

**SOUS-VİDE YÖNTEMİ İLE PİŞİRİLEN
ALABALIK FİLETOLARINDA
HETEROSİKLİK AROMATİK
AMİN OLUŞUMU VE BİSFENOL-A MİGRASYON
DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ**

Esra SEYYAR

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Fatih ÖZ

2015

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SOUS-VİDE YÖNTEMİ İLE PIŞIRILAN ALABALIK
FİLETOLARINDA HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN
OLUŞUMU VE BİSFENOL-A MİGRASYON DÜZEYİNİN
BELİRLENMESİ**

Esra SEYYAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM

2015

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**SOUS-VİDE YÖNTEMİ İLE PİŞİRİLEN ALABALIK FİLETOLARINDA
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BİSFENOL-A MİGRASYON
DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ**

Doç. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, Esra SEYYAR tarafından hazırlanan bu çalışma 27/11/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Mükerrerem KAYA

İmza :

Üye : Doç.Dr. Fatih ÖZ

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr. İbrahim GÜLSEREN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 03.../12.../2015 tarih ve ...48.../1631... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 2014/209

Ayrıca bu çalışma TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı tarafından da desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SOUS-VİDE YÖNTEMİ İLE PİŞİRİLEN ALABALIK FİLETOLARINDA HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BİSFENOL-A MİGRASYON DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Esra SEYYAR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen alabalık fileto etlerinde, farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinin heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu ve bisfenol-A (BPA) migrasyon düzeyi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca pişirme öncesi ve sonrası örneklerin çeşitli kalite kriterleri de belirlenmiştir. Çiğ örnekler su, ham yağ, ham protein, pH, TBARS ve renk analizleri, pişirilmiş örnekler su, pH, TBARS ve renk analizlerinin yanı sıra pişirme kaybı, HAA ve BPA analizlerine de tabi tutulmuştur. HAA ve BPA analizleri katı faz ekstraksiyon yöntemine göre gerçekleştirilmiş, örneklerin okunmasında HPLC cihazı kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda, pişirme işlemi ile, beklenildiği gibi örneklerin su içeriğinde azalma, pH, TBARS, L* ve b* değerlerinde ise artış gözlenmiştir. Örneklerde %14,78-20,51 arasında değişen oranlarda pişirme kaybı görülmüştür. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikleri tespit edilemezken, değişen miktarlarda IQx (0,16 ng/g'a kadar) ve MeIQx (5,66 ng/g'a kadar) belirlenmiştir. Örneklerin toplam HAA içeriğinin 1,28–5,75 ng/g arasında değişiklik gösterdiği ve toplam HAA içeriğinin tamamının veya büyük bir bölümünün MeIQx bileşiğine ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pişirilmiş örneklerde BPA migrasyon düzeyinin 4,93-27,11 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

2015, 87 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sous-Vide, Alabalık Fileto, Heterosiklik Aromatik Amin, Bisfenol-A

ABSTRACT

Ms Thesis

DETERMINATION OF THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES AND THE MIGRATION OF BISPHENOL-A IN TROUT FILLETS COOKED BY SOUS-VIDE

Esra SEYYAR

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor Assoc. Prof. Fatih ÖZ

In the present study, the effects of different cooking temperatures and cooking levels on the formation of heterocyclic aromatic amines (HCAs) and the migration level of bisphenol-A (BPA) in trout fillets cooked by sous-vide were investigated. In addition, some quality properties of the samples before and after cooking were also determined. While water, crude fat, crude protein, pH, TBARS and color analyses were done in raw samples, not only water, pH, TBARS and color analyses but also cooking loss, HCAs and BPA analyses were also done in cooked samples. HCAs and BPA analyses were carried out according to solid-phase extraction method and HPLC was used for the running of the samples.

As a result, as expected, cooking caused a reduction in water content of the samples, while pH, TBARS, L* and b* values increased. Cooking loss values ranged between 14,78–20,51%. While IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC and MeAαC could not be detected in the analyzed samples, varying levels of IQx (up to 0,16 ng/g) and MeIQx (up to 5,66 ng/g) were detected. It was determined that total HCAs amount ranged between 1,28 and 5,75 ng/g and all or big part of the total HCAs belonged to MeIQx. In addition, the migration level of BPA in sous-vide cooked samples ranged between 4,93 and 27,11 ng/g.

2015, 87 pages

Keywords: Sous-Vide, Trout Fillets, Heterocyclic Aromatic Amine, Bisphenol-A

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde manevi, insani ve bilimsel yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fatih ÖZ'e teşekkürü bir borç bilir saygılar sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim süresince ve tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve manevi desteklerini esirgemyen mültefit insanlar annem Ayşe SEYYAR'a, babam Recep SEYYAR'a, kardeşim Büşra ve hayat arkadaşım olacak olan Ali Uğur'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Mükerrer KAYA'ya, Sayın Prof. Dr. M. İrfan AKSU'ya, Sayın Arş. Gör. Emel ÖZ'e ayrıca çalışma arkadaşlarım Gül KOTAN'a, Mehran MASOUMİ OZAN'a, Mustafa Onur YÜZER'e, Elif EKİZ'e ve Hasan ŞENER'e teşekkür ederim.

Tezimin yürütülmesinde, desteklerinden dolayı TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programına, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Destekleme Birimi'ne, Gıda Mühendisliği Bölümü ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Esra SEYYAR

Kasım, 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Hammadde	20
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Alabalık filetoların sous-vide yöntemi ile pişirilmesi	21
3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi.....	22
3.2.3. pH değerinin belirlenmesi	23
3.2.4. Ham yağ miktarının belirlenmesi	23
3.2.5. Ham Protein İçeriğinin Belirlenmesi.....	23
3.2.6. TBARS değerinin belirlenmesi	23
3.2.7. Renk analizi.....	24
3.2.8. HAA miktarının belirlenmesi	24
3.2.8.a. HAA ekstraksiyonu	24
3.2.8.b. HAA'ların HPLC ile analizi.....	25
3.2.9. BPA miktarının belirlenmesi.....	26
3.2.9.a. BPA ekstraksiyonu	26
3.2.9.b. HPLC analizi	27
3.2.10. İstatistiki analiz.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	28
4.1. Alabalık Filetolarının Pişirme Öncesi Çeşitli Analiz Sonuçları.....	28
4.2. Alabalık Filetolarının Pişirme Sonrası Çeşitli Analiz Sonuçları.....	29

4.2.1. Su içeriği.....	29
4.2.2. Pişirme kaybı.....	31
4.2.3. pH değeri	34
4.2.4. TBARS değeri	36
4.2.5. Renk değeri	39
4.2.6. HAA içeriği	43
4.2.6.a. Geri kazanımlar	43
4.2.6.b. HAA miktarları.....	46
4.2.6.c. Örneklerin IQx içerikleri	48
4.2.6.d. Örneklerin IQ içerikleri	49
4.2.6.e. Örneklerin MeIQx içerikleri.....	50
4.2.6.f. Örneklerin MeIQ içerikleri	51
4.2.6.g. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri	52
4.2.6.h. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri	53
4.2.6.i. Örneklerin PhIP içerikleri	54
4.2.6.i. Örneklerin AαC içerikleri	55
4.2.6.j. Örneklerin MeAαC içerikleri	56
4.2.6.k. Örneklerin toplam HAA içerikleri	57
4.2.7. BPA içeriği	65
4.2.7.a. Geri kazanımlar	65
4.2.7.b. Örneklerin BPA içerikleri	67
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	88

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
PUFA	Çoklu doymamış yağ asidi
kg	Kilogram
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
AαC	2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
DAD	Diode Array Detector
dk	Dakika
g	Gram
mg	Miligram
HAA	Heterosiklik Aromatik Amin
BPA	Bisfenol-A
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
µg	mikrogram
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
LOD	Tespit Edilme Sınırı
LOQ	Miktarın Tayin Edilme Sınırı
MDA	Malonaldehit
MeAαC	2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
MeIQ	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
MeIQx	2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
nd	MiligramTespit Edilemedi (<LOD)
nq	Miktarı Belirlenemedi (LOD ve LOQ arasında)
ng	Nanogram
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
rpm	Dakikada Dönme Hızı
s	Saniye

TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
BADGE	Bisfenol-A digliserideter
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bisfenol A'nın kimyasal yapısı	8
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan vakum ambalajlama materyalinin özellikleri.....	22
Şekil 4.1. a* değeri üzerine pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksyonunun etkisinin sonuçları.....	43
Şekil 4.2. Mix stok solüsyonların (10, 7,5, 5, 2,5, 1, 0,5 ng/g) HPLC kromatogramları	45
Şekil 4.3. En yüksek toplam HAA içeriğine sahip olan 85 °C'de iyi düzeyde pişirilen örneğe ait kromatogram	61
Şekil 4.4. BPA stok solüsyonlarının (1000, 750, 500, 250, 100 ve 50 ng/g) HPLC kromatogramları	66
Şekil 4.5. En yüksek BPA migrasyonunun tespit edildiği 75°C'de iyi düzeyde pişirilen örneğe ait kromatogram	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. BPA'nın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	9
Çizelge 3.1. Farklı pişirme sıcaklıklarındaki pişirme düzeyine göre pişirme süreleri....	22
Çizelge 3.2. Araştırmada analizi yapılan HAA'ların isimleri ve bazı bilgileri	25
Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan alabalık filetolarının su, ham yağ, ham protein, pH ve TBARS değerleri	28
Çizelge 4.2. Hammadde olarak kullanılan alabalık filetolarının L*, a* ve b* değerleri	29
Çizelge 4.3. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içerikleri	30
Çizelge 4.4. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.5. Su içeriği üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	31
Çizelge 4.6. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kayıpları.....	32
Çizelge 4.7. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kaybına ait varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.8. Pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	34
Çizelge 4.9. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pH değerleri.....	34
Çizelge 4.10. Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.11. pH değeri üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	36
Çizelge 4.12. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerleri	36
Çizelge 4.13. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları	37

Çizelge 4.14. TBARS değeri üzerine sıcaklığın etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	39
Çizelge 4.15. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri	40
Çizelge 4.16. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 4.17. L^* ve a^* değeri üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	42
Çizelge 4.18. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları.....	44
Çizelge 4.19. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin bireysel ve toplam HAA miktarları (ng/g).....	47
Çizelge 4.20. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içerikleri	57
Çizelge 4.21. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları	58
Çizelge 4.22. Mevcut araştırmada analizi yapılan BPA'nın LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları.....	65
Çizelge 4.23. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin BPA içerikleri	67
Çizelge 4.24. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam BPA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları	69

1. GİRİŞ

Sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürdürebilmek için gerekli koşulların başında, yeterli ve dengeli beslenme gelmektedir. Nitekim gelişmiş ülkelerin birçoğunda, teknolojinin gelişmesi, insanların eğitim düzeyi ve maddi anlamda daha iyi seviyeye ulaşması ile beslenme ve sağlıkları konusunda daha bilinçli hale geldikleri ve neticede insan ömrünün uzadığı belirtilmektedir (Anonymous 2012). Bu nedenle, sağlıklı ve iyi yaşamaya katkıda bulunan protein, esansiyel aminoasit, doymamış yağ asidi, mineral ve vitamin içeren gıda maddelerine olan talep, her geçen gün artmaktadır. FAO (Food and Agriculture Organization, Gıda ve Tarım Örgütü), en önemli beslenme sorununun; kalori ve besin maddeleri gereksinimi olduğunu bildirmektedir (Anonim 2003). Bu beslenme sorunları arasında ise yetersiz hayvansal protein alımının önemli bir yeri bulunmaktadır. Bitkisel proteinlerle karşılaştırıldığında; esansiyel amino asitlerin tamamını içermesi ve biyolojik yararlılığının daha yüksek olması nedeniyle hayvansal proteinler, insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Yeterli ve dengeli beslenme için toplam protein ihtiyacının yaklaşık yarısının, hiç olmazsa %35–40'ının hayvansal kaynaklardan karşılanması gerektiği belirtilmektedir (Gökalp 1984). Bu beklentiye karşılayan gıda maddeleri arasında, su ürünlerinin ilk sıralarda bulunduğu dikkatleri çekmektedir (Mol ve Özturan 2009).

Balıklar, suda yaşamaya uyum sağlamış, solungaçları ile solunum yapan yüzgeç adı verilen özel organlarıyla hareket eden ve vücutları genellikle pullarla örtülü soğukkanlı canlılardır (Kırkağaç 2011). Yaklaşık 20.000 türle omurgalılar içerisinde sayıca en fazla olan sınıftır (Aktaş ve Kaya 2010).

İnsan yiyeceği olarak bir gıda maddesinin sahip olması gereken özellikler 4 ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; yiyecek, 1) Tatmin edici olmalı, 2) Lezzetli olmalı, 3) Besin maddeleri yönünden yeterli olmalı ve ihtiyacı karşılamalı, 4) İyi bir şekilde hazm olabilmelidir (Gökalp vd 1999). Usulüne uygun olarak hazırlandığında oldukça lezzetli olan balıketi, aynı zamanda içerdiği biyolojik değerliliği yüksek protein, çoklu

doymamış yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler ve mineral maddeler nedeni ile insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Aktaş ve Kaya 2010).

Bileşimleri incelendiğinde, protein bakımından zengin gıdalar arasında yer alan balıkların zengin protein içeriği, büyükbaş ve küçükbaş hayvanların etlerine benzerken, yağ, vitamin ve mineral madde içeriği bakımından çeşitli farklılıklar göstermektedir (Karabulut ve Yandı 2006). Balık etinin kimyasal kompozisyonunun türüne, yaşına, cinsiyetine, yaşadığı ortamın çevresel faktörlerine ve beslenme durumuna bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Hatta aynı balık türünün kas ve organlarındaki kimyasal kompozisyonunun da birbirinden farklı olabileceği belirtilmektedir (Turan vd 2006).

Ülkemiz, sahip olduğu 8300 km'yi aşan deniz kıyı şeridi, doğal göller ve sayısı her geçen gün artan barajlarla su ürünleri bakımından oldukça zengin bir ülke olarak göze çarpmaktadır. Öte yandan, FAO'nun 2010 yılında yayınladığı rapora göre, ülkemizde kişi başına yıllık sadece 7,3 kg balık tüketilmektedir. Bu değerin, maalesef gelişmiş ülkelerin tüketim miktarlarından oldukça düşük olduğu görülmektedir. Nitekim, kişi başına yıllık balık tüketimi Norveç'te 54,1, Japonya'da 54,5 ve Grönland'da 86 kg kadar ulaşmaktadır. Ülkemizde balık tüketiminin yanı sıra, su ürünleri avcılığı ve yetiştiriciliği de maalesef istenilen düzeyde değildir. Ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türünün ise gökkuşağı alabalığı olduğu belirtilmektedir (Kaşıkçı 2013).

Balık etinin beslenme üzerine olumlu etkisi sadece yüksek biyolojik değerlikli proteinden değil aynı zamanda doymamış yağ asidi, vitamin ve mineral madde içeriğinden de kaynaklanmaktadır (Sidhu 2003; Sampel 2015). Et kaynakları içerisinde yan etki oluşturmada sağlığa en yararlı protein kaynağı olan balık eti, A ve D vitaminlerinin yanı sıra fosfor, selenyum, iyot, demir, flor ve kalsiyum gibi mineraller bakımından da zengindir (Yaşar 2011; Kotan ve Öz 2016).

Su ürünleri tüketimi ile sağlıklı ve kaliteli yaşam arasında çok net pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin dünya çapında en yüksek balık tüketiminin olduğu Japonya, en yüksek ortalama ömür uzunluğu ve en düşük obezite ve kardiyovasküler hastalıkların

oluşma riskine sahip olan ülke olarak karşımıza çıkarken, ABD’de tam tersi durum gözlenmektedir. Diğer gıdalarla karşılaştırıldığında, su ürünlerinin omega-3 yağ asitleri bakımından oldukça zengin olduğu ve aynı zamanda balık proteinlerinin de sağlık açısından olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir (Sampel 2015). Öte yandan, özellikle çiğ olarak tüketilen sushi gibi ürünler hariç, su ürünleri, genellikle ısıtılma işleminden geçirildikten sonra tüketilmektedir. Lezzetli ve güvenilir bir ürün elde etmek için, pişirme işlemi oldukça önem arz etmektedir. İlave pişirme işlemi, tat-aroma ve gevreklik gibi tüketicinin tercihleriyle ilgili temel özellikleri de yakından etkilemektedir. Et ve et ürünlerine genellikle tüketimden hemen önce uygulanan bir ısıtılma işlemi olan pişirme işlemi ile; patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleşmekte, bu sayede etin hijyenik kalitesi artmakta, raf ömrü ise uzamaktadır (Tornberg 2005). Öte yandan pişirme işlemi boyunca gerçekleşen bir takım reaksiyonlar; gıdanın besin değerini olumlu (gıdadaki protein denatürasyonu sonucu sindirilebilirliğin artması) veya olumsuz yönde (ısıya dayanıksız, yağda veya suda çözünebilir vitamin ve mineral madde kaybı ile lipit oksidasyonu sonucu yağ asidi kompozisyonunda değişimler, özellikle PUFA miktarında azalma) etkileyebilmektedir (Garcia-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009). Ayrıca pişirme işlemi ile gıdalarımızdaki çeşitli bileşenlerdeki kayıplar nedeniyle, ağırlık kayıpları da görülmektedir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012). Öte yandan, et ve balık gibi protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi esnasında, zararlı bir takım kimyasal bileşiklerin oluştuğu da bilinmektedir. Bu kimyasal bileşikler arasında heterosiklik aromatik aminler (HAA’lar) dikkatleri üzerine çekmektedir.

İlk olarak 1977 yılında, et ve balığın ızgarada kızartılması sonucu tespit edilen HAA’ların (Nagao *et al.* 1977) birçoğunun mutajenik, nerdeyse tamamının ise karsinojenik olduğu belirlenmiştir (Sugimura 1995; Skog *et al.* 1998). HAA’ların, aflatoxin B1’den 100 kat, benzo[a]pyrene’den ise 2000 kat daha fazla mutajenik olduğu belirtilmektedir (Knize 1994). Öte yandan, Uluslararası Kanseri Araştırma Merkezi (IARC); MeIQ, MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2 ve Glu-P-1’i “mümkün insan karsinojeni, 2B sınıfı”, IQ’u ise “muhtemel insan karsinojeni, 2A sınıfı” olarak belirtmektedir (Anonymous 1993). Epidemiyolojik çalışmalar; çeşitli

kanser türleri (pankreas, göğüs, kolorektal, prostat ve üreter) ile yüksek miktarda et ve balık tüketimi arasında pozitif ilişki olduğunu belirtmektedir (Klassen *et al.* 2002; Knize *et al.* 2002).

Piştirme gıdalara genellikle tüketimden hemen önce uygulanan bir ısıl işlemdir. Piştirme işleminin et proteinlerini denatüre ettiği, etin gevrekliğini artırdığı, et ve et ürünlerine tat ve aroma kazandırdığı, mikroorganizmaları inaktif hale getirdiği, et ve et ürünlerinin raf ömrünü uzattığı belirtilmektedir (Pearson and Tauber 1984). Bu nedenle özellikle çiğ tüketilen ürünler haricinde, et ve et ürünlerinin pişirildikten sonra tüketilmesi vazgeçilmezdir (Tornberg 2005). Öte yandan piştirme işlemi, asıl olarak vitamin ve mineral kaybı olmak üzere etin besin değerinde görülen kayıplar ve çeşitli mutajen ve/veya karsinojen bileşiklerin oluşması gibi arzu edilmeyen değişikliklere de neden olabilmektedir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Öz and Kaya 2011a).

Beslenme açısından oldukça önemli olan su ürünlerinin, hem besin değerini daha az etkileyecek hem de pişirilmesi esnasında oluşan mutajen ve/veya karsinojen kimyasalların oluşum seviyelerinin en aza indirilmesi için piştirme yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya modifiye edilmesi, son zamanlarda üzerinde durulan konular arasında yer almaktadır (Garcia-Segovia *et al.* 2007; Öz ve Kaya 2007; Öz and Kaya 2011a). Son zamanlarda sahip olduğu avantajlar nedeniyle dikkatleri üzerine çeken önemli piştirme yöntemlerinden birisi de sous-vide piştirme yöntemidir (Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012).

Gelişen teknoloji ile birlikte gıda sanayinde gerçekleşen inovasyon ve tüketici farkındalıklarının artması, insanlarda hızlı ve kolay hazırlanan, ancak besin öğeleri kaybolmamış ve uygulanan ileri işlemler nedeni ile sağlığa zararlı bileşikler oluşmamış gıdalar tüketme arzusu uyandırmıştır. Bu bağlamda tüketici beklentilerinin karşılanması için sous-vide yöntemi toplu beslenme endüstrisinde kullanılan önemli bir teknoloji olarak göze çarpmaktadır (Nyati 2000; Öz and Zkirov 2015).

Et ve et ürünleri için en yaygın kullanılan piştirme yöntemleri; fırında rosto yapma, hafif

ateşte kaynatma, ızgara yapma, mangal ve tavada kızartma yöntemleridir. Bu yöntemlerin tamamında sıcaklık nispeten yüksek olmakla birlikte, ortamda oksijen de bulunmaktadır. Öte yandan, sous-vide yöntemi, vakum ambalajlanmış et ve et ürünlerine, daha düşük sıcaklıklarda, buna karşın daha uzun sürelerde uygulanmakta ve son 20 yılı aşkın süredir oldukça popüler bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Roldan *et al.* 2014). İlaveten, toplu beslenme sektörü tarafından yaygın olarak kullanılan sous-vide yöntemi geleneksel pişir-soğut tekniklerine kıyasla daha uzun raf ömürlü ve daha iyi duyuşsal özelliklere sahip gıdaların üretimine de katkı sağlamaktadır (Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012).

Fransızca bir kelime olan sous-vide; ısı işlem görmemiş gıda maddesinin, ısıya dayanıklı vakum ambalaj paketleri içerisinde vakum ambalajlandıktan sonra, pişirme sıcaklık ve süresinin kontrol altında tutularak pişirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Isıl işlemi müteakip, ürünler hızlı bir şekilde 0–3°C’ye soğutulmaktadır. Sous-vide yöntemi, geleneksel yöntemlerden düşük sıcaklık (100°C’nin altı) ve uzun süre pişirme (yaklaşık 48 saate kadar) işlemi ile ayrılık göstermektedir (Schellekens 1996; Gonzalez-Fandos *et al.* 2004). Bu pişirme yönteminin amacı; gıdalar ile havadaki serbest oksijenin temasını azaltarak oksidasyonu engellemek ve gıdanın kalitesini mümkün olduğunca korumaktır (Schellekens 1996).

Sous-vide pişirme yönteminin temel prensibi; Low Temperature – Long Time (düşük sıcaklık-uzun süre) ilişkisine dayanmaktadır. Bu pişirme yönteminde kullanılan sıcaklık derecesi ve süresi, gıdaya bağlı olarak genellikle, 65-90°C’de 2–8 saat arasında değişiklik göstermektedir. Bu işlem ile gıdadaki su ve tat-aroma bileşenlerinin kaybı azalmakta, bunun sonucunda ürünün raf ömrü uzamakta ve gıdanın duyuşsal kalitesi de korunmaktadır (Church and Parsons 2000).

Sous-vide pişirme yönteminde izlenecek işlem basamaklarının; 1) Taze ve yüksek kalitedeki malzemelerin seçimi ve pişirme işlemi için hazırlanması, 2) Vakum ambalajlama, 3) Pişirme işlemi (Pastörizasyon), 4) Hızlı soğutma, 5) Soğuk depolama

(0-3°C), 6) Tekrar ısıtma (kaynar su banyosunda 10-15 dk veya mikrodalgada 4-5 dk), 7) Servis olduğu belirtilmektedir (Kılınç ve Çaklı 2001).

Sous-vide yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalarda, sığır, domuz ve kuzu etinin bu yöntemle pişirilmesinde, şefler tarafından tavsiye edilen pişirme sıcaklık ve süresinin, 58–63°C arası sıcaklıklarda, 10–48 saat süre ile olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, gıda güvenliğini sağlamak amacıyla pişirme esnasında ihtiyaç duyulan minimum iç sıcaklık değerlerinin; balık eti için 63°C, sığır, kuzu ve tavuk eti için 71°C olduğu ve etlerin, belirtilen bu minimum iç sıcaklık derecelerinde en az 15sn tutulması gerektiği de bilinmektedir (Gisslen 2004).

