

## İzmir Körfezi'nin Ekolojik Olarak Stresli Bölgelerinin Toksisitesi

Rahime Oral

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

**Abstract:** *Toxicity of ecologically stressful areas of Izmir Bay.* Toxicities of waters and sediments of Izmir Bay which is known as extensively polluted by anthropogenic activities were investigated using sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), the dominant echinoid species of the Mediterranean. Emryotoxicity was studied by assessing developmental defects in embryo exposed to waters and sediments were sampled five sites in inner part of Izmir Bay. In the results of microscopic analysis of larvae or embryos exposed to waters or sediments during emryogenesis (from zigot up to pluteus larval stage), except one site which was almost near reference site both water and sediments samples from other four sites were determined that they had embryotoxic effects on sea urchin.

**Key Words:** Izmir Bay, embryotoxicity, sea urchin, sediment, water.

**Özet:** Antropojenik faaliyetler sonucunda çok yoğun bir şekilde kirli olduğu bilinen İzmir Körfezi'nin su ve sedimentlerinin toksisitesi, Akdeniz'de dominant ekinoid türü olan deniz kestanesi *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) kullanılarak araştırılmıştır. İzmir Körfezi'nin İç Körfez bölümünden beş istasyondan alınan su ve sediment örneklerine maruz kalan embriyolarda gelişim bozukluklarına bakılarak embriyotoksitate araştırılmıştır. Embriyogenezis süresince (zigot oluşumundan pluteus larval safhasına kadar) su ve sedimentlere maruz bırakılan embriyo ya da larvaların mikroskopik analizi sonucunda, kontrol istasyonuna nispeten yakın olan bir istasyon dışında diğer dört istasyonun hem su ve hem de sedimentlerinin deniz kestanesi üzerine embriyotoksik etkiye sahip oldukları saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İzmir Körfezi, embriyotoksitate, deniz kestanesi, sediment, su.

### Giriş

Bir bölgenin kirliliğinin derecesi hakkında kesin bir bilgiye sahip olmak için iki parametreye bakılmalıdır; (1) hangi kirlleticilerin var olduğunu saptamak ve (2) biyota üzerine bu kirlleticilerin olası etkilerini araştırmak (Bishop, 1978). İzmir Körfezi son 30–40 yıl içinde hızlı nüfus artışına paralel olarak gelişen plansız kentleşme ve endüstrileşme sonucunda çok önemli kirlilik problemlerinin yaşandığı bir bölge durumuna gelmiştir. İzmir Körfezi'nin özellikle iç körfez bölümünün endüstriyel, evsel ve tarımsal atıklar ile kirlendiğini bildiren çok sayıda

bilimsel araştırma mevcuttur (Güçer ve diğ., 1983; Müezzinoğlu ve Şengül, 1987; Büyükkışık, 1988; Parlak ve diğ., 1994; Bizsel, 1996; Altay, 1997; DEÜ/DBTE, 1997; Aksu ve diğ., 1998). Buna rağmen İzmir İç Körfez'de ekolojik dengenin bozulmasının biyota üzerine etkilerini sorgulayan ve bu bölgenin biyolojik kalitesini test eden herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, çok çeşitli kimyasallar, besleyici tuzlar ve bakteriler ile aşırı derecede kirlenmiş olduğu bildirilen İzmir İç Körfezi'nin su ve sedimentlerinin bu bölgede yaşayan canlılara olan etkisini araştırmak bu çalışmanın temel amacını oluşturmuştur.

