

**Biberiye Ekstraktı İlavésinin Farklı Metotlarla
Pişirilen, Dondurulan ve Yeniden Isıtılan Çipura'nın
(*Sparus aurata*) Kalitesi Üzerine Etkileri**

Proje No: 1070896

**Doç.Dr. Gülsün ÖZYURT
Doç.Dr. Bahar KARAKAYA (TOKUR)
Doç.Dr. Yeşim ÖZOĞUL**

OCAK 2009
ADANA

ÖNSÖZ

Çok doymamış yağ asitlerinin temel kaynağı olan su ürünleri kolay bozulabilir gıdalardır. Dünya da her yıl kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalar sonucu tarım ve balıkçılık ürünlerinin %25'inin ziyan olduğu tahmin edilmektedir (Baird-Parker, 2000). Besin üretimini arttırmanın kolay çözümleri olmadığı için gıdaların kalitelerinin korunması ve raf ömürlerinin uzatılmasına yönelik çalışmalar günümüzde daha da önem kazanmıştır. Gıda endüstrisinde oksidatif bozunmadan korumak için kullanılan sentetik antioksidan maddeler tüketici tarafından tercih edilmediği için araştırmacılar doğal kaynaklara doğru yönelmiştir. Bu nedenle biberiye gibi bitkisel kaynakların fenolik bileşikleri ve antioksidan aktiviteleri üzerine bir çok araştırma yapılmış ancak bunların gıda sanayinde özellikle su ürünlerinde kullanılabilirliği üzerine sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır.

Pişirme ve yeniden ısıtma işlemlerinin oksidatif bozulmaları hızlandığı ve okside yağ asitleri ile oksidasyon ürünleri içeren gıdaları tüketmenin insan sağlığı için uygun olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle pişirme ve yeniden ısıtma metotlarının balığın besin kalitesi ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerini konu alan araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Tamamlanan bu projeye, biberiye ilavesi, farklı pişirme ve yeniden ısıtma yöntemlerinin özellikle çok doymamış yağ asitleri kompozisyonu ile protein ve lipit kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi bakımından önemli veriler elde edildiği söylenebilir.

TÜBİTAK tarafından desteklenerek yapılan bu projede, elde edilen bu sonuçlar evrensel düzeyde gıda endüstrisi, besin kompozisyonu ve beslenme üzerine yapılan akademik çalışmalar, klinik çalışmalar, sağlıklı beslenme üzerine araştırma yapan diyet uzmanları ve direkt olarak ta tüketicilere ulaşabilecek yararlı bilgiler içermektedir. Bu bilgilerin su ürünleri muhafaza, işleme ve pazarlama alanlarında çalışan pek çok kişi ve tüketicilere ulaşmasının da ekonomik kazanç sağlayacağı düşünülmektedir.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÇİZELGELER DİZİNİ	5
ŞEKİLLER DİZİNİ	7
ÖZET	9
ABSTRACT	10
1. GİRİŞ	11
2. GENEL BİLGİLER	14
3. GEREÇ VE YÖNTEM	16
3. 1. Örneklerin Hazırlanması	16
3.2. Biyokimyasal Kompozisyon Analiz Metotları	18
3.3. FAME Analizi	18
3.3.1. Gaz Kromatografisi Şartları	18
3.4. Kimyasal Değerlendirme	19
3.4.1 Tiyobarbitürik Asit Sayısı Tayini (TBA)	19
3.4.2. Serbest Yağ Asiti Analizi (FFA)	19
3.4.3. Peroksit Analizi (PV)	19
3.4.4. Miyofibriller Protein Çözünürlüğü	20
3.4.5. Protein Karbonil Değeri	20
3.4.6. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamit jel elektroforezi (SDS-PAGE)	21
3.5. Duyusal Değerlendirme	21
4. BULGULAR	23
4.1. Besin madde bileşenleri	23
4.2. Yağ asitleri kompozisyonunun değerlendirilmesi	26
4.3. Kimyasal değerlendirme	33
4.3.1. Lipit kalitesi	33
4.3.2. Protein Kalitesi	36
4.3.2.1. Protein Çözünürlüğü	36
4.3.2.2. Protein Oksidasyonu	37
4.3.2.3. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamit jel elektroforezi (SDS-PAGE)	39

4.4. Duyusal Değişimler	47
5. TARTIŞMA	52
5.1. Besin madde bileşenleri	52
5.2. Yağ asitleri kompozisyonu	53
5.2.1. Farklı yöntemlerle pişirmenin yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri	53
5.2.2. Araştırma gruplarının dondurularak depolanmaları (-18°C) sonucunda yağ asitleri kompozisyonlarındaki değişimler	57
5.2.3. Farklı metotlarla ısıtmanın yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkileri	58
5.3. Kimyasal değerlendirme	60
5.3.1. Lipit kalitesi	60
5.3.2. Protein Kalitesi	65
5.3.2.1. Protein Çözünürlüğü	65
5.3.2.2. Protein oksidasyonu	68
5.3.2.3. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)	72
5.4. Duyusal Değişimler	75
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
7. KAYNAKLAR	82
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA NO

Çizelge1. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların besin madde bileşenleri (%)	23
Çizelge 2. Kızartma yöntemi ile pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi	24
Çizelge 3. Fırında pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi	24
Çizelge 4. Izgara yöntemi ile pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi	25
Çizelge 5. Farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının yağ asidi kompozisyonları	27
Çizelge 6. Farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının 4 aylık dondurularak depolanmaları (-18 ⁰ C) sonucunda yağ asitleri kompozisyonlarındaki değişimler	28
Çizelge 7. Kızartma grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri	30
Çizelge 8. Fırın grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri	31
Çizelge 9. Izgara grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri	32
Çizelge 10. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki serbest yağ asitleri değişimleri (FFA, % oleik asit)	33
Çizelge 11. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki peroksit sayısı değişimleri (PV, meq/kg)	34

Çizelge 12. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasında TBA sayısı değişimleri (mg malonaldehit/kg)	35
Çizelge 13. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki miyofibriller protein oralarında meydana gelen değişimler (g/100 g)	36
Çizelge 14. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki protein oksidasyonunda meydana gelen değişimler (Karbonil, nmol karbonil/mg protein)	38
Çizelge 15. Dondurularak depolama süresince kızartma kontrol ve biberiye ilaveli grupların duyusal kalitelerindeki değişimler	48
Çizelge 16. Dondurularak depolama süresince fırın kontrol ve biberiye ilaveli grupların duyusal kalitelerindeki değişimler	48
Çizelge 17. Dondurularak depolama süresince ızgara kontrol ve biberiye ilaveli grupların duyusal kalitelerindeki değişimler	49
Çizelge 18. Kızartma grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi	50
Çizelge 19. Fırın grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi	50
Çizelge 20. Izgara grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 1. Projede uygulanan deneysel plan	16
Şekil 2. Duyusal analizde kullanılan değerlendirme formu örneği	22
Şekil 3. 0. Gün'de farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir.	40
Şekil 4. 1. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir	42
Şekil 5. 2. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir	43
Şekil 6. 3. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir.	45
Şekil 7. 4. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir	46
Şekil 8. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler	62
Şekil 9. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler	62
Şekil 10. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler	63

Şekil11. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler	66
Şekil 12. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler	67
Şekil 13. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler.	67
Şekil 14. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.	69
Şekil 15. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.	70
Şekil 16. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.	70
Şekil 17 .Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler	76
Şekil 18.Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler	76
Şekil 19 .Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler	77

ÖZET

Bu projede, çipuraya biberiye ekstraktı ilavesi yapılarak, farklı pişirme metotları uygulanmıştır. Kontrol grubu ve % 2 oranında biberiye ekstraktı uygulanan gruplar kızartma, fırında pişirme ve ızgara yöntemleri ile pişirilmiştir. Hazırlanan bu örneklerin, besin kompozisyonu ve yağ asitleri kompozisyonu belirlenirken, bir bölümü daha sonra tüketilmek üzere -18 °C'de dondurularak, 4 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Bu süre içerisinde protein ve lipit oksidasyonunun gelişimini takip edebilmek amacıyla her ay depolanan örneklerde, duyusal analiz, protein karbonil değeri, miyofibriler protein çözünürlüğü, sodyum dedosil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE), serbest yağ asitleri, peroksit ve tiyobarbitürik asit analizleri yapılmıştır. 4 aylık süre sonunda buz dolabında bir gece bekletilerek çözündürülen örnekler iki farklı yöntemle (fırında ısıtma ve mikro dalga ile ısıtma) ısıtılarak besin kompozisyonu ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Araştırmada, yağ asitlerinin korunumu açısından çipura filetolarının pişirilmesinde en iyi yöntemin fırında pişirme yöntemi olduğu belirlenmiştir. Biberiye ilavesinin depolama süresince lipit ve protein oksidasyonunu geciktirdiği ve duyusal kalite üzerine olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır. Yeniden ısıtma yöntemlerinden fırında veya mikrodalga fırında ısıtmanın araştırma gruplarının duyusal kalitesi ve besin madde bileşenleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Araştırmada biberiye ilaveli kızartma ve fırında pişirilmiş çipura filetolarının mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının EPA ve DHA içeriği açısından daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pişirme metotları, yeniden ısıtma, antioksidan, biberiye, yağ asiti kompozisyonu, protein oksidasyonu, lipit oksidasyonu

The addition of rosemary extract on the effects of quality of cooked with different methods, frozen and reheated gilthead sea bream (*Sparus aurata*)

ABSTRACT

In this project, different cooking methods performed on gilthead bream after an addition of rosemary extract. The groups which was a control group and a group that rosemary extract had been applied at a ratio of 2% cooked by the methods of frying, oven cooked and grilled. While proximate composition and fatty acid composition of these samples determined, one part of them stored for 4 months frozen at -18 °C for later consumption. During this period, each month to follow up the changes on protein and lipid oxidation on stored samples, sensory analysis, protein carbonyl value, solubility of myofibril protein, sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), free fatty acids, peroxide and thiobarbituric acid analysis carried out. At the end of the 4 month period, samples which thawed at a refrigerator for a night were reheated with two different methods (oven and microwave oven reheating) and the changes in the proximate and fatty acid composition were investigated.

In this project, it has been found that oven cooking of sea bream fillets have minimal effect on the fatty acid composition and its stability. The treated samples with rosemary extract showed slower lipid and protein oxidation than those of the untreated samples and also have positive effect on sensory quality of cooked sea bream. Both reheating methods (microwave and oven) did not have effect on the fatty sensory quality and also proximate compositions of sea bream. The fried and grilled treated samples, reheated in microwave, showed higher EPA and DHA contents.

Keywords: Cooking methods, reheating, antioxidant, rosemary, fatty acid composition, protein oxidation, lipid oxidation

1. GİRİŞ

Okside yağ asitlerini içeren balık ürünlerini tüketmek halk sağlığı için uygun değildir. HUFA içeren balık yağları oksidatif yıkıma karşı oldukça hassastırlar. Lipit oksidasyon ürünlerinden malonaldehitin toksik, karsinojenik ve mutajenik etkileri olduğu bilinmektedir (Yang ve ark., 1998). Ayrıca, protein ve yağ asitlerinin sindirilebilirliğinde ve ikincil lipit oksidasyon ürünleri ile proteinlerin çapraz bağ oluşturmasıyla emilimlerinde azalmaya yol açabildiği belirtilmektedir (Kirk, 1984; Nielsen ve ark., 1985).

Kas dokusunda oluşan reaktif oksijen türleri (ROS) (süperoksit anyonu (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), singlet oksijen (1O_2)), sadece lipitlerin oksitlenmesine değil aynı zamanda proteinlerin de oksitlenmesine neden olmaktadır (Griffiths, 2000). Balıklardaki protein oksidasyonunu belirlemek en az lipit oksidasyonunu belirlemek kadar önemlidir. Çünkü, protein oksidasyonunun özellikle etlerde jelleşme, emülsifikasyon, vizkosite, çözünürlük ve su tutma kapasitesi gibi kas proteinlerinin fonksiyonlarını değiştirdiği belirtilmektedir (Liu and Xiong, 2000). Protein denatürasyonu olarak bilinen ve geri dönüşümü olmayan bu değişimler, yapısal kas proteinlerinin özellikle de miyofibriler proteinlerin çökmesi/indirgenmesi sonucu ortaya çıkar. Bu değişimler, balık ve balık ürünlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyerek hem raf ömrünün kısalmasına hem de besinsel kayıplara neden olmaktadır.

Pişirme işlemlerinin oksidatif bozulmaları hızlandırdığı ve okside yağ asitleri ile oksidasyon ürünleri içeren gıdaları tüketmenin insan sağlığı için uygun olmadığı bilinmektedir. Bir çok araştırmacı, farklı pişirme metotlarının balığın besleyici değerlerini etkileyebildiğini belirtirken (Wu ve Lillard, 1998; Mai ve ark., 1978; Gall ve ark., 1983; Al-Saghir ve ark., 2004; Gökoğlu ve ark., 2004, Tokur, 2007; Yanar ve ark., 2007) bazı araştırmacılar pişirilen balıkların dondurularak saklanması sonrasında yeniden ısıtılması esnasında da besin kayıplarının olduğunu belirtmişlerdir (Castrillion ve ark., 1997; Garcia-Arias ve ark., 2003a). McBride ve ark. (2007) işlenmiş et ürünlerinin oksidatif bozulma reaksiyonlarına karşı daha hassas olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, kesme, kıyım ve pişirme gibi işlemlerin ürünün yüzey alanını arttırdığını ve prooksidanların serbest kalarak oksidatif

bozulmaları hızlandırdığını, ancak eksojen kaynaklı antioksidan ilavelerinin işlenmiş et ürünlerindeki acılaşmayı önemli derecede geciktirdiğini belirtmişlerdir.

Su ürünlerinin tazeliğinin korunabilmesi için doğal veya sentetik bazı gıda katkı maddelerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Sentetik gıda katkı maddelerine gösterilen şüpheli yaklaşımdan dolayı doğal katkı maddelerinin kullanımı tüketici tarafından da memnuniyetle karşılanmaktadır. Bitkilerin tüm kısımlarında görülebilen fenolik bileşikler doğal antioksidanların en önemli gruplarını oluşturmaktadır (Moure ve ark., 2001). Bu nedenle uzun yıllardır besinlerin koku ve tad gibi özelliklerini arttırmak için katkı olarak kullanılan baharat ve aromatik bitkiler giderek önem kazanmaktadır (Tunalier ve ak., 2002).

Farklı bitkisel kaynaklardan ekstrakte edilen fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri üzerine bir çok çalışma yapılmıştır (Balasundram ve ark., 2006). Biberiye, yapısında yüksek antioksidant aktivite gösteren karnosol ve karnosik asit, epirosmanol, isorosmanol, rosmaridifenol ve rosmarikuinin gibi fenolik bileşenleri içeren doğal bir bitkisel antioksidan kaynağıdır (Zhen and Wang 2001). Houlihan ve Ho (1985) biberiyenin yapısında bulunan karnosol ve karnosik asit gibi fenolik bileşiklerin BHA (Butillenmiş hidroksianizol)'e eş değer veya daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini saptamışlardır. Frankel ve ark. (1996) biberiye ekstraktının (karnosol ve karnosik asit) mısır, soya, fındık ve balık yağında etkili bir antioksidan olduğunu belirtmişlerdir. Akhtar ve ark., (1998b) pişirme öncesinde alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoalarını biberiye ekstraktına batırmanın, buzdolabında depolanması süresince lipit oksidasyonuna karşı etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, perakende paketlenmiş sığır etinin duyusal ve antioksidan özellikleri üzerine biberiye ekstraktının etkisinin belirlenmesi amaçlanan bir çalışmada, lipit oksidasyonunu kontrol etmede biberiye ekstraktının BHT ve BHA gibi sentetik antioksidanlardan daha etkili olduğu belirlenmiştir (McBride ve ark., 2007).

Gıdalarda kullanımı güvenli kabul edilen GRAS (Generally Recognized as Safe) listesinde biberiyenin de yer alması, biberiyeye olan ilgiyi arttırmıştır (Gerard ve ark., 1995). Son yıllarda biberiyenin antioksidant özellikleri üzerine pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen, su ürünleri ve balıkların raf ömrü üzerine çok az sayıda araştırma yapılmıştır (Lugasi ve ark., 2007; Perez-Mateos ve ark., 2006; Seydim ve ark., 2006; Serdaroğlu ve Felekoğlu, 2005; Akhtar ve ark., 1998a; Vareltzis ve ark., 1997). Bununla birlikte, su ürünlerinde biberiyenin kullanımı ile ilgili yapılan

araştırmalar genellikle ham materyalin dondurularak depolanması üzerine olup farklı pişirme yöntemleri uygulayarak saklama üzerine yeterli derecede araştırma mevcut değildir.

Türkiye denizlerinde ekonomik olarak avlanan çipura (*Sparus aurata*)'nın sevilerek tüketilen bir tür olması nedeniyle yetiştiriciliği yapılmakta ve ihraç edilmektedir. Türkiye'de 2007 DİE kayıtlarına göre kültür çipura (*Sparus aurata*)'sının üretimi yılda 33.500 tondur. Çipura ω 3 serisi yağ asitlerinden EPA (20:5 ω 3) ve DHA (22:6 ω 3)'yı yüksek oranlarda içeren iyi bir denizel kaynaktır. Yapılan bir araştırmada çipuranın mevsimsel olarak içerdii EPA+DHA oranının sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla 0.34, 0.25, 0.25, ve 0.30 g/100g olduğu ve günde 100 g çipura tüketimiyle insanların günlük EPA+DHA ihtiyaçlarının karşılanabileceği belirtilmiştir (Özyurt ve ark., 2005). Çipuranın mevsimsel EPA ve DHA içerikleriyle ilgili yapılan çalışmaya karşın, doğal antioksidan ilavesi, farklı pişirme ve yeniden ısıtma işlemlerinin protein ve lipit kalitesi, yağ asiti ve besin kompozisyonu üzerine etkilerine yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu projede, biberiye ilavesi yapılarak pişirmenin ve dondurularak muhafaza sonrasında yeniden ısıtmanın çipuranın protein ve lipit kalitesi ile besin ve yağ asiti kompozisyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, gıda endüstrisi, besin kompozisyonu ve beslenme üzerine yapılan akademik çalışmalar, klinik çalışmalar, sağlıklı beslenme üzerine araştırma yapan diyet uzmanları ve direkt olarak ta tüketicilere ulaşabilecek yararlı bilgiler içermektedir.

2. GENEL BİLGİLER

Balık, besleyici bir gıda olarak her zaman önemli sayılmış ve genel diyet önerileri içerisinde yerini daima korumuştur. Bu, esas olarak yüksek protein içeriklerinin yanında çoğu balık türünün yağ içeriğinin az olması ve çok doymamış yağ asitlerinin ana kaynağı olmaları kavramından ileri gelmiştir. Yapılan bir çok araştırma ile balık yağlarının yapısının daha iyi anlaşılması sağlanmış ve insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri balık yağlarına olan ilgiyi arttırmıştır. Çok doymamış yağ asitlerinin kalp krizi, kalp-damar hastalıkları, depresyon, migren türü baş ağrıları, eklem romatizmaları, şeker hastalığı, yüksek kolesterol ve tansiyon, bazı alerji türleri ile kanser gibi bir çok hastalıktan korunmada önemli etkisi olduğu ve kalp ritmi bozukluğuna, sinir ve bağışıklık sistemine, beyin fonksiyonlarına olumlu yönde etkileri olduğu tespit edilmiştir (Gorga, 1998; Nettleton, 2000; Arts ve ark., 2001; Okita ve ark., 2002 ve Silvers ve Scott, 2002). Bununla birlikte, bu yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine göre oksidasyona karşı çok daha fazla hassas oldukları ve pişirme ve depolama işlemlerinden etkilendiği bilinmektedir (Gladyshev et al., 2006).

Pişirme işlemi (haşlama, fırında pişirme, kızartma, ızgara gibi) patojenik mikroorganizmaların inaktivasyonunun sağlanmasıyla hijyenik kaliteyi arttırmak, tat ve lezzeti geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla balıklara farklı şekillerde uygulanabilmektedir (Bognar, 1998 ve Pokorny, 1999). Pişirme - Dondurma - Yeniden Isıtma (PDY) günümüzde balıkların işlenmesinde alternatif bir sistem haline gelmiştir (Skjöldebrand, 1984). PDY yöntemi ile zamandan kazanç elde etme sağlandığından bu gün birçok evde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Creed, 2001).

Pişirme işlemlerinin oksidatif bozulmaları hızlandırdığı ve okside yağ asitleri ile oksidasyon ürünleri içeren gıdaları tüketmenin insan sağlığı için uygun olmadığı bilinmektedir. Araştırmacılar, kesme, kıyma ve pişirme gibi işlemlerin ürünün yüzey alanını arttırdığını ve prooksidanların serbest kalarak oksidatif bozulmaları hızlandırdığını, ancak eksojen kaynaklı antioksidan ilavelerinin işlenmiş et ürünlerindeki acılaşmayı önemli derecede geciktirdiğini belirtmişlerdir.

Lipit oksidasyonunun, besinlerin renk, koku, tat, görünüş ve besin değeri gibi önemli özelliklerinin kaybolmasına neden olduğu bilinmektedir. Shahidi ve ark. (1995) lipit oksidasyon ürünlerinin, besinlerin içerisinde bulunan protein gibi diğer maddelerin de absorpsiyonunu etkilediğini belirtmişlerdir. Genel olarak bilindiği üzere

başlangıç, ilerleme ve sonlanma aşamalarından oluşan lipit oksidasyonu üzerine, antioksidanların birinci ve ikinci aşamada metal katalizörlerin bulunabilirliğini azaltarak ve sistemdeki radikalleri gidererek etkili olduğu bilinmektedir (Athukorala ve ark., 2003; Matthaus, 2002; Yu ve ark., 2002). Antioksidanların aynı zamanda prooksidan konsantrasyonu yüksek et ve diğer gıdalarda protein oksidasyonunu da önlediği belirtilmektedir (Aligiannis ve ark., 2003; Viljanen ve ark., 2004).

Gıda endüstrisinde oksidatif bozunmadan korumak için rutin olarak BHA (Butillenmiş hidroksianizol), BHT (Butillenmiş hidroksitoluol) PG (propilgallat) ve TBHQ (Tersiyer-butilhidrokinon) gibi sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır. Bu antioksidanlar oldukça etkin, dengeli ve ucuz olmalarına karşın, son zamanlarda pek çok araştırmacı uzun süredir gıda işleminde kullanılan BHA ve BHT gibi sentetik antioksidanların canlı organizmalarda kanserli hücre gelişimine teşvik ettiğine dikkat çekmektedir. Bu nedenle tüketiciler doğal kaynakları sentetik olanlarına tercih etmektedirler.

Yağların hidrolizine ve mikrobiyal bozulmaya karşı diğer etlere göre daha hassas olan su ürünlerinin tazeliğinin korunabilmesi için doğal veya sentetik bazı gıda katkı maddelerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Sentetik gıda katkı maddelerine gösterilen şüpheli yaklaşımdan dolayı doğal katkı maddelerinin kullanımı tüketici tarafından da memnuniyetle karşılanmaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında bu projeye, deniz balığı türlerimizden çipuranın çok doymamış yağ asitlerinin korunumu açısından en uygun pişirme metodunun hangisi olduğunun ve doğal bir antioksidan kaynağı olan biberiyenin, çipuranın farklı pişirme ve dondurularak muhafazası süresince protein ve lipit oksidasyonu üzerine etkili olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte, dondurularak muhafaza sonrasında uygulanan yeniden ısıtma yöntemlerinden fırında ve mikrodalga fırında ısıtmanın besin ve yağ asiti kompozisyonu üzerine etkilerinin de belirlenmesi hedeflenmiştir.

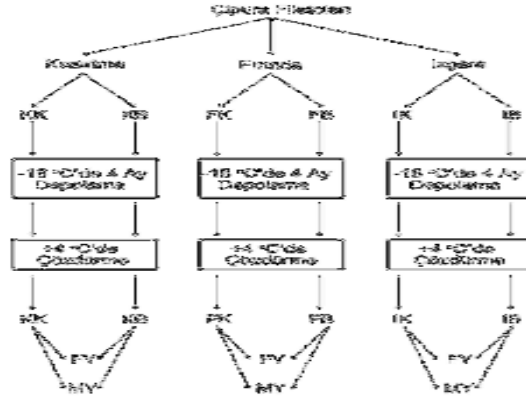
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3. 1. Örneklerin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan kültür çipuraları (*Sparus aurata*) bölgedeki bir balıkçıdan temin edilmiştir. 7 Nisan 2008 tarihinde hasat edilen ortalama 379,21±27,16 g ağırlığındaki çipuralar hasattan hemen sonra strafor kutularda buz içerisinde Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi Anabilim dalı laboratuvarına getirilmişlerdir. Hasattan 16 saat sonra, 8 Nisan 2008 tarihinde elde edilmiş olan çipura örneklerinin pulları ve iç organları temizlenerek derisiz filetoları çıkartılmış ve aşağıdaki proje planında belirtildiği şekilde işlenmiştir.

Projede kullanılan biberiye (*Rosmarinus officinalis*) ekstraktı kahverengi, toz halinde Frey-Lau (Henstedt-Ulzburg, Germany) adlı firmadan araştırmada kullanmamız amacıyla hediye edilmiştir. Çipura örneklerine biberiye ekstraktı Akhtar ve ark. (1998a)'nın tarif ettiği yöntemle göre %2 biberiye ekstraktına 1-2 dakika daldırma şeklinde uygulanmıştır.

Projede uygulanan deneysel plan aşağıda verildiği gibidir (Şekil 1).



K: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, IK: Izgara kontrol, IB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla izgara, FY: Fırında yeniden ısıtma, MY: Mikrodalga fırında yeniden ısıtma

Şekil 1. Projede uygulanan deneysel plan

Araştırmada yukarıdaki planda görüldüğü gibi, biberiye ilavesinin yapılmadığı kontrol grubu ve % 2 oranında biberiye ekstraktı uygulanan gruplar kızartma, fırında ve ızgara yöntemleriyle pişirilmiştirlerdir. Kızartma işlemi ayçiçeğı yağında 180 °C'de 4 dakika süreyle, fırında pişirme işlemi 200 °C'de 22 dakika süreyle ve ızgara işlemi 350 °C sıcaklıktaki ızgarada 3 dakika pişirilerek uygulanmıştır. Elde edilen örneklerin bir bölümü besin ve yağ asiti kompozisyonu analizlerinin yapılması için ayrılırken diğer bölümü her bir buzdolabı poşetinde beşer fileto olacak şekilde paketlenerek -18 °C'de 4 ay süreyle dondurularak muhafaza edilmiştirlerdir.

Hazırlanan Kızartma Kontrol (KK), Kızartma Biberiye (KB), Fırın Kontrol (FK), Fırın Biberiye (FB), Izgara Kontrol (IK), Izgara Biberiye (IB) ve ham çipura materyalinde besin madde bileşeni analizleri (kuru madde, ham kül, protein, yağ ve yağ asitleri), protein ve lipit oksidasyonunun izlenebilmesi için de kimyasal (TBA, FFA, PV, protein karbonil değeri, myofibriller protein ve SDS-page) ve duyuşsal analizler yapılmıştır. Analiz metotlarına ilişkin bilgiler aşağıdaki bölümde açıklanmıştır.

0. gün analizleri tamamlanan örneklerin tam bir ay sonra 1. ay analizleri, 2.,3. ve Ağustos ayında 4. ay analizleri başarıyla tamamlanmıştır. Aylık düzenli aralıklarla her depolama grubundan rasgele seçilen örnekler +4 °C'de buzdolabında bir gece bekletilerek çözdürüldükten sonra duyuşsal ve kimyasal analizler (TBA, FFA, PV, protein karbonil değeri, myofibriller protein ve SDS-page) yapılmıştır.

4 aylık depolama sonunda geri kalan tüm örnekler +4 °C'de buzdolabında bir gece bekletilerek çözdürülmüşler ve proje planında belirtildiğı gibi iki yöntemle yeniden ısıtılmışlardır. Geleneksel metotla fırında yeniden ısıtma 80 °C'deki fırında 3 dakika olacak şekilde uygulanmıştır (Garcia-Arias ve ark., 2003a). Mikrodalga fırında yeniden ısıtma ise proje planında 2450 MHz frekansta 500 W güçte 6 dakika (Garcia-Arias ve ark., 2003a) olacak şekilde uygulanması planlanmış ancak yapılan ön denemelerde ısıtılan örneklerin fazla kuru ve sert olmaları nedeniyle bu derecelerden vaz geçilerek, 600 W güçte 2 dakika uygulaması seçilmiştir. Yeniden ısıtılan tüm araştırma gruplarında da besin ve yağ asiti kompozisyonu analizleri tekrarlanmıştır.

3.2. Biyokimyasal Kompozisyon Analiz Metotları

Araştırmada farklı yöntemlerle pişirilmiş biberiye ilaveli ve kontrol grupları ile 4 aylık depolama sonunda iki farklı yöntemle (fırında ve mikrodalga fırında) yeniden ısıtılan tüm araştırma gruplarının biyokimyasal analizlerinde en az 3 paralel kullanılmıştır. Bu amaçla örnekler bir kıyma makinesi kullanılarak homojenize edilmiştir.

Araştırmada, farklı metotlarla pişirilen ve yeniden ısıtılan kontrol ve biberiye ilaveli grupların besin madde bileşenlerini belirlemek amacıyla nem ve ham kül analizleri sırasıyla AOAC 950.46 (1998) ve AOAC 920.153 (1998) metotlarına göre yapılmıştır. Ham protein Kjeldahl yöntemine (AOAC 981.10, 1998) göre belirlenirken yağ ekstraksiyonu işlemi Bligh ve Dyer (1959) metoduna göre yapılmıştır.

3.3. FAME Analizi

Lipit çıkartma işlemi Bligh ve Dyer metoduna (1959) göre yapılmıştır. Metil ester, Ichihara ve ark. (1996) tarafından tanımlanmış metoda göre n-heptan ve metanol içerisinde 2 M KOH kullanılarak transmetilasyon ile hazırlanmıştır.

