

**KEREVİTİN RASYONLARINA İLAVE EDİLEN
SELENYUMUN PLEOPODAL YUMURTA VE BİRİNCİ
DEVRE YAVRU SAYISI İLE OKSİDATİF STRES VE BAZI
ANTİOKSİDAN ENZİMLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Yük. Müh. Serpil MİŞE YONAR

DOKTORA TEZİ
Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muzaffer HARLIOĞLU

EYLÜL-2012

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

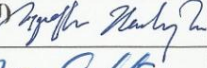
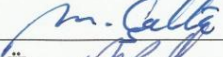
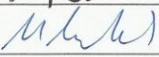
**KEREVİTİN RASYONLARINA İLAVE EDİLEN SELENYUMUN
PLEOPODAL YUMURTA VE BİRİNCİ DEVRE YAVRU SAYISI
İLE OKSİDATİF STRES VE BAZI ANTİOKSİDAN ENZİMLER
ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Serpil MİŞE YONAR

(06128201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Ağustos 2012
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Eylül 2012

Tez Danışmanı :	Prof. Dr. Muzaffer HARLIOĞLU (F.Ü)	
Diğer Jüri Üyeleri :	Prof. Dr. Metin ÇALTA (F.Ü)	
	Doç. Dr. Murat Han KAYIM (T.Ü)	
	Doç. Dr. Kenan KÖPRÜCÜ (F.Ü)	
	Yrd. Doç. Dr. M. Nuri ÇAKMAK (F.Ü)	

EYLÜL-2012

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması ve yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Muzaffer HARLIOĞLU'na, tez izleme komitesinde yer alan sayın Prof. Dr. Metin ÇALTA ve sayın Doç. Dr. Kenan KÖPRÜCÜ'ye, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı'ndan sayın Prof. Dr. Ferit GÜRSU'ya, Fırat Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu'dan sayın Yrd. Doç. Dr. Funda GÜLCÜ BULMUŞ'a, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı'ndan sayın Prof. Dr. Seval YILMAZ'a, Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden sayın Yrd. Doç. Dr. M. Deniz TURAN'a, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden sayın Yrd. Doç. Dr. Özgür CANPOLAT'a, kerevitlerin havuzlara yerleştirilmesi ve bakımının sağlanmasında yardımcı olan İbrahim GEMİCİ'ye, araştırmanın yapılabilmesi için gerekli altyapıyı sunan F.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü'ne, çalışmayı maddi yönden destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Yönetim Birimine teşekkür ederim.

Bunun yanında çalışmamın bütün aşamalarında desteğini her zaman yanımda hissettiğim değerli eşim Yrd. Doç. Dr. M. Enis YONAR'a ve tüm aile fertlerime özellikle de kardeşim Hakkı Ahmet MİŞE'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Serpil MİŞE YONAR
ELAĞIĞ- 2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
TABLolar LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Bilgisi	2
1.1.1. Kerevit	2
1.1.1.1. <i>Astacus leptodactylus</i> 'un Sistematikteki Yeri ve Coğrafik Dağılımı ...	3
1.1.1.2. Morfolojisi	3
1.1.1.3. Yaşam Ortamları ve Ekolojisi	4
1.1.1.4. Beslenme Alışkanlıkları	4
1.1.1.5. Üreme Özellikleri	5
1.1.1.6. Büyüme ve Gelişme	6
1.1.1.7. Kerevit Yetiştiriciliği	6
1.1.2. Selenyum	8
1.1.2.1. Selenyumun Genel Özellikleri	8
1.1.2.2. Selenyumun Biyolojik Özellikleri	9
1.1.2.3. Selenyumun Metabolizması	13
1.1.2.4. Selenyumun Zararlı Etkileri	14
1.1.2.5. Selenyumun Yetersizlik Semptomları	15
1.1.2.6. Balık ve Kabuklu Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Selenyum ve Önemi ...	16
1.1.3. Serbest Radikaller ve Antioksidan Savunma Mekanizması	18
1.1.3.1. Serbest Radikaller	18
1.1.3.1.1. Lipid Peroksidasyon Radikali (LOO [•]) ve Peroksidasyon	22
1.1.3.2. Antioksidan Savunma Mekanizması	24
1.1.3.2.1. Glutasyon	25
1.1.3.2.2. Glutasyon Peroksidaz	28
1.1.3.2.3. Glutasyon Redüktaz	29

1.1.3.2.4.	Glutasyon S-Transferaz	29
1.1.3.2.5.	Paraoksanaz/Arilesteraz	31
2.	MATERYAL ve METOT	33
2.1.	Materyal	33
2.1.1.	Çalışma Alanı	33
2.1.2.	Kerevit (<i>Astacus leptodactylus</i>)	33
2.1.3.	Yem Bileşenleri	33
2.1.4.	Selenyum	35
2.1.5.	Araştırmada Kullanılan Araç-Gereçler ve Kimyasal Maddeler	35
2.1.6.	Araştırmada Kullanılan Suyun Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen ve pH'sını Ölçülmesi	37
2.1.7.	Örneklerin Alınması	38
2.2.	Metot	38
2.2.1.	Denemenin Planlanması ve Uygulaması	38
2.2.2.	Araştırma Yemlerinin Hazırlanması	39
2.2.3.	Pleopodal Yumurta Sayının Belirlenmesi	43
2.2.4.	Birinci Devre Yavru Sayısı	43
2.2.5.	Biyokimyasal Analizler	43
2.2.5.1.	Homojenatların Hazırlanması	43
2.2.5.2.	Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyinin Saptanması	43
2.2.5.3.	Redükte Glutasyon (GSH) Düzeyinin Saptanması	44
2.2.5.4.	Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesinin Ölçülmesi.....	44
2.2.5.5.	Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesinin Ölçülmesi	44
2.2.5.6.	Glutasyon S-Transferaz (GST) Aktivitesinin Ölçülmesi	45
2.2.5.7.	Paraoksanaz (PON) ve Arilesteraz (ARE) Aktivitesinin Ölçülmesi	45
2.2.5.8.	Protein Düzeyinin Belirlenmesi	45
2.2.6.	Dokuda Selenyum Düzeyinin Belirlenmesi	46
2.2.7.	İstatistiksel Analizler	46
3.	BULGULAR	47
3.1.	Pleopodal Yumurta Sayısı	49
3.2.	Birinci Devre Yavru Sayısı	51
3.3.	Biyokimyasal Değişimler	53
3.3.1.	Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyindeki Değişimler	53

3.3.2.	Redükte Glutatyon (GSH) Düzeyindeki Değişimler	61
3.3.3.	Glutatyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesindeki Değişimler	68
3.3.4.	Glutatyon Redüktaz (GR) Aktivitesindeki Değişimler	75
3.3.5.	Glutatyon S-Transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişimler	82
3.3.6.	Paraoksanaz (PON) Aktivitesindeki Değişimler	89
3.3.7.	Arilesteraz (ARE) Aktivitesindeki Değişimler	96
3.4.	Kas Dokusunda Selenyum Düzeyindeki Değişimler	103
4.	TARTIŞMA ve SONUÇ	105
4.1.	Pleopodal Yumurta ve Birinci Devre yavru Sayısı	105
4.2.	Biyokimyasal Değişimler	107
4.2.1.	Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyindeki Değişimler	107
4.2.2.	Redükte Glutatyon (GSH) Düzeyindeki Değişimler	108
4.2.3.	Glutatyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesindeki Değişimler	110
4.2.4.	Glutatyon Redüktaz (GR) Aktivitesindeki Değişimler	112
4.2.5.	Glutatyon S-Transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişimler	113
4.2.6.	Paraoksanaz (PON) ve Arilesteraz (ARE) Aktivitesindeki Değişimler ..	115
4.3.	Kas Dokusunda Selenyum Düzeyindeki Değişimler	116
5.	ÖNERİLER	118
	KAYNAKLAR	120
	ÖZGEÇMİŞ	140

ÖZET

Bu çalışmada, *Astacus leptodactylus*'un yemine farklı oranlarda ilave edilen selenyumun pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı ile kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında lipid peroksidasyon (MDA) ve redükte glutatyon (GSH) düzeyi, glutatyon peroksidaz (GSH-Px), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon S-transferaz (GST), paraoksonaz (PON) ve arilesteraz (ARE) enzim aktivilerine etkisi araştırıldı. Ayrıca, kerevitlerin kas dokusunda selenyumun birikimi de incelendi.

Bu amaçla, toplam selenyum düzeyi 0,30, 0,60, 0,90 ve 1,2 mg/kg yem olan sırasıyla; Kontrol (K), Deneme 1 (D1), Deneme 2 (D2) ve Deneme 3 (D3) yemleri oluşturuldu. Araştırma yemlerinin ham protein ve toplam enerji düzeyleri eşitlendi. Araştırmada ebatları 2 x 2 x 1 m olan 12 adet havuz kullanıldı. Her bir havuza 75 dişi- 25 erkek olacak şekilde toplam 1200 adet kerevit stoklandı. Üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada kerevitler günde 2 öğün halinde olmak üzere 9 ay süreyle yemlendi.

Çalışma sonucunda kontrol ve deneme yemleri ile beslenen kerevitlerin hem pleopodal yumurta hem de birinci devre yavru sayıları arasındaki farkın önemli olduğu bulundu ($P < 0,05$). Pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı üzerine en iyi sonuçlar Deneme 3 grubundan elde edildi ($P < 0,05$). Bunu sırasıyla, Deneme 2, Deneme 1 ve Kontrol grupları izledi.

Kerevitlerden aylık olarak alınan kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında MDA ve GSH düzeyleri ile GSH-Px, GR, GST, PON ve ARE enzim aktivitelerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulundu ($P < 0,05$). Kerevitlerin dokularında üreme sezonu ve kuluçka süresi boyunca bir stres indikatörü olan MDA düzeyi ve GST aktivitesinin yükseldiği, öte yandan GSH-Px, GR, PON ve ARE aktiviteleri ile GSH düzeyinin ise düştüğü saptandı. Fakat selenyum uygulaması ile MDA düzeyi ve GST aktivitesinin düştüğü, GSH-Px, GR, PON ve ARE aktiviteleri ile GSH düzeyinin ise arttığı belirlendi ($P < 0,05$). Diğer taraftan, deneme başlangıcında kas dokusu selenyum düzeyinde gruplar arasında bir fark olmadığı görüldü ($P > 0,05$). Deneme sonunda ise kas dokusundaki selenyum düzeyinin Kontrol grubuna kıyasla Deneme 1, Deneme 2 ve Deneme 3 gruplarında istatistiksel olarak farklı olduğu bulundu ($P < 0,05$).

Sonuç olarak, *A. leptodactylus*'un yemine selenyum ilavesi bu türde pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısını istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmakta, öte

yandan çiftleşme, yumurtlama ve kuluçka süresi boyunca oluşan stresi ise istatistiksel olarak önemli düzeyde azaltmaktadır. Bu durum *A. leptodactylus*'un yemine 0,9 - 1,2 mg/kg yem düzeyinde selenyum ilavesinin bu türde oksidatif stresi azaltarak üreme verimliliğini artıracağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kerevit, *Astacus leptodactylus*, selenyum, pleopodal yumurta, birinci devre yavru, oksidatif stres, antioksidan durum, glutatyon, paraoksonaz, arilesteraz, yem

SUMMARY

An Investigation on the Effects of Selenium Added to the Diet of Crayfish on the Pleopodal Egg and Stage 1 Juvenile Numbers, Oxidative Stress and Some Antioxidant Enzymes.

In this study, the effects of selenium added to the diets of *Astacus leptodactylus* at different ratios on the number of pleopodal egg and stage I juvenile, lipid peroxidation (MDA) and reduce glutathione (GSH) level, glutathione peroxidase (GSH-Px), glutathione reductase (GR), glutathione S transferase (GST), paraoxonase (PON) and arylesterase (ARE) enzyme activities in the muscle, hepatopancreas, gill and gonad tissues were investigated. In addition, selenium accumulation in muscle tissue of crayfish was examined.

For this purpose, control (K), trial 1 (D1), trial 2 (D2) and trial 3 (D3) were prepared at the selenium levels of 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 mg/kg, respectively. The crude protein and total energy levels of experimental diets were equalized. 12 pools in 2x2x1 dimensions were used. 75 female and 25 males crayfish were stocked in each pool (totally 1200). This study was carried out in triplicate. The crayfish were fed twice in a day during 9 months.

At the end of the trial, the results showed a statistically important difference in the produced number of pleopodal egg and stage I juvenile between the crayfish fed D1, D2, D3 and control diet. The best results for the number of pleopodal egg and stage I juvenile number were obtained from the crayfish fed trial 3 (D3) diet. It was followed by the crayfish fed trial 2 (D2), trial 1 (D1) and control diets, respectively.

Significant differences were observed in the MDA and GSH levels, GSH-Px, GR, GST, PON and ARE enzyme activities in the muscle, hepatopancreas, gill and gonad tissues taken monthly from the crayfish. The level of MDA, a oxidative stress indicator, and the GST enzyme activity increased significantly ($P < 0.05$), whereas the GSH-Px, GR, PON and ARE enzyme activities and the GSH level decreased significantly ($P < 0.05$) in the crayfish tissues during the breeding season and incubation period. It was also found that the selenium administration decreased the MDA level and GST activity, while the

GSH-Px, GR, PON and ARE enzyme activities and the GSH level increased. On the other hand, no statistically significant difference was found in the muscle selenium level of groups at the beginning between the trial ($P>0.05$). At the end of the trial, it was determined that the levels of selenium in the muscle of crayfish fed D1, D2 and D3 showed a statistically significant difference compared to the crayfish fed control diet ($P<0.05$).

In conclusion, the inclusion of selenium to the diet of *A.leptodactylus* gives rise to a significant increase in the number of produced pleopodal egg and stage one juvenile number. In addition, it causes a significant decrease in the stress of crayfish during mating, pleopodal egg laying and pleopodal egg carrying. This situation shows that the oxidative stress in *A.leptodactylus* can be reduced, therefore, the reproductive efficiency of this species can be improved by adding 0.9 – 1.2 mg selenium/kg diet to the diet.