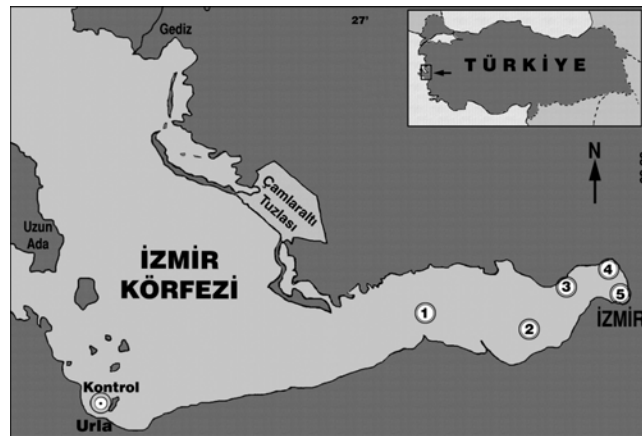
Bu amaçla tüm Akdeniz’de ve ülkemizde de Karadeniz dışında tüm sahillerimizde çok yaygın dağılım gösteren (Artüz, 1968; Fischer ve diğ., 1987; Özaydın ve diğ., 1995) deniz kestanesi *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) biyotest hayvanı olarak seçilmiştir.

Deniz suyunun ve sedimentinin biyolojik kalitesinde değişime neden olan bir çok faktörün erken gelişim, üreme ve genetik üzerine etkileri deniz kestanesi embriyo ve gametleri kullanılarak dünya çapında bir çok laboratuvarında başarı ile sürdürülmektedir (Kobayashi, 1980; Kinae ve diğ., 1981; McGibbon ve Moldan, 1986; Dinnel ve diğ., 1981; Lee ve Xu, 1984; Pagano ve diğ., 1993; Trieff ve diğ., 1995). Buna ilave olarak ICES (International Council for the Exploration of the Sea) tarafından düzenlenen ve deniz kirliliğinin izlenmesinde biyotestlerin etkisinin tartışıldığı panelde gerekli teknik avantajlara sahip olduğu için deniz kestanesi larval biyotesti ilk dört biyotest arasında yer almıştır (Stebbing ve diğ., 1980). Deniz kestanesi embriyoları ve gametleri ile gerçekleştirilen biyotestlerin sağladığı avantajları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür: (1) Metazoan organizma ile çalışma olanağı vermektedir; (2) üreme başarısı, embriyogenezis ve mitotik aktivite üzerinde çok sayıda

biyolojik sonuç gözlenebilmektedir; (3) test organizmasını hemen hemen tüm yıl boyunca elde etmek mümkündür; (4) yüksek üreyebilirliği nedeniyle her bir testte çok miktarda embriyo elde etmek mümkündür; (5) testler çok kısa zamanda gerçekleştirilebilmektedir; (6) hızlı ve duyarlı cevaplar alınabilmektedir; (7) maliyet çok düşüktür ve pahalı ekipman gerektirmemektedir; (8) bu test sistemi kozmopolitandır; (9) sub-letal toksisitenin belirlenmesine olanak sağlamaktadır; (10) temel alınacak literatür çok boldur; (11) öğrenilmesi kolaydır; (12) veriler istatistiksel analizler için uygundur.

### Materyal ve Yöntem

Şekil 1’de görüldüğü gibi İzmir Körfezi’nin iç körfez olarak adlandırılan bölümünden beş istasyondan ve kontrol amacı ile dış körfez bölümünden (Urla – İskele) bir istasyondan su ve sediment örnekleri Ekim 1995 ve Ocak 1996 tarihlerinde iki defa alınmıştır. Su örnekleri polipropilen şişelere sediment örnekleri ise naylon poşetlere alınarak buz çantası içinde laboratuara taşınmıştır. Laboratuarda +4°C’de saklanan örnekler 48 saat içinde deniz kestanesi biyotestlerinde kullanılmıştır.



Şekil 1. İzmir İç Körfez ve örnekleme istasyonları.

