

## Yeniçağa (Bolu) Gölü'ndeki Kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) Bazı Dokularındaki Aır Metal Birikimi\*

Evren TUNCA<sup>1</sup>, Sibel ATASAGUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received) : 20.10.2011

Kabul Tarihi (Accepted) : 17.11.2011

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı kerevit dokularındaki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Mn, Pb) dokulardaki birikim farklarını ortaya koymaktır. Yürütülen çalışma farklı zamanlarda toplanan 30 kerevit kullanılmıştır. Dokular arasındaki birikim farklarını istatistiksel olarak yorumlamak için One Way ANOVA ve Mann Whitney U testleri kullanılmıştır. Çalışılan ağır metaller içinde tüm dokularda en fazla birikim yapanın Mn olduğu görülmüştür. Cr'nin en yüksek birikimi solungaçlarda gerçekleşmiştir ( $P<0.05$ ). Cd ve Mn en fazla solungaçta birikimi ve tüm dokular arasında anlamlı farklar görülmüştür. Pb ise en yüksek birikimi dış iskelette yapmıştır. Dış iskeletteki birikim tüm dokulara göre anlamlı olmakla beraber solungaç ile kas arasında da anlamlı fark görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Ağır metal, Cd, Kerevit, Anova, Mann-Whitney

### Heavy Metals Accumulation in the Some Tissues of Crayfish (*Astacus leptodactylus*) at the Lake Yeniçağa (Bolu)

**ABSTRACT:** The aim of this study is to determine the difference of accumulation for some heavy metals (Cd, Cr, Mn, Pb) in the tissues of crayfish. A total of 30 crayfish has been caught at different times. One-Way ANOVA and Mann Whitney U test were performed to test the significance of the difference of heavy metal contents among crayfish tissues. It was detected that Mn had the highest accumulation in all tissues. The accumulation of Cr is highest at the gills ( $P<0.05$ ). Cd and Mn had the highest accumulation ratio in gills and significant differences were found among all tissues. Pb accumulation was highest in exo-skeleton. This accumulation is significantly different compared to all other tissues in favor of exo-skeleton and the accumulation between muscle tissue and gills is significant too.

**Keywords:** Heavy metal, Cd, Crayfish, Anova, Mann-Whitney

#### GİRİŞ

Son yıllarda toprak, su ve hava gibi ekosistemlerde birikmeye başlayan ağır metaller ciddi bir çevre sorunu haline gelmiştir (Zengin, 2007). Ağır metaller vücutta birikim özelliği göstermektedir (Erdoğrul ve ark., 2005). Esansiyel olsun ya da olmasın tüm metallerin biyolojik sistemdeki birikimleri belli bir eşiğin üstünde sonra toksiktir (Anton ve ark., 2000). Mn birikimi insanlarda manganizm olarak adlandırılır. Manganizm ise parkinson hastalığının bariz etkenidir (Lucchini ve ark., 2009). Pb ve Cd ise organizmalar tarafından kullanılmayan eser düzeylerde bile toksik etkilere yol açabilen ağır metallerdir. Pb muhtemel kanserojen, Cd kanserojen olarak nitelendirilmiştir (Milena ve ark., 2010; Villiers ve ark., 2010). Cr, eser düzeyde pek çok organizma için esansiyeldir. Ancak; yüksek seviyelerde toksik ve mutagenik etki gösterir (Srinath ve ark., 2002). Total krom ( $Cr^{3+}$  ve  $Cr^{6+}$ ) toksik ve organizmada kullanılmayan ağır metallerdir (Vinod ve ark., 2010).

Sucul ekosistemlerde direkt olarak su tarafından çevrelenmelerinden veya indirekt olarak besin kaynaklarından dolayı, bazı sucul canlılar metal iyonlarını bünyelerinde biriktirirler (Devi ve ark. 1996). Bu nedenle sucul ekosistemlerde indikatör türlerin çevresel kaliteyi göstermede uygun bir yol olduğu düşünülmektedir (Alcorlo ve ark., 2006).