Key Words: Crayfish, *Astacus leptodactylus*, selenium, pleopodal egg, stage I juvenile, oxidative stress, antioxidant status, glutathione, paraoxonase, arylesterase, diet.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Serbest radikallerin detoksifikasyonu	21
Şekil 1.2. Lipid peroksidasyon ve parçalanma ürünleri.....	23
Şekil 1.3. Reaktif oksijen türleri ve antioksidan enzimler	25
Şekil 1.4. Oksidatif strese korunmada GSH'ın antioksidan fonksiyonlarının şematik gösterimi	26
Şekil 1.5. Redükte ve okside glutatyonun yapısı	27
Şekil 1.6. Paraoksanazın paraoksonu hidrolizi	32
Şekil 1.7. Paraoksanazın fenil asetatı hidrolizi	32
Şekil 2.1. Araştırmada kullanılan kerevit örneklerinin toplandığı Keban Baraj Gölü Dürümlü Köyü mevki	34
Şekil 2.2. Araştırmada kullanılan kerevit örneklerinin toplanması	34
Şekil 2.3. Araştırmada kullanılan <i>Astacus leptodactylus</i> örneği	35
Şekil 2.4. Cip üretim tesislerinde kerevitlerin bırakıldığı havuzlar.....	39
Şekil 2.5. Kerevitlerin yerleştirildiği havuzların tel eleklerle örtülmesi	39
Şekil 2.6. Hamur haldeki yem materyalinin kıyma makinesinden geçirilerek pelet haline getirilmesi	42
Şekil 2.7. Hazırlanan peletlerin pişirme tepsilerine yerleştirilmesi	42
Şekil 3.1. Pleopodal yumurtalar	49
Şekil 3.2. Birinci devre yavrular	51
Şekil 3.3. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	59
Şekil 3.4. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı	

	değişimi	59
Şekil 3.5.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi ...	60
Şekil 3.6.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	60
Şekil 3.7.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	66
Şekil 3.8.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	66
Şekil 3.9.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	67
Şekil 3.10.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	67
Şekil 3.11.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	73
Şekil 3.12.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	73
Şekil 3.13.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	74
Şekil 3.14.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi ...	74
Şekil 3.15.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	80
Şekil 3.16.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	80
Şekil 3.17.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	81
Şekil 3.18.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	81
Şekil 3.19.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	87

Şekil 3.20.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	87
Şekil 3.21.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	88
Şekil 3.22.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	88
Şekil 3.23.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	94
Şekil 3.24.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	94
Şekil 3.25.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	95
Şekil 3.26.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	95
Şekil 3.27.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	101
Şekil 3.28.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	101
Şekil 3.29.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	102
Şekil 3.30.	Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	102
Şekil 3.31.	Kerevitlerin deneme başlangıcı ve deneme sonu kas dokusundaki selenyum düzeyleri	103

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Selenoproteinlerin genel özellikleri	10
Tablo 2.1. Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler	36
Tablo 2.2. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler	37
Tablo 2.3. Araştırma yemlerinde kullanılan yem öğelerinin ham besin madde (kuru maddenin %'si olarak) ve toplam enerji düzeyleri	40
Tablo 2.4. Araştırma yemlerinin öğeleri ve kullanım oranları	41
Tablo 2.5. Araştırma yemlerinin ham besin madde (kuru maddenin %'si olarak) ve toplam enerji düzeyleri (kcal/kg)	41
Tablo 3.1. Araştırma süresince havuzlara gelen suyun sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH değerleri	47
Tablo 3.2. Deneme gruplarındaki dişi ve erkek bireylerin başlangıçdaki toplam canlı ağırlıkları (g), toplam uzunlukları (cm) ve karapaks uzunlukları (cm)	48
Tablo 3.3. Dişi bireylerin ortalama peopodal yumurta sayısı, toplam canlı ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm)	50
Tablo 3.4. Dişi bireylerin ortalama birinci devre yavru sayısı, toplam ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm)	52
Tablo 3.5. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	55
Tablo 3.6. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	56
Tablo 3.7. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	57
Tablo 3.8. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi	58

Tablo 3.9.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	62
Tablo 3.10.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	63
Tablo 3.11.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi ...	64
Tablo 3.12.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi	65
Tablo 3.13.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	69
Tablo 3.14.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	70
Tablo 3.15.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	71
Tablo 3.16.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi	72
Tablo 3.17.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	76
Tablo 3.18.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	77
Tablo 3.19.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	78
Tablo 3.20.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi	79
Tablo 3.21.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	83
Tablo 3.22.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	84
Tablo 3.23.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	85

Tablo 3.24.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi	86
Tablo 3.25.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	90
Tablo 3.26.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	91
Tablo 3.27.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	92
Tablo 3.28.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi	93
Tablo 3.29.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda ARE aktivitesindeki zamana bağlı değişimler	97
Tablo 3.30.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	98
Tablo 3.31.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi ...	99
Tablo 3.32.	Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi	100
Tablo 3.33.	Kerevitlerin deneme başlangıcı ve deneme sonu kas dokusundaki selenyum düzeyleri	103

1. GİRİŞ

Tatlısu istakozu (kerevit) dünyanın birçok ülkesinde nehir, göl ve baraj göllerinde bulunan, ayrıca kültürü yapılabilen kabuklu su ürünlerindendir. Kerevitin, başta Amerika olmak üzere, Afrika dışındaki bütün kıtalarda, doğal olarak 500'ün üzerinde türü bulunmaktadır. En önemli cinsleri; *Astacus*, *Pacifastacus*, *Procambarus*, *Orconectes*, *Austropotamobius* ve *Cherax*'tır (Holdich, 1993; Ackefors, 2000). *Astacus leptodactylus* doğal kerevit türümüz olup yurdumuzda geniş bir dağılım alanına sahiptir (Harlıoğlu, 2008).

Dünyadaki kerevit istihsalinin büyük bir kısmını doğadan avlanan kerevitler oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, son yıllarda özellikle yarı entansif metotla yapılan kerevit yetiştiriciliğinde de önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Ackefors, 2000). Kerevit eti; protein içeriğinin yüksek oluşu, yapısında önemli oranda vitamin ve mineralleri içermesi nedeniyle oldukça aranan bir besin kaynağıdır (Erdemli, 1984; Goddard, 1988; Halver, 1989). Ayrıca, kerevitler dünyanın birçok bölgesinde lüks bir gıda maddesi olarak tüketilmekte ve ekonomik değeri her geçen gün artmaktadır (Harlıoğlu ve Holdich, 2001). Buna rağmen, bazı kerevit türlerinin popülasyonlarının sayısında özellikle bilinçsiz avlanma, sulardaki kirlenme ve hastalık nedenleriyle azalmalar olmuştur. Bu sebeple, kerevitlerin popülasyonlarının desteklenmesi ve yeni kerevit üretim alanlarının oluşturulması için bu canlıların üretim ve yetiştiriciliğini konu edinen araştırmaların yapılmasının gerekliliği büyük önem kazanmıştır (Goddard, 1988; Köksal, 1988; Aydın, 1992; Harlıoğlu, 1996; Harlıoğlu vd., 2002; Harlıoğlu, 2004a; Harlıoğlu ve Barım, 2004; Harlıoğlu, 2009).

Kerevit yetiştiriciliğinde oluşturulacak karma yemlerin bileşimi ve içeriğindeki besin maddelerin yapısı ve miktarı oldukça önemlidir. Beslemede kullanılan bu rasyonların en önemli bileşenlerinden birisi iz elementler veya mineral maddelerdir. Bu maddeler hayvansal organizmasının yapısına katılan ve fonksiyonları için gerekli olan esansiyel kimyasal elementlerdir. Yetiştiricilikteki en önemli mineraller makro elementler ve mikro elementlerdir. Makro elementlerin en önemlileri kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür ve kükürt iken, mikro elementlerin en önemlileri ise demir, iyot, bakır, mangan, çinko, kobalt, flor ve selenyumdur (Sarı ve Çakmak, 1994; Çetinkaya, 1995; Gündoğdu, 2005; Köprücü, 2008).

Selenyum, canlıların üreme ve büyümeleri için gerekli temel bir elementtir. Hem toksik hem de esansiyel bir element olması, vücutta vitamin E ile beraber fizyolojik olarak antioksidan özellik gösteren bazı enzimlerin yapısına girmesi, bağışıklık sisteminin fonksiyonu için gerekli olması gibi özellikleri nedeni ile yetiştiricilikte büyük öneme sahiptir. Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan birçok türün büyümesi, toksisitesi, bağışıklık ve antioksidan sistemi üzerine selenyumun etkisini araştıran çalışmalar son yıllarda bir hayli artmıştır (Wang vd., 2007).

Bu çalışmada, rasyonlara farklı oranlarda ilave edilen selenyumun; *A. leptodactylus*'da pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı ile bazı dokularda (kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad) lipid peroksidasyon ve redükte glutatyon düzeyi, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivilerine etkisi kas dokusundaki birikimi araştırıldı.

Bu tez çalışması; Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (FÜBAP) tarafından 1826 nolu proje olarak desteklenmiştir.

1.1. Literatür Bilgisi

1.1.1. Kerevit

İç sulardan elde edilen, ticari değeri yüksek ihraç ürünleri arasında bulunan kerevit, gerek içerdiği besin bileşenleri gerekse ekonomik değerleri açısından su ürünleri içerisinde özel bir yere sahiptirler.

Yetiştiriciliği yapılan önemli kerevit türleri üç ayrı familya içerisinde yer almaktadır. Bunların Kuzey Yarım Küredeki üyeleri Cambaridae ve Astacidae familyalarında, Güney Yarım Küredeki üyeleri ise Parastacidae familyası içinde yer almaktadırlar. Dünyada 500'ü aşan kerevit türü olmasına karşın, ticari anlamda genel olarak on türü önemli görülmektedir. Bunların, dört türü (*Procambarus clarkii*, *P. acutus*, *P. zonangulus* ve *Orconectes immunis*) Cambaridae familyasında, üç türü (*Astacus astacus*, *A. leptodactylus*, *Pacifastacus leniusculus*) Astacidae familyasında ve üç türü de (*Cherax quadricarinatus*, *C. tenuimanus* ve *C. destructor*) Parastacidae familyasında yer almaktadır (Huner, 1994; 1995; Harlıoğlu, 2008).

1.1.1.1. *Astacus leptodactylus*'un Sistematikteki Yeri ve Coğrafik Dağılımı

Astacus leptodactylus Avrupa tatlı sularının en popüler ve en yaygın kerevit türlerinden biridir. Yurdumuzda da doğal yayılıma sahip *A. leptodactylus* türünün, Manyas, Ulubat, Eğirdir, Çivril, Beyşehir, Akşehir, Eber, İznik, Hotamış, Mogan, Sapanca, Terkos, Çavuşçu, Gölcük, Apolyont gölleri ile Dikilitaş, Apa, Keban, Hirfanlı, Mamasın, Ayrancı, Demirköprü baraj göllerinde, Tunca Nehri, Gelemen ve Miliç Çayında bulunduğu bildirilmiştir (Geldiay ve Kocataş, 1970; Erdemli, 1983; Kalma, 1988; Kuşat ve Bolat, 1995; Köksal vd., 2003; Balık vd., 2005; Harlıoğlu, 2008). *A. leptodactylus*'un sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir (Kumlu, 2001).

Şube:	Arthropoda
Sınıf:	Crustacea
Alt sınıf:	Malacostraca
Takım:	Decapoda
Alt takım:	Reptantia
Aile:	Astacidae
Cins:	<i>Astacus</i>
Tür:	<i>Astacus leptodactylus</i>

1.1.1.2. Morfolojisi

Kerevitlerde vücut sefalotoraks (baş+göğüs) ve abdomen olmak üzere iki bölümden oluşmuştur. Sefalotoraksı sert bir kabuk (karapaks) çevrelemektedir. Karapaksın gözler arasından ileriye doğru uzanan çıkıntısına rostrum adı verilir. Bu canlılarda 19 çift ekstremiter bulunur. Bu ekstremiteler: antennula (1. anten); anten (2. anten); mandibul; birinci ve ikinci maksil; birinci, ikinci ve üçüncü maksilliped; beş yürüme bacağı; beş pleopod ve üropod'tur. İlk 13 çift ekstremiter ve gözler sefalotorakstan, geri kalan 6 çift ekstremiter ise abdomenden çıkar (Atay, 1984; Holdich, 2002; Harlıoğlu, 2004b).

Kerevitlerin renkleri kırmızıdan petrol yeşiline kadar değişken olabilmektedir. Doğal kerevit türümüz olan *A. leptodactylus*'un rengi oldukça değişken olup, rengi üzerinde daha çok bulunduğu ortamın (akarsu, göl, havuz, bataklık gibi) özellikleri ve ortamı etkileyen özel koşullar etkili olmaktadır. Genel olarak, bu türün rengi petrol-yeşili

olmakla birlikte, sarımsı renkten kahverengiye kadar değişebilmektedir (Köksal, 1988; Harlıoğlu, 2004b).

1.1.1.3. Yaşam Ortamları ve Ekolojisi

A. leptodactylus göl, akarsu, bataklık ve acısu ortamlarında, göletlerde çoğu kez çakıllı su diplerinde, yassı taşların altlarında bulunurlar. *A. leptodactylus*'un, Avrupa'nın diğer doğal kerevit türlerine göre oksijen ve su kalitesi istemi daha düşüktür. Bu tür zemini çamurlu, ötrofik ortamlarda bile uyum sağlayabilmektedir.

A. leptodactylus, su sıcaklığı 4-32 °C, tuzluluğu ‰ 4-12 ve oksijeni en az 2 mg/L olan ortamlarda yaşayabilir. *A. leptodactylus*'un içinde bulunduğu su ortamında üreyebilmesi için su sıcaklığının 4-13 °C, büyüebilmesi için 14-22 °C, pH'nın 6,5-8,5 olması ve kalsiyumun ise 5 mg/L'den az olmaması gerekmektedir (Köksal, 1988; Harlıoğlu, 1996; Skurdal ve Taugbol, 2002; Harlıoğlu, 2004b).

Genel olarak, tüm kerevit türleri gizlenmek için barınaklara ihtiyaç duyarlar. Eğer ortamda yeterli barınak yoksa kanibalizm artar ve Astacid türler küçük ve basit de olsa kendilerine barınak bulmaya çalışırlar (Skurdal ve Taugbol, 2002; Harlıoğlu, 2004b).

1.1.1.4. Beslenme Alışkanlıkları

Kerevitler omnivor canlılar olup, sucul ve yarı-sucul bitkisel organizmalar, bentik omurgasızlar ve çürümekte olan bitkisel ve hayvansal organik maddeler (detritus) ile bu işlemde görevi olan canlılar (bakteri, mantar, alg ve protozoon gibi) üzerinden beslenirler (Momot, 1995; Harlıoğlu 2004b).