3.3.1. Gaz Kromatografisi Şartları

Yağ asidi durumu bir GC Clarus 500 cihazı (Perkin–Elmer, USA), bir adet alev iyonizasyon detektörü ve SGE kolonu (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 ayarlanmıştır. Bu esnada fırın sıcaklığı 5 dakika 140 °C 'de tutulmuştur. Sonrasında her dakika 4 °C arttırılarak 200 °C'ye kadar, 200 °C'den 220 °C'ye de her dakika 1 °C arttırılarak getirilmiştir. Numune ölçüsü 1ml ve taşıyıcı gaz da 16 ps'de kontrol edilmiştir. Ayıraç 1:100 oranında kullanılmıştır. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Aynı şekilde yapılan iki GC analiz sonuçları ± standart sapma değerleri ile % olarak GC bölümünde ifade edilmiştir.

3.4. Kimyasal Değerlendirme

3.4.1 Tiyobarbitürik Asit Sayısı Tayini (TBA)

Yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu meydana gelen malonaldehitin tiyobarbitürik asitle ısıtılması sonucu kırmızı (pembe) rengin meydana gelmesi prensibi ile belirlemiştir (Tarladgis ve ark., 1960). 10 gr örnek kjeldahl tüpüne tartılmış, üzerine 97,5 ml saf su + 2,5 ml 1 : 2 'lik HCl eklenmiştir. 200 ml destilat toplanıncaya kadar destile edilmiştir. Kapaklı tüplere 5 ml destilat + 5 ml TBA reaktifi konmuş ve 35 dakika kaynayan su içerisinde bekletilmişlerdir. Soğutulan tüpler içerisindeki solüsyon 538 nm'de okunmuştur. Okunan değerler 7,8 ile çarpılarak 1000 g örnekte mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanmıştır.

3.4.2. Serbest Yağ Asiti Analizi (FFA)

Serbest yağ asidi analizi AOCS (1994)'e göre yapılmıştır. Bligh and Dyer (1959) yöntemine göre yağ çıkarma işlemi sırasında oksidasyonu engellemek için %0,01 oranında BHT eklenmiştir. Ağırlığı belirlenmiş lipit miktarı üzerine 50 ml nötrale dietileter/ethanol karışımı eklenmiştir. Daha sonra 1 ml %1'lik fenolfitaleyn eklenerek, 0.1 M NaOH ile pembe renk oluşuncaya denk titre edilmiştir. Harcanan sodyum hidroksit miktarına göre serbest yağ asidi tayini aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\%FFA = ((\text{Harcanan} - \text{Kör})/\text{Örnek ağırlığı}) \times 2,805$$

3.4.3. Peroksit Analizi (PV)

Peroksit analizi AOCS (1994)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla daha önce elde edilen yağın üzerine 20 ml kloroform eklenmiştir. Daha sonra 50 ml asetik asit / kloroform (3/2 oranında) çözeltisi eklenmiş ve bir süre karıştırılmıştır. Ardından 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenmiş, 20 saniye boyunca çalkalanmış ve 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 100 ml destile su eklenerek %1'lik nişasta çözeltisinden 3-4 damla eklenir eklenmez 0,002 M sodyum tiyosülfat ile titre

edilmiştir. Harcanan sodyum tiyosülfat miktarına bağlı olarak peroksit sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$PV = 2(\text{Örnek-kör})/\text{lipit ağırlığı}$$

3.4.4. Miyofibriller Protein Çözünürlüğü

Miyofibriller proteinlerin çözünürlüğü Dyer ve arkadaşları (1950)' nin yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için 0.5 gr balık örneği 10 ml 0.6 M NaCl ve 50 mM sodyum fosfat buffer solüsyonunda ultra-turax kullanılarak 1 dakika buz içinde homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon esnasında oksitlenmesini önlemek için %0.1 oranında butil-hidroksi-toluen (BHT) kullanılmıştır. Ekstrakte edilen örnekler daha sonra 5000 rpm de ve 4 °C' de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Örneklerdeki protein miktarı Lowry ve arkadaşları (1951) metoduna göre yapılmıştır. Protein standardı olarak bovine serum albümin kullanılmıştır.

3.4.5. Protein Karbonil Değeri

0.5 gr olarak tartılan örnekler fish buffer (50 mM Tris-HCl ,1 mM EDTA, pH 7.4) ve %10 BHT ile ultra-turrax'ta 20,000 rpm' de buz içinde 1 dakika ekstrakte edilmiştir. Bu ekstrakt çözeltisi örneklerin protein karbonil değerinin belirlenmesinde ve elektroforez işleminde kullanılmıştır

Protein karbonil içeriği, Levine ve ark. (1994) 'na göre 2,4 dinitrophenylhydrazine (DNPH) ile protein karbonillerinin reaksiyonu ile belirlenmiştir. Ekstrakte solüsyonu %10 triklorasetik asit (TCA; w/v) ile çöktürüldükten sonra 12 000 rpm' de 3 dak. santrifüj edilmiştir. Örneklerle 2M DNPH' li HCL ve 2 M DNPH' siz HCl eklendikten sonra oda sıcaklığında bir çalkalayıcıda bir saat boyunca karıştırılmıştır. Bu süre bitiminde örnekler tekrar %10 TCA ile çöktürülmüş ve 12 000 rpm' de 3 dak. santrifüj edilmiştir. Çöktürülen protein peletleri ethanol: ethyl acetate (1:1 v/v) ile yıkanarak serbest DNPH solüsyonunun uzaklaştırılması sağlanmıştır. Daha sonra 12,000 rpm de tekrar 3 dakika santrifüj edildikten sonra üst faz dışarı atılmış ve bu işlem iki kez daha tekrarlanmıştır. Elde edilen protein peletleri 20 mM potasyum fosfat buffer içerisinde 6 M guanidine- HCl (pH 2.3, trifloro-asetik asit ile ayarlanmıştır) eklenmiş ve herhangi bir çözülmeyen madde kalmaması için tekrar

santrifüj edilmiştir. DNPH konsantrasyonu guanidin solüsyonu kör olmak üzere 360 nm de belirlenmiştir ve 22,000 M⁻¹ cm⁻¹ lik molar absorbtion coefficient protein karbonil miktarını tespit etmek için kullanılmıştır. Protein konsantrasyonu ise standart olarak 6 M guanidine içeren bovine serum albümün kullanılarak 280 nm' de belirlenmiştir. Sonuçlar nmol carbonyl /mg protein olarak verilmiştir.

Protein Karbonil (nmol karbonil/ mg protein)= $A_{370} \times \epsilon_{\text{DNPH}370} / (A_{280} - 0,43 \times A_{370})$

3.4.6. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Proteinlerde meydana gelen denatürasyonu incelemek için, BioRad marka mini vertikal sodyum dodesil sülfat (SDS)- polyakrilamid jel elektroforezi (PAGE) kullanılmıştır. Elektroforez işlemi Laemmli (1970) metoduna göre yapılmıştır. Ekstraktlar, 1:2 oranında Laemmli örnek buffer solüsyonu seyreltilerek 95 °C' de 5 dakika pişirilmiş ve daha sonra %10'luk polyakrilamid jellere yüklenmiştir. Jeller, % 0.025 Coomassie Blue R-250, %40 methanol ve %7 asetik asit ile boyanmıştır ve fazla boya % 5 metanol ve% 7 asetik asit ile 24 saat bekletilerek alınmıştır. Proteinlerin moleküler kütlelerini belirlemek için, myosin (205) kDa), β-galaktosidaz (116 kDa), bovin serum albumin (66 kDa), ovalalbumin (45 kDa) ve karbonik anhidraz (29 kDa) içeren SDS-PAGE standardı (Sigma) kullanılmıştır .

3.5. Duyusal Değerlendirme

Duyusal olarak değerlendirme Paulus ve ark., (1979)'na göre yapılmıştır. Örneklerin renk, koku, lezzet, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik değerlerinde meydana gelen değişimler 1 ile 9 skalası baz alınarak 6 deneyimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Burada "1" skalası tüketilmezlik sınırını göstermektedir. Duyusal değerlendirmede kullanılan form örneği aşağıda verilmiştir.

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

Baharat	3- Çok baharatlı	2- Baharatlı	1- Az baharatlı	0-Baharat yok

Yorumlarınız:

Şekil 2. Duyusal analizde kullanılan değerlendirme formu örneği

4. BULGULAR

4.1. Besin madde bileşenleri

Araştırma çerçevesinde besin maddesi bileşenleri olarak kuru madde (%), ham kül (%), protein (%) ve yağ (%) değerlerine bakılmıştır. Hem çalışma başlangıcında, hem de depolama sonunda yeniden ısıtılan kontrol ve biberiye ilaveli örneklerde besin maddesi bileşenleri açısından bir farklılık gözlenmediğinden, çalışmanın sonucunda kontrol ve biberiye ilaveli örnekler bir bütün olarak alınmış ve sonuçlar istatistiksel olarak bu şekilde değerlendirilmiştir. Çizelge 1’de çalışma başlangıcındaki çığ, kızartma, fırın ve ızgara yöntemleri ile pişirilen çipuraların ortalama besin maddesi bileşenleri görülmektedir. Çizelge 2, 3 ve 4’de ise depolama sonunda fırın ve mikro dalga fırında yeniden ısıtılan kızartma, fırın, ızgara yöntemleri ile pişirilmiş örneklerin besin maddesi bileşenlerinin değerlendirilmesi görülmektedir.

Çizelge1. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların besin madde bileşenleri (%)

		Çığ	Kızartma	Fırın	Izgara
Kuru Madde (%)	Kontrol		48,34±1,02	31,76±0,96	39,61±1,10
	Biberiye		47,55±0,68	31,53±0,45	40,71±0,81
	Ortalama	25,88±0,66 ^a	47,95±0,89 ^d	31,65±0,73 ^b	40,16±1,07 ^c
Ham Kül (%)	Kontrol		1,95±0,01	1,31±0,06	1,81±0,010
	Biberiye		1,69±0,08	1,34±0,18	1,95±0,32
	Ortalama	1,12±0,05 ^a	1,79±0,15 ^c	1,32±0,76 ^b	1,81±0,19 ^c
Yağ (%)	Kontrol		15,41±0,01	4,35±0,09	5,82±0,23
	Biberiye		14,13±0,37	4,98±0,19	5,75±0,13
	Ortalama	5,76±0,04 ^b	14,64±0,75 ^c	4,77±0,37 ^a	5,76±0,19 ^b
Protein (%)	Kontrol		30,50±0,30	25,42±0,31	31,56±0,79
	Biberiye		31,00±1,65	24,72±0,39	32,25±1,50
	Ortalama	18,89±0,08 ^a	30,80±1,21 ^c	25,28±0,30 ^b	31,97±1,19 ^c

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-d) pişirme yöntemlerine bağlı olarak besin maddesi bileşenleri arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=3

Pişirme yöntemlerinin besin maddesi bileşenleri üzerine etkisi incelendiğinde çığ çipura filetosunun pişirilmiş filetolara oranla kuru madde, ham kül, yağ ve protein değerlerinde istatistiksel olarak bir değişimin olduğu (P<0,05) görülmüştür. Bununla birlikte, ham kül ve protein değerlerinde kızartma ve ızgara yöntemleri ile pişirilmeye, yağ değerlerinde ise çığ ve ızgara yöntemleri ile pişirme arasında olarak bir farklılık görülmemiştir (P>0,05). Çizelgede, genel olarak %2 oranında biberiye ekstraktına 1-2 dakika daldırmanın besin madde bileşenleri üzerine etkisinin olmadığı görüldüğünden dolayı, kontrol ve biberiye örnekleri ayrı ayrı istatistiksel olarak değerlendirilmeyerek sadece ortalamaları değerlendirilmeye katılmıştır.

Kızartma, fırın ve ızgara yöntemleri ile pişirilen çipura filetolarının başlangıçtaki değerlerine göre 4 aylık depolama sonunda fırında ve mikro dalga fırında yeniden ısıtılmaları ile oluşan besin maddesi bileşenleri değişimleri aşağıdaki Çizelge 2, 3 ve 4'de görülmektedir.

Çizelge 2. Kızartma yöntemi ile pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi

		KIZARTMA	Fırında yeniden ısıtma	Mikrodalga fırında yeniden ısıtma
Kuru Madde (%)	Kontrol	48,34±1,02	55,17±1,27	55,86±0,35
	Biberiye	47,55±0,68	55,35±0,73	55,09±1,10
	Ortalama	47,95±0,89 ^a	55,41±0,96 ^b	55,25±0,89 ^b
Ham Kül (%)	Kontrol	1,95±0,01	2,16±0,02	2,15±0,01
	Biberiye	1,69±0,08	2,22±0,22	2,23±0,30
	Ortalama	1,79±0,15 ^a	2,15±0,14 ^b	2,19±0,22 ^b
Yağ (%)	Kontrol	15,41±0,01	17,84±0,81	17,57±0,87
	Biberiye	14,13±0,37	16,80±0,15	16,65±0,04
	Ortalama	14,64±0,75 ^a	17,31±0,77 ^b	17,11±0,73 ^b
Protein (%)	Kontrol	30,50±0,30	34,94±0,04	35,75±0,80
	Biberiye	31,00±1,65	35,59±0,76	34,13±0,54
	Ortalama	30,80±2,21 ^a	35,05±0,13 ^b	34,82±1,20 ^b

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-d) istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=3

Çizelge 3. Fırında pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi

		FIRIN	Fırında yeniden ısıtma	Mikrodalga fırında yeniden ısıtma
Kuru Madde (%)	Kontrol	31,76±0,96	34,83±1,11 ^x	35,41±0,16 ^x
	Biberiye	31,53±0,45	35,31±0,89 ^x	34,30±1,20 ^x
	Ortalama	31,65±0,73 ^a	35,11±0,88 ^{bx}	34,81±1,10 ^{bx}
Ham Kül (%)	Kontrol	1,31±0,06	1,46±0,10 ^x	1,22±0,26 ^x
	Biberiye	1,34±1,18	1,33±0,09 ^x	1,49±0,21 ^x
	Ortalama	1,32±0,08 ^a	1,38±0,14 ^{ax}	1,40±0,29 ^{ax}
Yağ (%)	Kontrol	4,35±0,09	6,73±0,22 ^x	7,14±0,23 ^x
	Biberiye	4,98±0,19	7,11±0,07 ^x	6,38±0,28 ^x
	Ortalama	4,77±0,37 ^a	6,99±0,15 ^{bx}	6,71±0,45 ^{bx}
Protein (%)	Kontrol	25,42±0,31	26,18±0,15 ^x	26,75±0,07 ^x
	Biberiye	24,72±0,39	26,19±0,02 ^x	25,41±0,29 ^x
	Ortalama	25,28±,30 ^a	26,19±0,08 ^{bx}	25,60±0,29 ^{ay}

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-b) istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) fırında ve mikrodalga fırında ısıtma arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=3

Çizelge 4. Izgara yöntemi ile pişirilen çipura filetolarının fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının besin madde bileşenlerine etkisi

		IZGARA	Fırında yeniden ısıtma	Mikrodalga fırında yeniden ısıtma
Kuru Madde (%)	Kontrol	39,61±1,10	44,07±0,03	43,62±1,19
	Biberiye	40,71±0,81	43,91±0,49	43,58±1,06
	Ortalama	40,16±1,07 ^a	43,97±0,36 ^b	43,60±0,92 ^b
Ham Kül (%)	Kontrol	1,81±0,10	2,09±0,14	2,13±0,13
	Biberiye	1,95±0,32	2,19±0,25	2,55±0,48
	Ortalama	1,81±0,19 ^a	2,06±0,11 ^{ab}	2,41±0,62 ^b
Yağ (%)	Kontrol	5,82±0,23	6,92±0,01	7,05±0,13
	Biberiye	5,75±0,13	7,47±0,29	8,01±0,08
	Ortalama	5,76±0,19 ^a	7,24±0,42 ^b	7,52±0,056 ^b
Protein (%)	Kontrol	31,56±0,79	34,45±0,47	33,84±0,20
	Biberiye	32,25±1,50	33,60±0,37	30,71±0,37
	Ortalama	31,97±1,19 ^a	33,85±0,50 ^a	32,28±1,82 ^a

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-b) istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir, n=3

Kızartma yöntemi ile pişirilen çipuraların başlangıçtaki değerlerine göre depolama sonrası fırın ve mikro dalga fırında yeniden ısıtılması ile oluşan besin maddesi değişimleri Çizelge 2’de görülmektedir. Çalışma sonucunda her ne kadar kızartma yöntemi ile pişirilmiş örneklerin yeniden ısıtma yöntemleri arasında besin maddesi bileşimleri açısından istatistiksel bir farklılık görülmemişse de ($P>0,05$), yeniden ısıtma yöntemlerinin başlangıçtaki kızartma yöntemi ile pişirilen örneklere göre istatistiksel açıdan farklı olduğu ($P<0,05$) görülmüştür.

Fırın yöntemi ile pişirilen çipuraların başlangıçtaki değerlerine göre depolama sonrası fırın ve mikro dalga fırında yeniden ısıtılması ile oluşan besin maddesi değişimleri Çizelge 3’de görülmektedir. Çalışma sonucunda fırında pişirilen, fırında yeniden ısıtılan ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılan örneklerin ham kül değerleri (sırasıyla %1,32, %1,38 ve %1,40) arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$). Bunun yanında kuru madde ve yağ değerleri arasında yeniden ısıtılan örnekler açısından istatistik olarak bir farklılık görülmezken ($P>0,05$), yeniden ısıtılan örneklerle başlangıçta fırında pişirilen örnekler arasında istatistik olarak bir farklılık görülmüştür ($P<0,05$). Protein değerleri arasında ise başlangıçta fırında pişirilen örneklerle mikrodalga fırında yeniden ısıtılan örnekler arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmezken ($P>0,05$), fırında yeniden ısıtılan örneklerle istatistiksel farklılıklar görülmüştür ($P<0,05$). Ayrıca yapılan çalışmada

yeniden ısıtma yöntemleri arasında sadece fırında pişirilen örnekler arasında protein değerleri bakımından istatistik olarak bir farklılık olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Izgara yöntemi ile pişirilen çipuraların başlangıçtaki değerlerine göre depolama sonrası fırın ve mikro dalga fırında yeniden ısıtılması ile oluşan besin maddesi değişimleri Çizelge 4'de görülmektedir. Yapılan çalışma sonucunda başlangıçta ızgara yöntemi ile pişirilen örneklerin çalışma sonunda yeniden ısıtılan örneklerle arasında kuru madde, ham kül ve yağ değerleri açısından istatistiksel olarak bir farklılığın olduğu görülürken ($P<0,05$) yeniden ısıtma yöntemlerinin kendi aralarında her hangi bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$). Protein değerlerinde ise fırın veya mikrodalga fırında yeniden ısıtılmaları sonrasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$).

4.2. Yağ asitleri kompozisyonunun değerlendirilmesi

Araştırmada kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının yağ asitlerinde gözlenen değişimler Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5'de de görüldüğü gibi yağ asitleri içeriğinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmıştır. Pişirmenin etkisiyle yağ asitlerinde görülen bu değişimler, bu raporun tartışma bölümünde açıklanmıştır.

Çizelge 5. Farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının yağ asidi kompozisyonları

Yağ asitleri (%)	Pişirme Metotları						
	Çiğ çipura	Kızartma		Fırın		Izgara	
		Kontrol	Biberiye	Kontrol	Biberiye	Kontrol	Biberiye
C13:0	1.10±0.08 ^{aA}	0.33±0.01 ^b	0.46±0.00 ^D	0.78±0.33 ^{ab}	0.96±0.01 ^B	0.22±0.08 ^b	0.76±0.06 ^C
C14:0	4.77±0.01 ^{aA}	0.63±0.02 ^c	1.09±0.02 ^D	2.13±0.17 ^b	3.32±0.07 ^B	2.29±0.34 ^b	2.09±0.23 ^C
C15:0	0.13±0.00 ^{bC}	0.05±0.00 ^c	0.08±0.00 ^D	0.18±0.01 ^a	0.29±0.01 ^A	0.16±0.01 ^a	0.18±0.00 ^B
C16:0	0.53±0.01 ^{cD}	7.73±0.12 ^b	9.06±0.17 ^C	13.39±0.30 ^a	14.60±0.04 ^A	12.67±0.69 ^a	13.08±0.15 ^B
C17:0	0.35±0.001 ^{aA}	0.07±0.00 ^c	0.12±0.01 ^D	0.19±0.01 ^b	0.33±0.00 ^B	0.24±0.07 ^b	0.20±0.01 ^C
C18:0	3.95±0.11 ^{bb}	3.67±0.08 ^b	3.29±0.25 ^B	5.02±0.21 ^a	3.89±0.13 ^B	4.62±0.60 ^a	4.88±0.14 ^A
C20:0	0.95±0.02 ^{bC}	0.64±0.06 ^b	0.97±0.01 ^C	2.45±0.06 ^a	1.17±0.01 ^B	2.26±0.36 ^a	2.43±0.08 ^A
C21:0			0.07±0.01			0.19±0.04	
C22:0	0.23±0.00 ^{bC}	0.13±0.01 ^b	0.12±0.01 ^D	0.56±0.09 ^{ab}	0.32±0.01 ^B	1.02±0.32 ^a	0.47±0.02 ^A
C23:0		0.04±0.02 ^b	0.02±0.0 ^C	0.15±0.10 ^a	0.07±0.01 ^B	0.18±0.06 ^a	0.11±0.01 ^A
C24:0		0.17±0.02 ^c		0.69±0.01 ^b		0.86±0.00 ^a	0.7±0.02
∑ SFA	12.09	13.46	15.28	25.54	24.95	24.71	24.90
C14:1	0.13±0.00 ^{aA}	0.02±0.01 ^c	0.03±0.00 ^D	0.04±0.00 ^b	0.09±0.00 ^B	0.06±0.01 ^b	0.05±0.01 ^C
C15:1				0.04±0.00 ^a		0.04±0.00 ^a	0.04±0.00
C16:1	8.41±0.06 ^{aA}	1.23±0.01 ^c	2.15±0.05 ^D	4.34±0.08 ^b	6.27±0.18 ^B	4.83±0.34 ^b	4.41±0.01 ^C
C17:1	0.48±0.01 ^{aA}	0.08±0.00 ^d	0.11±0.01 ^B	0.24±0.00 ^c	0.23±0.15 ^B	0.26±0.01 ^b	0.25±0.01 ^B
C18:1n9	20.29±0.04 ^{dD}	29.12±0.52 ^a	29.41±0.04 ^A	25.37±1.15 ^C	22.82±0.00 ^C	27.24±0.06 ^b	25.39±0.54 ^B
C20:1	0.19±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^b	0.01±0.00 ^B	0.19±0.00 ^a	0.20±0.01 ^A	0.19±0.04 ^a	0.21±0.01 ^A
C22:1n9		0.02±0.00 ^b				0.45±0.00 ^a	
C24:1						0.86±0.00	
∑ MUFA	29.50	30.52	31.71	30.22	29.61	33.93	30.35
C18:2 n6	8.69±0.09 ^{cD}	47.70±0.3 ^a	42.68±0.40 ^A	19.17±1.15 ^b	14.83±0.42 ^C	18.70±0.12 ^b	18.75±0.15 ^B
C18:3 n6	0.16±0.01 ^{bA}	0.02±0.02 ^c	0.25±0.16 ^A	0.19±0.01 ^a	0.31±0.01 ^A	0.19±0.01 ^a	0.18±0.00 ^A
C18:3 n3	1.25±0.04 ^{aC}	0.33±0.43 ^b	0.95±0.04 ^D	1.57±0.02 ^a	1.66±0.02 ^A	1.68±0.13 ^a	1.54±0.03 ^B
C20:2 cis	0.19±0.01 ^{bC}	0.14±0.01 ^b	0.16±0.01 ^C	0.61±0.00 ^a	0.39±0.02 ^B	0.01±0.00 ^c	0.56±0.01 ^A
C20:3 n6		0.06±0.00 ^b	0.07±0.01 ^B	0.29±0.01 ^a	0.21±0.01 ^A	0.27±0.01 ^a	0.27±0.00 ^A
C20:3 n3		0.03±0.00 ^b		0.12±0.01 ^a	0.11±0.01 ^A	0.11±0.08 ^a	0.11±0.00 ^A
C20:4 n6	0.51±0.01 ^{aA}	0.15±0.01 ^a	0.03±0.00 ^B	0.61±0.04 ^a	0.64±0.01 ^A	0.12±0.00 ^a	0.65±0.01 ^A
C20:5 n3	5.73±0.10 ^{aA}	1.14±0.03 ^c	1.75±0.01 ^D	3.30±0.13 ^b	4.95±0.11 ^B	3.92±0.64 ^b	3.47±0.14 ^C
C22:2 cis	0.16±0.01 ^{aB}	0.05±0.00 ^b	0.06±0.01 ^C	0.2±0.01 ^{aB}	0.21±0.01 ^A	0.26±0.06 ^a	0.20±0.02 ^A
C22:6 n3	13.81±0.33 ^{aA}	2.77±0.1 ^c	3.54±0.37 ^D	6.68±0.56 ^b	11.52±0.16 ^B	7.48±2.10 ^b	6.75±0.49 ^C
∑ PUFA	30.5	52.39	49.49	32.74	34.83	32.74	32.48
PUFA/ SFA	2.53	3.89	3.23	1.28	1.39	1.32	1.30
∑n6	9.36	47.93	43.03	20.26	15.99	19.28	19.85
∑n3	20.79	4.27	6.24	11.67	18.24	13.19	11.87
n6/n3	0.45	11.22	6.89	1.73	0.87	1.46	1.67
Bilinmeyen	27.91	3.63	3.52	11.5	10.61	8.62	12.27

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan küçük harfler (a-d) çığ ve farklı yöntemlerle pişirilen kontrol grupları arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan büyük harfler (A-D) çığ ve farklı yöntemlerle pişirilen biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=2

Araştırmada farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının 4 aylık dondurularak depolanmaları (-18 °C) sonucunda belirlenen yağ

asitleri kompozisyonları Çizelge 6'da görülmektedir. Dondurularak depolama sonucu yağ asitlerinde görülen değişimler bu raporun tartışma bölümünde açıklanmıştır.

Çizelge 6. Farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının 4 aylık dondurularak depolanmaları (-18°C) sonucunda yağ asitleri kompozisyonlarındaki değişimler

Yağ asitleri(%)	Pişirme Metodları					
	Kızartma		Fırın		Izgara	
	Kontrol	Biberiye	Kontrol	Biberiye	Kontrol	Biberiye
C13:0	0.37±0.03 ^c	0.40±0.01 ^C	0.95±0.01 ^a	1.10±0.04 ^A	0.76±0.05 ^b	0.94±0.03 ^B
C14:0	0.63±0.01 ^b	1.27±0.01 ^B	3.20±0.31 ^a	2.95±0.06 ^A	2.90±0.11 ^a	2.97±0.11 ^A
C15:0	0.05±0.0 ^b	0.09±0.0 ^B	0.28±0.11 ^a	0.22±0.01 ^A	0.22±0.01 ^{ab}	0.21±0.01 ^A
C16:0	8.06±0.0 ^b	9.53±0.01 ^B	14.18±0.9 ^a	14.70±0.34 ^A	14.71±0.59 ^a	14.24±0.47 ^A
C17:0	0.06±0.0 ^b	0.14±0.0 ^B	0.31±0.05 ^a	0.34±0.01 ^A	0.32±0.01 ^a	0.34±0.01 ^A
C18:0	3.54±0.04 ^b	3.71±0.02 ^B	4.21±0.28 ^a	4.31±0.04 ^A	4.12±0.08 ^a	4.34±0.08 ^A
C20:0	0.55±0.15 ^b	0.77±0.01 ^C	1.48±0.04 ^a	1.41±0.01 ^B	1.52±0.02 ^a	1.55±0.04 ^A
C22:0	-	0.17±0.01 ^B	-	-	0.46±0.03	0.43±0.01 ^A
∑ SFA	13.26	16.08	24.61	25.03	25.01	25.02
C14:1	-	0.03±0.0 ^B	0.13±0.08 ^a	0.08±0.01 ^A	0.06±0.0 ^a	0.07±0.01 ^A
C16:1	1.21±0.01 ^b	2.38±0.01 ^B	5.64±0.25 ^a	5.33±0.16 ^A	5.50±0.21 ^a	5.23±0.16 ^A
C17:1	0.07±0.0 ^b	0.13±0.01 ^B	0.26±0.01 ^a	0.26±0.01 ^A	0.26±0.0 ^a	0.26±0.01 ^A
C18:1n9	29.81±0.17 ^a	29.43±0.04 ^A	27.39±2.44 ^{ab}	25.04±0.51 ^B	24.91±0.65 ^b	24.41±0.3 ^B
C20:1	0.04±0.0 ^b	0.09±0.0 ^C	-	0.67±0.01 ^A	0.17±0.0 ^a	0.19±0.0 ^B
∑ MUFA	31.13	32.06	33.42	31.38	30.90	30.16
C18:2 n6	50.32±0.52 ^a	42.05±0.03 ^A	20.41±0.94 ^b	19.53±0.41 ^B	20.04±0.41 ^b	19.62±0.32 ^B
C18:3 n6	-	0.05±0.0 ^B	0.27±0.08 ^a	0.22±0.01 ^A	0.23±0.08 ^a	0.24±0.08 ^A
C18:3 n3	0.55±0.0 ^c	0.94±0.0 ^B	1.93±0.02 ^a	1.78±0.01 ^A	1.84±0.0 ^b	1.76±0.0 ^A
C20:2	0.11±0.01 ^b	0.21±0.0 ^A	0.47±0.03 ^a	0.34±0.19 ^A	0.46±0.01 ^a	0.48±0.0 ^A
C20:3 n6	0.05±0.01 ^c	0.10±0.0 ^A	0.25±0.02 ^a	-	0.20±0.0 ^b	0.21±0.0 ^A
C20:4n6	0.12±0.01 ^c	0.20±0.01 ^B	0.43±0.04 ^b	0.61±0.08 ^A	0.55±0.03 ^a	0.61±0.01 ^A
C20:5 n3	0.83±0.04 ^b	1.71±0.01 ^B	3.84±0.27 ^a	3.98±0.02 ^A	4.07±0.04 ^a	3.95±0.01 ^A
C22:2	-	0.08±0.0 ^B	0.19±0.0 ^a	0.16±0.0 ^A	0.18±0.01 ^a	0.17±0.0 ^A
C22:6 n3	1.89±0.21 ^b	3.17±0.07 ^B	6.29±0.64 ^a	7.73±0.5 ^A	7.55±0.55 ^a	8.29±0.33 ^A
∑ PUFA	53.87	48.31	34.08	34.35	35.12	35.33
PUFA/SFA	4.06	3.01	1.38	1.37	1.40	1.41
∑n6	50.49	43.91	21.36	20.36	21.02	20.68
∑n3	3.27	4.11	6.05	13.49	13.46	14.00
n6/n3	15.44	10.68	3.53	1.50	1.56	1.47
DHA/EPA	2.27	1.85	0.16	1.94	1.85	2.09
Bilinmeyen	1.74	3.55	7.89	9.24	8.97	9.49

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan küçük harfler (a-c) farklı yöntemlerle pişirilen kontrol grupları arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir.