Her canlı, indikatör olarak kullanılmaya uygun değildir. Kerevitin bentik ve soliter bir yaşam ekline sahip olması, objelerle sürekli temas halinde bulunması, omnivor beslenme tarzı, uzun yaşamı, yavaş hareket etmesi, yaşam alanının geniş olmaması, farklı vücut dokularından rahatlıkla örnek alınabilecek kadar büyük olması ve ağır metalleri bünyesinde biriktirebilme yeteneği bu canlının indikatör tür olarak değerlendirilmeye değer olduğunu göstermektedir. Pek çok ağır metal çalışmaları kerevitler biyoindikatör olarak kullanılmışlardır (Kurun ve ark., 2009; Suárez-Serrano ve ark., 2010). Ancak ağır metaller için biyoindikatör özellik taşıyan türlerin ağır metallerle maruz bırakıldıklarında yaşamı tehdit eden ortamlarda ağır metal bulunması durumunda, bu ağır metallerle karşılaşacakları biyolojik cevabın ne olacağı iyi bilinmemelidir. Kerevitler ağır metaller için hem biyoindikatör tür olmalarından, hem de besin kaynağı olarak insanlarca tüketilebilen canlılar olmalarından dolayı son derece önemlidirler. Ancak yapılan pek çok çalışmada kerevitlerin dokuları ayrı ayrı incelenmek yerine kerevit bir bütün olarak çalışılmıştır. Kerevitin dokuları arasında birikim farkının anlaşılması, kerevitin içinde bulunduğu ortamdaki kirliliğin anlaşılmasında kilit rol üstlenmektedir.

Ayrıca ağır metallere kirletilmiş bir ortamdan yakalanarak tüketilen bir kerevitin insan sağlığı üzerinde yaratacağı olumsuz etkide daha iyi anlaşılacaktır. Bu çalışmada kerevitin farklı dokularında Cd, Cr, Mn ve Pb için birikim farklarının araştırılması bu sebeplerden dolayı hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Canlı Örneklerin Alınması ve Saklanması

Çeşitli gözeneklerine sahip fanyalı balıklar ve özel kerevit sepetleri ile balıkçıların yardımıyla Yeniçağ Gölü'nde (Bolu) sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde 10'ar adet, toplamda 30 adet (n=30) kerevit yakalanmıştır. Bu kerevit örnekleri plastik buzlukla laboratuvara getirilmiş, diseksiyon işlemine kadar plastik poşetlerde -18 °C'de saklanmıştır.

### Laboratuvar Koşullarında Gerçekleştirilen Çalışmalar

Araziden getirilen kerevitler, ilminin yapılacağı tarihe kadar derin dondurucuda plastik torbalarda saklanmıştır. Diseksiyon işlemiyle hepatopankreaslarından, abdominal kaslarından, diiskeletlerinden ve solungaçlarından yaklaşık 2'er gram doku örnekleri alınmıştır. Bu doku örnekleri porselen krozelere konulmuştur. Etüvde 50-60 °'de 24 saat kurutulan örnekler etüvden çıktıktan sonra tartılarak dokuların net kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Ölçüm için her bir doku örneğinden yaklaşık 1'er gram kullanılmıştır. Tüm doku örnekleri krozeler içinde kül fırınında 48 saat süreyle 600-700 °'de yakılmıştır. Daha sonra kurumuş doku örnekleri balon jöjelere konularak 2 ml nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ile 1 ml perklorik asit (HClO<sub>4</sub>) (Merck) ilave edilmiştir. Balon jöjeler ısıtıcı tablada küllerini iyice sindirilmesi için 20 dakika ortalı bekletilmiştir (Bernhard 1976). Balon jöjeler soğuduktan sonra 5'er ml distile su (saf su) ilave edilmiş, örnekler 0,45µm gözenek geniliğine sahip cam microfiber Whatman filtre kağıtlarından yararlanılarak balon jöjelere süzülmüş, balon jöjelerinin kapakları kapatılarak analize gönderilmiştir. Ölçümler Ankara Üniversitesi YEM Laboratuvarlarında ICP-OES kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elementlerin analizlerinde Spectro Genesis Marka cihazı kullanılmıştır. SpectroGenesis çözelti içerisinde bulunan elementlerin 175-777 nanometre spektrum aralığındaki bütün elementleri simultane olarak analiz edebilmektedir. Analiz edilen örnekler özel olarak oluşturulan metodlara göre kalibre edilmiş ve analiz gerçekleştirilmiştir.

