

Kuzey Doğu Akdenizde Deniz Ürünlerindeki Civa Miktarlarının Mevsimsel Dağılımı *

I. SALİHOĞLU, (**)
S. TUĞRUL, (**)
Ö. BAŞTÜRK, (**)
T. AYDOĞDU, (**)
T.İ. BALKAŞ, (**)

Geliş Tarihi: 11/9/1980

Özet Kuzey Doğu Akdeniz'de yakalanan barbun (*Mullus surmuletus*), altınbaş kefal (*Mugil auratus*), karides (*Penaeus kerathurus*) ve mavi yengeç (*Portunus pelagicus*), soğuk buhar yöntemi uygulanarak atomik absorbsiyon spektroskopisi ile toplam civa ve organik civa için analiz edildi. Toplam civa oldukça düşük değerler vermesine karşın, türlerde ve mevsimlere bağlı olarak değişiklikler göstermektedir.

Analiz edilen örneklerde, toplam civanın % 97 ile % 99,5'e yakın miktarlarının organik civa bileşikleri olduğu saptanmıştır.

SEASONAL VARIATIONS OF MERCURY IN SOME MARINE ORGANISMS FROM THE NORTH EASTERN MEDITERRANEAN

Summary Total mercury and organometallic mercury levels in striped mullet (*Mullus surmuletus*), grey mullet (*Mugil auratus*), shrimp (*Penaeus kerathurus*) and blue crab (*Portunus pelagicus*) have been determined by the application of the cold vapour AAS technique. Although the total mercury levels were low there were significant variations from species to species and from season to season and these variations are discussed.

Among the analysed samples about 97 to 99.5 % of the total mercury was found to be organometallic mercury compound.

Giriş

Civa ve civa bileşikleri çeşitli kirleticiler arasında, örneğin iz metalleri, klorür içeren pestisitler gibi, deniz canlılarında ve insan üzerinde en yüksek toksik potansiyele sahip bir madde olarak kabul edilebilir. Her ne kadar gıda zincirinde civa bileşikleri büyük bir artış göstermiyorsa da gıda zinciri yolayla insanda öldürücü dizeylere ulaşabileceği de bilinen bir gerçektir (1).

Doğaya çeşitli kimyasal bileşikler halinde atılan civa, atmosfer ve su yolları (yağmur, akarsular vb. gibi) ile denize taşınmaktadır. Anorganik civa organizmaların etkisi ile metil civa bileşiklerine dönüştürmektedir (2), bu nedenle canlıların vü-

evidunda çoğunlukla metil civa bileşikleri halinde bulunmaktadır. Deniz suyunda civa, ortalama $0,1 \mu\text{g/l}$ algorde ise $100-2000$ kez fazlası ile $10-200 \mu\text{g/kg}$ 'dır. Genel olarak yumuşakçalarda ve kabukluarda bu düzeydedir. Balıklarda ise bu değerlerin üzerine çıkmaktadır (3). Daha önce yapılan araştırmada Erdemli yöresindeki deniz suyunda civa miktarlarının ortalama 15 ng/l olduğu saptanmıştır (4). Erdemli yöresinde civa kullanımını en fazla zirai amaçlarla olup, Çukurova'da yılda ortalama $130-174 \text{ kg}$ civa bileşigi çözeltisi kullanılmaktadır (5). Kullanılan civa bileşikleri genellikle fenilciva klorür, fenilciva asetat, metoksietileciva klorür ve metoksietileciva silikat'tır. En fazla kullanılanlığı

* Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiştir. Proje No: TBAG-378

** O.D.T.U. Deniz Bilimleri Bölümü P.K. 28 Erdemli-İÇEL

Kuzey Doğu Akdenizde Deniz Ürünlerinde Civa Miktarlarının Mevsimsel Dağılımı

dönem ise Şubat-Nisan ayları arasıdır (5).