Kerevitler birçok su ortamında önemli tüketicilerdendir ve ortamda bulunan omurgasız canlılar üzerine dominant olabilirler. Kerevitler omnivor olmalarına rağmen seçici beslenicilerdir. Makrofitlerin zemine bağlı olup-olmaması ve yapısı kerevitler tarafından yenilebilir olmalarında büyük önem taşırken, omurgasızlar içerisinde ise özellikle salyangozlar bu canlıların önemli yemleri arasındadır. Diğer taraftan, mollusk olmayan omurgasızlar ise kerevitlere nispeten daha az yem olmaktadır. İnce kabuğa sahip canlılar kalın kabuğa sahip olanlara göre kerevitler tarafından daha fazla tercih edilirler. Mollusk olmayan omurgasızların kerevitlere yem olma ihtimali ise; yüzme

yetenekleri, yoğunlukları ve kerevitin açlık durumu ile yakından ilgilidir (Harlıoğlu 2004b).

A. leptodactylus'un çevre şartlarına diğer Astacid'lerden daha kolay adapte olması, onun yüksek bir beslenme yoğunluğuna sahip olması ile açıklanmaktadır. Diğer Astacid türler genellikle gece beslenmelerine rağmen bu tür gün ışığında da beslenebilmekte ve diğer türlerden daha hızlı büyüebilmektedir (Skurdal ve Taugbol, 2002; Harlıoğlu, 2004b).

1.1.1.5. Üreme Özellikleri

A. leptodactylus'un hem erkek hem de dişileri genel olarak üçüncü yıllarında cinsi olgunluğa erişirlerse de, ikinci yaşında da cinsi olgunluğa erişebilmektedirler. Cinsi olgunluğa erişme uzunluğu ise yaklaşık 7,5-8,5 cm toplam uzunluk olup bu değer popülasyondan popülasyona değişebilmektedir (Harlıoğlu, 2004b).

A. leptodactylus'larda üreme sezonu sonbaharda su sıcaklığının düşmesi ile başlar. Üreme döneminin uzunluğu türlere, iklime ve ortamın özelliklerine göre değişebilmektedir. Bu dönemde ergin bireylerin aktivitelerinde gecenin karanlık saatlerinde olduğu kadar gündüzün aydınlık saatlerinde de artış olur. Bir erkek aynı çiftleşme sezonunda birçok dişiyle çiftleşebilir. Çiftleşme dönemi genel olarak 2-3 haftadır. Yumurtaların içerisine salgılandığı jelimsi sıvının (glair, mukus) salgılanması ve yumurtlama çiftleşmeden sonra birkaç saat ile yaklaşık 6 hafta arasında olabilir. Yumurtlama genelde gece olur ve 2-3 saat sürebilir. Pleopodal yumurta sayısı çoğunlukla 200-400 arasında olup yumurta çapı embriyonik gelişme dönemine bağlı olarak 2,2-3,3 mm arasında değişmektedir. Yumurtaların rengi ise, beslenmeye bağlı olarak değişmekte; siyah, kahverengi veya turuncu olabilmektedir (Köksal, 1988; Harlıoğlu, 2004b; Harlıoğlu vd., 2012d).

Astacid kerevitlerde doğal şartlarda yumurta kütlesi dişinin abdomeninin altında pleopodlara yapışık olarak 7-8 aya kadar varan bir süre taşınır. Kuluçka süresi; türe ve sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte Avrupa'nın kuzeyinde bulunan popülasyonlarda 8 aya kadar uzayabilir. Kontrol altındaki ortamlarda sıcaklığın artırılması ile bu süre düşürülebilir. İklimin kış aylarında uzun süre soğuk seyretmesi ise yavru oluşumunu geciktirir (Köksal, 1988; Skurdal ve Taugbol, 2002; Harlıoğlu, 1999; Harlıoğlu vd., 2002; Harlıoğlu, 2004b).

1.1.1.6. Büyüme ve Gelişme

Kerevitlerin boyca büyümeleri ancak kabuk değişimi ile gerçekleşir. Her kabuk değişimindeki uzunluk artışı (ergin bireyler için 2-4 mm) ise özellikle türlere ve beslenme koşullarına göre değişir. Dişiler yılın büyük bir bölümünde yumurta taşıdıklarından büyüme hızları erkeklerden daha düşüktür. Kabuk değişimi ilkbaharda havaların ısınmasıyla başlar ve sıcak yaz aylarında en fazla sıklıkla olur. Yeni doğan yavrular (Astacid) ilk yıllarında su sıcaklığı ve beslenme durumuna bağlı olarak birkaç kez (6-7) kabuk değiştirirler. Ergin bireyler ise (genelde 3 yaş veya daha büyük bireyler) yılda 1 veya 2 kez kabuk değiştirirler. Erkek bireylerin ilk kabuk değişimleri ilkbaharın ortalarında veya yaz başlarında (sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte) olur ki bu dönemde dişiler halen yumurta taşımaktadırlar. İkinci kabuk değişimleri ise yazın son aylarında veya sonbahar başlarında olur ve ergin dişiler de bu dönemde kabuk değiştirirler (Skurdal ve Taugbol, 2002; Harlıoğlu, 2004b).

1.1.7. Kerevit Yetiştiriciliği

Kerevitler 1830'lu yıllardan beri dünyada değeri giderek artan önemli bir ihraç ürünü durumundadır. 2002 verilerine göre toplam kabuklu su ürünleri üretimi 8 milyon 835 bin ton olup, bu miktar toplam su ürünleri üretiminin % 6.64'ünü oluşturmaktadır. Yetiştiricilik yolu ile üretilen kabuklu su ürünleri miktarı ise 2 milyon 130 bin tondur ve bu miktarın 1 milyon 538 bin tonunu deniz karidesleri üretimi oluşturmuştur. Toplam tatlısu ve deniz karidesleri üretim miktarı 4 milyon 271 bin ton civarında olup bu miktar kabuklu su ürünleri üretiminin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Tatlısu kabuklu canlılarının yıllık toplam üretim miktarı 2002 yılı itibariyle 1 milyon 411 bin tondur. Yetiştiricilik yolu ile üretilen tatlısu kabuklu su ürünlerinin toplam üretim içindeki payı daha az olup bu miktar 592 bin tondur (Harlıoğlu, 2004b).

Türkiye'de kerevit üretimini *Astacus leptodactylus* oluşturur ve üretimi avcılığa dayanmaktadır. Türkiye'de bu türün avcılığının yapılıp ihraç edilmesi yurt dışında kerevite olan talebin arttığı 1960'lı yılların sonlarına dayanmaktadır. 1970'lerde yıllık kerevit üretimimiz yaklaşık 6.000 ton iken, üretimin maksimuma ulaştığı 1984 yılında bu miktar 8.000 ton olmuştur. Ancak, kerevit vebasından dolayı 1984 sonrasında toplam kerevit üretimimizde ciddi bir azalma görülmüştür. 1986 yılındaki üretimimiz 2.000 tonun altına

düşmüş olup, 1990'lı yıllarda bu miktar daha da azalarak 500 tona kadar gerilemiştir. Kerevit üretiminde 1995'den sonra bir artışın gözlenmesiyle birlikte hasat 2004 yılında 2317 tona ulaşmıştır. Fakat 2004 yılından sonra kerevit üretimimizde tekrar bir azalma olmuş ve hasat 2005 yılında 809 tona ve 2006 yılında ise 797 tona düşmüştür (Ackefors ve Lindqvist, 1994; Harlıoğlu, 2008).

Kerevit yetiştiriciliği günümüzde genel olarak iki yönde gelişmektedir. Bunlardan birincisi yumurtalı dişilerden yavru üretimi, diğeri ise bu yavruların doğal sulara atılacak boya ulaşınca kadar büyütülmesidir. Kültür şartlarında üretilen ve beslenen genç yavruların stoklamada kullanılması daha uygun görülmektedir. Ergin kerevitlerle doğal ortamın stoklanması ucuz ve teknik açıdan kolay olmakla birlikte, hastalık taşıyabilmeleri açısından da sakıncalı görünmektedir. Bu nedenle, doğal sulara ergin dişi ve erkek, yumurtalı dişi ve yavruların yerine ilk yazını bitirmekte olan veya bitirmiş bireylerin stoklanmasının daha uygun olduğu belirtilmektedir (Köksal vd., 1992; Kumlu, 2001). Yumurtadan yeni çıkmış yavruların doğal sulara stoklanmadan önce en az bir yazlık oluncaya kadar büyütülmesi verimi arttırmaktadır. Çünkü doğal koşullarda genel olarak ilkyaz yavruların ölüm oranı % 90'ı bulmaktadır. Doğal koşullarda ölüm oranının yüksek olması da yapay koşullarda yavru üretimini gerekli kılmış ve hızlandırmıştır (Palaz, 1996). Bu nedenle, doğal kaynakların stoklanmasında yavru kerevitlerin kontrol altında üretimleri, yavruların belli bir boya kadar büyütüldükten sonra doğal sulara bırakılması veya göletlerde pazarlanabilir büyüklüğe getirilmesi için üretim ve besleme tekniklerinin geliştirilmesi çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Harlıoğlu vd, 2012a).

Ülkemizde kerevit ile ilgili bilimsel çalışmaların genellikle taksonomi, hastalık, avcılık, biyolojik ve morfolojik özellikler, et verimi ve ekoloji ana başlıkları altında yoğunlaşmış olduğu görülmektedir (Harlıoğlu vd., 2001). Fakat yetiştiricilik konusunda *A. leptodactylus* üzerinde yapılmış çalışmalar sınırlıdır. Oysa kerevitin ülkemiz için önemli bir ihraç ürünü ve aynı zamanda da geniş bir üretim potansiyeline sahip olması, bu türün yetiştiriciliğini önemli kılmıştır. Dünyanın birçok yerinde lüks gıda maddesi olarak kullanılması nedeniyle ekonomik değeri her geçen gün artan, fakat bilinçsiz avlanma, sulardaki kirlenme ve hastalık nedeniyle doğal stoklarında hızlı azalmalar görülen kerevitlerle ilgili olarak besleme ve üreme verimliliğinin artırılmasını konu edinen çalışmalarının planlanıp yürütülmesine ihtiyaç olduğu görülmektedir.

1.1.2. Selenyum

1.1.2.1. Selenyumun Genel Özellikleri

Selenyum ilk defa 1818 yılında kimyacı Berzelius tarafından sülfirik asit imalinde çalışan işçilerde zehirli bir madde olarak tespit edilmiştir. Önceleri selen daha sonraları selenyum olarak adlandırılan bu element doğada elementel selenyum (Se), selenid (Se^{-2}), selenit (Se^{+4}), selenat (Se^{+6}), olmak üzere dört şekilde bulunur (Ateşşahin, 1999).

Selenyum yer kabuğunda düzensiz olarak bulunan bir elementtir. Yer kabuğunun ortalama selenyum içeriği 0,09 ppm olup çeşitli kayalarda, volkanik materyallerde, fosil yakıtlarında, toprak, bitkisel materyal ve suda bulunmaktadır. Kükürtle benzer kimyasal özelliklerine bağlı olarak kristal yapıda kükürdün yerini almak sureti ile yoğunlaşmış halde bulunur. Bu nedenle doğrudan üretimi için zengin selenyum kaynakları mevcut değildir ve selenyum, elektrolitik bakır arıtımı ve sülfirik asit fabrikalarının bir yan ürünü olarak üretilir (Batı, 1991; Karadaş, 2001).

Periyodik sistemin 6A grubunda bulunan selenyum özellikleri bakımından kükürt ve tellüre benzer. Bu grupta artan atom numaraları ile birlikte metal özelliğın artması sonucu, oksijen ve kükürt yalıtkan özelliğē sahip iken selenyum ve tellür yarı iletken özellik gösterirler. Ancak selenyum ile kükürt arasındaki benzerlik daha fazladır. Elementel selenyumun kristal yapısı fiziksel şartlara göre değışir. Karanlıkta çok zayıf bir elektrik iletkeni iken ışık etkisiyle iletkenlik 1000 kat artar (Batı, 1991).

Selenyumun organik ve inorganik formları vardır. Selenit, selenid ve selenat inorganik selenyum bileşikleri iken, selenometionin, selenyum-metilselenometionin, selenosistin ve selenosistein organik komplekslerdir (Özmen, 1997; Jaromilla, 2006).

Selenyum oda sıcaklığında dayanıklı olmasına rağmen yüksek sıcaklıkta yanar ve kötü bir koku açığa çıkarır. Selenyumun holojen bileşikleri ve oksijenli bileşikleri oldukça uçucudur. Selenat ve selenit yapıları suda kolaylıkla çözünür. Oligodinamik ve ekzojen nitelikle bir element olan selenyum canlı bünyesinde birikim yapmakta ve daha çok böbrek, karaciğēr ve pankreasta, sistin ve selenometionin gibi bileşikler üzerinden proteinlerin yapısına girmektedir (Özmen, 1997).

Selenyumun en önemli kaynağını selenifer bitkiler oluşturur. Bu bitkiler topraktaki selenyumu alkali ortamlarda daha yüksek oranda alırlar ve bünyelerindeki selenyum düzeylerine göre 3 gruba ayrılırlar. Astragalus, Machaeranthera, Haplopappus ve Stanleya

gibi 1. grup selenifer bitkiler 100 ppm ve daha yüksek; Aster, Atriplex, Castilleja, Gyria, Comandra, Grindelia, Gutierrezia ve Mentzelia gibi 2. grup bitkiler 25-100 ppm; buğday, mısır, lahana ve soğan gibi 3. grup bitkiler 25 ppm'den daha az selenyum biriktirirler. En önemli doğal selenyum kaynakları arasında, deniz ürünleri, böbrek, karaciğer gibi sakatat, kırmızı ve beyaz et, bazı tahıllar ile selenyum bakımından yeterli topraklarda yetişen sebzeler sayılabilir (Baker vd., 1989; Kumpulainen, 1993; Behne vd., 1996; Karadaş, 2001).