### statistiksel Analiz

statistiksel analiz için SPSS (17.0) kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir. Hiçbir veri normal dağılım göstermediği için logaritmik

transformasyon uygulanmış ve transformasyon sonucu tekrar Kolmogorov-Smirnov testi tabii tutulmuştur (Besser ve ark., 2007). Transformasyon sonucu Cd hariç diğer veriler normal dağılım göstermiş ve tek yönlü ANOVA uygulanmıştır. Cd ise normal dağılımdan sapma gösterdiği için non-parametrik testlere tabii tutulmuştur. ANOVA uygulanan veriler, Cr, Mn ve Pb'nin dokulardaki birikimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Bu farkın hangi dokularda olduğunu anlamak için çoklu karşılaştırma testlerine başvurulmuştur. Çoklu karşılaştırma testlerini gerçekleştirebilmek için verilerin varyanslarının homojen olup olmadığını Levene testi ile araştırılmıştır. Homojen varyanslı olan Cr ve Pb'ye Tukey, heterojen varyanslı olan Mn'ye ise Tamhane çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır (Alcorlo ve ark., 2006). Parametrik testlerin uygulanmadığı Cd'ye non-parametrik testler uygulanmıştır. Kruskal-Wallis testi sonucunda Cd için birikim farkları olduğu görülmüş, Cd birikiminin hangi dokular arasında farklı olduğunu anlamak içinse Mann-Whitney U testi uygulanmıştır (Barrento ve ark., 2008).

## BULGULAR

Çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre Cr birikimi diğer tüm dokularla kıyaslandığında solungaç lehine anlamlıdır. Diğer dokular arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Pb sonuçlarına bakıldığında da diiskeletin diğer tüm dokulara göre Pb'yi anlamlı derecede daha fazla biriktirdiği görülmüştür. Aynı zamanda solungaç ile kas doku arasında da solungaç lehine anlamlı bir fark görülmektedir (Çizelge 1).

Mn sonuçlarına bakıldığında ise solungacın diğer tüm dokulara göre Mn'yi anlamlı derecede daha fazla biriktirdiği görülür. Bununla beraber diiskelet ile hepatopankreas arasında anlamlı bir fark vardır ve sonuç diiskelet lehinedir. Yine diiskelet ile kas dokusu arasındaki anlamlı farkın da diiskelet lehine olduğu gözlenmiştir. Kas dokusu ile hepatopankreas arasında da hepatopankreas lehine anlamlı bir fark vardır (Çizelge 2).

Kruskal-Wallis testi sonucunda Cd için birikim farkları olduğu görülmüş, Cd birikiminin hangi dokular arasında farklı olduğunu anlamak içinse Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Sonuçlara göre solungacın diğer tüm dokulara göre Cd'yi anlamlı derecede daha fazla biriktirdiği gözlenmiştir. Diiskeletin de Cd'yi kas ve hepatopankreasa göre anlamlı derecede daha fazla biriktirdiği görülmektedir. Hepatopankreas da kas dokusuna göre daha fazla Cd biriktirmeye ilimindedir (Çizelge 3-4).

Cd, Cr ve Mn en fazla birikimi solungaçlarda yaparken yalnızca Pb birikimi en fazla olarak diiskelette gerçekleştirilmiştir. Çalışılan tüm ağır metallerin en az akümüle edildiği yer kas dokudur (ekil 1).