Biyotestlerde kullanılan ve Akdeniz deniz kestanesi olarak bilinen *P. lividus*'un ergin bireyleri İzmir Körfezi'nin kirlenmemiş sularında (Urla) yaşayan doğal populasyonlarından toplanmıştır. Deniz kestanesi gametlerinin elde edilmesi ve larvaların kültüre alınmasında daha önce rapor edilen metod kullanılmıştır (Pagano ve diğ., 1983). Embriyotoksisite denemelerinde *in vitro* süspansiyondan 10 dk sonra 1 ml zigot süspansiyonu test edilecek deniz suyu veya temiz doğal deniz (negatif kontrol) suyu içine belli oranlarda ilave edilmiş sediment (0.05 gr/ml) içeren kaplara ilave edilerek yaklaşık mililitrede 30 embriyo olması sağlanmıştır. Denemelerde pozitif kontrol olarak  $2.5 \times 10^{-4}$  M  $CdCl_2$  kullanılmıştır. Biyotestlerde kullanılan tüm deniz suları 5 µ göz açıklığındaki filtreden süzölmüştür. Deneme örnekleri zigot oluşumundan pluteus larval

safhasına kadar embriyogenesis süresince  $18 \pm 2^\circ C$  sıcaklıkta kültüre alınmışlardır. Embriyolojik analizler yaklaşık fertilizasyondan 72 saat sonra ve gözlemden hemen önce  $10^{-4}$  M  $CrK(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$  ile hareketsiz hale getirilen yaşayan plutei ile gerçekleştirilmiştir. Her bir örnekten 100 larva (ya da embriyo) ışık mikroskobu yardımı ile gözlenerek Pagano ve diğerleri (1983) tarafından tarif edilen morfolojik kriterlere göre normal ya da gelişimsel bozukluklara sahip bireylerin frekansları belirlenmiştir (Tablo 1).

İzmir Körfezi'nden biri kontrol olmak üzere 6 farklı istasyondan alınan su ve sediment örneklerinin embriyotoksisite sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olup olmadığı tek yönlü varyans çözümlemesi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir.

**Tablo 1.** Larval gelişimsel bozuklukların sınıflandırılmasında kullanılan morfolojik ölçütler (Pagano ve diğ., 1983).

Gelişimsel Bozukluklar	Morfolojik Ölçüt
G (Gecikmiş)	Boyut $\leq 1/2$ normal larva (N)
P1 (Patolojik1)	İskelet ve sindirim sistemi bozuklukları veya pigmentasyona sahip pluteus larvaları
P2 (Patolojik2)	Pluteus safhasına ulaşmamış embriyolar (gastrula veya blastula safhasında bloke edilmiş)
Ö (Ölü)	Ölü embriyo veya larva

### Bulgular

İzmir İç Körfez'den alınan su örneklerinde yetiştirilen deniz kestanesi embriyolarının mikroskopik gözlemleri sonucunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 No'lu istasyondan 5 No'lu istasyona doğru gidildikçe gelişimsel bozuklukların frekansında çok önemli artışlar olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Biyotestler sonucunda 1 No'lu istasyonda normal pluteus larvası yüzdesi  $90.3 \pm 1.2$  olarak bulunmuştur. Bu, 1 No'lu istasyonda su kalitesinde önemli bir değişiklik olmadığını göstermektedir. 2

No'lu istasyondan alınan sularda yetiştirilen embriyoların ortalama %42.0'sinde gelişim bozukluğu gözlenmiştir. 3 No'lu istasyonda da buna benzer sonuçlar bulunmuştur ki, bu da bize 2 ve 3 No'lu istasyonların sularının su kalitesinde zayıf bozulma olduğunu göstermektedir. 4 No'lu istasyonda anormal embriyo sayısı yüzdesinin  $60.5 \pm 3.5$ 'e ulaşması bu istasyonda, su kalitesinde ciddi bozulmaların başladığını belirtmektedir. Alsancak Limanı içinde bulunan 5 No'lu istasyon sularında yetiştirilen embriyolarda gelişim bozukluğuna sahip embriyo yüzdesi