1.1.2.2. Selenyumun Biyolojik Özellikleri

Biyolojik olaylarda önemli bir iz element olan selenyumun canlılarda önemli fizyolojik olaylarda görev aldığı bilinmektedir. Selenyumun enzimler üzerine etkileri ve bu etkilerin mekanizmaları tam olarak bilinmemesine karşın, glisin redüktaz, format dehidrogenaz ve glutatyon peroksidaz enzimleri ile ilgili olduğunu gösteren araştırmalar mevcuttur. Selenyum, eritrositleri hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimine karşı koruyan ve H_2O_2 'nin indirgenmesini katalizleyen glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enziminin tamamlayıcı bir bileşenidir (Batı, 1991; Lovell, 1998; Üstdal vd., 2003). Canlılarda vücudun hidroperoksidaz oksidanlarından korunmasında iki yol vardır. Bunlar alfa-tokoferol (E vitamini)'un bu bileşenin oluşumunu engellenmesi ve glutatyon peroksidazların aktive olmasıdır. Bu noktada selenyum hem bir E-vitamini taşıyıcısıdır, hem de GSH-Px'in aktivasyonunu katalizler (Özmen, 1997; Sözbilir ve Bayşu, 2008).

Birçok araştırmacı canlı eritrositlerinden elde edilen her bir mol GSH-Px enziminin 4 mol selenyum içerdiğini ve selenyum eksikliği görülen canlılarda bu enzimin aktivitesinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu düşüş peroksit konsantrasyonunun artmasına ve canlılarda damar tıkanmalarına neden olmaktadır. Ayrıca selenyum vücuttaki kanserojen alanların temizlenmesinde görev alır (Batı, 1991; Karadaş, 2001). Aynı zamanda selenyum, fosfolipit peroksidaz glutatyon peroksidaz (PLOOH-GSH-Px) enziminin de temel bileşenidir. Bu enzim hidrojen peroksidin azalmasında, hücrenin ve stoplazmik organellerin zararlı metabolitlerden korunmasında görev almaktadır. Bu elementin iyodotiranin deiyonizlar, selenoprotein P, selenoprotein W, tiyoredoksin redüktaz ve selenyum bağlayan proteinlerin yapısında bulunduğu bildirilmiştir (Tablo 1.1) (Özmen, 1997; Ateşşahin, 1999; Calder vd., 2002; Lin ve Shiau, 2007).

Vücudun hücre zarı bağlarının ve yapısının korunması, prostaglandin metabolizmasının düzenlenmesi, antikor sentezinin ve fagositozun artırılması gibi önemli görevleri yerine getirebilmesi için selenyuma gereksinim duyduğu bildirilmiştir. Yapılan araştırmalarda selenyumun serumdaki aspartat transaminaz, alanin transaminaz, alkalın fosfataz, laktik dehidrogenaz ve kreatin fosfotokinaz gibi enzimlerle total glutamiltrans peptidaz ve glikoz düzeyleriyle ilişkisi ortaya konulmuştur (Ateşşahin, 1999).

Selenyum E-vitaminini selenoprotein formunda taşımaktadır. Selenyum E-vitamininin bozulmasının önlenmesinde, absorpsiyonunda ve biyolojik aktivitesinin artmasında etkilidir. Selenyumla taşınan E-vitamini ortamdaki hidrojen iyonları ile peroksit ve hidroperoksitleri doyurup, peroksit radikallerinin aktivitesini azaltarak vücudu zararlı radikallerden korumaktadır. Böylece oksidatif zararlara karşı selenyum ve E-vitamini birbirlerini tamamlayıcı rol oynarlar. Vitamin E ve selenyum, vücudu enfeksiyonlara karşı korumada da hayati bir rol oynamaktadır. Selenyum E vitamininin plazma içinde tutulmasını sağlar (Özmen, 1997; Ateşşahin, 1999; Karadaş, 2001; Jaromilla, 2006).

Tablo 1.1. Selenoproteinlerin özellikleri (Calder vd., 2002).

Selenoprotein Türü	Bulunduğu Yer	Görevi
Glutatyon peroksidaz	Bütün hücreler	Yağ asitlerinin oksidasyonunu engeller ve H ₂ O ₂ içeren hidroperoksitleri yok eder.
İyodotronin deodinaz	Karaciğer, Böbrek, Plazma, Beyin, Hipofiz	Troik hormonunun metabolizmasından sorumludur.
Selenoprotein P	Ekstraselüler	Fonksiyon tam olarak bilinmiyor
Tiyoredoksin redüktaz	Bütün dokular	Büyüme, Oksidatif olaylar
Selenoprotein W	Beyin, kas, karaciğer	Antioksidant olarak

Selenyumun biyolojik fonksiyonları selenoprotein fonksiyonları olarak ifade edilebilir. Çok sayıda selenoprotein mevcut olmasına rağmen bunlardan sadece bazılarının biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri saptanmıştır (Tablo 1.1). Dolayısıyla selenoproteinler selenyumun biyolojik aktivitelerinden sorumludurlar. Örneğin GSH-Px enzimi selenosistein içermektedir. İnorganik selenyum kaynaklarının sentez işleminde

kullanılabilmesi için öncelikle selenit (Se^{+4}) ve selenatın (Se^{+6}) oksitlenerek selenidlere (Se^{-2}) indirgenmesi gerekir (Karadaş, 2001; Calder vd., 2002).

Selenometionin yemlerde en çok bulunan selenoproteindir. Kimyasal olarak stabil olup kolaylıkla absorbe edilmektedir. Metabolizmada selenit, B grubu vitaminleri ve E vitamini ile sinerjik etki göstermekte, aynı zamanda selenosistein sentezinde de kullanılabilirler. Ayrıca metionin kaynağı olarak kullanılmak üzere herhangi bir doku tarafından da değerlendirilebilir. Selenosistein ise ekstraselüler sıvılarda glutatyon peroksidaz enzim türlerinin oluşumunda bioaktif rol alarak, karaciğer ve diğer dokularda selenoproteinlerin sentezinde kullanılır (Karadaş, 2001).

Selenoproteinlerin diğer önemli grubu 3-iyodotironin deodinaz enzimleri oluşturmaktadır. Bu enzimler inaktif tiroksini (T_4), aktif 3,5,3',5'-tetrayodotironin (T_3) formuna dönüştürür. Yetersizliğinde tiroid hormonunun metabolizmasında bozukluklar görülür. Vücuttaki en önemli fonksiyonları doku oksidasyonu, döş verimi, yumurta ve süt üretimi olan tiroit hormonunun aktivasyonu için selenyum hayati derecede önemlidir (Karadaş, 2001; Özmen, 1997; Sarı vd., 2008).

Selenoprotein P; plazmadaki selenyumun yaklaşık % 60-80'nini oluşturmaktadır. Selenyumun bu formu böbrek dokusunun hücre duvarının bütünlüğünü sağlayarak, kan ve idrarların böbreklerden sağlıklı bir şekilde süzülmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu proteinin selenyum taşıyıcı protein olduğu düşünülmektedir. Fakat fonksiyonları kesin olarak saptanmış değildir (Foster ve Sumar, 1997; Ateşşahin, 1999; Karadaş, 2001).

Selenoprotein P_1 ; selenyumu dokulara taşıyıcı protein olarak kabul edilmektedir. Bu protein ayrıca oksidan özelliklere sahiptir. Yine bu proteinin antikanserojen olarak ilaç ve benzeri yabancı maddelere karşı, ksénobiotik metabolizmasında görev aldığı bildirilmiştir (Karadaş, 2001).

Selenoprotein W; kalp ve iskelet kaslarının yapısına girerler ve antioksidan özelliğe sahiptir (Levander ve Whenger, 1996; Ateşşahin, 1999; Karadaş, 2001).

Selenyum hücrelerinin bütünlüğünü sağlamada, erkeklik hormonlarının düzenlenmesinde, protein sentezinde, bağışıklık fonksiyonlarını arttırmada, insanlarda kardiovasküler rahatsızlıklar, arteritis ve kadınlarda meme, erkeklerde kolon, prostat, karaciğer, akciğer ve bazı deri gibi kanser türlerini dahi önlemede rol aldığı saptanmıştır. (Ateşşahin, 1999; Karadaş, 2001).

Selenyum glikoz metabolizmasında bir kofaktör olarak görev alır. Selenyum hem kansere hem de kadmiyum, civa gibi maddelerle zehirlenmelere karşı koruyucu etkiye

sahiptir. Yeni yapılan çalışmalarda selenyumun kanserin yanı sıra solunumla ilgili stres, sendrom ve Parkinson hastalığı üzerinde koruyucu etkisi ortaya çıkarılmıştır. Selenyum immun sistemin aktivasyonundan sorumlu bir iz elementtir. Selenyum eksikliği immun sistemi zayıflatırken, yüksek oranda selenyum alınımı da immun sistemi baskılamaktadır (Özmen, 1997; Mckenzie vd., 1998; Ateşşahin, 1999). Son 30 yıldaki çalışmalarla yeteri kadar selenyumun vücuda alınımının hücrel ve humoral bağışıklık için gerekli olduğu ortaya konulmuştur. Selenyumun immunomodulator etkisi üç temel mekanizmayla olmaktadır. Bunlar; selenoprotein veya selenyum içeren bileşiklerin anti-inflamator etkisi, selenoenzim veya selenyum bileşiklerinin antioksidant özelliği ve selenyumun antikanserojen etkisidir (Calder vd., 2002)

Solunum patlaması aktivitesi nötrofil, monosit ve makrofaj hücrelerinde meydana gelen mikrobiyal bir reaksiyondur. Bu hücreler süperoksit (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve diğer reaktif oksijen türlerini bakterileri öldürmek için kullanırlar. Fakat bu işlem sırasında oluşan oksijen türlerinin daha sonra yok edilmesi gerekir. Aksi takdirde hücreler zarar görürler. Bu reaktif türler süperoksit dismutaz enzimiyle ortamdan kaldırılırlar. Bu nedenle selenyumun eksikliğin hem süperoksit dismutaz hem de solunum patlaması aktivitesinde yetersizliklere sebep olduğu bildirilmiştir (Trenam vd., 1992).

Selenyum eksikliğine bağlı solunum patlaması aktivitesindeki yetersizlik lökositlerde granülama (aktive olmuş fakat etkisiz lökosit) oluşumuna ve mikropları elimine etmede yetersizliklere sebep olur. Sonuç olarak makromoleküllere ve hücre membranlarına zarar veren genel metabolizmayla oluşmuş oksitadif stresin yok edilmesi için ve hücrel immunité özellikle de solunum patlaması aktivitesi için selenyuma ihtiyaç vardır (Mckenzie, 2000; Calder vd., 2002).

Nötrofillerin kemotaksisi için önemli LTB_4 gibi lökotrienler yangı olaylarının bir bileşenidirler. Selenyum eksikliği ile LTB_4 sentezi ve nötrofillerin kemotaksisi azalır. Ayrıca selenyum eksikliğiyle prostasiklinlerin sentezi de azalır (Cao vd., 2000). Bunun yanı sıra selenyum lenfositlerin virüslere ve tümörlere karşı sitotoksik etkiye sahip naturel killer (NK) hücrelerinin aktivasyonunu stimüle eder. Protein yapısının korunması kısmen selenyuma bağlıdır. Protein yapısının sürekliliğinden sorumlu tiyoredoksin redüktaz enziminin aktivasyonu da yine selenyuma bağlıdır. T ve B lenfositleri ile NK hücrelerinin aktivasyonundan sorumlu interlökinler selenyumun immunostimulator etkisiyle aktive olmaktadır (Kiremidjian ve Schumacher, 1996).

Yapılan birçok araştırmada yalnızca selenyumun ve vitamin E ile kombinasyonunun antikor üretimini, komplement aktivasyonunu, hücrel immunitiyi arttırdığı saptanmıştır. Selenyum eksikliğine bağlı olarak parazit, virüs, mantar ve bakterileri neden olduğu enfeksiyonlardan kaynaklanan mortalitede artış ifade edilmiştir. Selenyumla beslenen hayvanlarda büyümede ve hastalığa dirençte artış belirlenmiştir. Selenyum bileşenlerinin adhezyon molekülleri ile sitokinlerin aktivasyonunu stimule ederek immunitiyi arttırdığı bildirilmiştir. Yine selenyumun karsinogenler ve oksidatif olaylara karşı deriyi koruduğu belirtilmiştir. Bazı sitokinler vasıtasıyla selenyumun tümörlerin oluşumunu ve gelişimini engellediği ifade edilmiştir (Dreher vd., 1997; Mckenzie vd., 1998; Mckenzie, 2000; Calder vd., 2002).

1.1.2.3. Selenyumun Metabolizması

Selenyumun absorpsiyonu ince bağırsakta olur. Bitki ve organik selenyumun yapısında bulunan selenoproteinler özel aminoasit mekanizması yoluyla sindirilirken, selenit ve selenat gibi inorganik selenyum ince bağırsaktan pasif difüzyon yoluyla absorbe edilir (Karadaş, 2001; Tinggi, 2003).

Selenyum plazma proteinlerine bağlanarak kemik, saç, eritrosit, böbrek, karaciğer, kalp ve pankreas dokularına, hemoglobin ve lökositlere taşınmaktadır. Ulaştığı dokuların yapısına giren ve onun bileşeni olan selenyum canlı sistemde DNA sentezi ve hücre çoğalmasında inhibitör etki yapmaktadır. DNA ve RNA sentezinin ve hücre membranında iyon değişiminin kontrolü, antikor sentezinin uyarılması gibi önemli hücrel görevler selenyum varlığında mümkündür (Özmen, 1997).

Diyetle organik yapıda alınan ya da organizmada organik forma dönüştürülen selenyumun emilimi kolay olduğu gibi oranı da yüksektir. Selenür ve selenat gibi organik selenyum bileşikleri organizmadan hızla atılır veya selenyum kaynağı olan semete dönüşür. Ayrıca diyetteki A, C, E vitamini selenyum emilimini artırıcı yönde etki gösterir. Elementel haldeki selenyum, mide ve bağırsak sisteminde absorbe olmamaktadır. En büyük konsantrasyonları karaciğer, sonra ise böbrekte mevcuttur (Özmen, 1997).

Selenyum canlı vücudunun bütün dokuları ve hücrelerindeki oluşumu, beslenme ve bulunduğu ortamdaki selenyumun kimyasal formu ve düzeyi ile değişiklik gösterir. Genellikle karaciğer ve böbrekte yüksek düzeyde taşındığı, kemik kas ve kanda düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Selenyum absorpsiyonu, vücutta dağılımı ve tutulması,

alınan elementin beslenmedeki düzeylerine, kimyasal formlarına, ayrıca boşaltımdaki miktarına göre değişim gösterir. Ayrıca selenyum metabolizması canlılar arasında da farklıdır (Özmen, 1997).