Çizelge 1. Dokulardaki kromun ve kurunun birikim farkları

	(I) doku	(J) doku	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlam	% 95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Krom	Dış skelet	Solungaç	-3,17401*	0,31634	0,000	-3,9988	-2,3492
		Hepatopankreas	-0,79164	0,31083	0,058	-1,6021	0,0188
		Kas	-0,20916	0,31083	0,907	-1,0196	0,6013
	Solungaç	Dış skelet	3,17401*	0,31634	0,000	2,3492	3,9988
		Hepatopankreas	2,38237*	0,31634	0,000	1,5576	3,2072
		Kas	2,96484*	0,31634	0,000	2,1400	3,7896
	Hepatopankreas	Dış skelet	0,79164	0,31083	0,058	0,-0188	1,6021
		Solungaç	-2,38237*	0,31634	0,000	-3,2072	-1,5576
		Kas	0,58247	0,31083	0,245	-0,2280	1,3929
	Kas Doku	Dış skelet	0,20916	0,31083	0,907	-0,6013	1,0196
		Solungaç	-2,96484*	0,31634	0,000	-3,7896	-2,1400
		Hepatopankreas	-0,58247	0,31083	0,245	-1,3929	0,2280
Kurun	Dış skelet	Solungaç	1,03894*	0,26100	0,001	0,3584	1,7195
		Hepatopankreas	1,50275*	0,26324	0,000	0,8164	2,1891
		Kas	1,85635*	0,26324	0,000	1,1700	2,5427
	Solungaç	Dış skelet	-1,03894*	0,26100	0,001	-1,7195	-0,3584
		Hepatopankreas	0,46381	0,26324	0,297	-0,2226	1,1502
		Kas	0,81740*	0,26324	0,013	0,1310	1,5038
	Hepatopankreas	Dış skelet	-1,50275*	0,26324	0,000	-2,1891	-0,8164
		Sol.	-0,46381	0,26324	0,297	-1,1502	0,2226
		Kas	0,35360	0,26546	0,545	-0,3386	1,0458
	Kas Doku	Dış skelet	-1,85635*	0,26324	0,000	-2,5427	-1,1700
		Solungaç	-0,81740*	0,26324	0,013	-1,5038	-0,1310
		Hepatopankreas	-0,35360	0,26546	0,545	-1,0458	0,3386

\* P&lt;0.05

Çizelge 2. Dokulardaki manganın birikim farkları

	(I) doku	(J) doku	Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık	% 95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Dış skelet		Solungaç	-1,23938*	0,24093	0,000	-1,9098	-0,5690
		Hepatopankreas	0,79749*	0,24480	0,015	0,1161	1,4789
		Kas	2,93805*	0,17137	0,000	2,4662	3,4099
Solungaç	Dış . skelet		1,23938*	0,24093	0,000	0,5690	1,9098
		Hepatopankreas	2,03687*	0,32387	0,000	1,1547	2,9190
		Kas	4,17743*	0,27264	0,000	3,4309	4,9240
Hepatopankreas	Dış . skelet		-0,79749*	0,24480	0,015	-1,4789	-0,1161
		Solungaç	-2,03687*	0,32387	0,000	-2,9190	-1,1547
		Kas	2,14056*	0,27606	0,000	1,3843	2,8968
Kas	Dış . skelet		-2,93805*	0,17137	0,000	-3,4099	-2,4662
		Solungaç	-4,17743*	0,27264	0,000	-4,9240	-3,4309
		Hepatopankreas	-2,14056*	0,27606	0,000	-2,8968	-1,3843