Bu çalışmada, Kasım 1978 ile Mayıs 1980 tarihleri arasında Erdemli ve yöresinde yakalanan barbun, kefal, karides ve yengeç türü deniz canlılarında toplam civa miktarları soğuk buhar yöntemiyle analiz edildi.

Yöntem

Örnek Toplanması ve Hazırlanması:

Durağan balık ağı (ağ göz genişliği 40 mm) veya dip trolü (ağ göz genişliği 16 mm) ile yakalanan balık, karides ve yengeçler yıkandıktan sonra boy ve ağırlığı ölçülen balıklar teker teker paketlenip analiz amma kadar -20°C nin altında saklandı.

Dönmuş durumda balıkların plastik gereçler kullanılarak deri veya kabukları kıldıktan sonra, yenilebilir kısımlarından, yaklaşık 1-1,3 g teflon kablara alındı. Toplam civa analizi amacıyla örneklerde 3 ml derişik HNO_3 eklendiğinden sonra, teflon kabla birlikte paslanmaz çelikten yapılmış kapaklı kablara konularak 140°C de iki saat ısıtıldı. Soğutulan örnekler 25 ml hacimdeki balon jojelere aktarılıp iki kez arıtılmış su ile gerekli hacme tamamlandı. İndirgeme kabına alınan örnekçe (3-4 ml) 0,5 ml % 10'luk SnCl_2 çözeltisi eklenip ve dairesel hareket eden yüksek hızlı karıştırıcı ile 30 saniye çırkalandı. Bu sürenin sonunda hava akımı ile atomik absorbsiyon ışık yoluna yerleştirilmiş 20 cm uzunluğunda ki hücreye gönderilerek analiz edildi.

Kimyasallar:

Deneysel sırasında kullanılan tüm kimyasalların çok temiz olmasına dikkat edildi. Kullanılmazdan önce hepsi de kontrol yapıldı. Çeşitli amaçlarla kullanılan su iki kez damıtıldı.

Cihaz ve Analitik Yöntemler:

Civa analizi amacıyla soğuk buhar yöntemi (6) uygulanmış olup, kullanılan sistem kendi laboratuvarımızda geliştirilmiştir (7) (Şekil 1).

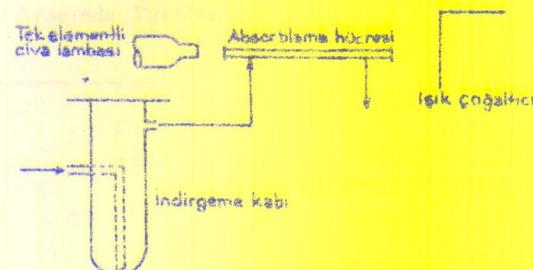
Kullanılan atomik absorbsiyon cihazı Varian-Techtron AA-6 Model olup deneysel süresince çalışma koşulları şöyledir; Tek elementli civa lambası akım siddeti: 3 mA

Yarık genişliği : 1 nm

Dalga boyu : 253,7 nm

Skala genişletmesi: 2x-5x

Hava akış hızı : 280 ml dakikada



Şekil 1. Soğuk Buhar Yöntemi Absorbsiyon Cihazı

Tartışma ve Sonuçlar

Analiz edilen örneklerde toplam civa ile organik civa miktarları Çizelge 1'de verilmştir. Bu çizelge, analiz edilen toplam örnek sayısı, ve toplam civa için en düşük, en yüksek ve ortalama değerler ile, civa için standard sapmayı da içermektedir. Burada verilen standard sapma değerleri, belirtilen zaman içerisinde aynı türden analiz edilen canlıda elde edilen sonuçların bireyler arasındaki farklılığını göstermektedir. Çizelge 1'den de görüleceği gibi analiz edilen canlıda toplam civanın % 97-% 99'a kadar varan miktarlarda organik civa bileşikleri bulunduğu görülmüştür.

Şekil 2 karides ve yengeçteki toplam civa miktarlarının yaş ağırlık, kefalede ise kuru ağırlık olarak, zamana karşı grafikle geçirilmesinden elde edilmiştir. Şekil 2 ise barbundaki toplam civanın kuru ağırlık biriminden zamana karşı çizilmesi ile elde edilmiştir.