1.1.2.4. Selenyumun Zararlı Etkileri

Selenyum zehirlenmeleri akut, subakut ve kronik olarak üç şekilde olmaktadır. Akut selenyum zehirlenmelerinde şiddetli semptomlar ortaya çıkar. Bu zehirlenmeler birkaç saat ile bir iki gün içinde ölümle sonuçlanır. Örneğin yüksek düzeyde selenyum içeren bitkileri veya protein yapısında olmayan selanoaminoasitleri tüketen canlılarda akut zehirlenmelere bağlı olarak solunum güçlüğü, deri altında ödem, ishal, kalp ve karaciğer nekrozu, hemorajik kanamalar gibi semptomlar kendini gösterir (Özmen, 1997; Karadaş, 2001).

Subakut selenyum zehirlenmeleri, selenyum içeren bitkilerle uzun süre beslenen canlılarda blind glasser adlı beyin hastalığı şeklinde ortaya çıkar. Sonuçta iştahsızlık, aşırı zayıflama, sinirsel bozukluklar, körlük, solunum güçlüğü, dil ve boğazda deformasyonlar, felç ve ileri durumlarda ölüm olayı görülebilir (Özmen, 1997; Karadaş, 2001).

Kronik zehirlenmeler ise düşük oranda selenyum içeren tahıl, ot, saman ve benzeri bitkilerle beslenen canlılarda görülür. Hayvanlarda kıl dökülmesi, tırnaklarda katılaşma ve çatlama, eklemlerde sertleşme ve katılaşma, anemi ve kısırlaşma, yaşamsal faaliyetlerde azalma ve ileri durumlarda durma görülür. İnsanlarda depresyon, solgunluk, sinirlilik, baş dönmesi, bağırsak düzensizliği ve fazla terleme görülen semptomlardır (Özmen, 1997).

Organik selenyum bileşikleri inorganik selenyum bileşiklerinden daha toksiktir. Selenodiasetik asit ve selenopropiyonik asit içeren bazı organik selenyum bileşikleri selenitten daha az toksiktir. Sodyum selenatın insanlarda 0,2 gramının toksik, hayvanlarda 0,5 gramının öldürücü olduğu belirlenmiştir (Özmen, 1997).

Yemde bulunan selenyumun kimyasal formu, yemdeki diğer besin maddeleri, selenyum bakımından zengin bitkilerin sindirime dayanıklılıkları zehirlenmeyi etkiler. Karma yemlerde vitamin E'nin bulunması önemli düzeyde zehirlenmeleri engellemektedir. Yapısında yeteri kadar vitamin E olmayan ve selenyum içeren rasyonlarla beslenen hayvanlarda büyümede yavaşlama saptanmıştır (Fan ve Kizer, 1990; Karadaş, 2001). Tüm canlı türleri için kesin olmamakla beraber zehirli olan selenyum türleri en zehirliden en aza doğru hidrojen selenit-selenometionin, selenit-selenometionin, selenat, elementer

selenyum, metal selenitler, metil selenyum bileşikleri olarak sıralanabilir (Irwin vd., 1997; Karadaş, 2001).

1.1.2.5. Selenyumun Yetersizlik Semptomları

Selenyumun canlılardaki yetersizlik semptomlarını inceleyen çok sayıda araştırma yapılmış ve belirtileri açık bir şekilde saptanmıştır. En yaygın olarak karşılaşılan selenyum yetersizlik semptomları iskelet ve kas dejenerasyonu, GSH-Px enzim aktivitesinde düşme ve sonuçta damar tıkanıklığı, kas distrofisi ve koordinasyon bozuklukları, karaciğer nekrozu, kısırılık, büyümede gerileme, ilaçları metabolize eden enzimlerin metabolizmasında bozulma, insanlarda ruh ve beden sağlığının olumsuz etkilenmesi, eksüdatif diatez (su toplama ve deri altı kanamaları) ve beyaz kas hastalığı, tiroit hormonu bozuklukları nedeniyle patojen mikroorganizmalara karşı immun yetersizlik, pankreas dejenerasyonu, kansere karşı hassasiyet, ciltte kuruma, katarakt gelişimi, yorgunluk, vitamin E'nin verimliliğinin olumsuz etkilenmesi, insanlarda özellikle çocuklarda akut ve kronik kalp yetersizlikleri, kalpte büyüme ve hızlı çarpıntı şeklinde görülmektedir (Batı, 1991; Foster ve Summer 1997; Watanabe vd., 1997; Karadaş, 2001).

Arteritis, katarakt, kas distrofisi gibi problemlerde gıdalara selenyum ilavesi tavsiye edilirken, down sendromu, anemi, gece körlüğü gibi insanlardaki birçok hastalıklarda selenyum tüketilmesi gerektiği savunulmaktadır (Foster ve Summer 1997).

Romatizmalı hastalarda selenyum düzeyi düşük çıkmıştır. Yine Behçet hastalarının kanlarındaki selenyum düzeyinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Yine yapılan araştırmalarda diş oluşumu esnasında, yetersiz selenyum alınımının diş çürüklerinin sürekliliğini arttırdığı saptanmıştır. Düşük selenyum oluşumunun oluşturacağı olumsuzluklara karşın yüksek selenyum içeren gıdalarla beslenen canlılarda alkali hastalığı gözlenmiştir (Batı, 1991).

Selenyum yetersizlik semptomları çoğunlukla vitamin E ilavesiyle giderilebilmektedir. Ancak vitamin E'nin etkisi selenyum yetersizliğinin derecesine bağlıdır. İleri derecede selenyum yetersizliğinde sindirim enzimlerinin aktivasyonunda azalma dolayısıyla yağ ve yağda eriyen vitaminlerde dahil, bir çok besin maddesinin sindiriminde azalma olduğu saptanmıştır (Sarı vd., 2008)

1.1.2.6. Balık ve Kabuklu Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Selenyum ve Önemi

Bütün canlılarda olduğu gibi balıklar ve kabuklularda normal yaşamları için iz elementlere ihtiyaç duyarlar. Bu canlılar iz elementleri diyetlerden ve yaşadıkları sulardan temin ederler. Hücreler ve dokulardaki metabolik aktivitelerin devamı için sürekli olarak belirli bir oranda vücutta bulunmaları gerekir. Mineraller iskelet sisteminin oluşumu ve devamı, kollaidal sistemin sürekliliği, asit-baz dengesinin düzenlenmesi ve bazı hormon ve enzimlerin bileşeni olması gibi bir çok biyolojik olaylarda hayati öneme sahiptir. Mineral eksikliği biyokimyasal, yapısal ve fonksiyonel patolojilere sebep olabilir (Watanabe vd., 1997).

İz elementlerle ilgili olarak balıkların ve kabukluların besin gereksinimleri üzerine bilgiler hala eksiktir. Çünkü bu elementlerin çok azına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat bu ihtiyaca rağmen, normal gelişim için bu maddelere mutlaka ihtiyaç vardır. Eğer bu elementler aşırı bir şekilde vücuda alınır ve sindirilirse toksisiteye neden olabilir. Bu nedenle iz elementlerin canlılarda alınımı, depolanması ve salınımının düzeyinde sürekli hassas bir denge vardır (Watanabe vd., 1997).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde en önemli iz elementlerden birisi selenyumdur. Diğer canlılar gibi balıklar ve kabuklular içinde esansiyeldir. GSH-Px'in bir bileşeni olarak karaciğer ve plazmada bu enzimin düzeyi organizma için selenyum ihtiyacının bir göstergesidir. Bu enzim H_2O_2 ve hidroperoksitleri temizleyerek oksidatif zararlardan membranları ve hücreleri korumaktadır. Balıklarda selenyum vitamin E ile beraber muskular distrofiden vücudu korur. Yine selenyum, kadmiyum ve civa gibi ağır metallerin toksik etkilerini yok eder (Watanabe vd., 1997). Normal metabolik olayların yürütülmesi ve gelişme için önemli bir iz elementtir (Poston vd., 1976; Gatlin ve Wilson, 1984; Bell vd., 1986). Ayrıca vücudun savunma mekanizmasında da rol almaktadır (Durve ve Lowell, 1982; Li ve Lowell, 1985; Salte vd., 1988; Navarre ve Halver, 1989; Hardie vd, 1990; Wise vd., 1993; Li vd., 1993; Kim vd., 2003; Ahmad vd., 2006; Jaromillo 2006)

Balık türlerinin yanı sıra, bazı kabuklu su ürünleri üretim ve yetiştiriciliğinde selenyumun önemini araştıran çalışmalarda yapılmıştır. *Macrobrachium amazonicum* türlerinin yemlerindeki optimum vitamin E ve selenyum düzeyini belirlemek için 100, 200, 400 mg/kg vitamin E ve 0.5 ile 1 mg/kg selenyum yemlere katılmıştır. Sonuçta 30 günlük beslemeden sonra vitamin E ve selenyumun optimum düzeyleri sırasıyla 200 mg/kg vitamin E ve 0.5 mg/kg selenyum olarak belirlenmiştir. Bu dozların uygulandığı grupta en

iyi ağırlık kazancı elde edilmiştir (Sampaio vd., 2004). Yuchuan ve Fayi (1993) ise *Penaeus chinensis* diyetlerinde selenyumun artan düzeyine bağlı olarak ağırlık kazancı ve GSH-Px aktivitesini kasta ve hepatopankreasta belirlemiştir. Sonuçta diyetlerde 20 mg/ kg selenyum bulunması bu türün büyümesi için optimum bulunmuştur. GSH-Px aktivitesi en iyi bu oranda selenyum içeren diyetlerle belirlenmiştir. *Procambarus clarkii*'nin diyetlerine 0.30 ve 1.21 mg/kg yem oranında selenyum katılmış ve vücuttaki birikimi ile antioksidan enzimlere etkisi araştırılmıştır. Sonuçta selenyumun yüksek dozunun düşük dozuna göre en fazla hepatopankreas'da biriktiği, katalaz, glutatyon peroksidaz ve glutatyon redüktaz aktivitelerinin dişi ve erkeklerde her iki dozda da azaldığı bulunmuştur. Yine bu çalışmalarda dişi ve erkek kerevitlerin selenyuma farklı duyarlılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Elia vd, 2007).

Yetiştiricilikte kullanılan ticari diyetlerin çoğunda selenyum yeterli düzeyde mevcuttur. Fakat hastalık ve stres durumunda selenyumun düzeyi yetersiz kalabilir. Balıklarda da diğer canlılarda olduğu gibi selenyum eksikliğiyle GSH-Px aktivitesinde düşme meydana gelir (Palace vd., 2004; Cotter, 2006). Selenyum eksikliğiyle balıklarda büyümede gerileme, letarji, iştahsızlık, kas yapısında bozukluklar ve mortalite gözlenmiştir (Poston vd., 1976). Salmon balıklarında selenyum ve vitamin E eksikliğinin Hitra hastalığına neden olduğu belirtilmiştir (Fjoelsted ve Heyeraas 1985; Watanabe vd., 1997). Muskular distrofi, miyokardiyal dejenerasyon, anemi, hemoraji, perikardiyumda ve peritoneal boşlukta sıvı hitra hastalığının semptomları olup dolayısıyla selenyum eksikliğinde görülebilecek semptomlardır. Bell vd. (1987) selenyuma bağlı olarak oksidatif olayları Atlantik salmonlarda araştırmış, sonuçta, selenyum ve vitamin E eksikliğinde düşük hematokrit değer ve hemolitik oranda artma, GSH-Px aktivitesinde düşme, glutatyon transferaz ve piruvat kinaz aktivitesinde artma belirlemiştir.

Yetiştiricilikte selenyumun yüksek düzeyi balıklarda toksik etkiler gösterir. Bu etkiler büyümede yavaşlama, yetersiz beslenme ve mortalitede artma şeklinde ortaya çıkar. 13-15 mg/ kg diyetten daha fazla selenyum içeren yemlerle beslenen balıklarda selenyum toksik olabilir (Gatlin-Wilson 1984; Watanabe vd., 1997; Hamilton, 2003; Orun vd., 2008). Aşırı selenyum balıkların gonadında birikir ve gelişip yeni organizmaya dönüşecek olan yumurtaların azalmasına neden olur. Selenyumun aşırı tükenmesiyle proteinlerin yapısı bozulur, gelişmekte olan larvalarda teratogenesis oluşur. Bunun yanında büyümede yavaşlama, tuzluluğa direnç, üreme veriminde azalma, dengesiz yüzme, karaciğerde

diskolarasyon, mortalite, eksoftalmus, ödem, denge bozukluğu, abnormal eritrosit ve karında şişme gözlemlenen diğer semptomlardır (Cotter, 2006).

Kerevitlerin üreme verimliliğinin artırılması amacıyla özellikle yemlerine ilave edilen vitamin ve iz elementlerin etkilerinin araştırılmasına yönelik bazı çalışmalar yürütülmüştür. Örnek olarak; Harlıoğlu vd. (2002) ve Harlıoğlu ve Barım, (2004) *A. leptodactylus* rasyonlarına ilave edilen farklı dozlardaki vitamin E'nin pleopodal yumurta sayısına etkisini araştırmışlardır. Ayrıca, Harlıoğlu vd., (2012b) *A. leptodactylus*'un pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı üzerine yemlerde farklı oranlarda bulunan n-3 serisi yağ asitleri ilavesinin etkisini incelemişlerdir. Rodriguez vd., (2006) ise *Cherax quadricarinatus*'un üremesi ve yumurta kalitesi üzerine diyetteki protein düzeylerinin etkisini incelemişlerdir. Yine başka bir çalışmada *Procambarus llamasii*'nin olgunlaşması ve büyümesi üzerine diyetteki protein-lipid oranının etkileri belirlenilmiştir (Carmano-Osalde vd., 2005).

