



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**İstanbul İlinin Çeşitli Bölgelerinde Satışa Sunulan Karides, Hamsi ve Mezgit'in Et Dokusundaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Düzeylerinin Tespit Edilmesi**

**Esra Billur BALCIOĞLU\*<sup>1</sup>, Zafer CEYLAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, 34134, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 65080, Van, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-posta: [ebillur@istanbul.edu.tr](mailto:ebillur@istanbul.edu.tr)

**Makale Bilgileri**

Geliş: 26.09.2018  
Kabul: 20.05.2019  
Online Yayınlanma 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.464001

**Anahtar kelimeler**

Gıda güvenliği,  
Hamsi,  
Karides,  
Mezgit,  
PAH

**Öz:** Bu çalışmada İstanbul'un günlük hareketliliğinin en yoğun olduğu sekiz farklı sahil şeridi bölgesinden elde edilen Hamsi, Karides ve Mezgit türlerindeki 16 farklı Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) bileşenlerinin konsantrasyonları incelenmiştir. TPAH değerleri incelendiğinde en yoğun TPAH (maksimum: 2202 15 ng/g) sekiz farklı bölgeden elde edilen karides örneklerinin altısında gözlenmiştir. Tüm gruplar arasında istatistiksel fark tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Karides tüm çalışma süresince en yüksek TPAH içeren grup olurken, hamsi ikinci sırada yer almıştır. Bu durum gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından dikkate alınması gereken önemli bir veri olarak dikkati çekmektedir.

**Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Levels in Meat Tissue of Shrimp, Anchovy and Whiting for Sale in Various Regions in Istanbul Province**

**Article Info**

Received: 26.09.2018  
Accepted: 20.05.2019  
Online Published 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.464001

**Keywords**

Food safety,  
Anchovy,  
Shrimp,  
Whiting,  
PAH

**Abstract:** In this study, the concentrations of 16 different polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) components were examined in anchovy, shrimp and whiting species from Istanbul's eight different coastal belt regions having intense daily activity. When TPAH values were investigated, the highest TPAHs (maximum: 2202 15 ng/g) were found in shrimp samples at six of eight different regions. However, statistical difference was found between all groups ( $P<0.05$ ). The shrimp was the group having the highest TPAH during the whole study, while the anchovy was the second. This is important data that should be considered in terms of food safety and public health.

**1. Giriş**

Türkiye yüzölçümü olarak Dünya'nın en büyük 34. ülkesidir. İstanbul ise yüz ölçümü olarak Türkiye'nin 81 ili arasında 64. sırada yer almaktadır. Ancak, bu kadar küçük yüzölçümüne rağmen, İstanbul, Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en yüksek olan şehridir. Öyle ki ülke nüfusunun yaklaşık %20'si bu dar alanda yaşam sürdürmektedir. Bu bağlamda böyle bir şehirde yaşayan insanların

ihtiyaçları da yüksek olmaktadır. Sağlık ihtiyaçlarından, beslenme ve barınma ihtiyaçlarına kadar pek çok husus, günlük hayatta İstanbul'da yaşayan insanlar için büyük önem arz etmektedir. Yukarıda belirttiğimiz ihtiyaçlar içerisinde belki de en önemlisi sağlıklı besin kaynaklarına ulaşmaktır. Bu bağlamda, su ürünleri protein değeri yüksek, esansiyel yağ asitleri ve aminoasitlerce zengin (Bartle, 1991) ve bu özellikleri ile diğer et ürünlerine kıyasla daha ucuz bir gıda maddesidir.