Gerek Çizelge 1'den ve gerekse birinci zıt denince görüleceği gibi, kefalede ortalama en yüksek civa değerlerini Mayıs 1979'da ulaşmıştır. Bu aydaki ortalama değer, $199 \pm 47 \text{ mg/g}$, diğer aylara oranla iki kez daha fazladır. Laboratuvarımızda yapılan çalışmalar kefalin yumurtalarının zamanlamasını Kasım ayı olduğumu göstermiştir. Bu sırada ise canlılığın fizyolojisi ve beslenme alışkanlıklarını ile yaşam ortamı timenin değişmektedir (8). Nitelikin Eylül, Ekim ve Kasım aylarında en düşük civa değerlerini gözlemleristir. Nisan-Mayıs 1979'da gözlenen en yüksek değerlerin iki nedeni olabilir. Birinden birincisi Giriş kısmında da belirtildiği gibi, yörede civalı ilaç kullanıru en fazla bu aylarda olmasına. İkinci bir neden de 1979 yılında yağışların ve akarsu debilerinin en yüksek değerlere bu aylarda ulaşmış olmasıdır. Kısıtlı kesiminde beslenme ve yaşama alışkanlığı olan

Çizelge 1. Kasım 1978 ile Mayıs 1980 Tarihleri Arasında Yakalanan Canlılardaki Toplam Civa Miktarları (ng g^{-1})

Analiz Edilen Canlı	Yakalanma ayı ve yılı	Örnek Sayısı	Toplam Civa ^{a)} ng g^{-1}			% Organik Civa
			En düşük	En Yüksek	ortalama	
Altınbaş kefal (<i>Mugil auratus</i>)	Ekim-Kasım 1978	11	52	128	96 ± 24	--
	Şubat-1979	4	84	168	109 ± 34	
	Mayıs-1979	6	115	250	199 ± 47	
	Eylül-1979	7	34	86	73 ± 17	
Karides (<i>Penaeus kerathurus</i>)	Kasım-1978	6	25	105	69 ± 31	99
	Ocak-1979	2	25	37	--	--
	Eylül-1979	4	17	48	25 ± 13	99
	Ekim-Kasım 1979	8	10	42	30 ± 10	--
	Ocak-Şubat 1980	4	12	51	28 ± 13	96
	Mart-1980	3	17	38	30 ± 9	--
Barbus (<i>Mullus surmuletus</i>)	Şubat-1979	4	115	330	205 ± 80	--
	Mart-1979	4	104	213	158 ± 31	--
	Mayıs-1979	4	191	810	408 ± 250	--
	Ağustos-1979	4	69	181	125 ± 51	--
	Eylül-1979	5	110	221	166 ± 46	--
	Mart-1980	6	378	1120	665 ± 263	96-99,5
Yengeç (<i>Portunus pelagicus</i>)	Mayıs-1980	6	222	902	420 ± 224	--
	Kasım-1978	3	64	73	67 ± 5	
	Mayıs-1979	3	162	170	166 ± 4	98
	Haziran-1979	2	131	269	--	--
	Eylül-1979	3	37	82	67 ± 20	99,3
	Ekim-1979	2	51	95	--	--

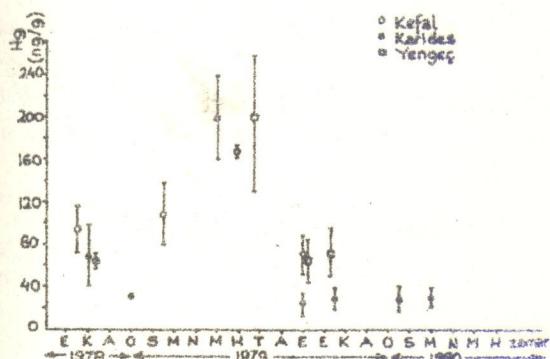
a) Kefal ve barbus sonuçları kuru ağırlığa, karides ve yengeçte ise yaş ağırlığı göre hesaplanmıştır.

kefallerin, karasal kaynaklı olan civa bileşiklerinin akarsular ve yağmurlarla denizle ulaşmasından etkilenmiş olmaları lasıdır.