Bazı kabuklu su ürünlerinin üretim ve yetiştiriciliğinde selenyumun önemini araştıran çalışmalarda yapılmıştır. *Macrobrachium amazonicum* (Sampaio vd., 2004), *Penaeus chinensis* (Yuchuan ve Fayi , 1993) ve *Procambarus clarkii* (Elia vd., 2007; Dörr vd., 2008) türlerinde selenyumun yemde bulunması gereken optimum düzeylerinin belirlenmesi, ağırlık kazançları, vücuttaki birikimleri ve farklı enzim aktivitelerine etkisini araştıran çalışmalar yapılmıştır. Fakat *A. leptodactylus* rasyonlarına ilave edilen selenyumun pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı ile oksidatif stres ve farklı enzim aktivitelerine etkisini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

1.1.3. Serbest Radikaller ve Antioksidan Savunma Mekanizması

1.1.3.1. Serbest Radikaller

Oksijen metabolizması sonucu oluşan bir veya daha fazla eşleşmemiş elektrona sahip, kısa ömürlü, kararsız, molekül ağırlığı düşük, çok etkin aktif ara bileşikler, *serbest radikaller*, *oksidan moleküller* ya da *reaktif oksijen partikülleri* olarak tanımlanmaktadır (Delibaş ve Özcankaya, 1995; Benzer, 2001; Onat, vd., 2002; Abdollahi vd., 2003). Bu radikallerin büyük bir kısmı oksijen içerir ve reaktif oksijen türleri olarak adlandırılır. Oksidanlar tek elektron eksiklikleri nedeni ile başka moleküller ile kolayca elektron alışverişi yapabilenler (radikaller) ve elektron eksiklikleri olmadığı halde başka moleküller

ile radikallerden daha zayıf bir şekilde birleşebilenler (non-radikaller) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Moleküler oksijenden su oluşuncaya kadar oluşan radikaller; süperoksid radikali ($O_2^{\bullet-}$), hidroksil radikali ($HO^{\bullet}$), alkoksil radikali ($RO^{\bullet}$) ve peroksil radikali ($ROO^{\bullet}$)' dir. Non-radikaller ise hidrojen peroksit (H_2O_2), lipid hidroperoksit ($ROOH$) ve hipokloröz asit ($HOCl$)' tir (Cheeseman ve Slater, 1993; Cochran, 1991).

Eşleşmemiş elektron içeren atom, atom grubu veya moleküller **serbest radikal** olarak tanımlanırlar. Moleküler oksijen (O_2), paralel spin durumlu iki eşleşmemiş elektrona sahiptir. Ancak Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} ve Mo^{5+} gibi geçiş metalleri de eşleşmemiş elektronlara sahip oldukları halde serbest radikal olarak kabul edilmezler, fakat serbest radikal oluşumunda önemli rol oynarlar. Serbest radikaller pozitif yüklü (katyon), negatif yüklü (anyon) veya elektriksel olarak nötral olabilirler. Serbest radikal tanımına göre moleküler oksijen biradikal (diradikal) olarak değerlendirilir. Biradikal oksijen, radikal olmayan maddelerle yavaş reaksiyona girdiği halde diğer serbest radikallerle kolayca reaksiyona girer. Biradikal oksijenin elektronlarından birinin enerji alarak kendi spininin ters yönünde olan başka bir orbitalle yer değiştirmesi sonucu **singlet oksijen** oluşur. Singlet oksijen, eşleşmemiş elektronu olmadığı için radikal olmayan reaktif oksijen molekülüdür. Moleküler oksijenin canlılar için önemli iki temel fonksiyonu vardır. Bunlar canlı organizmayı oluşturan moleküllerin yapısına katılması ve besin kaynağı olan maddelerin yapısındaki ana elementlerden birisi olmasıdır (Tekkes, 2006). Moleküler oksijen kendi başına hiçbir canlıda toksik etkili değildir, ancak hücrede metabolize edilirken bazı toksik ana ürünlere dönüşür. Oksijenin tek elektron ile tam olmayan indirgenmesi sonucu reaktif türleri olan oksijen radikalleri oluşur ve bu radikaller oksijenin toksik etkilerinin tamamından sorumludur (Kılınç, 1985; Tekkes, 2006; Yonar, 2008).

Hemen hemen tüm aerobik hücrelerde oksijenin bir elektron alarak indirgenmesi sonucu, süperoksid radikali ($O_2^{\bullet-}$) oluşur. Süperoksid radikalleri süperoksid dismutaz adı verilen bir enzimle inaktive edilirler. Mitokondrial elektron transport zinciri, fagositoz yapan hücreler (nötrofil, eozonofil, makrofaj), çeşitli enzimatik reaksiyonlar (ksantin oksidaz), hücre membranlarının hasarıyla açığa çıkan araşidonik asit vasıtasıyla süperoksid radikalleri oluşur. Ayrıca indirgenmiş geçiş metallerinin otooksidasyonu sonucunda bu radikaller meydana gelir (Mc Cord, 1983; Balık, 1986; Toker, 1990). Süperoksid bir serbest radikal olmakla beraber kendisi direk olarak fazla zarar vermez. Asıl önemi hidrojen peroksit (H_2O_2) kaynağı olması ve geçiş metalleri iyonlarının indirgeyicisi olmasıdır (Cheeseman ve Slater, 1993; Benzer, 2001).

Süperoksit radikali *in vivo* olarak vücuttan uzaklaştırılmalıdır. Süperoksit dismutaz $O_2^{\bullet-}$ 'yi substrat olarak kullanan bir enzimdir. Aerob organizmaların O_2 varlığında aşırı DNA hasarına uğramadan büyüebilmeleri için gerekli olan bir antioksidandır. Süperoksit dismutaz $O_2^{\bullet-}$ 'nin H_2O_2 'ye dönüşüm tepkimesini yaklaşık dört kat hızlandırır. Ortamdan H_2O_2 'nin uzaklaştırılması için katalaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimlerle birlikte çalışırken $O_2^{\bullet-}$ 'nin uzaklaştırılabilmesi için önemli düzeyde H_2O_2 üretimine yol açar (Cadenas, 1995; Halliwell ve Gutteridge, 1999).

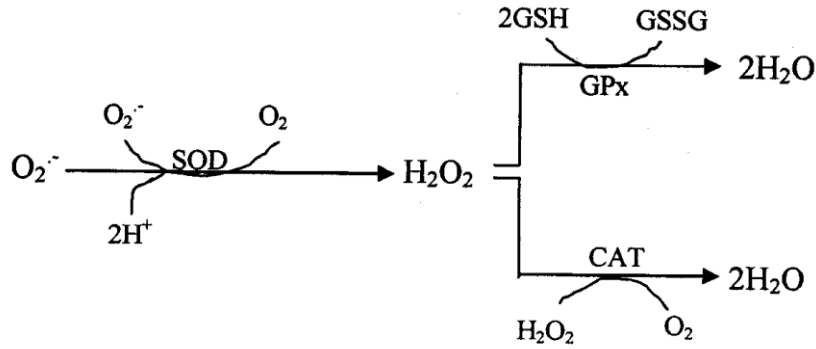
Süperoksit radikalının fizyolojik bir serbest radikal olan nitrik oksit ($NO^{\bullet}$) ile birleşmesi sonucu reaktif bir oksijen türevi olan peroksinitrit meydana gelir. Böylece $NO^{\bullet}$ in normal etkisi inhibe edilir. Fakat, peroksinitritlerin doğrudan proteinlere zararlı etkileri vardır ve azot dioksit ($NO_2^{\bullet}$), $^{\bullet}OH$ ve nitronyum iyonu (NO_2^+) gibi daha başka toksik ürünlere dönüşürler (Beckman ve Tsai, 1994).

Moleküler oksijenin çevresindeki moleküllerden 2 elektron alması veya süperoksit radikalının bir elektron alması sonucu peroksit oluşur. Peroksit molekülü 2 hidrojen atomu ile birleşerek hidrojen peroksit (H_2O_2)'i meydana getirir. H_2O_2 membranlardan kolayca geçebilen uzun ömürlü bir oksidandır. Biyolojik sistemlerde H_2O_2 'in asıl üretimi süperoksitin dismutasyonu ile olur. İki süperoksit molekülü iki proton alarak H_2O_2 ve $O_2^{\bullet-}$ i oluştururlar. Reaksiyon sonucunda radikal olmayan ürünler meydana geldiğinden bu bir dismutasyon reaksiyonu olarak bilinir. H_2O_2 bir serbest radikal olmadığı halde reaktif oksijen türleri içerisine girer ve serbest radikal biyokimyasında önemli bir rol oynar. Çünkü H_2O_2 süperoksit ile reaksiyona girerek en reaktif ve zararlı serbest oksijen radikali olan hidroksil radikali ($^{\bullet}OH$) oluşturmak üzere kolaylıkla yıkılabilir (Halliwell ve Gutteridge, 1999). Bu reaksiyona Haber-Weiss reaksiyonu denir. Bu reaksiyon ya katalizör varlığında ya da katalizörsüz meydana gelebilir. Katalizörsüz reaksiyon oldukça yavaş ilerlerken demirle katalizlenen reaksiyon çok hızlıdır. Bu reaksiyonda önce ferri demir (Fe^{+3}) süperoksit radikali tarafından ferro demire (Fe^{+2}) indirgenir. Sonra bu ferro demir kullanılarak Fenton Reaksiyonu ile H_2O_2 ' den $^{\bullet}OH$ üretilir (Kehrer, 1993).

In vivo yapılan çalışmalarda $^{\bullet}OH$ 'in çeşitli yollarla vücutta oluşabileceği bildirilmiştir. Normal şartlarda, $^{\bullet}OH$ 'nin metal bağlı *in vivo* oluşumu yalnızca Fe ile gerçekleşir. Fenton tepkimesi denilen H_2O_2 'nin ferro demire (Fe^{2+}) bağlı ayrışması ile sonuçta $^{\bullet}OH$ oluşur (Haber-Weiss Tepkimesi) (Kılınç, 1985; Benzer, 2001).

Hidroksil radikali oldukça reaktif bir bileşiktir ve üretildiği yerde veya yakın olan yerlerde hızla tepkimeye girer. Bir biyomolekülün $^{\bullet}OH$ ile tepkimesi daha az reaktif olan

radikallerin oluşumunu sağlar. Lipitlerden hidrojen çıkarılmasıyla lipit peroksidasyonunun başlaması ve peroksil radikallerin oluşması bu duruma verilebilecek en iyi örnektir (Halliwell, 1992; Cadenas, 1995; Halliwell ve Gutteridge, 1999). Hidroksil radikali enzimler ile elimine edilemez, etkili tek koruma oluşumunun engellenmesidir. Bu $O_2^{\cdot-}$ 'nin H_2O_2 'ye ve H_2O_2 'nin suya dönüşümlerinin birleştirilmesi ile yapılabilir (Şekil 1.1). Bu tepkimelerin birincisi sitosol ve mitokondrilerde bulunan yüksek kapasiteli süperoksit dismutaz enzimi ile katalizlenir. İkinci tepkime sitosoldeki selenoenzim glutatyon peroksidaz ve peroksizomlardaki katalaz ile katalizlenir. Peroksidazlar tarafından üretilen serbest radikaller redükte glutatyona elektron transferi ile de elimine edilir (Gregus ve Klaassen, 1996). Selenyumun antioksidan aktivitedeki önemi burada daha iyi anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1. Serbest radikallerin detoksifikasyonu (Gregus ve Klaassen, 1996).

Singlet oksijen (1O_2) ise ortaklanmamış elektronu olmadığı için radikal olmayan reaktif oksijen molekülüdür. Oksijenin elektronlarından birinin enerji alarak kendi spininin ters yönde olan başka bir orbitalle yer değiştirmesi ile oluşur. Serbest radikal reaksiyonları sonucu meydana geldiği gibi serbest radikal reaksiyonlarının başlamasınada sebep olur (Kırşan, 2002). Singlet oksijen hücre membranındaki poliansatüre yağ asitleriyle doğrudan reaksiyona girerek lipid peroksitlerin oluşumuna yol açar. Singlet oksijen diğer moleküllerle etkileştiğinde ya içerdiği enerjiyi transfer eder, ya da kovalent tepkimelere girer. Özellikle karbon-karbon çift bağları singlet oksijenin tepkimeye girdiği bağlardır. Doymamış yağ asitleri ile de doğrudan tepkimeye girerek peroksi radikalini oluşturur ve

•OH kadar etkin bir şekilde lipid peroksidasyonunu başlatabilir (Köse ve Doğan, 1992; Benzer, 2001; Yonar, 2008).

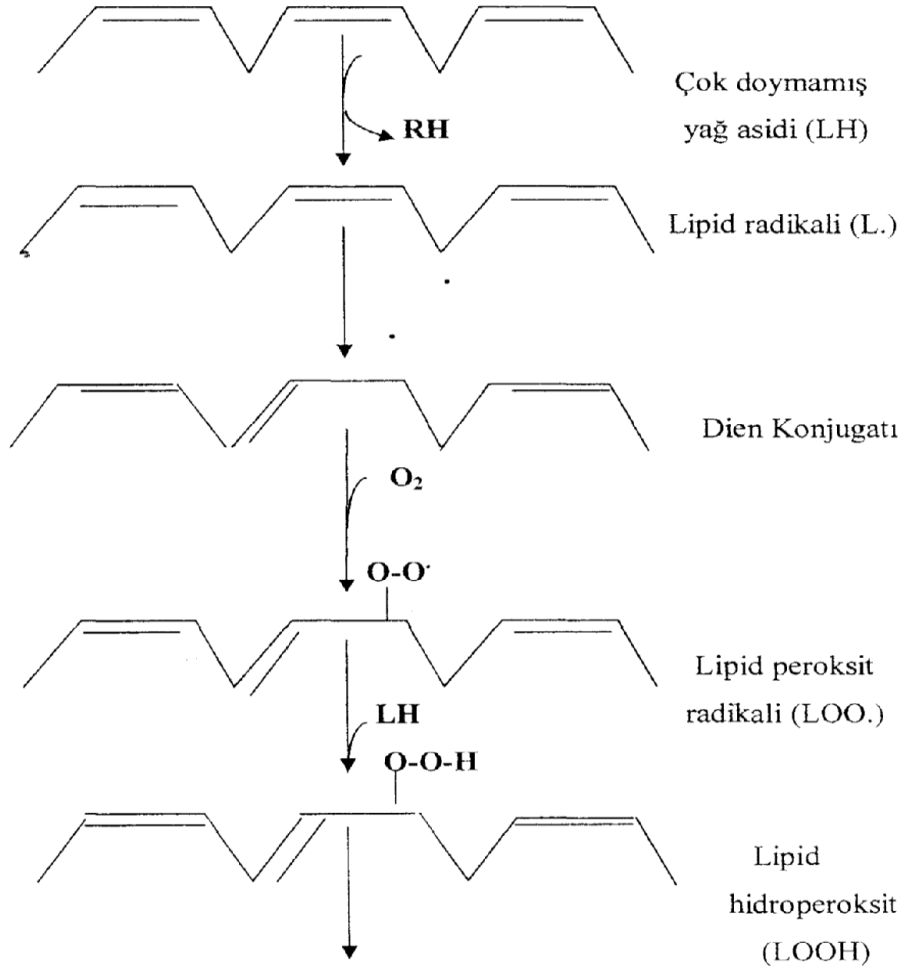
1.1.3.1.1. Lipid Peroksid Radikali (LOO•) ve Lipid Peroksidasyon

Hücre zarında bulunan yağlı moleküller serbest radikaller tarafından hücumu uğradığında hücre zarındaki lipitlerden bir elektron alınır ve lipid peroksid radikali meydana gelir (Benzer, 2001).

Biyomoleküllerin tüm büyük sınıfları serbest radikaller tarafından etkilenirler, fakat lipidler en hassas olanlarıdır. Lipid peroksidasyonu membranda bulunan fosfolipid, glikolipid, gliserid ve sterol yapısında yer alan poliansatüre yağ asitlerinin (PUFA) serbest oksijen radikalleri tarafından peroksitler, alkoller, aldehitler, hidroksi yağ asitleri, etan ve pentan gibi çeşitli ürünlerle yıkılması reaksiyonudur ve oldukça zararlıdır. Çünkü kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler (Köse ve Doğan, 1992; Benzer, 2001). Lipid peroksitlerin yıkımı ile oluşan ve biyolojik olarak aktif olan aldehitler hücre düzeyinde metabolize edilirler. Üç yada daha fazla çift bağ ihtiva eden yağ asitlerinin peroksidasyonunda tiyobarbitürik asitle ölçülebilen malondialdehit (MDA) meydana gelir. Bu yöntem lipid peroksit düzeylerinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılır. MDA yağ asidi oksidasyonunun spesifik yada kantitatif bir indikatörü değildir, fakat lipid peroksidasyonunun derecesiyle pozitif korelasyon gösterir (Benzer, 2001).

Lipid peroksidasyonu organizmada oluşan bir serbest radikal etkisi ile membran yapısında bulunan PUFA zincirinden bir hidrojen atomu uzaklaştırılması ile başlar. Bunun sonucu yağ asidi zinciri bir lipid radikali niteliği kazanır. Oluşan lipid radikali (L•) dayanıksız bir bileşiktir ve bir dizi değişikliğe uğrar. Molekül içi çift bağların pozisyonlarının değişmesi ile dien konjugantları oluşur ve daha sonra lipid radikalinin moleküler oksijenle etkileşimi sonucu lipid peroksit (LOO) radikali meydana gelir. Lipid peroksit radikalleri membran yapısındaki diğer PUFA'yı etkileyerek yeni zincir tepkimelerini başlatırken kendileride açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipid hidroperoksidlerine (LOOH) dönüşürler. Böylece olay kendi kendine katalizlenerek devam eder (Şekil 1.2). Lipid peroksidasyonu ya toplayıcı reaksiyonlarla sonlandırılır ya da otokatalitik yayılma reaksiyonları ile devam eder. Lipid peroksidasyonu sonucu oluşan lipid hidroperoksitleri yıkıldığında çoğu biyolojik olarak aktif olan aldehitler oluşur. Bu bileşikler ya hücre düzeyinde metabolize edilirler ya da başlangıçtaki etki alanlarından

diffuze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar. Lipid peroksidasyonu çok zararlı bir zincir reaksiyondur. Direkt olarak membran yapısına ve indirekt olarak reaktif aldehyitler üreterek diğer hücre bileşenlerine zarar verir. Böylece bir çok hastalığa ve doku hasarına sebep olur (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Köse ve Doğan, 1992; Akkuş, 1999; Yanbeyi, 1999; Dikici, 1999; Benzer, 2001).



Şekil 1.2. Lipid peroksidasyon ve parçalanma ürünleri (Halliwell ve Gutteridge, 1999).

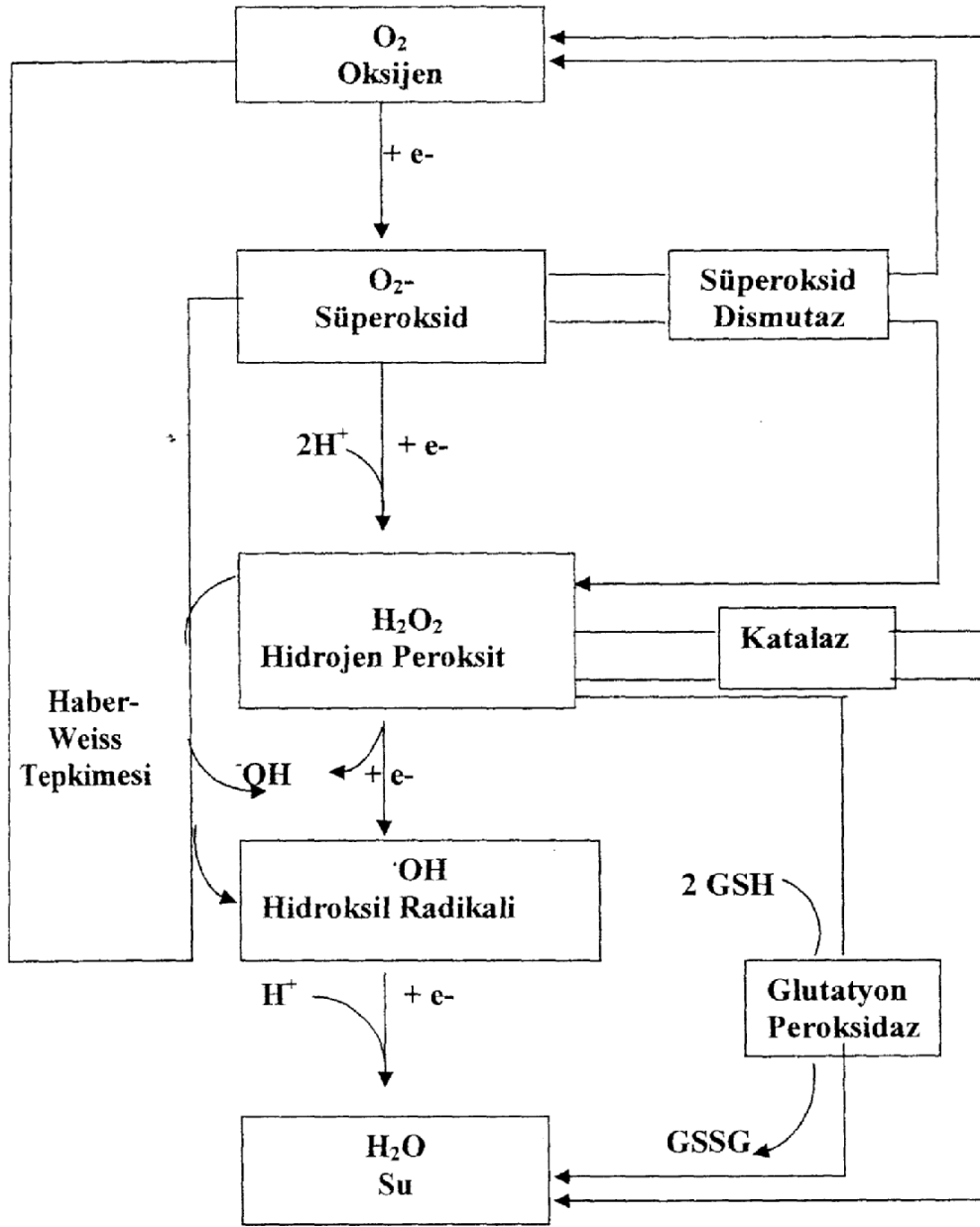
Lipit peroksidasyon ürünleri biyolojik membranların akışkanlığını azaltıp geçirgenliğini artırarak membranların fiziksel yapısını değiştirirler. Membranda oluşan zararın tamiri için bu ürünlerin membrandan uzaklaştırılması gerekmektedir. Hücre membranlarının lipid peroksidasyonuna karşı korunması iki geniş antioksidan sınıfı ile sağlanabilir. Bunlar, lipid radikallerinin'nin oluşum hızını düşürerek lipid peroksidasyon

zincir tepkimenin başlamasını engelleyen engelleyici antoksidanlar (katalaz ve glutatyon peroksidaz enzimleri) ve hidroperoksit radikali ile bağlanma ve temizleme yeteneğine sahip zincir kırıcı antioksidantlardır (askorbik asit, E vitamini ve tokoferoller) (Ahmad, 1995; Halliwell ve Gutteridge 1999).

1.1.3.2. Antioksidan Savunma Mekanizması

Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta birçok savunma mekanizmaları gelişmiştir. Bunlar antioksidan savunma sistemleri veya antioksidanlar olarak bilinirler (Şekil 1.3). Antioksidanlar, peroksidasyon zincir reaksiyonunu engelleyerek veya reaktif oksijen türlerini toplayarak lipid peroksidasyonunu inhibe ederler.

Antioksidanlar endojen ve eksojen kaynaklı antioksidanlar olmak üzere başlıca iki ana gruba ayrılabilirdiği gibi serbest radikallerin meydana gelişini önleyenler ve mevcut olanları etkisiz hale getirenler şeklinde de ikiye ayrılabilirler. Ayrıca enzim ve enzim olmayanlar şeklinde de sınıflandırılırlar. Hücrelerin hem sıvı hem de membran kısmında bulunabilirler (Cheeseman ve Slater, 1993; Benzer, 2001). Antioksidan sistemler suda çözünen askorbik asit, redükte glutatyon (GSH), karotenler (özellikle b-karoten) ve yağda çözünen retinol (vitamin A), α -tokoferol (α -TOH, vitamin E) gibi düşük molekül ağırlıklı serbest radikal temizleyiciler ve süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz ve NADPH bağımlı DT-diaforaz (DT-d) gibi antioksidan enzimleri içerirler (Livingstone, 2001).



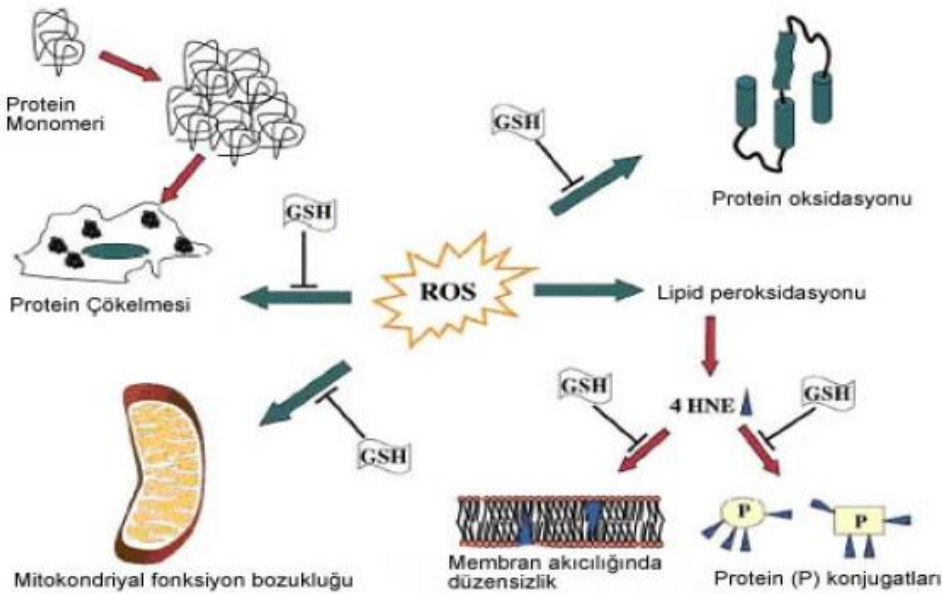
Şekil 1.3. Reaktif oksijen türleri ve antioksidan enzimler (Livingstone, 2001).

1.3.3.2.1. Glutasyon

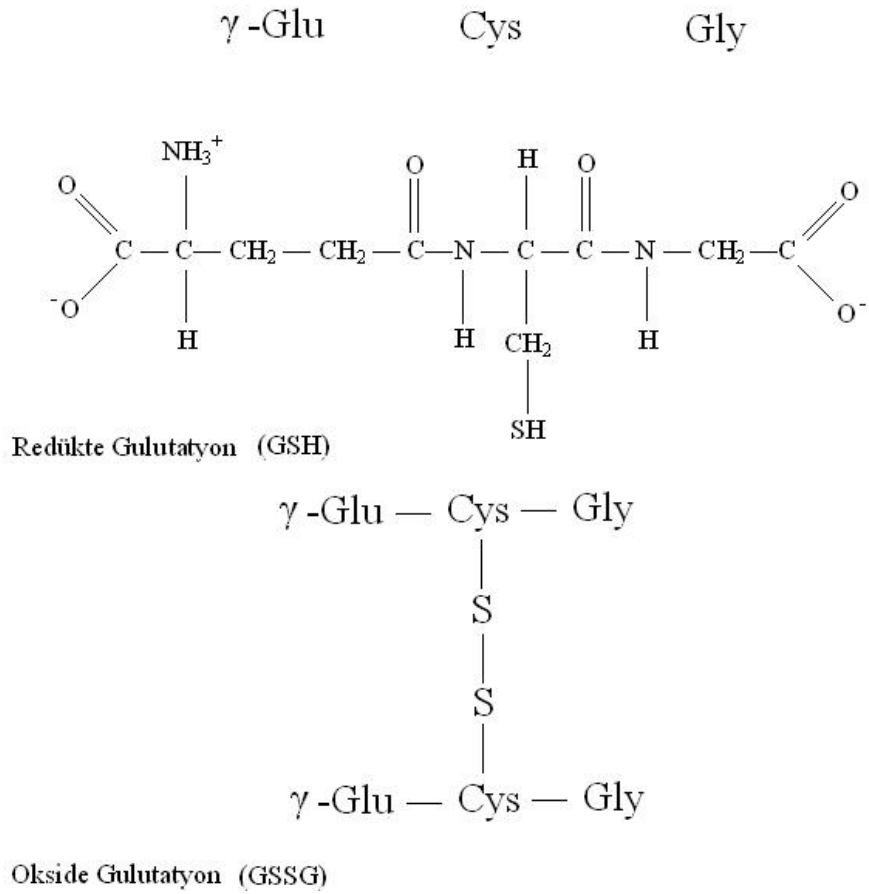
Glutasyon (GSH), karaciğerde genetik bilgiye ihtiyaç olmadan sentezlenebilen glutamat (Glu), sistein (Cys) ve glisinden (Gly) meydana gelen bir tripeptittir. Glu ile Cys arasında bir γ -peptid bağı vardır ve bu bağ glutasyonu peptidazların hidrolitik etkilerinden korumaktadır. GSH; kan hücreleri, plazma, beyin, böbrekler ve sindirim sistemi gibi birçok

organ ve dokuda bulunur. Glutasyon serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasara karşı koruyan çok önemli bir antioksidandır. Hemoglobinin oksitlenerek methemoglobine dönüşümünün engellenmesinde rol alır. Ayrıca proteinlerdeki sülfhidril (-SH) gruplarını redükte halde tutar ve bu grupları oksidasyona karşı korur, böylece fonksiyonel proteinlerin ve enzimlerin inaktivasyonunu engeller. Glutasyon yabancı bileşiklerin detoksifikasyonu ve aminoasitlerin membranlardan transportunu da sağlar (Şekil 1.4). Glutasyon eritrositleri, lökositleri ve göz lensini oksidatif strese karşı korumada hayati öneme sahiptir (Beutler vd., 1963, Piner, 2005).

