü 8 gün nanoemülsiyon gruplarında 10 gün olduğu belirtilmiştir. İkinci aşamanın duyusal analizlerde levrek filetolarının raf ömrü kontrol grubu için 12 gün, ayçiçek ve zeytin muamele grupları için 14 gün, diğer muamele grupları için ise 16 gün olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca kontrol grubunun TVB-N değeri muamele gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Her iki aşamada, tüm örnekler için çok düşük TBA değeri gözlenmiştir. Nanoemülsiyon uygulanan levrek filetolarının PV ve FFA değerleri bakımından, kontrol grubuyla kıyaslandığında daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Nanoemülsiyon gruplarının depolama sonundaki PUFA içeriğinin özellikle EPA ve DHA'nın kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve oksidasyonu engellediği tesbit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerden TAMB, TAPB ve toplam Enterobacteriaceae değerlerinin nanoemülsiyon uygulamalarında kontrol grubuna göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Bozulmuş levrek kasından 48 bakteri izolasyonu gerçekleşmiş olup, API testi sonucunda toplamda 42 izolat ön tanımlanmış, 6 izolat tanımlanamamıştır. Levrek kasından 11 tür tespit edilmiş, <i>Sphingomonas paucimobilis</i> (%26.19) ve <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (%23.80) baskın tür olarak belirlenmiştir. Nanoemülsiyonların antibakteriyel etkisi bakteri türlerine göre değişkenlik göstermesine karşın, 0.78-50 ml/ml MİK değeri ile soya, mısır ve zeytin genellikle en yüksek antibakteriyel etkiye sahip nanoemülsiyon grupları olmuştur. <i>Ochrobactrum anthropi</i> nanoemülsiyona karşı en hassas bakteri olmuştur. Projenin her iki aşaması sonucundan elde edilen verilere göre, nanoemülsiyonlar levrek filetolarının raf ömrünü arttırmış ve kalitesini korumuştur.</p>

Anahtar Kelimeler:	nanoemülsiyon, bitkisel yağlar, soğukta depolama, vakum paketlenme, kalite parametreleri, levrek
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- The Effects of Nanoemulsions Based on Commercial Oils (Sunflower, Canola, Corn, Olive, Soybean and Hazelnut Oils) for the Quality of Farmed Sea Bass at 2±2OC (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 2- The Effects of Nanoemulsions Based on Commercial Oils for the Quality of Vacuum-Packed Sea Bass at 2±2OC (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),

TÜBİTAK