64.7±3.2 ve ölü embriyo yüzdesi 6.0±1.5 olarak bulunmuştur ki, kontrol grubu (1.7±3.2) ile karşılaştırıldığında bu istasyonun sularının önemli bir şekilde bozulmuş olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3’de görüldüğü gibi İzmir İç Körfez’den alınan sedimentler ile karıştırılmış (%5) filtre edilmiş doğal deniz suyunda gelişimine izin verilen deniz kestanesi embriyolarında gözlenen gelişim bozukluğuna sahip birey sayısı istasyonlara göre farklılık göstermiştir. 1 No’lu istasyondan alınan sedimentlerin deniz kestanesi embriyonik gelişimi üzerine olumsuz etkisi görülmezken 2 No’lu istasyondan alınan sedimentler normal embriyo yüzdesini çok az olumsuz yönde etkilemiştir. 3 No’lu istasyonda, normal embriyo yüzdesinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %28.6 azalma

olduğu bulunmuştur. Bu bize zayıf bir ortam bozulması olduğunu göstermektedir. Buna karşılık 4 No’lu istasyonda normal embriyo yüzdesi 42.0±7.5 olarak gözlenmiştir. Bu, 4 No’lu istasyonda sedimentin çok belirgin bir kirlilik baskısı olduğunu göstermektedir. Melez Çayı, Halkapınar Deresi, Manda Çayı ile Bornova ve Laka Derelerinin drene olduğu liman içi bölgesindeki 5 No’lu istasyon sedimentlerinin çok ciddi bir şekilde kirliliğe sahip, bu istasyon sedimentleri ile karışmış deniz suyunda yetiştirilen deniz kestanesi embriyolarının çok azının değişmeden kalabilmesi (%17.2±2.3), diğerlerinin ise ya anormal gelişme göstermesi (%55.7±4.8) ya da embriyoların çok erken evrelerde (blastula ya da gastrula) ölmesinden (%13.0±4.8) çok açık bir şekilde görülmektedir.

**Tablo 2:** Embriyogenez süresince İzmir Körfezi sularına maruz kalan deniz kestanelerinin embriyolojik analizi. Üç tekrarlı iki denemenin Aritmetik Ortalama±Standart Hatası. Kısaltmalar: bak Tablo 1. p: ANOVA Testinin önemlilik derecesi.

İşlem	N	G	P1	P2	Ö	p
Kontrol	97.8±0.6	0.2±0.2	1.7±0.6	0.3±0.2	0.0±0.0	
2.5x10 <sup>-4</sup> CdCl <sub>2</sub>	2.8±0.6	0.7±0.3	91.7±1.5	1.5±1.0	3.3±1.2	<0.001
İstasyon 1	90.3±1.2	0.2±0.2	9.5±2.0	0.0±0.0	0.0±0.0	<0.003
İstasyon 2	56.3±3.8	0.2±0.2	42.0±3.8	0.0±0.0	1.3±0.8	<0.001
İstasyon 3	53.3±4.0	0.0±0.0	46.3±4.1	0.0±0.0	0.2±0.2	<0.001
İstasyon 4	45.5±6.1	1.2±0.8	60.5±3.5	0.0±0.0	0.8±0.7	<0.001
İstasyon 5	28.0±4.2	1.2±0.3	64.7±3.2	0.2±0.2	6.0±1.5	<0.001

**Tablo 3:** Embriyogenez süresince İzmir Körfezi sedimentlerine maruz bırakılan deniz kestanelerinin embriyolojik analizi. Üç tekrarlı iki denemenin Aritmetik Ortalaması ± Standart Hatası. Kısaltmalar: bak Tablo 1. p: ANOVA Testinin önemlilik derecesi.