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan büyük harfler (A-C) farklı yöntemlerle pişirilen biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=2

Farklı yöntemlerle pişirilen çipura filetolarının 4 aylık depolama sonunda geleneksel metotla fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmaları sonucu yağ asitlerinde belirlenen değişimler Çizelge 7, 8 ve 9' da verilmiştir. Yeniden ısıtma hem kontrollerde hem de biberiye ilaveli grupların bazı yağ asitleri miktarlarında istatistiksel olarak önemli değişikliklere neden olmuştur ($P<0.05$). Yeniden ısıtma sonucu yağ asitlerinde görülen değişimler bu raporun tartışma bölümünde açıklanmıştır.

Çizelge 7. Kızartma grubunun fırında ve mikrodalgada yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri

Yağ asitleri (%)	Kızartma Kontrol		Kızartma Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
C13:0	0.28±0.01 ^x	0.19±0.01 ^y	0.28±0.01 ^x	0.42±0.01 ^y
C14:0	0.61±0.02 ^x	0.55±0.04 ^x	0.88±0.01 ^x	1.26±0.01 ^y
C15:0	0.05±0.0 ^x	0.05±0.01 ^x	0.07±0.0 ^x	0.09±0.0 ^x
C16:0	7.48±0.52 ^x	7.50±0.04 ^x	8.36±0.26 ^x	9.72±0.21 ^y
C17:0	0.06±0.0 ^x	0.06±0.0 ^x	0.10±0.0 ^x	0.14±0.01 ^y
C18:0	3.47±0.07 ^x	3.51±0.05 ^x	3.52±0.02 ^x	3.77±0.06 ^y
C20:0	0.47±0.01 ^x	0.48±0.01 ^x	0.65±0.01 ^x	0.82±0.01 ^y
C22:0	0.10±0.0 ^x	0.10±0.0 ^x	0.13±0.0 ^x	0.18±0.01 ^y
C23:0	-	-	-	0.08±0.0
Σ SFA	12.52	12.44	13.99	16.48
C14:1	-	-	-	0.03±0.0
C15:1	-	-	-	-
C16:1	1.06±0.07 ^x	1.07±0.01 ^x	1.70±0.01 ^x	2.50±0.02 ^y
C17:1	0.07±0.0 ^x	0.07±0.0 ^x	0.10±0.0 ^x	0.14±0.01 ^x
C18:1n9	29.91±0.08 ^x	30.05±0.25 ^x	29.95±0.06 ^x	28.96±0.23 ^y
C20:1	0.03±0.0 ^x	0.03±0.0 ^x	0.07±0.0 ^x	0.11±0.0 ^y
Σ MUFA	31.07	31.22	31.82	31.74
C18:2 n6	51.63±0.36 ^x	52.05±0.07 ^x	46.84±0.60 ^x	39.82±0.01 ^y
C18:3 n6	-	-	0.04±0.0 ^x	0.35±0.04 ^y
C18:3 n3	0.28±0.37 ^x	0.54±0.01 ^y	0.75±0.0 ^x	0.99±0.01 ^y
C20:2	0.10±0.0 ^x	0.10±0.0 ^x	0.12±0.07 ^x	0.25±0.0 ^x
C20:3 n6	0.03±0.01 ^x	0.03±0.0 ^x	0.10±0.04 ^x	0.12±0.0 ^x
C20:4n6	0.07±0.01 ^x	0.06±0.0 ^x	0.16±0.01 ^x	0.27±0.01 ^y
C20:5 n3	0.69±0.0 ^x	0.67±0.02 ^x	1.23±0.05 ^x	1.99±0.05 ^y
C22:2	0.03±0.0 ^x	-	0.06±0.0 ^x	0.09±0.0 ^y
C22:6 n3	1.23±0.12 ^x	1.19±0.11 ^x	2.25±0.20 ^x	4.02±0.10 ^y
Σ PUFA	54.06	54.64	51.55	47.90
PUFA/SFA	5.39	4.39	3.68	2.90
Σn6	51.73	52.14	47.14	40.56
Σn3	2.20	2.40	4.23	7.00
n6/n3	23.51	21.72	11.14	5.79
DHA/EPA	1.78	1.77	1.82	2.02
Bilinmeyen	2.35	1.70	2.64	3.88

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y= kontrol; X,Y= biberiye ilaveli gruplar) fırında ve mikrodalgada fırında ısıtma arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=2

Çizelge 8. Fırın grubunun fırında ve mikrodalgada fırında yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri

Yağ asitleri (%)	Fırın Kontrol		Fırın Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
C13:0	0.87±0.06 ^x	0.70±0.01 ^x	0.75±0.02 ^x	1.21±0.12 ^y
C14:0	2.84±0.04 ^x	2.82±0.04 ^x	2.90±0.05 ^x	3.83±0.17 ^y
C15:0	0.20±0.0 ^x	0.19±0.0 ^x	0.20±0.01 ^x	0.37±0.01 ^y
C16:0	13.64±0.05 ^x	12.85±0.05 ^y	13.00±0.25 ^x	15.46±0.97 ^x
C17:0	0.33±0.01 ^x	0.34±0.0 ^x	0.34±0.0 ^x	0.32±0.01 ^x
C18:0	4.09±0.02 ^x	3.63±0.01 ^y	3.69±0.08 ^x	3.68±0.30 ^x
C20:0	1.78±0.22 ^x	1.96±0.01 ^x	1.84±0.27 ^x	1.65±0.21 ^x
C22:0	0.48±0.01 ^x	0.42±0.09 ^x	0.41±0.08	-
C23:0	0.09±0.01 ^x	0.10±0.01 ^x	0.09±0.0 ^x	0.15±0.08 ^x
∑ SFA	24.32	23.01	23.22	26.67
C14:1	0.06±0.0 ^x	0.07±0.0 ^x	0.07±0.0 ^x	0.10±0.01 ^y
C15:1	-	0.04±0.0	0.04±0.0	-
C16:1	5.33±0.01 ^x	5.56±0.06 ^y	5.45±0.13 ^x	6.90±0.08 ^y
C17:1	0.26±0.0 ^x	0.26±0.0 ^x	0.27±0.0 ^x	0.39±0.0 ^x
C18:1n9	24.07±0.45 ^x	23.80±0.27 ^x	25.63±0.23 ^x	22.44±1.52 ^x
C20:1	0.18±0.04 ^x	0.17±0.01 ^x	0.21±0.01 ^x	0.20±0.04 ^x
∑ MUFA	29.90	29.90	31.67	30.03
C18:2 n6	19.40±0.36 ^x	19.48±0.14 ^x	19.66±0.21 ^x	12.93±0.41 ^y
C18:3 n6	0.22±0.0 ^x	0.21±0.0 ^x	0.26±0.06 ^x	0.19±0.0 ^x
C18:3 n3	1.91±0.04 ^x	1.94±0.02 ^x	1.91±0.01 ^x	1.51±0.01 ^y
C20:2 cis	0.23±0.0 ^x	0.48±0.0 ^x	0.35±0.18 ^x	0.35±0.0 ^x
C20:3 n6	-	0.22±0.0	0.21±0.01 ^x	0.17±0.0 ^y
C20:4n6	0.62±0.01 ^x	0.54±0.01 ^y	0.45±0.0 ^x	0.57±0.03 ^y
C20:5 n3	4.27±0.01 ^x	4.32±0.01 ^y	4.06±0.01 ^x	4.75±0.29 ^x
C22:2	0.21±0.0 ^x	0.23±0.01 ^x	0.20±0.0 ^x	0.21±0.01 ^x
C22:6 n3	7.95±0.51 ^x	7.64±0.11 ^x	6.64±0.07 ^x	10.26±0.85 ^y
∑ PUFA	34.81	35.06	33.74	30.94
PUFA/SFA	1.43	1.52	1.45	1.16
∑n6	20.24	20.45	20.58	13.86
∑n3	14.13	13.90	12.61	16.52
n6/n3	1.43	1.47	1.63	0.83
DHA/EPA	1.86	1.76	1.63	2.16
Bilinmeyen	10.97	12.03	11.37	12.36

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y= kontrol; X,Y= biberiye ilaveli gruplar) fırında ve mikrodalgada fırında ısıtma arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=2

Çizelge 9. Izgara grubunun fırında ve mikrodalgada yeniden ısıtılmasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri

Yağ asitleri (%)	Izgara Kontrol		Izgara Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
C13:0	0.97±0.04 ^x	1.38±0.15 ^x	1.52±0.03 ^x	1.14±0.32 ^x
C14:0	2.76±0.0 ^x	2.79±0.08 ^x	2.72±0.01 ^x	2.82±0.21 ^x
C15:0	0.20±0.01 ^x	0.20±0.0 ^x	0.19±0.0 ^x	0.20±0.01 ^x
C16:0	13.20±0.09 ^x	14.08±0.26 ^y	13.70±0.21 ^x	13.48±0.29 ^x
C17:0	0.33±0.01 ^x	0.31±0.02 ^x	0.31±0.0 ^x	0.29±0.07 ^x
C18:0	4.07±0.04 ^x	4.29±0.15 ^x	4.26±0.11 ^x	4.12±0.03 ^x
C20:0	2.07±0.0 ^x	1.85±0.31 ^x	1.79±0.25 ^x	1.94±0.37 ^x
C22:0	0.49±0.0 ^x	0.47±0.0 ^x	0.45±0.0 ^x	0.45±0.08 ^x
C23:0	0.10±0.0 ^x	0.10±0.01 ^x	0.10±0.01 ^x	0.12±0.04 ^x
∑ SFA	24.19	25.47	25.04	24.56
C14:1	0.06±0.0 ^x	0.06±0.0 ^x	0.07±0.01 ^x	0.06±0.01 ^x
C15:1	0.04±0.0	-	-	-
C16:1	5.14±0.01 ^x	5.22±0.01 ^y	5.17±0.08 ^x	5.22±0.14 ^x
C17:1	0.26±0.0 ^x	0.26±0.01 ^x	0.26±0.01 ^x	0.27±0.0 ^x
C18:1n9	24.90±0.04 ^x	24.30±0.23 ^x	24.06±0.22 ^x	24.80±0.38 ^x
C20:1	0.18±0.01 ^x	0.20±0.01 ^x	0.19±0.02 ^x	0.22±0.02 ^x
∑ MUFA	30.58	30.04	29.75	30.57
C18:2 n6	19.07±0.0 ^x	18.70±0.46 ^x	18.77±0.17 ^x	19.06±0.48 ^x
C18:3 n6	0.20±0.0 ^x	0.23±0.04 ^x	0.20±0.0 ^x	0.21±0.01 ^x
C18:3 n3	1.81±0.01 ^x	1.71±0.05 ^x	1.78±0.0 ^x	1.83±0.06 ^x
C20:2 cis	0.37±0.19 ^x	0.49±0.0 ^x	0.37±0.19 ^x	0.25±0.01 ^x
C20:3 n6	0.22±0.02 ^x	0.22±0.01 ^x	0.22±0.02	-
C20:4n6	0.54±0.0 ^x	0.60±0.03 ^x	0.61±0.01 ^x	0.53±0.02 ^y
C20:5 n3	4.15±0.01 ^x	4.03±0.08 ^x	4.12±0.02 ^x	3.93±0.13 ^x
C22:2	0.21±0.0 ^x	0.19±0.0 ^x	0.20±0.01 ^x	0.20±0.0 ^x
C22:6 n3	7.72±0.01 ^x	8.10±0.20 ^x	8.39±0.06 ^x	7.08±0.04 ^y
∑ PUFA	34.29	34.27	34.66	33.09
PUFA/SFA	1.41	1.34	1.38	1.34
∑n6	20.03	19.75	19.80	19.80
∑n3	13.68	13.84	14.29	12.84
n6/n3	1.46	1.42	1.38	1.54
DHA/EPA	1.86	2.00	2.03	1.80
Bilinmeyen	10.94	10.22	10.55	11.78

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y= kontrol; X,Y= biberiye ilaveli gruplar) fırında ve mikrodalgada fırında ısıtma arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=2

4.3. Kimyasal değerlendirme

4.3.1. Lipit kalitesi

Serbest yağ asitlerinin (FFA), ester yapıdaki lipitlerin enzimatik hidrolizi sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. Araştırmada, kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının farklı yöntemlerle pişirilmesi ve dondurularak depolanması süresince serbest yağ asitleri (FFA, % oleik asit) değişimleri Çizelge 10'da görülmektedir. Pişirme yöntemlerinin serbest yağ asidi değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, biberiye ilaveli ve kontrol gruplarında çiğ ve kızartma uygulamasının benzer değerlere sahip olduğu ($P>0,05$), sırasıyla fırında ve ızgara yöntemleriyle pişirmenin serbest yağ asidi miktarını istatistiksel olarak önemli derecede arttırdığı görülmektedir ($P<0,05$).

Çizelge 10. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki serbest yağ asitleri değişimleri (FFA, % oleik asit)

FFA (% oleik asit)	Aylar				
	0	1	2	3	4
Çiğ	0,13±0,01 ¹	-	-	-	-
KK	0,17±0,01 ^{1bc x}	0,23±0,04 ^{c x}	0,19±0,05 ^{b x}	0,17±0,00 ^{bcx}	0,05±0,02 ^{a x}
KB	0,17±0,03 ^{1b x}	0,22±0,01 ^{c x}	0,15±0,01 ^{a x}	0,15±0,00 ^{by}	0,06±0,02 ^{a x}
FK	0,33±0,03 ^{2ab x}	0,48±0,01 ^{bc x}	0,40±0,15 ^{a x}	0,50±0,02 ^{c x}	0,29±0,06 ^{a x}
FB	0,31±0,00 ^{2b x}	0,46±0,01 ^{c x}	0,33±0,04 ^{a x}	0,45±0,04 ^{c x}	0,23±0,02 ^{ab x}
IK	0,39±0,06 ^{3ab x}	0,47±0,04 ^{b x}	0,25±0,00 ^{a x}	0,53±0,00 ^{bx}	0,24±0,00 ^{a x}
IB	0,40±0,04 ^{3b x}	0,44±0,02 ^{b x}	0,23±0,04 ^{a x}	0,44±0,00 ^{b y}	0,23±0,01 ^{a x}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan rakamlar (1-3) pişirme yöntemleri arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-c) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir, n=3

KK: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, IK: Izgara kontrol, IB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla ızgara

Kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarında 4 aylık depolama süresince, tüm gruplarda FFA miktarında artış ve azalışların olduğu

saptanmıştır. Kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasında, yalnızca kızartma ve ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında 3. ayda fark olduğu ($P<0,05$) saptanmış, genel olarak biberiye ilavesinin farklı yöntemlerle pişirilen çipura filetolarında FFA gelişimini önleme üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Bu araştırmada, birincil lipit oksidasyon ürünlerinin belirlenmesi amacıyla peroksit değerleri (PV, meq/kg) ölçülmüştür. Kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının farklı yöntemlerle pişirilmesi ve dondurularak depolanması süresince PV değişimleri Çizelge 11'de görülmektedir. 0,087 meq/kg başlangıç (Çiğ) peroksit değerinin kızartma ve fırında pişirme yöntemlerinde benzer oranlarda artış gösterdiği belirlenirken en yüksek artışın ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Çizelge 11. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki peroksit sayısı değişimleri (PV, meq/kg)

PV (meq/kg)	Aylar				
	0	1	2	3	4
Çiğ	0,087±0,00 ¹	-	-	-	-
KK	0,42±0,05 ^{3ax}	0,71±0,13 ^{bx}	0,42±0,03 ^{ax}	0,92±0,07 ^{cx}	1,70±0,13 ^{dx}
KB	0,23±0,04 ^{2ay}	0,64±0,03 ^{dy}	0,23±0,05 ^{ay}	0,57±0,08 ^{by}	1,03±0,05 ^{cy}
FK	0,47±0,01 ^{3ax}	4,27±0,64 ^{dx}	1,74±0,06 ^{bx}	3,73±0,49 ^{dx}	2,71±0,08 ^{cx}
FB	0,23±0,02 ^{2ay}	1,23±0,43 ^{by}	0,59±0,01 ^{ay}	2,65±0,21 ^{dy}	1,99±0,19 ^{cy}
IK	1,58±0,03 ^{5bx}	3,27±0,23 ^{dx}	1,13±0,05 ^{ax}	2,84±0,13 ^{cx}	3,45±0,15 ^{dx}
IB	1,18±0,08 ^{4by}	2,79±0,08 ^{dy}	0,65±0,06 ^{ay}	1,80±0,18 ^{cy}	3,24±0,05 ^{ey}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan rakamlar (1-5) pişirme yöntemleri arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-e) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir, n=3

KK: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, IK: ızgara kontrol, IB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla ızgara

Tüm depolama gruplarında 4 aylık depolama süresi sonunda peroksit değerinin başlangıç değerine göre önemli derecede artmış olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Ancak bu artışın biberiye ilaveli gruplarda (KB, FB ve IB) kontrol gruplarına göre (KK, FK ve IK) istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu ($P<0,05$) belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre, biberiye ilavesinin tüm pişirme

yöntemlerinde depolama süresi boyunca peroksit değerinin artmasını önemli derecede önlediği söylenebilmektedir.

Tiyobarbitürik asit sayısı tayini (TBA, mg malonaldehit/kg), ikincil lipit oksidasyon derecesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir indikatördür. Kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının farklı yöntemlerle pişirilmesi ve dondurularak depolanması süresince TBA değişimleri Çizelge 12'de görülmektedir. Pişirme yöntemlerinin TBA değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, biberiye ilavesiz olarak fırında pişirilen çipura filetolarının (FK) TBA değerinin ham materyale göre (Çiğ) önemli derecede artmış olduğu ($P<0,05$), diğer kızartma (KK) ve ızgara kontrol (IK) gruplarının ise benzer değerlere sahip olduğu görülmüştür ($P>0,05$). Biberiye ilaveli pişirilen tüm grupların (KB, FB ve IB) ise TBA değerlerinin ham materyale göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu saptanmıştır ($P<0,05$).

Çizelge 12. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasında TBA sayısı değişimleri (mg malonaldehit/kg)

TBA (mg MA/kg)	Aylar				
	0	1	2	3	4
Çiğ	1,92±0,00 ³				
KK	1,89±0,08 ^{23dx}	1,73±0,14 ^{cx}	1,62±0,29 ^{cx}	1,03±0,01 ^{bx}	0,40±0,04 ^{ax}
KB	1,50±0,05 ^{1cy}	1,67±0,04 ^{dx}	1,24±0,17 ^{by}	0,97±0,01 ^{by}	0,30±0,01 ^{ay}
FK	2,41±0,11 ^{4bx}	3,50±0,30 ^{bx}	3,63±0,08 ^{bx}	5,24±0,06 ^{cx}	1,33±0,09 ^{ax}
FB	1,52±0,05 ^{1by}	2,25±0,17 ^{cy}	3,16±0,04 ^{ex}	3,11±0,06 ^{dy}	0,90±0,02 ^{ay}
IK	1,87±0,27 ^{23bx}	3,15±0,05 ^{cx}	2,45±0,22 ^{cx}	2,6±0,24 ^{cx}	0,38±0,08 ^{ax}
IB	1,69±0,14 ^{12cx}	2,56±0,07 ^{dx}	1,87±0,20 ^{ey}	1,44±0,07 ^{by}	0,37±0,00 ^{ax}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan rakamlar (1-4) pişirme yöntemleri arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-e) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir,

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir, n=6

KK: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, IK: ızgara kontrol, IB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla ızgara

Kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarında 4 aylık depolama süresince, genel olarak tüm gruplarda TBA miktarında artış ve azalışların olduğu saptanmıştır. Kızartma yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında, TBA değerlerinin 1. ay dışında tüm depolama süresince biberiye ilavesinin olduğu grupta

(KB) kontrol grubuna (KK) göre önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Elde edilen bu verilere göre, biberiye ilavesinin kızartma yöntemiyle pişirmede depolama süresince TBA gelişimi üzerine önleyici etkisi olduğu söylenebilmektedir. Benzer şekilde fırında pişirme yönteminde de TBA değerlerinin 2. ay dışında tüm depolama süresince biberiye ilaveli grupta (FB) kontrol grubuna (FK) göre düşük olduğu (P<0,05) ve benzer etkinin burada da gözlemlendiği görülmektedir. Bunlardan farklı olarak ızgara yöntemi ile pişirmede biberiye ilavesinin etkisi yalnızca 2. ve 3. aylarda görülmüştür (P<0,05).

4.3.2. Protein Kalitesi

4.3.2.1. Protein Çözünürlüğü

Kızartma, fırınlama ve ızgaradan oluşan üç farklı pişirme metoduna biberiye ilavesinin çipura filetolarının miyofibriller protein çözünürlüğüne olan etkisi ve depolama esnasında meydana gelen değişimler Çizelge 13' de verilmiştir.

Çizelge 13. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki miyofibriller protein oralarında meydana gelen değişimler (g/100 g)

	Aylar				
	0	1	2	3	4
Çiğ	15,01±0,19 ¹	-	-	-	-
KK	11,00±0,97 ^{2ax}	9,59±0,23 ^{bx}	8,21±0,21 ^{cx}	9,66±0,89 ^{bx}	7,55±0,35 ^{cx}
KB	8,01±0,51 ^{3ay}	8,35±0,50 ^{ay}	8,76±0,62 ^{ax}	8,37±0,58 ^{ax}	8,37±0,51 ^{ax}
FK	11,23±0,71 ^{2ax}	11,15±0,68 ^{ax}	8,69±1,15 ^{bx}	-	8,51±0,27 ^{bx}
FB	10,91±0,65 ^{2acx}	11,08±0,46 ^{ax}	9,52±0,82 ^{bx}	9,85±0,54 ^{bc}	9,17±0,18 ^{by}
IK	10,04±0,78 ^{2ax}	10,41±0,04 ^{abx}	10,43±0,46 ^{abx}	11,31±0,50 ^{bx}	8,38±0,39 ^{cx}
IB	11,12±0,41 ^{2ax}	10,56±0,51 ^{bx}	9,83±0,73 ^{cx}	10,02±0,15 ^{bcy}	11,81±0,29 ^{ay}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan rakamlar (1-3) pişirme yöntemleri arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir.

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-c) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir.

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=3

KK: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, IK: Izgara kontrol, IB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla ızgara

Yapılan bu çalışmada, farklı pişirme metodlarının çipuranın miyofibriller proteinlerdeki çözünürlüğünü önemli düzeyde azalttığı bulunmuştur (P<0.05).

Pişirme işlemleri arasında en önemli çözünlük kaybı biberiye ilaveli kızartma ile görülürken ($P<0.05$) diğer pişirme işlemleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Biberiye ilavesi yapılmadan kızartılan çipuraların dondurarak depolama boyunca myofibriller protein çözünlüğünde önemli bir azalma elde edilirken ($P<0.05$), biberiye ilavesi yapılarak kızartılan çipuraların dondurarak depolama boyunca myofibriller protein çözünlüğünde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Dondurarak depolamanın ilk ve birinci ayında biberiye ilaveli kızartma ve kontrol grubu arasında miyofibriller protein çözünlüğü bakımından önemli bir fark bulunurken ($P<0.05$) diğer aylarda önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Biberiye ilave edilerek fırında pişirilen çipura filetolarının ve kontrol grubunun miyofibriller protein çözünlüğünde depolama boyunca önemli bir azalma bulunmuştur ($P<0.05$). Fakat bu azalmanın istatistiksel olarak biberiye ilave edilen grupta daha düşük olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Izgara yöntemi ile pişirmede ise, kontrol grubunda ilk üç aylık depolama boyunca miyofibriller protein çözünlüğünde önemli bir değişim bulunmazken ($P>0.05$), depolamanın sonunda bir azalmanın meydana geldiği bulunmuştur ($P<0.05$). Biberiye ilaveli grupta ise depolamanın ilk üç ayında miyofibriller protein çözünlüğünde yavaş bir azalma en son ayda ise bir yükselme tespit edilmiştir. Kontrol grubunda depolamanın son ayında tespit edilen miyofibriller protein çözünlüğündeki azalmanın biberiye ilaveli gruba göre daha önemli olduğu bulunmuştur ($P<0.05$).

4.3.2.2. Protein Oksidasyonu

Üç farklı pişirme metoduna biberiye ilavesinin çipura filetolarının protein karbonil (nmol karbonil/mg protein) değerlerine olan etkisi ve depolama esnasında meydana gelen değişimleri Çizelge 14' de verilmiştir.

Çizelge 14. Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların dondurularak depolanmaları sırasındaki protein oksidasyonunda meydana gelen değişimler (Karbonil, nmol karbonil/mg protein)

	Aylar				
	0	1	2	3	4
Çiğ	1,53±0,24 ¹				
KK	2,29±0,21 ^{23ax}	2,61±0,17 ^{ax}	2,69±0,23 ^{ax}	7,73±0,24 ^{bx}	10,65±0,52 ^{cx}
KB	2,21±0,26 ^{23ax}	2,24±0,60 ^{ax}	2,50±0,57 ^{ax}	2,38±0,27 ^{ay}	4,99±0,94 ^{by}
FK	1,94±0,12 ^{2ax}	2,05±0,47 ^{ax}	5,31±0,77 ^{bx}	5,44±0,54 ^{bx}	4,31±0,14 ^{cx}
FB	2,37±0,20 ^{23ax}	1,98±0,36 ^{ax}	1,94±0,35 ^{ay}	4,33±0,46 ^{by}	4,80±0,95 ^{bx}
İK	2,56±0,66 ^{3ax}	3,77±0,61 ^{abx}	3,83±0,24 ^{bx}	7,51±0,11 ^c	6,14±0,92 ^{dx}
İB	2,24±0,10 ^{23ax}	2,51±0,61 ^{ax}	2,02±0,35 ^{ay}	-	5,54±0,97 ^{bx}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan rakamlar (1-3) pişirme yöntemleri arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-c) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=3

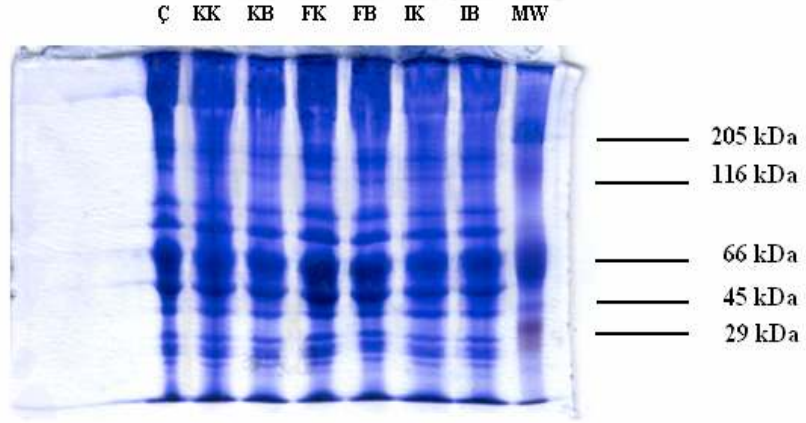
KK: Kızartma kontrol, KB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla kızartma, FK: Fırında kontrol, FB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla fırında pişirme, İK: Izgara kontrol, İB: % 2 biberiye ekstraktı uygulamasıyla ızgara

Çiğ ile farklı pişirme metotlarının uygulandığı çipura filetoları karşılaştırıldığında, pişirme metotlarının karbonil değerini önemli düzeyde yükselttiği bulunmuştur (P<0.05). Bununla beraber, çipura filetolarına uygulanan 3 farklı pişirme işlemine biberiye ilavesinin, pişirilmiş filetoların karbonil değerleri (nmol karbonil/mg protein) arasında önemli bir farka neden olmadığı görülmektedir (Çizelge 14). Kızartma işlemi uygulanan ve biberiye ilavesi yapılmamış çipura filetolarının 4 ay süre ile dondurularak depolanması esnasında, ilk iki ay karbonil düzeylerinde önemli bir fark bulunmazken (P>0.05), 3. ve 4. aylarda önemli miktarda artış gösterdiği bulunmuştur (P<0.05). Biberiye ilave edilmiş örneklerde ise, karbonil düzeyinin ilk üç ay artış göstermediği (P>0.05) ancak depolamanın 4. ayında önemli düzeyde arttığı görülmektedir (P<0.05). Yapılan istatistiksel analize göre, depolamanın 4. ayında özellikle biberiye ilaveli filetoların karbonil düzeyinde meydana gelen artışın kontrol grubuna göre önemli düzeyde daha düşük olduğu bulunmuştur (P<0.05). Fırınlanmış çipura gruplarındaki karbonil miktarı ise, kontrol grubunda depolamanın 2. ayında biberiye ilaveli grupta da depolamanın 3. ayında önemli bir artış göstermiştir. Fakat her iki grubun karbonil düzeyindeki bu artışın biberiye ilavesiz kontrol grubunda daha yüksek olduğu bulunurken (P<0.05), son ayda her iki grubun karbonil değeri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur (P>0.05). Izgara

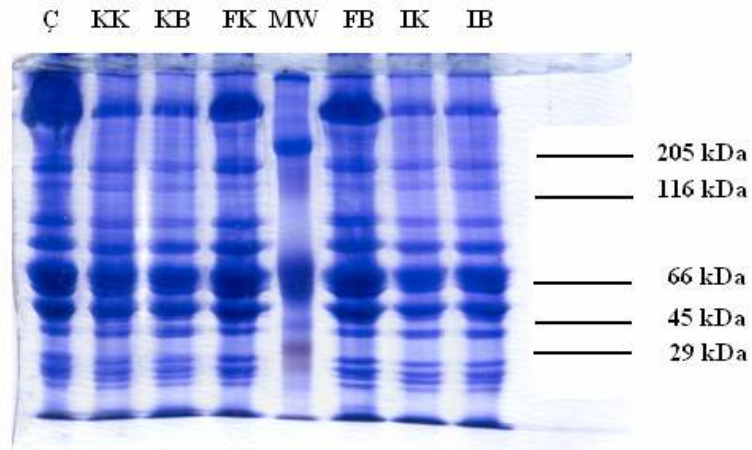
işlemi uygulanan çipura filetolarının karbonil düzeylerinde ise, biberiye ilavesiz kontrol grubunda 3. aydan sonra önemli bir şekilde arttığı, biberiye ilaveli grupta ise 4. ayda önemli bir düzeyde arttığı saptanmıştır ($P<0.05$). Kontrol grubu ve biberiye ilaveli grupların karbonil düzeyleri aylara göre karşılaştırıldığında, kontrol grubun karbonil düzeyinin biberiye ilaveli gruba göre depolamanın 2. ayında daha yüksek olduğu ($P<0.05$) bununla birlikte depolamanın 4. ayında önemli bir fark bulunmadığı saptanmıştır ($P>0.05$).

