

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pelin SALUM ERBAY

**BARBUN (*MULLUS BARBATUS* LINNANEUS, 1758)
BALIĞININ AROMA VE AROMA AKTİF BİLEŞİKLERİ VE
BU BİLEŞİKLER ÜZERİNE FARKLI PİŞİRME
YÖNTEMLERİNİN ETKİLERİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

ADANA-2017

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARBUN (*MULLUS BARBATUS* LINNANEUS, 1758) BALIĞININ
AROMA VE AROMA AKTİF BİLEŞİKLERİ VE BU BİLEŞİKLER
ÜZERİNE FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN ETKİLERİ**

Pelin SALUM ERBAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Serkan SELLİ
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr. Yasemen YANAR
ÜYE

.....
Doç.Dr. Haşim KELEBEK
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından
Desteklenmiştir.**
Proje No: FYL-2016-5484

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BARBUN (*MULLUS BARBATUS* LINNANEUS, 1758) BALIĞININ AROMA VE AROMA AKTİF BİLEŞİKLERİ VE BU BİLEŞİKLER ÜZERİNE FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN ETKİLERİ

Pelin SALUM ERBAY

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Serkan SELLİ
Yıl : 2017 Sayfa: 65
Jüri : Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Yasemen YANAR
: Doç. Dr. Haşim KELEBEK

Bu çalışmada, 2016 yılında Doğu Akdeniz'den temin edilen barbun balığının aroma ve aroma aktif maddeleri ve iki farklı pişirme (buharla ve fırında pişirme) yönteminin bu bileşikler üzerindeki etkileri GC-MS-O yardımı ile belirlenmiştir. Örneklerin aroma maddeleri ekstraksiyonunda yüksek vakum altında çözgen yardımıyla ekstraksiyon (SAFE) yöntemi kullanılmıştır. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA) kullanılmıştır. GC-MS yardımıyla taze barbun balıklarında toplam 26 adet, pişirilmiş barbun balıklarında ise toplam 27'şer adet aroma maddesi belirlenmiştir. Alkol grubu bileşikler sayı ve miktar (%) olarak aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Olfaktometrik analiz sonuçlarına bakıldığında, taze barbun balıklarında toplam 8 aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Tanımlanan aroma aktif bileşikler arasında dekanal en güçlü aroma aktif bileşiği olarak belirlenmiştir. Bu bileşik barbun balıklarına yeşilimsi koku kazandırmaktadır. Buğulanarak ve fırında pişirilen barbun balıklarının aroma aktif bileşikleri arasında en baskın bileşiğin mantar kokusundan sorumlu olan 1-okten-3-ol olduğu saptanmıştır. Pişirme işlemi sonrasında yağ oksidasyonundan kaynaklı aroma bileşiklerinin, pişmiş barbun balıklarının aroma maddeleri üzerine baskın bir etkileri olduğu tespit edilmiştir. Fırınlanarak pişirilen barbun balıklarının kokusunun, buğulanarak pişirilen barbun balıklarının kokusuna kıyasla daha kuvvetli olduğu, ve sahip olduğu aroma-aktif bileşiklerin daha yüksek AS değerleri olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Barbun balığı, *Mulus barbatus*, Aroma, Aroma-aktif bileşenler

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION THE AROMA AND AROMA-ACTIVE COMPOUNDS IN RED MULLET(*MULLUS BARBATUS* LINNANEUS, 1758) AND THE EFFECTS OF DIFFERENT COOKING PROCESSES ON THESE COMPOUNDS

Pelin SALUM ERBAY

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Serkan SELLI
Year : 2017 Pages: 65
Jury : Prof. Dr. Serkan SELLI
: Prof. Dr. Yasemen YANAR
: Assoc. Prof. Dr. Haşim KELEBEK

In this study, aroma composition and aroma-active compounds of the red mullet fishes provided from Eastern Mediterranean sea were analyzed. Moreover, the effects of two different cooking methods (steam cooking and baking) on the aroma and aroma-active compounds were determined by GC-MS-O technique. The extraction of the aromas was made by solvent assisted flavor extraction (SAFE) method. The aroma extract dilution analysis (AEDA) is used in the determination of aroma-active compounds. Totally, 26 aroma compounds were detected in the fresh red mullet fishes by GC-MS. The most important group of the volatiles was alcohols according to the amount and variety. Furthermore, 27 volatile compounds were determined both in the steam cooked and baked red mullet fishes. The results of olfactometric analysis showed that there were 8 aroma-active compounds in the fresh fishes. Decanal which gives the green odor note was the most significant aroma-active compound in the fresh red mullet samples. The most dominant aroma active compound in the cooked fishes was the 1-octen-3-ol which is the responsible from the mushroom like odor. Additionally, the compounds originated from the fat oxidation caused a remarkable effect on the aroma of the cooked red mullet samples. It is concluded that the aroma of baked fishes was more intense and their AS values of aroma active compounds were higher than steam cooked fishes.

Key Words: Red Mullet, *Mullus barbatus*, Aroma, Aroma-active compounds, GC-MS, Olfactometry

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Su ürünleri, yüksek kaliteli protein, vitamin ve mineral içeriği ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından zengin olmasından dolayı insan diyeti için kıymetli bir kaynaktır. Türkiye dünya ülkeleri arasında avlanan su ürünleri miktarı açısından 2012 yılı itibarıyla 432,4 bin ton ile 38.sıradadır. Ülkemizdeki su ürünlerinin avlanma miktarı 2003-2012 arasında %14,8 azalırken, çiftliklerdeki üretim miktarı %165,7 artmıştır. 2003 yılında toplam su ürünleri üretiminin %13,6'sını çiftlikler sağlarken, 2012 yılında bu oran %32,9'a yükselmiştir. Tüm bu veriler göz önüne alındığında ülkemizde su ürünlerinin tüketiminin son yıllarda artışı görülmekte, ancak satışa sunulan balıkların tüketici taleplerini karşılayabilecek kalite özelliklerine sahip olması da gerekmektedir.

Balıklarda ve diğer su ürünlerinde kaliteyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Balığın sahip oldukları duyuşal özellikler, tüketicinin beklentilerini karşılamamın yanı sıra, sağlığı tehdit edebilecek bozulmaların ve kontaminasyonların anlaşılmasını da mümkün kılmaktadır. Geçmişten günümüze balığın tüketim için uygun olup olmadığının belirlenmesindeki en önemli kalite parametresi balığın kokusu (aroması) olmuştur.

Genel olarak, balıkların aroması birçok farklı uçucu bileşiklerin ortak etkisi sonucu oluşmaktadır. Balıklardaki bu uçucu bileşikler enzimatik reaksiyonlar, lipid oksidasyonu ve/veya mikrobiyal aktiviteler sonucu oluşabilmektedir. Balıkların türleri, orijinleri ve tazelik durumları da aroma farklılıklarına neden olabilmektedir. Örneğin, balığın kültür ortamında veya doğal olarak denizde yetişmesi, içerdği uçucu bileşiklerin çeşit ve dağılımını etkilemektedir. Kültür balıklarında diyet tipi, diyet bileşimi, besleme sistemi, kültür ortamının durumu gibi faktörler balıktaki uçucu maddelerin bileşimini etkilemektedir. Sadece yetiştirme koşulları değil, balığın işlenmesinde kullanılan işlem ve maddeler de aroma üzerinde etkili olmaktadır.

Miktarları nanogram ve miligram arasında değişen tüm bu aroma maddelerinin bazıları düşük algılanma eşik değerleri sayesinde, çok düşük konsantrasyonlarda bile duyuşal olarak algılanmaktadır. Bu bileşikler aroma-aktif bileşikler olarak adlandırılmakta ve balıklara ve deniz ürünlerine karakteristik kokular kazandırmaktadır. Aroma maddelerinin miktarlarının belirlenmesinde gaz kromatografisi (GC) tanımlanmaların da ise GC-kütle spektrometresi (MS) kullanılmaktadır. Aroma aktif bileşikler ise GC-Olfaktometri (GC-O) tekniğı ile belirlenmektedir. Ülkemizde balık ve diğler deniz ürünleri üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, bu ürünlerin iz ve ağır metal içerikleri ve yağ asitleri kompozisyonu ve uçucu bileşikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Deniz ürünlerimizin aroma-aktif bileşikleri konusunda çalışmalar oldukça azdır.

Mullidae familyasının üyesi olan *Mullus barbatus* Linnaneus, 1758, ülkemizde “Barbun” ve “Barbunya” olarak bilinmektedir. Türkiye’de 2013’te avlanan deniz balıklarının toplam miktarı 295,2 bin ton iken, bunun 2,1 bin tonunu barbun balığı oluşturmaktadır. Akdeniz, 1253 ton ile ülkemizde barbunun en çok avlandığı denizdir ve dolayısı ile Akdeniz bölgesinde, su ürünleri sektörü açısından barbun balığı önemli bir yere sahiptir. Literatürde, barbun balığının aroma-aktif bileşikleri üzerinde yapılmış herhangi bir araştırma bulunmamaktadır. Bu bileşiklerin belirlenmesi, aromanın kalite indikatörü olarak kullanılabilmesi ve bu balıkların karakteristik kokularının saptanması için elzemdir.

Bu çalışmada, 2016 yılında Doğı Akdeniz’den temin edilen barbun balığının aroma ve aroma aktif maddeleri ve iki farklı pişirme (buharla ve fırında pişirme) yönteminin bu bileşikler üzerindeki etkileri GC-MS-O yardımı ile belirlenmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi kullanılmıştır.

GC-MS yardımıyla taze barbun balıklarında toplam 26 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Alkol grubu bileşikler sayı ve miktar olarak aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturan uçucu maddelerdir. GC-MS yardımıyla buğulanarak ve fırında pişirilmiş barbun balıklarında toplam 27’şer adet aroma maddesi

belirlenmiştir. Alkol grubu bileşikler sayı ve miktar olarak aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturan uçucu maddelerdir.

Olfaktometrik analiz sonuçlarına bakıldığında, taze barbun balıklarında toplam 8 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Tanımlanan aroma aktif bileşikler arasında dekanal (AS 16) en güçlü aroma aktif bileşiği olarak belirlenmiştir. Bu bileşiğin barbun balıklarına yeşilimsi koku kazandırdığı belirlenmiştir. Buğulanarak (B) ve fırında (F) pişirilen barbun balıklarının aroma aktif bileşikleri arasında en baskın bileşiğin mantar kokusundan sorumlu 1-okten-3-ol bileşiği (B: AS 216; F: AS 512) olduğu saptanmıştır. Pişirme işlemi sonrasında yağ oksidasyonundan kaynaklı bileşiklerin, pişmiş barbun balıklarının aroma maddeleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pişirme yöntemleri kıyaslandığında, fırınlanarak pişirilen barbun balıklarının kokusunun, buğulanarak pişirilen barbun balıklarının kokusuna kıyasla daha kuvvetli olduğu, ve sahip olduğu aroma-aktif bileşiklerin daha yüksek AS değerleri olduğu saptanmıştır. Bu pişirme yönteminin balıklara daha çok hoş giden pişmiş kokular kazandırdığı saptanmıştır.



TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans dönemimde bana her konuda destek olan, bilgi ve deneyimi ile yol gösteren, akademik çalışmalara teşvik eden, çok değerli bilim insanı danışmanım sayın Prof. Dr. Serkan Selli'ye tüm emekleri için teşekkür ederim. Jüri üyesi olarak tezimi değerlendiren değerli hocalarım Doç. Dr. Haşım Kelebek'e ve Prof.Dr. Yasemen Yanar'a çok teşekkür ederim.

Sayın hocam Doç. Dr. Haşım Kelebek'e balık örneklerini bulmam konusundaki yardımları için ayrıca teşekkürü borç bilirim.

Beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen, yeri geldiğinde benimle balık ayıklayan Arş. Gör. Gamze Güçlü'ye, Onur Sevindik'e, Oscar Zannou'ya teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan, her an fikirlerimi destekleyen, bana özgür bir yetişme ortamı sağlayan aileme, tüm emekleri için minnetimi iletmek isterim. Ayrıca tembellik yapmama izin vermeyerek yüksek lisansımı bitirmemdeki en büyük etmenlerden biri olan eşime sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Balıklarda aroma maddeleri	5
2.2. Balıklarda aroma-aktif bileşikler	15
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Materyal.....	27
3.2. Metot	27
3.2.1. Balık örneklerinin hazırlanması.....	27
3.2.1.1. Fırında pişirme.....	28
3.2.1.2. Buharla pişirme	28
3.2.2. Balıklarda Aroma Maddelerinin Ekstraksiyonu	29
3.2.3. Aroma Maddelerinin Tanımlanması.....	29
3.2.4. Aroma-Aktif Bileşiklerin Analizi	31
3.2.5. Duyusal Analizler (Temsili Test)	32
3.2.5.1. Benzerlik testi	32
3.2.5.2. Aroma yoğunluk testi	32
3.2.6. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35

4.1. Taze ve Isıl İşlem Uygulanmış Barbun Balıklarının Aroma Maddeleri.....	35
4.2. Taze ve Isıl İşlem Uygulanmış Barbun Balıklarının Aroma-Aktif Maddeleri	42
4.2.1. Taze barbun balıklarının aroma-aktif bileşikleri	43
4.2.2. Pişirilmiş barbun balıklarının aroma-aktif bileşikleri.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	65



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (<i>Mullus barbatus</i>) balıklarının aroma maddeleri ve miktarları	36
Çizelge 4.2. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (<i>Mullus barbatus</i>) balıklarının grup bazında aroma maddeleri ve miktarları	37
Çizelge 4.3. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (<i>Mullus barbatus</i>) balıklarının aroma-aktif maddeleri	42



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan barbun (<i>Mullus barbatus</i>) balıkları	27
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan barbun balıklarının temizlenmesi.....	28
Şekil 3.3. Fırında ve buharda pişirme işlemi	28
Şekil 3.4. Benzerlik testinde kullanılan skala	33
Şekil 3.5. Aroma yoğunluk testinde kullanılan skala	33
Şekil 4.1. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki aroma maddelerinin bileşik gruplarına göre dağılımı	35
Şekil 4.2. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki alkol bileşiklerinin yüzde olarak toplam bileşiklerin miktarına oranı	38
Şekil 4.3. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki aldehit bileşiklerinin yüzde olarak toplam bileşiklerin miktarına oranı.....	39



SİMGELER VE KISALTMALAR

GC	: Gas chromatography (Gaz kromatografisi)
MS	: Mass spectrometry (Kütle spektrometresi)
GC-MS-O	: Gas Chromatography-mass spectrometry-olfactometry (Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometri)
FID	: Flame ionization detector (Alev iyonlaşma dedektörü)
FAO	: Birleşmiş Milletler Tarım - Gıda Örgütü
AESA	: Aroma ekstrakt seyreltme analizi
SAFE	: Çözgen Yardımıyla Aroma Evaporasyonu
FD	: Flavor Dilution (Aroma Seyreltme)
AS	: Aroma Seyreltme Faktörü
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
°C	: Santigrat derece
mL	: Mililitre
µL	: Mikrolitre
m	: Metre
mm	: Milimetre
dak.	: Dakika
m/e	: Kütle/yük
L	: Litre
nm	: Nanometre
µmol	: Mikromol
µg	: Mikrogram
He	: Helyum
cm	: Santimetre
LRI	: Linear alıkonma indeksi

std : Standart



1. GİRİŞ

Su ürünleri, yüksek kaliteli protein, vitamin ve mineral içeriği ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından zengin olmasından dolayı insan diyeti için kıymetli bir besindir. Besin değeri bakımından çiftlik hayvanları ile karşılaştırıldığında; protein ve mineral içeriği bakımından zengin, doymuş yağlar bakımından ise fakir oluşu, balık etinin sağlık açısından önemini de arttırmaktadır. Balıkta bulunan ω -3 serisi yağ asitlerinin vücutta, biyokimyasal ve fizyolojik aktivitelerde önemli görevler üstlendiği artık kesin olarak bilinmektedir. Yağ asitleri, insan vücudunda göz, beyin, testis ve plasentada toplanır. Gözlerin uygun şekilde çalışmasına ve beyinin fonksiyonlarını eksiksiz olarak yerine getirmesine yardımcı olurken, kandaki yağ konsantrasyonunun düzenlenmesinde de görev almaktadır (Karabulut ve Yandı, 2006).

Türkiye dünya ülkeleri arasında avlanan su ürünleri miktarı açısından 2012 yılı itibarıyla 432,4 bin ton ile 38.sıradadır. Ülkemizdeki su ürünlerinin avlanma miktarı 2003-2012 arasında %14,8 azalırken, çiftliklerdeki üretim miktarı %165,7 artmıştır. 2003 yılında toplam su ürünleri üretiminin %13,6'sını çiftlikler sağlarken, 2012 yılında bu oran %32,9'a yükselmiştir (FAO, 2014; TÜİK, 2014).

Su ürünleri sektörü açısından avlanan ve/veya yetiştirilen su ürünlerinin miktarının yanı sıra bu ürünlerin tüketici taleplerini karşılayabilecek kalite özelliklerine sahip olması da önemli bir husustur. Balıklarda ve diğer su ürünlerinde kaliteyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Balığın sahip oldukları duyuşal özellikler, tüketicinin beklentilerini karşılamamanın yanı sıra, sağlığı tehdit edebilecek bozulmaların ve kontaminasyonların anlaşılmasını da mümkün kılmaktadır (Olafsdottir, 2005). Geçmişten günümüze balığın tüketim için uygun olup olmadığının belirlenmesindeki en önemli kalite parametresi balığın kokusu (aroması) olmuştur.

Genel olarak, balıkların aroması birçok farklı uçucu bileşiklerin ortak etkisi sonucu oluşmaktadır. Balıklardaki bu uçucu bileşikler enzimatik reaksiyonlar, lipid

oksidasyonu ve/veya mikrobiyal aktiviteler sonucu oluşabilmektedir. Balıkların türleri, orijinleri ve tazelik durumları da aroma farklılıklarına neden olabilmektedir. Örneğin, balığın kültür ortamında veya doğal olarak denizde yetişmesi, içerdği uçucu bileşiklerin çeşit ve dağılımını etkilemektedir. Kültür balıklarında diyet tipi, diyet bileşimi, besleme sistemi, kültür ortamının durumu gibi faktörler balıktaki uçucu maddelerin bileşimini etkilemektedir (Kawai, 1996). Sadece yetiştirme koşulları değil, balığın işlenmesinde kullanılan işlem ve maddeler de aroma üzerinde etkili olmaktadır (Moreira ve ark, 2013).

Balık lezzetinde önem taşıyan bir olay da oksidasyondur. Balıklarda oksidasyon, otooksidasyon ve lipoksigenaz enzim aktivitesi yolları ile gerçekleşen oksidasyon olmak üzere iki önemli şekilde olur. Otooksidasyon reaksiyonları zincir reaksiyon mekanizmalarını içerir. Yağ serbest radikali başlangıç basamağı sırasında oluşur. İlerleme basamağında hidroperoksitler meydana gelir. Hidroperoksitler oksidasyonun ilk ürünleridir ve zayıf oksijen-oksijen bağı sebebiyle kararlı değildirler. Bundan dolayı hidrokarbonlar, aldehitler, alkoller gibi bir dizi ürüne hızlıca bozunurlar. Hidroperoksitlere birincil oksidasyon ürünleri denilirken, hidroperoksitin bozunması sonucu oluşan ürünlere ikincil oksidasyon ürünleri denilir. Birincil oksidasyon ürünleri tatsız ve kokusuz iken, ikincil oksidasyon ürünleri aroma aktif bileşikler içerir ve algılanma eşik değerlerine bağlı olarak gıdaların lezzetini etkilerler (Shahidi, 2000).