Barbusundaki toplam civa değerleri 1979 yılında en yüksek değerlere Mayıs ayında ulaşmasına karşın 1980 yılında Mart ayında ulaşmaktadır. 1980 Martındaki değerin standart sapması oldukça büyüktür. Fakat yine de diğer aylara göre artış fazladır. Bilindiği üzere bütün Türkiye ve Çukurova yöresi uzun yillardan bu yana en yüksek yağış ve akarsu debisine 1980 Mart ayında ulaşmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, bu tür atmosferik değişkenler, havada ve özellikle toprakta bulunan çeşitli civa bileşiklerini diğer artıklarla birlikte denizlerin kıyı kesimlerine taşımaktadır. Burada dikkade değer bir diğer

nokta da, yağışların en yüksek olduğu zamanın, civalı tarım ilaçlarının Çukurova'da en fazla kullanıldığı zaman ile çakışmış olmasıdır. Bu faktörler yüksek civa yoğunluğunun gözleendiği aylarda etkin olmuş olabilir. Souraki aylarda gözlenen düşüşlerin nedeni ise balıkların yumurtlama mevsimine girmesi olmaları ve toksik maddeleri düzenleyebilme özellikleri ile açıklanabilir. Gerek laboratuvarlarında yapılan çalışmalarla ve gerekse literatür çalışmalarından (9) canlılarda, özellikle balıklarda civanın % 95-99'a kadar varan miktarlarının metileivabilesikleri olduğu saptanmıştır. Bu tür bileşiklerin yağlı dokulardaki özünürlüğü yüksektir. Yumurtlama mevsimine giren balık etindeki yağ miktarı, hem dişi hem de erkek balıklarda % 4-5'ten % 0,05 ile

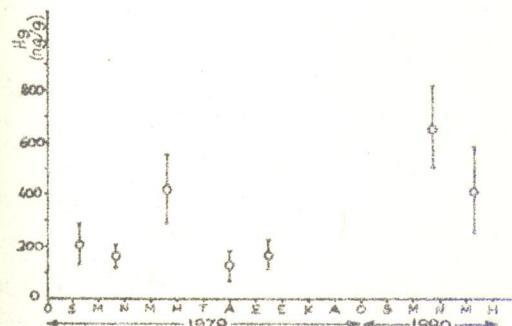
Kuzey Doğu Akdenizde Deniz Ürünlerindeki Civa Miktarlarının Mevsimsel Dağılımı



Şekil 2. Kefal, Yengeç ve Karideste Top- Civanın Zamanla Karşı Bulunan Dağılımı

% 0,5'e kadar düşmektedir. Yağlı dokunun herhangi bir şekilde kullanılması gözlenen civa miktarlarında bir düşüşe neden olmuş olabilir.

Akdeniz yengeci veya bir diğer adı ile mavi yengeçteki toplam civa miktarları yaşağlık olarak en az 67 ± 4 ve en yüksek 200 ± 69 ng/g d.r. Kuru ağırlık olarak bu miktarlar 268 ile 800 ng/g arasında değişmektedir. Bu değerler, kefal ve karideste deki değerlere göre yüksek, barbun ile hata sınırları içerisinde birbirine yaklaşık eşittir (Çizelge 1). Her ne kadar, yengeçten elde edilen bulgu sayısı az ise de, deneyel hata sınırları içerisinde. Mayıs 1979 en yüksek civa değerlerine ulaşıldığı zamandır. Kefal ve barbunda olduğu gibi, sonbahar ve kış ayları en düşük değerlerin gözlendiği aydır (Şekil 3).