4.3.2.3. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamit jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı Şekil 3' de gösterilmiştir.



A



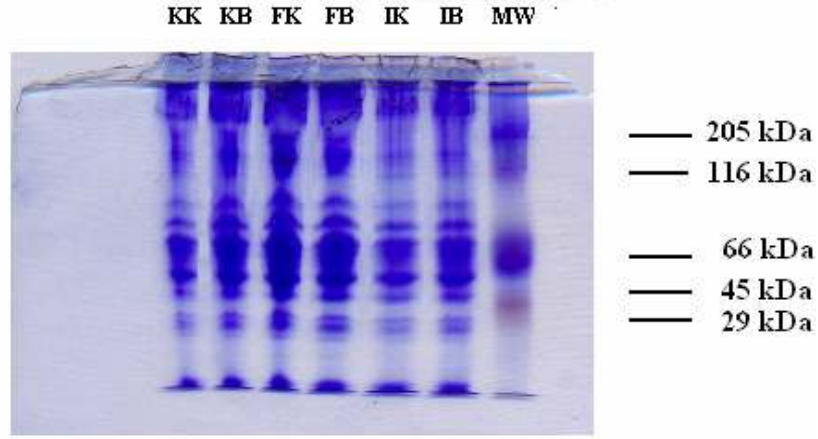
B

Şekil 3. 0. Gün'de farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir.

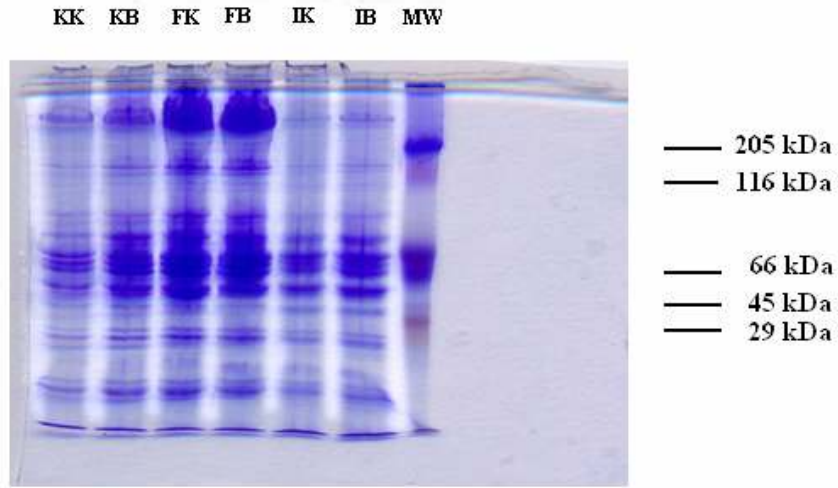
(Ç:çiğ, KK:Kızartma Kontrol, KB:Kızartma Biberiye, FK: Fırın Kontrol, FB: Fırın Biberiye, IK: Izgara Kontrol, IB: Izgara Biberiye, MW: Moleküler ağırlık, kDa: Kilodalton)

Yapılan SDS-PAGE analizlerine göre, farklı pişirme işlemlerinin proteinlerin bant yoğunluğu üzerinde farklı etkileri olmuştur (Şekil 3). Tüm pişirme işlemlerinde özellikle 205 kDa' dan daha büyük moleküler ağırlığa sahip protein bantlarının yoğunluğunun ısı işlem uygulanmamış çığ balığa göre büyük oranda azaldığı bununla birlikte fırınlanmış grupta bu bant yoğunluğunun daha yüksek oranda azaldığı bulunmuştur. Yine 116 kDa' luk moleküler ağırlığının hemen üstündeki protein bandının ve hemen altındaki protein bantlarının pişirme işlemleri sonucunda yoğunluğunun azaldığı, fakat bu bantların en iyi korunduğu pişirme işleminin fırınlama olduğu görülmektedir. Pişirme işlemlerine biberiye ilavesinin protein bant yoğunluğuna önemli bir etkisinin olmadığı Şekil 3 'de de görülmektedir. β -mercaptoethanol'un varlığında yapılan SDS-PAGE analizinde ise, kızartma ve ızgara işlemi sonucu protein bant yoğunluklarında meydana gelen azalmanın fırınlanmışa göre çok daha fazla olduğu görülmüştür.

Dondurarak depolamanın ilk ayında 66 kDa' dan daha büyük moleküler ağırlığa sahip protein bantlarının yoğunluğunun biberiye ilavesiz kızartma ve ızgara işlemi uygulanan gruplarda azaldığı fakat biberiye ilavesi yapılmış aynı gruplardaki proteinlerin bant yoğunluğunun daha yoğun olduğu görülmüştür. Fırınlanmış grupta ise biberiye ilavesinin proteinlerin bant yoğunluğu üzerine önemli bir etkisinin olmadığı Şekil 4A'da da görülmektedir. β -mercaptoethanol'un varlığında yapılan SDS-PAGE analizinde ise, biberiye ilavesinin kızartma ve ızgara uygulamasının protein bant yoğunluğundaki azalmayı engellediği fırınlama işleminde ise herhangi bir etki yapmadığı gözlenmiştir (Şekil 4B).



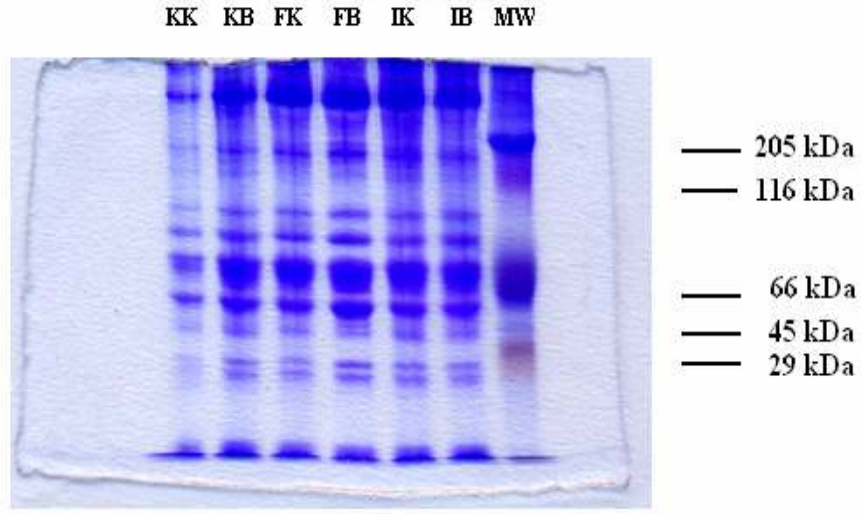
A



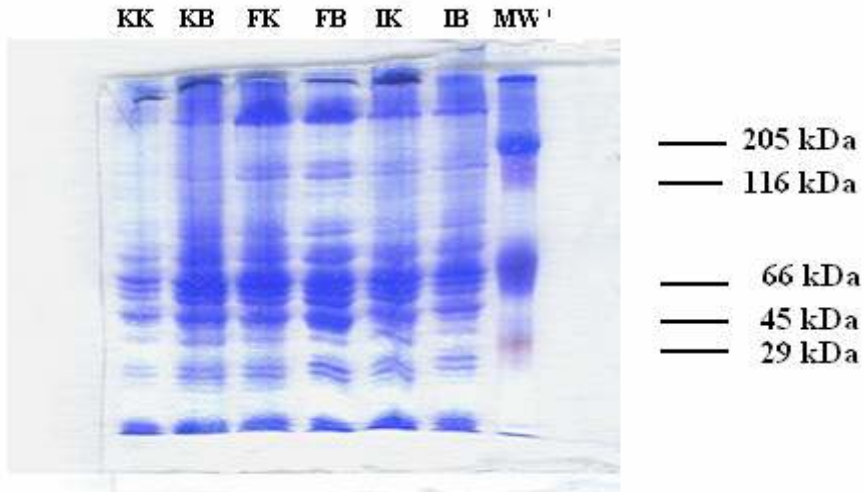
B

Şekil 4. 1. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir

(Ç:çiğ, KK:Kızartma Kontrol, KB:Kızartma Biberiye, FK: Fırın Kontrol, FB: Fırın Biberiye, IK: Izgara Kontrol, IB: Izgara Biberiye, MW: Moleküler ağırlık, kDa: Kilodalton)



A

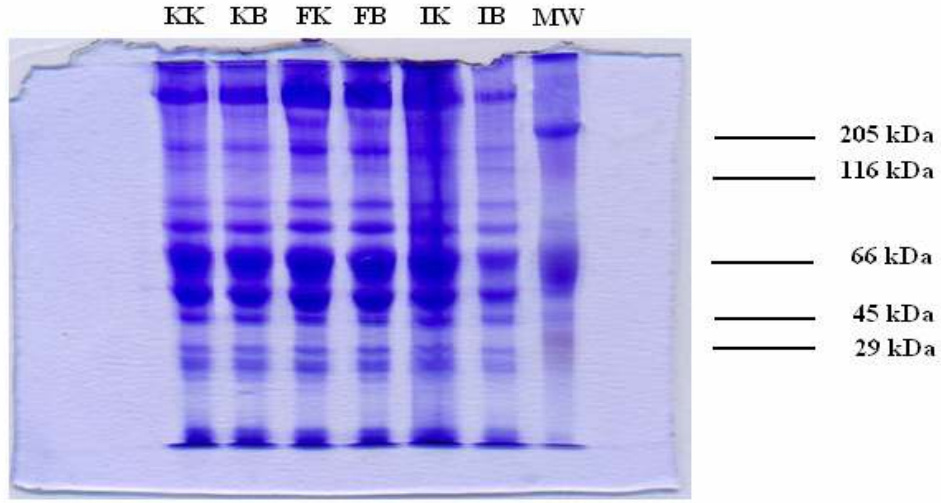


B

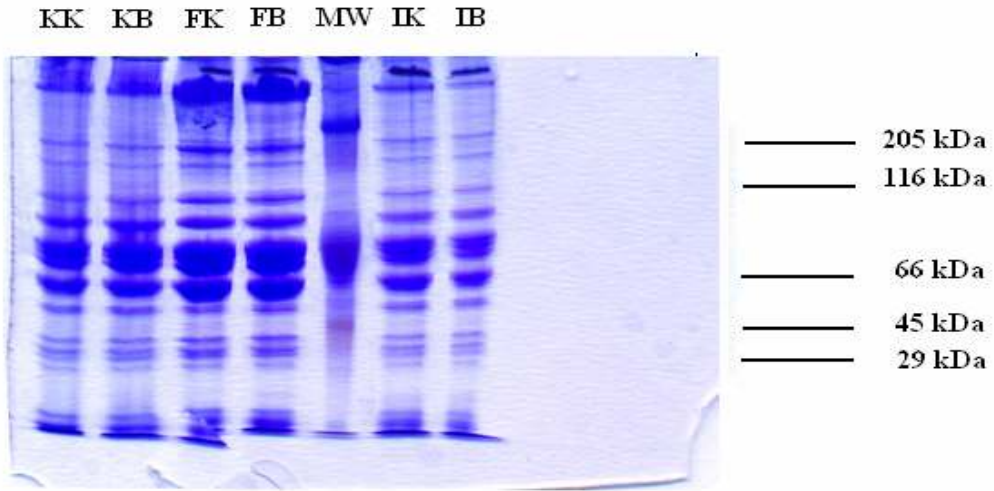
Şekil 5. 2. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir

(Ç:çiğ, KK:Kızartma Kontrol, KB:Kızartma Biberiye, FK: Fırın Kontrol, FB: Fırın Biberiye, IK: Izgara Kontrol, IB: Izgara Biberiye, MW: Moleküler ağırlık, kDa: Kilodalton)

Şekil 5'te de görüldüğü gibi, depolamanın 2. ayında yapılan SDS-PAGE analizine göre, biberiye ilaveli kızartılmış örneklerin protein bant yoğunluğunun biberiye ilave edilmemiş gruba göre daha yoğun olduğu diğer pişirme metotlarında önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Örneklerin β -mercaptoethanol'un varlığında yapılan elektroforezi sonucu da, biberiye ilaveli kızartılmış grubun protein bantlarının daha yoğun olduğu diğer pişirme işlemlerinde ise önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir.



A

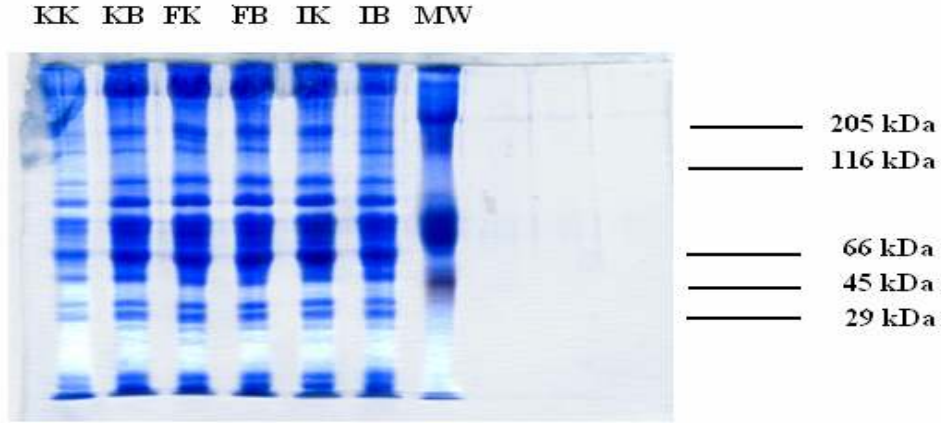


B

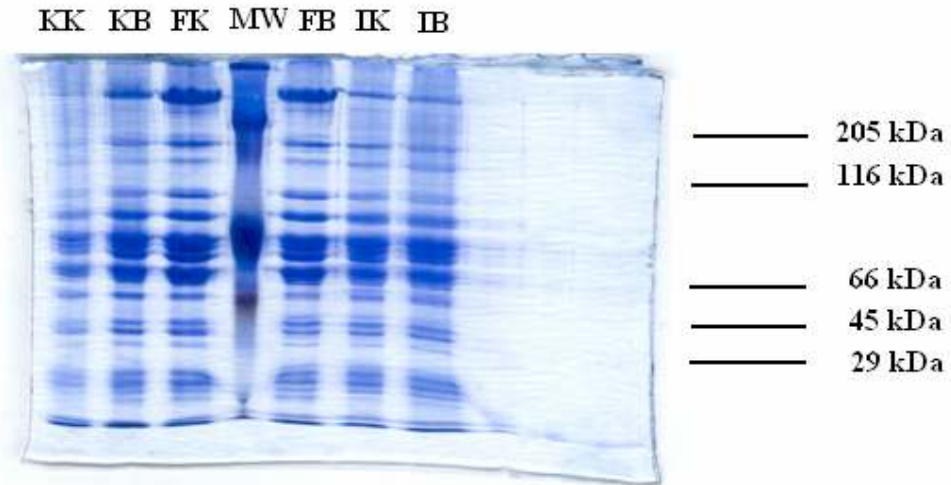
Şekil 6. 3. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir.

(Ç:çığ, KK:Kızartma Kontrol, KB:Kızartma Biberiye, FK: Fırın Kontrol, FB: Fırın Biberiye, IK: zgara Kontrol, IB: Izgara Biberiye, MW: Moleküler ağırlık, kDa: Kilodalton)

Depolamanın 3. ayında farklı pişirme yöntemleriyle pişirilen çipuraların hem β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve hem de varlığında (B) biberiye ilavesinin protein bantlarının yoğunluğunda önemli bir değişime sebep olmadığı görülmüştür (Şekil 6A ve B)



A



B

Şekil 7. 4. ay'da farklı yöntemlerle pişirilen çipuraların protein profillerinin molekül ağırlığına göre dağılımı. Örneklerin elektroforezi β -mercaptoethanol'un yokluğunda (A) ve varlığında (B) gerçekleştirilmiştir

(Ç:çiğ, KK:Kızartma Kontrol, KB:Kızartma Biberiye, FK: Fırın Kontrol, FB: Fırın Biberiye, IK: Izgara Kontrol, IB: Izgara Biberiye, MW: Moleküler ağırlık, kDa: Kilodalton)

Depolamanın son ayında ise, farklı pişirme yöntemleriyle pişirilen çipuraların hem β -mercaptoethanol'un yokluğunda (Şekil 7A) ve hem de varlığında (Şekil 7B) biberiye ilavesinin protein bantlarının yoğunluğu bakımından sadece kızartmada etkili olduğu diğer pişirme yöntemlerinden etkilenmediği görülmüştür.

4.4. Duyusal Değişimler

Kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının farklı yöntemlerle pişirilmesi ve dondurularak depolanması süresince renk, koku, lezzet, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik değerlerinde belirlenen değişimler Çizelge 15, 16 ve 17'de verilmiştir. Panelistler %2 biberiye ekstraktına 1-2 dakika daldırıldıktan sonra pişirilen çipura filetolarında biberiye aromasının 0, 1, 2 ve 3 puanlık dereceleme skalasına göre kızartma ve ızgara yöntemiyle pişirilen gruplarda (KB ve IB) çok az (1) düzeyde olduğu, fırında pişirilenlerde (FB) ise orta düzeyde (2) olduğunu belirtmişlerdir. Tüm gruplarda 4 aylık dondurularak (-18°C) depolama süresi sonunda duyusal skorlarında azalma kaydedilmiştir ($P<0.05$). Bununla beraber, duyusal değerlendirme skalasına göre genel olarak tüm grupların başlangıçtaki çok iyi kalite (8-9) değerlerinden iyi kalite (6-7) değerlerine düştüğü ve hala pazarlanabilir, tüketilebilir özellikte oldukları belirlenmiştir. Duyusal derlendirmeye katılan panelistlerce, 4. aylık depolama sonrasında biberiye ilavesi yapılmadan fırında pişirilen (FK) çipura filetolarının en düşük (5,40 – 5,60) lezzet, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik puanlarına sahip olduğu ancak bu gurubun da tüketilebilir özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 15. Dondurularak depolama süresince kızartma kontrol ve biberiye ilaveli grupların duyu kalitelerindeki değişimler

	Kızartma Kontrol					Kızartma Biberiye				
	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.
0	8,83±0,41 ^{cx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{cx}
1	8,00±0,63 ^{bx}	8,00±0,63 ^{bx}	7,83±0,75 ^{ax}	7,83±0,75 ^{bx}	8,00±0,63 ^{bx}	8,00±0,63 ^{ax}	8,00±0,63 ^{ax}	8,47±0,41 ^{bx}	7,84±0,75 ^{ax}	8,17±0,41 ^{bx}
2	7,50±0,55 ^{abx}	7,25±0,96 ^{abx}	7,50±0,58 ^{ax}	7,17±0,41 ^{ax}	7,63±0,48 ^{abx}	7,83±0,41 ^{ax}	7,50±0,55 ^{ax}	7,60±0,55 ^{ax}	7,67±0,52 ^{ax}	7,75±0,42 ^{abx}
3	7,50±0,58 ^{abx}	7,25±0,96 ^{abx}	7,00±0,82 ^{ax}	7,08±0,49 ^{ax}	7,38±0,75 ^{abx}	7,83±0,41 ^{ax}	7,50±0,55 ^{ax}	7,67±0,52 ^{abx}	7,60±0,55 ^{ax}	7,70±0,45 ^{abx}
4	7,00±0,00 ^{ax}	7,00±0,00 ^{ax}	7,00±1,00 ^{ax}	7,00±0,00 ^{ax}	7,00±0,00 ^{ax}	7,67±0,52 ^{ay}	7,50±0,55 ^{ax}	7,58±0,49 ^{ax}	7,60±0,55 ^{ay}	7,60±0,55 ^{ay}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-d) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=6

Çizelge 16. Dondurularak depolama süresince fırın kontrol ve biberiye ilaveli grupların duyu kalitelerindeki değişimler

	Fırın Kontrol					Fırın Biberiye				
	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.
0	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{dx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{bx}	9,00±0,00 ^{cx}	9,00±0,00 ^{cx}
1	7,50±0,84 ^{ax}	7,50±0,84 ^{bx}	7,50±0,84 ^{bx}	7,84±0,75 ^{cx}	7,58±0,80 ^{bx}	7,83±0,75 ^{ax}	7,83±0,75 ^{ax}	7,84±0,75 ^{ay}	8,00±0,63 ^{bx}	8,00±0,63 ^{bx}
2	7,40±0,55 ^{ax}	7,20±0,45 ^{bx}	6,80±0,84 ^{bx}	6,80±0,84 ^{bcx}	6,80±0,84 ^{bx}	7,60±0,55 ^{ax}	7,80±0,45 ^{ax}	7,80±0,45 ^{ax}	7,40±0,55 ^{abx}	7,70±0,45 ^{abx}
3	7,00±0,00 ^{ax}	7,00±0,00 ^{bx}	6,50±1,00 ^{abx}	6,50±0,58 ^{abx}	6,75±0,50 ^{bx}	7,25±0,50 ^{ax}	7,50±0,58 ^{ax}	7,50±0,58 ^{ax}	7,50±0,58 ^{aby}	7,38±0,48 ^{ax}
4	6,80±0,45 ^{ax}	6,00±0,71 ^{ax}	5,40±1,34 ^{ax}	5,60±1,52 ^{ax}	5,60±1,52 ^{ax}	7,20±0,45 ^{ax}	7,20±0,45 ^{ay}	7,20±0,45 ^{ay}	7,20±0,45 ^{ax}	7,20±0,45 ^{ay}

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-d) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir,

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) kontrol ve biberiye ilaveli gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=6

Çizelge 17. Dondurularak depolama süresince ızgara kontrol ve biberiye ilaveli grupların duysal kalitelerindeki değişimler

	Izgara Kontrol					Izgara Biberiye				
	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.	Renk	Koku	Lezzet	Doku Yapısı	Genel Kab.Ed.
0	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^d	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^c	9,00±0,00 ^d
1	7,67±0,82 ^b	7,67±0,82 ^b	7,50±0,84 ^b	7,33±0,82 ^b	7,75±0,76 ^c	8,00±0,63 ^b	7,83±0,75 ^b	8,00±0,63 ^b	7,83±0,75 ^b	8,00±0,63 ^c
2	7,60±0,55 ^b	7,60±0,55 ^b	7,40±0,55 ^b	7,20±0,45 ^b	7,60±0,55 ^{bc}	7,80±0,45 ^b	7,75±0,43 ^b	7,70±0,67 ^b	7,40±0,89 ^{ab}	7,70±0,67 ^{bc}
3	7,50±0,58 ^{ab}	6,75±0,50 ^a	7,25±0,50 ^b	7,00±0,00 ^{ab}	7,00±0,00 ^{ab}	7,50±0,58 ^{ab}	7,25±0,50 ^{ab}	7,50±0,58 ^b	7,25±0,50 ^{ab}	7,25±0,50 ^{ab}
4	6,80±0,45 ^a	6,60±0,55 ^a	6,20±0,45 ^a	6,40±0,55 ^a	6,40±0,55 ^a	7,00±0,00 ^a	7,00±0,00 ^a	6,40±0,55 ^a	6,60±0,55 ^a	6,80±0,45 ^a

Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (a-d) depolama süresine bağlı olarak istatistiksel farklılıkları (P<0,05) belirtmektedir, n=6

Araştırma sonucunda, ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında biberiye ilavesinin duyusal skorlar üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Bununla beraber, kızartma yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında biberiye ilavesinin olduğu grupta (KB) 4 aylık depolama sonunda renk, doku yapısı ve genel kabul edilebilirlik değerlerinin kontrol grubuna (KK) göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Benzer şekilde, fırında pişirilen çipura filetolarında da biberiye ilavesinin olduğu grupta (FB) koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik değerlerinin kontrol grubuna (FK) göre önemli derecede yüksek olduğu bulunmuştur ($P<0,05$). Araştırma sonucunda elde edilen bu verilere göre biberiye ilavesinin kızartma ve fırında pişirilen çipura filetolarının duyusal kalitelerine olumlu yönde etkide bulunduğu söylenebilmektedir.

Farklı yöntemlerle pişirilen çipura filetolarının 4 aylık depolama sonunda geleneksel metotla fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmalarının duyusal değerlendirilmeleri Çizelge 18, 19 ve 20' de verilmiştir.

Çizelge 18. Kızartma grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi

	Kızartma Kontrol		Kızartma Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
Renk	7,17±0,41	6,83±0,41	7,67±0,52	7,67±0,52
Koku	7,00±0,63	7,00±0,63	7,50±0,55	7,50±0,55
Lezzet	7,00±0,63	6,83±0,41	7,50±0,45	7,25±0,42
Doku Yapısı	7,00±0,63	6,83±0,41	7,42±0,49	6,92±0,49
Genel Kab.Ed.	7,00±0,63	6,83±0,75	7,58±0,49	7,33±0,52

Çizelge 19. Fırın grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi

	Fırın Kontrol		Fırın Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
Renk	6,86±0,69 ^x	6,57±0,98 ^x	7,14±0,69 ^x	7,07±0,45 ^x
Koku	6,29±0,49 ^x	6,21±0,39 ^x	7,14±0,38 ^x	6,86±0,38 ^x
Lezzet	5,71±0,95 ^x	5,50±1,04 ^x	7,14±0,69 ^x	6,86±0,69 ^x
Doku Yapısı	5,86±0,90 ^x	5,64±1,18 ^x	7,29±0,76 ^x	6,79±0,57 ^x
Genel Kab.Ed.	5,86±0,38 ^x	5,86±0,69 ^x	7,07±0,19 ^x	6,43±0,53 ^y

Aynı satırda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilmiş olan harfler (x,y) fırında ve mikrodalga fırında ısıtma arasındaki istatistiksel farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir, n=6

Çizelge 20. Izgara grubunun fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının duyusal değerlendirilmesi

	Izgara Kontrol		Izgara Biberiye	
	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma	Fırında Isıtma	Mikrodalgada Isıtma
Renk	6,90±0,22	6,80±0,45	7,00±0,71	6,80±0,45
Koku	6,50±0,50	6,50±0,50	7,00±0,00	6,80±0,45
Lezzet	6,20±0,84	6,00±0,00	6,40±0,89	6,20±0,45
Doku Yapısı	6,40±0,54	6,20±0,84	6,60±0,55	6,40±0,55
Genel Kab.Ed.	6,50±0,50	6,30±0,84	6,80±0,45	6,50±0,50

İki farklı ısıtma yönteminin duyusal olarak değerlendirildiği bu bölümde, biberiye ilaveli fırında pişirilen çipura filetolarının (FB) mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının genel kabul edilebilirlik değerinin fırında yeniden ısıtılanlara göre düşük olduğu ($P<0,05$) bulunmuştur. Araştırmada, bunun dışında tüm gruplarda fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtmanın duyusal değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmadığı saptanmamıştır ($P>0,05$). Araştırma sonucunda elde edilen bu verilere göre, çipura filetolarının fırında veya mikrodalga fırında yeniden ısıtılmalarının duyusal kalite üzerine önemli bir etki yapmadığı söylenebilmektedir.

5. TARTIŞMA

5.1. Besin madde bileşenleri

Araştırmada, biberiye ilavesi, farklı pişirme ve yeniden ısıtma yöntemlerinin çipura filetolarının besin madde bileşenleri, yağ asitleri kompozisyonu ile dondurularak depolama süresince protein ve lipit kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma, besin maddesi bileşenleri açısından incelendiğinde farklı pişirme yöntemleri uygulanan örneklerin yapılarında buldukları suyun azaldığı ve buna bağlı olarak kuru madde değerlerinde bir artışın olduğu görülmüştür. Fırında pişirilen örneklerin kuru madde değerlerindeki artışın diğer pişirme yöntemlerine göre daha az olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Tokur (2007) fırında pişirilen alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) kuru madde oranlarının diğer pişirme yöntemlerine (kızartma, ızgara, tütsü) göre düşük olduğunu belirtmiştir. Kızartma yöntemi ile pişirme işlemi yağ içerisinde olduğu için, örneklerin yağ değerlerinde üç kata varan bir değişim görülmüştür. Bununla beraber çiğ ve ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarının yağ oranlarının istatistiksel olarak benzer, fırında pişirilen çipura filetolarının yağ oranında ise bir azalma olduğu görülmüştür. Bu durumun, fırında pişirme esnasında filetodaki yağın su ile birlikte dışarıya sızmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Garcia-Arias ve ark. 2003a). Izgara işlemi sırasında da yağın az miktarda olsa dışarı sızdığı görülmüştür. Protein değerlerindeki değişimin suyun azalması ile orantılı olduğu ve pişirme sonrasında oransal bir artışın olduğu görülmektedir. Fırında pişirilen filetolarda protein oranının diğer pişirme yöntemlerine göre daha az arttığı saptanmıştır. Benzer şekilde, protein oranlarındaki bu değişim Garcia-Arias ve ark. (2003a) tarafından da belirlenmiştir.