Lipoksigenaz enzim aktivitesi deniz ile tatlı su türlerinin, deri ile solungaçlarında görülür ve bu türlerde yeşilimsi, hoş a giden balık kokusunu oluşturan uçucu bileşiklerin oluşumunda temel rol oynar. Omega-3 yağ asitleri ile reaksiyonu sonucunda balıksı aroma elde edilir. Karakteristik aromadan sorumlu bileşikler genel olarak 2,4,7-dekatrienal izomerleridir. Ayrıca, taze deniz ürünü aromasında, enzimatik yolla oluşan bir dizi aldehit, keton ve alkol bileşikler aroma da belirleyici rol oynamaktadır. Bu bileşikler bitkilerde lipoksigenaz aktivitesi ile oluşan, C6, C8 ve C9 bileşikler ile benzer yapıdadırlar. Dolayısıyla, kavunumsu, ağır bitki benzeri kokular taze avlanmış balıklarda da

bulunabilmektedir (Shahidi, 2000). Doymamış yapıdaki C9 karbonil bileşikler (örneğin 2,6-nonadienal) güçlü bitki, salatalık ve mantar benzeri kokulara sahip olup, tatlı su ve örihalin balıklara karakteristik koku verirler (Olafsdottir, 2005). Tuzlu su balıklarında yaygın olarak bulunan C8 alkollerin koku algılanma eşik değerleri 1-10 ppb'dir ve tipik tatlı su ile örihalin balıklarındaki C9 karbonlu bileşiklerin algılanma eşik değerlerine oranla çok daha yüksektir. Örneğin 2,4-nonadienal'in (kuvvetli salatalık benzeri koku) algılanma eşik değeri 0,001 ppb'dir (Olafsdottir, 2005).

Balıkların işlenmesi sırasında uygulanan sıcaklıklar, haşlama, dondurma, tütsüleme, katkı kullanımı ve ambalajlama işlemleri de balık etindeki uçucu bileşiklerin çeşitleri ve miktarları üzerinde büyük etkiye sahiptir (Moreira ve ark, 2013). Balıklara uygulanan ısı işlemler, yağ asitlerinin degradasyonu, maillard reaksiyonları ve Strecker degradasyonu gibi enzimatik ve enzimatik olmayan yollarla aroma maddelerinin ortaya çıkmasına sebep olurlar (Moreira ve ark, 2013).

Piştirilmiş balıkta, pişirme prosedürüne ve balığın çeşidine bağlı olarak aromada farklılık oluşmaktadır. Pişme işlemi sonucunda oldukça zayıf olan ham balık kokusunun yerini, tüketicileri olumlu etkileyen, güçlü ve çekici bir kokular almaktadır (Moreira ve ark, 2013).

Miktarları nanogram ve miligram arasında değişen tüm bu aroma maddelerinin bazıları düşük algılanma eşik değerleri sayesinde, çok düşük konsantrasyonlarda bile duyuşsal olarak algılanmaktadır. Bu bileşikler aroma-aktif bileşikler olarak adlandırılmakta ve balıklara ve deniz ürünlerine karakteristik kokular kazandırmaktadır. Aroma maddelerinin miktarlarının belirlenmesinde gaz kromatografisi (GC) tanımlanmaların da ise GC-kütle spektrometresi (MS) kullanılmaktadır. Aroma aktif bileşikler ise GC-Olfaktometri (GC-O) tekniğı ile belirlenmektedir. Ülkemizde balık ve diğere deniz ürünleri üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, bu ürünlerin iz ve ağır metal içerikleri ve yağ asitleri kompozisyonu üzerinedir. Aroma-aktif bileşikler konusunda çalışmalar oldukça azdır.

Mullidae familyasının üyesi olan *Mullus barbatus* Linnaneus, 1758, ülkemizde “Barbun” ve “Barbunya” olarak bilinmektedir. Türkiye’de 2013’te avlanan deniz balıklarının toplam miktarı 295,2 bin ton iken, bunun 2,1 bin tonunu barbun balığı oluşturmaktadır. Akdeniz, 1253 ton ile ülkemizde barbunun en çok avlandığı denizdir ve dolayısı ile Akdeniz bölgesinde, su ürünleri sektörü açısından barbun balığı önemli bir yere sahiptir (FAO, 2014; TÜİK, 2014). Literatürde, barbun balığının aroma-aktif bileşikleri üzerinde yapılmış herhangi bir araştırma bulunmamaktadır. Bu bileşiklerin belirlenmesi, aromanın kalite indikatörü olarak kullanılabilmesi ve bu balıkların karakteristik kokularının saptanması için elzemdir.

Bu çalışmada, 2016 yılında Doğu Akdeniz’den temin edilen barbun balığının aroma ve aroma aktif maddeleri ve iki farklı pişirme (buharla ve fırında pişirme) yönteminin bu bileşikler üzerindeki etkileri GC-MS-O yardımı ile belirlenmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi kullanılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Barbun (*Mullus barbatus* Linnaneus, 1758), mullidae familyasının üyesi bir üyesidir. Bu familya üyeleri, sıcak ve ılık denizlerin sahil bölgelerinde yaşayan dip balıklarıdır. Barbun balıkları, kumlu ve çamurlu bölgelerde, 10-300 m derinlikte yaşamaktadırlar. Bulundukları bölgelerdeki sayıları, bölgenin kumlu ve çamurlu alanlarının genişliği ile doğru orantılıdır. Barbun balıklarının boyu genellikle 7-20 cm arasında değişmektedir ve maksimum 30 cm'ye ulaşmaktadır. Vücutları kısmen basıktır. Baş profilleri dikdir. Çenelerinin altında bir çift bıyık bulunmaktadır. Barbun balıklarının sırtlarında kırmızı veya kahverengi tonlar vardır. Coğrafi dağılım açısından bakıldığında Barbun balığı, Doğu Atlantik'te, Britanya adalarından Dakar'a kadar olan Avrupa ve Afrika kıyılarında, Akdeniz'de, zaman zaman da İskandinavya'da bulunmaktadır. Türkiye'de Ege, Akdeniz ve Marmara denizlerinde çokça bulunan barbun balığına Karadeniz'de de rastlamak mümkündür (Keskin 2007; FAO, 2015).

Yılın hemen hemen her mevsiminde trol ve fanyalı ağlarla avlanabilmekte olup, etleri beyaz, az yağlı ve lezzetlidir. Ekonomik değerleri yüksektir. Türkiye'de 2013'te avlanan deniz balıklarının toplam miktarı 295,2 bin ton iken, bunun 2,1 bin tonunu barbun balığı oluşturmaktadır. Akdeniz, 1253 ton ile ülkemizde barbun balığının en çok avlandığı denizdir (TÜİK, 2015).

2.1. Balıklarda aroma maddeleri

Balıkların aromaları üzerine yapılan ilk çalışmalar koku kusurları üzerine yoğunlaşmıştır. İlk bilimsel çalışma Léger tarafından 1910'da yapılmıştır. Araştırmacı gökkuşağı alabalığındaki çamursu kokunun oluşumu için, *Oscillatoria tenuis* içeren havuzda balıkları yetiştirmiştir. Çalışma sonucunda, sedimentlerin kalitesi ne olursa olsun *Oscillatoria tenuis* içermeyen havuzlarda yetiştirilen balıklarda kötü kokularla karşılaşmadığı saptanmıştır. Benzer sonuçlar, 1933

yılında Cornelius ve Bandt ile Hoffmann tarafından yapılan çalışmalar sonucunda da elde edilmiştir (Persson, 1995).

Günümüzde kromatografi biliminin ilerlemesi ve ekstraksiyon tekniklerinin gelişmesi ile aroma çalışmaları önemli yol kat etmiştir. Gaz kromatografisi (GC), kütle spektrometresi (MS) ve olfaktometri (O) yardımı ile balığın karakteristik kokusunu veren uçucu bileşikler ile bu bileşiklerin miktarları belirlenebilmekte ve kalite ile ilişkilendirilebilmektedir.

Kütle spektrometresinin tarihi 1912'de Thomson'ın O_2 , N_2 , CO , CO_2 ve $COCl_2$ 'nin kütle spektralarını elde etmesi ile başlamıştır. Bu bulgular, 1886 yılında Goldstein tarafından pozitif iyonların keşfedilmesine ve iyonların 1898 yılında Wien tarafından manyetik alanda saptırılmasına dayanmaktadır (Niessen, 2001). Gaz kromatografisi ise ilk olarak küçük karboksilik asitlerin karışımından ayrıştırılması ile James ve Martin tarafından 1952'de tanımlanmıştır. Başlangıçta dolgulu kolonlar gaz kromatografisinde kullanılmakta idi. Daha sonra kapiler kolonların 1958 yılında Golay tarafından geliştirilmesi ile GC'nin gücü büyük ölçüde arttırılmıştır (Niessen, 2001).

GC-MS teknolojisi yardımı ile geçmişten günümüze bir çok balık ve deniz ürününün uçucu bileşikleri üzerine çalışmalar yapılmış, farklı koşulların bu bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Josephson ve ark. (1983), taze beyaz göl balığının (*Coregonus clupeaformis*) aroma maddelerini üzerine yaptıkları çalışmada, toplam 20 bileşiğin miktarlarının koku algılanma eşik değerinin üzerinde olduğunu ve doğrudan balığın aromasına katkıda bulunduğunu saptamışlardır. Bu bileşikler arasında güçlü salatalık benzeri kokudan sorumlu en baskın bileşiklerin (*E*)-2-nonenal, (*E,Z*)-2,6-nonadienal ve 6-nonen-1-ol bileşikler olduğunu, güçlü otsu kokuya sebep olan temel bileşiklerin ise 1-okten-3-ol, 1-okten-3-on, 1,5-oktadien-3-ol, 1,5-oktadien-3-on ve 2,5-oktedien-1-ol olduğunu belirlemişlerdir.

Josephson ve ark. (1984), yaptıkları diğer bir çalışmada, tatlı ve tuzlu su balıklarında enzimatik yollarla oluşan uçucu bileşikleri incelemişlerdir. Bu amaçla,

iki farklı tatlı su kaynağından elde edilmiş 12 balık türü ve tuzlu su kaynağından elde edilmiş 4 balık türü olmak üzere toplam 16 balık türü, avlandıktan hemen sonra analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, hekzenal, 1-okten-3-ol, 1,5-oktadien-3-ol, ve 2,5-oktadien-1-ol bileşikleri hem tatlı ve hem de tuzlu su balıklarında saptanan aroma maddeleridir. Bu bileşiklere ek olarak, tatlı su kaynaklarından elde edilmiş balıklarda, 1-okten-3-on ve 1,5-oktadien-3-on bileşikleri belirlenmiştir. (E)-2-hekzenal, 2-oktenal, 2-okten-1-ol, 2,3-oktanedion, (E)-2-nonenal, (E,E)-2,6-nonadienal ve 3,6-nonadien-1-ol ise 12 tatlı su balığı türünden yalnızca 6 tanesinde saptanmıştır.

Josephson ve ark. (1991) Pasifik okyanusundan ve büyük göllerden avlanan somon (*Oncorhynchus* sp.) balıklarında, olgunluk durumunun uçucu aroma bileşenleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Her iki ortamdan avlanan genç ve üreme olgunluğuna erişmiş somon balıklarının uçucu bileşiklerinin analizleri sonucunda, balıklarda belirgin ve karakteristik otsu kokudan sorumlu bileşikler olarak 1-okten-3-ol, 1,5-oktadien-3-on, 1-okten-3-on, 1,5-oktadien-3-ol, 2-okten-1-ol ve 2,5-oktadien-1-ol'ü belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, olgun somon balıklarında, uçucu aroma bileşiklerinden 8 karbon atomu barındıran ve balığa salatalık, şekerimsi veya kavun benzeri kokular kazandıran (E)-2-nonenal, (E)-2-(Z)-6-nonadienal, 6-nonen-1-ol ve 3,6-nonadien-1-ol bileşikleri saptanmıştır.

Kawai (1996) derleme makalesinde, balıkların türleri ile ilişkili olan lezzeti ve kokuyu 3 ana grupta değerlendirmiştir. Buna göre, tuzlu su balıkları hafif tuzlu, deniz havası ve iyot benzeri bir kokuya sahiptir ve neredeyse kokusuz olarak nitelendirilirler. Tatlı su balıkları ise genellikle topraksı kokuya sahiptirler. Son olarak, geniş tuzluluk aralığını tolere edebilen örihalin balıklar, çoklu doymamış yağ asitlerinin enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyonu sonucu oluşan doymamış karboniller ile alkollerini içerirler ve bitkimsi, salatalık, mantar benzeri kokuya sahiptirler. Tuzlu su, tatlı su ve örihalin balıklarındaki bu koku farklılığı, çeşitli enzim aktiviteleri sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Tatlı su ve örihalin

türlerinde enzimatik aktivite, tuzlu su balıklarına oranla daha fazladır (Kawai, 1996).

Medina ve ark. (1999) balıktaki ısıtma işlemi sırasında oksidasyon sonucu oluşan uçucu bileşikler saptanmıştır. Çalışmada farklı sıcaklık ve süre normlarında oluşan uçucu bileşikler saptanmıştır. Isıtma işlemi normları, balıkçılık endüstrisinde kullanılan normlara göre seçilmiştir. Balıkçılık endüstrisinde, 40 ve 60 °C tütütlemede, 100 °C ise konserve işlemlerinde sıklıkla kullanılan sıcaklıklardır. Çalışmada, ikincil oksidasyon ürünleri olan ve istenmeyen kokuya sebep olan aldehitlerin ısıtma işlemi sonucu ortaya çıktığı saptanmıştır. Sonuçlar göz önüne alındığında, ısıtma işlemi sırasında balığın oksidasyon stabilitesinin hesaplanmasında en kullanışlı uçucu bileşiğin 2-etil furan olduğu saptanmıştır. Ayrıca oksidasyonun erken aşamalarının saptanmasında propanol'ün hesaplanmasının da faydalı olacağı belirtilmiştir.

Whitfield (1999) yüksek seviyede dimetilsülfid sonucu konserve somonda, uskumruda ve Baltık ringa balığında petrol/böğürtlen benzeri kötü kokuların oluşabildiğini belirtmiştir. Bu istenmeyen kokunun kaynağı, balıkların beslendiği planktonlardaki yüksek seviyedeki dimetil-β-propiotetin ile ilişkilendirilmektedir. Balık etinde bu bileşiğin µg/g gibi konsantrasyonlarda bulunabildiği ve pişirme işlemi sırasında dimetil sülfite dönüşebildiği öne sürülmüştür.

Quirós ve ark. (2001) taze ve konserve deniz kestanelerinin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck) uçucu bileşiklerini belirlemişlerdir. Deniz kestanelerinde toplam 39 uçucu bileşik saptanmıştır. Araştırmacılar, sterilizasyon işleminin örneklerdeki uçucu bileşik içeriği üzerinde iki önemli değişikliğe sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bu değişikliklerden ilki furanların, azot içeren bileşiklerin ve dallanmış aldehitlerin ortaya çıkışı, ikincisi ise aldehit ve sülfür içeren bileşiklerin miktarındaki artış olarak özetlenmiştir.

Le Guillen ve Errecalde (2002) çiğ ve tütülenmiş siyah mercan balığı (*Brama raii*) ve gökkuşağı alabalığınının (*Oncorhynchus mykiss*) uçucu bileşenlerini katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) tekniği ile ekstrakte ederek,

GC/MS yardımı ile belirlemişlerdir. Çiğ siyah mercan balığı, çiğ gökkuşağı alabalığına oranla daha fazla alkol, ester, hidrokarbon ve fenol türevlerini içermediği çalışma sonunda saptanmıştır. Her iki balıkta da benzer miktarlarda doymuş aldehytler bulunmuştur. Tütsülenmiş her iki balık türünde de fenol, guaiakol ve siringol türevlerinin, ketonların, asetik asitin ve bazı polisilik aromatik hidrokarbonların tütsü kokusundan sorumlu olan temel bileşikler olduğu bildirilmiştir.

Michihata ve ark. (2002) Japonya'ya özgü bir balık sosu olan Ishiru'nun uçucu bileşiklerini GC/MS yardımı ile belirlemişlerdir. Toplam adet 51 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşikler arasında, 2-metilpropanal, 2-metilbütanal, 3-metilbütanal, dimetil disülfid, 2-bütanon, 3-metil-2-bütanon bileşiklerinin baskın uçucu bileşikler olduğunu bildirilmiştir.

Turchini ve ark. (2004), kahverengi alabalıkların günlük diyetlerindeki yağ kaynaklarının, balığın filetosundaki uçucu bileşikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında alternatif yağ kaynakları olarak, balık yağı (kontrol), kanola yağı, olein yağı, kümes hayvanlarından elde edilmiş hayvansal yağ ve domuz yağı kullanılmıştır. 70 günün sonunda, yalnızca balık yağı ile beslenmiş balıklarda toplam uçucu bileşiklerin en yüksek miktarda olduğunu saptandığı, onu kanola yağı ile beslenmiş balıkların takip ettiği belirtilmiştir. Aldehytlerin ve alkollerin miktarlarının ise balıkların diyetlerindeki yağ kaynaklarındaki çoklu doymamış yağ asitleri miktarı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Alasalvar ve ark. (2005), Yunanistan'da avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen çipura (*Sparus aurata*) balıklarının aroma maddelerini, dinamik tepe boşluğu yöntemiyle araştırmışlardır. Bu çalışmada, yetiştiricilik yoluyla elde edilen çipuralarda toplam 60 adet, avcılık yoluyla elde edilenlerde ise toplam 78 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Araştırmacılar, balık örneklerinde trimetilamin, piperidin, methantiol, dimetil disülfid, dimetil trisülfid, 1-penten-3-ol, 3-metil-1-

bütanol ve asetik asit bileşiklerinin miktarlarının depolanması süresince arttığı ve bu bileşiklerin kalite indikatörü olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Duflos ve ark. (2006) HS-MS ve SPME/GC/MS teknikleriyle morina (*Gadus morhua*) bakalyaro (*Merlangius merlangus*) ve uskumru balığındaki (*Scomber scombrus*) uçucu bileşikleri ve bu bileşiklerdeki zamana bağlı değişimlerini incelemişlerdir. Örnekler 4 °C’de depolanmış, 0. ve 10.günde uçucu bileşiklerin analizleri gerçekleştirilmiştir. HS/MS tekniğiyle tanımlanan 24 adet bileşiğin depolama sonucu olduğu bildirilmiştir. SPME-GC/MS tekniğiyle toplam 86 adet bileşik belirlenmiş, bunlardan 20’sinin tazelikle ilişkilendirilebileceği ortaya konulmuştur.

Le Guillen ve ark. (2006) tütsülenmiş kılıç balığı (*Xiphias gladius*) ve morina balığının (*Gadus morhua*) etindeki uçucu bileşikleri SPME-GC/MS yardımı ile belirlemişlerdir. Her iki türe ait tütsülenmiş balıkların tepe boşluklarında keton, aldehit, alkol, asit, ester, hidrokarbon, eter, azot türevleri, fenol, guaiacol türevleri ve bazı klorinat kontaminantları belirlenmiştir.

Edirisinghe ve ark. (2007) sarı-yüzgeçli orkinos (*Thunnus albacares*) balığının aroma maddelerini SPME tekniği ile ekstrakte edip, GC-MS ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar, taze balık örneklerinde hekzanal (%30.9) ve 2-nonanon’un (%28.4) miktar olarak en fazla olduğunu bildirmişlerdir. Depolama süresine bağlı olarak, balık örneklerindeki 3-metil-1-bütanol ve 3-hidroksi-2-bütanon miktarlarında artış meydana geldiği saptanmıştır.

Methven ve ark. (2007), sülfür içeren aminoasitlerin miktarının pişmiş somon (*Salmo salar*) balıklarının uçucu ve uçucu olmayan bileşikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. İki farklı somon balığının uçucu bileşikleri çalışma sırasında incelenmiş, toplam 123 adet uçucu bileşik belirlenmiştir. Bu bileşikler genel olarak yağ parçalanması sonucu oluşan uçucu bileşikler, Maillard sonucu oluşan uçucu bileşikler, sülfür içeren bileşikler, Strecker aldehitleri, azotlu heterosiklik bileşikler, terpenler ve trimetilamin’dir. Sistein ve metiyonin eklenerek pişirilmiş balıkların uçucu bileşikleri incelendiğinde, sistein eklenmiş balıklarda

tiofenlerin, tiyazollerin, alisiklik sülfidlerin ve azotlu hererosikliklerin miktarının arttığı, metiyonin ilavesi ile ise dimetil sülfür pirazin bazı doymamış aldehit ve alkollerle 2-furan metantiyol miktarının arttığı saptanmıştır.

Nordvi ve ark. (2007) somon (*Salmo salar*) ve kömür balığı (*Pollachius virens*) kullanarak kurutulmuş ve fermente edilmiş bir balık ürünü üretmişlerdir. Ürün vakum ambalaj ile ambalajlanmış ve +4°C'de depolanmıştır. Daha sonra depolama sürecinde ürünün sahip olduğu uçucu bileşiklerde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Çalışma sonucunda alkol, alkan, ester, aldehit, keton gurubuna ait olan bileşikler ağırlıkta olmak üzere 117 adet uçucu bileşik belirlenmiştir. 15 hafta depolanan örneklerde 30 adet bileşiğin miktarı belirgin şekilde azalırken, 17 adet bileşiğin miktarı ise artmıştır. Örneklerdeki yüksek PUFA içeriğine rağmen amino asit katabolizmasının, yağ oksidasyonuna kıyasla daha baskın değişikliklere sebep olduğu belirtilmiştir.

Caprino ve ark. (2008) kültür ortamından elde edilen beyaz mersin balığının (*Acipenser transmontanus*) havvarlarının uçucu bileşiklerini, buharlı-distilasyon-ekstraksiyon yöntemi yardımı ile belirlemişlerdir. Havvarlarda 33 adet uçucu bileşik belirlenmiştir. Uçucu bileşikler arasında en baskın grubu, toplam aroma maddelerinin %60'ını oluşturan aldehitlerin oluşturduğu saptanmıştır.

Jonsdottir ve ark. (2008) tütsülenmiş somon balığındaki (*Salmo salar*) uçucu bileşikleri GC-MS ile tanımlamışlardır. Örneklerde tütsülenmeden kaynaklanan furan bileşiklerinin, depolama sonucunda oluşan 2-bütanon, 3-metil-1-bütanol, etanol ve asetik asitin oksidasyonu ile oluşan 1-penten-3-ol, hekzanal, nonanal ve dekanal'in önemli aroma maddeleri olduğu bildirilmiştir.

Soncin ve ark. (2009) SPME-GC/MS yönteminin, balıklarda ve diğer deniz ürünlerinde tazelik kaybının belirlenebilmesindeki etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada, bozulma indikatörü olarak kullanılabilecek bileşiklerin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaçla çiftlik çupra (Sparus aurata) ve ön pişirme işlemi uygulanmış karidesler (Penaeus vannamei) 6 gün buzda depolanmıştır. Bozulmanın seviyesinin saptanmasında toplam uçucu bazik azot indeksi

kullanılmıştır. Buna paralel olarak uçucu bileşiklerdeki değişim belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 3-metil-1-bütanol, 2-metilbütanal, 3-metilbütanal ve 3-hidroksi-2-bütanon bileşiklerinin depolama sırasında arttığı saptanmıştır. Araştırmacılar, bu bileşiklerin bozulma indikatörü olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Silva ve ark. (2012) dil balıklarının (*Solea senegalensis*) yemlerindeki bitki proteini kaynağının, uçucu bileşiklerin kompozisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında bir kontrol yeminin yanı sıra 5 farklı bitki proteini ile zenginleştirilmiş yemler kullanılmıştır. Kullanılan bitki proteini kaynakları sırasıyla soya, bezelye, patates, buğday ve mısırdır. Tüm örneklerde 1-penten-3-ol, hekzanal, 1-okten-3-ol ve (E)-2-nonen-1-ol bileşiklerinin yüksek konsantrasyonda bulunduğu saptanmıştır. Çalışma sonunda örnekler arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı ve balık yemlerindeki protein kaynağının balık etinin uçucu bileşimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Giogios ve ark. (2013) popüler Akdeniz balıklarının uçucu bileşimini inceledikleri çalışmalarında, barbun balığının uçucu bileşiklerinin miktarlarını iç standart yöntemiyle hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda, barbun balığının uçucu aroma maddelerini, alkoller, aldehitler, ketonlar, furanlar, pirazinler, piridinler, hidrokarbonlar, sülfür bileşikleri, eterler, esterlerin oluşturduğu belirtilmiştir.

Giogios ve ark. (2013) farklı büyüklüklerdeki kaya levreklerinin (*Argyrosomus regius*) organoleptik ve kimyasal kalitesini incelemiştir. Çalışmada kaya levrekleri ortalama ağırlıkları 830 ve 1600 g olarak iki gruba ayrılmıştır. Daha sonrasında örneklerin serbest yağ asidi ve uçucu bileşiklerinin kompozisyonları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda büyük balıklarda, 18:2 ve toplam n:6 içeriğinin daha yüksek olduğunu saptanmıştır. Örneklerin uçucu bileşikleri incelendiğinde ise toplam aldehit, furan ve pirazin bileşiklerinin miktarının küçük balıklarda daha yüksek miktarda bulunduğu belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2013) ısıtma işlemi sırasında uygulanan farklı sıcaklıkların, kocagözlü orkinos balıklarının (*Thunnus obesus*) uçucu bileşenleri üzerine

etkilerini, elektronik burun ve SPME GC/MS yardımı ile belirlemişlerdir. Çalışmada ısıtıl işlem uygulanmamış, 100 ve 150 °C’de ısıtıl işlem uygulanmış balık örneklerinin uçucu bileşikler analizi edilmiştir. Üç grupta 60 hidrokarbon, 24 aldehit, 8 keton, 7 alkol, 6 heterosiklik bileşik olmak üzere toplam 113 farklı uçucu bileşik saptanmıştır. Isıtıl işlem uygulanmamış örneklerde aldehitler ve ketonlar sırasıyla tüm uçucu bileşenlerin %62,63 ile %8,2’sini oluşturmaktadır olduğu, 100 °C’de 1 saat ısıtıl işlem sonrasında aldehitlerin %64,09 ile hala en baskın bileşik grubu iken, onları heterosiklik bileşiklerin (%14,98) takip ettiği belirlenmiştir. 150 °C sıcaklığa maruz bırakılmış balık örneklerinde ise uçucu bileşik kompozisyonunda, özellikle de karbonil bileşiklerde kayda değer değişiklikler olduğu bildirilmiştir. Bu örneklerde, aldehitlerin miktarında keskin bir düşüş görülmüş, bu bileşiklerin yerini hidrokarbonlar almış ve örneğin kokusu güçlü amin kokusuna dönüşmüştür. Araştırmacılar, elektronik burun verileriyle, SPME-GC/MS sonuçları arasında ise yüksek bir korelasyon saptanmışlardır.

Pérez-Palacios ve ark. (2013), derin kızartma (ayçiçeği yağında ve zeytinyağında, 180 °C’de 4 dakika), elektrikli fırında (200 °C’de 17 dakika) pişirme işlemi ve derin kızartma (ayçiçeği yağında, 180 °C’de 4 dakika) sonrası mikrodalga fırın (750 W 40 saniye) olmak üzere üç farklı ön pişirme yöntemi ile pane balık üretmişlerdir. Üretilen bu pane balıklar dondurulmuş, daha sonrasında ise farklı sıcaklık (160, 180 ve 200 °C) ve süre (2, 4, 6 dakika) kombinasyonlarında derin kızartma yöntemiyle (ayçiçeği yağında) kızartılmıştır. Kızartma işlemi sonrasında furanik bileşiklerinin (furan, 2-furfural, furfural alkol, 2-pentilfuran, hidroksi metil furfural) ve uçucu bileşiklerin miktarları (bileşen grubu bazında) incelenmiştir. Furanik bileşiklerin, zeytinyağı kullanılarak uygulanan derin kızartma işlemi sonucunda en yüksek miktarlara ($30.36 \mu\text{g g}^{-1}$ örnek) ulaştığı, bunu ayçiçek yağı kullanılarak uygulanan derin kızartma işleminin ($19.46 \mu\text{g g}^{-1}$ örnek) izlediği saptanmıştır. Buna karşın, diğer iki ön pişirme ile üretilen pane balıklarda bu bileşiklerin toplam miktarlarının oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Furanik bileşiklerin farklı süre ve sıcaklıktaki oluşumlarına bakıldığında ise sıcaklık ve süre

artışına bağlı olarak miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak araştırmacılar, örneklerde, aldehit, alifatik hidrokarbon, alkol, keton, aromatik hidrokarbon, furan, pirazin ve ester gruplarına üye toplam 60 uçucu bileşik belirlemişlerdir. Ön pişirme yöntemleri kıyaslandığında ise, toplam uçucu miktarının sırasıyla ayçiçek yağı ile kızartılmış, zeytinyağı ile kızartılmış, elektrikli fırında pişirilmiş ve kızartma ile mikrodalga pişirmenin sırasıyla uygulandığı örneklerde artmış olduğu görülmüştür. Ayrıca dondurulmuş panellerin farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılması sonrasında, 4 dakika kızartma süresi uygulanmış ürünlerde toplam uçucu bileşik miktarının tüm sıcaklıklarda en yüksek olduğu belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2014) ısıtma işleminin, Japon deniz tarağının (*Haliotis discus hannai*) sahip olduğu uçucu bileşiklerin ve yağ asitlerinin üzerine etkisini araştırmışlardır. Örnekler 6 gruba ayrılmış, 5 grup sırası ile 60, 70, 80, 90 ve 100 °C’de 2 saat ısıtma işlemine maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda, yağ asidi miktarlarında 80 °C’den sonra keskin bir şekilde düşme olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda aldehitler, ketonlar, alkoller aldehitler gibi yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan bileşiklerin kompozisyonlarında da değişiklikler meydana gelmiştir. Örneklerde toplam 52 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. 80 °C’ye ısıtılmış örneklerde uçucu bileşiklerin miktarının en yüksek olduğu, özellikle yağ asitlerinin otooksidasyon ile oluşan bileşiklerden hekzenal, heptanal, oktanal, nonanal, ve undekanal’ın ısıtma işlemi sırasında 4 kata kadar arttığı belirlenmiştir.

Balıkların yetiştirme ortamının, balıklardaki uçucu bileşiklerin kompozisyonu üzerine etkili olduğu bilinmektedir. Vidal ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları üzerinde yetiştirme ortamının etkisini incelemişlerdir. Deniz ve çiftlik balıklarının uçucu bileşenlerini SPME-GC/MS ile inceleyen grup, birçok uçucu bileşiği saptamışlardır. Fakat bu bileşiklerin çoğunun düşük konsantrasyonlara sahip olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, çiftlikte yetiştirilmiş balıkların, deniz balıklarına nazaran daha zengin uçucu bileşik içeriğine sahip olduğu saptanmıştır.

Bu uçucu bileşiklerin çoğunun, mikrobiyal aktivite ve enzimatik oksidasyon sonucu oluştuğu belirtilmiştir.

2.2. Balıklarda aroma-aktif bileşikler

Uçucu bileşiklerin koku aktivitesini belirlemek için modifiye edilmiş bir gaz kromatografinin tarifi, ilk kez 1964'te Fuller ve ark. tarafından yayımlanmıştır. GC sistemi, bir termal iletkenlik algılama (TCD) sistemi ile donatılmıştır ve çıkış bir koklama bağlantı noktasına (olfaktometri bağlantı noktası veya aktarma hattı olarak da adlandırılır) bağlanmıştır. Dravnieks ve O'Donnell, 1971'de koklama rahatsızlığını en aza indiren bir GC-O tasarımı yayınladılar. Bu tasarımda, koklama portuna nemli hava akışı eklenerek burun mukozasının kuruması önlenmiştir (Zellner ve ark., 2008).

GC-O verilerini toplamak, işlemek ve aroma-aktif bileşiklerin ürünün kokusuna duyuşal katkısını belirlemek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler üç kategoride sınıflandırılabilir.

İlk yöntem olan seyreltme analizi yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup iki araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. Bu gruplardan birisi, yöntemi Charm Analizi olarak isimlendirerek Acree ve ark. (1984) tarafından yayınlamışlardır. Diğer grup ise yöntemlerine Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AEDA) ismini vermiş ve yöntem Grosch ve ark. (1987) tarafından geliştirilmiştir. Seyreltme analizlerinde ekstrakt seyreltilir ve her seyreltme, artık herhangi bir koku algılanmayana kadar koklanır. AEDA tekniğı, aroma algılama konsantrasyonunun belirlenme yöntemleri içerisinde, olfaktometrik analizlerde en sık kullanılan yöntemdir. Uygulanması basit olan bu yöntemin en büyük avantajı, olfaktometrik analizlere bu yöntemde katılan panelist sayısının diğer yöntemlere göre düşük olmasıdır (Ferreira ve ark., 2002). İkinci yöntem, aroma maddesinin belirlenme sıklığının saptanmasıdır ve ilk olarak Linssen ve ark. tarafından 1993 yılında önerilmiştir (Linssen ve ark, 1993). Daha sonra bu yöntem Pollien ve ark. tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir. Üçüncü yöntem ise McDaniel ve ark.

(1992)'nın geliştirdiği zaman yoğunluk metodudur (Ruth, 2001; Ruth ve O'Connor, 2001; Zellner ve ark., 2008).

Milo ve Grosh (1993) pişmiş alabalıklarının (*Salmo faria*) aroma-aktif bileşiklerinin saptanmasında AEDA tekniğini uygulamışlardır. Örneklerde toplam 24 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve 19 adedi tanımlanabilmiştir. Bu bileşikler içerisinde 1-okten-3-on (mantar kokusu), (Z)-1,5-oktadien-3-on (jeranium kokusu), (E,Z)-2,6-nonadienal (salatalık kokusu) ve (E)-2-nonenal'ın (yeşil-çamur kokusu) en güçlü aroma-aktif bileşikler olduğu vurgulanmıştır. Öte yandan araştırmacılar, (Z)-3-hekzanal'ın pişmiş alabalığa kötü kokular kazandıran bir aroma maddesi olduğunu bildirmişlerdir.

Chung ve Cadwallader (1994) mavi yengeçlerin (*Callinectes sapidus*) aroma aktif bileşiklerini iki farklı ekstraksiyon yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. Örneklerde toplam 14 adet aroma aktif bileşik saptamışlardır. Araştırmacılar, 2,3-bütandion, (Z)-4-heptenal, 2-asetil-1-pirrolidon ve 3-(metiltiyo)-propanal'ın mavi yengeçlerin karakteristik aromalarının oluşumundan sorumlu temel uçucu bileşikler olduğu belirtilmiştir.

Prost ve ark. (1998) pişmiş kalkan balığının aroma-aktif bileşiklerini GC - O yardımı ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kalkan balığında toplam 34 adet aroma-aktif bileşik saptamışlardır. Bu bileşikler arasında trimetilamin (balık kokusu), 2,3-bütanedion (tereyağ), (Z)-4-heptenal (patates), 4-metil-2-pentanol (mantar), (E,Z)-2,6-nonadienal (salatalık), ve (E,E)-2,4-dekadienal'ın (salatalık) önemli aroma-aktif bileşikler olduğunu vurgulamışlardır.

Le Guen ve ark. (2000) pişmiş mavi midyelerin (*Mytilus edulis*) aroma-aktif bileşiklerini üç farklı olfaktometrik yöntem kullanarak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 3 teknikle elde edilen sonuçların birbiri ile tutarlı olduğu görülmüştür. Toplamda, 42 adet aroma-aktif bileşik saptanmış, bu bileşiklerden ise 28'i tanımlanabilmiştir. Bu aroma maddeleri arasında, 6 aroma aktif bileşiğin, mavi midyelerin kokusuna katkıda bulunan temel bileşikler olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerin; 2,3-bütendion (yağımsı, karamel benzeri koku), (Z)-4-

heptenal (haşlanmış patates kokusu), metional (haşlanmış patates kokusu), (*E*)-2-penten-1-ol (mantarimsı koku), 2-etilpirazin (fındığımsı koku) ve (*E,E*)-2,4-oktadienal (salatalık benzeri koku) olduğu belirtilmiştir.

Le Guen ve ark. (2000) kabuklu deniz hayvanı yataklarında (*bouchot*) ve denizde yetişmiş mavi midyelerin (*Mytilus edulis*) pişmiş etinin aroma aktif bileşiklerini GC/MS-O yardımı ile belirlemişlerdir. Örneklerde 85 uçucu bileşik saptanırken, bunlardan 33 tanesinin aroma aktif özelliğe sahip olduğu saptanmıştır. Dimetil disülfidin (sülfür kokusu) özellikle denizde yetişmiş midyelerde daha baskın olduğu belirtilmiştir.

Lee ve ark. (2001) Amerikan istakozlarının (*Homarus americanus*) aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada, doğrudan çözgen ekstraksiyonu, vakumlu buhar damıtma-çözgen ekstraksiyonu, statik tepe boşluğu ve dinamik tepe boşluğu ekstraksiyonu olmak üzere dört farklı ekstraksiyon yöntemi kullanmışlardır. AEDA yöntemi ile örneklerde toplam 47 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Bu bileşikler arasında 3-metil bütanal, 2,3-bütandion, 3-(metiltiyo)-propanal, 1-okten-3-on, 2-asetil-1-pirrolidon ve (*E,Z*)-2,6-nonadienal'ın istakozların karakteristik aromasından sorumlu bileşikler olduğunu bildirmiştir.

Serot ve ark. (2001) kalkan balığının (*Psetta maxima*) günlük beslenmesindeki lipid kaynaklarının, balık etinin aroma-aktif bileşenlerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada balık yağı, soya yağı, keten tohumu yağı içeren 3 farklı yem grubu kullanılmıştır. Diyetten bağımsız olarak (*E*)-2-pentenol (yeşil, çimen kokusu), (*E*)-2-pentenol (mantar kokusu) ve (*E*)-2-hekzanol (yosunumsu, yeşil koku) kalkan balığının aromasına kuvvetli katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak, balık etindeki yağ asidi bileşiminin diyetindeki yağ kaynağına bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Balık yağı ve soya yağı içeren yemlerle beslenen balıklarda (*E,Z*)-2-4-heptadienal'in yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Bitkisel yağ içeren yemlerle beslenen balıklarda, hekzanal ve dekanal'in belirlenme sıklığının arttığı vurgulanmıştır. Çalışmada, tekli ve çiftli doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan ortaya çıkan birçok aroma bileşiği saptanmıştır ve

bunların balığın günlük diyetinde kullandığı yağ kaynağından etkilenmediği belirtilmiştir.