İlk olarak 1970 yılında, çiğ ürüne düşük sıcaklık uygulaması ile ortaya çıkan sous-vide tekniği (Schellekens and Martens 1992), 1990 yılından itibaren bilim dünyasının dikkatini çekmeyi başarmış, 2000’li yıllarda iyice tanınmış, 2010 yılından itibaren ise Amerika ve çeşitli Avrupa ülkelerindeki restoranlarda, toplu beslenme sektöründe ve endüstriyel işlemlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Baldwin 2012; Roldan *et al.* 2013). Roldan *et al.* (2015) sous-vide yönteminin, son zamanlarda İspanya’da muhtemelen en sık kullanılan iki pişirme yönteminden biri olduğunu belirtmektedir. Sous-vide yönteminin yaygın olarak kullanılma nedenlerini Creed and Reeve (1998) aşağıdaki gibi açıklamaktadır;

- Soğukta muhafaza edilen ve bozulmaya karşı hassas olan balık, et ve tavuk gibi gıdalara uygulanabilmesi,
- Kısa sürede, az iş gücü ile uygulanabilmesi,
- Raf ömrünü uzatması nedeniyle üretici ve satıcı açısından ekonomik, tüketici açısından ise kullanışlı ürünler ortaya koyması,
- Ambalajlama nedeniyle üründe oluşabilecek nemlenmeyi önleyebilmesi,
- Kısa sürede ve kolayca servise sunulabilmesi,
- İşlem basamaklarının pratik olması,
- Baharat ve yağ gibi çeşitli maddelerin ilavesine olanak tanıdığı için gıdayı daha cazip hale getirebilmesi,

- Hazır paketler halinde satışa sunulması nedeniyle, yer ve iş gücünden tasarruf sağlarken, raf ömrünü de uzun tutması,
- Vakum ambalajlama nedeniyle aerobik mikroorganizmaların faaliyetlerini engelleyebilmesi,
- Yöntemin uygulandığı gıdaların bileşimlerinin korunması ve hızlı servis edilebilir olması nedeniyle tercih edilmesi,
- Pek çok gıdaya da uygulanabilir olması nedeniyle toplu beslenme hizmeti sunan yerlere geniş menü olanağı sağlaması,
- Kalite ve raf ömrüne bağlı olarak toplu beslenme sektöründeki yeniliklere hizmet etmesi,
- Gıda sanayinde üretici firmaların pazar rekabetini güçlendirmesi gelmektedir (Creed and Reeve 1998).

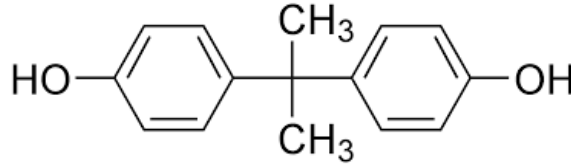
Öte yandan sous vide yönteminin bazı dezavantajları ve risklerinin de bulunduğu belirtilmektedir. Bunlar ise;

- Vakum ambalajlama ve ısıtıl işlem uygulamalarında kullanılan alet-ekipmanların ek maliyeti,
- İmalat koşullarının hijyenik kalitesinin düşük olması durumunda, ürüne olabilecek kontaminasyon, pişirme sonrası muhafaza esnasında soğuk zincirin kırılması sonucu kalite kaybı ve raf ömründe beklenen etkinin sağlanamaması,
- Uygulanacak sıcaklık ve sürenin yetersiz olması durumunda mikrobiyal risk,
- Uygulanacak pastörizasyon koşullarının belirlenmesi ve uygulanması için uzman eleman ihtiyacının karşılanamamasıdır (Creed and Reeve 1998).

Sous-vide pişirme yönteminin en önemli dezavantajlarından birinin; et ürünlerine uygulandığı zaman ısıtıl işlem nedeniyle açığa çıkan suyun, ambalaj içerisinde kalması nedeniyle ürünün hoş olmayan bir görünüme sahip olması ve ekonomik kârı azaltması olduğu belirtilmektedir (Szerman *et al.* 2012). Ayrıca en önemli dezavantajının; vakum ambalajlama işleminde kullanılan ambalaj materyalinden ısıtıl işlem uygulaması

esnasında gıdaya bisfenol-A (BPA) gibi çeşitli monomerlerin migrasyonunun olabileceği de düşünülmektedir.

Bisfenol-A (BPA, 2,2-bis-(4-hidroksifenil)propan), içecek ve gıda ambalajlamada hammadde olarak kullanılan polikarbonat plastikler ve epoksi reçinelerin monomeri olan ve endüstriyel olarak kullanılan kimyasallardan biridir (Milic *et al.* 2015). İlk olarak 1891 yılında, Rus bir kimyager olan A.P. Dianin tarafından sentez edilen BPA (Lintelman *et al.* 2003), organik bir bileşik olup, birbirine metil köprüsü ile bağlı iki fenol halkasından oluşmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Bisfenol A'nın kimyasal yapısı

Endüstriyel olarak %99,5 saflıkta kristal şeklinde üretilen BPA'nın yapısı; normal şartlar altında katı, renksiz ve kokusuz bir yapıya sahiptir. BPA'nın plastiklere sertlik, şeffaflık, dayanıklılık ve diğer polimerler ile uyumluluk sağlaması gibi önemli özellikler kazandırdığı belirtilmektedir (Staples *et al.* 1998; Cousins *et al.* 2002).

Aerobik koşullarda hızlı bir şekilde degrade olmasına karşın, gıda üretim proseslerinin bir sonucu olarak veya yüksek sıcaklıklarda polimerlerin hidrolizi ve/veya asidik/bazik koşullar nedeniyle son üründen uzaklaşması ile gıdalarda ve sulu ortamlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Milic *et al.* 2015). BPA'nın bazı özellikleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. BPA'nın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Cao 2010)

Genel adı	Bisfenol A
IUPAC adlandırması	2,2-bis(4-hidroksifenil)propan
Diğer isimleri	4,4'-dihidroksi-2,2-difenilpropan
CAS numarası	80-05-7
Kimyasal formülü	C ₁₅ H ₁₆ O ₂
Yapısal formülü	(CH ₃) ₂ -C - (C ₆ H ₄ -OH) ₂
Moleküler ağırlığı	228,29 g/mol
Özgül ağırlığı	1,060-1,195 g/cm ³
Erime sıcaklığı	155°C
Kaynama sıcaklığı	398°C (101,3 kPa)
Alevlenme sıcaklığı	270°C
Uçuculuğu	193°C (1 atm)
Sudaki çözünürlüğü (25°C)	300 g/m ³ (25°C)

BPA'nın; fertilite problemleri (sperm üretiminde azalma), özellikle çocuk ve yetişkinlerde obezite, tiroid hormon fonksiyonunda bozukluklar, kardiyovasküler hastalıklar ve karsinojenik riskin artması gibi çok çeşitli sağlık problemlerine neden olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, insanların BPA toksisitesine karşı kemirgenlerden daha hassas oldukları da bildirilmektedir (Milic *et al.* 2015).

İnsanoğlunun BPA'ya her gün yüksek miktarda maruz kaldığı belirtilmektedir. Çünkü BPA'nın; bebek biberonları, oyuncak, gıda ve içecek kapları, metal konserveler için koruyucu kaplamalar, termal kağıt, tutkal ve boya, elektronik aletler, bilgisayarlar, CD ve DVD'ler, spor aletleri, medikal aletler, lensler, diş tedavisinde kullanılan çeşitli materyallerde çok yaygın olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Kang *et al.* 2006). Öte yandan, insanların BPA'ya en çok maruz kalma kaynağının; ambalaj materyalinden gıdalara gerçekleşen migrasyon olduğu bildirilmektedir (Milic *et al.* 2015). Migrasyon yoluyla maruz kalma durumunda ise en önemli rolün konserve gıdalar olduğu (Bemrah *et al.* 2014) ve migrasyon düzeyinin 1858 µg/kg'a kadar çıkabildiği belirtilmektedir

(Sungur *et al.* 2014). Öte yandan, ekmek, tahıllar, peynir ve fast food gibi konserve olmayan çeşitli gıda maddelerinde de BPA bulunduğu ve bunun nedeninin ise muhtemelen birim ambalaj kağıdından migrasyon veya işleme esnasında çevreden kontaminasyon nedeniyle olduğu belirtilmektedir (Cao *et al.* 2011; Geens *et al.* 2012).

BPA'nın kullanım alanlarının artması, üretim miktarını da beraberinde artırmaktadır. BPA, Almanya, Japonya ve Amerika gibi ülkelerde Dow, Shell, Bayer, Mitsui, Mitsubishi ve Shin Nihon gibi firmalar tarafından yıllık yaklaşık 1.7 milyar kg civarında üretilirken, Avrupa'da 1997-1998 yılları arasında 40 bin ton BPA kullanılmıştır (Gülnaz 2006). BPA üretiminin dünya çapında, 2000 ile 2006 yılları arasında %4, 2006 ile 2010 yılları arasında ise %2'lik bir oranda artış gösterdiği ve 2000 yılında Batı Avrupa'da 830 milyon ton BPA bulunduğu tahmin edilmektedir. Öte yandan BPA'ya olan küresel talebin 2006 yılında 3,9 milyon ton iken, 2010 yılında yaklaşık 5 milyon tona çıktığı tahmin edilmektedir (Ballesteros-Gómez *et al.* 2009). Dünyada üretilen BPA'nın %70'nin polikarbonat plastiklerin, %25'nin ise epoksi reçinelerinin üretiminde kullanıldığı belirtilmektedir. Polikarbonatlar biberonlar ve su şişeleri gibi değişik plastik ürünlerin yapımında kullanılırken, epoksi reçineler ise deniz ürünleri, sebzeler, bira, alkolsüz içecekler ve süt tozu gibi gıdaların ambalajlanmasında, kullanılan metallerin iç yüzeylerinin kaplanmasında, su ve şarap gibi içeceklerin bulunduğu büyük depolama kapların ve değişik tiplerdeki gıda taşıyıcılarının yapılmasında kullanılmaktadır. Öte yandan bu ambalaj materyallerinin yapımı esnasında, proses tam olarak uygulanmadığında BPA tipi reçineler ve farklı reaksiyon ürünlerinin gıdaya migrasyonunun gerçekleştiği, hatta bazı durumlarda, bu maddeler ile gıda komponentlerinin yeni bileşikler oluşturabildiği de belirtilmektedir (Goodson *et al.* 2002; Er 2010).

Migrasyon, ambalaj materyali ile gıda maddesi arasındaki etkileşim ile oluşan kütle transferi olarak tanımlanmaktadır. Ambalaj materyalinden gıdaya plastik katkı maddeleri gibi pek çok madde migrasyon yoluyla geçebilmektedir (Lau and Wong 2000). Migrasyonu; gıda ile ambalaj materyalinin temas yüzeyinin alanı, ambalaj materyalindeki migrant çeşidi ve konsantrasyonu, temas süresi, ambalaj materyalinin

fiziksel ve kimyasal özellikleri, sıcaklık ile gıdanın özellikleri gibi faktörlerin etkilediği belirtilmektedir (Kavas ve Kavas 2012). İlaveten ambalaj materyalinde bulunan kimyasal maddelerin hareketlerinin; molekülün yapısı ve büyüklüğüne, gıda ile etkileşimine ve gıda maddesinin gösterdiği dirence göre değiştiği de belirtilmektedir (Castle 2007).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), BPA'ya uluslararası maruz kalma limitinin 0,4–4,2 $\mu\text{g/kg/vücut ağırlığı/gün}$ arasında değiştiğini tahmin etmektedir (Anonymous 2010). Avrupa Komisyonu (European Comission) ve ABD, bebek biberonlarında ve 0–3 yaş arası çocuk oyuncaklarında BPA kullanımını yasaklamıştır (Anonymous 2012b). Öte yandan, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (the European Food Safety Authority) tarafından tolere edilebilir günlük alım miktarı; 5 $\mu\text{g/kg/vücut ağırlığı/gün}$ olarak anılmaktadır (Anonymous 2014).

Ülkemizde ise BPA ile ilgili yapılan düzenlemeler, Avrupa Birliği direktifleri ile uyum içerisindedir. Türk Gıda Kodeksi (TGK), Gıda Maddeleri ile Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği'nde (Tebliğ No: 2013/34), 13480 referans nolu BPA'nın, TGK-Bebek Formülleri ve TGK-Devam Formülleri Tebliğlerinde bebek olarak tanımlanan tüketici grubu için kullanılan, polikarbonat madde ve malzemelerin üretiminde kullanılması yasaklanmış olup, BPA'nın spesifik migrasyon limiti ise 0.6 mg/kg olarak belirtilmiştir (Anonim 2013).

Son zamanlarda adından sıkça bahsettiren ve toplu beslenme endüstrisinde popüler olarak kullanılmaya başlanan bir pişirme yöntemi olan sous-vide ile ilgili yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Öte yandan bu çalışmalar, özellikle pişmiş ürünün mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü üzerine yoğunlaşmıştır (Garcia-Segovia *et al.* 2007; Diaz *et al.* 2008; Baldwin 2008; Baldwin 2012; Harun 2012; Yaz 2013; Zikirov 2014; Bıyıklı 2015). Ayrıca literatürde balıketinin sous-vide yöntemi ile pişirilmesinin, balıketinin genel kalite kriterleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışma sayısı ise oldukça sınırlıdır (Özturan 2009; Çetinkaya 2013; Doğruyol-Tanrıverdi 2013). Üstelik bu çalışmalarda pişirme esnasında oluşabilen heterosiklik aromatik amin miktarları ve

ambalaj malzemesinden gıdaya gerçekleşen bisfenol-A migrasyonu da araştırılmamıştır. Bu nedenlerle; mevcut araştırmada, sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen alabalık filetolarında heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bisfenol-A migrasyon seviyesi belirlenmiş olacaktır. İlaveten örneklerde belirlenen BPA migrasyon seviyesinin, Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluğu da değerlendirilmiş olacaktır. Ayrıca pişirilmiş alabalık fileto etlerinin çeşitli kalite kriterleri de belirlenmiş olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sous-vide ile ilgili bu zamana kadar yapılan çalışmalar, özellikle pişirme sıcaklığı ve pişmiş ürünün depolama süresi ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine yoğunluk göstermiştir (Vaudagna *et al.* 2002; García-Segovia *et al.* 2007; Baldwin 2008; Diaz *et al.* 2008; Baldwin 2012). Öte yandan, sous-vide pişirme yönteminin, sığır etlerinde çeşitli kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı ve geleneksel yöntemlerle kıyaslandığı bir çalışma da bulunmaktadır (Öz and Zikirov 2015). Literatürde et, balık ve çeşitli sebze ürünlerinde sous-vide teknolojisinin uygulanması sonucunda raf ömrü ve mikrobiyolojik kalite yönünden olumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir (Armstrong 2000). Armstrong and McIlveen (2000) yaptıkları çalışmada, sous-vide yöntemi kullanarak pişirdikleri balık ve sebze ürünlerinin 7 gün, kırmızı et ürünlerinin 23-35 gün, beyaz et ürünlerinin ise 14-30 gün boyunca duyuşal özelliklerini kaybetmeden muhafaza edilebildiğini belirtmektedir.

Mason *et al.* (1990), ambalaj içerisinde vakum pişirme işlemi ile bazı ürünlerin raf ömrünü 5 günden 21 güne çıkarmanın mümkün olduğunu, ambalaj içerisindeki düşük oksijen basıncının, buzdolabında muhafaza esnasında arzu edilmeyen tat-aromanın (off-flavours) oluşumuna neden olan bozucu aerobik mikroorganizmalar ve lipid oksidasyonunun gelişmesini engellediğini bildirmektedir. Bu nedenle anılan yöntem, et gibi gıda maddelerinin pişirilmesinde avantaj sağlamaktadır. Çünkü ette arzu edilmeyen karakteristik tat-aroma (Warmed Over Flavour, WOF) konvansiyonel pişir-soğut sistemlerinde ürünün kabul edilebilirliğini sınırlandırmaktadır (Mason *et al.* 1990). Nitekim Armstrong and McIlveen (2000), sous-vide yöntemi ile pişirdikleri et içeren yemeklerin duyuşal kalitede önemli bir kayba uğramadan 40 gün boyunca muhafaza edilebileceğini belirtmişlerdir.

Nyati (2000), sous-vide yöntemi ile 70°C sıcaklıkta 2 dk pişirdikleri ve 3°C'de 5 haftaya kadar depoladıkları, et içeren farklı yemeklerin mikrobiyolojik kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada, 5 hafta depolama sonrasında, toplam psikrotrof sayısının çiğ örnekteki sayıya yakın olduğunu (3 log cfu/g) ve örneklerin patojen bakteri

(*Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens* ve *Bacillus cereus*) ile *Enterobacteriaceae*, laktik asit bakterileri, maya ve küf içermediğini de tespit etmişlerdir.

Bıyıklı (2015) farklı pişirme sıcaklık (65°C, 70°C, 75°C) – süre kombinasyonu (20, 40, 60dk) kullanarak sous-vide yöntemi ile pişirdikleri hindi külbastı etinin, çeşitli fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. En uygun pişirme sıcaklık – süre kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda pişirme verimi, nem, a* ve esneklik değerlerinin sıcaklık artışı ile azaldığını, buna karşın pişirme kaybı, TBA, pH, sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin ise sıcaklık artışı ile arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar 65°C’de 20 dk pişirilen örneklerde *Listeria* spp. varlığını gözlediklerini, diğer örneklerde ise toplam mezofilik aerobik bakteriler dışında analiz yapılan diğer mikroorganizmaların tespit edilemediğini ve düşük sıcaklıklarda daha kısa süre pişirilmiş örneklerin duyuşal açısından daha çok beğenildiğini ve netice olarak araştırma sonucunda hindi külbastı etlerinin 65°C sıcaklıkta 40 dk pişirilmesinin en uygun kombinasyon olduğunu bildirmiştir.

Özturan (2009) sous-vide yöntemiyle pişirilmiş mezgit ve palamut balıklarında kalite ve raf ömrünün belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada sous-vide işleminin taze balıklardaki mikroorganizma yükünü, TVB-N ve TMA-N değerlerini düşürdüğü ve böylece balık kalitesi üzerine olumlu etkisinin olduğu ve pH değerlerinin sous-vide uygulamasından sonraki depolama aşamasında fazla artış göstermediğini bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca 70°C’de 10 dk pişirdiği ve soğukta depoladığı mezgit ve palamut balıklarının raf ömürlerinin 35 gün olduğunu bildirmiştir.

Protein bakımından zengin gıdalar arasında yer alan balık ve et gibi gıdaların pişirilmesi esnasında, karsinogenik ve/veya mutajenik oldukları belirlenen heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) oluşabildiği bilinmektedir (Klassen *et al.* 2002). Günümüze kadar 25’ten fazla HAA, gıdalardan izole ve tanımlanmıştır (Öz *et al.* 2016a). Oluşan HAA ve miktarları; ısıtılma işlemi gören et tipi, pişirme şartları (sıcaklık, süre, ekipman ve metot), pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest aminoasitler ve kreatin gibi faktörlere

bağlıdır (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Keating and Bogen 2001; Öz *et al.* 2007, 2010). Ayrıca ısı ve kütle transferi, yağlar, lipid oksidasyonu ve antioksidantların HAA'ların konsantrasyonuna etki ettiği belirlenmiştir (Jägerstad *et al.* 1998; Öz 2010, 2011; Öz and Kaya 2011a, 2011b, 2011c; Öz *et al.* 2016a; Öz *et al.* 2016b; Öz *et al.* 2016c).

HAA'ların iki ana kimyasal sınıfı olduğu bilinmektedir. Bunlardan ilki aminoimidazoazorenler, ikincisi ise aminokarbolinlerdir (Puignou *et al.* 1997; Skog *et al.* 2000; Skog and Solyakov 2002). IQ tipi bileşikler veya termik HAA'lar olarak da isimlendirilen aminoimidazoazorenler; genellikle 150-300°C arasındaki sıcaklıklarda, serbest aminoasitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki reaksiyonlarda oluşmaktadır (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.* 1987a, 1987b). Öte yandan 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda aminoimidazoazorenlerin oluştuğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Barrington *et al.* 1990; Tsai *et al.* 1996; Chen *et al.* 2000; Öz *et al.* 2016b). IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA'lar olarak da isimlendirilen aminokarbolinler ise; genellikle 300°C üzerindeki sıcaklıklarda proteinler ve aminoasitlerin pirolizi sonucu oluşmaktadır (Sugimura 1997; Sugimura and Adamson 2000; Knasmüller *et al.* 2001). Öte yandan 300°C'nin altındaki sıcaklıklarda aminokarbolinlerin oluştuğunu gösteren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır (Busquets *et al.* 2004; Öz and Zikarov 2015; Öz *et al.* 2016a).

Richling *et al.* (1998) tüketime hazır halde satın aldıkları deniz alabalığında IQx, IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerini belirleyemezken, 0,1 ng/g seviyesinde MeIQx, 0,5 ng/g seviyesinde PhIP tespit etmişlerdir. Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30dk kızartılan morina balığında IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeAαC ve AαC bileşiklerini belirleyemezken, 3,2 ng/g seviyesinde PhIP tespit etmişlerdir. Wong *et al.* (2005) tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balıkta IQ, MeIQ ve 7,8-DiMeIQx bileşiklerini belirleyemezken, 0,32 ng/g seviyesine kadar MeIQx, 0,21 ng/g seviyesine kadar 4,8-DiMeIQx, 0,54 ng/g seviyesine kadar PhIP belirlemişlerdir.

Öz *et al.* (2010) farklı pişirme yöntem (mikrodalga, fırın, ısıtıcı plaka, tava ve mangal) ve seviyelerinin (az, orta, iyi ve çok iyi) alabalık filetolarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 1–4 dk pişirilen örneklerde IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, PhIP ve MeAαC bileşiklerini belirleyezken, IQ bileşiğini 17,84 ng/g'a kadar, 4,8-DiMeIQx bileşiğini 0,25 ng/g'a kadar belirlemişlerdir. Araştırmacılar 200°C'lik fırında 3–12 dk pişirdikleri örneklerde MeIQ, 7,8-DiMeIQx, PhIP ve MeAαC bileşiklerini belirleyezken, IQx bileşiğini 0,29 ng/g'a kadar, IQ bileşiğini 4,28 ng/g'a kadar, 4,8-DiMeIQx bileşiğini ise 0,24 ng/g'a kadar belirlemişlerdir. Araştırmacılar 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri örneklerde IQx bileşiğini 0,31 ng/g'a kadar, IQ bileşiğini 2,41 ng/g'a kadar, MeIQ bileşiğini 0,26 ng/g'a kadar, 7,8-DiMeIQx bileşiğini 0,22 ng/g'a kadar, 4,8-DiMeIQx bileşiğini ise 0,25 ng/g'a kadar belirlemişlerdir. Araştırmacılar 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızarttıkları örneklerde IQx bileşiğini 0,28 ng/g'a kadar, IQ bileşiğini 5,57 ng/g'a kadar, MeIQ bileşiğini 0,48 ng/g'a kadar, 7,8-DiMeIQx bileşiğini 0,4 ng/g'a kadar, 4,8-DiMeIQx bileşiğini 0,24 ng/g'a kadar belirlemişlerdir. Araştırmacılar mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri örneklerde ise IQx bileşiğini 0,28 ng/g'a kadar, IQ bileşiğini 2,56 ng/g'a kadar, MeIQx bileşiğini 0,49 ng/g'a kadar, 7,8-DiMeIQx bileşiğini 0,42 ng/g'a kadar, 4,8-DiMeIQx bileşiğini 0,83 ng/g'a kadar belirlemişlerdir.

Öz and Kotan (2016), farklı pişirme yöntemlerinin (mikrodalga, tava, fırın, ısıtıcı plaka ve mangal) gökkuşağı alabalık filetolarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 4 dk pişirilen örneklerde ve 180°C'lik fırında 10 dk pişirilen örneklerde IQx, IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, MeAαC ve AαC bileşiklerini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar 180°C'lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde ise 4,8-DiMeIQx, MeAαC ve AαC bileşiklerini belirleyemezken, IQx bileşiğini 0,04 ng/g seviyesinde, IQ bileşiğini 0,13 ng/g seviyesinde, MeIQ bileşiğini 0,23 ng/g seviyesinde, 7,8-DiMeIQx bileşiğini 0,03 ng/g seviyesinde, PhIP bileşiğini ise 0,76 ng/g seviyesinde belirlemişlerdir. Araştırmacılar mangalda pişirdikleri örneklerde de 4,8-DiMeIQx, MeAαC ve AαC bileşiğini belirleyemediklerini, buna karşın 0,04 ng/g

seviyesinde IQx, 0,33 ng/g seviyesinde MeIQ, 0,06 ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx, 1,46 ng/g seviyesinde PhIP bulduklarını rapor etmişlerdir.