Araştırmada, farklı yöntemlerle pişirilen çipura filetolarının fırın ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılması ile oluşan besin maddesi değişimleri Çizelge 2, 3 ve 4'de görülmektedir. Kızartma yöntemiyle pişirilen çipura filetolarının fırın veya mikrodalga fırında yeniden ısıtılmaları sonucunda, besin madde içeriklerinde istatistiksel olarak önemli derecede ($P<0,05$) artışlar olduğu görülmüştür. Bununla beraber, fırın ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmaları arasında bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$).

Fırın yöntemi ile pişirilmiş örneklerin yeniden ısıtılmaları sonucunda kuru madde ve yağ oranlarının önemli derecede arttığı ($P<0,05$), buna karşın ham kül değerlerinde her hangi bir değişimin olmadığı gözlenmiştir ($P>0,05$). Fırın ve mikrodalga fırında yeniden ısıtma arasında ise protein değerleri üzerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmüştür ($P<0,05$).

Izgara yöntemi ile pişirilen çipura filetolarında yeniden ısıtılmaları sonucu kuru madde, ham kül ve yağ değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmesine rağmen, protein değerlerinde önemli derecede bir farklılık görülmemiştir. Yapılan bu çalışmada, mikrodalga fırında yeniden ısıtma 600 W'da 2 dakika şeklinde uygulanmıştır. Garcia-Arias ve ark. (2003a) 500W'da 6 dakika mikrodalgada ısıtılan örneklerin besin madde bileşenlerinin fırında yeniden ısıtılanlardan önemli derece farklı olduklarını belirtmişlerdir. Bu araştırmada, fırında veya mikrodalga fırında ısıtılan örneklerin besin maddesi içerikleri arasındaki benzerliğin, Garcia-Arias ve ark. (2003a)'na göre mikrodalga fırında daha kısa süreli bir uygulama yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.2. Yağ asitleri kompozisyonu

5.2.1. Farklı yöntemlerle pişirmenin yağ asidi kompozisyonu üzerine etkileri

Çizelge 5'de farklı yöntemlerle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının yağ asitleri kompozisyonunu göstermektedir. Çiğ çipura filetosunda sırasıyla %12.09 doymuş yağ asidi (SFA), %29.50 tekli doymamış yağ asidi (MUFA), %30.50 çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) olarak 21 adet yağ asidi tanımlanmıştır. Doymuş yağ asitlerinden miristik asit (C14:0, %4.77) ve palmitik asit (C16:0, %3.95)'in baskın yağ asitleri olduğu belirlenmiştir. MUFA'lar arasında en yüksek oranda bulunan yağ asitleri palmitoleik asit (C16:1, %8.41) ve oleik asit (C18:1n9, %20.29) tir. PUFA'lar arasında baskın olarak bulunan yağ asitlerinin ise linoleik asit (C18:2n6, %8.69), linolenik asit (C18:3n3, %1.25), EPA (C20:5n3, %5.73) ve DHA (C22:6n3 %13.81) olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu verilerin, çeşitli araştırmacılar tarafından daha önce çipura için elde edilen bulgular ile benzer olduğu görülmektedir (Özyurt ve ark., 2005; Özogul ve ark., 2007; Grigorakis ve ark., 2002; Imre ve Sağlık, 1998;

Özogul ve ark., baskıda). Araştırmada, çığ çipura filetolarında omega-6 PUFA'ların oranının omega-3 PUFA'ların oranından daha düşük olduğu belirlenmiştir. İngiliz Sağlık Araştırma Enstitüsü ideal n6/n3 oranını en fazla 4 olarak önermektedir (HMSO, 1994). Maksimum değerin üzerindeki değerler sağlığa zararlıdır ve kardiovasküler hastalıkları geliştirebilir (Moreira et al., 2001). Pigott ve Tucker (1990) farklı türdeki balık yağlarının besin değerlerinin karşılaştırılmasında n6/n3 oranının iyi bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, çığ çipura filetosunda n6/n3 oranı 0.45 olarak bulunmuştur. Farklı metotlarla pişirmeden sonra n6/n3 oranları artmıştır. Bu artış diğer çalışmalarda da mevcuttur (Candela ve ark., 1997; Unusan, 2007). Beslenme uzmanları da n6/n3 oranında istenen değerin 5 olması gerektiğini ifade etmektedirler. Çok yüksek bir n6/n3 oranının kardiovasküler hastalıklar gibi bazı hastalıkların gelişmesine neden olduğu bilinmektedir (Hu ve ark., 2002).

Araştırmada, çığ çipura filetolarının kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilmelerinin, yağ asitleri içeriğinde istatistiksel olarak önemli farklılıklara neden olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Miristik asit (C14:0), palmitoleik asit (C16:1), EPA (C20:5n3) ve DHA'da (C22:6n3) önemli azalmalar gözlemlenirken; oleik asit (C18:1n9) ve linoleik asit'te (C18:2n6) önemli artışlar gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar pişirilmiş alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) (Unusan, 2007) ve sardalyada da (*Sardina pilchardus*) (García-Arias ve ark., 2003a) gözlemlenmiştir.

Kızartma, fırınlama ve ızgarada pişirme çipura filetosunun yağ asidi kompozisyonunu etkilediği görülmüştür. Araştırmada, çığ çipura filetosunda bulunmayan bazı yağ asitleri, bu ısı muamelelerinden sonra düşük seviyelerde bulunmuştur (C23:0, C24:0, C20:3n6). Bu durumun, ısıtma işlemiyle ortaya çıkan su kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir (Weber et al., 2008). Kızartma işlemi boyunca yağ emiliminden dolayı, kızartılmış çipura filetosunun yağ asidi kompozisyonu çığ örneğe kıyasla çok büyük oranda değişim göstermiştir. Benzer şekilde, García-Arias ve ark. (2003) fırınlama ve ızgarada pişirmenin yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiğini ancak kızartma yöntemiyle pişirmenin yağ asidi kompozisyonunun önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir.

Ay çiçek yağında kızartılmış çipura filetosu diğer örneklerle kıyaslandığında PUFA miktarında (özellikle linoleik asit C18:2n6) önemli bir artış olduğu görülmektedir. Bunun, ay çiçek yağındaki yüksek miktarda bulunan linoleik asit içeriğine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Castrillón ve ark. (1997) sardalyeyi kızartmak için zeytinyağı kullanmışlardır. Bu yağ ile kızartılan sardalyalarda zeytin yağının temel yağ asitleri olan C18:1n9 ve C18:2n6 yağ asitlerinin yüksek oranlarda bulunduğunu gözlemlemişlerdir. Bakar ve ark. (2008) oleik asit, linoleik asit ve palmitik asiti bol miktarda içeren palmiye yağında kızarttıkları uskumruda (*Scomberomorous guttatus*) bu yağ asitlerini yüksek miktarlarda bulmuşlardır. Bir çok araştırmacı yağda kızartmanın balığın yağ asiti kompozisyonunu değiştirdiğini, özellikle EPA ve DHA gibi önemli yağ asitlerinin içeriğinin azalmasına neden olan bir değiş tokuşun olduğunu belirtmişlerdir (Garcı'a-Arias ve ark., 2003a; Bakar ve ark., 2008). Araştırmada, çiğ çipura filetosundaki EPA ve DHA oranlarının sırasıyla %5.73 and %13.81 olduğu ve pişirmeden sonra bu yağ asitlerinin düzeylerinin azaldığı saptanmıştır. Diğer pişirme yöntemleriyle kıyaslandığında, kızarmış örneklerdeki EPA ve DHA içeriğindeki kayıpların, istatistiksel olarak önemli derecede fazla olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlar, ayçiçeği yağında kızartılan sardalya (*Sardine pilchardus*) ve uskumru (*Scomberomorus commersoni*) (Candela ve ark., 1998), ve ayrıca levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Türkkan ve ark., 2008) için elde edilen sonuçlarla benzerdir.

Araştırmada fırında ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarının toplam doymuş yağ asidi içeriklerinin (SFA) arttığı belirlenmiştir. Genel olarak, bütün pişirme metotlarında toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeriğinin çok az bir artış gösterdiği görülmüştür. Isıl işlem uygulanmış tüm gruplarda MUFA'dan sonra en bol bulunan yağ asitleri grubunun, PUFA grubu olduğu saptanmıştır. Biberiye ilaveli yada ilavesiz kızarmış çipura filetolarındaki PUFA içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Unusan (2007) yaptığı bir araştırmada, farklı pişirme yöntemleri uyguladığı gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) toplam SFA ve MUFA seviyelerinin pişirme yöntemlerinden etkilenmediğini ancak çiğ ve pişmiş filetolar arasında istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunduğunu rapor etmişlerdir. Çiğ ve pişmiş fileto arasında n3 ve n6 içeriği bakımından istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Fileto edilmiş ve kıyılmış dondurulmuş istavrit (*Trachurus trachurus*) (Vareltzis et al., 1997) ve kıyılmış sardalyada (*Sardina pilchardus*) (Serdaroğlu and Felekoğlu, 2005) doğal antioksidan ekstraksiyonunun depolama boyunca oksidasyonu geciktirdiği görülmüştür. Biberiye ilaveli ve kontrol gruplarında PUFA yüzdesinin nispeten sabit kaldığı gözlenmiştir. Kontrol grubu ve muamele edilmiş örneklerde

SFA, MUFA ve PUFA arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. MUFA'lerden C18:1n9 seviyesinin, kızartma yöntemiyle pişirilen çipura filetoları dışında diğer yöntemlerle pişirilen gruplarda, biberiye ilavesi yapılmadan pişirilen örneklerde daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak, C16:1 seviyesinin biberiye ilavesi yapılarak kızartılan ve fırında pişirilen çipura filetolarında, kontrol gruplarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PUFA'lerden C18:2n6 içeriğinin ızgaralanmış örneklerde biberiye ilaveli ve kontrol grubu arasında fark olmadığı görülmüştür. Ancak, biberiye ilavesiyle kızartılan ve fırında pişirilen çipura filetolarında bu yağ asidinin kontrol gruplarından daha düşük olduğu bulunmuştur. Bununla beraber, EPA (C20:5n3) ve DHA (C22:6n3) seviyelerinin biberiye ilavesi yapılarak kızartılan ve fırında pişirilen gruplarda kontrol gruplarından önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır.

Araştırmada, biberiye ilavesiyle pişirilen kızartma ve fırın gruplarında toplam n6 seviyesinin kontrol gruplarına göre daha düşük, n3 seviyelerinin ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Genelde, biberiye ekstraktının kullanımı bütün örneklerde yağ asitleri oksidasyonunu yavaşlatmıştır. Sonuçlarımızda, antioksidan kullanımının lipit oksidasyonunu önlemede özellikle n3 yağ asitleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Serdaroğlu ve Felekoğlu (2005) kıyılmış sardalyadaki (*Sardina pilchardus*) oksidatif denge üzerine biberiye ve soğan suyunun etkilerini araştırmışlardır. 5 ay süresince dondurularak depolamadan sonra, PUFA seviyesinin azaldığını ve SFA seviyesinin arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, biberiye ekstraktı ve soğan suyunun bulunduğu örneklerin yağ asidi kompozisyonlarında önemli bir değişikliğin olmadığı belirtmişlerdir. Varetzis ve ark. (1997) doğal biberiye ekstraktı uygulanan, fileto edilmiş ve kıyılmış balığın depolama süresince yağ asitleri ve lipit oksidasyonu değişimlerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, depolamanın 50. gününe kadar kontrol gruplarında PUFA seviyesinin önemli derecede azaldığını ancak biberiye ilavesi yapılan gruplarda PUFA seviyesinin daha yüksek oranlarda bulunduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber, biberiye ekstraktı ile muamele edilmiş örneklerdeki oksidasyonun, muamele edilmemiş örneklerdeki oksidasyondan daha yavaş gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Langourieux ve Escher (1998) biberiyenin antioksidan etkisinin, karalı ürünler oluşturmak için başlangıç radikalleriyle reaksiyonundan dolayı olabileceğini bildirilmiştir.

5.2.2. Araştırma gruplarının dondurularak depolanmaları (-18°C) sonucunda yağ asitleri kompozisyonlarındaki değişimler

Çizelge 6'da 4 aylık depolamadan sonra, farklı yöntemlerle pişirilmiş biberiye ilaveli ve kontrol gruplarının yağ asidi kompozisyonları gösterilmektedir. Farklı metotlarla pişirilmiş biberiye ilaveli ve kontrol gruplarının 4 ay dondurularak depolanması sonucunda yağ asidi kompozisyonlarında fazla bir değişiklik gözlenmemiştir. Bütün örneklerin SFA, MUFA ve PUFA içeriklerinde çok az oranlarda azalmalar veya artmalar olduğu görülmüştür. Fırınlanmış örneklerde 4 ay depolama sonrasında, SFA yüzdesinin kontrol grubunda çok az oranda azaldığı, biberiye ilaveli grupta ise aynı miktarda arttığı görülmektedir. Buna ek olarak, MUFA ve PUFA yüzdelerinin hem kontrol gruplarında hem de muamele edilmiş gruplarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Izgaralanmış örneklerde, depolama periyodu sonunda MUFA yüzdesinde çok az bir değişim gözlenirken, SFA ve PUFA yüzdeleri her iki grupta da daha yüksek oranlarda bulunmuştur. Kontrol grubu ve muamele edilmiş örneklerin 4 ay sonundaki PUFA yüzdesi izgaralanmış örnekler hariç depolama boyunca neredeyse sabit kalmıştır.

İstatistiksel analizler pişirme metodlarının kontrol grubu ile biberiye grubu için ayrı ayrı uygulanmış olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P < 0.05$). Farklı pişirme metodlarının kontrol gruplarında tüm yağ asit içeriklerinde istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiş olup, bu fark ızgara ve fırın ile pişirilen kontrol grupları arasında sadece C18:1n9, C18:3n3, C20:3n6, C20:4n6 yağ asitlerinde mevcuttur ($P < 0.05$). Biberiye ile muamele edilen grupta ise yine benzer olarak fırın ve ızgarada pişirilen örnekler arasında istatistiksel farklılıklar sadece C13:0, C20:0 ve C20:1 yağ asitlerinde bulunmuştur ($P < 0.05$). Diğer yağ asitlerinde ise istatistiksel olarak fark yoktur (Çizelge 6).

Izgara yöntemiyle pişirilen çipura filetoları dışındaki, hem biberiye ilaveli hem de kontrol gruplarında toplam n3 seviyesi azalırken, depolama sonunda bütün pişirme metodlarında toplam n6 seviyesi hem kontrol gruplarında hem de biberiye ilaveli gruplarda çok az oranlarda arttığı görülmüştür. Kızarmış örnekler, diğer pişirme metodlarıyla karşılaştırıldığında, n6/n3 oranının maksimum 4 olması arzu edilen ideal değerden (HMSO, 1994) daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Maksimum değerlerin üzerindeki değerler özellikle kardiovasküler hastalıklar olmak üzere birçok hastalığın gelişmesine neden olabilmektedir (Moreira ve ark., 2001).

Depolama sonunda bütün pişirme metotlarında, balıktaki EPA ve DHA içeriklerinin hem kontrol gruplarında hem de biberiye ilaveli gruplarda değiştiği görülmüştür. 4 aylık dondurularak depolama sonrasında toplam n3 serisi yağ asitlerine bakıldığında biberiye ilaveli kızartma, fırın ve ızgara yöntemlerinde sırasıyla 4.11, 13.49 ve 14 olarak belirlenen n3 seviyelerinin kontrol kızartma, fırın ve ızgara (sırasıyla 3.27, 6.05 ve 13.46) gruplarından önemli oranlarda yüksek olduğu bulunmuştur.

Bu sonuçlar, biberiye ekstraktıyla muamele edilmiş örneklerin muamele edilmemiş örneklerden daha yavaş bir oksidasyon gerçekleştirdiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar, Vareltis ve ark. (1997) tarafından biberiye ekstraktıyla muamele edilen uskumrulara da elde edilmiştir. Pérez-Mateos ve ark. (2006) da ticari ve doğal antioksidanlar içeren yağların dondurulmuş depolama boyunca kararlı kalabileceklerini belirtmişlerdir.

5.2.3. Farklı metotlarla ısıtmanın yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkileri

Farklı yöntemlerle pişirilen çipura filetolarının 4 aylık depolama sonunda geleneksel metotla fırında ve mikrodalgada fırında yeniden ısıtılmaları sonucu belirlenen yağ asitleri kompozisyonları Çizelge 7, 8 ve 9' da verilmiştir.

Yeniden ısıtma hem kontrollerde hem de biberiye ilaveli gruplarda yağ asidi kompozisyonunda değişikliklere neden olmuştur. Kontrol grubu kızartılmış örneklerde, fırında ve mikrodalgada ısıtmanın yağ asitleri arasında (C13 ve C18:3n3 hariç) istatistiksel olarak fark yaratmadığı bulunmuştur ($P>0.05$). EPA ve DHA düzeyi hemen hemen sabit kalmıştır. Ancak, biberiyeli örneklerde yağ asitleri arasında C15:0, C17:1, C20:2, C20:3n6 hariç diğer yağ asitleri arasında istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0.05$). Mikrodalgada ısıtmada DHA içeriğinin fırında ısıtmadan daha yüksek olduğu görülmüştür. Toplam n3 PUFA içeriği kontrol gruplarında benzer değerler göstermesine rağmen (fırın, %2.20 ve mikrodalgada, %2.40); özellikle biberiyeli gruplarda mikrodalgada yeniden ısıtmada (%7.00) fırında yeniden ısıtmadan (%4.23) daha fazla olduğu saptanmıştır. Garcı'a-Arias ve ark., (2003a) da mikrodalgada ısıtmanın daha fazla dehidrasyona sebep olarak yağ asidi

oranlarının artmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir (García-Arias ve ark., 2003a).

Kontrol grubu fırında pişirilmiş örneklerin yeniden ısıtılmalarında C16:0, C18:0, C16:1, C20:4n6 ve C20:5n3 yağ asitleri hariç, diğerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Biberiye ile muamele edilen örneklerde ise C13:0, C14:0, C15:0, C14:1, C16:1, C18:2n6, C18:3n3, C20:3n6 ve C20:4n6 hariç diğerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Biberiye ilaveli fırında pişirilen çipura filetolarının mikrodalga fırında ısıtılmaları sonucunda en yüksek DHA oranının bu grupta olduğu görülmüştür. Her iki ısıtma yönteminde de kontrol gruplarındaki toplam n6 seviyesi aynı kalmasına rağmen, biberiyeli örneklerde mikrodalgada ısıtmada toplam n6 seviyesi fırında yeniden ısıtmadan daha düşüktür. Ancak, toplam n3 yüzdesi fırında ısıtılmış kontrol gruplarında yüksektir. Biberiyeli gruplarda toplam n3 seviyesi mikrodalgada ısıtmada daha yüksektir. n6/n3 oranı fırında ısıtılmış biberiyeli örneklerde oldukça yüksek bulunmuştur.

Kontrol grubu ızgarada pişirilmiş örneklerin mikrodalga ve fırın ile yeniden ısıtılmaları sonucu yağ asitleri arasında sadece C16:0 ile C16:1, biberiyeli gruplarda ise C20:4n6 ile C22:6n3 (DHA) yağ asitlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur ($P<0.05$). Yeniden ısıtılmış kontrol ızgara grubunda EPA ve DHA düzeyi hemen hemen aynı olup fazla bir değişim göstermemiştir. Biberiye ile muamele edilen gruplarda da bu yağ asitlerinin seviyesinin, mikrodalga fırında yeniden ısıtılmaları sonucunda azalma olduğu görülmüştür. Her iki metotla ısıtmada biberiye ile muamele edilen gruplarda n6 seviyesi aynı olup toplam n3 düzeyi fırında ısıtılan grupta daha yüksektir.

Yeniden ısıtma yöntemlerinden yağ asitleri farklı şekillerde etkilenmişlerdir. Biberiye ilaveli kızartma ve fırında pişirilmiş çipura filetolarının mikrodalga fırında yeniden ısıtılmasının EPA ve DHA içeriği açısından daha avantajlı olduğu görülmüştür. Ancak daha önce yapılan araştırmalarda mikro dalga ile ısıtmanın fazla su kaybına neden olacağını ve bundan dolayı da bazı yağ asitlerinin miktarlarının oransal olarak artabileceği rapor edilmiştir.

5.3. Kimyasal değerlendirme

5.3.1. Lipit kalitesi

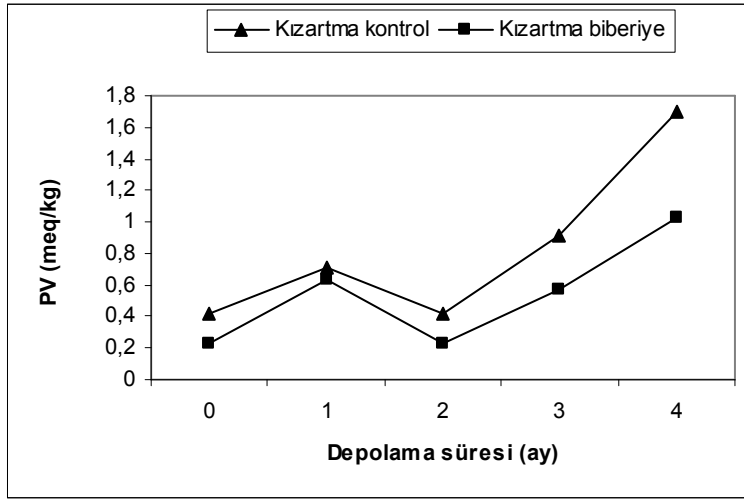
Serbest yağ asitlerinin (FFA) oluşumu besinsel kayıplara yol açmamaktadır (Rodriquez ve ark., 2008). Bununla beraber, serbest yağ asitlerinin birikiminin protein çözünürlüğü üzerine olumsuz etkilerde bulunması ve hızlı okside olmaları nedenleriyle gıdanın kabul edilebilirliğinin azalmasına neden olduğu bilinmektedir (Labuza, 1971; Sikorski ve Kolakowska, 1994). Bir çok araştırmacı, ısı olarak işlenen balıklarda FFA oluşumunun trigliseritler ve fosfolipidler gibi yüksek moleküler ağırlıklı lipitlerin yıkımı sonucu oluştuğunu bildirmiştir (Gallardo ve ark., 1989; Medina ve ark., 1994, Losada ve ark., 2006). Bu araştırmada da özellikle fırın ve ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında FFA miktarının arttığı görülmektedir (Çizelge 10). Benzer sonuçlar haşlama, ızgara, kızartma ve mikrodalga yöntemleriyle pişirilen uskumru (*Scomberomorous guttatus*)'larda da saptanmıştır (Bakar ve ark., 2008).

Araştırmada, kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarının 4 aylık depolama süresi boyunca FFA miktarlarında artış ve azalışların olduğu saptanmıştır. Depolama boyunca gözlenen FFA seviyesindeki düşüşlerin FFA'lerin oksidasyonu veya balığın sarkoplazmik ve miyofibriller kas proteinleriyle reaksiyona girmelerinden dolayı olduğu düşünülmektedir (Reddy ve ark., 1992). Ohshima ve ark (1984) balık kasındaki lipolitik enzimlerin -20°C 'de bile aktif olabileceğini bundan dolayı FFA miktarındaki artışların beklenebileceğini bildirmişlerdir. Depolama boyunca gözlenen düşüşlerin ise FFA'lerinin oksidasyonu veya proteinler gibi diğer bileşiklerle reaksiyona girmelerinden dolayı olduğu düşünülmektedir.

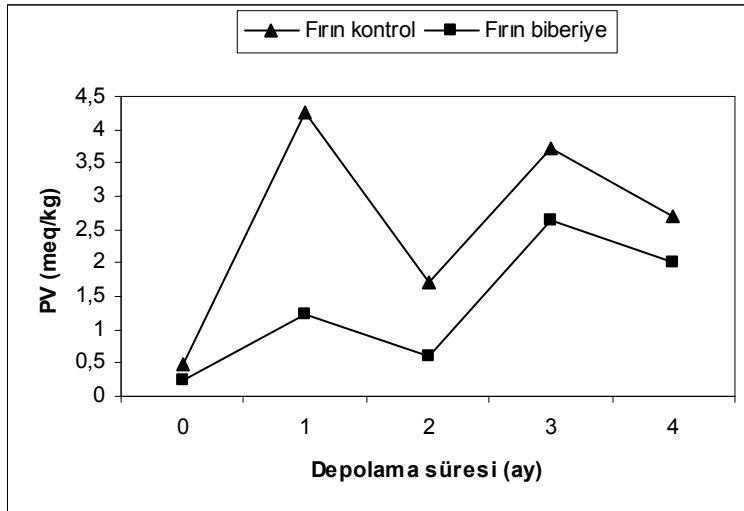
Serdaroğlu ve Felekoğlu (2005) biberiye ekstraktı ile işlem görmüş olan sardalyaların (*Sardina pilchardus*), dondurularak depolama süresince FFA miktarlarının kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırma sonucunda ise, genel olarak biberiye ilavesinin kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince FFA gelişimini önleme üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Benzer şekilde, Abdel-Aal (2001) karabalık (*Claries lazera*) kıymalarının -18°C de depolanmaları sırasında sodyum tiyosülfat, askorbik asit ve sitrik asit gibi antioksidanların kullanılmasının, FFA üzerine önemli bir etkide bulunmadığını belirtmiştir.

Lipit oksidasyonunun birinci basamağında doymamış yağ asitlerinin çift bağlarına oksijenin eklenmesiyle peroksitler (PV) meydana gelmektedir. Eder ve ark. (2003) peroksitler gibi birincil lipit oksidasyon ürünlerinin yüksek derecede toksik olduğunu ancak sindirilebilirliklerinin az olduğunu, buna karşın karboniller, dimerik, trimerik, polimerik ve siklik yağ asitleri gibi ikincil lipit oksidasyon ürünlerinin özel bir fizyolojik öneme sahip olduklarını çünkü bunların sindirilebilirliklerinin de yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, yağların termal muameleye maruz kalmalarının peroksitler ve ikincil lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Tokur (2007) pişirme (kızartma, fırın ve ızgara) işleminin alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) peroksit değerlerini arttırdığını belirtmiştir. Bakar ve ark (2008) uskumru (*Scomberomorous guttatus*) kasının başlangıçtaki 1,78 meq/kg peroksit değerinin kızartma, ızgara ve buğulanarak pişirilmesi sonucunda sırasıyla 2,65 meq/kg, 2,80 meq/kg ve 3,13 meq/kg'a yükseldiğini saptamışlardır. Bu araştırma sonucunda da başlangıçta 0,087 meq/kg olan PV değerinin ısı ile pişirilen çipura filetolarında önemli derecede yükseldiği, en yüksek artışın ise ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarında (1,18-1,58 meq/kg) olduğu belirlenmiştir.

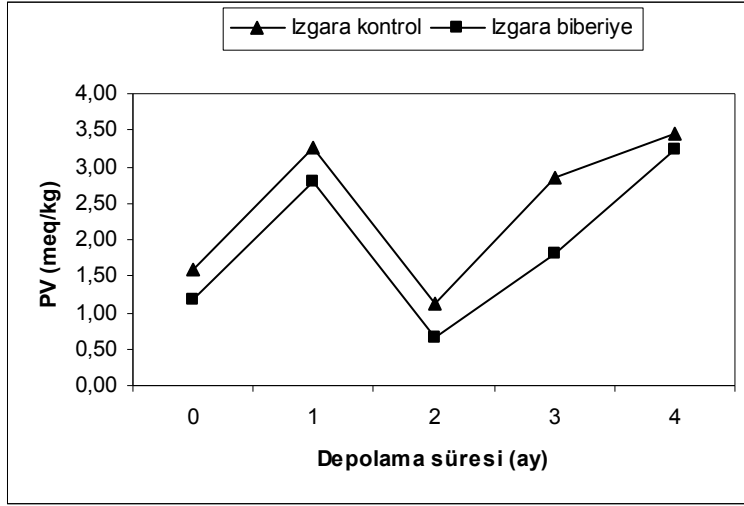
Şekil 8, 9, ve 10'da görüldüğü gibi tüm araştırma gruplarında 4 aylık depolama süresi sonunda peroksit değerinin başlangıç değerine göre önemli derecede artmış olduğu saptanmıştır. Benzer bulgular, buğulama yöntemiyle pişirilen salmon'lar (*Oncorhynchus kisutch*) (Rodriquez ve ark., 2008) ve sardalya'ların (*Sardina pilchardus*) (Losada ve ark., 2006) depolanmaları boyunca da gözlenmiştir. Depolama süresince gözlenen düşüşlerin ise Cho ve ark., (1989)'nın da belirttiği gibi PV'lerin hidroperoksitlere dekompozisyonu sonucu olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler



Şekil 9. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler



Şekil 10. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince PV (meq/kg) değerlerindeki değişimler

Yoshioka ve ark. (2002) balık yağına %1 oranında biberiye ekstraktı ilave etmenin PV değerini önemli derecede düşürdüğünü ve bu nedenle biberiyenin antioksidan etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Abramovic ve Abram (2006) doymamış yağ asitleri oranı yüksek olan keten yağına % 0,2 oranında biberiye ekstraktı ilave etmenin depolama sırasında %40 oranında daha az PV oluşumunu sağlayarak bu yağların oksidatif stabilitesini arttırdığını rapor etmişlerdir. Serdaroğlu ve Felekoğlu (2005) biberiye ekstraktı ile işlem görmüş olan sardalyaların (*Sardina pilchardus*), dondurularak depolama süresince PV miktarlarının kontrol grubuna göre önemli derece düşük olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, bu araştırmada, biberiye ilaveli grupların (KB, FB ve IB) PV değerlerinin kontrol gruplarına göre (KK, FK ve IK) istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu ($P<0,05$) belirlemiştir (Şekil 8, 9 ve 10). Elde edilen bu verilere göre, biberiye ilavesinin tüm pişirme yöntemlerinde depolama süresi boyunca peroksit değerinin artmasını önemli derecede önlediği söylenebilmektedir.