Şekil 3. Barbunda Toplam Civanın Zamanla Karşı Bulunan Dağılımı

Şimdide dek tartışılan üç canlıda gözlenenlerin tersine, karides (*Penaeus kerathurus*) bütün yıl boyunca aynı sonuçları vermektedir. Ortalama değer, yağınlık olarak, 30 ng/g dir, kuru ağırlık olarak yaklaşık 120 ng/g karşılığı olmaktadır ki barbun ve yengeçে oranla daha düşüktür.

sük değerler vermektedir. Karideste, mevsimlere bağlı olarak bir değişiklik gözlenmemesinin nedeni bu canlıın sürekli kabuk değiştirmesine bağlı olabilir. Jerome ve Lasker (10) yaptıkları araştırmalarda karideslerin sıcaklık ve tuzluluğa bağlı olarak her 5 veya 6 günde kabuk değiştirdiğini saptamışlardır. Her ne kadar Kuzeydoğu Akdeniz'de bu tür bir çalışma yapılmamışsa da, adı geçen araştırmadan, bu yörede de karideslerin sık sık kabuk değiştirdikleri kabul edilebilir. Bertine ve Goldberg (19), Belçika kıyılarından yakalanan karideslerde yaptıkları araştırmada, kabuk değiştirmenin karidesteki civa miktarını azalttığını gözlemiştir. Bizim çalışmamızda karideste gözlenen değişim civa miktarının nedeni de kabuk değiştirmeye bağlı olabilir.

Çizelge 2. Bu çalışma ile Akdeniz ve diğer bazı denizlerde aynı konuda yapılmış çalışmaların sonuçlarını içermektedir. Çizelgeden de açıkça görülebileceği gibi, Erdemli yöresindeki kefallerde civa düzeyi Akdeniz'in diğer kesimlerine oradala oldukça düşüktür. Bu kadar düşük değerlere kıyıları kirlenmemiş açık denizlerde, Örneğin Atlantik (12) ve Avustralya (13) kıyılarında, ulaşımaktadır. Oldukça kirletmiş olan Adriyatik kıyılarından elde edilen en düşük sonuçlar bu çalışmada en yüksek değerlerinde üzerindedir (14). Çizelge 2'de dikkat çeken diğer bir nokta, Ege kıyılarından verilen sonuçların (15), Akdeniz'in en kirli bölgesi kabul edilen Adriyatik değerlerine yakın olmasıdır.

Bu çalışmada en yüksek civa değerlerine barbun balığında rastlanmıştır. Buna, karşın, Akdeniz'in diğer yörelerinden literatürde verilen sonuçlar, Çizelge 2'de görülmüş gibi, çoğu kez Erdemli yöresindekilerin iki katından da fazladır. Aynı tartışma karides için de geçerlidir. Pasifik (8) ve Belçika (19) kıyılarından yakalanan karideslerdeki toplam civa bu çalışmada elde edilen değerlerin iki ile dört katı kadardır.

Kuzey Denizi (20) ve Kanada'nın (21) kirlenmemiş yörelerindeki yengecelerde toplam civa ile bizim elde ettigimiz toplam civa sonuçları birbirine çok yakındır. Kanada'nın bazı yörelerinde ortalamaya değerleri 14'0 ng/g'a kadar ulaşan sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen toplam civa değerleri Dünya Sağlık Teşkilatının koyduğu tehlke sınırının oldukça altındadır (11).

I. SALİHOĞLU, S. TUĞRUL, Ö. BAŞTÜRK, T. AYDOĞDU, T.İ. BALKAŞ

Çizelge 2. Erdemli ve Yöresinde Yakalanan Bazı Deniz Canlılarındaki Toplam Civanın Karşılaştırılmış Sonuçları (ng/g)^{a)}