Zhang *et al.* (1988) ise 260°C’de 16 dk kızartılan morina balığında IQ bileşiğini 0,16 ng/g seviyesinde, MeIQx bileşiğini 6,44 ng/g seviyesinde, MeIQ bileşiğini 0,03 ng/g seviyesinde, PhIP bileşiğini 69,2 ng/g seviyesinde bulmuşlardır. Costa *et al.* (2009) tarafından yapılan bir çalışmada da, 180–200°C’de 20 dk ızgara yapılan sardalya balığında IQ ve PhIP bileşikler belirlenemezken, 280–300°C’de 10–14 dk mangalda pişirilen sardalya örneklerinde 1,9 ng/g’a kadar IQ ve 6,5 ng/g’a kadar PhIP belirlenmiştir.

Öz and Zikarov (2015), sous-vide yöntemi ile haşlama ve tavada kızartma yöntemlerinin HAA oluşumu üzerine etkilerini belirlemek ve birbirleriyle karşılaştırmak için yaptıkları araştırmalarında, sous-vide yöntemi ile pişirilen ve haşlanan örneklerin toplam HAA içeriğinin, tavada kızartılan örneklerin toplam HAA içeriğinden daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, toplam HAA içeriğinin sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerde 0,036–0,123 ng/g arasında, haşlanan örneklerde 0,032 ng/g seviyesinde, tavada kızartılan örneklerde ise 0,252–0,940 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Skog and Solyakov (2002) düşük sıcaklıkta kaynatma ve haşlama gibi ısı işlem uygulamalarının düşük sıcaklık (<100°C) nedeniyle çok düşük seviyelerde HAA oluşumuna neden olduğunu açıklamışlardır.

BPA içeren ürünlerin insan sağlığına zararlı etkilerini araştıran çalışma sayısı duyulan kaygı nedeniyle her geçen gün artmaktadır (Fleisch *et al.* 2010; Wolstenholme *et al.* 2011; Caserta *et al.* 2011). Ülkemizde gıdalarda BPA seviyesi ile ilgili çok fazla araştırmaya rastlanılmamıştır. BPA türevli bir madde olan BPA diglisidileter (BADGE) ile ilgili yapılan bir çalışmada, farklı markalara ait balık örneklerinde BADGE miktarları araştırılmış, sardalya ve hamsi balıklarında yüksek miktarlarda BADGE saptandığı bildirilmiştir (Er ve Sarımeahmetoğlu 2011).

Ülkemizde yürütülen başka bir çalışmada yerel marketlerden satın alınan çeşitli konserve gıda (fasulye, mısır, garnitür, bezelye, salça ve ton balığı), karton ambalajlı gıda (krema, meyve suyu, süt ve puding) ve cam ambalajlı gıdada (mantar, biber salçası ve turşu) BPA içeriği araştırılmış ve gıdalardaki BPA içeriğinin nd-1858 µg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir (Sungur *et al.* 2014).

Yoshida *et al.* (2001) sebze ve meyve konservelerinin katı kısımlarındaki kalıntı BPA miktarının (<10–95,3 ng/g), konservelerin sulu kısımlarındaki BPA miktarından (<5 ng/ml) daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar mısırların konserve yapılması esnasında, BPA'nın gıdanın temas ettiği yüzeylerden sulu kısımlara, daha sonra depolama aşamasında ise sulu kısımlardan katı kısımlara doğru geçtiğini bildirmişlerdir.

Yunanistanda yapılan başka bir çalışmada metal kutularda satılan konserve süt örneklerinde <1,7–15,2 ng/g arasında değişen miktarlarda BPA tespit edilmiştir (Maragou *et al.* 2006).

Konserve edilmiş süt ürünlerinde (krema, yoğunlaştırılmış süt ve yoğunlaştırılmış tatlı süt) 21–43 µg/kg arasında, kahve ve kafein ürünleri gibi çeşitli içeceklerde 33–134 ng/ml arasında, çeşitli konserve gıdalarda 7-380 µg/kg arasında BPA tespit edildiği rapor edilmiştir (Munguia-Lopez *et al.* 2005). Japonya'da marketlerde satılan çeşitli konserve gıdalarda 0–842 ng/g seviyesinde BPA bulunduğu tespit edilmiştir (Sajiki *et al.* 2007).

İtalya'da yapılan başka bir çalışmada doğranmış domates konservelerinde BPA miktarı araştırılmış, analizi yapılan 42 adet örneğin 22 tanesinde (%52,4) 20,5–115,3 µg/kg arasında BPA saptandığı belirtilmiştir (Grumetto *et al.* 2008).

Cao *et al.* (2009) tarafından yapılan çalışmada, Kanada'da satılan 72 adet içecek örneği (kola, diyet kola, enerji içeceği, ice tea, meyveli soda vs.) BPA içeriği bakımından analiz edilmiş ve örneklerin nd – 4,5 µg/l arasında BPA içerdiğini bulmuşlardır.

BPA'ya ayrıca hava ve deri yoluyla da maruz kalındığı bildirilmektedir. Evde bulunan tozlardaki BPA konsantrasyonunun 707 ng/g'a kadar ulaşabildiği belirtilmektedir (Dekant and Völkel 2008). Öte yandan, yüksek kaynama noktası ve düşük buhar basıncına sahip olan BPA'nın nadiren buharlaştığı ve dolayısıyla da inhalasyonunun göz ardı edilebileceği belirtilmektedir (Staples *et al.* 1998).

BPA'nın çok düşük dozlarda alınması durumunda bile çok çeşitli biyolojik etkilere sebep olabildiği ve lipofilik özellikte olması nedeniyle insanda yağlı dokularda birikebildiği belirtilmektedir (Ben-Jonathan *et al.* 2009). BPA'nın endokrin bozukluğu yanında endojen östrojen aktivitesinde değişiklikler, tiroid hormon fonksiyonu ve merkezi sinir sistemi fonksiyonunda farklılıklar, prostat hacmi ve ağırlığında artış ve bağışıklık sisteminin baskılanması gibi etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Wetheril *et al.* 2007).

BPA'nın insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin potansiyel riskleri nedeniyle, uluslararası çeşitli otoriteler, risk değerlendirmeleri yapmışlardır. BPA'nın ilk kez 1986 yılında, Avrupa Birliği Bilimsel Gıda Komitesi (Scientific Committee for Food) tarafından değerlendirmeye alınmıştır. Ambalaj materyalinden gıdaya geçebilen zararlı bileşiklere karşı tüketiciyi korumak amacıyla, Avrupa Birliği'nde plastik ambalajlama materyalleri için Avrupa Komitesi tarafından direktifler oluşturmuştur. Avrupa Birliği'nin 90/128/EEC komisyon direktifinde toplam migrasyon limitleri belirlenmiş, BPA'nın plastik materyallerin yapımında monomer veya başlangıç maddesi olarak kullanılmasına izin verilmiş ve spesifik migrasyon limitinin 3 mg/kg olması gerektiği belirtilmiştir (Anonymous 1990). Öte yandan, yapılan çalışmalar doğrultusunda 2002 yılında, 2002/72/EC direktifi ile gıda ile temas halinde bulunan materyallerin yapımında kullanılan monomerler, başlangıç maddeleri ve katkı maddelerini içeren bir liste yayınlanmış ve spesifik migrasyon limitleri de yeniden düzenlenmiştir. Listede yer almayan maddelerin kullanımı yasaklanmış ve BPA'nın spesifik migrasyon limiti 0,6 mg/kg'a düşürülmüştür (Anonymous 2002).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Araştırmada materyal olarak kullanılan gökkuşağı alabalık filetoları, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Alabalık tesisinden vakum ambalaj içerisinde temin edilerek, soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir.

3.1.2. Kimyasallar

Analizlerde tiyobarbitürik asit (T-5500, Sigma), triklor asetik asit (27242, Sigma-Aldrich), etilen diamin tetra asetik asit (03620, Sigma-Aldrich), propil gallat (P-3130, Sigma) dietil eter (31700, Sigma-Aldrich), pürifiye su (SimplicityTM 185, Millipore), sodyum hidroksit (06203, Sigma-Aldrich), extrelut NT paketleme materyali (115092. 1000, refill materyal, Merck), etil asetat (1.00868, 2500, HPLC-grade, Merck), hidroklorik asit (30721, Riedel Haën), metanol (34885, HPLC-grade, Sigma-Aldrich), amonyak (05003, Riedel Haën), Glasiyel Asetik Asit (27225, Riedel Haën), asetonitril (34851, HPLC-grade, Sigma-Aldrich), aseton (1.00020, 2500, Merck) ve n-heptan (412602000, HPLC-grade, Carlo Erba) kullanılmıştır. Heterosiklik aromatik aminlerin analizi esnasında kullanılan analitik kalitedeki tüm çözeltiler (HPLC-grade hariç) 0.45µm filtreden (Millipore) geçirildikten sonra kullanılmıştır.

HAA'ların HPLC'de yürütülmesinde; Solvent A olarak: Metanol/Asetonitril/Su/ Glasiyel Asetik Asit; 14/8/76/2 oranında karıştırıldıktan sonra, çözeltinin pH'sı amonyak ile 5'e ayarlanarak kullanılmıştır (Messner and Murkovic, 2004). Solvent B olarak ise: %100 Asetonitril kullanılmıştır. Araştırmada analizi yapılan IQx (CAS no: 108354-47-8, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinokzalin), IQ (CAS no: 76180-96-6, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinolin), MeIQx (CAS no: 77500-04-0, 2-amino-3,8-

dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (CAS no: 77094-11-2, 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), 7,8-DiMeIQx (CAS no: 92180-79-5, 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (CAS no: 95896-78-9, 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,7,8-TriMeIQx (CAS no: 132898-07-8, 2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (CAS no: 105650-23-5, 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (CAS no: 26148-68-5, 2-amino-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol) ve MeAαC (CAS no: 68006-83-7, 2-amino-3-metil-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol) Toronto Research Chemical (Toronto, Kanada)'dan satın alınmış ve arzu edilen konsantrasyonlara seyreltilerek kullanılmıştır (Öz 2011). 4,7,8-TriMeIQx internal standart olarak kullanılmıştır.

BPA'nın HPLC'de yürütülmesinde; izokratik olarak 40:60 oranında (v/v) asetonitril/pürifiye su kullanılmıştır. BPA standardı ise Sigma-Aldrich firmasından (Product Number: 239658) temin edilmiş ve arzu edilen konsantrasyonlara seyreltilerek kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Alabalık filetoların sous-vide yöntemi ile pişirilmesi

Alabalık filetolar sous-vide yöntemine uygun özel ambalajlara, vakum ambalajlanmış ve sous-vide pişirme yöntemine göre farklı pişirme sıcaklıklarında (65°C, 75°C ve 85°C) orta ve iyi derecelerde pişirilmiştir. Belirtilen sıcaklıklarda orta ve iyi derecede pişirme işlemlerinin belirlenmesi için ön denemeler yapılmış ve pişirme süreleri bu ön denemeler neticesinde netleştirilmiştir. Pişirme sıcaklıklarındaki pişirme düzeyine göre pişirme süreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Pişirme işleminden hemen sonra örnekler katı buz yardımı ile hızlıca soğutulmuştur. Soğutulan örnekler ambalajından çıkarılmış, derileri uzaklaştırıldıktan hemen sonra analizlerde kullanılmıştır.



- Malzeme: Poliamit + Polietilen
- Boyut Alternatifleri: 22x30cm
- Kalınlık: 165µm (düz taraf: 75µm + mikro-kanallı taraf: 90µm)
- Dondurulabilir ve mikrodalgada kullanılabilir
- AB , FDA , LFGB ye uygundur
- BPA, ftalat ve kurşun içermeme onaylıdır

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan vakum ambalajlama materyalinin özellikleri

Çizelge 3.1. Farklı pişirme sıcaklıklarındaki pişirme düzeyine göre pişirme süreleri

Sıcaklık (°C)	Pişirme Düzeyi	Süre (dk)
65	Orta	90
	İyi	150
75	Orta	75
	İyi	135
85	Orta	60
	İyi	120

3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin su içerikleri, kurutma kapları içerisine tartılan yaklaşık 10 g örneğin, 100±2°C'deki etüvde, sabit tartım elde edilene kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulması ile belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.3. pH değerinin belirlenmesi

pH değerinin belirlenmesi için, 10 g örnek üzerine 100 ml saf su ilave edilmiş, ultra-turrax (IKA Werk T 25, 18-10 20.000 UpM Germany) ile homojenize edildikten sonra pH metrede okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. pH metre kullanılmadan önce uygun tampon çözeltiler (pH 4.0 ve pH 7.0) ile kalibre edilmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.4. Ham yağ miktarının belirlenmesi

Soxhlet ekstraksiyon düzeneği ile kurutulmuş örnek içerisindeki ham yağ, 8 saat süresince dietil eter kullanılarak ekstrakte edilmiş ve % yağ miktarı direkt olarak hesaplanmıştır (Gökalp vd 2010).

3.2.5. Ham Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Örneklerin toplam azot ve ham protein miktarı kjeldahl yöntemi kullanılarak sadece hammaddede tespit edilmiştir. Toplam azot miktarı belirlendikten sonra 6,25 sabit faktörü ile çarpılarak ham protein içeriği hesaplanmıştır (Gökalp vd 2010).

3.2.6. TBARS değerin belirlenmesi

Örneklerin TBARS değerleri; Kılıç and Richards (2003)'e göre belirlenmiştir. Metoda göre; 1 g et örneği üzerine 6 ml TCA solüsyonu eklenip ultra-turrax ile 30 sn homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntüden 2 ml alınarak cam tüplere aktarılmış ve üzerine 2 ml TBA solüsyonu ilave edilmiştir. Vortex ile karıştırıldıktan sonra 95°C'deki su banyosunda 40 dk bekletilmiştir. Su banyosundan çıkartılan tüpler soğutulmuş ve vortexlendikten sonra tüp içerikleri santrifüj tüplerine aktarılmıştır. 3500 rpm'de 6 dk santrifüj edildikten sonra spektrofotometrede 532 nm'de kör numuneye karşı absorbans değerleri belirlenmiştir. TBARS değerleri mg MDA/kg olarak verilmiştir.

3.2.7. Renk analizi

Örneklerin renk yoğunlukları kolorimetre cihazı Minolta (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de l'Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre belirlenmiştir. Buna göre; L^* ; $L^*=0$, siyah; $L^*=100$, beyaz (koyuluk/açıklık); a^* ; $+a^*=kırmızı$, $-a^*=yeşil$ ve b^* ; $+b^*=sarı$, $-b^*=mavi$ renk yoğunluklarını göstermektedir. Beyaz kağıt üzerine konulan çiğ ve pişmiş örneklerin dört farklı yerinden şansa bağlı okumalar yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak kullanılmıştır.

3.2.8. HAA miktarının belirlenmesi

3.2.8.a. HAA ekstraksiyonu

HAA'ların ekstraksiyonu Messner and Murkovic (2004)'in metodunda, bazı modifikasyonlar yapılarak (Öz and Zikirov 2015) gerçekleştirilmiştir. Metoda göre; 1 g et örneği behere tartılarak üzerine 12 ml 1 M NaOH ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcı üzerinde 1 h 500 rpm devirde karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda 10 g Extrelut NT paketleme materyali ilave edilerek spatül yardımı ile iyice karıştırılmıştır. Oasis MCX kartujları vakum manifold sistemine bağlanmış ve ön şartlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Oasis MCX kartujlar üzerine ekstraksiyon kartujları bağlanmış ve rezervuar içine paketleme yapılmıştır. Ardından etil asetat, hidroklorik asit, metanol ile kartujlar yıkanmış ve örneklerdeki HAA'lar, %95 metanol: %5 NH_3 çözeltisi ile elüe edilmiştir. Örnekler HPLC analizine kadar $-18^\circ C$ 'de muhafaza edilmiş, analizden 1 gün önce $50^\circ C$ 'lik etüvde kurutulmuştur. Vial üzerine 100 μl metanol ilave edilerek HPLC analizine başlanmıştır.

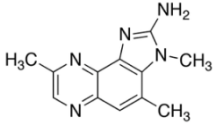
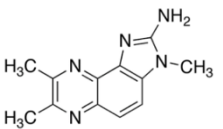
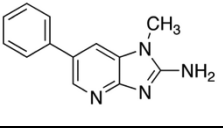
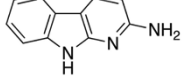
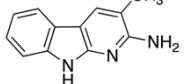
3.2.8.b. HAA'ların HPLC ile analizi

HAA'ların miktar tayinleri; Diode Array Dedektör (DAD-3000), auto sampler (WPS-3000), kolon fırını (TCC-3000) ve pompa (LPG-3400SD) içeren HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) ile yapılmıştır. Ayırma işlemi 35°C'de ve 0,7 mL/dk akış hızında, Acclaim™ 120 C18 3mm (4.6x150 mm) Tosoh Bioscience GmbH (Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonunda; Solvent A ve Solvent B çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öz *et al.* 2015). HAA'ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA'ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda (10, 5, 2,5, 1 ve 0,5 ng/g) standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regresyon katsayılarının, analizi yapılan HAA'ların tamamında 0.9999'un üzerinde olduğu belirlenmiştir. Araştırmada analizi yapılan HAA'ların isimleri ve bazı bilgileri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Araştırmada analizi yapılan HAA'ların isimleri ve bazı bilgileri (Öz and Kaya 2011c)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltması	Molekül Ağırlığı	Yapı
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	IQ	198	
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	IQx	199	
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	MeIQ	212	
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	MeIQx	213	

Tablo 3.2. (devam)

2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin	4,8-DiMeIQx	227	
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin	7,8-DiMeIQx	227	
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b]piridin	PhIP	224	
2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol	AαC	183	
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol	MeAαC	197	

3.2.9. BPA miktarının belirlenmesi

3.2.9.a. BPA ekstraksiyonu

BPA analizi; Kang and Kondo (2002)'ya göre modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Kısaca; 1 g örnek, 10 ml asetonitril ve 2 g susuz sodyum sülfat ile 1 saat manyetik karıştırıcıda homojenize edilmiş ve sonrasında homojenat filtre edilmiştir. Filtre edilen örnek 6 ml asetonitril ile yıkanarak bu filtrata 6 ml asetonitril ile doyurulmuş hekzan eklenmiş, 5dk karıştırma işleminden sonra fazların ayrılması için 15dk bekletilmiştir. Daha sonra iki tabakaya ayrılan filtrattan, asetonitril tabakası (alttaki tabaka) bir behere transfer edilmiş, sonrasında hekzan tabakası 10 ml asetonitril ile tekrar muamele edilerek ayrılan asetonitril tabakası, diğer asetonitril tabakası ile birleştirilmiştir. Bu iki asetonitril tabakası 40°C'de azot ile kurutulmuştur. Elde edilen kalıntı florisil kartujda; aseton/n-heptan ile ekstrakte edilmiş, ardından solvent, azot gazı ile evapore edilmiş ve 1ml asetonitril-distile su (40:60, v/v) eklenerek HPLC-FLD ile analiz edilmiştir.

3.2.9.b. HPLC analizi

BPA'ların miktar tayinleri; Floresan Dedektör (FD-3000), auto sampler (WPS-3000), kolon fırını (TCC-3000) ve pompa (LPG-3400SD) içeren HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) ile yapılmıştır. Ayırma işlemi 40°C'de ve 1 mL/dak akış hızında, Pursuit RPC18 (150×4.6 mm, 5µm, Varian, Part no: A3000150×046) kolonunda; Solvent A ile izokritik olarak gerçekleştirilmiştir. BPA'ların identifikasyonu, standart olarak kullanılan BPA'nın alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki BPA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.10. İstatistiki analiz

Araştırma Tam Şansa Bağlı deneme planına göre iki tekerrürlü olarak kurulup yürütülmüştür. Elde edilen veriler, varyans analizine tabii tutulmuş ve farklı bulunan ortalamalar için Duncan Çoklu Karşılaştırma metodu kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991). Analizler için SPSS 20.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Alabalık Filetolarının Pişirme Öncesi Çeşitli Analiz Sonuçları

Araştırmada materyal olarak kullanılan alabalık filetolarının pişirme öncesi su, ham yağ, ham protein, pH ve TBARS değerleri Çizelge 4.1’de, L*, a* ve b* değeri sonuçları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. Öz and Kotan (2016) araştırmalarında materyal olarak kullandıkları alabalık filetolarında su içeriğini %75,42, ham yağ içeriğini %1,94, pH değerini 6,59 ve TBARS değerini ise 0,44 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Dinçer (2008) alabalık filetolarının su içeriğini %71,85 olarak, Tokur (2007) ise gökkuşağı alabalığının su içeriğini %70,67 olarak belirlemiştir. Berik vd (2011) yaptıkları çalışmada, alabalık filetosunun su, protein ve yağ içeriklerini sırasıyla %76,40, 15,70 ve 4,58 olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada alabalık filetosunda su, protein ve yağ içerikleri sırasıyla %72,31, 20,15, 4,61 olarak belirlenmiştir (Oğuzhan vd 2006). Öte yandan başka çalışmalarda alabalık filetolarının pH değeri 6,48 (Kaşıkçı 2013), TBARS değeri ise 0,34 mg MDA/kg olarak (Kılıç 2008) belirlenmiştir. Secci *et al.* (2016) ise -10°C’de 165 güne kadar muhafaza ettikleri gökkuşağı alabalığının TBARS değerinin 0,27–1,67 mg MDA/kg arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Dinçer (2008), taze alabalık filetosunun L*, a* ve b* değerlerini sırasıyla 47,58, -1,65 ve 8,86 olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan alabalık filetolarının su, ham yağ, ham protein, pH ve TBARS değerleri

n	Su (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	pH	TBARS (mg MDA/kg)
4	75,16±2,91	4,12±0,19	19,38±0,83	6,56±0,12	0,40±0,11

Ortalama değer ± Standart Sapma, n: Örnek sayısı

Çizelge 4.2. Hammadde olarak kullanılan alabalık filetolarının L*, a* ve b* değerleri

n	L*	a*	b*
4	49,19±5,042	-0,01±0,71	7,11±1,99

Ortalama değer ± Standart Sapma, n: Örnek sayısı

L * koyu rengin bir ölçüsüdür (daha yüksek değer daha açık bir renk gösterir)

a * daha yüksek bir değer daha kırmızı bir renk gösterir, kırmızı rengin bir ölçüsüdür

b * daha yüksek bir değer daha sarı bir renk gösterir, sarı rengin bir ölçüsüdür

Çiğ alabalık filetolarına ait sonuçlar, literatürdeki veriler ile genellikle benzerlik göstermektedir. Farklılıklar muhtemelen tür, yaş, olgunluk durumu, ortam, çevre sıcaklığı, beslenme koşulları, avlanma mevsimi ve şekli gibi faktörlerden ileri gelmektedir (Gökoğlu 2002; Tzikas *et al.* 2007; Hassoun and Karoni 2015).

4.2. Alabalık Filetolarının Pişirme Sonrası Çeşitli Analiz Sonuçları

4.2.1. Su içeriği

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içerikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Araştırmamızda çiğ alabalık filetolarının su içeriği %75,16 olarak belirlenirken, ısıtılma işlem görmüş örneklerin su içeriği beklenildiği gibi azalarak %68,95–70,86 arasında değişiklik göstermiştir. Gökoğlu *et al.* (2004) farklı pişirme yöntemlerinin gökkuşağı alabalığının çeşitli kalite kriterleri üzerine olan etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, su içeriğini, ısıtılma işlem görmemiş örneklerde %73,38, 180°C'lik tavada kızarttıkları örneklerde %62,69, 5 dk haşlama işlemine tabii tuttıkları örneklerde ise %69,16 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.3. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içerikleri

	Su İçeriği (%)	
Sıcaklık (°C)	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	70,86±0,24	70,84±0,63
75	70,00±0,42	70,00±0,14
85	69,75±0,63	68,95±0,49

Ortalama değer ± Standart Sapma

Öz *et al.* (2007) araştırmalarında materyal olarak kullandıkları gökkuşağı alabalığında ısıtıl işlem öncesi %72,17 olarak belirledikleri su içeriğini, derin yağda kızartma sonucu %61,67 olarak, tavada kızartma sonucu %70,27 olarak, ısıtıcı plaka üzerinde pişirme sonucu %72,45 olarak ve mangalda pişirilmesi sonucu %66,53 olarak tespit etmişlerdir.