Lipit oksidasyonun ikinci basamağında, acılaşmayı algılamamızı sağlayan aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitler gibi ikincil ürünler ortaya çıkmaktadır (Porter ve ark., 1992). Bu yıkım ürünlerinden bir tanesi olan malonaldehit tiyobarbitürik asit (TBA) ile kolorimetrik olarak reaksiyona girdiği için acılaşmanın seviyesi TBA analizi ile belirlenebilmektedir. Bakar ve ark (2008) çığ uskumru (*Scomberomorous guttatus*) kasındaki 0,54 mg MA/kg olan TBA değerinin mikrodalga fırında, ızgara, buğulama

ve kızartma yöntemleriyle pişirme sonucunda sırasıyla 2,98 mg MA/kg, 2,80 mg MA/kg, 3,13 mg MA/kg ve 2,65 mg MA/kg değerlerine yükselerek benzer oranlarda artış gösterdiğini ve pişirme işlemlerinin lipit oksidasyonu üzerine etkili olduğunu belirtmişlerdir. Tokur (2007) başlangıç TBA değeri 0,22 mg MA/kg olan alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) kasının fırında pişirilmesi sonucu 5,78 mg MA/kg' yükseldiği, benzer şekilde kızartma, ızgara ve tütsüleme gibi diğer ısı işlemlerinde TBA değerini arttırdığını rapor etmiştir. Bu araştırmada, ham materyalde 1,92 mg MA/kg olarak belirlenen TBA değerinin yalnızca biberiye ilavesiz olarak fırında pişirilen (FK) çipura filetolarında önemli derecede artmış olduğu (2,41 mg MA/kg) diğer araştırma gruplarında TBA değerlerinin yükselmediği belirlenmiştir.

Araştırmada, kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen çipura filetolarında 4 aylık depolama süresince, genel olarak tüm gruplarda TBA miktarında artış ve azalışların olduğu saptanmıştır. TBA sayısında gözlenen bu düşüşlerin ise Melton (1983)'ün belirttiği gibi TBA ile reaksiyona girmeyen lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumu ve ortamda bulunan malonaldehitin diğer bileşiklerle, özellikle miyofibriller proteinlerle olan ilişkisinden dolayı olabileceği düşünülmektedir. Nunes ve ark., (1992) yeni yakalanan balıkta TBA konsantrasyonunun tipik olarak 3 ve 5 mg MA kg⁻¹ arasında olduğunu ve kabul edilebilirlik sınırının 5-8 mg MA kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırma sonucunda, depolama süresince TBA değerinde artışlar gözlenirken, bu değerlerin "yüksek-kaliteli" sınıflandırması içerisinde olduğu saptanmıştır.

Yu ve ark. (2002) biberiye ekstraktı ilaveli pişirilmiş hindi etlerinin depolanma süresi (0°C) boyunca TBA değerlerinin kontrol grubundan düşük olduğunu ve biberiye ekstraktının pişirilmiş hindi etinin kalite kaybının geciktirilmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Cadun ve ark (2008) biberiye ilavesiyle marine edilmiş karideslerin (*Parapenaeus longirostris*) TBA değerlerinin 75 günlük depolanmaları süresince kontrol grubuna göre önemli derecede düşük olduğunu belirtmişlerdir. Serdaroğlu ve Felekoğlu (2006) antioksidan olarak sardalya (*Sardina pilchardus*) kıymalarına biberiye ekstraktı ve soğan suyu ilavesi yapmanın depolama başlangıcında TBA değerleri üzerine etkili olmadığını, ancak dondurularak depolamanın 1. ayından sonra özellikle biberiye ekstraktı ilaveli sardalya kıymalarının kontrol grubuna göre önemli derecede düşük TBA değerlerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu araştırma sonucunda da kızartma ve fırında pişirilen çipura filetolarında, TBA değerlerinin genel olarak dondurularak depolama süresince, biberiye ilavesinin olduğu gruplarda kontrol gruplarına göre önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, biberiye ilavesiyle fırında ve kızartma yöntemiyle pişirildikten sonra dondurularak depolanan çipura filetolarında TBA oluşumu üzerine önleyici etkisi olduğu söylenebilmektedir. Bunlardan farklı olarak ızgara yöntemi ile pişirmede biberiye ilavesinin etkisi dondurularak depolamanın yalnızca 2. ve 3. aylarında görülmüştür. Genel olarak, araştırma elde edilen sonuçlara benzer şekilde, balık ürünlerinde oksidatif acılaşmayı önlemede biberiye ekstraktının kullanımının etkili olduğunu belirten bir çok araştırma mevcuttur (Wada ve Feng, 1992; Vareltsis ve ark., 1997; Akhatar ve ark., 1998b).

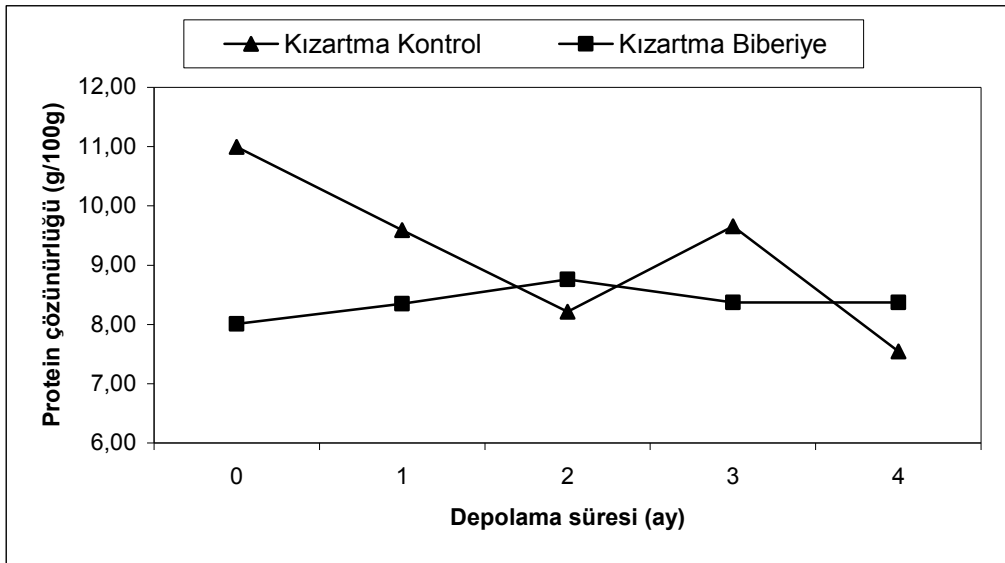
5.3.2. Protein Kalitesi

5.3.2.1. Protein Çözünürlüğü

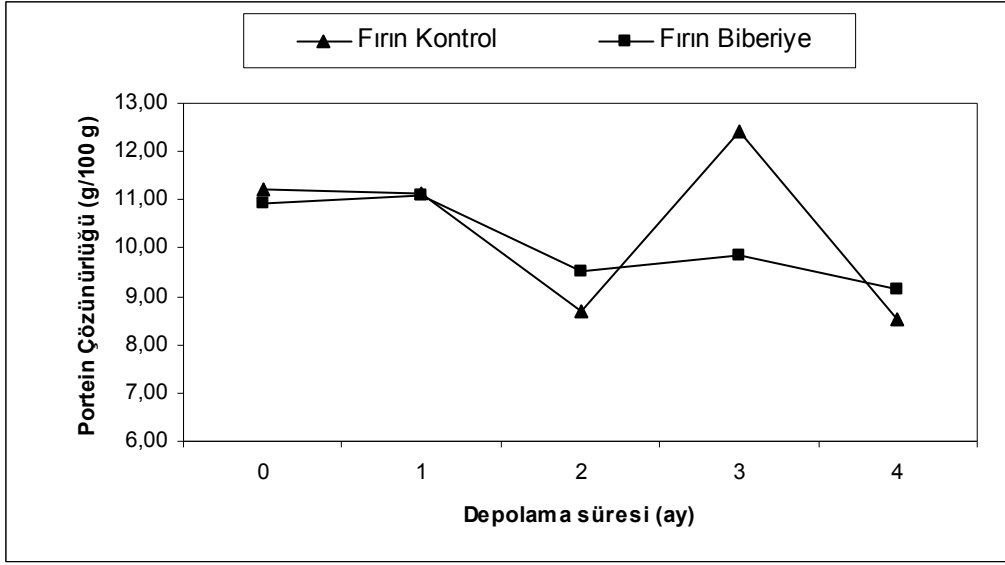
Isıl işlem uygulandığında, diğer et ve et ürünlerinde olduğu gibi balığın sarkoplazmik ve myofibriller proteinlerinin çökeldiği ve denature olduğu belirtilmektedir (Ang ve Hultin, 1989; Bertram ve ark., 2006). Doku proteinlerinin ısıtma işlem sonrası denaturasyonunda, proteinlerin ikincil ve üçüncül yapısında yer alan hidrojen bağlarının kırıldığı ve doğal yapılarının katlanamaz hale geldiği saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda, 30 ile 50 °C' lik ısıtma işleminin başlangıç aşamasında peptit zincirlerinin katlanamadığı ve sarkoplazmik proteinlerde kısmi denaturasyonun olduğu bulunmuştur. Bu değişimin etin su tutma kapasitesini azalttığı ve etin sertleşmesine sebep olduğu öne sürülmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda (50 ile 70 °C) ise denatürasyonla proteinlerde stabil çapraz bağların olduğu ve proteinlerin çökelmeye uğradığı belirtilmektedir (Mendez ve Abuin, 2006) ve meydana gelen bu değişikliklerin protein çözünürlüğünü azalttığı belirtilmektedir (Murphy and Marks, 2000). Garcia-Arias ve ark. (2003b) kızartılmış ringaların SDS/β-mercaptoethanol solüsyonundaki protein çözünürlüğünün ve –SH grubunun miktarının azaldığını bulmuştur. Benzer şekilde Castrillon ve ark. (1997) kızartılmış ringaların SDS/β-mercaptoethanol solüsyonundaki protein çözünürlüğünün kızartmadan hemen sonra azaldığını bulmuştur. Bu çalışmalara benzer şekilde, üç farklı metotla uygulanan ısıtma

işlem sonrasında çipura filetolarının protein çözünürlüğünde azalma meydana gelmiştir.

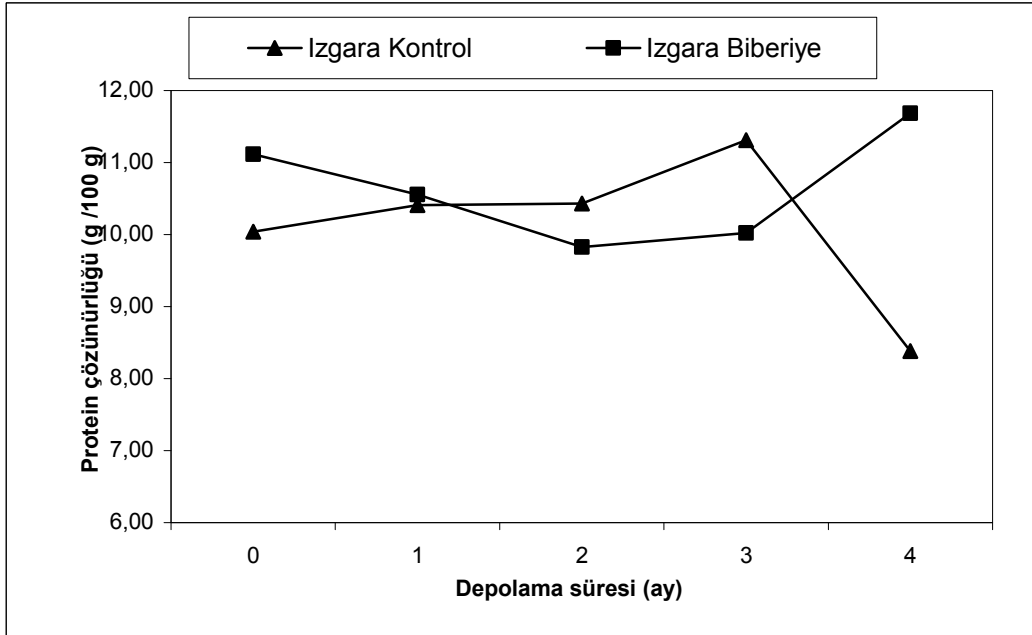
Yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklıktaki ısıl işlemin proteinlerin sülfidril gruplarının oksitlenmesine neden olduğu bununda proteinlerin –SH grubunun azalmasına ve disülfid kovalent bağların oluşmasına sebep olduğu belirtilmektedir. Bunun sonucunda ise meydana gelen değişimin protein çözünürlüğünü azalttığı belirtilmektedir (Badii ve Howell, 2002; Garcia-Arias ve ark., 2003b; Thawornchinsombut ve Park, 2006) Bu çalışmada, ısıl işlem sonucu elde edilen düşük protein çözünürlüğünün sebebinin de sülfidril gruplarda meydana gelen oksidasyon sonucu olduğu düşünülmektedir. Kuvvetli bir antioksidan olarak biberiye ilavesinin protein çözünürlüğünde muhtemel görülen sülfidril oksitlenmesi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.



Şekil11. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler.



Şekil 12. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler.



Şekil 13. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimler.

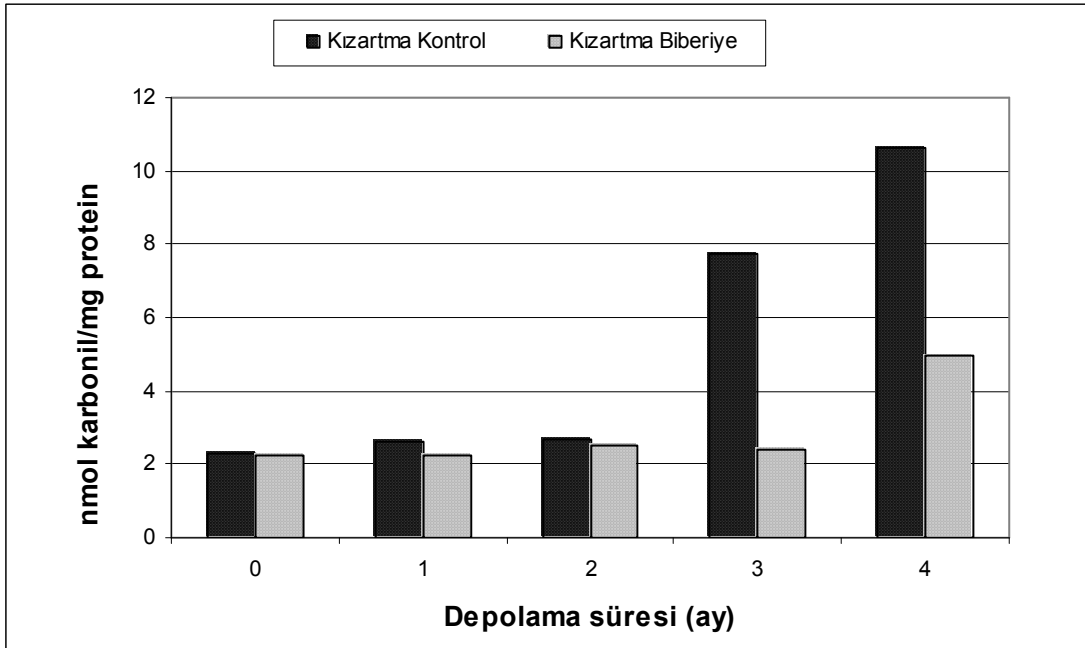
Dondurularak depolama esnasında dereceli olarak kas proteinlerinin tuzda, SDS' de ve SDS/ β -mercaptoethanol solüsyonunda çözünürlüğünde azalma meydana gelmektedir (Careche ve ark. 2002). Dolayısıyla dondurularak depolanan balıkların

tekstürel kalitesinin belirlenmesinde protein çözünürlüğünde meydana gelen değişimi incelemek, proteinlerde meydana gelen çökme ile birlikte çözünürlük azaldığı için sık kullanılan yöntemlerden birisidir (Badi ve Howell, 2002). Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında biberiye ilavesinin üç farklı pişirme metoduyla depolanan çipura filetolarının protein çözünürlüğünde meydana gelen azalmayı engellediği bulunmuştur (Şekil 11, 12 ve 13). Şekil 11’de de görüldüğü üzere, en iyi korumayı ise kızartılmış çipura filetolarında göstermiştir. Yapılan çalışmalar, dondurarak depolama boyunca protein oksidasyonunun arttığını (Baron ve ark., 2007) ve protein oksidasyonunun protein çözünürlüğünü düşürdüğünü göstermiştir (Decker ve ark., 1993; Ooizumi Xiong, 2004). Kjærsgård ve ark. (2006) alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) dondurularak depolanması sırasında myofibriller proteinlerin büyük bir çoğunluğunun okside olduğunu bulmuştur. Saaed ve Howell (2002) Atlantik uskumrusunun (*Scomber scombrus*) dondurularak depolanması sırasında antioksidan ilave edilen grubun protein çözünürlüğünün daha iyi korunduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, antioksidanın lipit oksidasyon ürünlerinin proteinlerle reaksiyona girerek çözünürlüğü azaltmasını engellediğini ve böylece protein çözünürlüğünün düşmediğini öne sürmüşlerdir. Yapılan bu çalışmada ise, biberiyenin protein çözünürlüğüne etkisi hem proteinlerin hem de lipitlerin oksitlenmesini engelleyerek olduğu düşünülmektedir.

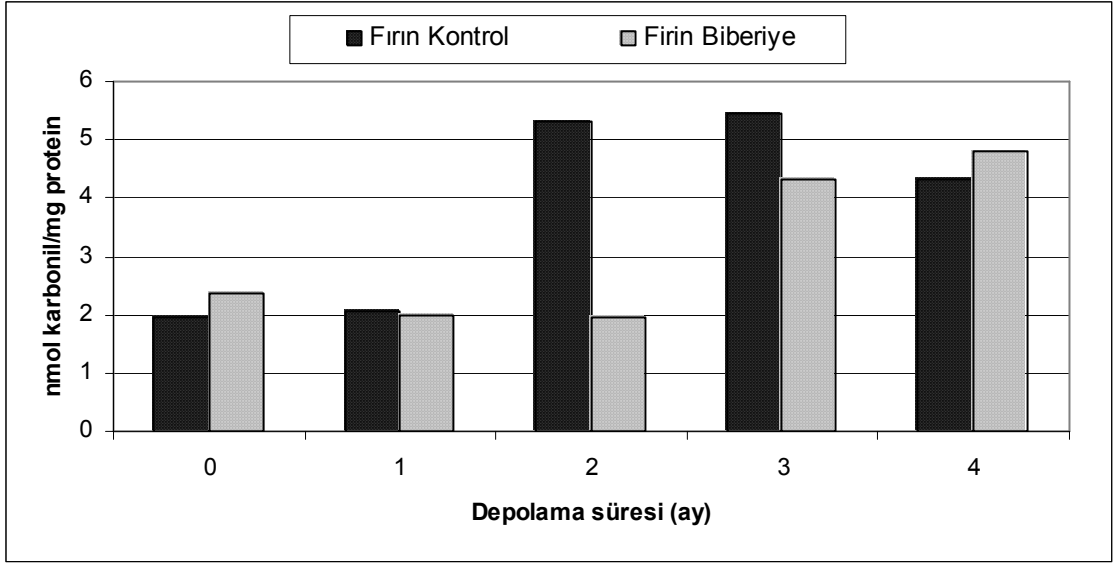
5.3.2.2. Protein oksidasyonu

Çeşitli fiziksel koşullar altında meydana gelen oksidasyonun proteinlere verdiği hasarın bir ölçüsü olarak, protein karbonil miktarının tespiti yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Protein karbonil miktarının ölçülmesinde bir çok yöntem kullanılmaktadır. Fakat bunlardan en ucuzu, en hızlısı ve en güvenilirini protein karbonillerinin 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) reaksiyonu ile spektrofotometrik olarak ölçülmesidir. (Adams ve ark., 2001; Berlett ve Stadtman, 1997; Dalle-Done ve ark., 2003). Protein karbonil düzeylerinin, peptitlerin ana zincirlerinin ve lizin, prolin, arjinin, ve treoninin gibi aminoasitlerin yan zincirlerinin oksitlenmesi sonucu oluştuğu belirtilmektedir (Stadtman and Berlett, 1997). Ayrıca, amino asitler ile ikincil lipit oksidasyon ürünlerinin reaksiyonu sonucunda proteinlerin karbonil gruplarının oluştuğu öne sürülmektedir (Zamora et al., 1999). Bu çalışmada, farklı pişirme

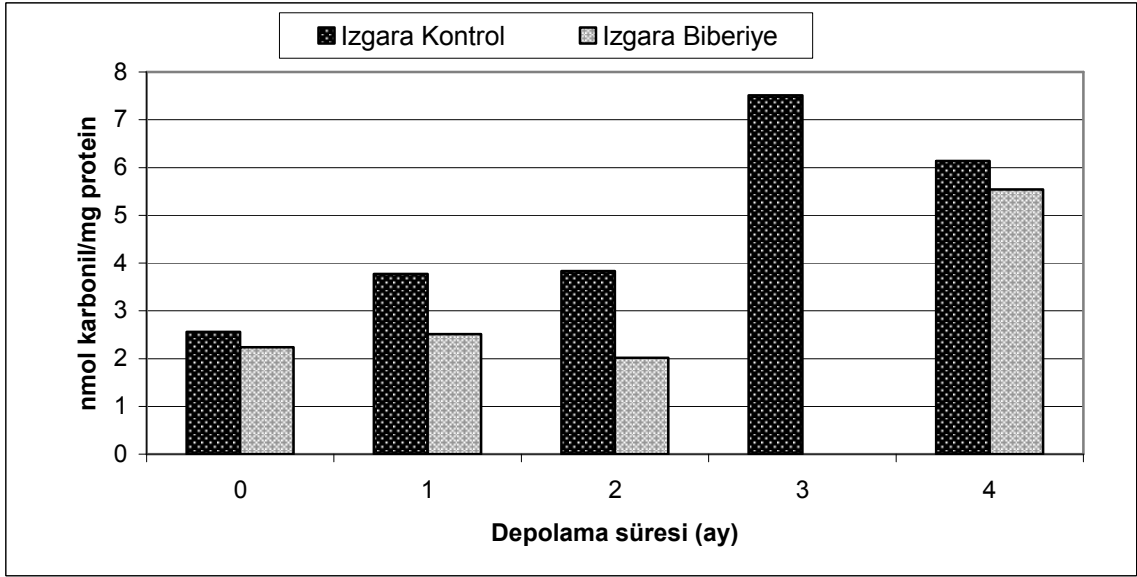
yöntemlerinde, ısıtma işleminin etkisiyle çipura filetolarındaki protein karbonil düzeyinin arttığı ve dolayısıyla da protein oksidasyonunun arttığı bulunmuştur. Benzer şekilde, Santé-Lhoutellier ve ark. (2008)'nin etlerde yapmış oldukları bir çalışmada, pişirme esnasında özellikle myofibriller proteinlerin oksidasyona karşı hassas olduklarını ve 100 °C' de 5 dakika pişirmenin protein karbonil düzeyini 2 kat arttırdığını ve 270 °C'de 1 dakikalık ısıtma işleminin 100 °C'de 45 dakikalık ısıtma işlemi sonrası bulunan karbonil düzeyiyle aynı olduğunu bulmuşlardır. Montero ve ark. (2005) Atlantik uskumru (*Scomber scombrus*) ile yapmış oldukları çalışmada, 90 °C de jel oluşumu için uygulanan ticari ve mikrodalgadan oluşan iki farklı pişirme metodu ile biberiye ekstraktının, protein oksidasyonuna karşı önemli bir antioksidan olduğu, fakat her iki yöntemle elde edilen karbonil düzeyleri arasında önemli bir fark olmadığını bulmuşlardır. Bu çalışmada ise, farklı pişirme işlemlerine biberiye ilavesinin depolama başlangıcında protein karbonil değerlerini (nmol karbonil/mg protein) etkilemediği saptanmıştır.



Şekil 14. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.



Şekil 15. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.



Şekil 16. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince protein karbonil düzeyinde meydana gelen değişimler.

Şekil 14, 15 ve 16' da görüldüğü gibi tüm araştırma gruplarında 4 aylık depolama süresi sonunda, protein oksidasyonunun gerçekleştiği görülmektedir. Dondurarak depolama esnasında balıklarda meydana gelen lipid oksidasyonu ve bunun kaliteye etkisi ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Fakat depolama sırasında

balık kasında meydana gelen protein oksidasyonu ve bunun kaliteye etkileri ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Baron ve ark (2007), -20 °C' de depolanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) protein karbonil düzeylerinin 8. aydan sonra artmaya başladığını depolamanın 13. ayında 7.7 nmol/mg protein düzeylerine ulaştığını bulmuştur. Bu çalışmada da, depolamanın ilk aylarında protein karbonil düzeylerinde önemli bir değişim saptanmazken depolamanın sonuna doğru karbonil düzeylerinde önemli bir artış saptanmıştır. Kjærsgård ve ark. (2006)' ları da benzer şekilde -20 °C' de depolanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) tüm vücut ve düşük tuzda çözünen proteinlerinde uzun süreli depolamaya bağlı protein karbonil düzeylerinde önemli artışlar saptamışlardır.

Araştırmada, farklı pişirme yöntemleri uygulanan çipura filetolarının dondurarak depolama süresince (-18°C) protein oksidasyonunun engellenmesinde, biberiye ilavesinin özellikle kızartma işleminde çok iyi koruyucu etkiye sahip olduğu (kontrol grubuna göre %50 daha az) belirlenmiştir. Diğer pişirme metotlarında ise depolamanın belirli aşamalarında etkili olduğu fakat dondurularak depolamanın 4. ayında önemli bir etkiye sahip olmadığı bulunmuştur. Estevaz ve Cava (2006), buzdolabında depolanan iki farklı domuz türünden elde edilen frankfurter tipi sosislere 3 farklı oranda biberiye yağı eklenmesinin protein oksidasyonuna olan etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, iberyali domuzundan elde edilen ve yüksek oranda biberiye yağı eklenmiş frankfurterlerde protein oksidasyonunun kontrole göre büyük oranda engellendiği ve daha düşük karbonil düzeyine sahip oldukları bulunmuştur.

Polifenoller bitki dünyasında yaygın olarak bulunan bileşiklerdir ve bunların proteinlerle non-kovalentli veya kovalentli bağlarla interaksiyona girdiği bilinmektedir (Luck ve ark., 1994; De Freitas and Mateus, 2001 Hagerman and Butler, 1981; Siebert ve ark., 1996; Rawel ve ark., 2002a; Rawel ve ark., 2002b). Araştırmacılar, proteinlere kovalent bağlanan fenolik bileşiklerin serbest fenolik hidroksi gruplarını ayırdığını ve böylece proteinlerin okside olmasının engellediğini belirtmektedirler (Hagerman and Butler, 1981; Siebert et al., 1996; Almajano and Gordon, 2004). Bunun yanında, fenolik zincir üzerindeki hidriksil gruplarının proteinlerle bağlanmasıyla ikinci halkada boşta kalan diğer hidroksil grubuyla, molekülün antioksidan özelliğinin devam edeceği öne sürülmektedir. Estevez ve ark. (2006) biberiye ekstraktında bulunan fenollerin radikal oksijen türlerini tutarak depolama

boyunca pişmiş üründe protein indirgenmesini inhibe ettiğini, bundan dolayı protein karbonil düzeyinin düşük olabileceğini öne sürmektedirler. Siebert ve ark., (1996)'na göre ise, fenolik bileşiklerin lipid oksidasyon reaksiyonlarını durdurarak ve proteinlerle birleşerek kompleks yapılar oluşturmasından dolayı proteinlerin okside olması engellenmektedir.