Mikrobiyolojik (mezofilik bakteri sayısındaki artış gibi), kimyasal (toplam uçucu bazik azot değerindeki artış gibi), fizikokimyasal (pH da ki artış gibi), duyuşsal (koku ve tat gibi) bozulmalar uygun gıda muhafaza yöntemi uygulanmadığında çok hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir (Külcü 2017; Ceylan ve ark. 2017). İstanbul gibi yoğun bir şehirde gıda zincirinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi de bir hayli güçtür. Yukarıda belirtilen, bozulmaların yanı sıra insan sağlığını tehdit eden bir diğer kimyasal tehlike de Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlardır (PAHs). PAH' lar evsel-endüstriyel atıkların, kanalizasyon sularının deşarjı, araç egzozlarının yoğunlaşması, asfalt yol yüzeyinin aşınımı, gemicilik ve liman faaliyetleri, yerel ve endüstriyel fabrika atığı deşarjları, hızlı eko turizm ve atmosferik girdiler gibi nedenlerle oluşmaktadır ve bu şekilde deniz suyuna kolay bir şekilde geçiş yapmaktadır (Ceylan ve Şengör, 2015). Bu belirtilen tüm etkenlerin özellikle ülkenin batı bölümünde çok daha yoğun olduğu düşünöldüğünde, PAH' larla kontamine olmuş sularda yaşayan balık ya da diğer su ürünlerinin ne kadar sağlıklı olabileceği de bilim camiasında hâlihazırda tartışma konusudur. İki veya daha fazla benzen halkasını içeren organik kirleticiler olarak tanımlanan PAH' lar Avrupa Birliği tarafından mutajenik ve karsinojenik özelliklerinden dolayı denizel ve çevresel ortamda yaygın olarak bulunabilen tehlikeli yapılar olarak tanımlanmaktadır (USEPA 2000; Bouloubassi ve ark., 2006). Bu yapılar kolaylıkla yağlı dokulara geçiş yapabilmektedir. Balık yağı ve balıktaki toplam PAH düzeyi arasında bir ilişki olduğu (Başak ve ark., 2010) düşünöldüğünde bu durum daha da büyük önem kazanmaktadır. Özellikle yüksek moleköl ağırlığına (HMW) sahip olan PAH' lar balıkta bulunabilmektedir, ayrıca 2-3 aromatik halka içeren düşük moleköl ağırlığına sahip olan PAH' lar pek çok sucul organizma için toksik etkiye sahip olabilmektedir (Wilson ve ark., 1992; Brown ve Peake, 2006). Avrupa Birliği, gıda maddesinin yaş ağırlığında 1 µg/g benzo(a)pyrene değerinin, balık eti için kanserojenik riski temsil ettiğini belirtmiştir (EU, 2006). Çalışmamızda, örneklerin toplandığı (satışa sunulduğu) yerlerin tamamı İstanbul'un en yoğun kara, deniz ve hatta hava trafiğine maruz kalan bölgeleri olmalarının yanı sıra, aynı zaman da nüfus sirkülasyonunun en yoğun olduğu bölgeler olduğu dikkati çekmektedir. Ayrıca, tamamı sahil şeridinde yer alan bu bölgeler, İstanbul'un diğer bölgelerine göre daha fazla ticari balık faaliyetine sahiptir.

Bu bağlamda, bu çalışmada yağlı (hamsi), az yağlı (mezgit) balık türleri ve dipte yaşayan bir tür olan karidesin yenilebilir et dokusundaki 16 farklı PAH bileşiği ile toplam PAH düzeylerinin içeriğinin ortaya konulmasını ve insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin ortaya konulması ve yorumlanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma materyali olarak balık türlerinden hamsi (n=30) ve mezgit (n=30), kabuklu su ürünlerinden ise dipte yaşayan karides (n=30) kullanılmıştır. Çalışma dâhilinde önce örneklerin temini sağlanmış, daha sonra da örnekler temizlenmiş ve laboratuardaki analiz sürecine geçilmiştir. Örnekler Avrupa yakasından Sarıyer, Beşiktaş, Karaköy ve Samatya, Anadolu yakasından ise Kadıköy, Kartal, Tuzla ve Kozyatağı bölgelerinden temin edilmiştir. Kıyaslamamanın yapılabilmesi için de her çarşından aynı tür örnekler alınmıştır. Örnekler temizlendikten sonra alüminyum folyoya sarılarak analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Analiz sırası geldikçe de derin dondurucudan çıkarılarak 30 farklı numune parçalanıp homojen hale getirilmiş ve aşağıda belirtilen metoda göre analiz edilerek PAH düzeyleri tespit edilmiştir.

Yaş ağırlık olarak tartılan ve ağırlığı kaydedilen örnekler 2N metanolik KOH (MeOH: H<sub>2</sub>O, 9:1) ile geri çeviren soğutucuda sabunlaştırılarak örneklerden lipit giderimi sağlanmıştır. Sabunlaştırılan örnekler ayırma hunisine alınarak sikloheksanla ekstrakte edildikten sonra ekstraksiyonla ayrılan faz azot gazı ortamında uçurulmuş, kalan bakiye 2 ml heksanda çözünerek ayırma işlemi uygulanmıştır.

Organik kirleticilerin analizlerinde matriksten gelebilecek yağ asitleri ve ftalatlar gibi maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayırma işlemi florosil, alümina, silika vs. gibi maddelerle yapılmaktadır. PAH ve pestisit analizlerinde daha çok florosil kullanılmaktadır. Florosilin temizleme

işleminde kullanılması için bazı ön işlemlere tabi tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada 140°C' de 16 saat boyunca aktive edilen florosil deaktive edildikten sonra, 10 dk boyunca karıştırılır. Kolon, bir pastör pipeti uç kısmına cam yünü, üstüne 1 gr deaktive (% 3'ü kadar saf su ile) florosil ve son olarak susuz sodyum sülfat konarak hazırlanır. 5 ml heksan ile kolon şartlandırılıp, 1 ml numune tatbik edilir. Ardından 5 ml Heksan: DCM (1:1) ile aromatik moleküller alınmıştır. Daha sonra azot ortamında aromatik moleküller içeren çözelti son hacim 1 ml olacak şekilde uçurulup, HPLC cihazında analize hazır hale getirilmiştir (Balcıoğlu ve ark. 2017; Balcıoğlu, 2016).