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere örneklerin su içerikleri üzerine pişirme sıcaklığının önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenirken, pişirme düzeyi ile pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonunun ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Pişirme Sıcaklığı	2	2,267	10,436*
Pişirme Düzeyi	1	0,221	1,019
Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	0,209	0,964
Hata	6	0,217	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, *: $p<0,05$

Örneklerin su içeriği üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, pişirme sıcaklığının artması ile örneklerin su içerikleri azalmıştır. Öte yandan 75°C ve 85°C'de pişirilen örneklerin su içerikleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, ancak bu sıcaklıklarda pişirilen örneklerin su içeriklerinin, 65°C'de pişirilen örneklerin su içeriklerinden önemli oranda düşük olduğu belirlenmiştir. Sanchez-Del Pulgar *et al.* (2012) ısıtma işlemi neticesinde ette görülen su kaybının 3 ana nedeninin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki; artan sıcaklık ve/veya azalan basınç nedeniyle etteki su buharlaşarak uzaklaşmaktadır. İkincisi; ısıtma işlemi esnasında artan sıcaklıklar, myofibriller proteinlerinde şirince neden olmaktadır. Bu proses 40°C'de başlamakta ve sıcaklığın artmasıyla birlikte daha yoğun olarak gerçekleşmektedir. Bu şirince nedeniyle fibriller arasındaki hacimde azalma olmakta ve bu azalma myofibriller proteinlerin su tutma yeteneğinde kayba yol açmaktadır. Üçüncüsü; 56-62°C'ler arasındaki sıcaklıklarda perimisyal bağ dokuda görülen büzülme, kas lifi demetlerinin sıkışmasına neden olmakta ve serbest suyun etten ayrılmasını kolaylaştırmaktadır.

Çizelge 4.5. Su içeriği üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Sıcaklık (°C)	n	Su İçeriği (%)
65	4	70,85±0,388a
75	4	70,00±0,258b
85	4	69,35±0,655b

Ortalama değer ± Standart Sapma, n:Örnek sayısı

4.2.2. Pişirme kaybı

Rodriguez-Estrada *et al.* (1997) pişirme işleminin asıl olarak su kaybı nedeniyle et ürünlerinin ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu belirtmiştir. Ancak pişirme işlemi ile etten uzaklaşan tek bileşenin su olmadığı, etten uzaklaşan suyun, suda çözünen bir takım bileşenleri de beraberinde uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Gerber *et al.* (2009)'a göre, Laroche (1988) pişirme işlemi ile etten

ayrılan et suyunun myofibriler veya sarkoplazmik proteinler, kolojen, lipitler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşikleri gibi çeşitli bileşikler de içerdiğini belirtmektedir. Mevcut araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kayıpları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere örneklerin pişirme kayıpları %14,78-20,51 arasında değişmiştir. Mevcut araştırmada ısı işlem görmüş örneklerde belirlenen pişirme kaybı değerleri literatürdeki veriler ile uyum içersindedir. Nitekim García-Segovia *et al.* (2007) tarafından yapılan çalışmada, sous-vide yöntemi ile 60°C, 70°C ve 80°C pişirme sıcaklıklarında, 15, 30, 45 ve 60dk pişirdikleri sığır eti bifteklerinde %10–38 arasında değişen pişirme kaybı belirlenmiştir. Sanchez-Del Pulgar *et al.* (2012) ise domuz etinin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi sonucu pişirme sıcaklığı ve süresine bağlı olarak %16,7–40,9 arasında pişirme kaybı belirlemişlerdir. Sous-vide yönteminin hem pişirme öncesi ambalajlama işlemi hem de daha düşük sıcaklıklarda pişirme işlemi nedeni ile daha düşük pişirme kaybına neden olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, Zikirov (2014) sous-vide pişirme yöntemi ile geleneksel pişirme yöntemlerinin (haşlama ve tavada kızartma) sığır pirzolarlarında çeşitli kalite kriterleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında sous-vide yöntemiyle pişirdikleri örneklerinde %39,15-46,18, haşlanmış örneklerde %53,05, farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında tavada kızarttıkları örneklerde ise %34,41-38,57 arasında pişirme kaybı belirlemiştir.

Çizelge 4.6. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kayıpları

Sıcaklık (°C)	Pişirme kaybı (%)	
	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	16,68±0,24	14,78±0,42
75	20,21±1,03	19,84±1,90
85	20,03±0,18	20,51±0,65

Ortalama değer ± Standart Sapma

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kaybına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelgeden görüldüğü üzere örneklerin pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklığının çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenirken, pişirme düzeyi ile pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonunun ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pişirme kaybına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Pişirme Sıcaklığı	2	29,634	33,154**
Pişirme Düzeyi	1	2,572	2,878
Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	0,719	0,805
Hata	6	0,894	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere pişirme sıcaklığının artması pişirme kaybında artışa neden olmuş, öte yandan 75°C ve 85°C’de pişirilen örneklerin pişirme kayıpları arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Mevcut araştırmada elde edilen bu sonuç; 65°C – 75°C arasındaki sıcaklıklarda pişirme kaybının sıcaklık artışına bağlı olduğunu, 75°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda ise pişirme kayıplarının sıcaklıktan bağımsız olarak arttığını ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermektedir. Ayrıca pişirme sıcaklığının, örneklerin su içeriği ve pişirme kaybı üzerine olan etkisinin uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Nitekim 75°C ve 85°C’de pişirilen örneklerin su içerikleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmazken, bu sıcaklıklarda pişirilen örneklerin su içeriklerinin, 65°C’de pişirilen örneklerin su içeriklerinden istatistiksel olarak düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.8. Pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Sıcaklık (°C)	n	Pişirme Kaybı(%)
65	4	15,73±1,13b
75	4	20,02±1,27a
85	4	20,77±0,49a

Ortalama değer ± Standart Sapma, n:Örnek sayısı

Zikirov (2015) sous-vide yöntemiyle farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında pişirdikleri sığır pirzolarında, pişirme sıcaklığı ve süresinin artışına paralel olarak pişirme kaybının da arttığını belirtmiştir.

4.2.3. pH değeri

pH değeri, diğer su ürünlerinde olduğu gibi balık etlerinin de kalitesini önemli düzeyde etkileyen parametrelerden birisi olup (He *et al.* 2014), hem genel bir indeks hem de balık etinin bozulmasının belirlenmesinde tamamlayıcı bir analiz olarak sıkça kullanılmaktadır (Hassoun and Karoui, 2015). Canlı bir balığın kas dokusunun pH düzeyinin 7'ye yakın olduğu, ölüm sonrası ise tür, mevsim vb. çeşitli faktöre bağlı olarak 6.0 ile 7.1 arasında değiştiği belirtilmektedir (Öztürk 2014). Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pH değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pH değerleri

Sıcaklık (°C)	pH	
	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	6,63±0,01	6,68±0,02
75	7,00±0,00	7,00±0,00
85	6,69±0,01	6,66±0,06

Ortalama değer ± Standart Sapma

Araştırmamızda ısıtıl işlem görmemiş alabalığın pH değeri 6,56 olarak belirlenirken, sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pH değerleri ise artarak 6,63–7,00 arasında değişiklik göstermiştir. Girard (1992) pişirme işlemi neticesinde etin pH değerinde görülen artışı; imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesine bağlamaktadır. Öz *et al.* (2007) yaptıkları çalışmalarında ısıtıl işlem görmemiş alabalık filetolarında pH değerini 6,43 olarak belirlerken, farklı yöntemlerle pişirilen gökkuşağı alabalığının pH değerinin artarak 6,51-6,76 arasında değişiklik gösterdiğini bulmuşlardır. Öz and Kotan (2016) yaptıkları çalışmada alabalık filetolarının pH değerini ısıtıl işlem görmemiş örneklerde 6,59 olarak belirlemişler, farklı yöntemlerle pişirilen örneklerde ise pişirme yöntemine bağlı olarak 6,50–6,90 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere örneklerin pH değerleri üzerine pişirme sıcaklığının çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenirken, pişirme düzeyi ile pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonunun ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Piştirme Sıcaklığı	2	0,148	202,823**
Piştirme Düzeyi	1	0,000	0,481
Piştirme Sıcaklığı x Piştirme Düzeyi	2	0,002	2,738
Hata	6	0,001	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Örneklerin pH değeri üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, 65°C ve 85°C'de pişirilen örneklerin pH değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı,

ancak bu sıcaklıklarda pişirilen örneklerin pH değerlerinin, 75°C’de pişirilen örneklerin pH değerlerinden istatistiksel olarak düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. pH değeri üzerine pişirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Sıcaklık (°C)	n	pH
65	4	6,66±0,04b
75	4	7,00±0,00a
85	4	6,68±0,04b

Ortalama değer ± Standart Sapma, n:Örnek sayısı

4.2.4. TBARS değeri

Su ürünleri sahip olduğu kimyasal kompozisyonları nedeniyle insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Ancak birçoğu, sahip oldukları yağ miktarı ve yağ asidi kompozisyonları nedeniyle bozulmaya karşı oldukça hassas gıda grupları arasında yer almaktadır. Nitekim lipit oksidasyonunun, balık ve su ürünlerinin raf ömrü ve kalitelerini etkileyen önemli faktörlerden birisi olduğu belirtilmektedir (Shahidi and Zhong 2005). Mevcut araştırmada, sekonder lipit oksidasyonu, malonaldehit (MDA) konsantrasyonunun bir indeksi olan TBARS değerinin tespit edilmesi ile belirlenmiştir. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerleri

Sıcaklık (°C)	TBARS (mg MDA/kg)	
	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	1,42±0,19	1,10±0,46
75	0,80±0,41	0,55±0,08
85	0,49±0,11	1,12±0,04

Ortalama değer ± Standart Sapma

Araştırmamızda ısıtıl işlem görmemiş alabalık fileto etlerinin TBARS değerleri 0,40mg MDA/kg olarak belirlenirken, sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin tamamında TBARS değeri artarak 0,55–1,42 mg MDA/kg arasında değişmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere; 65°C ve 75°C’de pişirilen örneklerin pişirme düzeylerinin artması, TBARS değerini azaltırken, 85°C’de pişirilen örneklerin pişirme düzeylerinin artması ise TBARS değerinde artışa sebep olmuştur. Öte yandan orta düzeyde pişirilen örneklerin pişirme sıcaklıklarının artması TBARS değerini azaltmıştır. Mevcut araştırmada ısıtıl işlem görmüş örneklerde belirlenen TBARS değeri literatürdeki veriler ile uyum içersindedir. Nitekim Öz and Kotan (2016) araştırmalarında materyal olarak kullandıkları ısıtıl işlem görmemiş alabalık filetolarında TBARS değerini 0,44 mg MDA/kg olarak belirlerken, farklı yöntemlerle pişirdikleri (mikrodalga, tavada kızartma, ısıtıcı plaka ve fırın) örneklerde ise 0,62–2,25 mg MDA/kg arasında değişen düzeylerde TBARS değeri belirlemişlerdir.

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere örneklerin TBARS değeri üzerine pişirme sıcaklığının önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenirken, pişirme düzeyi ile pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksyonunun ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Piştirme Sıcaklığı	2	0,385	5,231*
Piştirme Düzeyi	1	0,001	0,015
Piştirme Sıcaklığı x Piştirme Düzeyi	2	0,287	3,895
Hata	6	0,074	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, *: $p<0,05$

Piştirme işleminin lipit oksidasyonunda artışa sebep olması beklenmektedir. Ancak piştirme işleminin TBARS değeri üzerine etkisinin, piştirme yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği literatürden gözlenmektedir. Bazı araştırmacılar (Rao *et al.* 1996; Hernández *et al.* 1999; Serrano *et al.* 2007; O’Grady *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012; Roldán *et al.* 2014; Domínguez *et al.* 2014a, 2014b) farklı hayvanlardan elde edilen etlerin pişirilmesi sonucu TBARS değerinin, çiğ ete kıyasla arttığını, bazı araştırmacılar (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012) ise bazı piştirme yöntemlerinin TBARS değerinde artışa neden olmadığını göstermişler ve bu durumu; TBARS testi ile ölçülen bileşiklerin oldukça reaktif olmaları nedeniyle ette bulunan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşikler ile reaksiyona girerek daha farklı bileşikler oluşturabilmelerine ve dolayısıyla da TBARS değerinin piştirme sonucu çiğ ete kıyasla daha düşük çıkabileceğine bağlamaktadırlar (Meinert *et al.* 2007; Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a). Öte yandan, Ferioli *et al.* (2008) ise piştirme işleminin TBARS değerinde artışa neden olmadığını belirtmiş ve bu durumu tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşikler olması nedeniyle, piştirme işlemi esnasında su ile uzaklaşmaları ve/veya termal degradasyon veya kondensasyon reaksiyonlarında kaybolmaları ile açıklamışlardır.

TBARS değeri üzerine piştirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, piştirme sıcaklığının artması TBARS değerinde azalmaya neden olmuş ve 65°C’de pişirilen örneklerin TBARS değeri, 75°C ve 85°C’de pişirilen örneklerin TBARS değerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Öte yandan Peiretti *et al.* (2012) yaptıkları çalışmalarında sığır etinin piştirme sıcaklığının artması ile örneklerin TBARS değerlerinin de arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar 140°C’de pişirdikleri örneklerde 16,5 nmol MDA/g olarak belirledikleri TBARS değerini, 200°C’de pişirdikleri örneklerde 26 nmol MDA/g olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.14. TBARS değeri üzerine sıcaklığın etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Sıcaklık (°C)	n	TBARS (mg MDA/kg)
65	4	1,27±0,34a
75	4	0,68±0,29b
85	4	0,80±0,37b

Ortalama değer ± Standart Sapma, n:Örnek sayısı

Sığır etinde oluşan okside tat-aromanın panelistler tarafından algılanmasında eşik değerin 2 mg MDA/kg olduğu belirtilmektedir (Verma and Sahoo 2000; Humada *et al.* 2014). Mevcut araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerde belirlenen TBARS değerleri bu eşik değerin altında kalmıştır.

4.2.5. Renk değerleri

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L*, a* ve b* değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere tüm pişirme sıcaklıklarında, pişirme düzeyinin artması L* ve b* değerlerinde artışa sebep olmuştur.

Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin L* değerleri, çiğ örneklerle kıyasla artış göstermiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Christensen *et al.* 2011; Nikmaram *et al.* 2011; Zikarov 2014). Öte yandan mevcut araştırmada, çiğ örneklerde 49,19 olarak belirlenen L* değeri, pişmiş örneklerde 82,62-84,83 arasında değişiklik göstermiştir. L* değerinin yüksek olması ürünün daha parlak olması ile alakalıdır. Nitekim, Resurreccion (2003) yüksek L* değerine sahip olan et parçalarının tüketiciler tarafından daha fazla tercih edildiğini belirtmektedir.

Çizelge 4.15. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L*, a* ve b* değerleri

	L*		a*		b*	
Sıcaklık (°C)	Orta Pişirme	İyi Pişirme	Orta Pişirme	İyi Pişirme	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	84,01±0,22	84,17±0,50	-0,08±0,02	0,66±0,11	18,94±1,27	18,97±0,31
75	84,60±1,42	84,83±0,24	0,32±0,06	-0,01±0,01	20,69±0,74	20,87±1,23
85	82,62±0,49	82,73±1,03	-0,65±0,18	-0,90±0,14	19,12±0,59	19,90±1,27

Ortalama değer ± Standart Sapma

L * koyu rengin bir ölçüsüdür (daha yüksek değer daha açık bir renk gösterir)

a * daha yüksek bir değer daha kırmızı bir renk gösterir, kırmızı rengin bir ölçüsüdür

b * daha yüksek bir değer daha sarı bir renk gösterir, sarı rengin bir ölçüsüdür

a* değeri genellikle etin oksimiyoglobin içeriği ile ilişkilendirilmektedir (Renerre *et al.* 1996). Isıl işlem görmüş ette a* değeri yüksekliğinin myoglobin denatürasyonu ile ters ilişkili olduğu belirtilirken (Roldán *et al.* 2013), etlerde pişirme sonrası a* değerindeki azalmanın pigment denatürasyonu nedeniyle olduğu belirtilmektedir (Aberle *et al.* 2001; Sanchez-Del Pulgar *et al.* 2012). Mevcut araştırmada çiğ örneklerde -0,01 olarak belirlenen a* değeri, ısıl işlem görmüş örneklerde -0,90 – (+0,66) arasında değişiklik göstermiştir.

Sarı renk yoğunluğunun göstergesi olan b* değeri veya sarılık değeri, literatürde hala tam olarak açıklanamayan bir değerdir. Öte yandan b* değerindeki çok küçük değişimlerin bile, etin renk değişiminde çok önemli etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Insausti *et al.* 1999; Houben *et al.* 2002). Mevcut araştırmada sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin b* değerleri, çiğ örneklerle kıyasla artmıştır. Isıl işlem görmemiş örneklerde 7,11 olarak belirlenen b* değeri ise ısıl işlem görmüş örneklerde 18,94-20,87 arasında değişiklik göstermiştir.

Mevcut araştırmada alabalık filetolarının tüm renk parametreleri pişirme işleminden etkilenmiştir. Örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi, L* ve b* değerlerinde artışa neden olmuştur. L* değerindeki artışa; su kaybı nedeniyle et yüzeyinde bulunan fazla suyun ışığın yansıtma kapasitesini artırmasının, b* değerindeki artışa ise; metmyoglobin

ve sulfomyoglobin türlerinin oluşmasının neden olduğu düşünülmektedir (Garcia-Segovia *et al.* 2007). Benzer sonuçlar diğer araştırmalarda da belirlenmiştir (Zikarov 2014).

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere pişirme sıcaklığının örneklerin L^* değeri üzerine önemli ($p<0,05$), a^* değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisi belirlenirken, b^* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Pişirme düzeyinin, örneklerin L^* , a^* ve b^* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Öte yandan, pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonunun örneklerin a^* değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisi belirlenirken, L^* ve b^* değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
L^*	Pişirme Sıcaklığı	2	4,374	7,160*
	Pişirme Düzeyi	1	0,083	0,135
	Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	0,004	0,007
	Hata	6	0,611	
a^*	Pişirme Sıcaklığı	2	1,351	120,615**
	Pişirme Düzeyi	1	0,009	0,762
	Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	0,358	31,957**
	Hata	6	0,011	
b^*	Pişirme Sıcaklığı	2	3,515	3,686
	Pişirme Düzeyi	1	0,320	0,336
	Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	0,158	0,165
	Hata	6	0,954	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, *: $p<0,05$

Piştirme sıcaklığının örneklerin L^* ve a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, 65°C ve 75°C ’de pişirilen örneklerin L^* ve a^* değerleri, 85°C ’de pişirilen örneklerin L^* ve a^* değerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Ayrıca, myoglobin pigmentinin globin proteinin 65°C ’den itibaren denatüre olmaya başladığı bilinmektedir (Gökalp vd 1999).

Çizelge 4.17. L^* ve a^* değeri üzerine piştirme sıcaklığının etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	n	L^*	a^*
65	4	$84,09 \pm 0,33a$	$0,29 \pm 0,43a$
75	4	$84,71 \pm 0,84a$	$0,16 \pm 0,19a$
85	4	$82,67 \pm 0,66b$	$-0,78 \pm 0,19b$

Ortalama değer $\pm$ Standart Sapma, n: Örnek sayısı

Mevcut araştırmada istatistiksel olarak önemli bulunan piştirme sıcaklığı x piştirme düzeyi interaksiyonunun pişmiş örneklerin a^* değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere iyi düzeyde pişirilen örneklerden sadece 65°C ’de pişirilen örneklerin a^* değerleri, orta düzeyde pişirilen örneklerin a^* değerlerinden yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.1. a* değeri üzerine pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksyonunun etkisinin sonuçları

4.2.6. HAA içeriği

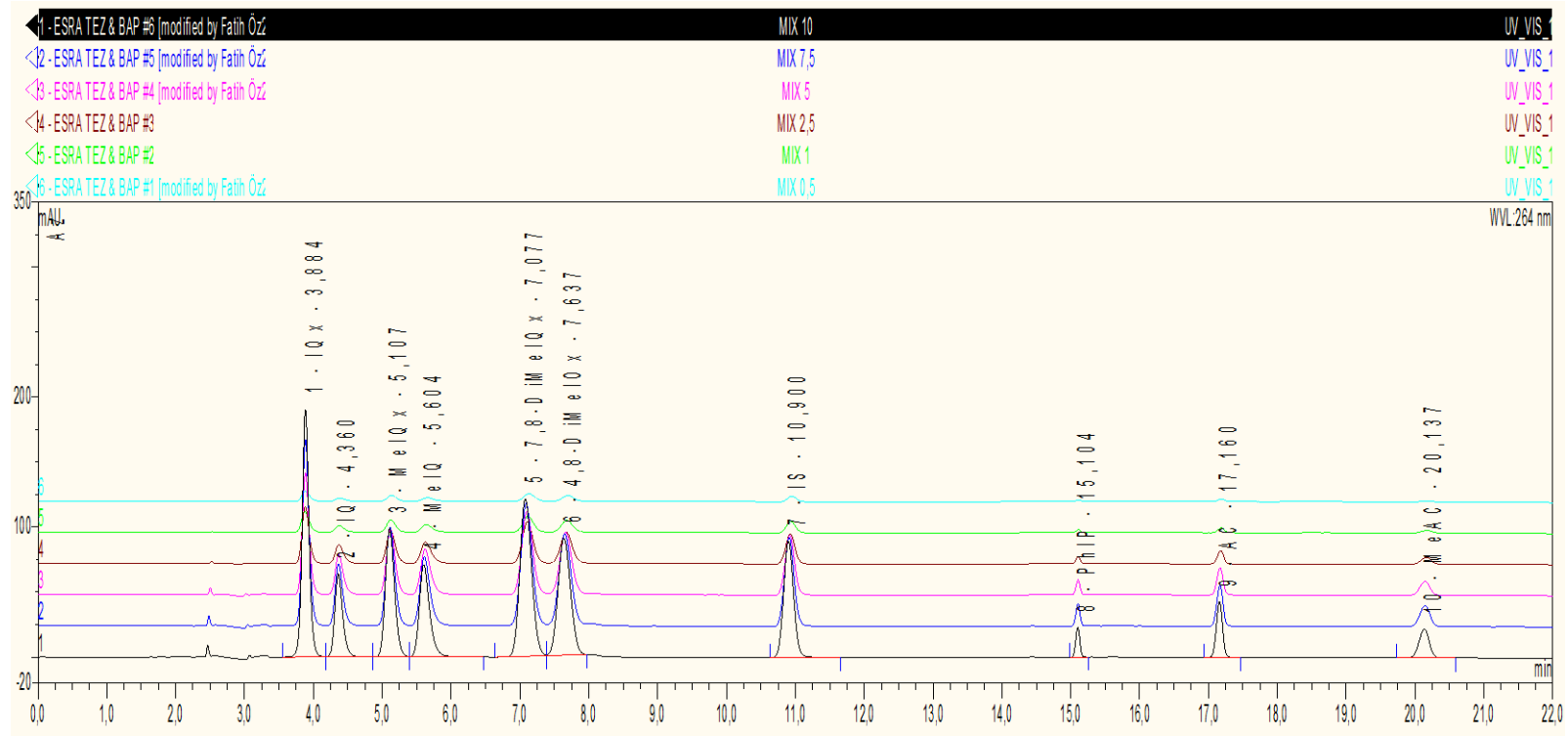
4.2.6.a. Geri kazanımlar

Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların LOD (limit of detection, tespit edilme limiti) ve LOQ (limit of quantification, tayin edilme limiti) değerleri ile geri kazanım oranları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları literatürdeki veriler ile uyum içersindedir (Felton *et al.* 1994; Knize *et al.* 1994, 1995; Britt *et al.* 1998; Murkovic *et al.* 1998; Balogh *et al.* 2000; Messner and Murkovic 2004; Öz *et al.* 2015).

Çizelge 4.18. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları

HAA	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)	Geri kazanım (%)
IQx	0,004	0,013	75,65
IQ	0,009	0,029	60,04
MeIQx	0,024	0,081	78,48
MeIQ	0,014	0,047	55,63
7,8-DiMeIQx	0,005	0,018	75,87
4,8-DiMeIOx	0,008	0,025	76,96
PhIP	0,025	0,085	87,16
AαC	0,012	0,039	79,71
MeAαC	0,010	0,035	69,01

Çeşitli konsantrasyonlarda (10, 7,5, 5, 2,5, 1 ve 0,5 ng/g) hazırlanan HAA mix stok solüsyonlarının HPLC kromatogramları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Mix stok solüsyonların (10, 7,5, 5, 2,5, 1, 0,5 ng/g) HPLC kromatogramları

4.2.6.b. HAA miktarları

Araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin HAA içerikleri, iki tekerrürün ortalaması alınarak Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere, analizi yapılan örneklerin hiçbirinde IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikleri belirlenemezken, örneklerin tamamında MeIQx bileşiği belirlenmiştir. Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

Çizelge 4.19. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin bireysel ve toplam HAA miktarları (ng/g)

Sıcaklık (°C)	Piştirme Düzeyi	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA
65	Orta	0,06	nd	1,80	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,86
	İyi	nd	nd	1,28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,28
75	Orta	0,16	nd	3,64	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,80
	İyi	0,15	nd	2,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,33
85	Orta	0,12	nd	4,50	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,62
	İyi	0,09	nd	5,66	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,75

nd: Tespit edilemedi (nd=LOD>...), nq: Miktarı belirlenemedi (nq= LOD<...<LOQ)

4.2.6.c. Örneklerin IQx içerikleri

IQx bileşiği, literatürde az çalışılan HAA'lerden biridir. Analizi yapılan örneklerde nd-0,16 ng/g arasında IQx bileşiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Tüm pişirme sıcaklıklarında pişirme düzeyinin artması, IQx bileşiğinin miktarında azalmaya neden olmuştur. Öte yandan pişirme sıcaklığının 65°C'den 75°C'ye çıkarılması, her iki pişirme düzeyinde de pişirilen örneklerin IQx içeriğinde artışa neden olmuş, ancak pişirme sıcaklığının 75°C'den 85°C'ye çıkarılması ise her iki pişirme düzeyinde de pişirilen örneklerin IQx miktarında azalmaya neden olmuştur. Mevcut araştırmada IQx bileşiği ile ilgili elde edilen veriler literatürdeki veriler ile benzerlik göstermektedir. Öz *et al.* (2010) farklı pişirme yöntem (mikrodalga, fırın, ısıtıcı plaka, tava ve mangal) ve seviyelerinin (az, orta, iyi ve çok iyi) alabalık filetolarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 1–4 dk pişirilen örneklerde IQx bileşiğini belirleyezken, 200°C'lik fırında 3–12 dk pişirdikleri örneklerde nd–0,29 ng/g arasında, 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri örneklerde 0,24–0,31 ng/g arasında, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızarttıkları örneklerde 0,22–0,28 ng/g arasında ve mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri örneklerde ise nd–0,28 ng/g arasında IQx belirlemişlerdir. Öz and Kotan (2016), farklı pişirme yöntemlerinin (mikrodalga, tava, fırın, ısıtıcı plaka ve mangal) alabalık filetolarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 4 dk, 180°C'lik fırında 10 dk ve 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri örneklerde IQx bileşiğini belirleyezken, 180°C'lik tavada 8 dk kızarttıkları ve mangalda pişirdikleri örneklerin her ikisinde de 0,04 ng/g IQx bulduklarını rapor etmişlerdir.

Richling *et al.* (1998) tüketime hazır halde satın aldıkları deniz alabalığında, Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30dk kızartılan morina balığında IQx bileşiğini belirleyememişlerdir. Puangsombat *et al.* (2012) ise somon balığının tavada kızartılması sonucu IQx bileşiğini belirleyemezken, fırında pişirilmesi sonucu 0,38 ng/g IQx belirlemişlerdir.

4.2.6.d. Örneklerin IQ içerikleri

Mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde IQ bileşiği belirlenememiştir. Literatürde balık etlerinin pişirilmesi sonucu IQ bileşiğinin oluşmadığını gösteren başka araştırmalar da mevcuttur. Nitekim, Richling *et al.* (1998) tüketime hazır halde satın aldıkları deniz alabalığında, Knize *et al.* (1995) türünü belirtmedikleri balık etinde, Wong *et al.* (2005) tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde, Viegas *et al.* (2012) mangalda pişirilen somon balığında ve Pais *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk kızartılan morina balığında IQ bileşiğini belirleyemediklerini bildirmişlerdir. İlaveten, Öz *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada farklı pişirme yöntemleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, ızgarada kızartma ve mangalda pişirme) kullanarak pişirdikleri alabalık filetolarında IQ bileşiğinin oluşmadığını belirtmişlerdir. Öz and Kotan (2016), mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 4 dk, 180°C’lik fırında 10 dk ve 180°C’lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında IQ bileşiğini belirleyezken, 180°C’lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 0,13 ng/g, mangalda pişirdikleri örneklerde ise 0,59 ng/g IQ bulduklarını rapor etmişlerdir.

Öz *et al.* (2010), mikrodalgada 1–4 dk pişirdikleri alabalık filetolarında 17,84 ng/g’a kadar, 200°C’lik fırında 3–12 dk pişirdikleri örneklerde 4,28 ng/g’a kadar, 200°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri örneklerde 2,41 ng/g’a kadar, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızarttıkları örneklerde 5,57 ng/g’a kadar ve mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri örneklerde ise 2,56 ng/g’a kadar IQ belirlemişlerdir. Yamaizumi *et al.* (1986) ızgara yaptıkları somon ve sardalya balıklarında, sırasıyla 0,3–1,8 ng/g ve 4,9 ng/g IQ tespit etmiş, Zhang *et al.* (1988) ise 260°C’de 16 dk kızartılan morina balığında IQ bileşiğini 0,16 ng/g seviyesinde belirlemiştir. Costa *et al.* (2009) tarafından yapılan bir çalışmada da, 180–200°C’de 20 dk ızgara yapılan sardalya balığında IQ bileşiği belirlenemezken, 280–300°C’de 10–14 dk mangalda pişirilen sardalya örneklerinde nd–1,9 ng/g arasında IQ belirlenmiştir. Araştırmacılar aynı yöntemleri kullanarak pişirdikleri somon balığında ise IQ bileşiğinin oluşmadığını bildirmişlerdir.

4.2.6.e. Örneklerin MeIQx içerikleri

MeIQx bileşiğinin et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluşan en yaygın HAA'lerden biri olduğu bilinmektedir (Nagao 1999; Öz *et al.* 2007; Zaidi *et al.* 2012). Mevcut araştırmamızda analizi yapılan örneklerin tamamında MeIQx bileşiği belirlenirken, miktarı 1,28–5,66 ng/g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.19). hem orta hem de iyi derece pişirilen örneklerin tamamında, pişirme sıcaklığının artması, oluşan MeIQx miktarını da artırmıştır. Öte yandan, 65°C ve 75°C'de pişirilen örneklerin pişirme düzeyinin artması MeIQx bileşiğinin oluşumunu azaltırken, 85°C'de pişirilen örneklerde pişirme düzeyinin artması ise MeIQx miktarını da artırmıştır.

Literatürde farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen çeşitli balık etlerinde MeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim farklı pişirme yöntemleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, ızgarada kızartma ve mangalda pişirme) kullanılarak pişirilen alabalık filetolarında (Öz *et al.* 2007), ticari olarak pişirilmiş balık etinde (Knize *et al.* 1995), 275°C'de 30 dk kızartılan morina balığında (Pais *et al.* 1999), mikrodalgada 1–4 dk pişirilen, 200°C'lik fırında 3–12 dk pişirilen, 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirilen, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızartılan alabalık filetolarında (Öz *et al.* 2010) MeIQx bileşiği tespit edilememiştir.

MeIQx bileşiği; 180°C'de 13,5-38 dk tavada rosto yapılan uskumru balığında 5,8 ng/g'a kadar (Gu *et al.* 2002), 260°C'de 16 dk kızartılan morina balığında 6,44 ng/g seviyesinde (Zhang *et al.* 1988), mangalda pişirilen ringa balığında 0,03 ng/g'a kadar (Tikkanen *et al.* 1993), tüketime hazır deniz alabalığında 0,1 ng/g seviyesinde (Richling *et al.* 1998), ızgarada pişirilen somon balığında 0,1 ng/g seviyesinde (Sugimura *et al.* 2004), tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde 0,32 ng/g'a kadar (Wong *et al.* 2005), mangalda pişirilen alabalık filetolarında 0,49 ng/g'a kadar (Öz *et al.* 2010), mangalda pişirilen somon balığında 4,01 ng/g'a kadar (Viegas *et al.* 2012) belirlenmiştir.

Gross and Gruter (1992) 200°C'de 24 dk'ya kadar tavada kızarttıkları somon balığında

5 ng/g'a kadar, 200°C'lik fırında 40 dk'ya kadar pişirdikleri örneklerde 4,6 ng/g'a kadar MeIQx bileşimini tespit etmişler, mangalda 270°C'de 24 dk'ya kadar pişirdikleri örneklerde ise MeIQx bileşimini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

Costa *et al.* (2009) 180–200°C'de 20 dk ızgara yaptıkları sardalya balığında MeIQx bileşimini belirleyemezken, 280–300°C'de 10–14 dk mangalda pişirdikleri sardalya balığında nd–4,4 ng/g arasında MeIQx belirlemişlerdir. Araştırmacılar aynı yöntemleri kullanarak pişirdikleri somon balığında ise 0,5–3,3 ng/g arasında MeIQx tespit etmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010) tavada kızartılan sardalya balığında 0,7 ng/g'a kadar, tavada kızartılan somon balığında 0,66 ng/g'a kadar, mangalda pişirilen somon balığında ise 0,87 ng/g'a kadar MeIQx bileşiği tespit etmişlerdir.

Zaidi *et al.* (2012) fırında 180°C'de 15 dk pişirdikleri türünü belirtmedikleri balık etinde 0,56 ng/g, fırında 240°C'de 15 dk pişirdikleri balık etinde 0,71 ng/g MeIQx bileşiği tespit etmişlerdir. Araştırmacılar 240°C'lik fırında 10–30 dk ısıtma işlemi tabii tuttıkları balık etinde ise 0,32–44,06 ng/g arasında MeIQx belirlediklerini belirtmişlerdir. Öz and Kotan (2016), mikrodalgada balık pişirme modunda otomatik olarak 4 dk pişirdikleri alabalık filetolarında 1,41 ng/g, 180°C'lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 0,48 ng/g, 180°C'lik fırında 10 dk pişirdikleri örneklerde 1,04 ng/g, 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri örneklerde 0,79 ng/g ve mangalda pişirdikleri örneklerde ise 0,97 ng/g MeIQx bulduklarını rapor etmişlerdir.

4.2.6.f. Örneklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde MeIQ bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen çeşitli balık etlerinde MeIQ bileşiğinin belirlenemediğini belirten başka araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz *et al.* (2010) mikrodalgada 1–4 dk ve 200°C'lik fırında 3–12 dk pişirdikleri alabalık filetolarında, Richling *et al.* (1998) tüketime hazır halde satın aldıkları deniz alabalığında, Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30 dk kızarttıkları morina balığında, Wong *et*

al. (2005) tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde MeIQ bileşiğini belirleyemediklerini açıklamışlardır. Benzer şekilde Öz *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada farklı pişirme yöntemleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, ızgarada kızartma ve mangalda pişirme) kullanarak pişirdikleri alabalık fileto örneklerinin hiçbirinde MeIQ bileşiğinin tespit edememişlerdir. Öte yandan, Öz and Kotan (2016), mikrodalgada 4 dk, 180°C'lik fırında 10 dk ve 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında MeIQ bileşiğini belirleyezken, 180°C'lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 0,23 ng/g, mangalda pişirdikleri örneklerde ise 0,33 ng/g seviyesinde MeIQ belirlemişlerdir.

MeIQ bileşiği; ızgara yapılan somon balığında 0,6–2,8 ng/g arasında, sardalya balığında ise 16,6 ng/g seviyesinde (Yamaizumi *et al.* 1986), 260°C'de 16 dk kızartılan morina balığında 0,03 ng/g seviyesinde (Zhang *et al.* 1988) belirlenmiştir. Öz *et al.* (2010) 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında nd–0,26 ng/g arasında, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızarttıkları örneklerde nd–0,48 ng/g arasında ve mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri örneklerde ise 0,3– 0,64 ng/g arasında MeIQ bileşiği belirlemişlerdir.

4.2.6.g. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

7,8-DiMeIQx bileşiği literatürde az çalışılan HAA'lerden birisidir. Mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen çeşitli balık etlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Richling *et al.* (1998) tüketime hazır deniz alabalığında, Wong *et al.* (2005) tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde, Öz *et al.* (2010) 1–4 dk mikrodalgada pişirdikleri ve 3–12 dk 200°C'lik fırında pişirdikleri alabalık filetolarında 7,8-DiMeIQx bileşiğini belirleyememişlerdir. Öte yandan araştırmacılar, 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 8 dk'ya kadar pişirdikleri örneklerde 0,22 ng/g'a kadar, 200°C sıcaklıktaki tavada 8 dk'ya kadar kızarttıkları

örneklerde 0,4 ng/g'a kadar ve mangalda 6 dk'ya kadar pişirdikleri örneklerde ise 0,42 ng/g'a kadar 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlemişlerdir. Öz and Kotan (2016), mikrodalgada 4 dk, 180°C'lik fırında 10 dk ve 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında MeIQ bileşiğini belirleyezken, 180°C'lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 0,03 ng/g, mangalda pişirdikleri örneklerde ise 0,06 ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx bulduklarını rapor etmişlerdir.

4.2.6.h. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen çeşitli balık etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Tikkanen *et al.* (1993) mangalda pişirilen ringa balığında, Knize *et al.* (1995) ticari olarak pişirilen türünü belirtmedikleri balık etinde, Richling *et al.* (1998) tüketime hazır deniz alabalığında, Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30 dk kızartılan morina balığında, Iwasaki *et al.* (2010) tavada kızartılan somon balığında ve Viegas *et al.* (2012) mangalda pişirilen somon balığında 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirleyemediklerini bildirmişlerdir. Ayrıca Öz and Kotan (2016) da mikrodalgada 4 dk, 180°C'lik tavada 8 dk, 180°C'lik fırında 10 dk, 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk ve mangalda 8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirleyemediklerini rapor etmişlerdir.

Öte yandan 4,8-DiMeIQx bileşiği; 260°C'de 16 dk kızartılan morina balığında 0,10 ng/g seviyesinde (Zhang *et al.* 1988), 180°C'de 13,5–38 dk tavada rosto yapılan uskumru balığında nd –0,5 ng/g arasında (Gu *et al.* 2002), tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde nd–0,21 ng/g arasında (Wong *et al.* 2005), tavada kızartılan balık etinde 0,03 ng/g seviyesinde (Salmon *et al.* 2006), tavada kızartılan sardalya balığında 0,35 ng/g seviyesine kadar ve mangalda pişirilen somon balığında 0,42 ng/g seviyesine kadar (Iwasaki *et al.* 2010),

tavada kızartılan somon balığında 1,93 ng/g seviyesinde ve fırında pişirilen somon balığında ise 1,66 ng/g seviyesinde (Puangsombat *et al.* 2012) tespit edilmiştir.

Öz *et al.* (2007) ızgarada pişirilen alabalık filetolarında 0,02 ng/g seviyesinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin oluştuğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacıların alabalık fileto kullanarak yaptıkları başka bir çalışmada da, mikrodalgada 1–4 dk pişirdikleri örneklerde 0,24–0,25 ng/g arasında, 200°C’lik fırında 3–12 dk pişirdikleri örneklerde nd–0,24 ng/g arasında, 200°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri örneklerde nd–0,25 ng/g arasında, 200°C sıcaklıkta tavada 2–8 dk kızarttıkları örneklerde nd–0,24 ng/g arasında ve mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri örneklerde ise 0,43–0,83 ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlenmiştir (Öz *et al.* 2010).

4.2.6.1. Örneklerin PhIP içerikleri

PhIP bileşiği de literatürde çok çalışılan ve ette pişirme sonucu en çok oluşan HAA’lardandır (Nagao 1999; Öz *et al.* 2007; Zaidi *et al.* 2012). Buna karşın, mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde PhIP bileşiği belirlenememiştir. Literatürde balık etlerinin pişirilmesi sonucu PhIP bileşiğinin oluşmadığını gösteren başka araştırmalar da mevcuttur. Nitekim, farklı pişirme yöntemleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, ızgarada kızartma ve mangalda pişirme) kullanılarak pişirilen alabalık filetolarında (Öz *et al.* 2007), mikrodalgada 1–4 dk pişirilen, 200°C’lik fırında 3–12 dk pişirilen, 200°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirilen, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızartılan alabalık filetolarında (Öz *et al.* 2010) PhIP tespit edilememiştir.

PhIP bileşiği; 180°C’de 13,5-38 dk tavada rosto yapılan uskumru balığında 12,8 ng/g’a kadar (Gu *et al.* 2002), mangalda pişirilen ringa balığında 5,5 ng/g’a kadar (Tikkanen *et al.* 1993), tüketime hazır deniz alabalığında 0,5 ng/g (Richling *et al.* 1998), 275°C’de 30 dk kızartılan morina balığında 3,2 ng/g (Pais *et al.* 1999), ızgarada pişirilen somon balığında 0,29 ng/g (Sugimura *et al.* 2004), tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, haşlanan ve ızgara yapılan türü belirtilmeyen balık etinde 0,54 ng/g’a kadar (Wong *et*

al. 2005), tavada kızartılan balık etinde 1,37 ng/g (Salmon *et al.* 2006), tavada kızartılan somon balığında 9,11 ng/g ve fırında pişirilen somon balığında ise 7,76 ng/g (Puangsombat *et al.* 2012), 200°C’de 6-24 dk tavada kızartılan somon balığında 23 ng/g’a kadar, 200°C’lik fırında 20–40 dk pişirilen somon balığında 18 ng/g’a kadar, mangalda 270°C’de 8–24 dk pişirilen somon balığında ise 73 ng/g’a kadar (Gross and Gruter 1992) tespit edilmiştir.

Costa *et al.* (2009) 180–200°C’de 20 dk ızgara yaptıkları sardalya balığında PhIP bileşiğini belirleyemezken, 280–300°C’de 10–14 dk mangalda pişirdikleri sardalya örneklerinde 6,5 ng/g’a kadar, aynı yöntemleri kullanarak pişirdikleri somon balığında ise 28,9 ng/g’a kadar PhIP tespit etmişlerdir.

Zaidi *et al.* (2012) yaptıkları çalışmalarında; fırında 180°C’de 15 dk pişirdikleri örneklerde PhIP bileşiğini belirleyemezken, 240°C’de 15 dk pişirme sonrası 0,64 ng/g PhIP belirlemişlerdir. Araştırmacılar 240°C’lik fırında 10–30 dk ısıtma işlemi tabii tuttıkları balık etinde ise 21,16 ng/g’a kadar PhIP belirlediklerini belirtmişlerdir. İlaveten, Iwasaki *et al.* (2010) yaptıkları araştırmada PhIP bileşiğini; tavada kızartılan sardalya örneklerinde 2,28 ng/g’a kadar, tavada kızartılan somon örneklerinde 7,37 ng/g’a kadar, mangalda pişirilen somon örneklerinde ise 22,55 ng/g’a kadar belirlemişlerdir. Öz and Kotan (2016), mikrodalgada 4 dk, 180°C’lik fırında 10 dk ve 180°C’lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında PhIP bileşiğini belirleyezken, 180°C’lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 0,76 ng/g, mangalda pişirdikleri örneklerde ise 1,46 ng/g PhIP bulduklarını rapor etmişlerdir. Öte yandan, literatürde balık etinde yüksek seviyelerde PhIP bulunduğunu gösteren araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim Zhang *et al.* (1988) 260°C’de 16 dk kızarttıkları morina balığında 69,2 ng/g PhIP tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

4.2.6.i. Örneklerin AaC içerikleri

Mevcut araştırmamızda sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde AaC bileşiği belirlenememiştir.

Literatürde balık etlerinin pişirilmesi sonucu AαC bileşiğinin oluşmadığını gösteren başka araştırmalar da mevcuttur. Nitekim, 275°C’de 30 dk kızartılan morina balığında (Pais *et al.* 1999), 180–200°C’de 20 dk ızgara yapılan sardalya balığında (Costa *et al.* 2009), mikrodalgada 1–4 dk pişirilen, 200°C’lik fırında 3–12 dk pişirilen, 200°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirilen, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızartılan alabalık filetolarında (Öz *et al.* 2010) ve alabalık filetolarının mikrodalgada 4 dk pişirilmesi, 180°C’lik tavada 8 dk kızartılması, 180°C’lik fırında 10 dk pişirilmesi, 180°C’lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirilmesi ve mangalda pişirilmesi sonucu (Öz and Kotan 2016) AαC bileşiğinin belirlenemediği rapor edilmiştir.

Literatürde AαC bileşiğinin ısıt işlem görmüş balık etlerinde bulunduğunu gösteren araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim, 200°C’de 6-24 dk tavada kızartılan somon balığında 9 ng/g’a kadar, mangalda 270°C’de 8–24 dk pişirdikleri somon balığında ise 109 ng/g’a kadar AαC bileşiği tespit edilmiş, ancak 200°C’lik fırında 20–40 dk pişirilen somon balığında AαC bileşiği belirlenememiştir (Gross and Gruter 1992). İlaveten, 180°C’de 13,5-38 dk tavada rosto yapılan uskumru balığında 3,1 ng/g’a kadar (Gu *et al.* 2002), 200°C’de 20 dk fırında pişirilen uskumru balığında 0,1 ng/g seviyesinde (Ristic *et al.* 2004), mangalda pişirilen somon balığında 0,62 ng/g’a kadar (Viegas *et al.* 2012), 280–300°C’de 10–14 dk mangalda pişirilen sardalya ve somon balığında sırasıyla 17,7 ve 8,9 ng/g’a kadar (Costa *et al.* 2009) AαC tespit edilmiştir.

4.2.6.j. Örneklerin MeAαC içerikleri

Araştırmada sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin hiçbirinde MeAαC bileşiği belirlenememiştir. Literatürde balık etlerinin pişirilmesi sonucu MeAαC bileşiğinin oluşmadığını gösteren diğer araştırmalar da mevcuttur. Nitekim, 275°C’de 30 dk kızartılan morina balığında (Pais *et al.* 1999), alabalık filetolarının 1–4 dk mikrodalgada pişirilmesi, 200°C’lik fırında 3–12 dk pişirilmesi, 200°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde 2-8 dk pişirilmesi, 200°C sıcaklıktaki tavada 2–8 dk kızartılması, mangalda 1,5–6 dk pişirilmesi sonucu (Öz *et al.* 2010), yine alabalık filetolarının mikrodalgada 4 dk pişirilmesi, 180°C’lik tavada 8 dk kızartılması,

180°C’lik fırında 10 dk pişirilmesi, 180°C’lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirilmesi ve mangalda pişirilmesi sonucu (Öz and Kotan 2016) MeAαC bileşiğinin belirlenemediği rapor edilmiştir. Buna karşın literatürde MeAαC bileşiğinin ısıtıcı işlem görmüş balık etlerinde tespit edildiğini gösteren araştırmalar da yer almaktadır. Nitekim, 200°C’de 20 dk fırında pişirilen uskumru balığında 0,1 ng/g (Ristic *et al.* 2004), mangalda pişirilen somon balığında 0,50 ng/g (Viegas *et al.* 2012) MeAαC bileşiği belirlenmiştir. İlaveten, Costa *et al.* (2009) 180–200°C’de 20 dk ızgara yaptıkları sardalya balığında MeAαC bileşiğini belirleyemezken, 280–300°C’de 10–14 dk mangalda pişirdikleri sardalya balığında 10,6 ng/g’a kadar MeAαC bileşiği belirlemişlerdir. Araştırmacılar aynı yöntemleri kullanarak pişirdikleri somon balığında ise 2,7 ng/g’a kadar MeAαC tespit etmişlerdir.