5.3.2.3. Sodyum dedosil sülfat poliakrilamit jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Yapılan SDS-PAGE analizlerine göre, tüm pişirme işlemlerinde özellikle 205 kDa' dan daha büyük moleküler ağırlığa sahip protein bantlarının yoğunluğunun ısıtma işlem uygulanmamış çığ balığa göre büyük oranda azaldığı bununla birlikte bu bant yoğunluğundaki kaybın fırınlanmış grupta daha fazla olduğu bulunmuştur. Tanaka ve Kimura (1988)' nin yapmış oldukları çalışmada, 115 °C' de ısıtma işlem görmüş kocagözlü orkinos (*Thunnus obesus*) ve halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) proteinlerinin elektroforez sonuçlarına göre, 8, 21 ve 32. F₀ dakikalarında, myosin ağır zincir bantının tamamen yok olduğunu ve F₀ değeri arttığında aktin ve tropomyosin bant yoğunluğunun azaldığını bulmuşlardır. Araştırmacılar ayrıca, 124 °C deki protein bant yoğunluğundaki değişimlerin de benzer şekilde olduğunu bulmuştur. Murphy ve Marks (2000) tavuklarda yapmış oldukları çalışmada, sıcaklık artışıyla birlikte, 68 kDa'dan daha büyük moleküller ağırlığa sahip protein bantlarının tamamen kaybolduğunu ve bu proteinlerin indirgenerek daha yüksek moleküler ağırlığa sahip proteinleri meydana getirebileceğini bulmuşlardır. Benzer şekilde, uzun süreli yüksek sıcaklığa maruz kalan balık etlerinde de peptit bağlarının spesifik olmayan indirgenmesinin meydana geldiği ve yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerin oluştuğu belirtilmektedir (Tanaka ve Kimura, 1988). Bu çalışmada, indirgen maddenin yokluğunda elde edilen jelde, çığ balığa göre bant yoğunluklarının azalması proteinlerde bir kopmanın olduğunu ve daha yüksek moleküler ağırlıklı peptitlerin oluşabileceğini göstermektedir. İndirgen maddenin yokluğunda görülmeyen bu bantların indirgen maddenin varlığında elde edilen elektroforez analizinde tekrar görüldüğü tespit edilmiştir. Özellikle en büyük kaybın olduğu fırınlanmış ürünlerdeki kaybolan bant yoğunluklarının, indirgen maddenin varlığında tekrar görülmesi ısıtma işlem sonucunda S-S köprüleri ile yüksek moleküler ağırlıklı proteinlerin oluştuğunu göstermektedir. Belikov ve ark. (1981), ısının proteinlerdeki yıkıcı etkisinin disülfid

çapraz bağlarının oluşmasından dolayı olduğunu belirtmektedir. SH gruplarına ve S-S bağlarına sıcaklığın etkisi Opstevedt ve ark. (1984) tarafından *Theragra chalcogramma* ve pasifik uskumrusu (*Pneumataphorus diego*) çalışılmıştır. 40 ile 115 °C arasındaki sıcaklıklarda yapılan 20 dak ısıtma sonucunda –SH gruplarında lineer bir azalma ve S-S bağlarında ise bir artış saptamıştır. Yapılan araştırmalar, bizim bulduğumuz sonuçlarla benzer şekilde, yüksek sıcaklık uygulamasının balık etlerindeki myosin ağır zincirin disülfid bağlarıyla polimerize olup yüksek moleküler ağırlığa sahip bileşiklerin oluştuğunu doğrulamaktadır (Itoh ve ark., 1979; Itoh ve ark., 1980; Tunhun ve ark., 2002). Sülfidril gruplar ve disülfid bağları, proteinlerin doğal fonksiyonlarının ve yapısının korunmasında önemlidir. Yüksek sıcaklıklarda balık proteinlerinin sülfidril gruplarında oksidasyonun meydana geldiği ve böylece S-S kovalent bağlarının oluştuğu belirtmektedir (Itoh ve ark., 1979, 1980). Protein oksidasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar, okside olmuş myofibriller proteinlerin disülfid köprüleriyle kovalent bağlar oluşturabileceğini göstermektedir (Liu ve Xiong, 2000; Ooizumi ve Xiong, 2006; Tokur ve Korkmaz, 2007). Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, ısıl işlem sonrası protein çözünürlüğünün azalması, protein karbonil düzeyinin artması ve disülfid köprüleriyle proteinlerin denatüre olması, bu durumun oksitlenmeyle meydana gelebileceğini göstermektedir. Biberiye ilavesiyle yapılan ısı uygulamalarında başlangıçta tıpkı karbonil ve protein çözünürlüğünde bulunan sonuçlar gibi protein kalitesinin korunmasında da önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Depolamanın ilk ayında, biberiye ilavesinin özellikle kızartılmış grup başta olmak üzere önemli bir koruyucu etkiye sahip olduğu görülmektedir. İndirgeyen maddenin varlığında yapılan elektrofez sonuçlarında, yeni bantların varlığının olmaması veya bant yoğunluklarında herhangi bir artma meydana gelmemesi ve biberiyeli grupta ise herhangi bir değişimin olmaması, daha yüksek moleküllü polimerleşmenin disülfid olmayan kovalent bağlarla oluştuğunu göstermektedir (Decker et al., 1993; Saeed ve Howell, 2002). Diğer pişirme metotlarında ise, depolama boyunca herhangi bir önemli değişime rastlanmamıştır.

Bu sonuçlar, biberiyenin depolama da disülfid bağları sonucu oluşan polimerleşmede değil proteinlerin diğer şekillerde oluşturduğu oksitlenmede antioksidan olarak görev yaptığını düşündürmektedir. Belki de, farklı ısıl işlem sonucunda biberiyenin disülfid oksitlenmeden kaynaklanan protein oksidasyonunda

etkisinin olmamasının sebebi de budur. Çoğu çalışma, proteinlerin oksidatif modifikasyonu sonucu oluşan intra- veya inter-protein çapraz bağla bağlanmış protein türevlerini etkileyen bir çok mekanizma olduğunu göstermiştir (Jiang ve Lee, 1985; Stadtman, 1990; Berlett ve Stadtman, 1997; Dalle-Donne ve ark., 2001; Stadtman ve Levine, 2003). Stadtman (1990) reaktif oksijen türlerinin meydana getirdiği oksitlenme sonucu ortaya çıkan protein-protein çapraz bağ oluşumunu şu şekilde özetlemiştir: (a) Bir proteinin karbonil grubu ile diğer proteinin lizin amino asidinin Ne-amino grubu ile reaksiyonu sonucu Schiff-base çapraz bağlanmış türevlerinin oluşumu, (b) aynı proteinin veya iki farklı proteinin sistin kısmının oksitlenmesi sonucu intra- veya inter-disulfit çapraz bağlanmış türevlerin oluşması, (c) proteinlerin histidin, lizin veya sistein kalıntılarında doymamış aldehit gruplarının, bağlanması sonucu aldehidrik grup oluşmasıyla diğer proteinin Schiff base protein-protein çapraz bağlanmış türevlerin oluşması (d) Protein-protein çapraz bağları, bağlanmış iki farklı proteinin lizin kalıntılarıyla çok doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidasyonu sonucu oluşan malonaldehitin aldehit grubuyla birleşerek oluşması diye sıralanabilir.

Bu çalışmada elde edilen bu sonuçlardan, biberiyenin b şıkkı ile oluşabilecek oksitlenme dışında yukarıda bahsedilen herhangi bir oksitlenme sonucu oluşmuş çapraz bağların oluşmasına engel olduğu düşünülmektedir.

Protein ve lipitler arasındaki interaksiyonlar, gıdalardaki oksidatif reaksiyonlar üzerinde önemli etkilere sahiptir. Kuvvetli interaksiyonlarından dolayı, oksidasyon reaksiyonu, lipitlerden proteinlere kolaylıkla transfer olabilir. Bu çalışmada, pişirme ve depolama sonrasında malonaldehit miktarında hem biberiye eklenmemiş hem de eklenmiş grupların tümünde önemli düşüşler gözlenmiştir. Bunun sebebinin, lipit oksidasyonunun ikincil ürünleriyle proteinlerin reaksiyona girerek, proteinlerin bir antioksidan olarak görev yaptığı ve bundan dolayı TBA değerinin düşük çıktığı düşünülmektedir. Gıdalardaki antioksidan aktivitesinin değerlendirilmesi için bir çok metot kullanılmaktadır. Bunlardan en çok, proteinlerin lipit oksidasyonunda bir antioksidan olarak rol oynayıp oynamadığı tiyobarbiturik asitle reaktif bileşiklerin (TBARS) miktarı tespit edilerek ölçülmektedir (Alaiz ve ark., 1995; Zamora ve ark., 1997; Yen ve ark., 2002). Yapılan çalışmalarda, proteinlerin gıdalarda farklı model sistemlerde bir antioksidan olarak görev yaptığı ve lipit oksidasyonunu inhibe ettiği belirtilmektedir. Proteinlerin ve amino asitlerin antioksidan mekanizması gıda

sistemlerinde şöyle açıklanmaktadır: (1) lipit hidroperoksit-geçiş metal interaksiyonunun oluşmasını en aza inderek (2) pro-oksidatif metalleri tutarak ve (3) proteinlerde bulunan sülfidril gruplar nedeniyle serbest radikalleri inaktif ederek. Bunlara ek olarak, protein, peptit ve amino asitlerin lipit oksidasyonunun sebep olduğu hasarları engellemede sahip oldukları bazı amino asitlerden (histidin, lizin, tiyrozin, fenilalanin, triptofan, prolin, metiyon ve sistin) kaynaklandığı düşünülmektedir.

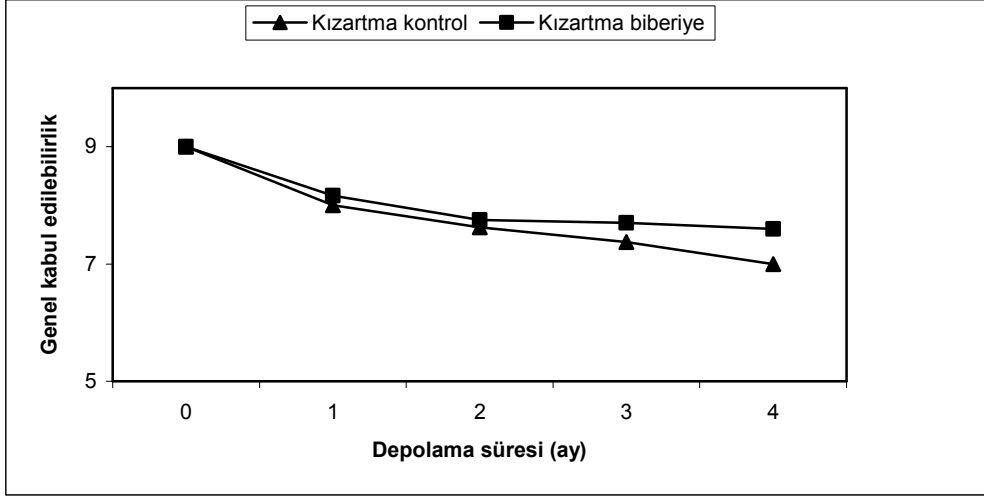
Lipitlerin birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin proteinlerle reaksiyonu sonucu proteinlerin okside olabileceği ve protein karbonil bileşiklerinin oluşabileceği saptanmıştır. Bu çalışmada da, TBA daki düşüğe paralel olarak protein karbonil düzeylerindeki artışın proteinlerin bir antioksidan olarak görev yaptığı ve lipit oksidasyonunu engellediği sonucuna varılabilir. Ayrıca bu sonuçlar, bu çalışmada protein çözünürlüğünde meydana gelen düşüşün protein-lipid interaksiyonundan olduğunu doğrulamaktadır.

Lipid oksidasyon ürünleri, proteinlerin primer yapılarını değiştirerek üçüncül ve sekonder yapılarında değişmesine sebep olurlar (Meng et al., 2005). Lipit oksidasyon ürünleri tarafından proteinlerin oksidasyonu, amino asitlerin yan zincirlerinin oksidasyonuna, peptit bağlarının ayrılmasına ve kovalent protein-protein çapraz bağlı bileşiklerin oluşmasına neden olur (Zhu et al., 1994; Stadtman and Berlett, 1997; Hidalgo and Zamora, 2000; Zamora et al., 2000). Bunun sonucunda, inaktif bileşiklerin oluştuğu, proteinlerin çökeldiği ve protein çapraz bağların oluştuğu gösterilmiştir (Saeed et al., 1999; Refsgaard ve ark., 2000; Stadtman ve Levine, 2003; Saeed ve Howell, 2004). Bu çalışmada da, lipit oksidasyon ürünleri ile proteinlerin çapraz bağlar oluşturarak non-disülfid kovalent bağlarla poymerleştiği söylenebilir.

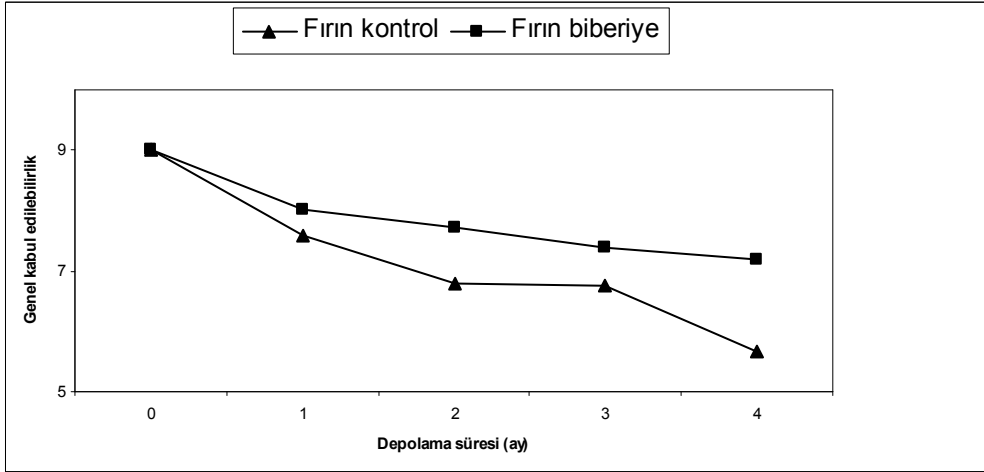
5.4. Duyusal Değişimler

Araştırmada, kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetoları kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilmiş ve 6 deneyimli panelist tarafından duysal olarak değerlendirilmiştir. Düşük yağ içerikli sığır burgerlerin farklı yöntemlerle pişirilmesini konu alan bir araştırmada panelistler ızgara yöntemiyle pişirilen burgerlerin kızartma yöntemiyle pişirilen burgerlerden daha yüksek genel kabul edilebilirlik değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Dreeling ve ark., 2000). Bu araştırmada ise duysal

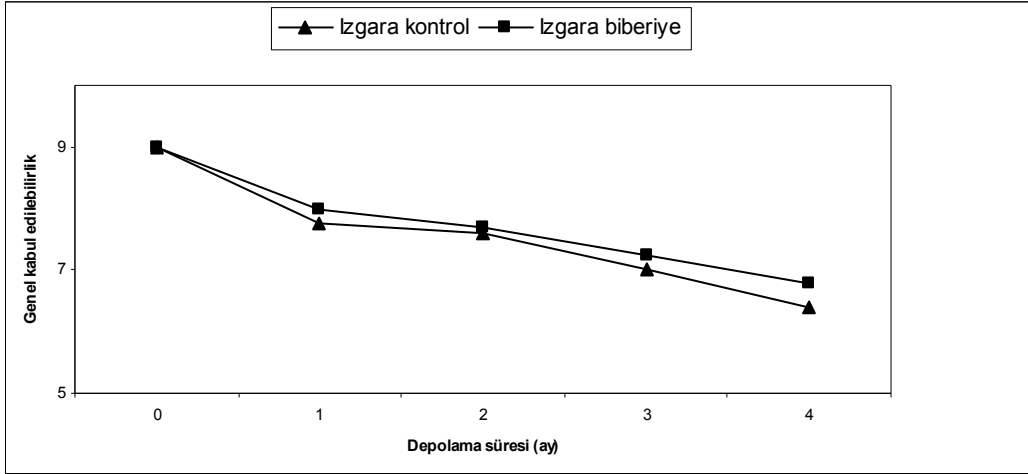
derlendirmeye katılan panelistler, kızartma, fırın ve ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarının tüm duyuasal skorlarının “çok iyi kalitede” (9) olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 17. Kızartma yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler



Şekil 18. Fırında pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler



Şekil 19. Izgara yöntemiyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak depolanmaları süresince genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler

Şekil 17, 18 ve 19'da kızartma, fırın ve ızgara yöntemleriyle pişirilen kontrol ve biberiye ilaveli çipura fileto larının dondurularak (-18⁰C) depolama süresi boyunca genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişimler görülmektedir. Araştırmada, duyusal değerlendirme skorlarına göre genel olarak tüm grupların 4 aylık depolama sonunda başlangıçtaki çok iyi kalite (8-9) değerlerinden iyi kalite (6-7) değerlerine düştüğü ancak hala pazarlanabilir, tüketilebilir özellikte oldukları belirlenmiştir. Panelistler, dondurularak depolama süresi sonunda en düşük genel kabul edilebilirlik puanının fırın kontrol (FK) grubunda (5,60) olduğunu ancak bu grubun da hala tüketilebilir özellikte olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada elde edilen kimyasal verilerdeki gözlenen değişimlerin de duyusal verileri desteklediği görülmektedir. Benzer şekilde Tokur ve ark. (2006) 180 ⁰C'de 30 saniye kızartılarak ön pişirme uygulanmış sazan kroketlerinin -18⁰C'de beş aylık dondurularak depolanmaları sonunda duyusal skorlarında bir azalma olduğunu ancak tüketilebilirlik sınırları içerisinde olduklarını belirtmişlerdir.

Genel olarak sığır etlerinin duyusal kaliteleri üzerine biberiye ekstraktının olumlu etkilerde bulunduğu ve raf ömrünü arttırdığı yönde bir çok araştırma sonucu bulunmasına karşın (Sanchez-Escalante ve ark., 2001; Djenane ve ark., 2002; Djenane ve ark., 2003; Djenane ve ark., 2004) su ürünlerinde bu yönde yapılmış çok az araştırma vardır. Nissen ve ark. (2004) da işlenmiş domuz ürünlerinin depolanmaları süresince duyusal kalitelerinin korunabilmesinde biberiye ekstraktının potansiyel bir antioksidan madde olduğunu belirtmişlerdir. Benzer olarak bu

araştırma sonucunda, dondurularak depolanama süresince biberiye ilavesinin kızartma ve fırında pişirilen çipura filetolarının duyu kalitelerine olumlu yönde etkide bulunduğu belirlenirken ızgara yöntemiyle pişirilen çipura filetolarının duyu kaliteleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

Gıdaların ısıtılmasında geleneksel olarak kullanılan fırınların yanında mikrodalga fırınların kullanımı da yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Mikrodalga fırınlarda besine ulaşan mikrodalgalar su moleküllerinin titreşmesini sağlayarak sürtünmeden dolayı açığa çıkan ısı ile besinin ısınmasını veya pişmesini sağlamaktadır. Mikrodalga fırında ısıtma, diğer ısıtma yöntemlerinden daha hızlı ve daha ekonomiktir. Çünkü ısınma süresi içinde sadece besin ısınır, fırın ve ortamın ısınması için zaman harcanmamaktadır. Bununla beraber, fırında veya mikrodalga fırında yeniden ısıtmanın duyu değerlere etkisi üzerine farklı görüşler bulunmaktadır. Sınırlı sayıda ulaşılan bu kaynaklara göre, El-Shimi (1992) mikrodalga fırında yeniden ısıtılan sığır etlerinin fırında yeniden ısıtılan etlerden daha iyi duyu değerlere sahip olduğunu belirtmiştir. Beth ve ark (2006) koku yönünden fırında ısıtılan sığır etlerinin daha iyi değerlere sahip olduğunu ancak lezzet yönünden fırında veya mikrodalga fırında ısıtma arasında fark olmadığını belirtmiştir. Brady ve ark. (1985) ise dilbalığı (*Platichthys flesus*) ve mezzgit (*Melanogrammus aeglefinus*) filetolarının fırında ve mikrodalga fırında ısıtılmaları sonucu lezzet, görünüş ve genel kabul edilebilirlik değerleri arasında fark olmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da 4 ay süresince dondurularak (-18°C) depolanan çipura filetolarının geleneksel metotla fırında ve mikrodalga fırında yeniden ısıtılmalarının duyu değerlere etkileri incelenmiş ve bir araştırma grubu dışında (FB) diğer beş grupta duyu kalite üzerine önemli bir etki yapmadığı saptanmıştır (Çizelge 18, 19 ve 20). Araştırma sonucunda elde edilen bu verilere göre, çipura filetolarının fırında veya mikrodalga fırında yeniden ısıtılmalarının duyu kalite üzerine önemli bir etki yapmadığı söylenebilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu proje kapsamında, farklı pişirme, doğal antioksidan ilavesi, ve yeniden ısıtma metotlarının çipuranın protein ve lipit kalitesi ile besin ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, biberiye ilavesinin olmadığı kontrol grubu ve % 2 oranında biberiye ekstraktı uygulanan gruplar kızartma, fırında ve ızgara yöntemleri ile pişirilmişlerdir. Bu aşamada biberiye ilavesi ve kontrol gruplarını içeren kızartma, fırında ve ızgara yöntemleriyle pişirilmiş çipura örneklerinin bir bölümüne besin kompozisyonu, kimyasal ve duyuşal kalite analizleri yapılmış ve diğer bölümü -18 °C'de dondurularak 4 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Bu süre içerisinde her ay depolanan örneklerde protein ve lipit oksidasyonunun gelişimini takip edebilmek amacıyla, duyuşal analiz, protein karbonil değeri, miyofibriller protein çözünürlüğü, sodyum dedosil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE), serbest yağ asitleri, peroksit ve tiyobarbitürik asit analizleri yapılmıştır. 4 aylık süre sonunda buz dolabında bir gece bekletilerek çözdürülen örnekler iki farklı yöntemle (geleneksel yöntem olan fırında ısıtma ve mikro dalga ile ısıtma) ısıtılarak besin kompozisyonu, yağ asiti kompozisyonu ve duyuşal değeriindeki değişimler belirlenmiştir.

Tüm bu uygulamalardan sonra elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

Araştırma sonucunda tüm ısıtma uygulamalarının lipit oksidasyonunu arttırdığı bulunmuştur. Elde edilen verilere göre biberiye ekstraktı ilavesinin dondurularak depolama süresince oksidatif gelişimi engelleyici etkisi olduğu söylenebilmektedir.

Biberiye ilavesinin tüm gruplardaki protein çözünürlüğünde ve protein karbonil düzeyleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Özellikle, kızartma işlemi uygulanmış grupta, biberiye ilavesinin protein çözünürlüğündeki zamana bağlı azalmayı tamamen durduğu ve protein oksidasyonunu da yaklaşık olarak %50 oranında azalttığı bulunmuştur. SDS-PAGE analizlerinde ise biberiyenin, depolama boyunca özellikle kızartmada oksitlenme sonucunda proteinlerdeki polimerleşmenin disülfid olmayan kovalent bağlarla oluşan bağlanmaya karşı antioksidan görev yaptığı ve diğer pişirme metotlarını ise etkilemediği saptanmıştır. Ayrıca proteinlerde

meydana gelen oksitlenme ve kalite kaybının ikincil lipit oksidasyon ürünleri ile proteinlerin interaksyonu sonucu gerçekleşebileceği ve biberiyenin bunu engellemede önemli bir etkiye sahip olabileceği bulunmuştur.

Daha önce yapılan araştırma sonuçlarına benzer olarak, kızartma, fırınlama ve ızgara yöntemiyle pişirmenin çipura filetosunun besin madde bileşenleri ve yağ asidi kompozisyonunu etkilediği görülmüştür. Fırında pişirme yönteminin diğer metotlara göre yağ asit kompozisyonunu en az etkileyen metot olduğu söylenebilir. 4 ay süresince dondurularak depolamanın yağ asidi kompozisyonu üzerinde büyük değişikliklere neden olmadığı belirlenmiştir.

Kontrol ve biberiye ilaveli çipura filetolarının farklı yöntemlerle pişirilmelerinin duyusal skorlarında farklılık yaratmadığı tüm grupların “çok iyi kalitede” oldukları belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme skorlarına göre genel olarak tüm grupların 4 aylık depolama sonunda başlangıçtaki “çok iyi kalite” değerlerinden “iyi kalite” değerlerine düştüğü ve hala pazarlanabilir, tüketilebilir özellikte oldukları belirlenmiştir. Biberiye ilavesinin ise dondurularak depolanma süresince kızartma ve fırında pişirilen çipura filetolarının duyusal kalitelerine olumlu yönde etkide bulunduğu ve bunun kimyasal verilerce desteklediği gözlenmiştir.

Araştırmada fırında veya mikrodalga fırında yeniden ısıtmanın çipura filetolarının besin madde bileşenleri ve duyusal özellikleri üzerine önemli bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir. Yeniden ısıtma yöntemlerinin yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkileri incelendiğinde, en dikkat çekici sonucun, biberiye ilaveli kızartılmış ve fırınlanmış grupların mikrodalga ile yeniden ısıtılanlarında EPA ve DHA içeriklerinin daha yüksek oranlarda olduğunun gözlenmesi olmuştur.

Sonuç olarak, yağ asitlerinin korunumu açısından çipura filetolarının pişirilmesinde fırında pişirme yöntemi önerilmektedir. Çipura filetolarına özellikle kızartılma öncesi biberiye ilavesinin uygulanması, insanlar için kanserojen ve mutajenik bir yapıya sahip olan protein oksidasyon ürünlerinin oluşmasına engel olunarak besinsel kayıpların en aza indirilmesi ve balığın tekstürel yapısında (jel oluşturma kabiliyeti, su tutma kapasitesi, doku yapısı vb.) gerçekleşecek olumsuzlukların engellenmesi amacıyla önerilebilmektedir. Biberiye ilavesinin depolama süresince lipit ve protein oksidasyonunu geciktirmesi ve duyusal kalite üzerine olumlu etkilerinin belirlenmesi nedeniyle de katkı maddesi olarak kullanımının avantajlı olduğu görülmektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, evrensel düzeyde gıda endüstrisi, besin kompozisyonu ve beslenme üzerine yapılan akademik çalışmalar, klinik çalışmalar, sağlıklı beslenme üzerine araştırma yapan diyet uzmanları ve direkt olarak ta tüketicilere ulaşabilecek yararlı bilgiler içermektedir. Bu bilgilerin su ürünleri muhafaza, işleme ve pazarlama alanlarında çalışan pek çok kişi ve tüketicilere ulaşması ekonomik kazanç sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, araştırma konusunun farklı gıdalara uygulanabilme ve yeni projelerin planlanabilmesine de temel oluşturacaktır. Özellikle gıdalardaki protein oksidasyonu, proteinlerin diğer bileşiklerle olan interaksiyonu ve bunun gıdanın kalitesine olan etkisi ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Halbuki, protein oksidasyonu sonucu oluşan bileşiklerin insan sağlığında ne kadar olumsuz etkiye sahip olduğu ve bir çok hastalığın sebebi olduğu ile ilgili çalışmalar uzun zamandır tıp alanında çalışanların ilgili konusu olmuştur. Bu nedenle, gıdalarla insan bünyesine katılan bu bileşiklerin miktarı ve bu miktarı etkileyen mekanizmalar, gıdanın raf ömrüne ve kalite kaybına olan etkileri ve bu kaybın engellenmesi için gerekli olan uygulamalar üzerine daha çok çalışma yapılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- ABDEL-AAL A.H., Using Antioxidants for Extending the Shelf Life of Frozen Nile Karmout (*Claries lazera*) Fish Mince, *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 10 (4), 87–99, (2001).
- ABRAMOVIC H., Abram V., Effect of Added Rosemary Extract on Oxidative Stability of *Camelina Sativa* Oil, *Acta Agriculturae Slovenica*, 87 (2), 255-261, (2006).
- ADAMS S., Green P., Claxton R., Simcox S., Williams M.V., Walsh K., Leeuwenburgh C., Reactive Carbonyl Formation by Oxidative and Non-Oxidative Pathways, *Frontiers in Bioscience*, 6, 17-24, (2001).
- ALAIZ M, Zamora R., Hidalgo FJ., Addition of Oxidized Lipid/Amino Acid Reaction Products Delays The Peroxidation Initiated in a Soybean Oil, *J Agric Food Chem*, 43, 2698-2701 (1995).
- ALIGIANNIS N., Mitaku S., Tsitsa-Tsardis E., Harvala C., Tsaknis I., Lalas S., Methanolic Extract of *Verbascum macrurum* as a Source of Natural Preservative Against Oxidative Rancidity, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 7308-7312, (2003).
- AL-SAGHIR S., Thurner K., Wagner K.H., Effects of Different Cooking Procedures on Lipid Quality and Cholesterol Oxidation of Farmed Salmon Fish (*Salmo salar*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5290–5296, (2004).
- ALMAJANO MP and Gordon MH., Synergistic Effect of BSA on Antioxidant Activities Model Food Emulsions, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 81, 275-280,(2004).
- AKHTAR P., Gray J.I., Booren A.M., Garling D.L., Effect of Dietary Components and Surface Application of Oleoresin Rosemary on Lipid Stability of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Muscle during Refrigerated and Frozen Storage, *Journal of Food Lipids*, 5, 43-58 (1998a).
- AKHTAR P., Gray J.I., Booren A.M., and Gomaa E.A., The Effects Of Dietary α -Tocopherol And Surface Application of Oleoresin Rosemary on Lipid Oxidation and Cholesterol Oxide Formation in Cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Muscle, *Journal of Food Lipids*, 5, 59-71,(1998b).
- ANG J.F., Huitin H.O., Denaturation of Cod Myosin during Freezing after Modification with Formaldehyd. *Journal of Food Science*, 54, 814-818 (1989).

- AOCS 1994. The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL.
- AOAC, 1998. *Official Methods of Analysis*, 16 th Ed., Chapter 39. (Chapter editor D.L., Soderberg) In: Official Methods of Analysis of AOAC International (Edited by P. Cunniff). Gaithersburg, MD
- ARTS M.T., Ackman R.G., Holub B.J., "Essential Fatty Acids" in Aquatic Ecosystems: A Crucial Link Between Diet and Human Health and Evolution, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 122–137,(2001).
- ATHUKORALA Y., Lee K., Shahidi F., Heu M.S., Kim H., Lee J., Antioxidant Efficacy of Extracts of an Edible Red Alga (*Grateloupia filicina*) in Linoleic Acid and Fish Oil, *Journal of Food Lipids*, 10, 313-327, (2003).
- BADII F., Howell N.K., Effect of Antioxidants, Citrate, and Cryoprotectants on Protein Denaturation and Texture of Frozen Cod (*Gadus morhua*), *J. Agric. Food Chem.*, 50 (7), 2053–2061,(2002).
- BAKAR J., Rahimabadi E.Z., Man Y.B.C., Lipid Characteristics in Cooked, Chill-Reheated Fillets of Indo-Pacific King Mackerel (*Scomberomorous guttatus*), *LWT-Food Sc and Technol*, 41, 2144-2150, (2008).
- BALASUNDRAM N., Sundram K., Samman S., Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses, *Food Chemistry*, 99, 191-203,(2006).
- BAIRD-PARKER, T.C., The Production of Microbiologically Safe and Stable Foods, In *The Microbiological Safety and Quality of Food* ed: Lund B.M., Baird-Parker T.C.,Vol:3, Gaithersburg, Aspen Publishers, Inc., (2000).Pp:18.
- BARON, C., Kjærsgård, I.V.H., Jessen, F., Jacobsen, C., Protein and Lipid Oxidation during Frozen Storage of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *J Agric. Food Chem.*, 55, 8118-8125, (2007).
- BELIKOV V.M., Antonova T.V., Bezrukov M.G., Einfluß einer Erwärmung verschiedener Eiweiße auf ihre Spaltbarkeit durch proteolytische Enzyme, *Nahrung*, 25, 91-97, (1981).
- BERLETT B.S., Stadtman E.R., Protein Oxidation Aging, Disease, and Oxidative Stress, *J. Bio. Chem.*, 272, 20313-6,(1997).