Prost ve ark. (2004) depolama süresinin sardalya balıklarının aroma kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar tarafından sardalya örneklerinde 47 uçucu bileşik belirlenmesine karşın, bunlardan sadece 34'ünün aroma aktif olduğunun altı çizilmiştir. Taze örneklerde (*E,E*)-2,4-oktadienal, (*E*)-2-penten-1-ol ve 2,3-bütanedion baskın aroma-aktif bileşikler olarak belirlenmiştir. Depolama süresince okside kokudan sorumlu aroma-aktif bileşiklerin arttığı, buna karşın deniz kokusundan sorumlu sülfür içeren bileşiklerinin miktarının azaldığı bildirilmiştir.

Hallier ve ark. (2005), yetiştirilme koşullarının, pişmiş avrupa kedi balığının (*Silurus glanis*) uçucu bileşikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada aroma maddeleri dinamik tepe boşluğu yöntemiyle izole edilmiştir. Örneklerde 60 adet uçucu bileşen belirlenmiş ve olfaktometre yardımıyla bunlardan 33 adedinin aroma-aktif bileşik olduğu saptanmıştır. Yetiştirme koşullarının uçucu bileşenlerin konsantrasyonunda ve koku özelliklerinde etkili olduğu belirtilmiştir. 2-metilizoborneol ve (*E*)-2 hekzanal bileşiklerinin dış ortamda yetiştirilmiş balıklarda daha düşük miktarda bulunduğu, iç ortamda yetiştirilmiş balıklarda ise 2-butanon'un daha düşük miktarda olduğu belirtilmiştir.

Selli ve ark. (2006) gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) aroma-aktif bileşiklerini GC-O tekniğini kullanarak belirlemişlerdir. Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda vakumlu buhar damıtma tekniği kullanılmıştır. Araştırmacılar toplam 38 adet aroma-aktif bileşik saptamışlardır. Aroma aktif bileşiklerin belirlenmesinde aroma yoğunluğu ve belirlenme sıklığı teknikleri kullanılmıştır. Aroma aktif bileşikler arasında (*E*)-2-nonenal, 2-etil-1-hekzanol, 2-metilisoborneol, geosmin, 2-metil naftalen ve 8-heptadesen'in gökkuşağı alabalıklarında kötü kokulara sebep olduğu belirtilmiştir.

Varlet ve ark. (2006) çiğ ve tütsülenmiş somon balığının aroma aktif uçucu bileşiklerini GC-O yöntemi ve GC-MS ile saptamışlardır. Dietil eter ile eş zamanlı

buhar ekstraksiyonu (SDE) yöntemiyle aroma maddeleri izole edildikten sonra, aromatik ekstrakt etanole alınıp tanımlamaları ve miktarları belirlenmiştir. Tütsülenmiş somonun aroma maddelerinin başlıca odun dumanından kaynaklandığı, yanı sıra çiğ balıktan ve dumanlama koşulları sırasında oluştuğu tespit edilmiştir. 49 adet aroma bileşiği çiğ somonda saptanırken, 74 adet aroma maddesi tütsülenmiş somonda belirlenmiştir. Tipik balık kokusundan sorumlu olan karbonil bileşiklerden (*E,Z*)-2,6-nonadienal'in tütsülenmemiş balıkta yüksek yoğunlukta olduğu belirtilmiştir. Tütsülü somon balığında ise tütsü kokusundan sorumlu bileşiklerin kresol, gayakol ve furanik olduğu saptanmıştır.

Chung ve ark. (2007), tuzlanarak kurutulan beyaz ringa (*Ilisha elongata*) balıklarının aroma-aktif bileşiklerini araştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak statik tepe boşluğu analizinin olfaktometre ile kombinasyonu kullanılmıştır. Balık örneklerinde toplam 27 adet aroma aktif bileşik belirlenmiş, bunların arasında 3-metil bütanal (badem kokusu), metantiol (sebze), dimetil-3-sülfid (samırsak, soğan) hidrojen sülfid (bozulmuş yumurta), trimetil amin (balık, balık yağı), bis(metiltio) metan (samırsak, soğan) ve (*Z*)-4-heptenal'in (yağ benzeri) baskın olduğu bildirilmiştir.

Ganeko ve ark. (2008) sardalya balıklarında GC/MS-O yardımıyla aroma ve aroma-aktif bileşikleri belirlemişlerdir. Taze sardalya balıklarında aroma maddeleri ekstraksiyonu SPME tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerde toplam 33 adet (8 hidrokarbon, 5 keton, 1 furan, 1 kükürt bileşiği, 12 aldehit ve 6 alkol bileşiği) aroma bileşiği saptanmıştır. Bu bileşikler içerisinde 2,3-pentadion, hekzanal ve 1-penten-3-ol sardalya balıklarının temel aroma maddeleri olarak belirlenmiştir. GC-O tekniği ile balıklara 1-penten-3-ol'ül boya kokusu, 2,3-pentadion'un karamel kokusu, hekzanal'in yeşilimsi bitki kokusu, (*Z*)-4-heptanal'in deniz kokusu, oktanal'in turuncgil kokusu, 1-okten-3-ol'ün ise mantar kokusu kazandırdığı belirtmişlerdir.

Selli ve ark. (2008) alabalıklardaki (*Oncorhynchus mykiss*) aroma-aktif ve kötü kokulu bileşikleri mikro dalga damıtma-çözgen ekstraksiyon tekniğiyle

ekstrakte edip, GC-MS-O tekniğiyle belirlemişlerdir. Çalışmada apolar (DB-5) ve polar (DB-Wax) özellikte iki farklı kapilar kolon kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, nonanal, (E,E)-2,4-oktadienal, 2-metilizoborneol ve geosmin'in, çalışmada tanımlanan uçucu bileşikler arasındaki en önemli aroma-aktif bileşikler olduğu saptanmıştır.

Frank ve ark. (2009) Asya deniz levreğindeki (barramundi) (*Lates calcarifer*) aroma ve aroma-aktif bileşikleri GC/MS-O yardımıyla belirlemişlerdir. Izgara ile pişirilmiş balığın aroma bileşikleri dinamik tepe boşluğu yöntemi ile izole edilmiştir. Ek olarak, kültür balığı ile deniz balığı arasındaki aroma maddeleri de çalışma kapsamında karşılaştırılmıştır. Örneklerde 30'dan fazla aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve kültür ile deniz balıkları arasındaki aroma-aktif bileşiklerin çoğunlukla benzer olduğu saptanmıştır. Ayrıca örneklerde, 2-metil izoborneol ve geosmin "çamurlu", "toprak" ve "küf" gibi istenmeyen kokulara sebep olmuştur.

Giri ve ark. (2010) balık eti püresinden fermantasyon yolu ile elde edilen bir ürün olan Miso'da fermantasyon süresinin aroma aktif bileşikler üzerine etkisini incelemişler. Japon istavritleri (*Trachurus japonicus*) kullanılarak üretilen misolarda olgunlaştırma işleminin 0., 30., 60., 90, 135., 180., 270., ve 365.günlerindeki uçucu bileşiklerinin analizi yapılmıştır. Bu bileşikler arasında aroma aktif olan bileşikler koku aktiflik derecesi hesaplanarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, 2-metilpropanal, 3-metilbütanal, etil asetat, etil heptanoat, etil dekanat, 2,3-bütanedion, dimetil trisülfid ve 3-(metiltio) propanal miso örneklerinin aroma-aktif bileşikleri olduğu saptanmıştır. Ayrıca tüm bileşiklerin arasında 2-metilpropanal, 3-metilbütanal ve 2,3-bütanedion bileşiklerinin olgunlaşma indikatörü olabileceği öne sürülmüştür.

Cayhan ve Selli (2011), avcılık yoluyla elde edilen kefal balıklarının aroma ve aroma-aktif bileşiklerini GC-MS-O cihazıyla belirlemişlerdir. Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda diklorometan çözgeniyle buharlı damıtma ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kefal balığında toplam 59 adet aroma maddesi tanımlanmış ve bu bileşiklerden 29 adetinin aroma-aktif bileşik olduğu

saptanmıştır. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde AEDA kullanılmıştır. Aroma-aktif bileşikler içerisinde (Z)-heptenal (pişmiş balık) ve nonanal (yeşil bitki-meyvemsi) en güçlü aroma-aktif bileşikler olarak öne çıkmıştır.

Leduc ve ark. (2012) levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*), taze ya da bayat olduğunu belirleyecek indikatörler bulmak amacıyla, depolanan balıkların 1., 4. ve 15.günlerdeki aroma bileşikleri, dinamik tepe boşluğu GC-MS/O ile belirlenmiştir. Panelde 8 kişi tarafından koklama gerçekleştirilmiştir. Yapılan tanımlamalar GC–GC–MS/O ile benzer çıkmıştır. Taze balıkta 144 uçucu bileşik tespit edilirken, 13 uçucunun aroma-aktif olduğu saptanmıştır. Çalışmada, bu bileşiklerden sadece tiyofen, hekzanal, 1-okten-3-on, dimetil-trisülfid, 1-nonen-3-ol bileşiklerinin indikatör olarak kullanılması önerilmiştir.

Mohamed ve ark. (2012) Malezya kökenli bir balık sosu olan Budu sosunun kimyasal özellikleri ve uçucu bileşiklerini saptamayı amaçlamışlardır. Uçucu bileşiklerin analizinde DB-WAX ve HP-5MS kolonları kullanılmıştır. 16 bileşik her iki kolonda da ortak olmak üzere, toplam 44adet uçucu bileşik saptanmıştır. Ayrıca 3-metil-1-bütanol, 2-metilbütanal, 3-metilbütanal, dimetil disülfid, 3-(metiltiyo)-propanal, 3-metilbütanoik asit ve benzaldehit bileşiklerinin budu sosunun aroma-aktif bileşikleri olduğu belirtilmiştir.

Hammer ve Schieberle (2013) omega-3 yağ asitleri, yani eikosapentaenik asit (EPA), dokosahekzaenik asit (DHA) ve a-linolenik asitten (ALA) otooksidasyon ile lipoksigenaz enziminin katalizlediği tepkimeler sonucu oluşan aroma-aktif bileşenleri saptamayı amaçlamışlardır. Deney serisinde EPA, DHA ve ALA, 48 saat oksijen ve bakır(2) iyonları veya lipoksigenaz 1 varlığında sırasıyla oksidasyona maruz bırakılmıştır. Uçucu bileşikler SAFE metodu ile izole edilmiş ve duyusal testlerle ekstraktlar değerlendirilmiştir. Genel olarak, peroksidasyon veya enzimatik oksidasyon yolu ile oksidasyona uğratılmış her üç omega-3 yağında da neredeyse özdeş uçucu bileşikler ortaya çıkmıştır. Ancak, seyreletme faktörleri, yağ asidinin tipine ve uygulanan oksidasyon işleminin çeşidine göre değişiklik göstermiştir. Bu farklılıklar sebebiyle ürünün aroma profilinin değiştiği

saptanmıştır. Aroma profil analizinin sonuçlarında otookside EPA'nın, yoğun balıksı kokunun yanında metalik ve yağsı koku notlarına sahip olduğu görülmüştür. Kabul edilebilir aromanın 1, kuvvetli koku kusurunun 6 ile puanlandırıldığı skalada otookside EPA örneği 5.1 puan almıştır. Tersine enzimatik olarak oksidasyona uğramış EPA distilatı zayıf balıksı aroma kalitesine sahipken, belirgin metalik koku ve acı, yeşil ve geranium benzeri (ıtır çiçeği) notlara sahip bulunmuştur. Otookside DHA'nın genel profilde ise oldukça yüksek balıksı koku yoğunluğu belirlenmiştir. Buna karşın, enzimatik okside DHA ile ALA distilatlarının ikisinde de güçlükle fark edilen, balığı anımsatan koku saptanmış ve lipoksigenaz ile oksidasyona uğratılmış ALA distilatının hedonik puanı 2.4 olarak saptanmıştır.

Li ve ark. (2013), GC-MS ile birleştirilen elektronik burun aracılığıyla, bozulmuş mandarin balığının (*Siniperca chuatsi*) aroma maddelerini tanımlamış ve fermantasyon ile depolama sürecinde uçucu bileşiklerin kompozisyonunu kıyaslamışlardır. Çalışmada 61 adet uçucu bileşik tanımlanmıştır. Aroma algılanma eşik değerleri, konsantrasyonları ile karşılaştırılarak, bu 61 bileşikten 13'ünün aroma aktif olduğu saptanmıştır. Toplamda 24 aroma maddesinin fermantasyon ve depolama süreci ile ilişkili olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bu süreçte trimetil amin, indol, sülfür içeren bileşikler, asetik asit, esterler ve fenoller artarken, aldehytlerin düştüğü belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak, fermantasyonun tattaki bozulmanın önüne geçtiği ve ürüne yeni aroma bileşikleri sağladığı ortaya konulmuştur.

Moreira ve ark. (2013) dil balıklarının (*Solea senegalensis*) uçucu profili üzerine depolanma süresinin ve ısıl işlemin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada depolanan, derileri çıkarılmış ve derileriyle birlikte ısıl işleme tabi tutulan balık örneklerinin aroma maddeleri HS-SPME metodu ile izole edilmiş, GC/IT-MS yardımı ile analiz edilmiştir. Derileri ile pişirilen balıkların, derileri çıkarılmış balıklara göre pişirme işlemi sonrasında yüksek miktarda sülfür bileşikleri, 2-nonanon, etil oktanoat içerdikleri, buna karşın daha düşük miktarda hekzanol ve heptanol bileşiklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Ek olarak, derisi ile pişirilmiş

balıkların duyuşal açıdan kabul edilebilirliğinin daha yüksek olduğunu belirtilmiştir. Öte yandan, depolamanın uçucu bileşik profilinde sebep olduğu belirgin değişimin, depolamanın 2.haftasında gerçekteştiği görölmüştür. Balıklarda depolama ile hekzenal, heptanal, oktanal, dekanal, (E)-2-hekzenal, (E)-2-desen-1-al, (E,Z)-2,6nonadianal, benzaldehit, 1-penten-3-on, heptanol ve (E)-2-okten-1-ol bileşikleri azalırken, 3-metil-1-bütanal, 2-metil-1-bütanal, 2-heptanon, dimetil tetrasülfid ve 2-metiltetrahidrotiophen-3-on bileşiklerinin konsantrasyonlarında artış yaşandığı saptanmıştır.

Tao ve ark. (2014) pişmiş balıklardaki (*Takifugu obscurus*) aroma ve aroma-aktif bileşikleri GC-MS-O ile analiz etmişlerdir. Çalışmada uçucu bileşikler SDE yöntemi ile izole edilmiş, sonrasında GC-MS-O ile ayrıştırılmış ve tanımlanmıştır. Toplam 68 uçucu bileşik saptanmış, bunlardan 31'inin aroma-aktif olduğu saptanmıştır. Trimetilamin (balık kokusu), oktanal (çimensi, yapraksı, yeşil kokusu), (E)-2-oktenal (kızarmış, yağımsı koku), 1-okten-3-ol (balığımsı, yağımsı, mantar, çimsi koku), 2-etil-1-hekzanetiol (pişmiş balık kokusu), 2-asetilpirol (fındığımsı, ceviz kokusu) ürüne özđü aroma maddeleri olarak belirlenmiştir.

Chang ve ark. (2016) morina balıklarının uçucu bileşiklerini iki farklı ekstraksiyon yöntemi (SDE, SPME) ile belirlemişlerdir. Çalışmada SDE metodu ile 24 adet, SPME metodu ile 69 adet bileşik saptanmıştır. Her iki yöntemde de ortak belirlenen bileşik sayısı ise 10'dur. Ayrıca, 70 adet bileşiğin aroma-aktif olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden (E)-2-penten-1-ol, 2-oktanol, etil bütirat, metil geranat, 2-dodekanal, pentadekanal, 2-hidroksi-3-pentanon bileşiklerinin örneğin aroması üzerinde belirleyici bileşikler olduğu belirtilmiştir.

Mahmoud ve Buettner (2016a), Alman gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) kötü koku oluşumundan sorumlu aroma bileşiklerini belirlemek için kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. İki bölümden oluşan bu çalışmanın ilk bölümünde, balıkların yetiştirildiği suyun aroma aktif bileşikleri belirlenmiştir. Aroma bileşikleri SAFE metodu ile izole edilmiş, izole edilen aroma bileşikleri olfaktometri ve kütle spektrometresi ile birleştirilen bir ve iki boyutlu

yüksek çözünürlüklü gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda 54 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş bunların 47 adedi tanımlanmıştır. Ayrıca, (E)-4,5-epoksi-(E)-2-dekenal, (E,E)-2,4-oktadienal ve 1-okten-3-on bileşiklerinin metalik, salatalık ve mantar kokularına sebep olan ana bileşikler olduğu ifade edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise balık örneklerinin aroma aktif bileşiklerini inceleyen Mahmoud ve Buettner (2006b), toplam 76 adet aroma-aktif bileşik tespit etmişlerdir. Bu bileşikler arasında (E,Z,Z)-2,4,7-tridekatrienal, (E)-4,5-epoksi-(E)-2-dekenal, 4-etiloktanoik asit, 3-metilindole, dl-limonen ve indol, Alman gökkuşağı alabalıklarında ilk kez araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Yimdee ve Wang (2016) Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilen, ticari olarak üretilmiş 14 farklı balık sosunun tat ve koku bileşiklerini araştırmışlardır. Örneklerde 79 adet farklı uçucu bileşik saptanmış ve bu bileşiklerin koku aktiflik değerleri ile konsantrasyonları çalışma sonucunda verilmiştir. Uçucu bileşik profili incelendiğinde, asitlerin tüm örneklerde en baskın grubu oluşturduğu saptanmıştır. Ayrıca trimetilamin (bozuk balık, amonyak), bütanoik asit (ransit yağ, peynir), 2-metil bütanoik asit (peynir, ransit) bileşiklerinin en yüksek koku aktiflik derecesine sahip bileşikler olduğu belirtilmiştir.

Zhou ve ark. (2016) farklı yıkama işlemlerinin gümüş sazanlarından (*Hypophthalmichthys molitrix*) elde edilmiş kıymaların aroma aktif bileşikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Balıklardan elde edilen kıymalar 6 gruba ayrılmış, 5 grup farklı yıkama işlemlerine tabi tutulmuştur. T1 örneği iki kez T2 örneği 3 kez saf su ile yıkanmış, T3 örneği %0.1 NaCl ve %0.15 NaHCO₃ çözeltisi ile yıkandıktan sonra saf su ile yıkanmış, T4 örnekleri sırasıyla %0.4 NaHCO₃, saf su, %0.3 NaCl çözeltisi ile yıkanmış, T5 örnekleri ise %0.1 NaCl çözeltisi ile daha sonra saf su ile ve daha sonra tekrar %0.3 NaCl çözeltisi ile yıkanmıştır. Son guruba ise yıkama işlemi uygulanmamıştır. Çalışmada, yıkama işlemine tabi tutulmamış kıymalarda toplam 57 uçucu bileşik tespit edilmiş, bunlardan 13 tanesinin koku aktiflik derecesinin 1'in üzerinde olduğu saptanmıştır. Yıkama işleminin aroma profili üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Zayıf alkali ve tuzla

yıkama işlemleri ile karşılaştırıldığında, su ile yıkama işleminin daha fazla kokuca aktif bileşikleri uzaklaştırdığı tespit edilmiştir.





3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Adana ilinin Akdeniz'e kıyısı bulunan Karataş ilçesinden, 2015 yılının Ekim ayında, avcılık yoluyla elde edilen 12.5 ± 4 cm boyunda barbun (*Mullus barbatus*) balıkları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Avlanan balıklar buz içerisinde taşınmış, aroma analizlerine dek $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

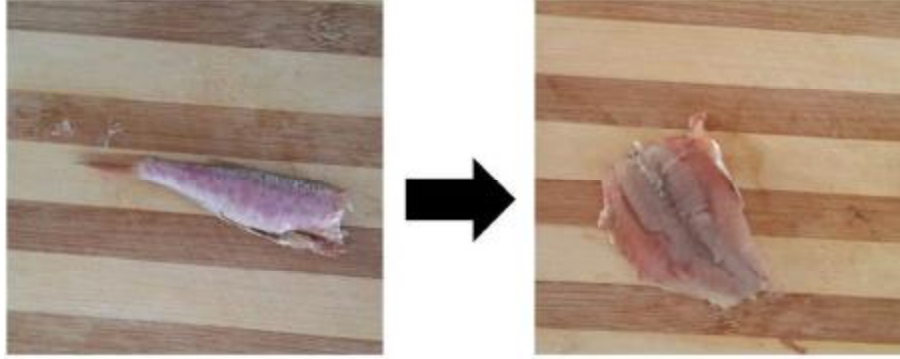


Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan barbun (*Mullus barbatus*) balıkları

3.2. Metot

3.2.1. Balık örneklerinin hazırlanması

Başlangıçta balık örneklerinin iç organları çıkarılıp, kafaları ayrılmış ve örnekler fileto haline getirilmiştir. Hazırlanan filetolar, toplamda 6 kg olmak üzere her biri 2 kg olacak şekilde 3 ayrı gruba ayrılmıştır (Şekil 3.2). İlk grup işlem görmezken, ikinci grup fırında, üçüncü grup ise buhar yardımı ile pişirilmiştir. Pişirme süreleri ön denemelerle belirlenmiş ve balıklarda 20 dakikalık pişirme işlemine karar verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan barbun balıklarının temizlenmesi

3.2.1.1. Fırında pişirme

Filetolar düzgün bir dağılımda ev tipi elektrikli (Bosch Hkp 110120 Midi Fırın, München, Germany) fırın tepsisine yerleştirilmiş ve 200 °C’de, 20 dakika süre ile pişirilmiştir (Şekil 3.3).

3.2.1.2. Buharla pişirme

Filetolar düzgün bir dağılımda Termomix (TM 31, Vorwerk Wuppertal, Germany) buğulama sepetine yerleştirilmiş ve kaynamış suyun üzerine temas etmeyecek şekilde yerleştirilen buğulama sepetinde, kapağı kapalı bir şekilde 100°C’de, 20 dakika süre ile pişirilmiştir.



Şekil 3.3. Fırında ve buharda pişirme işlemi

Daha sonra taze ve pişirilmiş örnekler sıvı azot ile dondurulmuş ev tipi mekanik parçalayıcı da ufak parçalar halinde homojenize edilmiştir.

3.2.2. Balıklarda Aroma Maddelerinin Ekstraksiyonu

Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda ön denemelerde 50, 75, 100 gr örnek sırası ile 100,150, 200 ml diklorometanla ekstrakte edilmiştir. Örneklerin GC-MS kromatogramları karşılaştırıldığında en iyi sonuçlara 100 gr 200 ml'lik diklorometan ile yapılan denemede ulaşılmıştır. Daha sonra asıl denemeler bu yöntem ile yapılmıştır.

Dondurularak ufalanmış ve homojen hale getirilmiş örneklerden 100 gr alınmış, 500 ml'lik erlen içerisine aktararak, iç standart olarak 40 µg 4-nonanol ilave edilmiş ve 200 ml yüksek saflıkta diklorometan çözgeni ile 120 dakika azot gazı altında manyetik karıştırıcıda karıştırılarak 4-5 °C'de ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Sonrasında aroma maddeleri 40 °C'de dikkatli şekilde SAFE tekniği ile uçucu olmayan bileşiklerden ayrıştırılmıştır. SAFE ekstraktı sodyum sülfattan geçirilecek ve "Vigreux" damıtma kolonunda 40°C'de 0,2 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiştir. Konsantre halde elde edilen ekstrakt doğrudan GC-FID, GC-MS ve GC-MS-O sistemlerine enjekte edilmiş ve aroma maddeleri ile aroma-aktif bileşikler belirlenmiştir. Ekstraksiyonlar üç tekerrürlü yapılmıştır (Amanpour ve ark., 2015).

3.2.3. Aroma Maddelerinin Tanımlanması

Aroma maddelerinin miktarı, tanımlanması ve aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesi "Agilent 6890N" marka gaz kromatografisi, buna bağlı "Agilent 5975B VL MSD" kütle spektrometresi ve "Gerstel ODP-2" marka olfaktometride eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde kolon çıkışı özel bir ayırıcı (Dean switch-Agilent) yardımıyla eşit olarak üçe ayrılarak, birinci kısım FID'ye, ikinci kısım MSD'ye ve üçüncü kısım olfaktometriye gitmektedir. Böylece aynı

zamanda yapılan miktar tayini, tanımlama ve koklama işlemiyle analizin hassasiyeti artmaktadır.

Aroma maddelerinin miktar tayininde, “Agilent 6890N” marka GC-FID kullanılmıştır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (60 m x 0.25 mm x 0.4 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220 °C, dedektör sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 60 °C’de 3 dakika beklemeden sonra, dakikada 2 °C artarak 220 °C’ye ve daha sonra dakikada 3 °C artarak 245 °C’ye çıkartılarak, bu sıcaklıkta 20 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Cihaza enjekte edilen örnek miktarı 3 µL’dir. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1.5 ml/dakika, dedektör ve enjektör sıcaklıkları ise 250 °C’dir

Aroma maddelerinin tanısında gaz kromatografisine bağlı “Agilent 5975B VL MSD” marka kütle spektrometresi kullanılmıştır. Enjektör tipi ve sıcaklık programı gaz kromatografisi ile aynı koşulları taşımaktadır. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyumun hızı 1.5 ml/dk’dır. Kütle spektrometresinin iyonlaşma enerjisi 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 250 °C, kuadropol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklarla 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır. Piklerin tanısı, standardı bulunan bileşikler için standart çözelti enjekte edilerek, standardı olmayan bileşikler için kütle spektrumunun bilgisayar hafızasındaki aroma maddeleri kütüphanelerindeki (Wiley 7.0, NIST-98, ve Flavor, 2L) kütle spektrumlarıyla karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları iç standart yöntemiyle hesaplanmıştır (Schneider ve ark., 2001; Selli ve Kelebek, 2011). Her bir analiz 3’er tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Aroma maddeleri miktarlarının hesaplanması piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin miktarlarını hesaplamak için, standart bileşiklerden kalibrasyon eğrileri elde edilmiş ve iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak miktarlar hesaplanmıştır.

$$C_i = (A_i / A_{st}) \times C_{st} \times RF \times HF$$

C_i : Bileşimin konsantrasyonu

A_i : Bileşimin pik alanı

A_{st} : İç standardın pik alanı

C_{st} : İç standardın konsantrasyonu (5 µL/100 g)

RF : Cevap faktörü

HF : Hesaplama faktörü (örnek miktarının kg'a çevrilmesi için faktör).

3.2.4. Aroma-Aktif Bileşiklerin Analizi

Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde hassas olfaktometrik yöntemlerden biri olan “Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA)” (AEDA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde aromatik ekstrakt aşamalı olarak çözgen ile her defasında 1:1 oranında seyreltilmiş ve koklama işlemi için enjekte edilmiştir. Kokunun hissedilmediği anda seyreltme işlemine son verilerek analiz tamamlanmıştır (Steinhaus ve Schieberle, 2000, Amanpour ve ark., 2015). Koklama sırasında burun içinin kurumaması için özel bir düzenek yardımıyla olfaktometri portuna nemli hava verilmiştir ve bu sayede panelistlerin kokulara karşı duyarlılığı artırılmıştır.

Seyreltme derecesi “aroma seyreltme değeri (AS)” olarak ifade edilmektedir. Yüksek AS değerine sahip olan aroma maddesinin, aroma aktiflik derecesi de yüksek olmaktadır (Fickert ve Schieberle, 1998; Tairu ve ark., 2000; Kirchhoff ve Schieberle, 2002; Fischerve ark., 2008). Bu yöntem zeytinyağı (Reiners ve Grosch, 1998; İraqi ve ark., 2005; Collin ve ark., 2008; Kesen ve ark., 2014), portakal suları (Fischerve ark., 2008; Averbeck ve Schieberle, 2009), şarap (Frankve ark., 2011) ve balık (Cayhan ve Selli, 2011) örneklerini de içeren birçok çalışmada kullanılmıştır.

3.2.5. Duyusal Analizler (Temsili Test)

Araştırmada kullanılacak balıklar ve bunlardan elde edilen aroma ekstraktlarının aroma karakteristikleri temsili (representative) test kullanılarak yapılmıştır. Duyusal değerlendirmeler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Balık örneklerinin ve bunların ekstraktlarının duysal analizleri 7 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır.

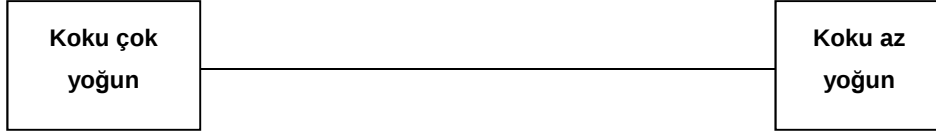
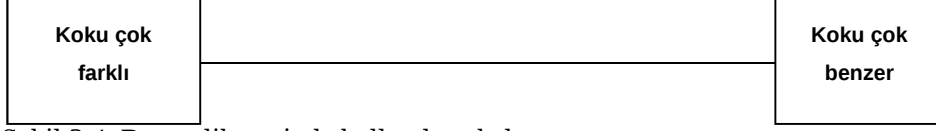
Balık örnekleri bir mekanik parçalayıcı ile parçalandıktan sonra elde edilen örnekten 1,5 g alınmıştır ve 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisinde özel olarak kodlandıktan sonra panelistlere sunulmuştur. Balıklarda aroma maddeleri ekstraksiyonunda diklorometan kullanılmıştır. Bu çözgenle elde edilen ekstraktlar özel kağıt koklama çubuklarına (SARL H.Granger-Veyron, France) absorbe edildikten sonra 1 dakika bekletildikten sonra çözgenlerin uçması sağlanmıştır. Daha sonra bu koklama çubukları da, balık örnekleri gibi iki farklı 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisine konularak panelistlere sunulmuştur. Daha sonra panelistlerden balık örnekleri ve ekstraktlarının karşılaştırılması istenmiştir. Sonuç olarak, aroma maddelerinin ekstraksiyonu ve aynı zamanda olfaktometrik analizler için çözgenin güvenilirliği test edilmiştir. Temsili test değerlerinin saptanmasında benzerlik testi ve aroma yoğunluk testi uygulanmıştır.

3.2.5.1. Benzerlik testi

Panelistlerden bu testte, balık örnekleri ile bu örneklere ait ekstrakt kokularının birbirine ne kadar benzer olduğunu belirlemeleri istenmiştir. Bu amaçla Şekil 3.4'deki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır (Van Ruth ve ark., 1995).

3.2.5.2. Aroma yoğunluk testi

Benzerlik testinde olduğu gibi bu kez panelistlerden balık örnekleri ile bu örneklere ait aromatik ekstrakt kokularının yoğunluklarının karşılaştırılması istenmiştir. Bu amaçla Şekil 3.5'teki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır (Van Ruth ve ark., 1995).



3.2.6. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Balıklara uygulanan analizler sonucunda elde edilen bulgular, SPSS 16 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutularak ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiştir (Özdamar, 1999).



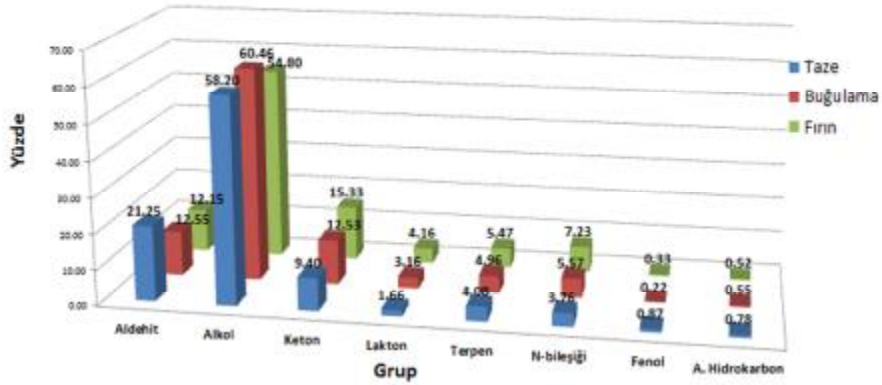
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Barbun balıklarının aroma maddelerinin ekstraksiyonunda, çözgen yardımıyla flavor evaporasyonu (SAFE) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemden elde edilen aromatik ekstrakt, temsili testlerle (representatif testler) değerlendirilmiştir. Temsili testler sonucunda, ekstraktın örneklerle %80,71 benzerlik gösterdiği, koku yoğunluğunun ise %63.5 olduğu belirlenmiştir. Temsili testler sonucunda yöntem ve diklorometan çözgeni güvenilir bulunmuştur.

4.1. Taze ve Isıl İşlem Uygulanmış Barbun Balıklarının Aroma Maddeleri

Taze ve iki farklı şekilde (buğulama ve fırın) ısıl işlem uygulanmış barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının aroma maddeleri ve miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Balık örneklerinde aroma maddelerinin önemli bir kısmını alkol bileşikleri oluşturmuştur. Alkoller, toplam aroma maddelerinin, taze balıklarda %58.20’sini, buğulanmış örneklerde %60.46’sını ve fırında pişirilmiş örneklerin ise %54.80’ni oluşturmuştur. Taze ve ısıl işlem uygulanmış balık örneklerinin aroma maddelerinin % dağılımı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki aroma maddelerinin bileşik gruplarına göre dağılımı

Çizelge 4.1. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının aroma maddeleri ve miktarları

LRI ¹	Bileşik	Taze	Buğulama	Fırın	Tanımlama ²
1074	Hekzanal	74.6 ± 4.5 ^b	55.2 ± 2 ^a	54.2 ± 5.4 ^a	S,L,M
1127	1-Penten-3-ol	39.3 ± 0.3 ^a	73.7 ± 3.4 ^b	43 ± 0.5 ^a	S,L,M
1177	3-Penten-2-ol	352.4 ± 9.4 ^a	416.3 ± 16.4 ^b	362.8 ± 17.1 ^a	S,L,M
1217	İzoamil alkol	31.4 ± 0.1 ^b	18.1 ± 2 ^a	21.7 ± 1.8 ^a	S,L,M
1234	DI-Limonen	57.3 ± 2.3 ^a	65.2 ± 2.4 ^b	66 ± 0.8 ^b	S,L,M
1243	1-Pentanol	18.5 ± 1.9 ^a	35.1 ± 0.8 ^c	28.4 ± 0.1 ^b	S,L,M
1277	Asetoin	121.5 ± 2 ^a	162.7 ± 1.9 ^b	201.5 ± 1.4 ^c	S,L,M
1307	2-Hekzanol	108.3 ± 11.3 ^a	106 ± 3.8 ^a	101.6 ± 2.3 ^a	S,L,M
1342	2-Metil-2-büten-1-ol	50.6 ± 2.3 ^a	74.1 ± 3.7 ^c	66.5 ± 0.5 ^b	L,M
1353	2,3-Oktanediön	6.2 ± 0.4 ^a	11.4 ± 0.1 ^c	9.8 ± 0.2 ^b	L,M
1359	1-Hekzanol	12.6 ± 0.1 ^a	24 ± 1.4 ^b	24.5 ± 1.4 ^b	S,L,M
1395	Nonanal	142.8 ± 13.1 ^b	57.2 ± 0.3 ^a	47.6 ± 0.9 ^a	S,L,M
1458	1-Okten-3-ol	21.6 ± 0.2 ^a	45.2 ± 0.9 ^b	54.9 ± 0.7 ^c	S,L,M
1483	(E,E)-2,4-Heptadianal	27.2 ± 0.5 ^a	42.6 ± 0.9 ^b	45.1 ± 0.4 ^c	S,L,M
1493	3,5-Oktadien-2-on	4.1 ± 0.3 ^a	7.2 ± 0.1 ^b	6.8 ± 0.3 ^b	L,M
1496	Dekanal	48.4 ± 3.3 ^b	16.6 ± 1.1 ^a	18.2 ± 0.7 ^a	S,L,M
1537	Linalol	-	6.6 ± 1.1	11.8 ± 0.3	S,L,M
1612	γ-Bütürolakton	9.8 ± 1.4 ^a	16 ± 0.2 ^b	17.5 ± 0.5 ^b	S,L,M
1650	Benzen asetaldehit	5.3 ± 0.2 ^a	10.1 ± 0.4 ^c	7.9 ± 0.4 ^b	L,M
1662	1-Metil-2-pirolidinon	22.9 ± 2.2 ^a	33.8 ± 0.6 ^b	35.7 ± 0.3 ^b	L,M
1740	2-(5H)-Furanon	13.5 ± 0.1 ^a	29.7 ± 1 ^b	41.8 ± 1.4 ^c	S,L,M
1764	Naftalin	10.9 ± 0.2 ^b	7.9 ± 0.3 ^a	7.4 ± 0.4 ^a	S,L,M
1861	Benzil alkol	3.4 ± 0.1 ^b	3 ± 0.1 ^a	3.6 ± 0.2 ^b	S,L,M
1923	Feniletıl alkol	7.5 ± 0.6 ^a	7 ± 0.3 ^a	13 ± 0.8 ^b	S,L,M
1973	Fenol	12.2 ± 0.9 ^b	3.2 ± 0.3 ^a	4.7 ± 0.1 ^a	S,L,M
2014	2-Pirrolidinon	30 ± 1.3 ^a	46.8 ± 3.5 ^b	67.3 ± 2.5 ^c	L,M
2130	2-Fenoksi etanol	171.1 ± 7.7 ^b	72.7 ± 0.6 ^a	59.7 ± 5.9 ^a	S,L,M
TOPLAM		1403.3 ± 65.7	1447.3 ± 48.0	1422.8 ± 45.7	

*Konsantrasyon: µg/kg olarak 3 farklı enjeksiyon sonuçları ortalamasıdır. Aynı harfler balık örnekleri arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir (p>0.05).

¹ LRI: Linear alıkönma indeksi DB-WAX kapılar kolon üzerinde hesaplanmıştır;

² L: LRI ile tanımlama; M: MS ile tentatif tanımlama; S: Standart madde ile tanımlama

Taze balık örneklerinde (T), 11 adet alkol, 5 adet aldehit, 3 adet keton, 2 adet lakton, 1 adet terpen, 2 adet azotlu bileşik, 1 adet fenol bileşiğı ve 1 adet aromatik hidrokarbon bileşiğı olmak üzere toplam 26 tane aroma maddesi belirlenmiştir. Aroma maddelerinin toplam miktarı 1403.3 µg/kg olarak bulunmuştur. Alkoller aroma bileşiklerinin önemli bir kısmını oluşturmakta ve bu bileşiklerı sırası ile aldehitler ve ketonlar takip etmektedir (Şekil 4.1).