4.2.6.k. Örneklerin toplam HAA içerikleri

Mevcut araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içerikleri Çizelge 4.20’de, ng/g olarak verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, örneklerin toplam HAA içerikleri pişirme sıcaklığı ve düzeyine göre 1,28–5,75 ng/g arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.20. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içerikleri

Sıcaklık (°C)	Toplam HAA (ng/g)	
	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	1,86±0,44	1,28±1,29
75	3,79±2,66	2,33±0,32
85	4,62±2,77	5,75±3,94

Ortalama değer ± Standart Sapma

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi örneklerin toplam HAA içeriği üzerine pişirme sıcaklığı, pişirme düzeyi ve pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonunun önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Buna karşın literatürde pişirme yönteminin toplam HAA içeriği üzerine önemli etkisinin olduğunu gösteren araştırmalar da bulunmaktadır (Öz and Zikirov 2015; Öz and Kotan 2016).

Çizelge 4.21. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam HAA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Piştirme Sıcaklığı	2	13,210	2,455
Piştirme Düzeyi	1	0,273	0,051
Piştirme Sıcaklığı x Piştirme Düzeyi	2	1,738	0,323
Hata	6	5,381	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması

Mevcut araştırma sonucunda HAA’lar ile ilgili elde edilen verileri, literatürdeki veriler ile karşılaştırmak oldukça zordur. Mevcut araştırma alabalık filetolarının sous-vide yöntemi kullanılarak pişirilmesi sonucu oluşan HAA miktarının araştırıldığı ilk çalışmadır. Ayrıca pişmiş örneklerin HAA içeriği üzerine et tipi, pişirme şartları, prekürsör maddelerin varlığı vb. gibi pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Keating and Bogen 2001; Öz *et al.* 2007, 2010).

Öz and Kotan (2016), mikrodalgada 4 dk pişirdikleri alabalık filetolarında 1,41 ng/g, 180°C’lik tavada 8 dk kızarttıkları örneklerde 1,64 ng/g, 180°C’lik fırında 10 dk pişirdikleri örneklerde 1,04 ng/g, 180°C’lik ısıtıcı plaka üzerine 8 dk pişirdikleri örneklerde 0,79 ng/g ve mangalda 8 dk pişirdikleri örneklerde ise 3,43 ng/g toplam HAA hesaplamışlardır. Mevcut araştırmada elde edilen toplam HAA içeriği, Öz and Kotan (2016) tarafından yapılan çalışmada elde edilen toplam HAA (IQx, IQ, MeIQx,

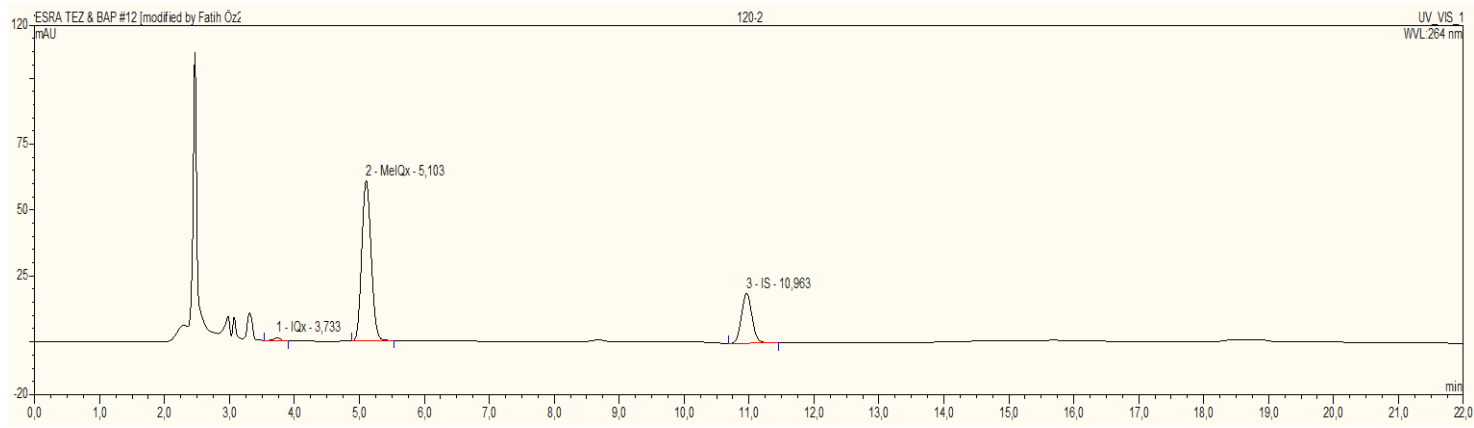
MeIQ, 7,8 DiMeIQx, 4,8 DiMeIQx, PhIP, AαC, MeAαC) içeriği ile karşılaştırıldığında, mevcut çalışmada pişirme yöntemi olarak sous-vide gibi daha ılıman sıcaklıkların (100°C'nin altı) uygulandığı bir yöntem kullanılmasına rağmen, nisbeten daha yüksek toplam HAA içeriği tespit edilmiştir. Bu duruma mevcut araştırmada kullanılan pişirme süresinin etki ettiği düşünülmektedir. Zira Öz and Kotan (2016) tarafından yapılan çalışmada maksimum pişirme süresi 10 dk iken, mevcut çalışmada pişirme süresi minimum 60 dk idi.

Pişirme sıcaklığı ve süresinin, HAA'ların oluşumu ve miktarları üzerine, prekürsörlerin (kreatin, şeker ve serbest aminoasitler vb.) varlığından daha önemli etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Bordas *et al.* 2004; Gerbl *et al.* 2004; Lan *et al.* 2004). Nitekim, Knize *et al.* (1997) pişirme sıcaklığı ve süresinin, HAA oluşumu bakımından, ete kreatin katılmasından çok daha fazla etkiye sahip olduğunu belirtmektedir. İlaveten pişirme süresinin, HAA'ların oluşumuna, pişirme sıcaklığı kadar önemli etkisinin olmadığı (Berg *et al.* 1990; Jackson and Hargraves 1995) ve pişirme sıcaklığının en önemli parametre olduğu belirtilmektedir (Lan and Chen 2002). Nitekim araştırmacılar, mutajenik aktivitenin ısı işlem görmüş et (Bjeldanes *et al.* 1982; Knize *et al.* 1985; Murkovic and Pfannhauser 2000) ve model sistemlerde (Jägerstad *et al.* 1983), pişirme sıcaklığındaki artış ile etkili bir şekilde arttığını belirtmişlerdir. Mevcut araştırmamızda da pişirme sıcaklığının artması, hem orta hem de iyi düzeyde pişirilen örneklerin tamamında pişirme süresi azalmasına rağmen, toplam HAA içeriğini artırmıştır.

Bjeldanes *et al.* (1983) çok iyi pişmiş etin, aynı pişirme metodu ile az pişirilmiş ete kıyasla 10 kat daha fazla mutajen içerdiğini tespit etmiştir. Buna karşın, mevcut araştırmada, 65°C ve 75°C'de pişirilen örneklerin pişirme düzeyinin artması, toplam HAA içeriğinin azalmasına neden olurken, 85°C'de pişirilen örneklerde ise pişirme düzeyinin artması ise toplam HAA içeriğini de artırmıştır. Şekil 4.3'te en yüksek toplam HAA içeriğine sahip olan 85°C'de iyi düzeyde pişirilen örneğe ait kromatogram verilmiştir. Ayrıca bu örneğin araştırmadaki en düşük su içeriğine sahip olan örnek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3.). Nitekim yapılan çalışmalarda su içeriği düşük olan et ürünlerinin toplam HAA içeriğinin, su içeriği yüksek olan et ürünlerinin toplam HAA

içeriğinden daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Öz and Yüzer (2016) farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, tavada yağsız, derin yağ, ısıtıcı plaka, fırın ve mikrodalga) hindi göğüs ve but spesiyal etinde HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8 DiMeIQx, 4,8 DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, göğüs etinin toplam HAA içeriğinin (25,99ng/g) but spesiyal etinin toplam HAA içeriğinden (13,31 ng/g) önemli oranda yüksek olduğunu bulmuşlar ve bu durumu but spesiyal etinin su içeriğinin, göğüs etinin su içeriğine kıyasla daha yüksek olmasına bağlamışlardır.

Öz *et al.* (2016a) düşük ve orta molekül ağırlıklı kitosan kullanımının sığır pirzolarında HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8 DiMeIQx, 4,8 DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, hem düşük hem de orta molekül ağırlıklı kitosan kullanımının, örneklerin toplam HAA içeriğini %14,3-100 oranında azalttığını belirlemişler ve bu durumu kitosan kullanımının pirzolanın su tutma kapasitesini artırmasına bağlamışlardır. Benzer şekilde Viegas *et al.* (2015) bira ve şarap ile marine ettikleri sığır etinde toplam HAA içeriğinin önemli oranda azaldığını bulmuşlar ve bu durumu marinasyonda kullandıkları bira ve şarabın yüksek dekstrin içeriği nedeniyle, örneklerin su içeriğini artırmasına bağlamışlardır.



Şekil 4.3. En yüksek toplam HAA içeriğine sahip olan 85 °C’de iyi düzeyde pişirilen örneğe ait kromotogram

Piştirme yönteminin HAA oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olduğu bilinmesine karşın, etlerde farklı piştirme yöntemlerinin HAA oluşumu üzerine etkilerinin incelendiği araştırmalarda farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Sinha *et al.* (1998) tavada kızartılmış ve mangalda pişirilmiş etlerde oluşan HAA miktarının, fırında rostolanmış, derin yağda kızartılmış veya mikrodalgada pişirilen etlerde oluşan HAA miktarından daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Öz *et al.* (2010) farklı piştirme yöntemlerinin tavuk pirzolada HAA oluşumu üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, en yüksek toplam HAA miktarının sırasıyla mikrodalgada, tavada, mangalda, ısıtıcı plaka üzerinde ve fırında pişirilmiş tavuk pirzolarında olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar aynı piştirme yöntemlerinin alabalık filetosundaki HAA oluşumu üzerine etkisini de incelemişler ve en yüksek toplam HAA içeriğinin yine mikrodalgada pişirilen örneklerde olduğunu bunu takiben tavada kızartma, mangalda piştirme, fırında piştirme ve ısıtıcı plaka üzerinde piştirme işlemlerinin geldiğini belirtmişlerdir.

Öz *et al.* (2010) mikrodalgada 1–4 dk pişirdikleri alabalık filetolarında toplam HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx) içeriğinin 0,24–18,09 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Skog *et al.* (1998) 200°C'lik tavada 10 dk kızarttıkları morina ve ringa balıklarında toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 0,4 ng/g'a kadar belirlemişlerdir. Wong *et al.* (2005) ticari olarak tavada kızartılmış balık etinde toplam HAA (IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP ve IFP) miktarını 1,07 ng/g olarak, Salmon *et al.* (2006), tavada kızarttıkları türünü belirtmedikleri balık etinde toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP ve IFP) içeriğini 1,56 ng/g olarak belirlemişlerdir. Öz *et al.* (2007) 180°C'lik tavada yağsız olarak 8 dk kızarttıkları alabalık filetolarında toplam HAA (IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin tespit edilebilir sınırın altında olduğunu bildirmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010), toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin; 101°C iç sıcaklığa kadar tavada kızarttıkları sardalya balığında nd–3,33 ng/g arasında, 102°C iç sıcaklığa kadar tavada kızarttıkları somon balığında ise nd–8,31 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öz *et al.* (2010) 200°C'lik tavada 3–12 dk kızarttıkları alabalık filetolarında toplam HAA içeriğinin 0,52–6,98 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Öz *et al.* (2010) 200°C'lik fırında 2–8 dk pişirdikleri alabalık

filetolarında toplam HAA içeriğinin 0,28–4,28 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Zaidi *et al.* (2012) toplam HAA (MeIQx ve PhIP) içeriğinin; 180-240°C'lik fırında 15 dk pişirdikleri türünü belirtmedikleri balık etinde 0,56–1,35 ng/g arasında, 240°C'lik fırında 10-30 dk pişirdikleri örneklerde ise 0,32–65,22 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yamaizumi *et al.* (1986) ızgara yaptıkları somon balığında toplam HAA (IQ ve MeIQ) miktarının 0,9–4,6 ng/g arasında, sardalya balığında ise 21,5 ng/g seviyesinde olduğunu bildirmişlerdir.

Öz *et al.* (2007) 180°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 8 dk pişirdikleri gökkuşağı alabalık filetolarında toplam HAA (IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 0,02 ng/g olarak belirlerken, kahverengi benekli alabalıklarda ise toplam HAA içeriğinin tespit edilebilir sınırın altında olduğunu bildirmişlerdir. Öz *et al.* (2010) 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2–8 dk pişirdikleri alabalık filetolarında toplam HAA içeriğinin 0,53–3,12 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Costa *et al.* (2009) toplam HAA (IQ, MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1 ve Trp-P-2) içeriğinin; 280–300°C'de 10–14 dk mangalda pişirilen sardalya balığında nd–47,9 ng/g arasında, 280–300°C'de 12–22 dk mangalda pişirilen somon balığında ise nd–21,31 ng/g arasında, değiştiğini rapor etmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010), toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğininin, Brezilya tipi mangalda 84°C iç sıcaklığa kadar pişirdikleri somon balığında 0,16–23,84 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Öz *et al.* (2010) mangalda 1,5–6 dk pişirdikleri alabalık filetolarında toplam HAA içeriğinin 1,96–5,22 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Viegas *et al.* (2012) mangalda pişirdikleri somon balığının toplam HAA (IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Glu-P-1, Trp-P-1 ve Trp-P-2) içeriğinin 6,04 - 14,03 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Mevcut araştırma da elde edilen HAA sonuçlarını literatürdeki veriler ile karşılaştırmak zor olmasına rağmen genel bir değerlendirme yapıldığında, araştırma sonuçlarının literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Aradaki farklılıkların pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve balık etinin prekürsör madde içeriği nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan araştırmamızda belirlenen HAA miktarından daha yüksek toplam HAA içerdiği tespit edilen ısıtıcı işlem görmüş balık etleri de

literatürde yer almaktadır. Nitekim Zhang *et al.* (1988), 260°C’de 16 dk kızarttıkları morina balığında toplam HAA (IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) miktarını 75,93 ng/g olarak belirlemişlerdir. Ayrıca Gross and Gruter (1992) toplam HAA (MeIQx, PhIP, AαC, Norharman ve Harman) içeriğini; 200°C’de 6–24 dk tavada kızarttıkları somon balığında 13,1–84,7 ng/g arasında, 200°C’lik fırında 20–40 dk pişirdikleri somon balığında 2–36,6 ng/g arasında, mangalda 270°C’de 8–24 dk pişirdikleri somon balığında ise 15,8–496 ng/g arasında belirlemişlerdir. Mevcut araştırmada belirlenen toplam HAA içerikleri ile literatürde çok yüksek miktarda toplam HAA içeriği tespit edilen araştırmalardaki farkın; balık türü, balık etinin kimyasal kompozisyonu, avlama zamanı, muhafaza koşulları, çalışılan bireysel HAA’ların sayısı ve çeşidi, pişirme sıcaklık, süre, ekipmanı ve örneklerin pişirme esnasında çevrilme sıklığı gibi pişirme şartları ve analiz metotları gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Günlük hayatta HAA’lara maruz kalma durumu; tükettiğimiz gıdalardaki HAA seviyeleri, beslenme alışkanlığı ve vücuttan atım miktarı üzerine elde edilen verilerin birleştirilmesi ile tahmin edilmektedir. Bazı araştırmacılara göre günlük kişi başı HAA alım aralığının 60-1820 ng arasında değiştiği (Chiu *et al.* 1998; Nowell *et al.* 2002; Butler *et al.* 2003), kişi başı maksimum alım düzeyinin ise 5000 ng olduğu belirtilmektedir. Vücuda alım düzeyi arasında oluşan farklılıklar; değişen beslenme alışkanlıkları, farklı çalışma ve analiz yöntemlerinin kullanılması ile açıklanmaktadır (Butler *et al.* 2003). Öte yandan Skog (2002), HAA’ların kabul edilebilen günlük tüketim miktarının kişi başı 0-15 µg/gün arasında değiştiğini belirtmektedir. Bu sonuca göre mevcut araştırmada en yüksek toplam HAA içeriğinin tespit edildiği 85 °C pişirme sıcaklığında iyi düzeyde pişirilen alabalık filetosundan 100 g yenmesi durumunda bile, alım miktarının Skog (2002) tarafından belirtilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir.

4.2.7. BPA içeriği

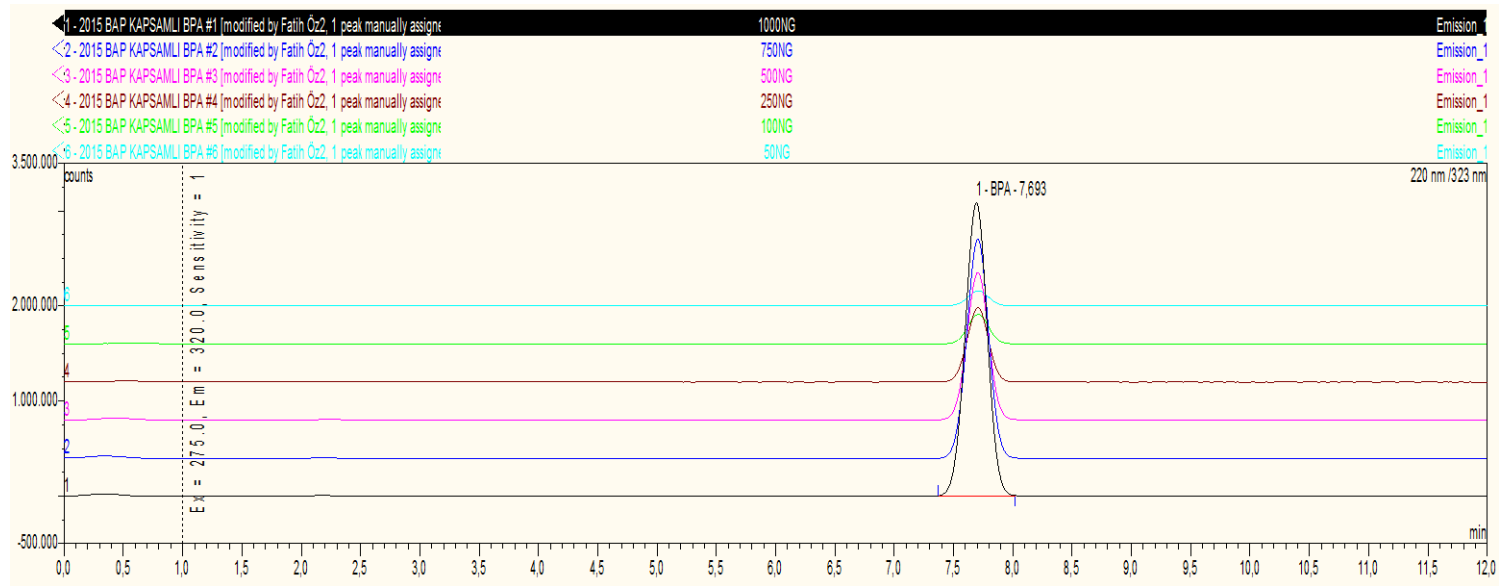
4.2.7.a. Geri kazanımlar

Mevcut araştırmada bisfenol-A (BPA) bileşiğine ait geri kazanım oranları (recovery), belirlemek amacıyla, standart ilave metodu kullanılmıştır. Belirli örneklerle ekstraksiyon öncesinde, konsantrasyonu bilinen (1000, 750, 500, 250, 100 ve 50 ng/g) BPA stok solüsyonları ilave edilerek analiz sonucunda elde edilen geri kazanım miktarları belirlenmiştir. Analiz edilen BPA'ların LOD (limit of detection, tespit edilme limiti) ve LOQ (limit of quantification, tayin edilme limiti) değerleri ile geri kazanım oranları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Mevcut araştırmada BPA bileşiklerinin belirlenen LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları literatürdeki veriler ile uyum göstermektedir (Kang and Kondo 2002; Braunrath *et al.* 2005; Ballesteros-Gomez *et al.* 2009; Reyes-Gallard *et al.* 2015; Hu *et al.* 2015). Ayrıca araştırmada elde edilen geri kazanım oranının; 2002/657/EC Avrupa Birliği Komisyon Kararı tarafından tavsiye edilen %80–110 sınırları arasında olduğu belirlenmiştir (Alabi *et al.* 2014).

Çizelge 4.22. Mevcut araştırmada analizi yapılan BPA'nın LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım oranları

	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)	Geri kazanım (%)
BPA	0,684	2,209	95,59

Mix stok solüsyonların (1000, 750, 500, 250, 100, 50 ng/g) HPLC kromatogramları Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. BPA stok solüsyonlarının (1000, 750, 500, 250, 100 ve 50 ng/g) HPLC kromatogramları

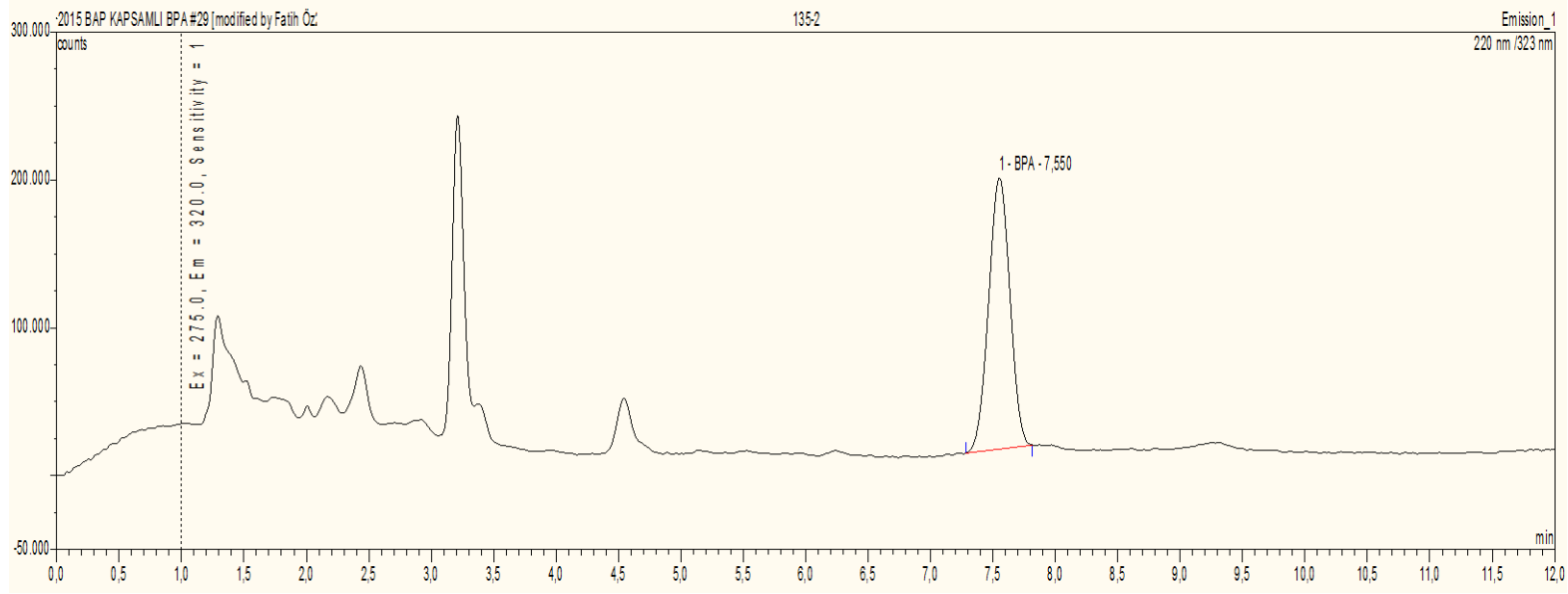
4.2.7.b. Örneklerin BPA içerikleri

Araştırmada sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin BPA içerikleri, iki tekerrürün ortalaması alınarak Çizelge 4.23'te ng/g olarak verilmiştir. Örneklerin BPA içerikleri, pişirme sıcaklık ve düzeyine göre 5,87–27,11 ng/g arasında değişiklik göstermiştir. Pişirme neticesinde görülen en düşük BPA migrasyonu, 85°C'de iyi düzeyde pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Öte yandan, bu örneklerin en düşük su içeriği, buna karşın en yüksek pişirme kaybı ve toplam HAA içeriğine sahip olan örnekler de olduğu görülmektedir. Bu durum, pişirme esnasında sıcaklığın etkisiyle ambalaj materyalinden balık filetolarına gerçekleşen muhtemel BPA migrasyonunun, pişirme esnasında yine sıcaklığın etkisiyle örneklerden uzaklaşan suyun, beraberinde BPA'yı da uzaklaştırmış olabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Zira, Yoshida *et al.* (2001) yaptıkları çalışmalarında mısır konservesi yapım esnasında, BPA'nın gıdanın temas ettiği yüzeylerden sulu kısımlara doğru geçtiğini bildirmişlerdir. Mevcut araştırmada sous-vide yöntemi ile pişirilen alabalık filetolarının pişirme sonrasında sadece et kısımlarında BPA analizi yapılmış, pişirme esnasında etten uzaklaşan su kısmında ise BPA analizi yapılmamıştır. Bu nedenle böyle bir düşüncenin, ileride konu ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda araştırılması gerekmektedir. Zira analizi yapılan örneklerin diğerlerinde böyle bir durum ile karşılaşılmamıştır. Öte yandan, pişirme neticesinde görülen en yüksek BPA migrasyonu, 75°C'de iyi düzeyde pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Bu örneğe ait HPLC kromatogramı Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin BPA içerikleri

Sıcaklık (°C)	BPA (ng/g)	
	Orta Pişirme	İyi Pişirme
65	17,08±1,14	5,87±1,96
75	6,89±0,59	27,11±19,45
85	7,98±3,91	4,93±0,43

Ortalama değer ± Standart Sapma



Şekil 4.5. En yüksek BPA migrasyonunun tespit edildiği 75°C’de iyi düzeyde pişirilen örneğe ait kromotogram

Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin BPA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi örneklerin BPA içeriği üzerine pişirme sıcaklığı, pişirme düzeyi ve pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksiyonun önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Öte yandan, konserve kutularının yüzeyinden BPA migrasyonunu etkileyen ana faktörün konserve yapım aşamasında kullanılan ısıtma süresi ve sıcaklığının olduğu bildirilmektedir (Munguia-Lopez and Soto-Valdez 2001; Goodson *et al.* 2002; Kang *et al.* 2003; Jordokova *et al.* 2003).

