



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 3B0001

VETERINARY SCIENCES

Received: September 2008
Accepted: January 2009
Series : 3B
ISSN : 1308-7339
© 2009 www.newwsa.com

Fulya Benzer
Özden Barım Öz
Mine Erişir
University of Firat
ociftci@firat.edu.tr
Elazığ-Türkiye

KEREVİTLERİN (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) HEPATOPANKREAS, GONAD VE KAS ARGİNAZ ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE CİNSİYETİN VE ORTAMIN ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışma kerevitlerin hepatopankreas, kas ve gonad arginaz aktiviteleri üzerine cinsiyetin ve ortamın etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Yapılan çalışmada, doğal ortamdaki kerevitlerin sadece gonad arginazı ($p<0.05$), kültür ortamındaki kerevitlerin ise hepatopankreas ($p<0.001$), kas ($p<0.001$) ve gonad ($p<0.01$) arginazı cinsiyete bağlı olarak değişmiştir. Ortamın etkisine bakıldığında zaman, erkek kerevitlerde ortam değişikliği sadece gonad arginaz aktivitesi ($p<0.001$) üzerine etkili iken, dişilerde hepatopankreas ($p<0.05$), kas ($p<0.001$) ve gonad ($p<0.01$) arginaz aktiviteleri üzerine etkili olmuştur. Cinsiyetin ve ortamın kerevitlerdeki arginaz aktivitesini değiştirdiği saptanmıştır. Arginaz aktivitesinde en fazla değişimin, ortam olarak kültür ortamında, cinsiyet olarak da dişilerde olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kerevit, Arginaz, Cinsiyet, Ortam, Doku

THE EFFECT OF SEX AND CONDITIONS ON HEPATOPANCREAS, GONAD AND MUSCLE ARGINASE ENZYME ACTIVITIES AT FRESHWATER CRAYFISH (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823)

ABSTRACT

The aim of the study is to search effect of sex and conditions on hepatopancreas, gonad and muscle arginase activities in freshwater crayfish. While only gonad arginase ($p<0.05$) activity of crayfish in natural conditions changed in regard to sex, hepatopancreas ($p<0.001$), muscle ($p<0.001$) and gonad ($p<0.01$) arginase activities of crayfish in culture conditions changed in regard to sex in the study. When effect of conditions was examined, it was seen that changing conditions was effective on only gonad arginase activity ($p<0.001$) for male crayfish but it was effective on hepatopancreas ($p<0.05$), muscle ($p<0.001$) and gonad ($p<0.01$) arginase activities for female crayfish. It was determined that sex and conditions changed arginase activities of crayfish. It was observed that the most important changing of arginase activities was seen in culture conditions as conditions and in female crayfish as sex.

Keywords: Crayfish, Arginase, Sex, Conditions, Tissue



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Krustaselerden olan tatlısu istakozları (kerevit) Arthropoda (eklembacaklılar) filumunun Crustacea (kabuklular) sınıfının Decapoda (onayaklılar) takımında toplanırlar [3 ve 20]. Hepatopankreas, sindirim enzimlerinin (proteinaz, lipaz vs.) üretildiği, çeşitli sentezlerin yapıldığı ve fazla miktarda alınan besinlerin, bazı ağır metal ve kalsiyumun depolandığı yerdir. Bu organ kerevitlerin karaciğeri olarak isimlendirilir ve krustaselerin buldukları fizyolojik şartların belirlenmesinde oldukça önemlidir. Gonad ise eşey hücrelerinin meydana geldiği organdır [6, 8, 16 ve 33].

Azot metabolizmasında merkezi rol oynayan ve başta amino asit katabolizması olmak üzere çeşitli kaynaklardan meydana gelen amonyak, çok toksik olması nedeni ile canlı organizmasından biran önce uzaklaştırılmalıdır. Canlılar azot metabolizmasının son ürününe göre amonyatelik, ürikotelik veya üreotelik olarak sınıflandırılırlar [13, 25, 27 ve 28]. Karada yaşayan canlılar ortamda yeterli düzeyde su varsa amonyağı üre halinde, su düzeyi çok düşük ise ürik asit halinde, suda yaşayan canlılar ise, memeliler hariç, amonyağı hiçbir değişikliğe uğratmadan atarlar. Kerevitler de amonyatelik canlılardır [15].

Arginaz (L-arginin amidinohidrolaz E.C. 3.5.3.1) üre döngüsünün son enzimi olup, L-arginini üre ve L-ornitine hidrolize eder [27]. Arginaz üreotelik hayvanlarda üre döngüsü için gereklidir, fakat kerevitlerde aktif bir üre döngüsü olmamasına rağmen aktif arginaz enzimi vardır [15]. Üreotelik olmayan canlılarda arginaz enziminin bulunmasını Brown ve Cohen [4], canlıların azotun düzenlenmesinde üre döngüsünden başka metabolik yolları kullanmaları nedeni ile döngünün diğer enzimlerinin baskı altına alınmasına veya silinmesine bağlamaktadırlar.

2. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Astacus leptodactylus Türkiye'de yaygın bir kerevit türüdür ve avcılığı yapılmaktadır. Bu türün avcılığı yurt dışında kerevite olan talebin arttığı 1960'lı yılların son zamanlarına dayanır. Üre döngüsünün son enzimi olan arginaz, nitrik oksit, poliamin, agmatin, prolin ve glutamat sentezinde rol oynamaktadır. Kerevitlerde arginazla ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışma kerevitlerin hepatopankreas, kas ve gonad arginaz aktiviteleri üzerine cinsiyetin ve ortamın etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Araştırma materyallerini Keban Baraj Gölü'nden (doğal ortam) ve Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesinin, Cip Balık Üretim ve Araştırma Tesisinden (kültür ortamı) yakalanan kerevitler oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan kerevitler en kısa zamanda laboratuara getirilerek organları ayrılmış ve soğuk serum fizyolojik ile temizlenerek -25°C'deki derin dondurucuda çalışma yapılana kadar bekletilmiştir.

Hepatopankreas, gonad ve kas dokuları Potter-Elvehjem cam-cam homojenizatörde 1/10 oranında distile su ile homojenize edilmiş, homojenatlar soğutmalı santrifüjde 12 000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek süpernatantları alınmıştır. Elde edilen süpernatantlar 4 mM MnCl₂ çözeltisi ile 10 misli sulandırılmış ve 55°C'de 10 dakika preinkübasyona tabi tutularak enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Vida kapaklı tüplere 0,4 ml 110 mM'lık karbonat tamponu (pH= 9.25), 0,3 ml 50 mM'lık L-arginin (pH= 9.25) solüsyonu ve 0,3 ml enzim kaynağı ilave edilmiştir. Toplam hacim 1 ml olup 37°C'de 15 dakikalık

inkübasyon sonucu, enzimatik reaksiyonlar 3 ml asit karışımı ile durdurulmuş ve 2 ml renk ayırıcı ilave edilerek tüplerin ağzı kapatılmış ve 10 dakika kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda, tüpler soğutulduktan sonra köre karşı 520nm dalga boyunda okunmuştur. Örneklerin üre miktarları, örneklerin absorbanlarından sıfır zaman körlerinin absorbanlarından çıkartılmasından sonra değerlendirilmiştir.

Kerevitlerdeki arginaz aktivitesi Tiyosemikarbazid Diasetil Monoksim Üre (TDMU) metodu [12], protein miktarları ise kantitatif olarak Lowry [22] metoduna göre ölçülmüştür. Sonuçlar Ünite olarak verilmiştir. Ünite: 1 mg proteinin 1 saatte oluşturduğu üre miktarının mikromol cinsinden ifadesidir (mikromol üre/mg protein/saat).

İstatistiksel analizler SPSS 12 bilgisayar programı üzerinden Anova'ya takiben bağımsız t-testi kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR (FINDINGS)

Arginaz enzim aktivitesi üzerine cinsiyetin etkisine bakıldığında; doğal ortamda yetişen kerevitlerde gonadlardaki arginaz aktivitesinin ($p < 0.05$) (Tablo 1), kültür ortamında yetişen kerevitlerde ise hepatopankreas, gonad ve kas arginaz aktivitesinin istatistiksel olarak değiştiği (sırasıyla, $p < 0.001$, $p < 0.01$, $p < 0.001$) (Tablo 2) saptanmıştır.

Arginaz enzim aktivitesi üzerine ortamın etkisine bakıldığı zaman; erkek kerevitlerde ortam değişiminde, sadece gonadda anlamlı bir ($p < 0.001$) değişiklik gözlenirken (Tablo 3), dişilerde hem hepatopankreas ($p < 0.05$) hem gonad ($p < 0.01$) hem de kasda ($p < 0.001$) istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir (Tablo 4).

Hem doğal ortamda ($p < 0.05$) hem de kültür ortamında ($p < 0.01$) erkeklerin gonadındaki arginaz aktivitesi dişilerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (Tablo 1 ve 2). Ayrıca erkek kerevitlerin doğal ortamdaki gonad arginaz aktivitesi, kültür ortamındaki aktiviteden önemli ölçüde ($p < 0.001$) yüksek bulunmuştur (Tablo 3).

Dişi kerevitlerin doğal ortamdaki gonad ve kas arginaz aktivitesi, kültür ortamındaki dişilerden anlamlı olarak yüksek bulunurken (sırasıyla $p < 0.01$ ve $p < 0.001$); hepatopankreas arginaz aktivitesi düşük bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4).

Tablo 1. Doğal ortamda yetişen kerevitlerin hepatopankreas, gonad ve kas arginaz aktiviteleri (Ünite) üzerine cinsiyetin etkisi
(Table 1. The effect of sex on hepatopancreas, gonad and muscle arginase activities (Unit) of the crayfish grown up in natural conditions)

	n	Hepatopankreas	Gonad	Kas
Erkek	10	0,71±0,05	1,20±0,08 ^b	1,01±0,02
Dişi	10	0,86±0,06	0,83±0,16 ^a	1,10±0,03
p		$p > 0.05$	$P < 0.05$	$p > 0.05$

Tablo 2. Kültür ortamında yetişen kerevitlerin hepatopankreas, gonad ve kas arginaz aktiviteleri (Ünite) conditions üzerine cinsiyetin etkisi

(Table 2. The effect of sex on hepatopancreas, gonad and muscle arginase activities (Unit) of the crayfish grown up in culture conditions)

	n	Hepatopankreas	Gonad	Kas
Erkek	10	0,70±0,02 ^a	0,84±0,10 ^b	0,98±0,02 ^b
Dişi	10	1,16±0,12 ^b	0,40±0,05 ^a	0,75±0,03 ^a
p		$P < 0.001$	$P < 0.01$	$P < 0.001$

Tablo 3. Erkek kerevitlerin hepatopankreas, gonad ve kas arginaz aktiviteleri (Ünite) üzerine ortamın etkisi
(Table 3. The effect of conditions on hepatopancreas, gonad and muscle arginase activities (Unit) of male crayfish)

	n	Hepatopankreas	Gonad	Kas
Doğal Erkek	10	0,71±0,05	1,20±0,83 ^b	1,01±0,02
Kültür Erkek	10	0,70±0,02	0,84±1,08 ^a	0,98±0,02
p		P>0.05	P<0.001	P>0.05

Tablo 4: Dişi kerevitlerin hepatopankreas, gonad ve kas arginaz aktiviteleri (Ünite) üzerine ortamın etkisi
(Table 4: The effect of conditions on hepatopancreas, gonad and muscle arginase activities (Unit) of female crayfish)

	n	Hepatopankreas	Gonad	Kas
Doğal Dişi	10	0,86±0,06 ^a	0,83±0,16 ^b	1,10±0,03 ^b
Kültür Dişi	10	1,16±0,12 ^b	0,40±0,05 ^a	0,75±0,03 ^a
p		P<0.05	P<0.01	P<0.001

5. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Üre döngüsünün final enzimi olan arginaz, karaciğerde L-argininin üre ve ornitine hidrolizini katalizler [1 ve 5]. En yüksek arginaz aktivitesi üre döngüsünün bütün enzimlerini içeren karaciğer dokusundadır [5]. Üre siklusunun olmadığı böbrek, prostat [32], laktasyondaki meme bezi [37], gebe uterus [35], sinir sistemi [30], barsak [2 ve 36], iskelet kası [2], testis, epididimis, seminal plazma ve insan sperm hücrelerinde de arginaz aktivitesine rastlanılmıştır [19]. Günümüzde düzenleyici bir enzim olan arginazla ilgili yapılan çalışmalarda artış vardır. Bu ilginin nedeni arginazın nitrik oksit, poliamin, aqmatin, prolin ve glutamat sentezinde oynadığı roller olabilir. Arginaz enzimi üre sentezindeki vazgeçilmez rolünün yanında poliamin, prolin ve glutamat sentezi için ornitin üretimini de sağlar [34].

Kerevitler amonyatelik canlılar olmalarına ve aktif bir üre döngüsüne sahip olmamalarına rağmen aktif arginaz enzimine sahiptirler [10, 14, 15 ve 29]. Üre döngüsü enzimlerinden olan karbamoil fosfat sentetaz ve ornitin transkarbomilaz'ın kerevitlerde olmadığı gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, kerevitler sadece aktif bir arginaz enzimine sahip olmayıp aynı zamanda ornitin proline dönüşümünü sağlayacak enzim kapasitesine de sahiptirler [29].

Kerevitlerde cinsiyet ve ortamın arginaz aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili çalışma olmaması nedeniyle yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçlarını yorumlarken kerevit dışındaki çalışmalardan da faydalanmak ihtiyacı duyduk.

Suda yaşayan canlılarda beslenme, mevsimsel ve hormonal değişiklikler, çevresel faktörler (ısı, tuzluluk, su devir dayımı gibi) arginaz aktivitesini değiştirmektedir [7, 9, 11, 17, 18 ve 31]. Balıklarda çevre kirliliğinin arginaz aktivitesini etkilediğini bildiren çalışmalar mevcuttur [21 ve 26]. Ozan ve ark.[26]'larının Elazığ Keban Baraj Gölü'ndeki balıkların arginaz aktiviteleri üzerine kirli ortamın etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, kirliliğe bağlı olarak kas ve genital organlardaki arginaz aktivitesi artmış, karaciğerdeki arginaz aktivitesi ise düşmüştür. Bizim çalışmamızda doğal ortamın kültür ortamına göre daha kirli olduğu düşünülecek olunursa doğal ortamdaki dişi kerevitlerin gonad ve kas arginazlarının, erkeklerin ise gonad arginazlarının yüksek olması



ayrıca doğal ortamdaki dişilerin hepatopankreas arginazlarının düşük olması çalışmayla uyum göstermektedir.

Aminlari ve ark.[1]'ları tarafından kedilerin dokularındaki arginaz dağılımı ile ilgili yapılan araştırmada, testis ve ovaryum arginaz aktiviteleri arasında fark görülmemiştir. Çalışmamızda kerevitlerde, erkek ve dişi gonad arginazı arasında önemli farklılıklar olduğunu ve hem doğal hem de kültür ortamındaki erkeklerde gonad arginaz aktivitesinin dişilerden yüksek olduğunu tespit ettik.

Memelilerde testis arginazı spermatogenezisde ve fertilitede önemli rol oynar[1]. Argininin arginaz ile hidrolizinden oluşan ornitin poliaminlerin sentezinde kullanılır. Poliaminlerin hızlı büyüyen hücre ve dokularda yüksek konsantrasyonda buldukları ve hücre çoğalması ve farklılaşması için gerekli oldukları gösterilmiştir [34]. Erkek eklenti bezlerindeki arginaz poliamin sentezi için gereklidir [24]. Erkek kerevitlerde gonad arginazının dişilerden yüksek olması spermatogenezis için gerekli poliaminlerin senteziyle ilişkilendirilebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSSION AND SUGGESTS)

Çalışmamızda doğal ve kültür ortamının kerevitlerdeki arginaz aktivitesini değiştirdiği saptanmıştır. Arginaz aktivitesinde en fazla değişimin, ortam olarak kültür ortamında, cinsiyet olarak da dişilerde olduğu gözlenmiştir. Bu değişimin fizyolojik öneminin ne olduğu ile ilgili daha ileri düzeyde çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Aminlari, M., Shahbazkia, H.R., (2007). Esfandiari A. Distrubition of Arginase in Tissues of Cat (*Felis catus*). *J Feline Med Surg*, 9(2), ss:133-9.
2. Aminlari, M., Vaseghi, T., (1992). Arginase Distribution in Tissues of Domestic Animals. *Comp Biochem Physiol B*, 103(2), ss:385-389.
3. Atay, D., (1997). Kabuklu Su Ürünleri ve Üretim Tekniği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1478, Ankara, ss:348.
4. Brown, G.J., Cohen P.P., (1960). Comparative Biochemistry of Urea Synthesis: 3. Activities of Urea-Cycle Enzymes in Various Higher and Lower Vertebrates. *Biochem J*, 75, ss: 82-91.
5. Cederbaum, S.D., Yu H., Grody, W.W., Kern, R.M., Yoo, P., Lyer, R.K., (2004). Arginases I and II: Do Their Functions Overlap? *Mol Genet Metab*, 81, ss: 38-44.
6. Chen, H.Y., (1998). Nutritional Requirements of the Black Tiger Shrimp: *Penaeus monodon*. *Rew Fish Sci*, 6, ss:79-95.
7. Chiu, Y.N., Austic, R.E., Rumsey, G.L., (1986). Urea Cycle Activity and Arginine Formation in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *J Nutr*, 116, ss:1640-1650.
8. Conklin, D.E., (1995). Digestive Physiology and Nutrition. In: Biology of the Lobster *Homarus americanus*, (J. Robert Factor, eds.). Academic Press, 441-463.
9. Cvancara, V.A., (1969). Studies on Tissue Arginase and Ureagenesis in Freshwater Teleosts. *Comp Biochem Physiol*, 30, ss: 489-496.
10. Erişir, M., Barım, Ö., Özçelik, M., Harlıoğlu, M.M., (2006). The Effect of Dietary Vitamin E on the Arginase Activity in the Females of Freshwater Crayfish (*Astacus leptodactylus*, Esch. 1823). *Turk J Vet Anim Sci*, 30, ss: 195-199.
11. Funkhouser, D., Goldstein, L., Forster, R.P., (1972). Urea Biosynthesis in the South American Lungfish, *Lepidosiren*

- Paradoxa: Relation to its Ecology. *Comp Biochem Physiol A*, 41, ss: 439-443.
12. Geyer, J.W., Dabich, D., (1971). Rapid Method for Determination of Arginase Activity in Tissue Homogenates. *Anal Biochem*, 39, ss: 412-417.
 13. Gözükara, E.M., (1989). Amino Asitlerin Oksidasyonu. 1009-1046. "Biyokimya". Birinci Baskı, Ofset Repromat Ltd.Şti., Ankara,
 14. Hanlon, D.P., (1975). The Distribution of Arginase and Urease in Marine Invertebrates. *Comp Biochem Physiol B*, 52, ss: 261-264.
 15. Hartenstein, R., (1971). Characteristics of Arginase from the Freshwater Crayfish, *Cambarus bartoni*. *Comp Biochem Physiol B*, 40, ss:781-795.
 16. Holdich, D. M. and Reeve, I. D., (1988). Functional Morphology and Anatomy. In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation* (Holdich D. M. and Lowery, R. Eds). Chapman and Hall, London, ss:11-51.
 17. Janssens, P.A., Cohen P.P., (1968). Biosynthesis of Urea in the Estivating African Lungfish and in *Xenopus Laevis* Under Conditions of Watershortage. *Comp Biochem Physiol*, 24, ss: 887-898.
 18. Jurss, K., Bittorf, T., Vokler, T., Wacke, R., (1987). Effects of Temperature, Food Deprivation and Salinity on Growth, RNA/DNA Ratio and Certain Enzyme Activities in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comp Biochem Physiol B*, 87, ss:241-253.
 19. Keskiner, A., Elgun, S., Yılmaz, E., (2001). Possible Implications of Arginase and Diamine Oxidase in Prostatic Carcinoma. *Cancer Detect Prev*, 25, ss: 76-79.
 20. Kumlu, M., (1998). Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği, Çukurova Üniv. Su Ürün. Fak., Ders Kitabı No: 6, ss:340.
 21. Lee, W.C., Chen, J.C., (2004). Nitrogenous Excretion and Arginase Specific Activity of Kuruma Shrimp *Marsupenaeus japonicus* Exposed to Elevated Ambient Nitrite. *J Exp Mar Bio Ecol*, 308, ss103-111.
 22. Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L., (1951). Randall, R.J., Protein Measurements with the Folin Phenol Reagent. *J Biol Chem*, 193, ss:265-275.
 23. Mazlum, Y., Yılmaz, E., (2006). Türkiye'de Önemli Kerevit Türlerinin Yetiştiriciliği. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23(1-2), ss: 201-205.
 24. Mendez, J.D., Sosa, A., Palomar-Morales, M., (2002). Effect of L-arginine on arginase activity in male accessory sex glands of alloxan treated rats. *Reprod Toxicol*, 16, ss:809-813.
 25. Murray, R.K., Granner D.K., Mayes P.A. and Rodwell V.W., (1991). Metabolism of Proteins and Amino Acids. 267-330. In: "Harper's Biochemistry". Twenty-second ed., Typopress, Lebanon,
 26. Ozan, S., Gürsu, M.F., Sarıyüpoğlu, M., Gülen, S., (1993). The Effect of Water Pollution, in Elazığ Keban Dam Lake, upon the Arginase Activities of the Different Organs of Fish *Capoeta trutta*. *Turk J of Vet Anim Sci*, 18, ss: 7-10.
 27. Powers, G.S., Meister, T., (1986). Urea Synthesis and Ammonia Metabolism. 251-263. Edited by I. Hird, F.J., Cianciosi, S.C., McLean, R.M.: Investigations on the origin and metabolism of the carbon skeleton of ornithine, arginine and proline in selected animals. *Comp Biochem Physiol B*, 83, ss:179-84.
 28. Rawn, J.D., (1989). Catabolism of Amino Acids and the Urea Cycle. 457-487. In: "Biochemistry". First ed., Carolina Biological Supply Company, Burlington, North Carolina,



29. Sisini, A., Pinna, G.G., Viridis-Usai, R., (1981). Arginase characteristics in an ammoniotele. *Boll Soc Ital Biol Sper*, 57, ss:1510-1516.
30. Spencer, T., Filbin, M.T., (2004). A Role for cAMP in Regeneration of the Adult Mammalian CNS. *J Anat*, 204, ss:49-55.
31. Vijayan, M.M., Mommsen, T.P., Glemet, H.C., Moon, T.W., (1996). Metabolic Effects of Cortisol Treatment in a Marine Teleost, the Sea Raven. *J Exp Biol*, 199, ss:1509-1514.
32. Vockley, J.G., Jenkinson, C.P., Shuklal, H., Kern, R.M., Groby, W.W., Cederbaum, S.D., (1996). Cloning and Characterization of the Human Type II Arginase gene. *Genomics*, 38, ss:118-123.
33. Vogt, G., (2002). Functional Anatomy. In: *Biology of Freshwater Crayfish*, (Holdich, D.M., eds.), Iowa State University Press, ss:53-150.
34. Wallace, H.M., Fraser, A.V., Hughes, A., (2003). A perspective of Polyamine Metabolism. *Biochem J*. 376, 1-14.
35. Weiner, C.P., Knowless, R.G., Stegink, L.D., Dawson, J., Moncada, S., (1996). Myometrial Arginase Activity Increases with Advancing Pregnancy in the Guinea Pig. *Am J Obstet Gynecol*, 174, ss:779-789.
36. Wu, G., Knabe, D.A., Flynn, N.E., Yan, W., Flynn, S.P., (1996). Arginine Degradation in Developing Porcine Enterocytes. *Am J Physiol*, 271, ss:G913-G919.
37. Yip, M.C.M., Knox, W.E., (1972). Function of Arginase in Lactating Mammary Gland. *Biochem J*, 127, ss:893-899.