Fırında (F) ve buğulama (B) ile pişirilen balık örneklerinin her ikisinde de 11'er adet alkol, 5'er adet aldehit, 3'er adet keton, 2'sher adet lakton, 2'sher adet terpen, 2'sher adet azotlu bileşik, 1'er adet aromatik hidrokarbon bileşiğı ve 1'er

adet fenol bileşiği olmak üzere toplam 27 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, pişirme işlemleri sonrasında aroma bileşiklerinin genel profilinde değişiklikler yaşanmıştır. Isıl işlem görmüş barbun örneklerinde de taze barbun örneklerinde olduğu gibi en baskın grup alkollerdir. Fakat, taze barbun örneklerinden elde edilen sonuçlara kıyasla, ısıl işlem görmüş barbun örnekleride, aldehitlerin miktarı oransal ve istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azalırken ($p<0.05$), ketonların miktarının arttığı saptanmıştır (Şekil 4.1). Buğulama ile pişirilen örneklerde ketonlar toplam aroma maddelerinin %12.53’ünü, aldehitler ise %12.55’ini oluşturmaktadır. Fırında pişirilen örneklerde ise ketonlar toplam aroma bileşiklerinin %15.33’ünü oluşturmuştur ve baskın ikinci gruptur (Şekil 4.1). Ayrıca, Çizelge 4.2’de de görüldüğü gibi ısıl işlem sonucunda, toplam azotlu ve lakton bileşiklerinin miktarlarında da istatistiksel olarak da önemli bir artış meydana gelmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.2. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının grup bazında aroma maddeleri ve miktarları

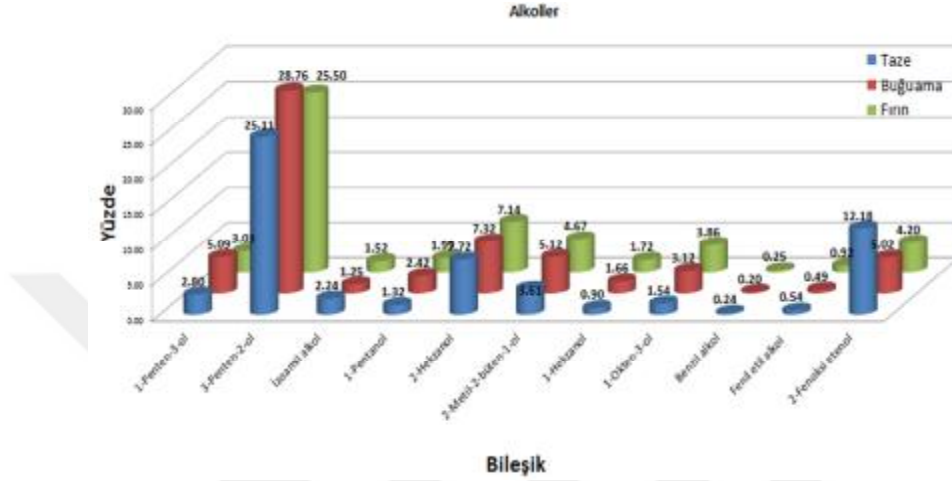
GRUP	TAZE	BUĞULAMA	FIRIN
Aldehit	298.2 ± 11.5 ^b	181.6 ± 0.9 ^a	172.9 ± 5.6 ^a
Alkol	816.7 ± 18 ^{ab}	875.1 ± 30.4 ^b	779.8 ± 19.6 ^a
Aromatik Hidrokarbon	10.9 ± 0.2 ^b	7.9 ± 0.3 ^a	7.4 ± 0.3 ^a
Azotlu bileşik	52.8 ± 3.5 ^a	80.6 ± 3.2 ^b	102.9 ± 2.12 ^c
Fenol	12.2 ± 9 ^b	3.2 ± 0.3 ^a	4.7 ± 0.03 ^a
Keton	131.8 ± 2.6 ^a	181.3 ± 1.7 ^b	218.1 ± 2 ^c
Lakton	23.3 ± 0.1 ^a	45.7 ± 0.9 ^b	59.2 ± 1.9 ^c
Terpen	57.3 ± 2.3 ^a	71.8 ± 2.5 ^b	77.8 ± 1 ^b

*Konsantrasyon: µg/kg olarak 3 farklı enjeksiyon sonuçları ortalamasıdır.

Aynı harfler balık örnekleri arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir ($p>0.05$).

Alkoller: Alkoller, hem taze ve hem de pişirilmiş barbun örneklerinde en fazla miktarda bulunan ve en çok çeşit bileşik içeren grup olarak öne çıkmıştır. Şekil 4.2’de alkol bileşiklerinin toplam bileşikler içerisindeki yüzde oranların gösterilmiştir. Toplam alkollerin miktarı sırası ile taze örneklerde 816.7 µg/kg,

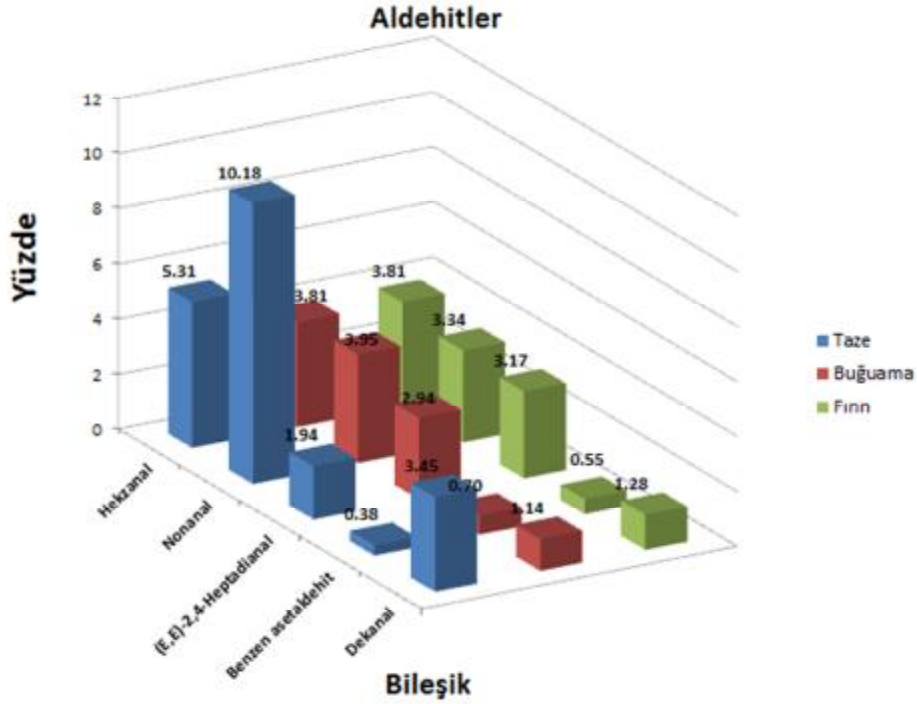
buğulama ile pişirilmiş örneklerde 875.1 $\mu\text{g/kg}$, fırında pişirilmiş örneklerde ise 779.8 $\mu\text{g/kg}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki alkol bileşiklerinin yüzde olarak toplam bileşiklerin miktarına oranı

Tüm örneklerde, 3-penten-2-ol en fazla miktarda saptanan alkol bileşiği olmuştur. Taze barbunlarda bu bileşiği sırası ile 2-fenoksi etanol ve 2-hekzanol bileşikleri takip etmiştir. Buğulama ile pişirilmiş ve fırında pişirilmiş örneklerde ise 3-penten-2-ol bileşiğinden sonra en çok saptanan bileşik 2-hekzanol olmuştur (Şekil 4.2). Özellikle 2-fenoksi etanol bileşiğinde pişirme işlemi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir düşüş gözlenmiştir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, 2-fenoksi etanol bileşiğinin taze ve pişmiş kuzu eti ile pişirilmiş ahtapot da saptanmıştır (Kobuta ve ark., 1996; Gravador ve ark, 2015). 1-Pentanol, 1-penten-3-ol, 2-metil-2-büten-1-ol ve 1-okten-3-ol bileşiklerinin miktarının pişirme işlemleri sonucunda arttığı, buna karşın izoamil alkol (3-metilbütan-1-ol) ile 3-penten-2-ol'ün miktarlarının ise azaldığı saptanmıştır. 1-Penten-3-ol ve 1-okten-3-ol bileşikleri sırası ile eikosapentaenoik asit ve araşidonik asitten 15- ve 12-lipoksigenaz enzimi aktivitesi ile oluşmaktadır. Önceki

çalışmalarda bu bileşiklere birçok balıkta rastlanmıştır (Edirisinghe ve ark., 2007; Grigorakis ve ark., 2003; Hallier ve ark., 2005; Le Guen ve ark., 2001; Sérotve ark., 2002; Turchini ve ark., 2007). Moreira ve ark. (2013) benzer şekilde bu bileşiklerin ısıtma işlem sonucu miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. Literatürden elde edilen bu bulgular çalışmamızla uyum içerisindedir.



Şekil 4.3. Taze barbun balıklarında ve farklı yöntemlerle pişirilmiş barbun balıklarındaki aldehit bileşiklerinin yüzde olarak toplam bileşiklerin miktarına oranı

Aldehitler: Aldehit grubu bileşikler taze barbunlarda ikinci baskın gruptur ve örneklerde toplam miktarları 298.2 $\mu\text{g/kg}$ 'dır. Tüm örneklerde hekzanal, nonanal, (E,E)-2,4-heptadialanal, dekanal, benzen asetaldehit olmak üzere toplam 5 adet aldehit bileşiği saptanmıştır. Pişirme işlemi sonucunda aldehit grubu bileşiklerin toplam miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gerçekleşmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.2). Bu azalmaya katkı sunan en önemli bileşik

nonanal'dir. Özellikle nonanal bileşiğinin miktarı ısıtma işlemi sonucunda keskin bir düşüş yaşamıştır (Şekil 4.3). Bu azalma istatistiksel olarak da anlamlıdır ($p<0.05$). Sun ve ark. (2013) kocagözlü orkinos balıkları üzerine yaptıkları çalışmada, taze örneklerle göre 100 °C'ye maruz bırakılmış örneklerde nonanal bileşiğinin arttığını, fakat 150 °C'ye maruz bırakılmış örneklerde nonanal miktarının düştüğünü belirlemişlerdir. (E,E)-2,4-heptadienal ile benzen asetaldehit bileşikler ise pişirme sonrası artmıştır. Benzen asetaldehit Japon deniz tarağının pişmiş etinde de saptanmıştır (Wang ve ark., 2014). Çalışmada pişirme işlemi sonrasında benzen asetaldehit miktarında hafif bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada 60, 70, 80, 90 ve 100 °C ısıtma işlemi maruz kalmış örneklerin uçucu bileşikler incelendiğinde, heksanal, nonanal, dekanal konsantrasyonlarının sıcaklık artışı ile önce arttığı, sonra ise azalmaya başladığı belirlenmiştir (Wang ve ark., 2014). (E,E)-2,4-heptadienal sardalya balıklarında, pişmiş kefalde, dil balıklarında saptanmıştır (Prost ve ark., 2004; Cayhan ve Selli, 2011; Moreira ve ark., 2013).

Ketonlar: Örneklerde 3 adet keton bileşiği (asetoin, 2,3-oktadien-2-on ve 3,5-oktadien-2-on) saptanmıştır. Bu bileşiklerin toplam miktarı taze örneklerde 131,8 µg/kg'dır. Isıtma işlemi sonucunda toplam keton bileşiklerinin miktarı istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde artmıştır ($p<0.05$). Özellikle fırında pişirilmiş balık örneklerinde keton grubu bileşiklerin toplam miktarı 218.1 µg/kg'dır ve alkol grubu bileşiklerden sonra en baskın bileşik grubudur (Çizelge 4.2). Keton bileşikler balık ve diğer deniz ürünlerinde, yağların oksidasyonu, amino asitlerin parçalanması ve Maillard reaksiyonları sırasında oluşmaktadırlar (Chung ve ark., 2002). Keton bileşikler içerisinde asetoin (3-hidroksi-2-butanon) bu bileşiklerin önemli bir kısmını oluşturmuş ve ısıtma işlemi uygulaması bu bileşiğin miktarını istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırmıştır ($p<0.05$). Benzer bir şekilde, Min ve ark. (1979) asetoin'in miktarının ısıtma işlemi görmüş gıdalarda doymuş yağların oksidatif parçalanması veya enzimatik olmayan amino-karbonil reaksiyonları sonucunda arttığı bildirmişlerdir. Cadwallader (2000) deniz ürünlerinde alkollerin ketonlara dönüşebildiğini belirtmişlerdir. 3,5-Oktadien-2-on, α-linolenik asidin

parçalanması sonucu oluşmaktadır (Hammer ve Schieberle, 2013). Bu bileşik daha önce, pişmiş somon, levrek, asya deniz levreği, dil balıklarında saptanmıştır (Methven ve ark., 2007; Frank ve ark., 2009; Silva ve ark., 2012; Vidal ve ark., 2014).

Terpenler: Pişirilmiş barbun örneklerinde 2 adet (*DL*-limonen, linalol) taze barbun örneklerinde ise birer adet (*DL*-limonen) terpen bileşiği belirlenmiştir. Terpenler deniz ürünlerine besinlerden geçer ve vücutlarında birikir (Chung ve ark., 2002). Balıkların beslendikleri besinlerin terpen miktarı, etlerindeki terpen miktarı ile doğrudan ilişkilidir.

Laktonlar: Tüm örneklerde 2 adet lakton bileşiği tespit edilmiştir. Her iki pişirme yöntemi sonucu γ -bütirolakton ve 2-(5H)-furanon bileşiklerinin miktarı artmıştır (Çizelge 4.1). Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu laktonlar daha önce Cayhan ve Selli (2011) tarafından pişmiş kefal balıklarında da tespit edilmiştir. Laktonlar biyosentetik yol dahil olmak üzere, enzimatik, ısı ve oksidatif yollar ile gıdalarda oluşabilmektedir (Magma, 1976). Balık ürünlerinde laktonlar genellikle oksidasyon sonucunda ortaya çıkarlar. Kararsız yapıdaki hidroperoksitler, aldehit, keton, lakton ve esterlere dönüşürler (Varlet ve ark., 2007).

Diğerleri: Örneklerde 1-metil-2-pirolidinon ve 2-pirrolidinon olmak üzere iki azotlu bileşik belirlenmiştir. Isıl işlem sonucunda azotlu bileşiklerin toplam miktarı Çizelge 4.2’de de görüldüğü gibi istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde artmıştır ($p<0.05$). Bu bileşiklerin miktarlarının ısı işlem sonucu arttığı bilinmektedir (Wu ve ark., 2000). 2-pirrolidon bileşiği daha önce Cayhan (2009) tarafından Akdeniz bölgesinden avcılık yolu ile elde edilmiş kefal balıklarının etinde de tespit edilmiştir. Örneklerde naftalin bileşiği de tespit edilmiştir. Bu bileşiğin oluşum mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte denizlerdeki kirlilik temelli olduğu düşünülmektedir (Shahidi, 2000; Guillen 2002). Ayrıca 1 adet fenol bileşiği belirlenmiştir. Fenol bileşiğinin miktarı ısı işlem uygulamasına bağlı olarak değişmiştir (Çizelge 4.1).

4.2. Taze ve Isıl İşlem Uygulanmış Barbun Balıklarının Aroma-Aktif Maddeleri

Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde hassas olfaktometrik yöntemlerden biri olan “Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AES)” (AEDA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Seyreltme derecesi “aroma seyreltme değeri (AS)” olarak ifade edilmiştir.

Taze, buğulama ile ve fırında pişirilmiş barbun balıklarının aroma-aktif bileşikleri, bu bileşiklerin verdiği kokular ve AS değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu yöntem literatürde alabalık (Milo ve Grosch,1993), midye (Le Guen ve ark., 2000), karides (Ishizaki ve ark., 2005) ve berlam balığı (Triqui, 2006) gibi su ürünlerinin aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Taze ve iki farklı şekilde pişirilmiş Barbun (*Mullus barbatus*) balıklarının aroma-aktif maddeleri

No	LRI	Bileşik	Koku	AS (T)	AS (B)	AS (F)
1	1074	Hekzanal	Yeşilimsi	2	-	-
2	1109	Tanımlanamadı	Yeşilimsi	8	-	-
3	1173	Tanımlanamadı	Pişmiş balık	-	16	32
4	1277	Asetoin	Yağsı	-	4	8
5	1353	2,3-Oktanediön	pişmiş	-	32	32
6	1359	1-Hekzanol	Yeşilimsi	2	16	16
7	1458	1-Okten-3-öl	Mantar	2	256	512
8	1483	(E,E)-2,4-Heptadienal	Pişmiş sebze	-	16	16
9	1495	Dekanal	Yeşilimsi	16	2	2
10	1537	Linalöl	Çiçek/ yeşilimsi	-	4	8
11	1612	γ-Bütürolakton	Yağsı	-	32	64
12	1620	Tanımlanamadı	Salatalık	8		
13	1637	Tanımlanamadı	Yanık	2	64	64
14	1662	1-Metil-2-pirolidinön	Yağsı balıksı		2	2
15	1764	2(5H)-Furanön	Pişmiş/ tereyağ	-	8	16
16	2014	2-Pirolidinön	Patlamış mısır	-	8	8
17	2130	Fenoksi ethanol	Kimyasal	8	-	-

Taze örneklerde toplam 8 adet, pişirilmiş örneklerde ise 13 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Bu bileşikler içerisinde 5 tanesi (LRI:1109, LRI:1173; LRI: 1620, LRI: 1637 ve LRI:1662) piklerin çok küçük olması ve/veya sahip oldukları kütle/yük (m/z) oranlarından dolayı GC-MS cihazında tanımlanamamıştır. Tanımlanan aroma aktif bileşiklerin 3'ü aldehit, 3'ü alkol, 2'si lakton, 2'si keton ve 1'i terpen bileşiğidir.

4.2.1. Taze barbun balıklarının aroma-aktif bileşikleri

Taze tuzlu su balıkları, tatlı su ve örhalin balıklarla kıyaslandığında neredeyse kokusuz olarak nitelendirilir. Bu balıklar, avlandıktan hemen sonra hafif bir kokuya sahiptirler (Kawai, 1996). Balık türleri arasındaki bu aroma farklılığı çeşitli enzim aktiviteleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Lipoksigenaz enzim aktivitesi deniz ve tatlı su türlerinde deride ve solungaçlarda gerçekleşir ve yeşil hoşça giden balık kokusunu oluşturan uçucu bileşiklerin oluşumunu başlatır. Tatlı su ve örhalin türlerinde enzimatik aktivite tuzlu su balıklarına oranla daha fazladır. Ayrıca tuzlu su balıklarında yaygın olan C8 alkollerin koku algılanma eşik değerleri 1-10 ppb arasındadır ve tipik tatlı su ve örhalin balıklarındaki C9 karbonlu bileşiklerden çok daha yüksektir. Örneğin, tatlı su balıklarında bulunan 2,4-nonadienal'in (kuvvetli salatalık benzeri koku) algılanma eşik değeri 0,001 ppb'dir (Olafsdottir, 2005).

Taze barbun balıklarında dekanal (AS 16) en güçlü aroma aktif bileşiği olarak belirlenmiştir. Bu aldehit bileşiği, barbun balıklarına yeşilimsi koku özelliklerini kazandırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.3). Dekanal, esas olarak oleik (C18:1 cis-9) asitin oksidasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Serot ve ark. (2001) dekanal'in, kalkan balıklarında (*Psetta maxima*) taze ve plastik benzeri bir koku verdiğini belirlemişler. Ayrıca, Selli ve ark. (2006) gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) bu bileşiğin en baskın aroma-aktif bileşiklerden biri olduğunu, balıklara plastik ve yeşilimsi kokular kazandırdığını bildirmişlerdir. Dekanal, somon, çipura, kefal balıklarında da aroma aktif bileşik olarak saptanmıştır (Varlet ve ark., 2006; Selli ve Cayhan, 2009; Cayhan ve Selli, 2011).

Taze balık örneklerinde belirlenen bir diğer aroma-aktif aldehit bileşiği ise heksanal'dır. Bu bileşiğin AS değerinin (2) oldukça düşük olduğu ve örneğe taze yeşilimsi kokular kazandırmaktadır. Hekzanal, n-6 PUFA'ların oksidasyonu sonucunda üretilir (Serot ve ark., 2002). Bu bileşik daha önce kahverengi alabalıklarda, sardalyalarda, somon balıklarında, gökkuşağı alabalıklarda aroma aktif bileşik olarak saptanmıştır (Serot ve ark., 2002; Prost ve ark., 2004; Varlet ve ark., 2006; Selli ve ark., 2006).

Taze barbun balığında toplam 3 adet aroma-aktif alkol belirlenmiştir. Bunlar, heksanol (yeşilimsi) ve 1-okten-3-ol (mantar), fenoksi etanol bileşikleridir. Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere, bu bileşikler arasında fenoksi etanol bileşiği en yüksek AS (8) değerine sahiptir. Bu bileşik daha önce Alman gökkuşağı alabalıklarında aroma aktif bileşik olarak belirlenmiştir (Mahmoud ve Buettner, 2016b). Diğer iki alkol bileşiğinin AS değerinin 2 olduğu belirlenmiştir. Çimen benzeri bir koku sergileyen 1-Hezenol Avrupa kefal balıklarında aroma aktif bileşik olarak saptanmıştır (Leduc ve ark., 2012).

Tanımlanamayan aroma aktif bileşiklerden LRI: 1109 yeşilimsi (AS 2), LRI: 1620 (AS 8), LRI: 1637(AS 2) ise yanık benzeri kokuları kazandırmaktadır (Çizelge 4.2).

4.2.2. Pişirilmiş barbun balıklarının aroma-aktif bileşikleri

Buğulama ile ve fırında pişirilmiş barbun balıklarında 1-okten-3-ol bileşiği (B: AS 216; F: AS 512) en baskın aroma aktif bileşik olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). 1-Okten-3-ol bileşiği balıklara mantar kokusu kazandırmaktadır. Algılanma eşik değeri çok düşük olduğundan (1.2 µg/kg) balıklarda önemli bir aroma bileşiğidir (Moreira ve ark., 2013). Bir çok balık çeşidinde aroma aktif bileşik olarak saptanmıştır (Prost ve ark., 2004; Varlet ve ark., 2006; Selli ve ark., 2009; Selli ve Cayhan, 2009). Bu bileşik çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda oluşur. 12-Lipoksigenaz aktivitesi ile gıdalarda son ürün olarak 2-okten-1-ol veya 1-okten-3-ol bileşiği oluşur (Hsieh ve Kinsella, 1989). Çizelge 4.3'de de

görüldüğü gibi taze balık örneklerinde oldukça düşük AS değerine sahip olan bu bileşiğin, ısıtma işlemi sonucu AS değeri oldukça yükselmiştir. Benzer şekilde Moreira ve ark.(2013) bu bileşiğin ısıtma işlemi sonucu miktarının arttığını bildirmişlerdir. Diğer bir alkol bileşiği olan 1-hekzanol (AS 16) bileşiğinin pişmiş örneklerde yeşil kokular kazandırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu bileşiğin, lipoksigenaz ve hidroperoksit liyaz aktiviteleri sonucu oluştuğu bilinmektedir (Cadwallader, 2000).

Alkollerden sonra pişmiş örneklerde kokuya en çok katkıda bulunan bileşik grubu laktonlardır. Örneklerde, γ -bütirolakton (B: AS 32; F: AS 64) yağı, 2(5H)-furanon (B: AS 8; F: AS 16) pişmiş/ tereyağı kokuları kazandırmaktadır (Çizelge 4.2). Her iki bileşik taze barbun balığında saptanmamıştır. Benzer şekilde Mall ve Schieberle (2016) karideslerde ısıtma işlemi etkisiyle karbonhidrat yada proteinlerin parçalanması sonucu oluşan bazı laktonların (5-etil-3-hidroksi- 4-metil-2(5H)-furanon yada 3-hidroksi-4,5-dimetil-2(5H)-furanon) AS faktörlerinin ısıtma işlemi görmemiş taze karidesleri oranla oldukça yükseldiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, Liu ve ark. (2014) γ -bütirolakton bileşiğinin jambon örneklerinde saman kokusu kazandırdığını belirtmiştir. Benet ve ark. (2016) ise pişmiş kürlenmiş domuz jambonlarında bu bileşiğin örneklerde yanmış şeker kokusu verdiğini belirlenmiştir.

Isıtma işlemi görmüş balıklarda, aldehit grubu bileşiklerden iki tanesi aroma-aktiftir. (*E,E*)-2,4-Heptadienal, lipid oksidasyonu yoluyla ortaya çıkan ve okside balık lezzetleri ile ilişkili olan önemli aroma-aktif bileşiklerdendir. Bu bileşiğin AS değeri her iki balık örneğinde de 16 olarak belirlenmiş ve çiğ balık örneğinde saptanmamıştır. Mall ve Schieberle (2016) karideslerde ısıtma işlemine bağlı olarak “-dienal” grubu aldehitlerin aroma-aktivite durumunun arttığını saptamışlardır. Bu bileşik daha önce sardalyalarda, tütülenmiş ve taze somon balıklarında, gökkuşağı alabalıklarında belirlenmiştir. (Prost ve ark., 2004; Varlet ve ark., 2006; Selli ve ark., 2009). Dekanal bileşiği de buğulanarak ve fırında pişirilmiş balıklarda tespit edilen diğer bir aldehit bileşiği olup AS değeri her iki balık örneğinde de 2’dir (Çizelge 4.3).

Keton grubu bileşikleri arasından, asetoin (3-hidroksi-2-bütanon) ve 2,3-oktanedion bileşiklerinin aroma-aktif bileşikler olduğu saptanmıştır. Örneklerde asetoin bileşiğinin olumsuz yağı kokuya sebep olduğu, 2,3-oktanedion bileşiğinin ise pişmiş kokular verdiği belirlenmiştir. Asetoin, pişmiş çam mantarlarında da (*Tricholoma matsutake* Sing.) aroma-aktif bileşik olarak saptanırken, bu bileşiğin koku aktiflik değerinin bu çalışmada olduğu gibi, pişirme işlemi sonucu önemli düzeylerde yükseldiği bildirilmiştir (Cho ve ark., 2006). Le Guen ve ark. (2000) pişmiş midyelerde bu grup bileşikler içerisinde ve Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan 2,3-bütandion'un bu deniz ürününe istenen aromanın verilmesinde etkili bir bileşik olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu bileşiğin AS faktörünü 27 olarak saptamışlardır. 2,3-Oktanedion daha önce kahverengi alabalıklarda (metal), Asya deniz levreklerinde (pişmiş) aroma-aktif bileşik olarak belirlenmiştir (Turchini ve ark., 2004; Frank ve ark., 2009). Bu bileşiğin AS değeri iki örnekte de 32 olarak bulunmuştur.

Pişme sonrası balıkların aroma aktif bileşikleri arasında 2 adet azotlu bileşik saptanmıştır. Bu bileşiklerden 2-pirolidinon'un AS faktörü 8'dir ve patlamış mısır koku notuna sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Krings ve ark. (2006) kakao tozlarında da bu bileşiğin patlamış mısır kokusu verdiğini belirlemişlerdir. Jang ve ark. (2011) ise balık soslarında bu bileşiğin et kokusu verdiğini belirtmişlerdir. 1-Metil-2-pirolidinon (AS 2, 2) bileşiğinin yağı/balıksı karakterde koku verdiği saptanmıştır (Çizelge 4.3). Pirolidinon bileşiklerinin miktarı ısıtma işlemi sonucu artmaktadır. Wu ve ark. (2000) gıdada uygulanan temel pişirme yöntemlerinden olan yağda ve buharda pişirmenin şeker, yağ ve monosodyum glutamat içeren model sistemlerde etkilerini inceledikleri çalışmalarında, ısıtma işlemi ile 2-pirolidinon bileşiğinin oluştuğunu saptamış ve bu bileşiğin glutamik asitten bir dizi reaksiyon sonucunda oluştuğunu belirtmişlerdir. Öte yandan, Tressl ve Kresten (1993) ise bu bileşiğin 4-aminobütirik asit'e spesifik Maillard reaksiyonu ile oluştuğunu, oluşan bileşiğin orta düzeydeki pH ortamlarında kararlı olduğunu ve kavrulmuş tahıl kokusuna sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Ayrıca Çizelge 4.3’de de görüldüğü üzere terpen bileşiği olan linalol’ün örneklerle çiçek/yeşilimsi kokular kazandırdığı saptanmıştır. Bu bileşik çiğ balık örneğinde saptanmamıştır. Önceki çalışmalarda, pişmiş çam mantarlarında (*Tricholoma matsutake* Sing.)’da linalol’ün aroma-aktiflik değerinin pişirme işlemiyle yükseldiği bildirilmiştir (Cho ve ark., 1996).

Tanımlanamayan aroma aktif bileşiklerden LRI: 1173 pişmiş balık kokusu (B: AS 16; F: AS 32), LRI: 1637 (B: AS 64; F AS 64), yanık benzeri kokuları kazandırmaktadır. Bu bileşikler MS tanımlama eşiğinin altında kalacak kadar küçük konsantrasyonlardadır. Fakat koku algılama eşik değerleri çok düşük olduğundan panelistler tarafından yüksek yoğunlukta belirlenmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, avcılık yoluyla elde edilen taze ve pişmiş barbun balıklarının aroma maddeleri ve bu aroma maddeleri içerisinde karakteristik aromasını oluşturan aroma aktif bileşikler belirlemek amacıyla ele alınmıştır.

Bu araştırmadan elde edilecek bulguları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Ø GC-MS yardımıyla taze barbun balıklarında toplam 26 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Alkol grubu bileşikler sayı ve miktar olarak aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturan uçucu maddelerdir.
- Ø GC-MS yardımıyla buğulanarak ve fırında pişirilmiş barbun balıklarında toplam 27'şer adet aroma maddesi belirlenmiştir. Alkol grubu bileşikler sayı ve miktar olarak aroma maddelerinin en büyük kısmını oluşturan uçucu maddelerdir.
- Ø Olfaktometrik analiz sonuçlarına bakıldığında, taze barbun balıklarında toplam 8 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Tanımlanan aroma aktif bileşikler arasında dekanal (AS 16) en güçlü aroma aktif bileşiği olarak belirlenmiştir. Bu bileşiğin barbun balıklarına yeşilimsi koku kazandırdığı belirlenmiştir.
- Ø -Pişirme işlemi sonrasında yağ oksidasyonundan kaynaklı bileşiklerin, pişmiş barbun balıklarının aroma maddeleri üzerine baskın bir etkileri olduğu belirlenmiştir. Isıl işlemin karakteristik kokuyu oldukça değiştirdiği saptanmıştır.
- Ø -Buğulanarak ve fırında pişirilen barbun balıklarının aroma aktif bileşikleri arasında en baskın bileşiğin mantar kokusundan sorumlu 1-okten-3-ol bileşiği (B: AS 216; F: AS 512) olduğu saptanmıştır.

Ø -Fırınlanarak pişirilen barbun balıklarının kokusunun, buğulanarak pişirilen barbun balıklarının kokusuna kıyasla daha kuvvetli olduğu, ve sahip olduğu aroma-aktif bileşiklerin daha yüksek AS değerleri olduğu saptanmıştır. Bu pişirme yönteminin balıklara daha çok hoşagiden pişmiş kokular kazandırdığı saptanmıştır.

Bu bulgular göz önünde bulundurularak, Doğu Akdeniz bölgemizin önemli balık çeşitlerinden biri olan barbun balığının üzerinde benzer araştırmalar sürdürülmelidir. Özellikle, barbun balığının aroma maddeleri üzerine depolama, mevsim koşulları ve farklı bölgelerin etkisi de araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acree, T.H., Barnard, J. and Cunningham, D.G., 1984. A Procedure for the Sensory Analysis of Gas Chromatographic Effluents. *Food Chem.*, 14: 273-286.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., and Shahidi, F., 2005. Comparison of Volatiles of Cultured and Wild Sea Bream (*Sparu saurata*) During Storage in Ice by Dynamic Headspace Analysis/Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 2616-2622.
- Amanpour, A., Sonmezdag, A.S., Kelebek, H., Selli, S., 2015. GC–MS–Olfactometric Characterization of the most Aroma-Active Components in a Representative Aromatic Extract from Iranian Saffron (*Crocus sativus* L.). *Food Chem.*, 182: 251- 256.
- Averbeck, M., and Schieberle, P., 2011. Influence of Different Storage Conditions on Changes in the Key Aroma Compounds of Orange Juice Reconstituted from Concentrate. *Eur. Food Res. Technol.*, 232: 129-142.
- Blanch, H.W., Mirtha, M.F., Douglas S.C., 1991. Papain Kinetics in the Presence of a Water-Miscible Organic Solvent. *Biotechnol. Bioeng.*, 10: 967-972.
- Cadwallader, K.R., 2000. Enzymes and Flavor Biogenesis in Fish(N.F. Haard, editör). 2000. Seafood enzymes: Utilization and influence on postharvest seafood quality. CRC Publications, New York, 376-378 sayfa.
- Caprino, F., Moretti, V.M., Bellagamba, F., Turcchini, G.M., Busetto, M.L., Giani, I., Paleari, M.A., and Pazzaglia, M. 2008. Fatty Acid Composition and Volatile Compounds of Caviar from Farmed White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Anal. Chim. Acta*, 617: 139-147.
- Cayhan, G.G., and Selli, S., 2011. Characterization of the Key Aroma Compounds in Cooked Grey Mullet (*Mugil cephalus*) by Application of Aroma Extract Dilution Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 59: 654–659.

- Çelik, Ö., Torcu, H., 2000. Ege Denizi, Edremit Körfezi Barbunya Balığı (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)'nın Biyolojisi Üzerine Araştırmalar. Turk J Vet Anim Sci, 24: 287–295.
- Chang, Y., Hou, H., Li, B., 2016. Identification of Volatile Compounds in Codfish (*Gadus*) by a Combination of Two Extraction Methods Coupled with GC-MS Analysis. J. Ocean Univ. China, 15: 509-514.
- Chinivasagam, H.Ç.N., Bremner, H.A., Wood, A.F., and Nothigam, S.M., 1998. Volatile Components Associated with Bacterial Spoilage of Tropical Prawns. Int. J. Food Microbiol., 42: 45-55.
- Cho, I, H., Kim, S.Y Choi, H.K., and Kim, Y. S., 2006. Characterization of Aroma-Active Compounds in Raw and Cooked Pine-Mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.). J. Agric. Food Chem., 54: 6332-6335.
- Chung, H.Y., and Cadwallader, K.R., 1994. Aroma Extract Dilution Analysis of Blue Crab Claw Meat Volatiles. J. Agric. Food Chem. 42,: 2867-2870.
- Chung, H.Y., Yeung, C.W., Kim, J.S., and Chen, F., 2007. Static Headspace Analysis-Olfactometry (SHA-O) of Odor Impact Components in Salted-Dried White Herring (*Ilisha elongata*) Food Chem., 104: 842-851.
- Chung, H.Y., Yung, I.K.S., Joyce M.A., and Kim, J.S., 2002. Analysis of Volatile Components in Frozen and Dried Scallops (*Patinopecten yessoensis*) by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Food Res. Intern., 35: 43-53.
- Çoban, Ö.E. ve Özpolat, E., 2011. Farklı Asetik Asit Solüsyonlarıyla Marine Edilmiş Barbunya (*Mullus barbatus barbatus* L., 1758) Balıklarının Çeşitli Soslarla Değerlendirilmesi. SDU J. Sci, 6 (1): 26-34.
- Collin, S., Nizet, S., Muls, S., Iraqi, R., Bouseta, A., 2008. Characterization of Odor-Active Compounds in Extracts Obtained by Simultaneous Extraction/Distillation from Moroccan Black Olives. J. Agric. Food Chem., 56: 3273–3278.

- Darılmaz, E., Kucuksezgin, F., 2012. Distribution of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in Red Mullet (*Mullus barbatus*) and Annular Sea Bream (*Diplodus annularis*) from the Izmir Bay (Eastern Aegean). Bull Environ. Contam. Toxicol., 88: 283–289.
- Duflos, G., Coin, V.M., Cornu, M., Antinelli, J.F. and Malle, P., 2006. Determination of Volatile Compounds to Characterize Fish Spoilage Using Headspace/Mass Spectrometry and Solid-Phase Microextraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry. J. Sci. Food Agric., 86: 600-611.
- Ebeler, E.S., Terrien, M.B. and Butzke, C.E., 2000. Analysis of Brandy Aroma by Solid Phase Microextraction and Liquid-Liquid Extraction. J. Sci. Food Agric., 80: 625-630.
- Edirisinghe, R.K.B., Graham, A.J. and Taylor, S.J., 2007. Characterisation of the Volatiles of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) During Storage by Solid Phase Microextraction and GC-MS and their Relationship to fish Quality Parameters. Int. J. Food Sci. Technol., 42: 1139-1147.
- El Hattab, M., Culioli, G., Piovetti, L., Chitour, S.E., and Valls, R., 2007. Comparison of Various Extraction Methods for Identification and Determination of Volatile Metabolites from the brown alga (*Dictyopteris membranacea*). J. Chromatog. A., 1143: 1-7.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2014. Fishery and Aquaculture Statistics-2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Species Fact Sheets: *Mullus barbatus*. <http://www.fao.org/fishery/species/3208/en> Erişim tarihi : 17.09.2015.
- Ferreira, V., Petka, J. and Aznar, M., 2002. Aroma Extract Dilution Analysis. Precision and Optimal Experimental Design. J. Agric. Food Chem., 50: 1508-1514.

- Fickert, B., Schieberle, P., 1998. Identification of the Key Odorants in Barly Malt (Caramalt) Using GC/MS Tecniques and Odour Dilution Analyses. *Nahrung*, 42: 371–375.
- Fischer, A., GRAB, W., Schieberle, P., 2008. Characterisation of the Most Odour-Active Compounds in a Peel Oil Extract from Pontianal Oranges (*Citrus nobilis* var. Lour. Microcarpa Hassk.). *Eur. Food Res. Technol.*, 227: 735-744.
- Frank, D., Poole, S., Kirchhoff, S., and Forde, C., 2009. Investigation of Sensory and Volatile Characteristics of Farmed and Wild Barramundi (*Lates calcarifer*) using Gas Chromatography-Olfactometry Mass Spectrometry and Descriptive Sensory Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 10302–10312.
- Frank, S., Wollman, N., Schieberle, P., Hofmann, T., 2011. Reconstitution of the Flavor Signature of Dornfelder Red Wine on The Basis of the Natural Concentrations of its Key Aroma and Taste Compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 59: 8866–8874.
- Ganeko, N., Shoda, M., Hirohara, I., Bhadra, A., Ishida, T., Matsuda, H., Takamura, H., and Matoba, T., 2008. Analysis of Volatile Flavor Compounds of Sardine (*Sardinops melanostica*) by Solid Phase Microextraction. *J. Food Sci.*, 73: 83-88.
- Giogios, I., Grigorakis, K., Kalogeropoulos, N., 2013. Organoleptic and Chemical Quality of Farmed Meagre (*Argyrosomus regius*) as Affected by Size. *Food Chem.*, 141: 3153–3159.
- Giogios, I., Kalogeropoulos, N., and Grigorakis, K., 2013. Volatile Compounds of Some Popular Mediterranean Seafood Species. *Med. Mar. Sc.*, 14(2): 343-352.
- Giri, A., Okamoto, A., Okazaki, E., Ohshima, T., 2010. Headspace Volatiles along with Other Instrumental and Sensory Analyses as Indices of Maturation of Horse Mackerel Miso. *J. Food Sci.*, 75(8), 406-417.