Çizelge 4.24. Sous-vide pişirme yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinde pişirilen örneklerin toplam BPA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Pişirme Sıcaklığı	2	111,303	1,672
Pişirme Düzeyi	1	11,843	0,178
Pişirme Sıcaklığı x Pişirme Düzeyi	2	265,975	3,994
Hata	6	66,586	

SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması

Mevcut araştırmada elde edilen BPA sonuçlarını literatürdeki veriler ile karşılaştırmak oldukça zordur. Mevcut araştırma sous-vide yöntemi ile pişirilen et ve et ürünlerine, ambalaj materyalinden BPA migrasyonunun araştırıldığı ilk çalışmadır. Bu nedenle karşılaştırma konserve edilmiş gıdalardaki BPA migrasyon düzeyleri ile yapılmıştır.

Simoneau *et al.* (1999), 382 adet konserve balık örneğinde BPA-diglisidileter (BADGE) miktarını araştırmışlar ve örneklerin 12 tanesinde (%3) 1 mg/kg'dan yüksek seviyede BPA-diglisidileter belirlediklerini bildirmişlerdir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada yerel marketlerden temin edilen farklı markalara ait balık örneklerinde BADGE miktarları araştırılmış ve sardalya ve hamsi balıklarında yüksek miktarda BADGE saptandığı bildirilmiştir (Erkan *et al.* 2005).

Yoshida *et al.* (2001), Japonya'daki süpermarketlerden temin ettikleri 14 adet konserve gıdada (mısır, mantar, kuşkonmaz, portakal, şeftali, armut ve ananas) kalıntı BPA miktarının <10–95,3 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Braunrath *et al.* (2005) Avusturya süpermarketlerinde satılan konserve içecek, meyve, sebze ve yağ içeren çeşitli gıdaların BPA içeriklerini araştırdıkları araştırmalarında, içeceklerde tespit edilebilir sınırın altı–3,4 ng/ml gibi çok düşük seviyelerde, sebzelerde 8,5–35 ng/g arasında, meyvelerde 5–24 ng/g arasında BPA tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan araştırmacılar, yağ içerisinde satılan sardalya balığında 2.1 ng/g BPA tespit ederken, yağ içerisinde satılan ton balığının BPA içeriğini ise 43 ng/g olarak belirlemişlerdir. Öte yandan, hem Yoshida *et al.* (2001) hem de Braunrath *et al.* (2005) BPA içeren örneklerin tamamında BPA migrasyonunun asıl kaynağının; reçine kaplamalar olduğunu belirtmişlerdir.

Munguia-Lopez and Soto-Valdes (2001) ton balığı ve jalapeno biber konservelerinin sularında BPA ve BADGE miktarını araştırdıkları çalışmalarında sıcaklığın her iki bileşeninde migrasyonu üzerine önemli etkisinin olduğunu depolama süresinin ise önemli etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Araştırmacılar analiz ettikleri örneklerinde BPA migrasyon seviyesinin 0,6 – 83,4 ve BADGE migrasyon seviyesinin ise <0,25–4,3 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Singapur'da yapılan bir çalışmada, süpermarketlerde satılan taze deniz ürünlerinin BPA içerikleri araştırılmış ve karideste 13,3 ng/g, yengeçte 213,1 ng/g, kalamarda 118,9 ng/g ve balık etinde 65,6 ng/g seviyesinde BPA tespit edilmiştir (Basheer *et al.* 2004).

Thomson and Grounds (2005) yaptıkları çalışmada, konserve etlerde BPA içeriğinin <20–98 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, BPA içeriği ile örneklerin renk, lak alanı, yağ içeriği ve pH değerleri arasında herhangi bir korelasyon olmadığını da belirtmişlerdir.

Shao *et al.* (2007), Çin marketlerinden satın aldıkları çeşitli etlerin (domuz, koyun, tavuk, sığır, ördek ve balık eti) BPA içeriğini araştırmışlar ve toplamda 27 adet et

örneğinin 13'ünde 0,33–7,08 µg/kg arasında BPA saptadıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca BPA'nın maksimum alım düzeyinin 1,4 µg/kişi veya 0,02 µg/canlı ağırlık olduğu tahmin etmektedirler.

Cunha and Fernandes (2013) analiz ettikleri 39 konserve gıdanın 34'ünde (%87), 3,7–265 µg/kg arasında değişen düzeylerde BPA saptamışlardır. Niu *et al.* (2015) yaptıkları çalışmada, analizini yaptıkları 144 gıda örneğinin 72'sinde, 0,02–260 µg/kg arasında değişen düzeylerde BPA belirlediklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar et örneklerinin ise nd–57 µg/kg arasında BPA içerdiğini belirtmişlerdir.

Ülkemizde yürütülen bir çalışmada Sungur *et al.* (2014), Hatay'daki yerel marketlerden satın aldıkları 36 adet konserve gıda (fasulye, mısır, garnitür, bezelye, salça ve ton balığı), 24 adet karton ambalajlı gıda (krema, meyve suyu, süt ve puding) ve 18 adet cam ambalajlı gıdada (mantar, biber salçası ve turşu) BPA içeriğini araştırmışlar ve konserve gıdalardaki BPA içeriğinin 21,86–1858 µg/kg arasında, karton ambalajlı gıdalardaki BPA içeriğinin 36,48–554 µg/kg arasında ve cam ambalajlı gıdalardaki BPA içeriğinin ise nd–399 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar konserve ton balığının BPA içeriğinin 102–550 µg/kg arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

1990 yılında Avrupa Birliği Komisyonu tarafından, gıdaya BPA migrasyonu için tolerans limit 3 mg/kg olarak belirlenmişken, 2004 yılında bu limit 0,6 mg/kg'a düşürülmüştür (Braunrath *et al.* 2005). Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde belirlenen BPA migrasyon düzeyinin bu limite uyduğu görülmektedir. Öte yandan ambalaj malzemesinden gıdaya BPA migrasyonu üzerine ambalaj malzemesinin de çok önemli etki ettiği de unutulmamalıdır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen alabalık fileto etlerinde heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu ve bisfenol-A (BPA) migrasyonu üzerine farklı sıcaklık ve pişirme düzeylerinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

1. Araştırmada hammadde olarak kullanılan alabalık fileto etlerinin su içeriklerinin %75,16, ham yağ içeriğinin %4,12 ve ham protein içeriğinin %19,38 olduğu belirlenmiştir.
2. Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerde pişirme sıcaklığının, örneklerin su içeriği, TBARS ve L* değeri üzerine önemli ($p<0,05$), pişirme kaybı, pH ve a* değeri üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu gözlenmiştir.
3. Alabalık fileto etlerinin sous-vide pişirme metodu ile pişirilmesi sonucu su içeriklerinin çiğ örneklerle kıyasla azaldığı ve pişirilmiş örneklerin su içeriğinin %68,95–70,86 arasında değiştiği belirlenmiştir.
4. Hammaddede 6,56 olarak belirlenen pH değerinin, ısıtım işlem sonrası artarak 6,63–7,00 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
5. Hammadde olarak kullanılan alabalık fileto etinin TBARS değeri 0,40 mg MDA/kg iken, sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilmiş örneklerin TBARS değerleri artarak 0,49–1,42 mg MDA/kg arasında değişiklik göstermiştir.
6. Alabalık fileto etlerinin sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilmesi sonucu pişirme kaybının %14,78–20,51 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

7. Pişirme işlemi ile örneklerin, çiğ örneklerle kıyasla L^* ve b^* değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.
8. Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin değişen miktarlarda IQx (nd-0,167 ng/g'a kadar) ve MeIQx (1,765-6,482 ng/g'a kadar) içerdiği belirlenmiş, buna karşın analizi yapılan örneklerin hiçbirinde IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AaC ve MeAaC bileşikler tespit edilememiştir.
9. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin toplam HAA içeriğinin 1,28–5,75 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.
10. Sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerin BPA içeriklerinin 4,93–27,11 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.
11. Mevcut araştırma sonuçlarına göre farklı pişirme sıcaklığı, pişirme düzeyi ve pişirme sıcaklığı x pişirme düzeyi interaksyonunun, örneklerin toplam HAA ve BPA içerikleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir.
12. Toplam HAA miktarı ve BPA migrasyonu bakımından en uygun sıcaklık – süre kombinasyonunun; 65°C'de iyi düzeyde pişirme işleminin olduğu tespit edilmiştir.
13. Mevcut araştırma sonuçlarına göre sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklık ve pişirme düzeyinde pişirilen örneklerin tamamında, tolere edilebilir düzeyde HAA oluştuğu ve BPA migrasyonunun ise TKG'da BPA için belirtilen spesifik migrasyon limiti içerisinde olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A., 2001. Structure and composition of animal tissues. principles of Meat Science, USA, 9-45.
- Aktaş, N. ve Kaya, M., 2010. Balıkların bileşimi kalite kriterleri ve işlenmesi. Et ve et ürünlerinin kalite kontrolü. Anadolu Üniversitesi Web-Ofset, Eskişehir, 108-131.
- Alabi, A., Caballero-Casero, N., Rubio, S., 2014. Quick and simple sample treatment for multiresidue analysis of bisphenols, bisphenol diglycidyl ethers and their derivatives in canned food prior to liquid chromatography and fluorescence detection. Journal of Chromatography A, 1336, 23-33.
- Alfaia, C.M.M., Alves, S.P., Lopes, A.F., Fernandes, M.J.E., Costa, A.S.H., Fontes, C.M.G.A., Castro, M.L.F., Bessa, R.J.B., Prates, J.A.M., 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. Meat Science, 84 (4), 769-777.
- Anonim 2003, FAO, Food technical workshop rome, 3-6 December 2002. Food nutrition paper 77.87.p.
- Anonim 2013. <http://www.haber3.com/kutu-icecekteki-buyuk-tehlike-2149480h.htm> (Erişim tarihi 13.11.2015).
- Anonymous 2010, WHO, Joint FAO/WHO Expert meeting to review toxicological and health aspects of bisphenol a. summary report (Erişim Tarihi 25.04.15.). http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/97892141564274_eng.pdf.
- Anonymous 2012. FAO <http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e.pdf> (Erişim tarihi 01.09.2015).
- Anonymous 2014, Bisphenol A: EFSA consults on assessment of risks to human health, <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/140117> (Erişim Tarihi 15.11.15).
- Anonymous, 1990. European Parliament and Council Directive No 90/ 128 /EEC. Relating to plastics materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Erişim: [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/foodcontact/leg_files/90_128_en.pdf].
- Anonymous, 1993. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some natural occurring substances: Food items and constituents. Heterocyclic amines and mycotoxins. (Vol. 56, pp. 163-242). Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- Anonymous, 2002. European Parliament and Council Directive No 2002/72/EC. Relating to plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Erişim: [<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:220:0018:0058:EN:PDF>].
- Anonymous, 2012b. U.S. Food and Drug Administration FDA, 2012. Bisphenol A (BPA): Use in food contact application. available from: <http://www.fda.gov/NewsEvents/PublicHealthFocus/ucm064437.htm> (Erişim tarihi: 25.04.15).

- Armstrong, G.A. and McIlveen, H., 2000. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11(5), 377-385.
- Armstrong, G.A., 2000. 8 - Sous vide products. In: D. Kilcast and P. Subramaniam (Editors), *The stability and shelf-life of food*. woodhead publishing, pp. 171-196.
- Baldwin, D.E., 2008. A practical guide to sous vide cooking. Available in URL <http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html>.
- Baldwin, D.E., 2012. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30.
- Ballesteos-Gomez, A., Rubio, S., Bendito, D.P., 2009. Analytical methods for the determination of bisphenol a in food. *Journal of Chromatography A*, 1216, 449-469.
- Balogh, Z., Gray, J.I., Gomaa, E.A., Booren, A.M., 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 38 (5), 395-401.
- Barrington, P.J., Baker, R.S.U., Truswell, A.S., Bonin, A.M., Ryan, A.J., Paulin, A.P., 1990. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods. *Food and Chemical Toxicology*, 28(3), 141-146.
- Basheer, C., Lee, H.K., Tan, K.S., 2004. Endocrine disrupting alkylphenols and bisphenol a in coastal waters and supermarket seafood from singapore. *Marine Pollution Bulletin*. 48,1145-67.
- Bemrah, N., Jean, J., Rivi_ere, G., Sanaa, M., Leconte, S., Bachelot, M., Deceuninck, Y., 2014. assessment of dietary exposure to bisphenol a in the french population with a special focus on risk characterisation for pregnant french women. *Food Chemitry Toxicology*, 72, 90-97.
- Ben-Jonathan, N., Hugo,E.R., Brandebourg, T.D., 2009. Effects of bisphenol a on adipokine release from human adipose tissue: implications for the metabolic syndrome. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 304, 49–54.
- Berg, I., Övervik, E., Gustafsson, J. Å., 1990. Effect of cooking time on mutagen formation in smoke, crust and pan residue from pan-broiled pork. *Food and Chemical Toxicology*, 28, 421-426.
- Berik N., Çankırılıgil C., Kahraman D., 2011. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosundan kroket yapımı ve kalite niteliklerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (5), 735-740.
- Bıyıklı, M. 2015., Hindi külbastı pişirmede sous vide pişirme yönteminin optimizasyonu ve raf ömrünün belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bjeldanes, L.F., Morris, M.M., Felton, J.S., Healy, S., Stuermer, D., Berry, P., Timourian, H., Hatch, F.T., 1982. Mutagens from the cooking of food. Survey by Ames/*Salmonella* test of mutagen formation in the major proteinrich foods of the american diet. *Food and Chemical Toxicology*, 20, 357-363.
- Bjeldanes, L.F., Morris, M.M., Timourian, H., Hatch, F.T., 1983. Effects of meat composition and cooking conditions on mutagen formation in fried ground beef. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 31, 18-21.
- Bordas, M., Moyano, E., Puignou, L., Galceran, M.T., 2004. Formation and stability of heterocyclic amines in a meat flavour model system effect of temperature, time and precursors. *Journal of Chromatography B*, 802, 11-17.

- Braunrath, R., Podlipna, D., Padlesak, S., Cichna-Markl, M., 2005. Determination of bisphenol a in canned foods by immunoaffinity chromatography, HPLC, and fluorescence detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8911-8917.
- Britt, C., Gomaa, E.A., Gray, J.I., Booren, A.M., 1998. Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (12), 4891-4897.
- Busquets, R., Bordas, M., Toribio, F., Puignou, L., Galceran, M.T., 2004. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the spanish diet. *Journal Chromatography B*, 802(1), 79-86.
- Butler, L.M., Sinha, R., Millikan, R.C., Martin, C.F., Newman, B., Gammon, M.D., 2003. Heterocyclic amines, meat intake, and association with colon cancer in a population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 157 (5), 434-445.
- Cao, X., Corriveau, J., Popovic, S., 2009. Levels of bisphenol a in canned soft drink products in canadian markets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1307-1311.
- Cao, X.L., 2010. Chemistry and analytical methods for determination of bisphenol a in food and biological samples. *FAO/WHO expert meeting on bisphenol a (BPA)*, 2-5 November 2010: 2-4, Ottawa.
- Cao, X.L., Perez-Locas, C., Dufresne, G., Clement, G., Popovica, S., Beraldin, F., Dabeke, R.W., Feeley, M., 2011. Concentrations of bisphenol a in the composite food samples from the 2008 canadian total diet study in quebec city and dietary intake estimates. *Food Additives Contaminants Part A*, 28, 791-798.
- Caserta, D., Mantovani, A., Marci, R., Fazi, A., Ciardo, F., La Rocca, C., Maranghi, F., Moscarini, M., 2011. Enviroment and women's reproductive health. *Human Reproduction Update*, 0, 1-16.
- Castle, L., 2007. Chemical migration into food: an overview. *Chemical Migration and Food Contact Materials*. CRC pres. 1-12.
- Çetinkaya, S., 2013. Vakum paketli pişirilen (Sous Vide) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss Walbaum*, 1792)'nin soğuk depolanması sırasında kalite özelliklerine doğal antioksidanların etkisi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chen, B.H., Lee, K.H., Tai, C.Y., 2000. Formation of heterocyclic amines in fried fish fiber during processing and storage. *Journal of Food Protection*, 63 (10), 1415-1420.
- Chiu, C.P., Yang, D.Y., Chen, B.H., 1998. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *Journal of Food Protection*, 61 (6), 712-719.
- Christensen, L., Ertbjerg, P., Aaslyng, M.D., Christensen, M., 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Science*, 88(2), 280-285.
- Church, I.J. and Parsons, A.L., 2000. The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook–chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 35,155–162.
- Costa, M., Viegas, O., Melo, A., Petisa, C., Pinho, O., Ferreira, I., 2009. Heterocyclic aromatic amine formation in barbecued sardines (*sardina pilchardus*) and atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (8), 3173–3179.

- Cousins, I.T., Staples, C.A., Klecka, G.M., Mackay, D., 2002. A multimedia assessment of the environmental fate of bisphenol a. *Human & Ecological Risk Assessment*, 8 (5), 1107-1135.
- Creed, P.G. and Reeve, W., 1998. Principles and applicatios of sous vide processed foods. in ghazala, S.Edt, sous vide and cook-chill processing for the food industry, ISBN:0-7514-0433-0, Canada: An Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Cunha, S.C. and Fernandes, J.O., 2013. Assessment of bisphenol a and bisphenol b in canned vegetables and fruits by gas chromatographymass spectrometry after quechers and dispersive liquid -liquid microextraction. *Food Control*, 33, 549-555.
- Dekant, W. and Völkel, W., 2008. Human exposure to bisphenol a by biomonitoring: methods, results and assessment of environmental exposures. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 228, 114-134.
- Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M. D., Bañón, S., 2008. Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80, 287– 292.
- Dinçer, M.T., 2008. Alabalık filetosu kullanarak balık sosisi üretimi ve soğuk muhafaza ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) şartlarında kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğruyol-Tanrıverdi, H., 2013. Sous vide ve ışınlama teknolojilerinin birlikte kullanımının balığın raf ömrüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., Lorenzo, J.M., 2014a. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97 (2), 223-230.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., Lorenzo, J.M., 2014b. Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat. *LWT - Food Science and Technology*, 58 (2), 439-445.
- Er, B., 2010. Ton balığı konservelerinde katı faz ekstraksiyon ve hplc metodu ile bisfenol a varlığının incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Er, B. ve Sarımehtetoğlu, B., 2011. Gıdalarda bisfenol a varlığının değerlendirilmesi, *Veteriner Hekim Dergisi*, 82 (1), 69-74.
- Erkan, N., Helle, N., Ozden, O., 2005. Determination of bisphenol a diglycidyl ether (badge) in canned fish in oil from the turkish market. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 101(7), 301-305.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A., Knize, M.G., 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (10), 897-903.
- Felton, J.S., Malfatti, M.A., Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C., Wu, R.W., 1997. Health risks of heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1–2), 37-41.
- Feroli, F., Caboni, M.F., Dutta, P.C., 2008. Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 80 (3), 681-685.

- Fleisch, A.F., Sheffield, P.E., Chinn, C., Edelstein, B.L., Landrigan, P.J., 2010. Bisphenol a and related compounds in dental materials. Official. Journal of the American Academy of Pediatrics, 126 (4), 760-768.
- García-Arias, M.T., Álvarez, Pontes, E., García-Linares, M.C., García-Fernández, M. C., Sánchez-Muniz, F.J., 2003. Cooking- freezing- reheating (cfr) of sardine (*Sardine pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. Food Chemistry, 83, 349-356.
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., Martínez-Monzó, J., 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). Journal of Food Engineering, 80(3), 813-821.
- Geens, T., Aerts, D., Berthot, C., Bourguignon, J.P., Goeyens, L., Lecomte, P., Maghuin- Rogister, G., Pironnet, A.M., Pussemier, L., Scippo, M.L., Van Loco, J., Covaci, A., 2012. A Review of dietary and non-dietary exposure to bisphenol-a. Food Chemistry Toxicology, 50 (10), 3725-3740.
- Gerber, N., Scheeder, M.R.L., Wenk, C., 2009. The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. Meat Science, 81, 148-154.
- Gerbl, U., Cichna, M., Zsivkovits, M., Knasmüller, S., Sontag, G., 2004. Determination of heterocyclic aromatic amines in beef extract, cooked meat and rat urine by liquid chromatography with coulometric electrode array detection. Journal of Chromatography B, 802, 107–113.
- Girard, P.J., 1992. Cooking. Technology of Meat and Meat Products. Fransa, 32-83.
- Gisslen, W., 2004. Essentials of professional cooking. John&Wiley Sons, New Jersey.
- Gökalp, H.Y., 1984. Genel et bilimi ve teknolojisi. Ders teksiri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknoloji Bölümü, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. (V. Baskı), Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fakültesi Yayın No: 318. Ders kitapları seri no: 69 Atatürk Üniversitesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 1999. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi, Yayın No: 786. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.
- Gökoğlu, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., Cengiz, E., 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry. 84, 19–22.
- Gonzales-Fandos, E., Garcia-Linares, M. C., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Arias, M. T., Garcia-Fernandez, M.C., 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) processed by the sous vide method. Food Microbiology, 21, 193-201.
- Goodson, A., Summerfield, W., Cooper, I., 2002. Survey of bisphenol a and bisphenol f in canned foods. Food Additives and Contaminants. 19,796-802.
- Gross, G. A. and Grüter, A. 1992. Quantitation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic aromatic amines in food products. Journal of Chromatography, 592, 271-278.
- Grumetto, L., Montesano, D., Seccia, S., Albrizio, S., Barbato, F., 2008. Determination of bisphenol a and bisphenol b residues in canned peeled tomatoes by reversed-phase liquid chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56, 10633-10637.