Kefal ^{b)} (<i>Mugil auratus</i>)	Barbun ^{b)} (<i>Mullus surmuletus</i>)	Karides ^{b)} (<i>Penaeus kerathurus</i>)	Yengeç ^{b)} (<i>Portunus pelagicus</i>)
Bu çalışmada 7,6-55 (24 - 12) ^c	Bu çalışmada 15-246 (71±56)	Bu çalışmada 40-420 (152±100)	Bu çalışmada 223-746 (470±277)
Ege Kıyıları, Türkiye (Referans 15) 124-283	Kadız Körfezi (Referans 14) 80-800	La Jolla, ABD (Referans 18) 800	Oslofjord, Kuzey Denizi (Referans 20) 390
Trieste Körfezi (Referans 16) 27-104	Cebeli Tärirk (Referans 14) 190-390 (280)	Palos Verdes, ABD (Referans 18) 500-2300	Kanada, Atlantik Kıyıları (Referans 21) 320-640 (480±120) 840-1860 (1440±460)
Adriyatik (Referans 14) 80-1000	Ebro-Blanes (Referans 14) 160-500 (180)	Belçika Kıyıları (Referans 19) 700-1600	
İsrail Kıyıları (Referans 17) 6-81	Secca di Vade(Livorno) (Referans 14), 630+600 Piombino(Referans 14) (360)		
	Traperni (Referans 14) 70-110 (90)		

a) Bu çalışmada ortalama Yaş Ağırlık/Kuru Ağırlık değerleri söyledir; Kefalde 4,56; Barbunda 4,65; Karideste 4,0; Yengeçte 4,39

b) Sonuçlar Kefal ve Barbunda yaş-ağırlık, yengeç ve karideste kuru ağırlığa göre verilmiştir.

c) Parantez içindeki değerler ortalama ile standard sapmayı göstermektedir.

Sonuç

Bu araştırmadan çıkarılan sonuçlar şunlardır:

1. Barbun türü (*Mullus sp.*) balıklar, deniz suyundaki kirliliğin izlenmesi açısından çok iyi bir göstergedir. Yapılan araştırmalarda midye ve istridyelerin bu amaçla kullanılabileceği belirtilmiştir (22). Midyelerin yaşayamadığı yüksek tuzluluk ve sıcaklığı olan Kuzey Doğu Akdeniz gibi yörelerde kanımiza barbun balığı midye ve istridyenin bir seçenek olabilir. Analizler yapılrken, balıkta olan fizyolojik değişiklikler de izlenmelidir.

2. Kefal de iyi izlenmesi koşulu ile, daha önceki kamiların (17) tersine,

kirliliğinin izlenmesi amacı ile gösterge olarak kullanılabilir.

3. Karides sürekli kabuk değiştirmesi nedeniyle deniz suyu kirliliği için gösterge olamaz.

4. Civa kirliliğinin izlenmesinde gösterge olabilecek bir diğer canlı da yengeçdir. Yengeçlerin de yumurtlama ve kabuk değiştirme evrelerinin iyi izlenmesi gerekmektedir.

5. Barbun, kefal ve yengeçlerdeki civa miktarlarının düzenli aralıklarla (en az iki ayda bir) izlenmesi, deniz suyu, atmosfer ve karadaki civa bileşiklerinin sirkülasyonu hakkında bilgiler verebilir. Bu yapılarla meteorolojik olaylar ile canlıların fizyolojisi ve deniz suyundaki civa

miktarlarının da iyi izlenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmayı parasal yönden destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna (Proje kod no. TBAG -378), bildiriyi daktilo eden Sayın Nevin Karayazgan'a ve şekilleri çizen Sayın Handan Güneri'ye teşekkürü bir borç biliyoruz.