- Grosch, W., 2001. Evaluation of Key Odorants of Foods by Dilution Experiments, Aroma Models and Emission. *Chem. Senses*, 26: 533-545.
- Gumuş, B., İkiz, R., Unlusayın, M., Gulyavuz, H., 2008. Quality Changes of Salted Red Mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) During Vacuum Packaged Stored at +4°C*. *E.U. J Fisheries & Aquatic. Sci.*, 25(2): 101–104.
- Hallier, A., Prost, C., and Serot, T., 2005. Influence of Rearing Conditions on the Volatile Compounds of Cooked Fillets of *Silurus glanis* (*European Catfish*). *J. Agric. Food Chem.*, 53: 7204-7211.
- Hammer, M. and Schieberle, P., 2013. Model Studies on the Key Aroma Compounds Formed by an Oxidative Degradation of ω -3 Fatty Acids Initiated by either Copper(II) Ions or Lipoxygenase. *J. Agric. Food Chem.*, 61: 10891–10900.
- Iglesias, J., Medina, I., Bianchi, F., Careri, M., Mangia, A., & Musci, M. (2009). Study of the Volatile Compounds Useful for the Characterisation of Fresh and Frozenthawed Cultured Gilthead Sea Bream Fish by Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *Food Chem.*, 115: 1473–1478.
- Ishizaki, S., Tachihara, T., Tamura, H., Yanai, T. and Kitahara, T. 2004. Evaluation of Odour-Active Compounds in Roasted Shrimp (*Sergia lucens Hansen*) by Aroma Extract Dilution Analysis. *Flavour Fragr. J.*, 20: 562-566.
- Iraqi, R., Vermeulen, C., Benzekri, A., Bouseta, A., Collin, S., 2005. Screening for Key Odorants in Moroccan Green Olives by Gas Chromatography-Olfactometry/Aroma Extract Dilution Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 1179–1184.
- Jiang, J. J., Zeng, X. Q., and Zhu, Z. W., 2011. Analysis of Volatile Compounds in Traditional Chinese Fish Sauce (Yu Lu). *Food Bioprocess Technol.*, 4: 266–271.

- Jonsdottir, R., Olafsdottir, G., Chanie, E., and Haugen, J.E., 2008. Volatile Compounds Suitable for Rapid Detection as Quality Indicators of Cold Smoked Salmon (*Salmo salar*). Food Chem.109: 184-195.
- Josephson, D. B., Lindsay, R. C., Stuiber, D. A., 1983. Identification of Compounds Characterizing the Aroma of Fresh Whitefish (*Coregonus clupeaformis*). J. Agric. Food Chem., 31: 326-330.
- Josephson, D. B., Lindsay, R. C., Stuiber, D. A., 1984. Variations in the Occurrences of Enzymically Derived Volatile Aroma Compounds in Salt- and Freshwater Fish. J. Agrlc. Food Chem., 32: 1344-1347.
- Josephson, D.B., Lindsay, R.C., and Stuiber, D.A., 1991. Influence of Maturity on the Volatile Aroma Compounds from Fresh Pacific and Great Lakes Salmon. J. Food Sci., 56: 422-440.
- Karabulut, H.A. ve Yandı, İ., 2006. Su Ürünlerindeki Omega-3 Yağ Asitlerinin Önemi ve Sağlık Üzerine Etkisi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23: 339-342.
- Kawai, T., 1996. Fish Flavor. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 36(3):257-298.
- Kesen, S., Kelebek, H., Selli, S., 2014. Characterization of the Key Aroma Compounds in Turkish Olive Oils from Different Geographic Origins by Application of Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA). J. Agric. Food Chem., 62: 391-401.
- Keskin, E. 2007. Türkiye İhtiyofaunasındaki Mullidae Ailesindeki Türlerin Filogenetik Yakınlıklarının Morfolojik ve Genetik Farklarla Korelasyonu, Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 3-4 s.
- Kirchoff, E., Schieberle, P., 2002. Quantitation of Odor-Active Compounds in rye Flour and Rye Sourdough Using Stable Isotope Dilution Assays. J. Agric. Food Chem., 50: 5378-5385.

- Koubaa, A., Mihoubi, N.B., Abdelmouleh, A., and Bouain, A., 2012. Comparison of the Effects of Four Cooking Methods on Fatty Acid Profiles and Nutritional Composition of Red Mullet (*Mullus barbatus*) Muscle. Food Sci. Biotechnol., 21(5): 1243-1250.
- Krings, U., Zelena, K., Wu, S., Berger R.G., 2006. Thin-Layer High-Vacuum Distillation to Isolate Volatile Flavor Compounds of Cocoa Powder. Eur Food Res Technol., 223: 675–681.
- Kubota, K., Matsukage, Y., Sekiwa, Y., and Kobayashi. S., 1996. Identification of the Characteristic Volatile Flavor Compounds Formed by Cooking Squid (*Todarodes pacificus*). Food Sci. Technol., 2(3): 163 166.
- Kucuksezgin, F., Altay, O., Uluturhan. E., and Kontas, A., 2001. Trace Metal and Organochlorine Residue Levels in Red Mullet (*Mullus barbatus*) from The Eastern Aegean, Turkey. Water Research, 35(9): 2327–2332.
- Le Guen, S., Prost, C., and Demaimay M., 2000. Critical Comparison of Three Olfactometric Methods for the Identification of the Most Potent Odorants in Cooked Mussels (*Mytilus edulis*). J. Agric. Food Chem., 48: 1307-1314.
- Le Guen, S., Prost, C., Demaimay, M., 2000. Characterization of Odorant Compounds of Mussels (*Mytilus edulis*) According to Their Origin Using Gas Chromatography–Olfactometry and Gas Chromatography–Mass Spectrometry. J. Chromatogr. A, 896: 361 –371.
- Le Guillien, M.D. and Errecalde, M.C., 2002. Volatile Components of Raw and Smoked Black Bream (*Brama raii*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Studied by Means of Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry. J. Food Sci.Agric., 82: 945-952.
- Le Guillien, M.D., Errecalde, M.C., Salmeron, J. and Casas, C., 2005. Headspace Volatile Components of Smoked Swordfish (*Xiphias gladius*) and Cod (*Gadus morhua*) Detected by Means of Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Food Chem. 94: 151-156.

- Leduc, F., Tournayre, P., Kondjoyan, N., Mercier, F., Malle, P., Kol, O., Berdagué, J.L., Duflos, G., 2012. Evolution of Volatile Odorous Compounds During The Storage of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*). Food Chem., 131: 1304–1311.
- Lee, G.-H., Suriyaphan, O., and Cadwallader, K.R., 2001. Aroma Components of Cooked Tail Meat of American Lobster (*Homarus americanus*). J. Agric. Food Chem., 49: 4324-4332.
- Liu, X. S., Liu, J. B., Yang, Z. M., Song, H. L., Liu, Y., and Zou, T. T., 2014. Aroma-Active Compounds in Jinhua Ham Produced With Different Fermentation Periods. Molecules, 19, 19097-19113.
- Magma, J. A., and Katz, I., 1976. Lactones in Foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 8(1): 1-56.
- Mahmoud, M.A.A., and Buettner, A., 2016a. Characterisation of Aroma-Active and Off-Odour Compounds in German Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Part I: Case of Aquaculture Water from Earthen-Ponds Farming. Food Chem., 210: 623-630.
- Mahmoud, M.A.A., and Buettner, A., (Baskıda)b. Characterisation of Aroma-Active and Off-Odour Compounds in German Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Part II: Case of Fish Meat and Skin from Earthen-Ponds Farming. Food Chem.
- Mall, V., and Schieberle, P., 2016. Characterization of Key Aroma Compounds in Raw and Thermally Processed Prawns and Thermally Processed Lobsters by Application of Aroma Extract Dilution Analysis. J. Agric. Food Chem., 64: 6433–6442.
- Medinaa, I., Satue-Graciab, M.T., and Frankelb, E.N., 1999. Static Headspace Gas Chromatographic Analyses to Determine Oxidation of Fish Muscle Lipids During Thermal Processing. JAOCS, 76(2): 231-326.

- Methven, L., Tsoukka, M., Oruna-Concha, M. J., Parker, J.K., Mottram, D. S., 2007. Influence of Sulfur Amino Acids on the Volatile and Nonvolatile Components of Cooked Salmon (*Salmo salar*). J. Agric. Food Chem., Vol. 55: No. 4.
- Michihata, T., Yano, T., Enomoto, T., 2002. Volatile Compounds of Headspace Gas in the Japanese Fish Sauce Ishiru. Biosci. Biotechnol. Biochem., 66(10): 2251–2255.
- Milo, C. and Grosch, W., 1993. Changes in the Odorants of Boiled Trout (*Salmo fario*) As Affected by the Storage of the Raw Material. J. Agric. Food Chem. 41: 2076-2081.
- Min, D.B.S., Ina, K., Peterson, R.J., Chang, S.S., 1979. Preliminary Identification of Volatile Flavor Compounds in the Neutral Fraction of Roast Beef. J. Food Sci. 44, 639-642.
- Mohamed, H.N., Man, Y.Ç., Mustafa, S., Manap, Y.A., 2012. Tentative Identification of Volatile Flavor Compounds in Commercial Budu, a Malaysian Fish Sauce, Using GC-MS. Molecules, 17: 5062-5080.
- Moreira, N., Valente, L.M.P., Castro-Cunha, M., Cunha, L.M., Guedes de Pinho, P., 2013. Effect of Storage Time and Heat Processing on The Volatile Profile of Senegalese Sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) Muscle. Food Chem., 138: 2365–2373.
- Nissen, W.M.A., 2001. Principles and Instrumentation of Gas Chromatography–Mass Spectrometry (W.M.A. Nissen editör). Current Practice Of Gas Chromatography. Marcel Dekker, Inc., USA, 1-31 sayfa.
- Nordvi, B., Langsrud, Ø., Egeland, B., Slinde, E., Vogt, G., Gutierrez, M., Olsen, E., 2007. Characterization of Volatile Compounds in a Fermented and Dried Fish Product during Cold Storage. J. Food Sci., 72(6): 373-380.

- Olafsdottir, G. and Fleurence, J., 1998. Evaluation of Fish Freshness Using Volatile Compounds- Classification of Volatile Compounds in Fish. In: *Methods to Determine the Freshness of Fish in Research and Industry*, Proceeding of the Final Meeting of the Concerted Action "Evaluation of Fish Freshness" AIR3 CT94 2283. Nanthes Nov 12-14, 1997. International Institute of refrigeration, 55-69.
- Olafsdottir, G., 2005. Volatile Compounds as Quality Indicators in Chilled Fish: Evaluation of Microbial Metabolites by an Electronic Nose. PHD thesis, Printed in Iceland by Gutenberg, Reykjavik.
- Özdamar, K., 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 535s .
- Ozyurt, G., Kuley, E., Ozkutuk, S., Ozogul, F., 2009. Sensory, Microbiological and Chemical Assessment of The Freshness of Red Mullet (*Mullus barbatus*) and Goldband Goatfish (*Upeneus moluccensis*) During Storage in Ice. Food Chem., 114: 505–510.
- Pérez-Palacios, T., Petisca, C., Henriques, R., Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2013. Impact of Cooking and Handling Conditions on Furanic Compounds in Breaded Fish Products. Food and Chemical Toxicology, 55: 222–228.
- Persson, P.E., 1995. Century Studies on Aquatic Off-flavours - a Historical review. Wal. Sci. Tech, 31(2): 9-13.
- Priser, C., Etievant, P.X., Nicalous, S., Brun, O., 1997. Representative Champagne Wine Extracts for Gas Chromatography-Olfactometry Analysis, J. Agric. Food Chem., 45: 3511-3514.
- Prost C., Hallier, A., Cardinal, M., Serot, T., and Courcoux, P., 2004. Effect of Storage Time on Raw Sardine (*Sardina pilchardus*) Flavor and Aroma Quality. J. Food Sci. 69: 198-203.
- Prost, C., Serot, T., and Demaimay, M., 1998. Identification of the Most Potent Odorants in Wild and Farmed Cooked turbot (*Scophthalmus maximus* L.) J. Agric. Food Chem., 46: 3214-3219.

- Quirós, A.R.B.D., López-Hernández, J., González-Castro, M.J., de la Cruz-García, C., Simal-Lozano, J., 2001. Comparison of Volatile Components in Fresh and Canned Sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck) Gonads by GC–MS Using Dynamic Headspace Sampling and Microwave Desorption. *Eur Food Res. Technol.*, 212: 643–647.
- Reiners, J., and Grosch, W., 1998. Odorants of Virgin Olive Oils with Different Flavor Profiles. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 2754-2763.
- Ruth, S. M., 2001. Methods for Gas Chromatography-Olfactometry: a Review. *Biomolecular Engineering*, 17: 121–128.
- Schneider, R., Rauzungles, A., Augier, C., and Baumes, R., 2001. Monoterpenic and Norisoprenoid Glycoconjugates of *Vitis vinifera* L. Cv. Melon B. As Precursors of Odorants in Muscadet Wines, *J. Chromatog. A*, 936: 145-157.
- Selli, S., Prost, C., and Serot, T., 2008. Odour-Active and Off-odour Components in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Extracts Obtained by Microwave Assisted Distillation–Solvent Extraction. *Food Chem.*, 114: 317–322.
- Selli, S., Rannou, C., Prost, C., Robin, J., and Serot, T., 2006. Characterization of Aroma-Active Compounds in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Eliciting an Off-Odor. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 9496–9502.
- Serot, T., Regost, C., Prost, C., Robin, J., and Arzel, J., 2001. Effect of Dietary Lipid Sources on Odour-Active Compounds in Muscle of Turbot (*Psetta maxima*). *J Sci Food Agric.*, 81(14): 1339-1346.
- Serot, T., Regost, C., and Arzel, J., 2002. Identification of Odour-Active Compounds in Muscle of Brown Trout (*Salmo trutta*) as Affected by Dietary Lipid Sources. *J Sci Food Agric.*, 82: 636-643.
- Shahidi, F., 2000. Lipids in Flavor Formation. In *Flavor Chemistry* (Eds Risch, S., et al) American Chemical Society.

- Silva, J.M.G., Valente, L.M.P., Castro-Cunha, M., Bacelar, M., Guedes de Pinho, P., 2012. Impact of Dietary Plant Protein Levels on the Volatile Composition of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) Muscle. *Food Chem.*, 131: 596–602.
- Sollner, K., Schieberle, P., 2009. Decoding the Key Aroma Compounds of a Hungarian-Type Salami by Molecular Sensory Science Approaches. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 4319-4327.
- Soncin, S., Chiesa, L. M., Panseri, S., Biondi, P., Cantonia, C., 2009. Determination of Volatile Compounds of Precooked Prawn (*Penaeus vannamei*) and Cultured Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice as Possible Spoilage Markers Using Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *J Sci Food Agric*, 89: 436–442.
- Steinhaus, M., and Schieberle, P., 2000. Comparison of the Most Odor-Active Compounds in Fresh and Dried Hop Cones (*Humulus lupulus* l. variety spalter select) Based on GC-Olfactometry and Odor Dilution Techniques. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 1776-1783.
- Sun, J., Wang, Q.J., Huang, J., Hou, Y.D., Chen, Y.F. and Su, X.R., 2013. Influence of Heating Temperature on the Development of Volatile Compounds in Bigeye Tuna Meat (*Thunnus obesus*) as Assessed by E-nose and SPME-GC/MS. *IFRJ*, 20(6): 3077-3083.
- Tao, N. -P., Wu, R., Zhou, P. -G., Gu, S.-Q., Wu, W., 2014. Characterization of Odor-Active Compounds in Cooked Meat of Farmed Obscure Puffer (*Takifugu obscurus*) Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry-Olfactometry. *JFDA.*, 22: 431- 438.
- Tressl, R., and Kersten, E., 1993. Formation of Pyrroles, 2-Pyrrolidones, and Pyridones by Heating of 4-Aminobutyric Acid and Reducing Sugars. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 2125-2130.

- Triqui, R. 2006. Sensory and Flavour Profiles as a Means of Assessing Freshness of Hake (*Merluccius merluccius*) During Ice Storage. Eur. Food Res. Technol., 222: 41-47.
- Tüik (Türkiye İstatistik Kurumu), 2015. Su Ürünleri İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> Erişim tarihi: 17.09.2015.
- Varlet, V., Knockaert, C., Prost, C., and Serot, T., 2006. Comparison of Odor-Active Volatile Compounds of Fresh and Smoked Salmon. J. Agric. Food Chem., 54: 3391-3401.
- Vidal, N. P., Manzanos, M. J., Goicoechea, E., Guillén, M. D., 2016. Farmed and Wild Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) Volatile Metabolites: a Comparative Study by SPME-GC/MS. J. Sci. Food Agric.; 96: 1181–1193.
- Vila, D.H., Mira, J.H., Lucena, R.B. and Recamales, A.F., 1999. Optimization of an Extraction Method of Aroma Compounds in White Wine Using Ultrasound, Talanta, 50: 413-421.
- Wang, H.X., Qin, L., Wang, Y., Zhou, D.Y., Song, S., Wang X.S., Zhu, B.W., 2014. Effects of Heating Conditions on Fatty Acids and Volatile Compounds in Foot Muscle of Abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Fish Sci, 80: 1097–1107.
- Wang, S. J., Huang, Q. J., Hou, J.i Chen, Y. D., Su, X. R., 2013. Influence of Heating Temperature on the Development of Volatile compounds in Bigeye tuna meat (*Thunnus obesus*) as Assessed by E-Nose and SPME-GC/MS. Int. Food Res. J., 20(6): 3077-3083.
- Whitfiel, F. B., 1999. Biological Origins of Off-flavours in Fish and Crustaceans. Wal. Sci. Tlch., 40(6): 265-272.
- Wu, C.M., Wang, Z., and Wu Q.H., 2000. Volatile Compounds Produced from Monosodium Glutamate in Common Food Cooking. J. Agric. Food Chem., 48: 2438–2442.

- Yanar, Y., Kucukgulmez, A., Ersoy, B., Celik, M., 2007. Cooking Effects on Fatty Acid Composition of Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fillets. *J. Muscle Foods*, 18: 88-94.
- Yimdee, T., and Wang, X.C., 2016. Comparison of Odor and Taste of Commercial Brand Fish Sauces from East and South East Asian Countries. *Int. J. Food Prop.*, 19: 873–896.
- Zellner B. A., Dugo, P., Dugo, G., Mondello, L., 2008. Gas Chromatography–Olfactometry in Food Flavour Analysis. *Journal of Chromatography A*, 1186:123–143.
- Zhou, X., Chong, Y., Ding, Y., Gu, S., Liu, L., 2016. Determination of the Effects of Different Washing Processes on Aroma Characteristics in Silver Carp Mince by MMSE–GC–MS, E-Nose and Sensory Evaluation. *Food Chem.*, 207: 205–213.

ÖZGEÇMİŞ

27/11/1991 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa'da tamamladı. 2014 yılında Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

2015 yılından itibaren, TÜBİTAK araştırma projesinde Bursiyer olarak çalışmaktadır (Proje başlığı: *Olgun beyaz peynir lezzetine sahip mikroenkapsüle enzim modifiye peynir tozu üretimi, TÜBİTAK TOVAG. Proje no: 115O229*)

Yüksek lisansı boyunca birer tanesi sözlü olarak sunulan, toplam dörder adet ulusal ve uluslararası bildirisi vardır. Ek olarak, birisi SCI kapsamında taranan dergide olmak üzere, üç makalesi basılmış veya basım aşamasındadır.