- Gu, Y. S., Kim, I.S., Ahn, J.K., Park, D.C., Yeum, D.M., Ji, C.I., Kim, S.B., 2002. Mutagenic and carcinogenic heterocyclic amines as affected by muscle types/skin and cooking in pan roasted mackerel. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 515(1–2), 189–195.
- Gülnaz, O., 2006. Bisfenol a'nın biyolojik parçalanması, biyokonsantrasyon faktörleri ve östrojenik aktivite düzeylerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Harun, F., 2012. Tavuk köftelerinin sous vide yöntemi ile muhafazası, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hassoun, A. and Karoui, R., 2015. Front-face fluorescence spectroscopy coupled with chemometric tools for monitoring fish freshness stored under different refrigerated conditions. *Food Control*, 54, 240–249.
- He, H.J., Wu, D. and Sun, D.W., 2014. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis–NIR) hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 156, 394–401.
- Hernández, P., Navarro, J.L., Toldrá, F., 1999. Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques / modificaciones de los lípidos de carne de cerdo en función de su guiso. *Food Science and Technology International*, 5 (6), 501–508.
- Houben, J., Van Dijk, A., Eikelenboom, G., 2002. Dietary vitamin e supplementation, an ascorbic acid preparation, and packaging effects on colour stability and lipid oxidation in mince made from previously frozen lean beef. *European Food Research and Technology*, 214(3), 186–191.
- Hu, X., Wu, X., Yang, F., Wang, Q., He, C., Liu, S., 2015. Novel surface dummy molecularly imprinted silica as sorbent for solid-phase extraction of bisphenol-a from water samples, *Talanta*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.10.057>.
- Humada, M.J., Sañudo, C., Serrano, E., 2014. Chemical composition, vitamin e content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96(2, Part A), 908–915.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Alberti, P., Lizaso, L., Hernandez, B., 1999. Colour stability of beef from different spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53(4), 241–249.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G.S., Sharma, S., Marchand, L.L., Tsugane, S., 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by brazilian methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 61–69.
- Jackson, L.S. and Hargraves, W.A., 1995. Effects of time and temperature on the formation of melix and dimelix in a model system containing threonine, glucose, and creatine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1678–1684.
- Jägerstad, M., Laser-Reuterswärd, A., Olsson, R., Grivas, S., Nyhammar, T., Olsson, K., Dahlqvist, A., 1983. Creatin(ine) and maillard reaction products as precursors of mutagenic compounds: effects of various amino acids. *Food Chemistry*, 12, 255–264.
- Jägerstad, M., Skog K., Arvidsson, P. and Solyakov, A., 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and

- cooked foods. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung A, 207, 419–427.
- Jordáková, I., Dobiáš, J., Voldřich, M., Poustka, J., 2003. determination of bisphenol a, bisphenol f, bisphenol a diglycidyl ether and bisphenol f diglycidyl ether migrated from food cans using gas chromatography-mass spectrometry. Czech Journal of Food Science, 21(3), 85-90.
- Kang, J.H. and Kondo F., 2002. Determination of bisphenol a in canned pet foods. Research in Veterinary Science, 73, 177-182.
- Kang, J.H., Kito, K., Kondo, F., 2003. Factors influencing the migration of bisphenol a from cans. Journal of Food Protection, 66, 1444-1447.
- Kang, J.H., Kondo, F., Katayama, Y., 2006. Human exposure to bisphenol a. Toxicology 226 (2-3), 79-89.
- Karabulut, H. ve Yandı, İ., 2006. Su ürünlerindeki omega-3 yağ asitlerinin önemi ve sağlık üzerine etkisi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 23 (1/3), 339-342
- Kaşıkcı, G., 2013. Gökkuşluğu alabalıklarının (*Oncorhynchus Mykiss Walbaum* 1972) biberiye ve kekik yağı ile marinasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kavas, G. ve Kavas, N., 2012. Bisfenol A: gıda ve sağlık. Gıda Dergisi, Kasım, 28-30.
- Keating, G.A. and Bogen, K.T., 2001. Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the us diet. Food and Chemical Toxicology, 39, 29-43.
- Kılıç, A., 2008, buzdolabı sıcaklığında kurutmanın balık kalitesine etkisinin model sistemde belirlenmesi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, 537-540.
- Kılıç, B. and Richards, M., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: pro-oxidative and anti-oxidative factors. Journal of Food Science, 68 (2), 1-5.
- Kılınç, B. ve Çaklı, Ş., 2001. Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkileri. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 18, (1-2), 279- 291.
- Kırkağaç, M. 2011., Balık biyolojisi su ürünleri. Anadolu Üniversitesi Web-Ofset, Eskişehir.
- Klassen, R.D., Lewis, D., Lau, B.P.Y., Sen, N.P., 2002. Heterocyclic aromatic amines in cooked hamburgers and chicken obtained from local fast food outlets in the ottawa region. Food Research International, 35(9), 837-847.
- Knasmüller, S., Steinkellner, H., Hirschl, A.M., Rabot, S., Nobis, E.C., Kassie, F., 2001. Impact of bacteria in dairy products and of the intestinal microflora on the genotoxic and carcinogenic effects of heterocyclic aromatic amines. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 480-481(0), 129-138.
- Knize, M.G. Salmon, C.P., Mehta, S.S., Felton, J.S., 1997. Analysis of cooked muscle meats for heterocyclic aromatic amine carcinogens. Mutation Research, 376, 129-134.
- Knize, M.G., Andresen, B.D., Healy, S.K., Shen, N.H., Lewis, P.R., Bjeldanes, L.F., Hatch, F.T., Felton, J.S., 1985. Effects of temperature, patty thickness and fat content on the production of mutagens in fried ground beef. Food and Chemical Toxicology, 23, 1035-1040.

- Knize, M.G., Dolbeare, F.A., Carroll, K.L., Moore, D.H., Felton, J.S., 1994. Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (7), 595-603.
- Knize, M.G., Kulp, K.S., Salmon, C.P., Keating, G.A., Felton, J.S., 2002. Factors affecting human heterocyclic amine intake and the metabolism of PhIP. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506–507(0), 153-162.
- Knize, M.G., Sinha, R., Rothman, N., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Cunningham, P.L. and Felton, J.S. 1995. Heterocyclic amine content in fast-food meat products. *Food and Chemical Toxicology*, 33 (7), 545-51.
- Kotan, G. ve Öz F., 2016. Beslenme balık etinin önemi. *Akademik Gıda. (Basımda)*
- Lan, C.M. and Chen, B.H., 2002. Effects of soy sauce and sugar on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 989-1000.
- Lan, C.M., Kao, T.H., Chen, B.H., 2004. Effects of heating time and antioxidants on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Journal of Chromatography B*, 802, 27–37.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K., Jägerstad, M., 1987a. Effects of creatine and creatinine content on the mutagenic activity of meat extracts, bouillons and gravies from different sources. *Food Chemical Toxicology*, 25(10), 747-754.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K., Jägerstad, M., 1987b. Mutagenicity of pan-fried bovine tissues in relation to their content of creatine, creatinine, monosaccharides and free amino acids. *Food Chemistry Toxicology*, 25(10), 755-762.
- Lau, O.W. and Wong, S.K., 2000. Contamination in food from packaging material. *Journal of Chromatography*, 882, 255-270.
- Lintelmann, J., Katayama, A., Kurihara, N., Shore, L., Wenzel, A., 2003. Endocrine disruptors in the environment (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 75 (5), 631-681
- Maragou, N.C., Lampi, E.N., Thomaidis, N.S., Koupparis, M.A., 2006. Determination of bisphenol a in milk by solid phase extraction and liquid chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 1129, 165-173.
- Mason, L.H., Church, I.J., Ledward, D.A., Parsons, A.L., 1990. Review: The sensory quality of foods produced by conventional and enhanced cook–chill methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 247-259.
- Meinert, L., Andersen, L.T., Bredie, W.L.P., Bjerregaard, C., Aaslyng, M.D., 2007. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75 (2), 229-242.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2004. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *Journal of Chromatography B*, 802 (1), 19-26.
- Milic, N., Cetojevic-Simin, D., Milanovic, M., Sudji, J., Milosevic, N., Curic, N., Ludovico, A., Medic-Stojanoska, M., 2015. Estimation of in vivo and in vitro exposure to bisphenol a as food contaminant. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 268-274.

- Mol, S. ve Özturan, S., 2009. Sous-vide teknolojisi ve su ürünlerindeki uygulamalar. *Journal of fisheriesciences.com*, 3, (1), 68-75.
- Munguia-Lopez, E.M., Gerardo-Lugo, S., Peralta, E., Bolumen, S., Soto-Valdez, H., 2005. Migration of bisphenol a from can coatings into a fatty-food simulant and tuna fish. *Food Additives and Contaminants*, 22, 892-898.
- Munguia-Lopez, E.M., Soto-Valdez, H., 2001. Effect of heat processing and storage time on migration of bisphenol a (BPA) and bisphenol adiglycidyl ether (BADGE) to aqueous food stimulant from mexican can coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49, 3666-3671.
- Murkovic, M. and Pfannhauser, W., 2000. Analysis of the carcinogenic heterocyclic aromatic amines in fried meat. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 366, 375-378.
- Murkovic, M., Steinberger, D., Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 207 (6), 477-480.
- Nagao, M. 1999., A New Approach to Risk Estimation of food-borne carcinogens heterocyclic amines-based on molecular information. *Mutation Research*, 431, 3-12.
- Nagao, M., Honda, M., Seino, Y., Yahagi, T., Sugimura, T., 1977. Mutagenicities of smoke condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Letters*, 2(4-5), 221-226.
- Nikmaram, P., Yarman M.S., Emamjomeh Z., Darehabi H.K., 2011. The effect of cooking methods on texture and microstructure properties of veal muscle (*Longissimus dorsi*). *Global Veterinaria* 6 (2), 201-207.
- Niu, Y., Zhang, J., Duan, H., Wu, Y., Shao, B., 2015. Bisphenol a and nonylphenol in foodstuffs: chinese dietary exposure from the 2007 total diet study and infant health risk from formulas. *Food Chemistry*, 167, 320-325.
- Nowell, S., Coles, B., Sinha, R., Macleod, S., Luke Ratnasinghe, D., Stotts, C., 2002. Analysis of total meat intake and exposure to individual heterocyclic amines in a case-control study of colorectal cancer: contribution of metabolic variation to risk. *Mutation Research*, 506-507 (C), 175-185.
- Nyati, H., 2000. An Evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11(6), 471-476.
- O'Grady, M.N., Carpenter, R., Lynch, P.B., O'Brien, N.M., Kerry, J.P., 2008. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science*, 78 (4), 438-446.
- Oğuzhan, P., Angiş, S., Haliloğlu, H.İ., Atamanalp M., 2006. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23:465-466.
- Öz, F., 2010. The effect of different thawing methods on heterocyclic aromatic amine contents of beef chops cooked by different methods. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (17), 2327-2332.
- Öz, F., 2011. Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography. *Food Chemistry*, 126 (4), 2010-2016.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011a. The inhibitory effect of black pepper on formation on heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22, 596-600.

- Öz, F. and Kaya, M., 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic amines in fried beef longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35 (6), 806-812.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011c. Heterocyclic aromatic amines in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 739-753.
- Öz, F. and Kotan, G., 2016. Submitted for publication.
- Öz, F. and Yüzer, M.O., 2016. Submitted for publication.
- Öz, F. and Zikirov, E., 2015. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *Food Science and Technology*, 64, 120-125.
- Öz, F. ve Kaya, M., 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 121-126.
- Öz, F., Çakmak, I.H., Zikirov, E., Kızıl, M., Turhan, S., 2015. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- Öz, F., Kaban, G. and Kaya, M., 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104, 67-72.
- Öz, F., Kaban, G., Kaya, M., 2010. Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with oas extraction method. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350.
- Öz, F., Kızıl, M., Çakmak, İ.H., Aksu, M.İ., 2016c. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- Öz, F., Kızıl, M., Çelik, T., 2016b. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- Öz, F., Kızıl, M., Zaman, A., Turhan, S., 2016a. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 861-867.
- Özturan, S., 2009. Vakum ambalajda pişirilmiş (Sous Vide) balıkta kalite ve raf ömrünün belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, A.S., 2014. Gama ışınlanan tütülenmiş alabalık (*oncorhynchus mykiss*) filetolarının duysal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pais, P., Salmon, C.P., Knize, M.G., Felton, J.S., 1999. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats and meat drippings. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47(3), 1098-1108.
- Pearson, A.M., and Tauber, F.W., 1984. *Processed meats*. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Peiretti, P.G., Medana, C., Visentin, S., Dal Bello, F., Meineri, G., 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132 (1), 80-85.
- Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C., Smith, S.J., 2012. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science*, 90, 739-746.

- Puignou, L., Casal, J., Santos, F.J., Galceran, M.T., 1997. Determination of heterocyclic aromatic amines by capillary zone electrophoresis in a meat extract. *Journal of Chromatography A*, 769(2), 293-299.
- Rao, V.K., Kowale, B.N., Babu, N.P., Bisht, G.S., 1996. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. *Meat Science*, 43(2), 179-185.
- Reistad, R., Rossland, O.J., Latva-Kala, K. J., Rasmussen, T., Vikse, R., Becher, G., Alexander, J., 1997. Heterocyclic aromatic amines in human urine following a fried meat meal. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 945-955.
- Renner, M., Dumont, F., Gatellier, P., 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Science*, 43(2), 111-121.
- Resurreccion, A.V.A., 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, 66(1), 11-20.
- Reyes-Gallard, E.M., Lucena, R., Cárdenas, S., Valcárcel M., 2015. Dispersive solid phase extraction of bisphenol a from milk using magnetic nylon 6 composite and its final determination by HPLC-UV. *Microchemical Journal*. 10.1016/j.microc.2015.10.025
- Richling, E., Haring, D., Herderich, M., Schreier, P., 1998. Determination of heterocyclic aromatic amines (haa) in commercially available meat products and fish by high-performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry (HPLC-ESI-MS-MS). *Chromatographia*, 48 (3-4), 258-262.
- Ristic, A., Cichna, M., Sontag, G., 2004. Determination of less polar heterocyclic aromatic amines in standardised beef extracts and cooked meat consumed in Austria by liquid chromatography and fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*, 802, 87-94.
- Rodriguez- Estrada, M.T., Penazzi, G., Caboni, M.F., Bertacco, G., Lercker G., 1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science*, 45 (3), 365-375.
- Roldan, M., Antequera, T., Armenteros, M., Ruiz, J., 2014. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chemistry*, 149, 129-136.
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A.I., Ruiz, J., 2013. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93(3), 572-578.
- Roldan, M., Loebner, J., Degen, J., Henle, T., Antequera, T., Ruiz-Carrascal, J., 2015. Advanced glycation end products, physico-chemical and sensory characteristics of cooked lamb loins affected by cooking method and addition of flavour precursors. *Food Chemistry*, 168, 487-495.
- Sajiki, J., Miyamoto, F., Fukata, H., Mori, C., Yonekubo, J., Hayakawa, K., 2007. Bisphenol A (BPA) and its source in foods in Japanese markets. *Food Additives And Contaminants*, 24(1), 103-112.
- Salmon, C.P., Knize, M.G., Felton, J.S., Zhao, B., Seow, A., 2006. Heterocyclic aromatic amines in domestically prepared chicken and fish from Singapore Chinese households. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 484-92.
- Sampel, S., 2015. The Effect of processing technologies and preparation the final quality of fish product. *Trends in Food Science & Technology*, 44, 131-146.

- Sanchez-Del Pulgar, J., Gázquez, A., Ruiz-Carrascal, J., 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature and cooking time. *Meat Science*, 90, 828-835.
- Schellekens, M., 1996. New research issues in sous-vide cooking. Review article trends in food. *Science and Technology*, 7 (8), 256-262.
- Schellekens, W. and Martens, T., 1992. Sous vide cooking Part I: Scientific literature Review; Commission of the European Communities Directorate General XII, Research and Development.
- Secci, G., Parisi, G., Dasilva, G., Medina, I., 2016. Stress during slaughter increases lipid metabolites and decreases oxidative stability of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during frozen storage. *Food Chemistry* 190, 5-11.
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F.J., Jiménez-Colmenero, F., 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Science*, 77 (3), 304-313.
- Shahidi, F. and Zhong, Y., 2005. Lipid oxidation: Measurement methods. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*; Wiley and Blackwell: Hoboken, NJ, 1, 357-385.
- Shao, B., Han, H., Li, D., Ma, Y., Tu, X., Wu, Y., 2007. Analysis of alkylphenol and bisphenol a in meat by accelerated solvent extraction and liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 105, 1236-1241.
- Sidhu, K. S., 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38, 336-344.
- Simoneau, C., Theobald, A., Hannaert, P., Roncarì, P., Roncarì, A., Rudolph, T., Anklam, E., 1999. Monitoring of bisphenol-adiglycidyl-ether (BADGE) in canned fish in oil. *Food Additives and Contaminants*. 16(5), 189-95.
- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C.P., Knize, M.G., Brown, E.D., Swanson, C.A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J.S., Levander, O.A., 1998. Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings. *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 279-287.
- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1197-1203.
- Skog, K. and Solyakov, A. 2002. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food Chemistry Toxicology*, 40(8), 1213-1221.
- Skog, K., Solyakov, A., Jägerstad, M., 2000. Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to amino-carbolines in a meat juice model system. *Food Chemistry*, 68(3), 299-308.
- Skog, K.I., Johansson, M.A.E., Jägerstad, M.I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: a review on formation, occurrence and intake. *Food Chemistry Toxicology*, 36(9-10), 879-896.
- Staples, C.A., Dorn, P.B., Klecka, G.M., O'Block, S.T. And Harris, L.R., 1998. A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol a. *Chemosphere*, 36 (10), 2149-2173.

- Sugimura, T., 1997. Overview of carcinogenic heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1–2), 211-219.
- Sugimura, T. and Adamson, R.H., 2000. Introduction, Baffins lane, Chichester, West Sussex, England, 373.
- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H., Nagao, M., 2004. Heterocyclic amines; mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*, 95(4), 290-299.
- Sugimura, T.S., 1995. History, Present and future of heterocyclic amines, cooked food Mutagens. In R.H. Adamson *et al.* (Eds.) *Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens* (pp. 214-231). Princeton Scientific Publishing Co, Princeton, New Jersey.
- Sungur, Ş., Koroğlu, M., Özkan, A., 2014. Determination of bisphenol a migrating from canned food and beverages in markets. *Food Chemistry*, 142, 87-91.
- Szerman, N., Gonzalez, C.B., Sancho, A.M., Grigioni, G., Carduza, F., Vaudagna, S.R., 2012. Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Science*, 90(3), 701-710.
- Thomson, B.M. and Grounds, P.R., 2005. Bisphenol a in canned foods in new zealand: an exposure assessment. *Food Additives and Contaminants*, 22 (1), 65-72.
- Tikkanen, L.M., Sauri, T.M., Latva-Kala, K.J., 1993. Screening of heat-Processed Finnish Foods for the Mutagens 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5f]quinoxaline, 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine. *Food and Chemical Toxicology*, 31 (10), 717-721.
- Tokur, B., 2007. 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.
- Tornberg, E., 2005. Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493-508.
- Tsai, S. J., Jenq, S. N., Lee, H., 1996. Naturally occurring diallyl disulfide inhibits the formation of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in boiled pork juice. *Mutagenesis*, 11(3), 235-240.
- Turan, H., Kaya, Y., Sönmez, G., 2006. Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Su Ürünleri Dergisi*, 23, 505-508.
- Tzikas, Z., Amvrosidis, I., Soultos, N., Georgakis, S., 2007. seasonal variation in the chemical composition and microbiological condition of mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) muscle from the north aegean sea (Greece). *Food Control*, 18, 251–257.
- Vaudagna, S.R., Sánchez, G., Neira, M.S., Insani, E.M., Picallo, A.B., Gallinger, M.M., Lasta, J.A., 2002. Sous vide cooked beef muscles: effects of low temperature–long time (LT–LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(4), 425-441.
- Verma, S.P. and Sahoo, J., 2000. Improvement in the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate preblending. *Meat Science*, 56(4), 403-413.

- Viegas O., Novo P. and Pinto O., Ferreira, I.M.P.L.V.O., 2012. Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (has) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. Food and Chemical Toxicology, 50 (6), 2128-2134.
- Viegas, O., Moreira, P., & Ferreira, I.M.P.L.V.O., 2015. Influence of beer marinades on the reduction of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in charcoalgrilled pork meat. Food Additives and Contaminants, Part A, 32, 315-323.
- Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.D.M., Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. Food Chemistry, 106 (1), 140-146.
- Wetherill, Y.B., Akingbemi, B.T., Kanno, J., McLachlan, J.A., Nadal, A., Sonnenschein, C., Watson, C.S., Zoeller, R.T., Belcher, S.M., 2007. In vitro molecular mechanisms of bisphenol a action. Reproductive Toxicology, 24, 178-198.
- Wolstenholme, J.T., Rissman, E.F., Connely, J.J., 2011. The role of bisphenol a in shaping the brain, epigenome and behavior. Hormones and Behavior, 296-305.
- Wong K.Y, Su, J., Knize, M.G., Koh, W.P., Seow, A., 2005. Dietary exposure to heterocyclic amines in a Chinese population. Nutrition and Cancer, 52 (2),147-155.
- Yamaizumi, Z., Kasai, H., Nishimura, S., Edmonds, C.G., McCloskey, J.A., 1986. Stable isotope dilution quantification of mutagens in cooked foods by combined liquid chromatography-thermospray mass spectrometry. Mutation Research, 173 (1), 1-7.
- Yaşar, Ş., 2011. Sağlıklı nesiller için balık. Çamlı Deniz Ürünleri A.Ş. Araştırma Grubu, 112, İzmir.
- Yaz, Y., 2013. Vakum pişirme (Sous Vide) uygulanmış *luciobarbus esocinus* (heckel,1843)'un raf ömrünün belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 704, 308- 60.
- Yoshida, T., Horie M., Hoshino, Y., Nakazawa H., 2001. Determination of bisphenol a in canned vegetables and fruit by high performance liquid chromatography. Food Additives and Contaminants, 18 (1), 69-75.
- Zaidi, R., Kumar, S., Rawat, P.R., 2012. Rapid detection and quantification of dietary mutagens in food using mass spectrometry and ultra performance liquid chromatography. Meat Science, 135, 2897-2903.
- Zhang, X.M., Wakabayashi, K., Liu, Z-C., Sugimura, T., Nagao, M., 1988. Mutagenic and carcinogenic heterocyclic amines in chinese cooked foods. Mutation Research, 201, 181-188.
- Zikirov, E., 2014. Sous-vide pişirme yönteminin sığır etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı kalitatif kriterler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esra SEYYAR

Doğum Tarihi : 12.08.1991

Doğum Yeri : Maçka/TRABZON

Eğitim :

Lisans 2009-2013 : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Yüksek Lisans 2013- : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Seyyar E., Yüzer M.O., Zikirov E., Kotan G., Öz F. 2014. Hamsi tuzlama. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana.

Yüzer M.O., **Seyyar E.**, Zikirov E., Kotan G., Öz F. 2014. Çorum sungurlu tandır kebabı. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana.

Kotan G., Yüzer M.O., **Seyyar E.**, Öz F. 2014. Hamsi köftesi. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana.

Seyyar E., Şener H., Öz F. 2015. Et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluşan mutajenik ve/veya karsinojenik heterosiklik aromatik aminler. 5. Gıda Güvenliği Kongresi. 7-8 Mayıs, İstanbul.

Şener H., **Seyyar E.**, Öz F. 2015. 5. Et ve et ürünlerinde polisiklik aromatik hidrokarbonlar. Gıda Güvenliği Kongresi. 7-8 Mayıs, İstanbul.

Seyyar E., Kotan G., Öz F. 2015. Bitkisel yağ ambalajları ve bisfenol-a. YABİTED II. Bitkisel Yağ Kongresi. 7-9 Mayıs, Tekirdağ.

Kotan G., **Seyyar E.**, Öz F. 2015. Bitkisel yağlarda polisiklik aromatik hidrokarbonlar. YABİTED II. Bitkisel Yağ Kongresi. 7-9 Mayıs, Tekirdağ.

Seyyar E., Öz F. 2015. Plastik su şişe ve damacanelerinde bisfenol-a tehlikesi. Sağlıklı Su Yönetimi Kongresi. 20-22 Mayıs, Erzurum.

PROJELER

1. Farklı Pişirme Metotlarının Hindi Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Çeşitli Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. 2015. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 214O399.
2. Sous-vide Yöntemiyle Pişirilen Sığır Pirzola Etinde Heterosiklik Aromatik Amin ve Bisfenol-A'nın Belirlenmesi. 2014. Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, 2014/209.
3. Çeşitli Gıdalarda Organoklorlu ve Organofosforlu Pestisit Kalıntılarının Belirlenmesi. 2015. Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, 2015/162.