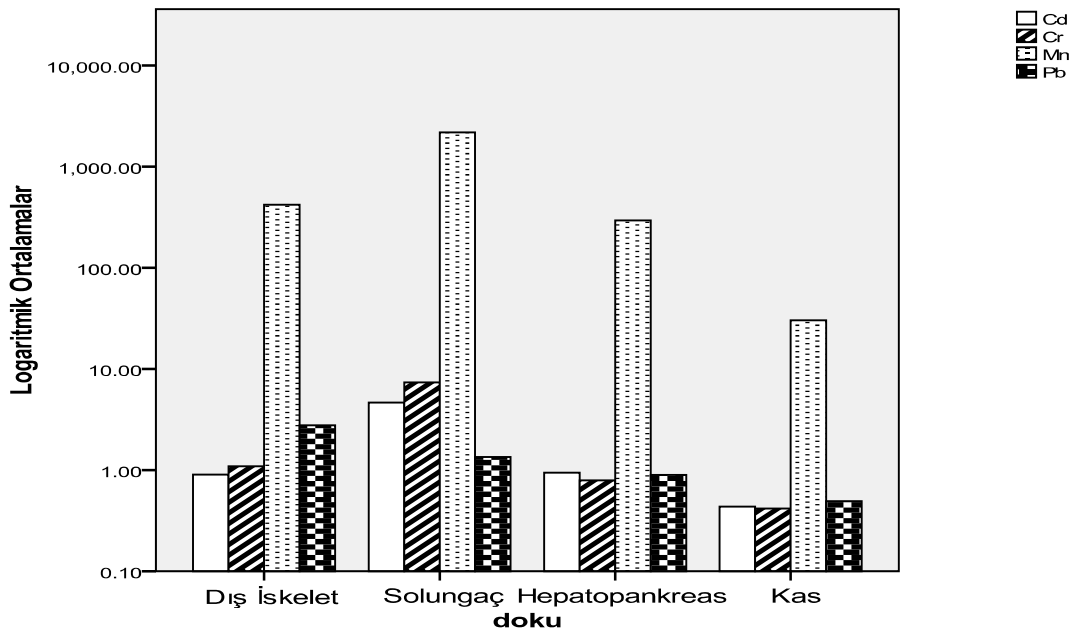
\* P&lt;0.05

Çizelge 3. Dokular arasında istatistiksel olarak kadmiyum birikimi farkını gösteren Mann-Whitney *U* testi sonuçları

	D1 iskelet- Solungaç	D1 iskelet- Hepatopankreas	D1 iskelet- Kas	Solungaç- Hepatopankreas	Solungaç- Kas	Hepatopankreas- Kas
Mann-Whitney U	25,500	262,500	103,000	41,500	3,500	269,500
Wilcoxon W	490,500	727,500	568,000	506,500	468,500	734,500
Z	-6,277	-2,774	-5,132	-6,040	-6,602	-2,670
Asymp.Sig.(2-tailed)	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,008

Çizelge 4. Farklı dokulardaki kadmiyum miktarı ortalaması ve Mann Whitney *U* testi sonuçları

		Örnek sayısı	Ortalama de er	Sonuç de er
D1 skelet- Solungaç	D1 skelet	30	16,35	490,50
	Solungaç	30	44,65	1339,50
	Total	60		
D1 skelet- Kepatopankreas	D1 skelet	30	36,75	1102,50
	Hepatopankreas	30	24,25	727,50
	Total	60		
D1 iskelet- Kas	D1 iskelet	30	42,07	1262,00
	Kas	30	18,93	568,00
	Total	60		
Solungaç- Hepatopankreas	Solungaç	30	44,12	1323,50
	Hepatopankreas	30	16,88	506,50
	Total	60		
Solungaç- Kas	Solungaç	30	45,38	1361,50
	Kas	30	15,62	468,50
	Total	60		
Hepatopankreas- Kas	Hepatopankreas	30	36,52	1095,50
	Kas	30	24,48	734,50
	Total	60		



ekil 1. Çalışılan ağır metallerin dokulardaki birikimleri

## TARTI MA ve SONUÇ

Kerevitlerin dokularındaki ağır metal birikim farklarını anlamak için yürütülen bu çalışma mada elde edilen sonuçlara göre çalışma alan 4 ağır metal içinde tüm dokularda en fazla birikim yapanın Mn olduğu görülmektedir. Mn'nin diğer ağır metallerine göre daha fazla birikim yapması beklenebilecek bir sonuçtur çünkü Mn krustaseler için esansiyeldir (Baden ve Eriksson, 2006). Cd ve Pb temiz ortamlardaki canlılarda çok az miktarda görülmekte ya da hiç görülmemektedir. Dokularda görülen yüksek Cd ve Pb oranları kerevitlerin getirildiği Yeniçağa Gölü'nün kirliliğine işaret etmektedir. Gerçekle tirilen çalışma mada görülmüştür ki Cd, Cr ve Mn en fazla birikimi solungaçlarda yaparken yalnızca Pb en fazla birikimi di iskelette yapmıştır. Çalışma alan tüm ağır metaller en az kas dokuda akümüle olmuştur. Bu durum ağır metalleri balayıcı moleküllerin kas dokuda nadir olarak bulunmaları ile açıklanabilir (Guner, 2010). Kerevitin tüketilen kısmının kas dokusu olduğu göz önünde bulundurulursa bu sonuç önemlidir.

Elde edilen sonuçlar literatürdeki sonuçlarla kıyaslanacak olursa, Terkos Gölü'ndeki kerevitler (*A. leptodactylus*) üzerinde yürütülen çalışma mada Mn, bu çalışma mada da görüldüğü gibi en fazla birikimi solungaçlarda yapmıştır. Ancak; yine aynı çalışma mada yer alan Cd bu çalışma mada farklı olarak en fazla hepatopankreasta görülmüştür (Kurun ve ark., 2010). Çalışma mada Aras Barajı'ndaki kerevitler (*A. leptodactylus*) üzerinde yürütülen çalışma mada Pb'nin solungaçlardaki birikimi diğer tüm dokulardan fazladır. Mn ve Cd, erkeklerde hepatopankreasta, di ilerde ise solungaçlarda en fazla birikim göstermiştir (Naghshbandi ve ark., 2007). Louisiana'da petrolle kirlenmiş bir bölgede yürütülen bir haftalık çalışma mada kerevitin solungaç, kas, hepatopankreas ve kan dokuları çalışma mada tır. Bu çalışma mada sonucunda Pb ve Cr en fazla solungaçta birikirken, Cd en fazla hepatopankreasta birikim yapmıştır. Çalışma mada en ilgi çeken kısmı ise kas dokusunun hiç bir metali depolamamasıdır. Ancak deney süresinin 1 hafta ile kısıtlı olması bu durumu açıklayabilir (Anderson ve ark., 1997). Kerevit kullanarak krom üzerinden yürütülen zamana balı balıkta bir çalışma mada ise kas dokusunun diğer dokulara göre kromu daha yavaş depolama özelliğinde olduğu ortaya konulmuştur (Bollinger ve ark., 1997). Guadiamar Nehri'nde yürütülen zamana balı balıkta bir çalışma mada ise Cd ve Pb'nin kerevit dokularındaki birikim miktarları 6 gün ve 12 gün olarak araştırılmıştır. Bu çalışma mada di iskelet, kas, solungaç ve hepatopankreastaki birikimler saptanmış, kerevitlerin zamana balı olarak farklı konsantrasyonlarda ağır metal depolama özelliği ortaya konmuştur.

Çalışma mada sonucunda Cd'nin tüm dokulardaki 12 günlük birikim değerleri 6 günlük birikim değerlerinden fazladır ve en fazla birikim kas dokusunda gözlenmiştir. Kurun sonuçlarında ise 6 günlük birikim değerleri 12 günlük birikim değerlerinden fazladır ve Pb birikimi yine en fazla olarak kas dokusunda gözlenmiştir

(Alcorlo ve ark., 2006). Cd üzerinde yürütülen 7, 14 ve 21 günlük ve 0,1 mg/L, 0,5 mg/L 1,0 mg/L'lik konsantrasyonlarda gerçekleştirilen çalışma mada ise tüm gruplarda Cd en fazla hepatopankreasta ve en az kas dokuda akümüle edildiği bulunmuştur. Zaman periyodu uzadıkça akümülyasyon da artmaktadır (Guner, 2010). Kerevitlerde ağır metallerin, solungaçlarda, diğer dokulara göre daha fazla birikim e iliminde olduğu görülmektedir. Alüminyumun (Al) biyoakümülyasyonu üzerine yürütülen çalışma mada da Al en fazla solungaçta birikmiştir. Bu birikimin büyük oranda ekstraselüler ortamda olduğu ortaya konmuştur. Bu birikimde solungaçın yüzey alanı ve mukus yapısı da önemli olarak görülmüştür (Alexopoulos ve ark., 2003). Ayrıca kerevitin di iskeletinin su geçirmez yapısı ve suyun vücuda yüksek oranda girişi yaptıktan sonra tek yüzeyin solungaçlar olması, solungaçların yüksek metal akümülyasyonunda son derece önemlidir. Farklı çalışma mada görüldüğü üzere; aynı ağır metaller farklı dokularda farklı oranlarda birikim yapabilmektedirler. Bunun sebebinin, ağır metallerin konsantrasyonu ve canlının bu ağır metallerle maruz kalma süresindeki farklar olduğu düşünülmektedir (Anderson ve ark., 1997; Bollinger ve ark., 1997)

Sonuç olarak yürütülen çalışma mada görülmüştür ki kerevitler, ağır metalleri, dokularında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı miktarlarda akümüle etme yeteneğine sahip canlılardır. Hatta farklı ağır metallerin maksimum birikimleri de dokulara göre farklılık göstermektedir. Kerevitin insanlar tarafından tüketildiği göz önüne alınırsa bu sonucun önemli olduğu düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma mada her aşamasındaki katkılarından dolayı Esra Üçüncü'ye teşekkür ederim. Bu çalışma mada Ankara Üniversitesi 10B4240004 kodlu "Yeniçağa (Bolu) Gölü su, sediment ve tatlısu istakozu (*Astacus leptodactylus*; Eschscholtz, 1823)'nda bazı ağır metal birikimlerinin mevsimsel değişimi" konulu BAP projesinin bir parçasıdır.

## KAYNAKLAR

- Alcorlo, P., Otero, M., Crehuet, M., Baltanás, A., Montes, C. 2006. The Use of the Red Swamp Crayfish (*Procambarus Clarkii*, Girard) As Indicator of the Bioavailability of Heavy Metals in Environmental Monitoring in the River Guadiamar (SW, Spain). Science of the Total Environment, 366: 380-390.
- Alexopoulos, E., McCrohan, C. R., Powell, J. J., Jugdaohsingh, R., White, K. N. 2003. Bioavailability and Toxicity of Freshly Neutralized Aluminium to the Freshwater Crayfish *Pacifastacus Leniusculus*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 45(4): 509-514.

- Anderson, M. B., Reddy, P., Preslan, J. E., Fingerman, M., Bollinger, J., Jolibois, L., Maheshwarudu, G., George, W. J. 1997. Metal Accumulation In Crayfish, *Procambarus Clarkii*, Exposed to a Petroleum-Contaminated Bayou In Louisiana. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37: 267-272.
- Anton, A., Serrano, T., Angulo, E., Ferrero, G., Rallo, A. 2000. The Use of Two Species of Crayfish As Environmental Quality Sentinels: The Relationship Between Heavy Metal Content, Cell and Tissue Biomarkers and Physico-Chemical Characteristics of the Environment. *Science of the Total Environment*, 247(2-3): 239-251.
- Baden, S. P., Eriksson, S. P. 2006. Role, Routes and Effects of Manganese in Crustaceans. *Oceanography and Marine Biology* 44: 61-83.
- Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Vaz-Pires, P., Carvalho, M. L., Nunes, M. L. 2008. Essential Elements and Contaminants in Edible Tissues of European and American Lobsters. *Food Chemistry*, 111(4): 862-867.
- Bernard, M. 1976. *Manual of Methods in Aquatic Environment Research*, FAO, Fisheries Technical Paper Rome, 58.
- Besser, J. M., Brumbaugh, W. G., May, T. W., Schmitt, C. J. 2007. Biomonitoring of Lead, Zinc, and Cadmium in Streams Draining Lead-Mining and Non-Mining Areas, Southeast Missouri, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129(1-3): 227-241.
- Bollinger, J. E., Bundy, K., Anderson, M. B., Millet, L., Preslan, J. E., Jolibois, L., Chen, H. L., Kamath, B., George, W. 1997. Bioaccumulation of Chromium in Red Swamp Crayfish (*Procambarus Clarkii*). *Journal of Hazardous Materials*, 54: 1-13.
- Devi, M., Thomas, D.A., Barber, J.T., Fingerman, M. 1996. Accumulation and Physiological and Biochemical Effects of Cadmium in a Simple Aquatic Food Chain. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 33:38-43.
- Erdoğrul, Ö., Tosyalı, C., Erbilir, F. 2005. Kahramanmaraş'ta Yetiştirilen Bazı Sebzelerde Demir, Bakır, Mangan, Kadmiyum ve Nikel Düzeyleri. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2): 27-29.
- Guner, U. 2010. Cadmium Bioaccumulation and Depuration by Freshwater Crayfish, *Astacus Leptodactylus*. *Ekoloji*, 19(77): 23-28.
- Kurun, A., Balkıs, N., Erkan, M., Balkıs, H., Aksu, A., Ersan, M. S. 2010. Total Metal Levels in Crayfish *Astacus Leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and Surface Sediments in Lake Terkos, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 385-395.
- Lucchini, R. G., Martin, C. J., Doney, B. C. 2009. From Manganism to Manganese-Induced Parkinsonism: A Conceptual Model Based on the Evolution of Exposure. *Neuromolecular Medicine*, 11(4): 311-321.
- Milena, R. K., Stojanović, J., Tasić, V., Milošević, N., Petrović, N., Snežana, S. S., Besarabi, M. 2010. Preliminary Analysis of Levels of Arsenic and Other Metallic Elements In Pm<sub>10</sub> Sampled Near Copper Smelter Bor (Serbia). *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 16(3): 269-279.
- Naghshbandi, N., Zare, S., Heidari, R., Razzaghzadeh, S. 2007. Concentration of Heavy Metal in Different Tissues of *Astacus Leptodactylus* From Aras Dam of Iran. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(21): 3956-3959.
- Srinath, T., Verma, T., Ramteke, P. W., Garg, S. K. 2002. Chromium (VI) Biosorption and Bioaccumulation by Chromate Resistant Bacteria. *Chemosphere* 48: 427-435.
- Suárez-Serrano, A., Alcaraz, C., Ibáñez, C., Trobajo, R., Barata, C. 2010. *Procambarus Clarkii* as a Bioindicator of Heavy Metal Pollution Sources in the Lower Ebro River and Delta. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(3): 280-286.
- Villiers, S., Thiart, C., Basson, N. C. 2010. Identification of Sources of Environmental Lead in South Africa from Surface Soil Geochemical Maps. *Environmental Geochemistry And Health*, 32: 451-459.
- Vinod, V. T. P., Sashidhar, R. B., Sreedhar, B. 2010. Biosorption of Nickel and Total Chromium From Aqueous Solution by Gum Kondagogu (*Cochlospermum Gossypium*): A Carbohydrate Biopolymer. *Journal of Hazardous Materials*, 178: 851-860.
- Zengin, F. K. 2007. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus Vulgaris* L. Cv. Strike) Pigment içeriği Üzerine Bazı Aır Metallerin Etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(2): 6-12.