İşlem	N	G	P1	P2	Ö	p
Kontrol	89.3±0.6	0.2±0.2	12.0±1.1	0.0±0.0	0.0±0.0	
2.5x10 <sup>-4</sup> CdCl <sub>2</sub>	2.8±0.6	0.7±0.3	91.7±1.5	1.5±1.0	3.3±1.2	<0.001
İstasyon 1	79.3±5.0	1.0±0.6	17.7±3.7	0.2±0.2	3.5±1.3	<0.073
İstasyon 2	68.3±11.5	0.6±0.4	27.7±9.8	0.3±0.3	3.0±1.7	<0.098
İstasyon 3	60.7±10.6	1.2±0.7	27.7±6.2	0.8±0.7	4.7±2.6	<0.022
İstasyon 4	42.0±7.5	1.7±0.8	39.5±6.5	8.8±1.8	8.0±3.7	<0.001
İstasyon 5	17.2±2.3	0.5±0.3	55.7±4.8	12.0±2.5	13.0±2.2	<0.001

## Tartışma ve Sonuç

Deniz kestanesi larvaları ile gerçekleştirilen biyotest sonuçlarından kontrol grubu (Urla-İskele-Orta Körfez) ile diğer istasyonları karşılaştırdığımızda 1 No'lu istasyon hariç diğer istasyonların hem su hem de sedimentlerinin toksik karakter taşıdığı ve toksisitenin 2 No'lu istasyondan 5 No'lu istasyona gidildikçe artış gösterdiği anlaşılmıştır. Gözlemler sonucunda, 4 ve 5 No'lu istasyonlarda anormal embriyoların sayısının yaklaşık %60'lara ulaştığı ve erken evrede (blastula, gastrula) embriyo ölümlerinin olduğunu göstermiştir. Bu sonuç 4 ve 5 No'lu istasyonlarda ekolojik dengenin çok ciddi bir şekilde bozulmaya uğradığının bir kanıtıdır.

Bu çalışmada elde edilen biyotest sonuçları, Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen "İzmir Körfezi 1994-1998 Deniz Araştırmaları" adlı proje kapsamında 1994-1996 yılı içindeki gözlemleri içeren raporda elde edilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik verilerle uygunluk sağlamaktadır. Bu raporda, ağır metallerin en yoğun olduğu bölgenin İzmir Limanı çevresi olduğu ve Yenikale geçidine doğru ağır metal konsantrasyonlarında belirgin bir azalma olduğu bildirilmektedir. Yine aynı raporda, fekal kirliliğin İç Körfez'de yoğunlaştığı, Orta Körfez'de bu kirliliğin etkisinin oldukça azaldığı ve Dış Körfez'de tamamen yok olduğu bildirilmiştir. Ayrıca İç Körfez'de kirliliğe bağlı olarak pelajik ve bentik türlerin çeşitliliğinde azalma olduğu rapor edilmiştir (DEU/DBTE, 1997).

Tüm bu verilerin ışığında, deniz kestanesi *P. lividus* embriyolarının İzmir Körfezi su ve sedimentlerine karşı çok hassas biyolojik cevaplar verdiği görülmüştür. Buna göre Türkiye kıyılarının su ve sedimentlerinin kirliliğinin izlenmesinde ve biyota üzerine toksisitesinin belirlenmesinde *P. lividus*'un

uygun bir biyotest organizması olduğu çok açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Çünkü kıyısız bölgenin kontrol stratejilerinin belirlenmesinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik izlemeden ayrı olarak ekotoksikolojik verilerin kullanılması konuya gereken hassasiyet ve kesinlik vermek açısından çok önemlidir.

## Kaynakça

- Aksu, A.E., Yaşar, D., Uslu, O., 1998, Assessment of Marine Pollution in İzmir Bay: Heavy Metal and Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments. Journal of Engineering and Environmental Science, 22, 387-415.
- Altay, O., 1997, Investigation of pesticide pollution in İzmir Bay (in turkish). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Artüz, M.I., 1968, Occurrence of sea urchins in Turkish seas (Echinoidea) (in turkish). Balık ve Bahkçılık, XVI: 1-8.
- Bishop, J., 1987, The In-Places Pollutants Program: Background and Theoretical Concepts-Volume II. Ontario Ministry of Environment, Toronto, Canada.
- Bizsel, N., 1996, Biogeochemical distribution of phosphorus fractions in İzmir Bay. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Büyüksık, B., 1988, Distribution of chlorophyll and nutrients in İzmir Bay, Aegean Sea. Repports, Commission International pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee, 31: 2.
- DEU/DBTE, 1997, Marine investigations in İzmir Bay, 1994-1998 (in turkish), 1994-1996 Yılı Raporu, Proje No: DBTE-098, İzmir.
- Dinnel, P.A., Stober, Q.J., and DiJulio, D.H., 1981, Sea urchin bioassay for sewage and chlorinated seawater and its relation to fish bioassays, Marine Environmental Research, 5: 29-39.
- Fischer, W., M. -L. Bauchot et M. Schneider (rédacteurs), 1987, Fiches FAO d'identifications des espèces pour les besoins de la pechê. (Revision 1).

- Méditerranée et met Noire. Zone de peche 37. Volume I. Végétaus et Invertébrés. Publication préparée par la FAO, resultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. Rome, FAO, Vol. 1: 760 p.
- Güçer, Ş., Gelidiay, R., ve Yaramaz, Ö., 1983, Investigation of anionic detergent pollution in İzmir Bay (in turkish). I. Uluslararası Deniz ve Tatlı su Araştırmaları Kongresi, Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, seri B, Ek 388-400.
- Kinae, N., Hashizume, T., Makita, T., Tomita, I. and Kimura, I., 1981, Kraft Pulp Mill Effluent and Sediment Can Retard Development and Lyse Sea Urchin Eggs. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 27: 616-623.
- Kobayashi, N., 1980, Comparative sensitivity of various developmental stages of sea urchins to some chemicals, Marine Biology, 58: 163-171.
- Lee, H.H. and Xu, C.H., 1984b, Effects of Metals on Sea Urchin Development: A Rapid Bioassay. Marine Pollution Bulletin, 15, (1): 18-21.
- McGibbon, S. and Moldan, A.G.S., 1986, Routine Toxicity Testing of Toxicants Using a Sea Urchin Gamete Bioassay, Marine Pollution Bulletin, 17 (2): 68-72.
- Müezzinoğlu, A., ve Şengül, F., 1987, Cromium, cadmium and mrcury pollution in Izmir Bay and the streams flow trough Izmir Bay (in turkish). Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Araştırma Rap. Dairesi MM/Çev. 87, Ar 001.
- Özaydın, O., Katağan, T., Ünsal, S., 1995, The echinoderms of the Turkish seas. Israel Journal of Zoology, 41: 57-68.
- Pagano, G., Esposito, A., Bove P., Angelis, M.de, Rota, A. and Giordano G.G., 1983, The effects of hexavalent and trivalent chromium on fertilization and development in sea urchins, Environmental Research, 30: 422-452.
- Pagano, G., Anselmi, B., Dinnel, P.A., Esposito, A., Guida, M., Iaccarino, M., Melluso, G., Pascale, M., and Trieff, N.M., 1993, Effects on sea urchin fertilization and embryogenesis of water and sediment from two rivers in Campania, Italy, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 25: 20-26.
- Parlak, H., Büyükişık, B., Koray, Tufan, 1994, The relations of algal blooms and the concentrations of Cu, Fe, Zn in sea water in Izmir Bay (in turkish). E.Ü. Fen Fakültesi Dergisi, Seri B. Ek 16/1.
- Stebbing, A.R.D., Åkesson, B., Calabrese, A., Gentile, J.-H., Jensen, A. and Lloyd, R., 1980, The role of bioassays in marine pollution monitoring. Bioassay panel report. Repports et Proces-Verbaux des Réunionis du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 179: 322-332.
- Trieff, N.M., Romana, L.A., Esposito, A., Oral, R., Quiniou, F., Iaccarino, M., Alcock, N., Ramanujam, V.M.S., Pagano, G., 1995, Effluent from bauxite factory induces developmental and reproductive damage in sea urchins, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 28: 173-177.