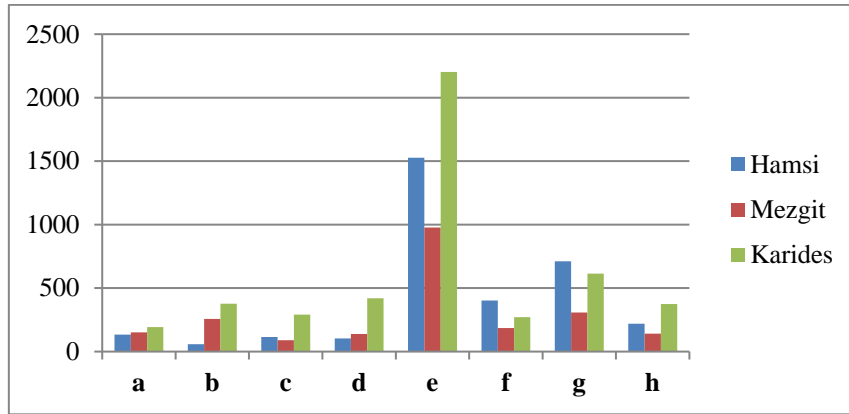
EPA, 16 PAH'ı temel kirleticiler olarak belirlemiştir. Bunlar naftalen (NAP), asenaften (AC), asenaftilen (ACL), floren (FL), fenantren (PHE), antrasen (AN), floranten (FA), piren (PY), krisen (CHR), benzo[a]antrasen (BaA), benzo[b+k]floranten ((B[b + k]FA), perilen (PR), benzo[a]piren (BaP), indeno[1,2,3-c,d]piren (IP), benzo[g,h,i]perilen (BghiP) ve dibenzo[a,h]antrasen (DBahA)' dir. Çalışmada bu bileşenlerin tümü analiz edilmiştir.

Bu çalışmadaki PAH analizlerinde Perkin Elmer Series 200 HPLC cihazı ve cihazda PAH analizleri için C18, 250 x 6 mm i.d., 5 µm kolon kullanılmıştır. Kullanılan mobil fazlar 4 dk boyunca % 80 asetonitril ve % 20 su olarak uygulanmış, daha sonra ise gradient, 20 dk süre sonunda %100 asetonitril ve % 0 su olacak şekilde ayarlanmıştır. Mobil fazın akış hızı 1,3 ml /dk' dır. Bir örneğe ait PAH analizi 24 dk içerisinde tamamlanmıştır.

Bileşenlere ait geri kazanım oranları yüzde (%) olarak, naftalin, 84; asenaftalin, 78; flouren, 84; asenaften, 85; fenantren, 85, antrasen, 93; floranten, 80; piren, 79; krisen, 100; benzo(a)antrasen, 89; benzo(b+k)floranten, 85; perilen, 88; benzo(a)piren, 89; dibenz(a,h)antrasen, 100; indeno(1,2,3-cd)prien, 75 ve benzo(ghi)perilen, 100 olarak bulunmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı PAH bileşenlerini yansıtan veriler Çizelge 1'de, TPAH değerlerinin istatistiksel yorumlanmasını içeren sonuçlar Çizelge 2' de ve TPAH değerlerinin bölgelere ve türlere karşı dağılımını gösteren grafik ise Şekil 1'de sunulmuştur.



\*a: Tuzla b: Kartal, c: Kozyatağı, d: Kadıköy, e: Sarıyer, f: Beşiktaş, g: Samatya, h: Karaköy

Şekil 1. TPAH değerlerinin bölge ve türlere göre dağılımı.

Naftalen düzeyi en düşük (8.19 ng/g) ve en yüksek (1335.4 ng/g) düzeyde hamsi örneklerinde tespit edilmiştir. Asenaftalin 24 farklı analiz grubu içerisindeki 12 grupta "limit değer altında: lda" kaldığı tespit edilirken, en yüksek değer 1794 ng/g değeri ile karides'te, 6.83 ng/g değeri ile de hamsi'de bulunmuştur. Karides örneklerinde en yüksek (18.28 ng/g) flouren değerleri tespit edilmiştir. Asenaftenin en yüksek iki değere mezgit örneklerinde ulaştığı tespit edilirken, en düşük değer ise hamsi örneğinde olduğu gözlenmiştir. Öte yandan, bu değer 11 analiz grubunda bulunamamıştır. Limit değer altında kalan gruplar hariç, fenantren bileşiklerinin 5.92 < x < 29.39 ng/g düzeyinde kaldığı tespit edilmiştir.

AN düzeyinin tespit edildiği tüm analiz gruplarının 13'ünde, değerler tayin edilememiştir. En yüksek değer (16.58 ng/g) ise karidesin etinde bulunmuştur.

FA değerlerinin diğer PAH bileşiklerinden farklı olarak, tüm analiz gruplarında da tespit edilmiş olasıdır. Yani ürün çeşidinin kabuklu, yağlı yada yağsız olmasına bakılmaksızın tüm gruplarda limit düzeyin üstünde tespit edilen tek PAH bileşeni olması nedeniyle dikkat çekmektedir. Aynı zamanda türler arasında en yüksek FA değeri 66.86 ng/g düzeyi ile karides örneklerinde bulunmuştur. Piren ise en düşük mezgit örnekleri arasında tespit edilmiştir.

Krizen tüm analiz gruplarının 17'sinde bulunamazken, 514.75 ng/g değeri ile mezgit örnekleri yüksek krizen içeriğine sahip olduğu ortaya konulmuştur. En önemli PAH bileşenlerinden olduğu bilinen benzo(a)piren ise sadece 2 gruba ait hamsi örneklerinde tespit edilirken, 22 analiz grubunda bulunamamıştır. B(b+k)FA ise; en yüksek deniz dibinde yaşayan karides (177.55 ng/g) ve yağlı bir tür olan hamside (111.06 ng/g) tespit edilmiştir.

PR sadece 5 analiz grubunda tespit edilmiş olup, en yüksek karides örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, mezgit etinde hiç bir analiz grubunda bu değer limit değerlerin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir.

BaP en yüksek oranda (48.53 ng/g) karides örneklerinde olduğu gözlenmiştir. Dahası hamsi örneklerinde bu değer neredeyse yarı yarıya düştüğü gözlenmiştir. DBahA değerinin en yüksek olduğu karides örneklerinde dahi 2.69 ng/g olarak tespit edilirken, diğer örnek gruplarında iz düzeyde kalmıştır.

Karides, DBahA değerinde olduğu gibi, 52.09 ng/g değeri ile en yüksek IP değerine sahip olmuştur. En yüksek ilk iki BghiP değeri karides ve hamside bulunmuştur.

Toplam PAH düzeyi ise; en yüksek karides 2202.15 ng/g ve hamside 1527.22 ng/g tespit edilirken bu iki örnekte aynı bölgeden alınmıştır ( $p < 0.05$ ). Bölge itibari ile İstanbul boğazının Karadeniz'e bağlandığı yer olması, bölgede balıkçılık faaliyetlerinin yanı sıra yoğun bir boğaz trafiğinin giriş ya da çıkışının olmasının yanı sıra, İstanbul'un Anadolu yakasının bir ucunda Kocaeli sınırında yer alan balıkçının tedarikçisinin farklı olabilmesi bu farklılığı ortaya çıkaran etkenler olabilir.

Bu çalışmada ayrıca, üç farklı türün her bölgedeki toplam PAH düzeyleri toplanarak risk analizi değerlendirilmesi de yapılmıştır. Bu bağlamda, İstanbul'un Avrupa yakasından elde edilen türler için en yüksek Toplam PAH düzeyleri sırası ile 4707.03 ng/g, 1633.24 ng/g ve 858.54 ng/g bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, tüm analiz grupları arasında 478.44 ng/g en düşük toplam PAH değeri ile Anadolu yakasındaki bir bölgeden elde edilmiştir.

Çizelge 1. Örneklere ait PAH değerleri (ng/g) (lda: limit değerinin altında).