- BERTRAM H.C., Kohler, A., Bcker, U., Ofstad,R., Andersen A.J., Heat-Induced Changes in Myofibrillar Protein Structures and Myowater of Two Pork Qualities. A Combined FT-IR Spectroscopy and Low-Field NMR Relaxometry Study, *J. Agric. Food Chem.*, 54, 1740-6, (2006).
- BETH M., Baldwin R.E., Influence of Microwave Reheating on Selected Quality Factors of Roast Beef, *Journal of Food Science*, 45, 1460-1462, (2006).
- BLIGH E.G., Dyer W.J., A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917,(1959).
- BOGNÀR A., Comparative Study of Frying to Other Cooking Techniques, Influence on the Nutritive Value, *Grasasy Aceites*, 49, 250–260,(1998).
- BRADY P.L., Haughey P.E., Rothschild M.F., Microwave and Conventional Heating Effect on Sensory Quality and Thiamin Content of Flounder and Haddock Fillets, *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 14, 236-240, (1985).
- CADUN A., Kışla D., Çaklı Ş., Marination of Deep-water Pink Shrimp With Rosemary Extract and the Determination of its Shelf-life. *Food Chemistry*, 109, 81-87, (2008).
- CANDELA M., Astiasara'n I., & Bello J., Effects of Frying and Warmholding on Fatty Acids and Cholesterol of Sole (*Solea solea*), Codfish (*Gadus morhua*) and Hake (*Merluccius merluccius*), *Food Chemistry*, 58, 227–231, (1997).
- CANDELA M., Astiasara'n I., & Bello J., Deep-fat Frying Modifies High-fat Fish Fraction, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2793-2796, (1998).
- CARECHE M., Mazo M.L., Fernández-Martín, F., Extractability and Thermal Stability of Frozen Hake (*Merluccius merluccius*) Fillets Stored at -10 and -30°C, *J. Sci. Food Agric .*, 82,1791–1799, (2002).
- CASTRILON A.M., Navarro P., Alvarez-Pontes E., Changes in Chemical Composition and Nutritional Quality of Fried Sardine (*Clupea pilchardus*) Produced by Frozen Storage and Microwave Reheating, *Journal of Scince of Food and Aquculture*, 75, 125-132, (1997).
- CHO S.Y., Endo Y., Fujimoto K., Kaneda T., Autoxidation of ethyl eicosapentaenoate in a defatted fish dry model system, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 545–552, (1989).
- CREED P.G., The Potential of Food Service Systems for Satisfying Consumer Needs, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, 219–227, (2001).

- DALLE-DONE I., Rossi R., Giustarini D., Lusini L., Milzani A., Simplicio P.D., Colombo R., Actin Carbonylation: from a Simple Marker of Protein Oxidation to Relevant Signs of Severe Functional Impairment, *Free Radical Biology & Medicine*, 31, 1075-1083, (2001).
- DALLE-DONE I., Rossi R., Giustarini D., Milzani A., & Colombo R., Protein Carbonyl Groups As Biomarkers Of Oxidative Stress, *Clinica Chimica Acta*, 329, 23-38, (2003).
- DE FREITAS, V ., Mateus N., Structural Features of Procyanidin Interactions with Salivary Proteins, *J Agric Food Chem*, 49, 940-945 (2001).
- DECKER, E.A., Xiong, Y.L., Calvert, J.T., Crum, A.D., Blanchard, S.P., Chemical, Physical, and Functional Properties of Oxidized Turkey White Muscle Myofibrillar Proteins, *J. Agric.Food Chem.*, 41, 186-189, (1993).
- DİE 2007. Su Ürünleri İstatistikleri, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- DJENANE D., Sánchez-Escalante A., Beltrán J.A., Roncalés P., Ability of α -Tocopherol, Taurine and Rosemary, in Combination with Vitamin C, to Increase the Oxidative Stability of Beef Steaks Packaged in Modified Atmosphere, *Food Chemistry*, 76, 407–415, (2002).
- DJENANE D., Sánchez-Escalante A., Beltrán J.A., Roncalés P., Extension of the Shelf Life of Beef Steaks Packaged in a Modified Atmosphere by Treatment with Rosemary and Displayed under UV-free Lighting, *Meat Science*, 64, 417-426, (2003).
- DJENANE D., Sánchez-Escalante A., Beltrán J.A., Roncalés P., Antioxidant Effect of Carnosine and Carb Fresh Beef Steak Stored under Modified Atmosphere, *Food Chemistry*, 85, 453-459, (2004).
- DREELING N., Allen P., Butler F., Effect of Cooking Method on Sensory and Instrumental Texture Attributes of Low-fat Beef Burgers, *LWT- Food Science and Technology*, 33, 234-238, (2000).
- DYER W.J., Fench H.V., Snow J.M., Proteins in Fish Muscle, 1. Extraction of Protein Fraction in Fresh Fish, *J. Fish Res. Bd. Can*, 7, 585, (1950).

- EDER K., Suelzle A., Skufca P., Brandsch C., Hirche F., Effects of Dietary Thermoxidized Fats on Expression and Activities of Hepatic Lipogenic Enzymes in Rats, *Lipids*, 38, 31-38, (2003).
- EL-SHIMI N.M., Influence of Microwave and Conventional Cooking and Meating Sensory and Chemical Charecteristics of Roast Beef, *Food Chemistry*, 45, 11-14 (1992).
- ESTEVEZ M., Cava R., Effectiveness of Rosemary Essential Oil as an Inhibitor of Lipid and Protein Oxidation: Contradictory Effects in Different Types of Frankfurters, *Meat Sci.*, 72, 348-355, (2006).
- ESTEVEZ, M., Ventanas, S., Cava, R., Effect of Natural and Synthetic Antioxidants on Protein Oxidation and Colour and Texture Changes in Refrigerated Stored Porcine Liver Pâté, *Meat Sci.*, 74, 396-403, (2006).
- FRANKEL E.N., Huang S.W., Prior E., Aeschbach R., Evaluation of Antioxidant Activity of Rosemary Extracts, Carnosol and Carnosic Acid in Bulk Vegetable Oils and Fish Oils and Their Emulsions, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 201-208, (1996).
- GALL K.L., Otwell W.S., Koburger J.A., & Appledorf H., Effects of Four Cooking Methods on the Proximate, Mineral and Fatty Acid Composition of Fish Fillets, *Journal of Food Science*, 48, 1068–1074, (1983).
- GALLARDO J., Aubourg S., Perez-Martin R., Lipid Classes and Their Fatty Acids at Different Loci of Albacore (*Thunnus alalunga*): Effects of Precooking, *J. Agric Food Chemistry*, 37, 1060-1064, (1989).
- GARCIA-ARIAS M.T., Álvarez-Pontes M.E., García-Linares M.C., García-Fernández M.C., Sánchez-Muniz F.J., Cooking –Freezing- Reheating (CFR) of Sardine (*Sardina pilchardus*) Fillets, Effect of Different Cooking and Reheating Procedures on the Proximate and Fatty Acid Compositions, *Food Chemistry*, 83, 349-356, (2003a).
- GARCIA-ARIAS, M.T., Alvarez-Pontes, E., Garcia-Fernandez, M.C., Sanches-Muniz, Freezing/defrosting/frying of Sardine Fillets., Influence of Slow and Quick Defrosting on Protein Quality, *J. Sci. Food Agric.*, 83, 602-608, (2003b).
- GERARD D., Quirin K.W., Schwarz E., CO₂- Extracts from Rosemary and Sage, *Int Food Market Technol*, 9 , 46-55, (1995).

- GLADYSHEV M.I., Sushchik N.N., Gubanenko G.A., Demirchieva S.M., Kalachova G.S., Effect of Way of Cooking on Content of Essential Polyunsaturated Fatty Acids in Muscle Tissue of Humpback Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*), *Food Chemistry*, 96, 446 – 451, (2006).
- GORGE C., 1998. A New Selected Comments on Lipids, Quality Assurance of Seafood, Appendix 1, 245.
- GÖKOĞLU N., Yerlikaya P., Cengiz E., Effects of Cooking Methods on the Proximate Composition and Mineral Contents of Rainbow Trout (*Onchorhynchus mykiss*), *Food Chemistry*, 84, 19–22,(2004).
- GRIFFITHS H.R., Antioxidant and Protein Oxidation, *Free Rad. Res.*, 33, 47-58, (2000).
- GRIGORAKIS K., Alexis M.N., Taylor K.D.A., & Hole M., Comparison of Wild and Cultured Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*); Composition, Appearance and Seasonal Variations, *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 477–484, (2002).
- HAGERMAN AE., Butler LG., The Specificity of Proanthocyanidin-protein Interactions, *J. Biol. Chem.*, 256, 4494-4497, (1981).
- HIDALGO FJ., Zamora R., Modification of Bovine Serum Albumin Structure Following Reaction with 4,5(E)-Epoxy-2(E)-heptenal, *Chem Res Toxicol* ,13, 501-508, (2000).
- HMSO U.K., Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease (report on health and social subjects No. 46), London: HMSO, (1994).
- HOULIHAN C.M., Ho C.T., Natural Antioxidants, In Flavor Chemistry of Fats and Oils, Ed: Min DB and Smouse TH, Am Oil Chem Soc, Champaign, IL, (1985) Pp 140.
- HU F.B., Bronner L., Willett W.C., Stampfer M.J., Rexrode K.M., Albert C.M., Hunter D., Mansonm J.E., Fish and Omega-3 Fatty Acid Intake and Risk of Coronary Heart Disease in Women, *JAMA* 287:1815-1821, (2002).
- ICHIHARA K., Shibahara A., Yamamoto K., & Nakayama T., An Improved Method for Rapid Analysis of the Fatty Acids of Glycerolipids, *Lipids*, 31, 535–539, (1996).
- ITOH Y., Yoshinaka R., Ikeda S., Behaviour of the Sulfhydryl Groups of Carp Actomyosin by Heating, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1019, (1979).

- ITOH Y., Yoshinaka R., Ikeda S., Formation of Polymeric Molecules Resulting from the Intermolecular SS Bond Formation during Gel Formation of Carp Actomyosin by Heating, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 46, 621, (1980).
- İMRE S., ve Sağlık S., Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Some Turkish Fish Species, *Turkish Journal of Chemistry*, 22, 321–324, (1998).
- JIANG S., Lee T., Changes in Free Amino Acids and Protein Denaturation of Fish Muscle during Frozen Storage, *J. Agric. Food Chem.*, 33, 839-844, (1985).
- KIRK J.R., Biological Availability of Nutrients in Processed foods. *Journal of Chemical Education*, 61, 364-367, (1984).
- KJÆRSGÅRD I.V.H., Nørrelykke, M.R., Baron, C.P., Jensen, F., Identification of Carbonylated Protein in Frozen Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets and Development of Protein Oxidation during Frozen Storage, *J. Agric. Food Chem.*, 54,9437-9446, (2006).
- LABUZA T., Kinetics of Lipid Oxidation of Foods, *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 2, 355-405, (1971).
- LAEMMLI U.K., Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, *Nature*, 227, 680-685, (1970).
- LANGOURIEUX S., Escher F.E., Sulfurous Off-flavour Formation and Lipid Oxidation in Heat-sterilized Meat in Trays, *Journal of Food Science*, 63, 716-720, (1998).
- LEVINE R.L., Williams J.A., Stadtman E.R., Shacter E., Carbonyls Assays for Determination of Oxidatively Modified Proteins, *Meth Enzymology*, 233, 346-357, (1994).
- LIU G., Xiong Y.L., Electrophoretic Pattern, Thermal Denaturation, and in Vitro Digestibility of Oxidized Myosin, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 624-630, (2000).
- LOSADA V., Baro-Velazquez J., Gallardo J.M., Aubourg S., Effect of Previous Slurry Ice Treatment on the Quality of Cooked Sardine (*Sardina pilchardus*), *Eur Food Res Technol*, 224, 193-198, (2006).
- LOWRY O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J., Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275, (1951).
- LUCK G., Liao H., Murray N.J., Grimmer HR., Warminski E.E., Williamson M.P., Lilley T.H., Haslam E., Polyphenols Astringency and Proline-rich Proteins, *Phytochemistry* ,37, 357-371, (1994).

- LUGASI A., Losada V., Hovari J., Lebovics V., Jakoczi I., Aubourg S., Effect of Pre-soaking Whole Pelagic Fish in a Plant Extract on Sensory and Biochemical Changes During Subsequent Frozen Storage, *LWT*, 40, 930–936, (2007).
- MAI J., Shimp J., Weihrauch J., Kinsella J.E., Lipids of Fish Fillets: Changes Following Cooking by Different Methods, *Journal of Food Science*, 43, 1669–1674, (1978).
- MATTHAUS B., Antioxidant Activity of Extracts Obtained from Residues of Different Oilseeds, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 3444 – 3452, (2002).
- MELTON S., Methology for Following Lipid Oxidation in Muscle Foods, *Food Technol.*, 37, 111-116, (1983).
- MEDINA I., Sacchi R., Aubourg S., A ¹³C NMR Study of Lipid Alterations During Fish Canning. Effect of Filling Medium, *J Amer Oil Chem Soc*, 71, 479-482, (1994).
- MENDEZ I.M., Abuin J.M.G, ., D., Thermal Processing of Fishery Products, In: Thermal Food Processing, ed: Sun D., CRC Taylor & Francis, (2006), Pp.235
- MENG G. Chan JCK., Rousseau D., Li-Chan ECY., Study of Protein-lipid Interactions at the Bovine Serum Albumin/oil Interface by Raman Microspectroscopy. *J Agric Food Chem*, 53, 845-852, (2005).
- MCBRIDE N.T.M., Hogan S.A., Kerry J.P., Comparative Addition of Rosemary Extract and Additives on Sensory and Antioxidant Properties of Retail Packaged Beef, *Int. Journal of Food Science and Technology*, 42, 1201-1207, (2007).
- MONTERO P., Giménez, B., Pérez-Mateos, Gómez-Guillén ve ark., Oxidation Stability of Muscle with Quercetin and Rosemary during Thermal and High-Pressure Gelation, *Food Chemistry*, 93,17-23, (2005).
- MOREIRA A.B., Visentainer J.V., de Souza N.E., Matsushita M., Fatty Acids Profile and Cholesterol Contents of Three Brazilian Brycon Freshwater Fishes, *J Food Comp Anal* 4, 565-574, (2001).
- MOURE A., Cruz J.M., Franco D., Dominguez M., Sineiro J., Dominguez H., Nunez M.J., Parajo J.C., Natural Antioxidants from Residual Sources, *Food Chemistry*, 72, 145-171, (2001).
- MURPHY R.Y., Marks B.P., Effect of Meat Temperature on Proteins, Texture, and Cook Loss for Ground, *Poultry Sci.*, 79(1):99-104, (2000)

- NETTLETON J. A., Seafood Nutrition in the 1990's Issues for the Consumer, Seafood Science and Technology, 4, Ed: Graham Bligh, Canadian Inst. of Fish Tech., Canada, (2000) Pp. 32-39, (2000)
- NIELSEN H.K., Löliiger J., Hurrell R.F., Reactions of Proteins with Oxidizing Lipids. *British Journal of Nutrition*, 53, 61-73, (1985).
- NISSEN L.R., Byrne D.V., Bertelsen G., Skibsted L.H., The Antioxidative Activity of Plant Extract in Cooked Pork Patties as Evaluated by Descriptive Sensory Profiling and Chemical Analysis, *Meat Science*, 68, 485-495, (2004).
- NUNES M.L., Cardinal M., Mendes R., Morão Campos R., Bandarra N.M., Lourenço H., Jerome M., Effect of Season and Storage on Proteins and Lipids of Sardine (*Sardine pilchardus*) Minces and Surimi, Ed: Huss H.H. et al., Quality Assurance in the Fish Industry, (1992). Pp: 73 - 81.
- OKITA M., Sasagawa T., Tomioka K., Hasuda K., Ota Y., Suzuki K., Habitual Food Intake and Polyunsaturated Fatty Acid Deficiency in Liver Cirrhosis. *Applied Nutritional Investigation*, 18, 304–308, (2002).
- OHSHIMA T., Wada S., Koizumi C., Preferential Enzymatic Hydrolysis of Phosphatidylcholine in Skipjack Flesh during Frozen Storage, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 50, 2091-2098, (1984).
- OOIZUMI T., Xiong Y.L.. Identification of Cross-linking Site(s) of Myosin Heavy Chains in Oxidatively Stressed Chicken Myofibrils. *J. Food Sci.*, 71(3), 196-199, (2006).
- OOIZUMI T., Xiong Y.L., Biochemical Susceptibility of Myosin in Chicken Myofibrils Subjected to Hydroxyl Radical Oxidizing Systems, *J. Agric. Food Chem.*, 52, 4303-4307, (2004).
- OPSTEVEDT J., Miller R., Hardy R.W., Spinelli J., Heat-induced Changes in Sulfhydryl Groups and Disulfide Bonds in Fish Protein and Their Effect on Protein and Amino Acid Digestibility in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*), *J. Agric. Food Chem.*, 32, 929-935, (1984).
- ÖZOĞUL Y., Özoğul F., and Alagöz S., Fatty Acid Profiles and Fat Contents of Commercially Important Seawater and Freshwater Fish Species of Turkey: a Comparative Study, *Food Chemistry*, 103, 217-223, (2007).

- ÖZOGUL Y., Ozogul F., Çiçek E., Polat A., Kuley E., GC-Capillary Analysis of Fatty Acids in 34 Seawater Fish Species, *Journal of Food Sciences and Nutrition (in press)*, (2008).
- ÖZYURT G., Polat A., Özkütük S., Seasonal Changes in the Fatty Acids of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) and White Sea Bream (*Diplodus sargus*) Captured in İskenderun Bay, Eastern Mediterranean Coast of Turkey, *European Food Research and Technology*, 220, 120-124, (2005).
- PAULUS K., Zacharias R., Robinson L., Geidel H., Kritische Betrachtungen Zur "Bewetenden Prüfung Mit Skale" Als Einem Wesentlichen Verfahren Der Sensorischen Analyse, *LWT*, 12, 52-61,(1979).
- PEREZ-MATEOS M., Lanier T.C., Boyd L.C., Effects of Rosemary and Green Tea Extracts on Frozen Surimi Gels Fortified with Omega-3 Fatty Acids, *J. Sci. Food Agric.*, 86, 558–567, (2006).
- PIGOTT G.M., & Tucker B.W., Seafood: Effects of Technology on Nutrition, *New York: Marcel Dekker, Inc.* 221-228, (1990).
- POKORNY J., Changes of Nutrients at Frying Temperatures, eds: Boskou D., Elmadfa I., Frying of food. Oxidation, Nutrient and Non-nutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds and High Temperatures , Lancaster, Technomic Publishing CO. Inc., (1999). Pp:69-103.
- RODRIGUEZ A., Carriles N., Cruz J.M., Auborg S., Changes in the Flesh of Cooked Farmed Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with Previous Storage in Slurry Ice (-1.5 °C), *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1726-1732, (2008).
- PORTER P.J., Kennish J.M., Kramer D.E., The Effects of Exsanguination of Sockeye Salmon on the Changes in the Lipid Composition During Frozen Storage, Ed: Bligh E.G., Seafood and Tech, Fishing News Boks,(1992), Pp: 76-84.
- RAWEL H.M., Czajka D., Rohn S. and Kroll J., Interactions of Different Phenolic Acids and Flavonoids with Soy Proteins, *Int. J. Biol. Macromol.*, 30, 137-150, (2002a).
- RAWEL H.M., Rohn S., Kruse H-P and Kroll J., Structural Changes Induced in Bovine Serum Albumin by Covalent Attachment of Chlorogenic Acid, *Food Chemistry* ,78, 443-455, (2002b)

- REDDY GVS, Srikar LN, Sudhakara NS., Deteriorative changes in pink perch mince during frozen storage, *Int J Food Sci Technol*, 27, 271-276, (1992).
- REFSGAARD H.H.F., Tsai L., Stadtman E.R., Modifications of Proteins by Polyunsaturated Fatty Acid Peroxidation Products, *PNAS*, 97, 611-616, (2000).
- SANCHEZ-ESCALANTE A., Djenane D., Torrescano G., Beltrán J.A., Roncalés, P., The Effects of Ascorbic Acid, Taurine, Carnosine and Rosemary Powder on Colour and Lipid Stability of Beef Patties Packaged in Modified Atmosphere, *Meat Science*, 58, 421–429, (2001).
- SAEED S., Howell N.K., Effect of Lipid Oxidation and Frozen Storage on Muscle Proteins of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*), *J. Sci. Food Agric.*, 579-586, (2002).
- SAEED S., Howell N.K., Rheological and Differential Scanning Calorimetry Studies on Structural and Textural Changes in Frozen Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*), *J. Sci. Food Agric.*, 84, 1216-1222, (2004).
- SAEED S., Fawthrop S.A., Howell N.K., Electron Spin Resonance (ESR) Study on Free Radical Transfer in Fish-protein Interaction, *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1809-1816, (1999).
- SANTÉ-LHOUTELLIER V., Astruc T., Marinova P., Greve E., Gatellier P., Effect of Meat Cooking on Physicochemical State and in Vitro Digestibility of Myofibrillar Proteins, *J. Agric. Food Chem.*, 56,1488-1494 (2008).
- SERDAROĞLU M., Felekoğlu E., Effects of Using Rosemary Extract and Onion Juice on Oxidative Stability of Sardine (*Sardina pilchardus*) Mince, *Journal of Food Quality*, 28, 109-120, (2005).
- SEYDİM A.C., Seydim Z.B.G., Acton J.C., Dawson P.L., Effects of Rosemary Extract and Sodium Lactate on Quality of Vacuum-packaged Ground Ostrich Meat, *Journal of Food Science*, 71, 71-76, (2006).
- SHAHIDI F., Naczki M., Food Phenolics Sources Chemistry Effects Applications, Technomic Publication, USA., (1995), Pp: 235-277.
- SIEBERT KJ, Troukhanova NV., Lynn PY.. Nature of Polyphenol-protein Interactions, *J Agric Food Chem*, 44, 80-85, (1996).
- SIKORSKI Z., Kolakowska A., Changes in Protein in Frozen Stored Fish. ed: Sikorski Z., Sun Pan B., Shahidi F., Seafood Proteins , New York, USA: Chapman and Hall., (1994), Pp:99-112.

- SILVERS K.M. and Scott K.M., Fish Consumption and Self-reported Physical and Mental Health Status. *Public Health Nutrition*, 5, 427–431, (2002).
- SKJOLDEBRAND C., Introduction to Process Group A (Frying, Grilling, Boiling). In *Thermal Processing and Quality of Foods*, ed: Varela G., Elsevier Applied Science Publishers Ltd, New York, USA, (1984). Pp: 313–317.
- STADTMAN ER., Berlett BS., Reactive Oxygen-mediated Protein Oxidation in Aging and Disease. *Chem Res Toxicol*, 10: 485-494, (1997).
- STADTMAN E.R., Levine R.L., Free Radical-mediated Oxidation of Free Amino Acids and Amino Acid Residues in Proteins, *Amino Acids*, 25, 207-218, (2003).
- STADTMAN E.R., Metal Ion-catalyzed Oxidation of Proteins: Biochemical Mechanism and Biological Consequences, *Free Radical Biology&Medicine*, 9, 315-325, (1990).
- TANAKA M., Kimura S., Effect of Heating Condition on Protein Quality of Retort Pouched Fish Meat, *Nip. Sui. Gak.*, 54(2), 265-270, (1988).
- TARLADGIS B., Watts B.M., Yonathan M., Distillation Method for the Determination of Malonaldehyde in Rancidity Food. *J. American Oil Che. Soc.*, 37(1), 44-48 (1960).
- THAWORNCHINSOMBUT S, Park JW. Frozen Stability of Fish Protein Isolate Under Various Storage Conditions. *J Food Sci*, 71, 227–32 (2006).
- TOKUR B., Ozkütük S., Atıcı E., Ozyurt G., Ozyurt C.E., Chemical and Sensory Quality Changes of Fish Fingers, Made from Mirror Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during Frozen Storage (–18 °C), *Food Chemistry*, 99, 335–41, (2006).
- TOKUR B., The Effect of Different Cooking Methods on Proximate Composition and Lipid Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 874–879, (2007).
- TOKUR, B., Korkmaz, K., Effects of an Iron-catalyzed Oxidation System on Lipids and Proteins of Dark Muscle Fish, *Food Chemistry*, 104, pp. 754–760, (2007).
- TUNALIER Z., Öztürk N., Koşar M., Başer K.H.C., Duman H., Kırimer N., 2002. Bazi Sideritis Türlerinin Antioksidan Etki Ve Fenolik Bileşikler Yönünden İncelenmesi, 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir, Eds. K.H.C.Başer ve N.Kırimer, Web’de yayın tarihi: Haziran 2004 ISBN 975-94077-2-8.

- TUNHUN D., Itoh Y., Morioka K., Kubota S., Obatake A., Gel Forming Ability of Fish Meat Oxidized during Washing, *Fisheries Sci.*, 68, 662-671 (2002).
- TÜRKKAN A.U., Çaklı Ş., and Kilinc B., Effects of Cooking Methods on the Proximate Composition and Fatty Acid Compositions of Seabass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758), *Food and Bioproducts Processing*, 86, 163-166, (2008).
- UNUSAN N., Change in Proximate, Amino Acid and Fatty Acid Contents in Muscle Tissue of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) after Cooking, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1087-1093, (2007).
- VARELTZIS K., Gavriilidou D.K.E., Papavergou E., Vasiliadou S., Effectiveness of a Natural Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Extract on the Stability of Filleted and Minced Fish during Frozen Storage. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205, 93–96, (1997).
- VILJANEN K., Kylli P., Kivikari R., Heinonen M., Inhibition of Protein and Lipid Oxidation in Liposomes by Berry Phenolics. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 7419-7424, (2004).
- WADA S., Fang X., The Synergistic Antioxidant Effect of Rosemary Extract and α -Tocopherol in Sardine oil Model System and Frozen Crushed Fish Meat, *Journal of Food Processing and Preservation*, 16, 263–274, (1992).
- WEBER J., Bochi V.C., Ribeiro C.P., Victo'rio A.M., Emanuelli T., Effect of Different Cooking Methods on the Oxidation, Proximate and Fatty Acid Composition of Silver Catfish (*Rhamdia quelen*) Fillets, *Food Chemistry*, 106, 140-146, (2008).
- WU W., Lillard D.A., Cholesterol and Proximate Composition of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Fillets-changes Following Cooking by Microwave Heating, Deep-fat Frying, and Oven Baking, *Journal of Food Quality*, 21, 41-51, (1998).
- YANAR Y., Küçükgülmez A., Ersoy B., Çelik M., Cooking Effects on Fatty Acid Composition of Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fillets, *Journal of Muscle Foods*, 18, 88-94, (2007).
- YANG C.M., Grey A.A., Archer M.C., Bruce W.R., Rapid Quantification of Thermal Oxidation Products in Fats and Oils by IH-NMR Spectroscopy, *Nutrition and Cancer*, 30, 64-68, (1998).
- YEN W-J., Chang L-W., Lee C-P., Duh P-D., Inhibition of Lipid Peroxidation and Nonlipid Oxidative Damage by Carnosine, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79, 329-333, (2002).

- YU L., Scanlin L., Wilson J., Schmidt G., Rosemary Extracts as Inhibitors of Lipid Oxidation and Colour Change in Cooked Turkey Products during Refrigerated Storage., *Journal of Food Science*, 67, 582-585, (2002).
- YOSHIOKA K., Yamada A., Wada S., Influence of Rosemary Extract on the Oxidative Stability of Tuna Orbital Oil and on the Effect *in vivo* of the Oxidized Oil on Rat Liver., *J Oleo Sci.*, 51, 73-81, (2002).
- ZAMORA R., Alaiz M., Hidalgo FJ., Feed-back Inhibition of Oxidative Stress by Oxidized Lipid/amino Acid Reaction Products, *Biochemistry*, 36, 15765-15771, (1997).
- ZAMORA R., Alaiz M., Hidalgo F.J., Modification of Histidine Residues by 4,5-Epoxy-3-alkenals, *Chem. Res. Toxicol.*, 12, 654-660, (1999).
- ZAMORA R., Alaiz M. and Hidalgo FJ., Contribution of Pyrrole Formation and Polymerization to the Nonenzymatic Browning Produced by Amino-carbonyl Reactions, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 3152-3158, (2000).
- ZHEN W., Wang S.Y., Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 165–170, (2001).
- ZHU M., Spink D.C., Yan B., Bank S. and DeCaprio A.P., Formation and Structure of Cross-linking and Monomeric Pyrrole Autoxidation Products in 2,5-hexanedione – treated Amino Acids, Peptides and Protein, *Chem. Res. Toxicol.*, 7, 551-558, (1994).

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 107O896
Proje Başlığı: Biberiye Ekstraktı İlavesinin Farklı Metotlarla Pişirilen, Dondurulan ve Yeniden Isıtılan Çipura'nın (<i>Sparus aurata</i>) Kalitesi Üzerine Etkileri
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yrd.Doç.Dr. Gülsün ÖZYURT Doç.Dr. Bahar KARAKAYA (TOKUR) Doç.Dr. Yeşim ÖZOĞUL
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, 01330, Balcalı, ADANA.
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: -
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/03/2008 – 01/01/2009
Öz (en çok 70 kelime): Bu projede, çipuraya biberiye ekstraktı ilavesi yapılarak, farklı pişirme metotları uygulanmıştır. Kontrol ve %2 oranında biberiye ekstraktı uygulanan gruplar kızartma, fırında ve ızgara yöntemleri ile pişirilmiştir. Hazırlanan bu örneklerin, besin kompozisyonu ve yağ asitleri kompozisyonu belirlenirken, bir bölümü daha sonra tüketilmek üzere -18 °C'de, 4 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Bu süre içerisinde protein ve lipid oksidasyonunun gelişimini takip edebilmek amacıyla her ay depolanan örneklerde, duyusal analiz, protein karbonil değeri, miyofibriler protein çözünürlüğü, SDS-PAGE, FFA, PV ve TBA analizleri yapılmıştır. 4 aylık süre sonunda çözdürülen örnekler fırında ısıtma ve mikrodalga fırında ısıtılarak besin kompozisyonu ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimler belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Pişirme metotları, yeniden ısıtma, antioksidan, biberiye, yağ asiti kompozisyonu, protein oksidasyonu, lipid oksidasyonu
Projeden Yapılan Yayınlar: