

Kerevit Yemine Katılan n-3 Serisi Yağ Asitlerinin Pleopodal Yumurta, Hepatopankreas ve Kas Dokusunda Lipid Peroksidasyon ve Glutasyon Düzeylerine Etkisi

Muzaffer Mustafa HARLIOĞLU*, Kenan KÖPRÜCÜ*, Ökkeş YILMAZ**, M. Nuri ÇAKMAK*, Önder AKSU***, Serpil MİŞE YONAR*, Ayşe Gül HARLIOĞLU*, Tuba ÇAKMAK DURAN*, Sevinç AYDIN**, Sinan ÖZCAN*

*Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Elazığ, TÜRKİYE
**Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ, TÜRKİYE
***Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi ABD, Tunceli, TÜRKİYE
Sorumlu yazar: serpilmise@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, kerevit yemine farklı oranlarda katılan n-3 serisi yağ asitlerinin pleopodal yumurta, hepatopankreas ve kas dokusunda (abdomen eti) malondialdehit (MDA) ve glutasyon (GSH) düzeylerine etkileri araştırıldı. Bu amaçla n-3 serisi yağ asidi içermeyen, toplam enerji düzeyi 3600 kcal/kg ve ham protein oranı %35 olan bir kontrol yemi (Deneme 1) hazırlandı. Bu yeme %1, 2 ve 3 oranlarında n-3 serisi yağ asidi ilave edilerek sırasıyla 2, 3 ve 4 nolu deneme yemleri oluşturuldu. Üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada, 107 günlük besleme sonunda, kerevitlerden pleopodal yumurta, hepatopankreas ve kas doku örnekleri alınarak, MDA ve GSH düzeyleri araştırıldı. Sonuçta; pleopodal yumurtaların MDA ve GSH düzeylerinde gruplar arasında önemli farklılıklar belirlendi ($P<0,05$). Diğer taraftan, dişi ve erkek bireylerin kas dokusundaki MDA ve GSH düzeyleri incelendiğinde ise istatistiksel olarak önemli fark sadece dişi bireylerin GSH düzeylerinde bulundu ($P<0,05$). Ayrıca, dişi ve erkek bireylerin hepatopankreas dokusundaki MDA düzeylerinde de önemli farklılıklar gözlemlendi ($P<0,05$). Öte yandan, aynı dokunun GSH düzeyleri incelendiğinde ise istatistiksel olarak önemli farklılık sadece dişi bireyler arasında görüldü ($P<0,05$).

Anahtar Kelimeler: *Astacus leptodactylus*, n-3 serisi yağ asidi, lipid peroksidasyon, glutasyon

The Effect of Dietary N-3 Series Fatty Acids on the Lipid Peroxydation and Glutathione Levels in Pleopodal Egg, Hepatopancreas and Muscle of Freshwater Crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz)

Abstract

In this study, the effects of dietary n-3 series fatty acids on the malondialdehyde (MDA) and glutathione (GSH) levels in pleopodal egg, hepatopancreas and muscle of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) were investigated. For this aim, a control diet (D1) containing 3600 kcal/kg gross energy and 35% crude protein was prepared. The experiment was carried out with the three following treatments: control groups (D1, not supplemented n-3 series fatty acids), D2 (1%), D3 (2%) and D4 (3%). At the end of feeding for 107 days, MDA and GSH levels in pleopodal egg, hepatopancreas and muscle of crayfish were investigated. In conclusion, a significant difference in the level of MDA and GSH of pleopodal egg was determined between the experimental groups ($P<0.05$). On the other hand, as regarding difference in the MDA and GSH level of muscle of male and female between the groups, a significant difference was found only for GSH of female muscle ($P<0.05$). Moreover, a significant difference was determined in the MDA levels of hepatopancreas of male and female between the groups ($P<0.05$). However, there was a significant difference in the GSH levels of female hepatopancreas between the groups ($P<0.05$).

Keywords: *Astacus leptodactylus*, n-3 series fatty acid, lipid peroxydation, glutathione

Giriş

Tatlı su ıstakozu (kerevit) lüks bir gıda maddesi olarak birçok ülkede tüketilmektedir. Dünya genelinde 500'ü aşkın türün bulunmasına rağmen, bu türlerin yaklaşık 15 kadarı ekonomik öneme sahiptir (Holdich, 1993; Ackefors, 2000). Doğal kerevit türümüz olan *Astacus leptodactylus* ekonomik öneme sahip türlerden biridir. Bu tür, özellikle 1970–1985 yılları arasında, yurdumuz su kaynaklarından bol miktarda avlanılarak (4000-8000 ton/yıl) döviz karşılığı Avrupa ülkelerine ihraç edilmiştir. Kerevit üretimimiz ilk olarak 1984 yılında Işıklı (Çivril) gölünde (Denizli) görülen mantar hastalığı (*Aphanomyces astaci*) ve ayrıca aşırı avlanma ile su kirliliğindeki artış gibi nedenlerle 1985'li yıllarda yok denecek kadar az seviyelere düşmüştür (Goddard, 1988; Köksal, 1988; Aydın, 1992). Günümüzde ise hasat edilen kerevit miktarı hastalık görülmeden önceki yılların yaklaşık %10'u (780 ton/yıl) kadardır (Harlıoğlu, 2004; 2009).

Lipid peroksidasyonun son ürünü olan MDA, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşur ve hücrel bileşenlerde meydana gelen oksidatif stresin en önemli göstergesidir (Morales ve ark., 2004). Bütün aerobik organizmalar gibi kerevitlerde de oksidatif stresi ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta birçok savunma mekanizmaları gelişmiştir. Bunlar antioksidan savunma sistemleri olarak bilinirler ve enzimatik karakterdeki süperoksid dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) ile enzimatik olmayan glutatyon, A, E, C vitaminleri ile selenyum ve melatonin gibi maddelerden oluşurlar (Dautremepuits ve ark., 2003; Trenzado, ve ark., 2006).

Bütün omurgalıların rasyonlarında kesinlikle çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) ihtiyaç vardır. Eğer bu açıklık kapatılmazsa hayvanlarda büyüme, gelişme ve üremede bozukluklar görülmektedir. PUFA'lar esansiyel yağ asitleri olup; linolenik, linoleik ve α - linolenik yağ asitleri bunlara örnek olarak gösterilebilir. Bütün omurgalıların hemen hepsi linolenik ve linoleik yağ asitlerine ihtiyaç duyarlar. PUFA'ların biyolojik olarak etkin formları genellikle C₂₀ ve C₂₂ formundadırlar. Metabolik formları ise; linoleik asit, linolenik asit, araşidonik asit, dokosaheksaenoik asit ve eikosapentaenoik asit formundadır. Omurgalılarda n-3 serisi yağ asitlerinin değişik türevleri (linolenik, stearidonik, dokosapentaenoik asitler) eikosapentaenoik ve dokosaheksaenoik yağ asitlerinin biyolojik aktiviteleri sonucu meydana gelir. Bu durum tatlı su balıklarında deniz balıklarına oranla daha belirgindir (Sargent ve ark., 1989).

Bu çalışmada, kerevit yemine farklı oranlarda katılan n-3 serisi yağ asitlerinin pleopdal yumurta, hepatopankreas ve kas dokusunda (abdomen eti) lipid preoksidasyon (MDA) ve glutatyon (GSH) düzeyleri üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan kerevitler, Keban Baraj Gölü Ağın Yöresinde kerevit avcılığı yapan kişiler tarafından yakalanan kerevitlerden ortalama ağırlığı $29 \pm 0,5$ g ve toplam uzunluğu $10 \pm 0,5$ cm olan dişi ve erkek bireyler arasından seçildi. Fırat Üniversitesi Cip Balık Üretim Tesisinde öncelikle beton havuzlara ($7 \times 4 \times 0,5$ m ve $16 \times 4 \times 1$ m) yerleştirilerek havuz ortamına adaptasyonları sağlandı. Bu dönemde kerevitler kontrol yemiyle beslenilerek deneysel pelet yeme alışmaları sağlandı. Havuzların zeminine yeterince barınak (plastik borular, 20 cm uzunluğunda ve 7 cm çapında) yerleştirildi ve 1 m^2 yüzey alanı için dakikada 1,5 litre su akışı sağlandı. Çalışma başlatıldığında kerevitler $2 \times 2 \times 0,5$ m büyüklüğünde havuzlara alındı. Üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada toplam 12 adet havuz kullanıldı. Stoklama yoğunluğu 15 birey / m^2 (4 dişi: 1 erkek) olarak düzenlendi. Her bir tekrar için 48 adet dişi ve 12 adet erkek kerevit kullanıldı.

Kerevitler günlük olarak ağırlıklarının %2'si oranında yemle beslendiler. Araştırmada kullanılan suyun su sıcaklıkları ve çözünmüş oksijen miktarları 0,01 hassasiyetli oksijenmetre (YSI 5500) ile, pH'sı ise 0,003 hassasiyetli pH metre (Orion 3 star) ile ölçüldü (APHA, 1985).

Çalışmada n-3 serisi yağ asitlerinin bazı biyokimyasal parametrelere etkisini belirlemek için n-3 serisi yağ asidi içermeyen, toplam enerji düzeyi 3600 kcal/kg ve ham protein oranı %35 olan bir kontrol (D1) (Tablo 1) yemi hazırlandı. Bu yeme %1, 2 ve 3 oranlarında n-3 serisi yağ asidi (yağ asidi aracı bir firmadan (Ürün Veren Su Ürünleri, Turizm, Medikal, Hayvancılık, Yem San. Tic. Lti. Şti.) satın alındı) ilave edilerek sırasıyla D2, D3 ve D4 nolu deneme yemleri oluşturuldu. Çalışmada kullanılan kontrol diyeti Reigh et al. (1990) den modifiye edildi.

Tablo 1. Kontrol grubuna ait yem öğeleri ve kullanım oranları.

Yem Öğeleri	Kuru Ağırlık (%)
Kazein (% 83 HP)	36
Jelatin (% 83 HP)	6,2
Dekstrin	18
Buğday nişastası	12
Ayçiçeği yağı	8
Dikalsiyum fosfat	1,00
Sodyum fosfat	0,40
Antioksidan ²	0,10
Vitamin karması ³	0,50
Mineral karması ⁴	0,18
Alfa-selüloz	17,62

(1) N-3 serisi yağ asidi hamsi yağından konsantre edilmiş olup %54,3 eikosapentaenoik asit (EPA), %37,1 dokosaheksaenoik asit (DHA) ve %8,6 diğer n-3 serisi yağ asitlerini (dokosapentaenoik, linolenik, stearidonik asit) içermektedir.

(2) Antioksidan (mg/kg): butillenmiş hidroksi tolüen (BHT) 12,5

(3) Vitamin karması (IU veya mg kg⁻¹): Vitamin A 10,000 IU, vitamin D₃ 1,000 IU, vitamin E 100 IU, vitamin K 15 mg, vitamin B₁ 5 mg, vitamin B₂ 15 mg, Niasin 150 mg, Kalsiyum D-Pantothemat 50 mg, vitamin B₆ 10 mg, vitamin B₁₂ 0,02 mg, Folik Asit 3 mg, D-Biotin 1 mg, Kolin Klorid 500 mg, vitamin C 300 mg

(4) Mineral karması (mg kg⁻¹diyet): Mn 80, Fe 35, Zn 50, Cu 5, I 2, Co 0,4, Se 0,15

Üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada, 107 günlük besleme sonunda, kerevitlerden pleopodal yumurta, hepatopankreas ve kas doku örnekleri alındı.

Yumurta ve doku örnekleri, Tris-HCl ve EDTA (pH:7) tamponu kullanılarak homojenize edildi. Homejenatlar +4 °C'de 9000 rpm'de 10 dk süre ile santrifüjlendi. Elde edilen süpernatantlarda; MDA düzeyi Niehaus ve Smuelson (1968), GSH düzeyi ise Elman (1959) ve Akerboom ve Sies (1981)'e göre HPLC cihazında floresan dedektör ile ölçüldü.

Denemede elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 12.0 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirildi. Kontrol ve deneme grubu kerevitlerin bazı biyokimyasal parametrelerinde meydana gelen değişimler tek yönlü varyans analizi (Oneway – ANOVA) ile test edildi.

Bulgular

Havuzlardaki ortalama su sıcaklığı $10,58 \pm 0,73$ °C, pH $8,04 \pm 0,13$, çözülmüş oksijen ise $7,47 \pm 0,28$ mg/L olarak belirlendi

Pleopodal yumurtaların MDA ve GSH düzeylerindeki değişimler Tablo 2’de gösterilmiştir. Kontrol (D1) grubuna göre D2 grubunun MDA düzeyinde istatistiksel anlamda önemsiz bir azalma ($P>0,05$) belirlenirken, D3 ve D4 gruplarındaki azalma istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) bulundu. Öte yandan, her üç deneme grubunun pleopodal yumurtalarındaki GSH düzeylerinin kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edildi ($P<0,05$).

Tablo 2. Farklı oranlarda n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen deneme grubu kerevitlerinin yumurtalarındaki MDA ve GSH düzeylerindeki değişimler

Parametreler	D1	D2	D3	D4
MDA (nmol/g)	12.04 ± 3.07^a	10.35 ± 1.07^a	7.80 ± 2.85^b	4.55 ± 3.22^c
Glutasyon (μ /g)	52.98 ± 8.68^b	64.64 ± 12.68^{ab}	68.30 ± 22.87^a	68.97 ± 15.24^a

^{a, b, c}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen gruplar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

D1; kontrol (n-3 serisi yağ asidi içermeyen yemlerle beslenen grup), D2; %1 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D3; %2 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D4; %3 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup.

Kontrol ve deneme grubu bireylerinin kas dokusundaki MDA ve GSH düzeyleri Tablo 3’ de verilmiştir. Kontrol grubuna kıyasla her üç deneme grubunun erkek ve dişi bireylerinin MDA düzeylerinde istatistiksel olarak herhangi bir fark ($P>0,05$) tespit edilmedi. Diğer taraftan, her üç deneme grubunun GSH düzeylerinde gözlemlenen artış yalnızca dişi bireylerde istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0,05$). Erkek bireyler dikkate alındığında ise, GSH düzeyinin D2 grubunda azaldığı, D3 ve D4 grubunda arttığı belirlendi. Fakat her üç grupta belirlenen bu değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulundu ($P>0,05$).

Tablo 3. Farklı oranlarda n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen deneme grubu kerevitlerinin kas (abdomen eti) dokusundaki MDA ve GSH düzeylerindeki değişimler

Parametreler	Cinsiyet	D1	D2	D3	D4
MDA (nmol/g)	Dişi	9.84 ± 1.92	9.44 ± 2.81	8.69 ± 0.94	8.46 ± 2.67
	Erkek	23.92 ± 4.09	23.29 ± 4.11	21.81 ± 3.94	21.42 ± 5.11
Glutasyon (μ /g)	Dişi	430.41 ± 120.50^b	492.49 ± 142.94^{ab}	581.66 ± 68.96^a	603.74 ± 62.39^a
	Erkek	357.76 ± 105.41	353.73 ± 63.64	374.98 ± 128.44	385.38 ± 127.30

^{a, b, c}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen gruplar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

D1; kontrol (n-3 serisi yağ asidi içermeyen yemlerle beslenen grup), D2; %1 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D3; %2 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D4; %3 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup.

Tablo 4. Farklı oranlarda n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen deneme grubu kerevitlerinin hepatopankreas dokusundaki MDA ve GSH düzeylerindeki değişimler

Parametreler	Cinsiyet	D1	D2	D3	D4
MDA (nmol/g)	Dişi	69.36 ± 12.57 ^a	28.28 ± 9.07 ^b	24.44 ± 12.63 ^b	16.55 ± 8.75 ^b
	Erkek	27.07 ± 2.38 ^a	24.05 ± 4.58 ^{ab}	20.71 ± 3.90 ^{bc}	17.68 ± 3.16 ^c
Glutasyon (µ/g)	Dişi	344.58±63.31 ^b	350.83±103.53 ^b	407.77±106.65 ^a	451.66±78.27 ^a
	Erkek	293.33±127.48	323.74±71.47	327.83±141.27	331.13±96.73

^{a, b, c}: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen gruplar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P < 0,05).

D1; kontrol (n-3 serisi yağ asidi içermeyen yemlerle beslenen grup), D2; %1 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D3; %2 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup, D4; %3 düzeyinde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen grup.

Farklı düzeylerde n-3 serisi yağ asidi içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kontrol grubuna göre hepatopankreas dokusundaki MDA ve GSH düzeyleri Tablo 4’de gösterilmiştir. Bulgular, her üç deneme grubunda da MDA düzeylerinin kontrol grubuna kıyasla hem erkek hem de dişi bireylerde istatistiksel olarak azaldığını (P<0,05) gösterdi. Diğer taraftan, kontrol grubuna (D1) göre dişi bireylerinin GSH düzeylerinde belirlenen artış D3 ve D4 gruplarında istatistiksel olarak önemliyken (P<0,05), erkek bireylerde gruplar arasında herhangi bir farklılık gözlemlenmedi (P>0,05).

Tartışma ve Sonuç

Kerevit ve diğer krustaselerde yemlere ilave edilen yağ asitlerinin oksidatif stres ile antioksidan sistem üzerine etkisini araştıran çalışmalar başlangıç aşamasındadır. Diğer taraftan, yağ asitlerinin balıklardaki etkilerini araştıran çalışmalarda bu bileşenlerin yaşamsal fonksiyonlar için önemi bir çok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Bell ve ark., 1995; Navarro ve ark., 1999; Hoşsu ve ark., 2003).

Oksidatif stres, oksidan ve antioksidan denge arasındaki değişiklikler sonucunda meydana gelmekte ve reaktif oksijen türleri lehindeki artışlar oksidatif hasar olarak görülebilmektedir (Alsharif ve Hassoun, 2004; Bandyopadhyay ve ark., 1999). Serbest radikaller yüksek aktivitelerinden dolayı hücre zarında bulunan doymamış yağ asitleri ile etkileşerek lipid peroksidasyonunu başlatabilmektedir. Oluşan lipid peroksiditler

kolaylıkla yıkımlanarak başta MDA olmak üzere birçok sekonder ürünler meydana getirebilmektedir (Ohkawa 1979). GSH ise serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasara karşı koruyan, endojen ve enzimatik olmayan, çok önemli tripeptit karakterinde bir antioksidandır. Ayrıca, GSH protein yapısındaki sülfhidril gruplarını indirgenmiş halde tutarak pek çok proteinin ve enzimin inaktivasyonunu engellemektedir (Benzer, 2001; Piner 2005, Elia ve ark., 2006).

Puangkaew ve ark., (2005) gökkuşacağı alabalıklarının kanında oksidatif stresin önemli göstergelerinden olan lipit hidroperoksit düzeyini n-3 serisi yağ asidi ile birlikte vitamin E uygulamasının düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Yine bu çalışmada plazma, karaciğer ve böbrek dokularının süperoksit dismutaz, katalaz ve glutayon peroksidaz enzim aktivitelerinde görülen artma yada azalmayı n-3 serisi yağ asidi ile birlikte vitamin E uygulamasına bağlamışlardır. Ratlarda yapılan bir araştırmada ise 30 gün boyunca n-3 serisi yağ asidi uygulamasının beyin dokusunda MDA düzeyini düşürdüğü, süperoksit dismutaz aktivitesinin ise önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir (Sarsılmaz ve ark., 2003).

Yapılan araştırmalar sonucunda MDA miktarının azalmasının yanı sıra SOD aktivitesinde meydana gelen artışın yağ asitlerinin antioksidan sistem üzerindeki düzenleyici etkisi ile yağ asitlerinin hücre zarı yapısına girip zar yapısının stabilizasyonunu sağlayarak, reaktif oksijen türleri ve lipit peroksidasyonu üretimini azaltmak suretiyle koruyucu etkisinden kaynaklandığını ileri sürülmüştür (Kim ve ark., 2000; Sarsılmaz ve ark., 2003). Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada da yeme ilave edilen n-3 serisi yağ asitlerinin *A. leptodactylus*'da lipit peroksidasyon düzeyini düşürüp, öte yandan GSH miktarını artırarak oksidatif strese karşı koruyucu rol oynadığı düşünülmektedir.

Not: Bu çalışma "Tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz)'nun üreme verimliliğinin artırılması" başlıklı araştırma projesinin (Proje No: TÜBİTAK-TOVAG, 110O418) bir bölümü olarak yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ackefors, H. 2000. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish and Fisheries* 1: 337-359.
- Akerboom, T.D.M., Sies, H. 1981. Assay of glutathione, glutathione disulfide and luthione mixed disulfides in biological samples. *Methods Enzymol* 77: 373-382.
- Alsharif, N.Z., Hassoun, E.A. 2004. Protective effects of Vitamin A and Vitamin E succinate against 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)-Induced bodywasting, hepatomegaly, thymic atrophy, production of reactive oxygen species and DNA damage in C57BL/6J mice. *Basic Clinical Pharmacology Toxicology* 95, 131-138.
- American Public Health Association (APHA) 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, pp. 391-448, Washington.
- Aydın, H. 1992. Farklı Yemlerle Beslenen Kerevit (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz 1823) Yavrularının Büyüme Oranlarının Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bandyopadhyay, U., Das, D., Banerjee, R.K. 1999. Reactive oxygen species: oxidative damage and pathogenesis. *Current Science* 77: 658-666.
- Bell, J.G., Castell, J.D., Tocher, D.R., McDonald, F.M., Sargent, J.R. 1995. Effects of different dietary arachidonic acid: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 14: 139-151.
- Benzer, F. 2001. Fasciola Hepatica ile Enfekte Koyunların Kan ve Karaciğer Dokularında Arginaz, Nitrik Oksit, Bazı Antioksidant Enzimler ve Lipid Peroksidasyon Düzeyleri ile Karaciğer Arginaz Enziminin Biyokimyasal Özellikleri. Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 110, Elazığ.
- Dautremepuits, C., Betoulle, S., Vernet, G. 2003. Stimulation of antioxidant enzymes levels in carp (*Cyprinus carpio* L.) infected by *Ptychobothrium* sp. (Cestoda). *Fish and Shellfish Immunology* 15: 467-471.
- Elia, A.C., Dörr, J.M., Mastrangelo, C., Prearo, M., Abete, M.C. 2006. Glutathione and antioxidant enzymes in the hepatopancreas of crayfish *procambarus clarku* (GIRARD, 1852) of lake trasimeno (Italy). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 380-381: 1351-1361.
- Elman, G.L. 1959. Tissue sulfhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 82: 70-77.
- Goddard, J.S. 1988. Food and Feeding. In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation* (Holdich, D.M. and Lowery, R. Ed.) pp. 45-166, Chapman and Hall, London..
- Harlioğlu, M.M. 2004. The present situation of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Aquaculture* 230: 181-187.
- Harlioğlu, M.M. 2009. A comparison of the growth and survival of two freshwater crayfish species, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz and *Pacifastacus leniusculus* (Dana) under different temperature and density regimes. *Aquaculture International* 17: 31-43.
- Holdich, D.M. 1993. A review of astaciculture freshwater crayfish farming. *Aquatic Living Resources* 6: 307-317.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y., Fırat, A. 2003. *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası)*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, No: 50, 276 pp., İzmir.
- Kim, Y., Ji, S.K., Choi, H. 2000. Modulation of liver microsomal monooxygenase system by dietary n-6/n-3 ratios in rat hepatocarcinogenesis. *Nutrition and Cancer* 37: 65-72.
- Köksal, G. 1988. *Astacus leptodactylus* in Europe. In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation* (Holdich, D.M. and Lowery, R. Ed.), pp. 365-400, Chapman and Hall, London.
- Morales, A.E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., Abellán, E., Gabriel C.G. 2004. Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology C* 139: 153-161.
- Navarro, J.C., Henderson, R.J., McEvoy, L.A., Bell, M.V., Amat, F. 1999. Lipid conversion during enrichment of *Artemia*. *Aquaculture* 174: 155-166.
- Niehaus, W.G., Smuelson, B. 1968. Formation of MDA from phospholipidsarachidonate during microsomal lipid peroxidation. *European Journal of Biochemistry* 6: 126-130.

- Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction, *Analytical Biochemistry* 95: 351–358.
- Piner, P. 2005. Fenthion içeren ortamda BSO ve NAC'nin *Oreochromis niloticus*'da beyin dokusunda glutatyon metabolizması, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz aktivitesine etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 112, Adana.
- Puangkaew, J., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe T., 2005. Antioxidant defense of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E contents. *Comparative Biochemistry and Physiology C* 140: 187–196
- Reigh, R.C., Braden, S.L., Craig, R.J. 1990. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Aquaculture* 84: 321– 334.
- Sargent, J.R., Henderson, R.J., Tocher, D.R. 1989. The lipids. *In: Fish nutrition* (Halver, J.E., ed.), pp. 153–218. Academic Press, San Diego.
- Sarsılmaz, M., Songur, A., Özyurt, H., Kuş, İ., Özen, O.A., Özyurt, B., Söğüt, S., Akyol, Ö. 2003. Potential role of dietary ω -3 essential fatty acids on some oxidant/ antioxidant parameters in rats' corpus striatum. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 69: 253-259.
- Trenzado, C., Carmen H.M., Gallego, M.G., Morales, A.E., Furne, M., Domezain, A., Domezain, J., Sanz, A. 2006. Antioxidant enzymes and lipid peroxidation in sturgeon *Acipenser naccarii* and trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. *Aquaculture* 254: 758-767.