Bölgeler	Tür	NAP	ACL	FL	AC	PHE	AN	FA	PY	CHR	BaA	B(b+k)FA	PR	BaP	DBahA	IP	BghiP
1.	Hamsi	10.07	22.60	6.52	12.98	5.92	7.00	24.57	lda	lda	lda	23.09	lda	lda	0.22	20.28	lda
	Mezgit	15.67	35.67	lda	19.92	lda	5.35	14.27	6.95	lda	lda	14.35	lda	lda	lda	21.33	18.40
	Karides	61.55	67.67	lda	lda	lda	lda	19.53	9.54	lda	lda	lda	8.85	lda	0.20	25.94	lda
2.	Hamsi	lda	6.83	8.59	lda	7.92	lda	22.42	lda	lda	lda	lda	11.93	lda	0.12	lda	lda
	Mezgit	39.05	96.87	lda	lda	8.62	lda	19.02	9.89	lda	lda	22.90	lda	lda	0.16	39.95	21.15
	Karides	33.03	109.11	16.94	lda	15.72	lda	46.59	21.80	lda	lda	66.18	19.41	lda	0.95	lda	47.48
3.	Hamsi	14.19	lda	lda	lda	7.13	lda	17.47	10.43	21.94	lda	20.69	lda	lda	0.29	22.28	lda
	Mezgit	15.47	lda	lda	18.28	lda	6.89	14.15	lda	lda	lda	16.88	lda	lda	lda	lda	17.90
	Karides	18.66	lda	8.64	17.44	7.95	9.43	23.37	lda	lda	lda	177.55	lda	lda	lda	28.81	lda
4.	Hamsi	8.19	18.56	5.68	12.30	lda	6.27	17.10	lda	lda	lda	19.50	lda	lda	0.30	lda	15.37
	Mezgit	18.98	lda	lda	lda	lda	lda	23.58	12.48	lda	lda	28.53	lda	lda	0.10	28.54	26.30
	Karides	50.98	193.36	lda	21.96	lda	12.06	31.73	13.96	lda	lda	31.39	lda	lda	0.24	32.79	31.05
5.	Hamsi	1335.4	lda	9.55	20.56	lda	10.91	23.94	lda	31.33	lda	35.11	lda	lda	0.19	32.15	28.04
	Mezgit	280.18	lda	8.38	94.01	lda	8.14	27.41	lda	514.75	lda	23.31	lda	lda	lda	21.47	lda
	Karides	95.43	1794	16.52	lda	29.39	16.58	38.73	19.88	44.38	lda	46.59	lda	lda	2.69	51.63	46.32
6.	Hamsi	26.55	31.71	11.00	58.21	10.37	9.23	18.88	10.89	lda	10.52	24.29	9.53	22.50	0.19	32.84	125.16
	Mezgit	59.35	lda	lda	13.03	11.79	lda	13.94	9.99	35.84	lda	lda	lda	lda	0.51	18.83	21.72
	Karides	37.71	lda	12.88	lda	18.16	lda	33.89	14.61	34.89	lda	38.16	13.48	31.53	0.51	35.83	lda
7.	Hamsi	417.89	lda	7.34	lda	6.94	lda	18.64	19.38	150.03	lda	25.59	lda	19.58	lda	23.01	22.65
	Mezgit	10.99	44.69	7.70	129.65	7.04	9.07	19.54	9.59	lda	lda	22.05	lda	lda	lda	23.32	23.98
	Karides	358.25	lda	18.28	35.97	lda	lda	47.69	lda	lda	lda	51.98	lda	48.53	lda	53.87	lda
8.	Hamsi	10.80	19.60	5.62	lda	6.56	lda	18.37	lda	lda	9.47	111.06	lda	lda	lda	18.29	20.07
	Mezgit	13.96	lda	7.83	lda	6.96	lda	19.54	lda	lda	lda	27.75	lda	20.69	0.08	22.91	20.99
	Karides	47.17	lda	16.84	36.22	15.24	lda	66.86	lda	lda	lda	50.10	lda	44.14	0.21	52.09	45.49

Çizelge 2. Bölge ve türlere bağlı TPAH düzeyinin istatistiksel olarak yorumlanması

Bölge	Hamsi	Mezgit	Karides
1.	133.25 <sup>cE</sup>	151.91 <sup>bE</sup>	193.28 <sup>aG</sup>
2.	57.81 <sup>cH</sup>	257.61 <sup>bC</sup>	377.22 <sup>aD</sup>
3.	114.42 <sup>bF</sup>	89.57 <sup>bH</sup>	291.84 <sup>aE</sup>
4.	103.26 <sup>cG</sup>	138.51 <sup>bG</sup>	419.54 <sup>aC</sup>
5.	1527.22 <sup>bA</sup>	977.66 <sup>cA</sup>	2202.15 <sup>aA</sup>
6.	401.87 <sup>aC</sup>	185.01 <sup>cD</sup>	271.66 <sup>bF</sup>
7.	711.05 <sup>aB</sup>	307.63 <sup>cB</sup>	614.56 <sup>bB</sup>
8.	219.84 <sup>bD</sup>	140.71 <sup>cF</sup>	374.35 <sup>aD</sup>

Aynı satırdaki farklı <sup>a,b,c</sup> üst simgeleri ve aynı sütündeki farklı <sup>A, B, C, D, E, F, G, H</sup> üst simgeleri istatistiksel önemi tanımlar.