Kaynaklar

1. Bernhard, M., Zattera, A., "Major Pollutants in the Marine Environment," Marine Pollution and Marine Waste Disposal'da. Editörler E.A. Pearson ve E. De F. Frangipane, Oxford: Pergamon Press 1975, s. 195-300.
2. Wood, J.M., "Biological Cycles For Toxic Elements in the Environment," Science, 192, 182, 183, 1975.
3. Robertson, E.D., Rancitelli, L.A., Perkins, R.W., "Multielement Analysis of Sea Water, Marine Organisms and Sediments By Neutron Activation Without Chemical Separation," Intern. Sym. Application Neutron Activation Analysis in Oceanography, 17-23 Haziran, Belçika Brüksel: Pergamon Presa, 1968.
4. Tunçel, G., Ramelow, G., Balkaş, T.İ., "Mercury in Water, Organisms and Sediments From a Section of the Turkish Mediterranean Coast," Mar. Pollut. Bull., II, 18-22, 1980.
5. T.C. Gıda - Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bölge Ziraat Mücadele ve Karantina Başkanlığı, 1975-1979 Çalışma Raporu ve Program Teklifleri, Adana: 1978.
6. Hatch, W.R., Ott, W.L., "Determination of Submicrogram Quantities of Mercury Absorption Spectrophotometry," Anal. Chem., 40, 2085-2087, 1968.
7. Tunçel, G., Biogeochemistry of Mercury-Development of Analytical Method: M.Sc. Thesis, ODTÜ Deniz Bilimleri Bölümü, Erdemli 1978, s. 71.
8. Bingel, F., Kişisel tartışma, 1980.
9. Portman, J.E., "The Levels of Certain Metals in Fish From Coastal Waters Around England and Wales," Aquaculture, I, 91-96, 1972.
10. Jerde, C.W., Lasker, R., "Moltion of Euphausiid Shrimps: Shipboard Observations," Limnology and Oceanography, II, 120-124, 1966.
11. WOC-1972 Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria Nat. Acad. Se. Nat. Acad. Engineering Superint. Doc. Washington D.C. Stock No. 5501-00520 Washington : U. S. Govern. Print Office, 1973.
12. Sternor, R.D., Nuchless, G., "Heavy Metals in Organisms of the Atlantic Coast Of S.W. Spain and Portugal," Marine Poll. Bull., 6, 89-92, 1975.
13. Bebbington, N.G., Mackay, N.J., Chvojka, R., Williams, R.J., Dunn, A., Avty, E.H., "Heavy Metals, Selenium and Arsenic in Nine Species of Australia Commercial Fish," Aust. J. Mar. Freshwater Res., 28, 277-280, 1977.
14. Bernhard, M., "Heavy Metals And Chlorinated Hydrocarbons in the Mediterranean," Ocean Management, 3, s. 353-363 1978.
15. Uysal, H. "Accumulation and Distribution of Heavy Metals in Some Marine Organisms in the Bay of Izmir and Aegean Coasts," Int. Congr. For The Sci. Expl. Of The Med. Sea's de Monte Carlo, Monaco: Monaco Ulusal Yayınları, 1979, s. 213-217.
16. Major, L., Nedoclan, G., Morandotti, G.B., Paris, F., "Levels of Metal Pollutants in Sediments and Biota of the Gulf of Trieste, A Long Term Survey," Int. Comm. For The Sci. Exp. Of Med. Sea's de Monte Carlo, Monaco: 1979, s. 234-243.
17. Levitan, S., Rosner, L., Yannai, S., "Mercury Levels in Some Carnivorous and Herbivorous Israeli Fishes, and in Their Habitats," Israel J. Of Zoology, 23, 135-142, 1974.
18. Klein, D.H., Goldberg, E.D., "Mercury in the Marine Environment," Envir. Sci. Techn., 4, 765-768, 1970.
19. Bertire, K.K., Goldberg, E.D., "Trace Elements in Clams, Mussels and Shrimp," Limnology And Oceanography, 17, 877-884, 1972.
20. Andersen, A.T., Neelaktan, B.B., "Mercury In Some Marine Organisms From the Oslofjord," Norwegian J. Zool., 22, 231-235, 1974.
21. Freeman, H.C., Horne, D.A., Mc Tague, B., Mc Menamy, M., "Mercury in Some Canadian Atlantic Coast Fish and Shellfish," J. Fish Res. Bd. Canada, 31, 369-372, 1974.
22. Goldberg, E.D. ve diğ., "The Mussel Watch," Environmental Conservation, 5, 1-25, 1978.