Pek çok literatürde PAH' ların daha çok işlenmiş (dumanlanmış) ürünlerden gıdalara geçiş yaptığı yorumlanmaktadır (Stolyhwo ve Sikorski 2005; Varlet ve ark. 2007; Wretling ve ark. 2010). Kurnaz ve Büyükgüngör (2007)'e göre; sucul ortamda bulunan PAH düzeyi, midyenin etinde bulunandan çok daha düşüktür. Okpashi ve ark. (2017), sarı kuyruk balığının yaşadığı bölgedeki BaP konsantrasyonunun (28.382 ng/g), balık etinde (19.590 ng/g) tespit edileninkinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum göstermektedir ki canlı dokuda PAH bileşikler kolay bir şekilde birikebilmektedir. Zaten yaptığımız çalışma sonuçları da bu doğrultuda bulunmuştur. Öyle ki, toplam PAH düzeyi karidesin et dokusunda 2202 15 ng/g bulunurken, yağlı bir tür olan hamside 1527 22 ng/g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; dipte yaşayan ve dipteki ortamla sürekli temas halinde olan sucul canlıların çok daha fazla PAH bileşiklerinin dokularında biriktirebildiği gözlenmiştir. Ayrıca, yağlı dokusu fazla olan ve mezgit balığına göre daha küçük olan hamsi balığında PAH bileşenlerinin karidese kıyasla az olmasına rağmen bulunabileceği belirtilmiştir. Umeh (2009)'a göre, PAH'lar güçlü hidrofobik özelliklerinden dolayı özellikle yağlı dokularda biriktirmektedir. Ünlü ve Alpar (2006)'ya göre; İzmit körfezin kuzey ve orta kesimlerindeki PAH bileşenlerinin karakteristik dağılımlarının birbirlerinden farklı olduğunu ortaya koymuştur. Hatta fluoranthene ve pyrene körfezin orta kesiminde baskın iken; perylene, benzo[ghi]perylene ve indeno[1,2,3-cd]pyrene'nin kuzey sahil bölgesinde daha yoğun olduğunu tespit edilmiştir. Martorell ve ark. (2010) yılında İspanya'nın Katolanya bölgesindeki marketlerden elde ettikleri işlenmemiş taze, karidesin toplam PAH (1.23µg/kg)düzeyini hamsinin PAH (1.16 µg/kg) düzeyinden daha yüksek bulmuşlardır. Llobet ve ark. (2006) yılında yaptıkları çalışmada PAH bileşenleri arasında en yoğun olarak 2.201 ng/g ile fluoranthene'de bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu bileşen (floranten) bizim çalışmamızda en düşük mezgitte bulunmuştur. En yüksek ise 66,86 ng/g değeri ile karideste tespit edilmiştir. Bilindiği ve yukarıdaki literatür açıklamalarından da görülebileceği üzere gıda maddesi yaşadığı alandan ne kadar yoğun dış etkiye maruz kalırsa o kadar çok PAH bileşenlerini dokusunda biriktirmektedir. Bu bağlamda İstanbul'da satışa sunulan menşei Marmara hamsisi olan balık türü ile, yine Marmara ve Ege bölgesinden elde edilen karideslerin dokularında bu birikimin yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Karidesin etinde daha yüksek oranda bulunmasının sebebi literatürden de görülebileceği üzere; denizin sedimentinde PAH'ların bağlı bir şekilde bulunabilir olmasındandır (Visciano ve ark. 2006). Ayrıca gıdalarda kanserojenik PAH bileşikler arasında yer alan benzo(a)piren, indikatör olarak kullanılabilir (SCF 2002). Çalışmamıza bakıldığında BaP değeri, sadece altı analiz grubunda limit değer üzerinde tespit edildiği görülmektedir. Ayrıca bu altı örnek arasında en yüksek BaP değerleri karides örneklerinde tespit edilmiştir. Knutsen ve ark.(2004)'e göre; 85 ng BaP/gün alımı 70 kg'lık bir yetişkin için risk teşkil edebileceğini bildirmiştir. Bu bağlamda bakıldığında ise gıda maddesinin tüketim miktarının son derece önemli olduğu ortaya konulmaktadır. Zaten, alınan BaP miktarı ile insan sağlığı arasında bir ilişki olduğu JECFA (2005) raporunda da ortaya konulmuştur. Hamsi gibi yağlı balık sınıfına giren taze somonun PAH bileşenleri incelenmiştir. BghiP, BaP, BkFA, CHR, BaA, FA, AN, PHE, FL ve AC nin değerleri maksimum sırasıyla 8.65, 9.88, 1.90, 8.46, 24.47, 140.04, 71.65, 4.37, 44.95, 30.75, 22.44 ng/g konsantrasyonunda bulunmuştur (Visciano ve ark. 2006). Çalışmamızda ise; BghiP, BaP, BkFA, CHR, BaA, FA, AN, PHE, FL ve AC nin değerleri sırasıyla 125.16 (Hamsi), 48.53 (Karides), 177.55 (Karides), 514.75 (Mezgit), 10.52 (Hamsi), 66.86 (Karides), 16.58 (Karides), 29.39 (Karides), 18.28 (Karides), 193.36 (Karides)tespit edilmiştir. Toplam PAH düzeyinde olduğu gibi, çoğu PAH bileşenlerinin de karides etinde daha yoğun bir şekilde bulunduğu belirlenmiştir (p<0.05). Kanserojen risklerin değerlendirilmesi açısından bu çalışmada BaP toksik ekivalent faktör değerleri (TEQ<sub>BaP</sub>) de

hesaplanmıştır. Bu PAH bileşenleri benzo(a)antrasen, benzo(a)piren, benzo(b)floranten, benzo(k)floranten, dibenzo(a,h)antrasen ve indeno(1,2,3-cd)piren' dir. BaP toksik ekivalent faktör değerleri Cecinato (1997) tarafından belirtilen aşağıdaki formüle göre bulunmuştur.  $BaPE = BaA \times 0.06 + (Bbf + Bkf) \times 0.07 + BaP + DBahA \times 0.6 + InP \times 0.08$ . En yüksek TEQBaP değeri en yüksek Karaköy karideslerinde 51.94 ng/g olarak, en düşük ise Kartal hamsilerinde 0.07 ng/g olarak hesaplanmıştır. Karaköy' den sonra diğer yüksek veriler, Beşiktaş karides ve hamsi örneklerinde bulunmuştur. Kanserojen PAH' lar, aktif metabolitlerin DNA' ya bağlanarak üretimi ile meydana gelir. Buna kanserojen PAH' ların (CPAH) etkisi denir (USEPA 1993; Naz 1999). Kanserojen PAH' lar, EPA tarafından işaret edilen yedi PAH bileşeni toplanarak hesaplanmaktadır. Bunlar, benzo(b)floranten, benzo(k)floranten, benzo(a)antrasen, krizen, benzo(a)piren, indeno(1,2,3-c,d)piren ve dibenzo(a,h)antrasen' dir. Çalışma genelinde CPAH değerleri 0.12 ng/g ile 559.54 ng/g aralığında çıkmıştır. Tüm PAH' lar genelinde oranlandığında en düşük CPAH oranı %0.21 ile Kartal Hamsi' de, en yüksek %70.7 ile Kozyatağı bölgesi Karides' te bulunmuştur. İnsan popülasyonu, kontamine olmuş balık ve içme suları nedeniyle risk altındadır (Okpashi ve ark. 2017). Bu bağlamda, özellikle İstanbul gibi yoğun bir nüfusa sahip bir şehirde yaşayan insanların ya da bir başka ifade ile tüketicilerin gıda güvenliği konusunda çok daha dikkatli olmaları gerekmektedir.

#### 4. Sonuç

PAH bileşenleri satışa sunulan bölgelerin neredeyse tamamında tespit edilmiştir. Ancak kanserojenik yönden tehlike arz edebilen BaP yirmi dört grubun sadece altısında tespit edilmiştir. Tüm bölgeler arasında 48.53 ng/g değeri ile en yoğun olarak karides örnekleri arasında bulunmuştur. TPAH düzeyi en düşük 2.grup hamsi örneklerinde 57.81 ng/g, en yüksek ise 5.grup karides örneklerinde (2202.15 ng/g) tanımlanmıştır. Ayrıca 5.bölge örneklerinin tüm değerleri toplandığında en yüksek konsantrasyonun bu bölgede tespit edilen bir başka dikkat çekici noktadır. Yoğun deniz trafiği ve İstanbul'un Karadeniz' e açılan kapısı olması bu durumu etkileyen önemli öğeler arasında yer aldığı düşünülmektedir. Bu çalışma ile tüketilen deniz ürünlerindeki PAH' ların potansiyel tehlike olabileceğinin ortaya konması amaçlanmıştır. Ancak bölgesel olarak sağlıklı veya sağlıksız ayrımı yapmak doğru sonuç vermeyecektir. Bu nedenle bu tarz çalışmaların gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından kontrol amaçlı, daha düzenli olarak ve geniş bütçelerle yapılması, özellikle İstanbul gibi büyük bir metropolde yaşayan toplum için önem arz etmektedir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 25657 numaralı proje ile desteklenmiştir.

#### Kaynakça

- Bartle, KD. (1991). *Purchase, Food Contaminant. Sources and Surveillance* C.S. Creaser (Ed.), Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Balcıoğlu, E. B. (2016). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) of Prince Islands, Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 640-642.
- Balcıoğlu, EB, Aksu, A., Balkıs, N., & Öztürk, B. (2017). Origin and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) of the Turkish Straits System. *Polycycl. Aromat. Compd.*, 1, 12-20.
- Başak, S., Gülgün, FS., & Fatma, TK. (2010). The detection of potential carcinogenic PAH using HPLC procedure in two different smoked fish, case study: Istanbul/Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 10, 351- 355.
- Bouloubassi, I., Méjanelle, L., Pete, R., Fillaux, J., Lorre, A., & Point, V. (2006). Transport by sinking particles in the open Mediterranean Sea: a 1 year sediment trap study. *Mar. Pollut. Bull.*, 52, 560-571.
- Brown, J., & Peake, B. (2006). Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban storm water runoff. *Sci. Total Environ.*, 359, 145-155.

- Cecinato, A. (1997). Polynuclear aromatic-hydrocarbons (pah), benz(a)pyrene (bapy) and nitrated-pah (n-pah) in suspended particulate matter). *Ann. Chim.*, 87, 483-496.
- Ceylan, Z., Sengor, GFU., & Yilmaz, MT. (2017). A novel approach to limit chemical deterioration of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets: Coating with electrospun nanofibers as characterized by molecular, thermal, and microstructural properties. *J. of Food Sci.*, 82, 1163-1170.
- Ceylan, Z., & Şengör, G. (2015). Dumanlanmış Su Ürünleri ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (Pah's). *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 15, 27-33.
- EU. (2006). European Union. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [Official Journal L 364 of 20.12.2006] [http://europa.eu/legislation\\_summaries/consumers/productlabellingandpackaging/121101aen.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/productlabellingandpackaging/121101aen.htm). (retrieved 16.10.13.).
- JECFA. (2005). JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES. Sixty-fourth meeting. Rome, 8-17 February 2005. SUMMARY AND CONCLUSIONS. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, 1-47. [http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary\\_report\\_64\\_final.pdf](http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf)
- Knutsen, HK., Sanner, T., & Alexander, J. (2004). Risikovurdering av PAH i skjell. Risikovurdering fra Underarbeidsgruppen for miljøgifter, SNTs vitenskapelige komité.
- Külcü, DB. (2017). Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen palamut (*Sarda sarda*) balığının bazı kimyasal kalite niteliklerinin belirlenmesi. *S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Der.*, 21, 3, 403-410.
- Kurnaz, SÜ., & Büyükgüngör, H. (2007). Kızılırmak Deltası kıyı şeridinde su ve midye örneklerinde PAH kirliliğinin araştırılması. *İtü dergisi/e su kirlenmesi kontrolü*, 17, 2, 15-22.
- Llobet, JM., Falcó, G., Bocio, A., & Domingo, JL. (2006). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons of edible marine species in Catalonia, Spain. *J Food Prot*, 69, 2493-2499.
- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Llobet, JM., & Domingo, JL. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: Temporal trend. *Environ. Int.* 36, 424-432
- Naz, RK. (1999). *Endocrine Disruptors*, Effects on Male and Female Reproduct. Systems. CRC Press LLC.
- Okpashi, VE., Victor, NO., Samuel, CU., Innocent, IU., & Juliet, NO. (2017). Estimation of residual polycyclic aromatic hydrocarbons concentration in fish species: Implication in reciprocal corollary. *Cogent Environmental Science*, 3, 1303979.
- SCF. (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final4 December 2002 EUROPEAN COMMISSION HEALTH and CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL [http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/out153\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/out153_en.pdf)
- Stołyhwo, A., & Sikorski, ZE. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. *Food Chemistry*, 91, 303-311.
- Umeh, GI. (2009). Impacts of petroleum hydrocarbons on fish communities of river Areba, Niger Delta, Southern Nigeria. *Tropical Freshwater Biology*, 18(1), 79-91.
- Ünlü, S., & Alpar, B. (2006). Distribution and Sources of Hydrocarbons in Surface Sediments of Gemlik Bay (Marmara Sea, Turkey). *Chemosphere*, 64, 764-777.
- USEPA. (1993). *Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons*. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati, ECAO-CIN-842.
- USEPA, (2000). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories*, EPA/823/B-00/007, United States Environmental Protection Agency.
- Varlet, V., Serot, T., Monteau, F., Le Bizec, B., & Prost, C. (2007). Determination of PAH profiles by GC-MS/ MS in salmon processed by four cold-smoking techniques. *Food Additives and Contaminants*, 24(7), 744-757.
- Visciano, P., Perugini, M., Amorena, M., & Ianieri, A. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons in fresh and cold-smoked Atlantic salmon fillets. *J Food Prot*, 69, 1134-1138.
- Wilson, EA., Powell, EN., Wader, TL., Taylor, RJ., Presley, BJ., & Brooks, JM. (1992). Spatial and Temporal distribution of contaminant body and disease in the Gulf of Mexico Oyster Populations. *Heigolander Meeresunters.*, 46, 201-235.
- Wretling, S., Eriksson, A., Eskhult, GA., & Larsson, B. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *J. of Food Composition and Analysis*, 23 264-272.