Hücrelerde iki formda bulunur, bunlardan aktif formu olan indirgenmiş glutasyon (GSH) hücrelerde baskındır. Okside glutasyon (GSSG) ise okside koşullar altında iki molekül GSH arasında disülfid bağı kurulmasıyla meydana gelir. Okside ve redükte glutasyonun yapısı Şekil 1.5’ de görülmektedir (Pena Llopis vd., 2001).



Şekil 1.4. Oksidatif stresten korunmada GSH'nin antioksidan fonksiyonlarının şematik gösterimi (Bharath vd., 2002).



Şekil 1.5. Redükte ve okside glutasyonun yapısı (Halliwell and Gutteridge, 1999).

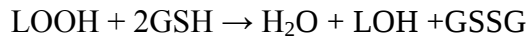
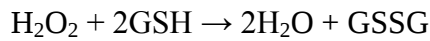
GSH gibi düşük moleküler ağırlıklı, sülfür içeren bileşikler kolaylıkla okside edilebilir ve hızlı bir şekilde rejenere edilebilirler. Bu özellikleri bu bileşiklerin birçok biyokimyasal ve farmakolojik reaksiyonda önemli bir rol oynamalarını sağlar. Hücrede, sitoplazma ve mitokondride olmak üzere iki GSH havuzu bulunmaktadır. Sitosolik GSH havuzu hücresel korumadaki görevi ile karakterize edilir. Mitokondriyal GSH sitosolik GSH'dan farklı bir havuz olarak fonksiyon yapar ve buradaki GSH derişimi sitosolik GSH'dan daha yüksektir. Mitokondriyal GSH havuzunun bu özelliği mitokondriyal fonksiyonların korunmasında çok önemlidir (Piner, 2005).

Glutasyon, peroksidaz enzim ailesinin bir kofaktörü olmasının yanısıra, askorbik asit metabolizmasını, hücreler arası iletişimin sürdürülmesini sağlayan ve genel olarak proteinlerin sülfidril (-SH) gruplarının okside olmasını ve çapraz bağlanmasını engelleyen diğer birçok metabolik süreçte yer almaktadır. Ayrıca hücre içi bakır transportunda da işlev görür. GSH bakır iyonları ile şelatlar oluşturur ve bunların serbest radikal oluşturma kapasitelerini azaltır. GSH koruyucu bir ajan olarak lökoeritrin sentezinde yer alan

enzimler ve glioksilazları da içeren farklı metabolik yollarda çalışan bazı enzimler için kofaktör olarak rol oynar. GSH protein katlanmasında ve insülin gibi disülfid bağları taşıyan proteinlerin yıkılmasında da rol alır. Hücre bölünmesinin düzenlenmesi, sisteinin taşınması ve depolanması, immün yanıtın düzenlenmesi gibi görevlerinin yanında, GSH'ın prostaglandin metabolizmasının düzenlenmesi ve DNA sentezi gibi çok önemli fizyolojik görevleri de bulunmaktadır (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Piner, 2005). Tüm bu görevlerinin yanı sıra GSH, GSH konjugatları oluşturmak üzere toksik bileşiklerle non-enzimatik veya glutatyon S-transferaz (GST; EC 2.5.1.18) ile enzimatik olarak reaksiyona girer (Anderson, 1998). Bu görevlerinin yanı sıra hücre içersindeki tiyollerin %50'sini oluşturan GSH; E ve C vitaminleri gibi eksojen kaynaklı antioksidantların kullanılabilirliğini de arttırmaktadır (Çinkıloğlu, 2007).

1.3.3.2.2. Glutatyon Peroksidaz

Glutatyon peroksidaz (glutatyon: H₂O₂ oksidoredüktaz, EC 1.11.1.9), hidroperoksitlerin indirgenmesinden sorumlu enzimdir. Glutatyon peroksidazlar (GSH-Px) oksidatif strese karşı savunmada kritik rol oynarlar. GSH-Px'ler selenyum-bağımlı GSH-Px'ler ve selenyum-bağımsız GSH-Px'ler olarak iki gruba ayrılabilir. Selenyum-bağımlı GSH-Px'ler H₂O₂ ve organik hidroperoksitleri indirgeyebilir. Selenyum-bağımsız olanlar H₂O₂ için inaktif olup sadece organik hidroperoksitlerin indirgenmesini katalizlerler (Cnubben vd, 2001). Sitosolik selenyum-bağımlı GSH-Px sitotoksik hidroperoksitlerin detoksifiye edilmesi için önemli bir enzim olup, hücrelerde mitokondri matriksinde ve sitosolde bulunmaktadır. GSH-Px H₂O₂'yi iki molekül H₂O ve bir molekül membran peroksitlerini (ROOH/LOOH) bir molekül H₂O ve alkole (ROH/LOH) indirger (Piner, 2005).



Fosfolipit hidroperoksit glutatyon peroksidaz (PLGSH-Px) adı verilen bir enzim monomerik yapıdadır ve esas olarak membran fosfolipit hidroperoksitlerini alkollere indirger. PLGSH-Px membrana bağlı en önemli antioksidan olan vitamin E yetersiz olduğunda membranı peroksidasyona karşı korur. GSH-Px'in fagositik hücrelerde de

önemli fonksiyonları vardır. Diğer antioksidanlarla birlikte GSH-Px, solunum patlaması sırasında serbest radikal peroksidasyonu sonucu fagositik hücrelerin zarar görmesini önler. GSH-Px eritrositlerde oksidatif strese karşı en etkili antioksidandır.

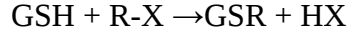
1.3.3.2.3. Glutasyon Redüktaz

Glutasyon disülfid redüktaz; sitoplazmaya lokalize olmuştur ve moleküler ağırlığı 48.772 kDa civarındadır. Şimdiye kadar birçok prokaryotik ve ökaryotik kaynaktan izole edilen enzim, tüm koşullarda aktif merkezinde molekül başına bir adet flavinoid adenozin dinükleotid (FAD) içeren dimerik bir flavoenzimdir (Patel vd., 1998).

Glutasyon redüktaz (GR) aktivitesi hücrenin redoks durumu tarafından düzenlenir ve hücrenin oksidatif stres sırasındaki fizyolojik gereksinimlerini yansıtır (Reed, 2001). GR, sitosol GSH/GSSG oranını, 100'ün üzerinde tutmakla görevlidir (Farber vd., 1998). Normal hücrelerde GSH/GSSG oranı son derece yüksektir ve GSSG'nin yeniden GSH'a indirgenmesi gerekir. Enzimin katalizlediği reaksiyon sırasında FAD, NADPH tarafından indirgenirken açığa çıkan elektronlar, aktif merkezdeki disülfid bağına taşınır ve bu şekilde GSSG, iki GSH molekülüne indirgenmiş olur (Halliwell ve Gutteridge, 1999).

1.3.3.2.4. Glutasyon S-Transferaz

Glutasyon S-transferaz'lar, GSH ile elektrofilik gruplar taşıyan bileşikler arasındaki konjugasyonu katalizleyen, birçok farklı ksenobiyotik ve endojen bileşiklerin detoksifikasyonu ve biyotransformasyonunda önemli rol oynayan çok fonksiyonlu faz II biyotransformasyon multigen enzim ailesinin üyeleridir (Hamed vd., 2003). Bu reaksiyonun sonucunda, bileşiğin hidrofilitesi artar ve molekülün lipid tabakası içerisindeki dağılımı ile hücre içi birikimi engellenmiş olur. Enzimin suda çözünebilir formları moleküler ağırlığı 25 kDa olan alt ünitelerden oluşan dimerik yapıli proteinlerdir. Dimerik enzimin her alt ünitesi farklı iki fonksiyonel bölge içeren bir aktif merkeze sahiptir. Hidrofilik G bölgesi fizyolojik substrat GSH'ı bağlarken komşu H bölgesi farklı yapıdaki elektrofilik substratların bağlanabilmesi için hidrofobik bir ortam sağlar. G bölgesi yüksek GSH spesifitesi nedeniyle bütün GST'lerde oldukça benzerdir. GST'ler arasında tamamen farklı yapıda olan H bölgesinin substrat bağlama kapasitesi ve çeşitliliği son derece değişkendir. GST'ler;



şeklinde ki genel bir reaksiyonu katalizlemektedirler.

Enzimin fonksiyonu: 1. Aktif merkezine hem GSH hem de elektrofilik substratı bağlayarak GSH ile substratın etkileşimi sağlamak, 2. Glutatyonun sülfidril grubunu aktive ederek GSH'ın elektrofilik substrat üzerindeki nükleofilik atağını sağlamaktır (Armstrong, 1997). Substratların elektrofilik fonksiyonel merkezleri karbon, nitrojen veya sülfür olabilmektedir. GSH'ın sistein rezidüsü ile elektrofilik substrat arasında kurulan tiyoeter bağı genellikle daha az reaktif ve daha çok suda daha çok çözünebilir ürünlerin oluşumuyla sonuçlandığı için; GST reaksiyonları genellikle detoksifikasyon mekanizmalarıdır (Eaton ve Bammler, 1999).

Glutatyon S-transferazlar; bitkiler ve hayvanlar alemi ile omurgalılar ve omurgasızlar ve de bakterilerde bulunur. Detoksifikasyonun yoğun olarak gerçekleştiği bölgelerde yüksek aktivite gösterirler ve endoplazmik retikulum membranı ile nükleustaki interkromatin bölgeye yerleşirler. Ancak; enzimin en bol bulunan formları, homo ya da heterodimerik yapıdaki sitoplazmik GST'lerdir. GST'ler merkaptürik asit biyosentezinin başlangıç reaksiyonlarına aracılık etmektedirler. Merkaptürik asit biyosentezi başlangıçta GSH konjugatı ile başlayan ve sonra γ -GT tarafından glutamik asitin uzaklaştırılması ile sonuçlanan, sisteinilglisin konjugatının oluşumu ile devam eden birkaç basamaktan oluşmaktadır. Bu reaksiyonu glisinin uzaklaştırılması ile sisteinil S- konjugatının yani pre-merkaptürik asidin oluşumu izler. N-asetiltransferazlar tarafından sisteinil S-konjugatının asetilasyonu N-asetil türevi olan merkaptürik asit oluşumu ile sonuçlanır (Leblanc ve Dauterman, 2000).

Glutatyon S-transferazlar; çevre kirleticilerinden ilaçlara, karsinojenlerden pestisidlere kadar birçok bileşiği metabolize edebilirler. GST ile reaksiyona girecek ksenobiyotiklerin genel özellikleri; hidrofobik olmaları, elektrofilik bir atom çekirdeği içermeleri ve GSH ile enzimatik olmayan koşullarda reaksiyona girebilmeleridir.

Glutatyon S-transferazların diğer bir fonksiyonu, lipid peroksidlerinin bozunma ürünleri ile GSH arasındaki konjugasyondaki antioksidan görevidir. Balıklarda, organik hidroperoksidlerin detoksifikasyonlarında GST'ler GSH-Px'ten çok daha gereklidir (Stephensen vd., 2002). GSH-Px'ten farklı olarak H_2O_2 için inaktif olan GST'ler; sadece organik hidroperoksidleri indirger ve selenyumdan bağımsız olarak iş görürler (Cnubben vd., 2001; Sen ve Packer, 2000). Selenyum eksikliği durumunda; GST devreye girer ve

kayıp selenyuma bağımlı GSH-Px aktivitesinin boşluğunu doldurur. Selenyum varlığında ise enzimin bu görevi baskılanmaktadır (Leblanc ve Dauterman, 2000).

1.3.3.2.5. Paraoksonaz/Arilesteraz

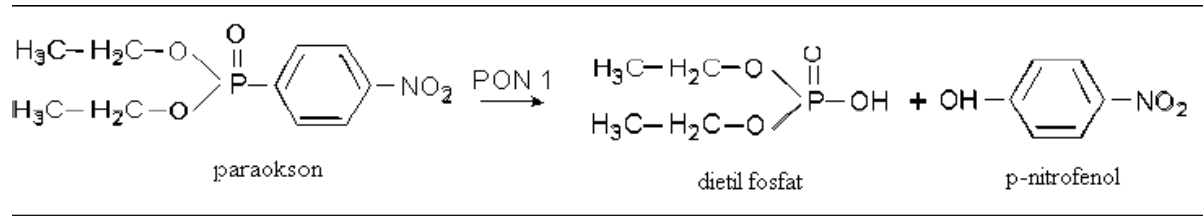
Paraoksonaz ve arilesteraz, aynı gen tarafından kodlanan ve aktif merkezleri benzer olan esteraz grubundaki enzimlerdir. Paraoksonaz (PON1, E.C.3.1.8.1) enzimi ilk olarak 1953 yılında Aldridge tarafından insan serumunda bulunmuştur (Mackness, vd., 1987). 1996 yılında, paraoksonaz aktivitesinden sorumlu genin bir multigen ailesinin üyesi olduğu tespit edilmiş ve sırasıyla PON1, PON2 ve PON3 olarak isimlendirilmiştir. Paraoksonaz, hem arilesteraz (E.C. 3.1.1.2) hem de paraoksonaz aktivitesine sahip, glikoprotein yapısında olan kalsiyum bağımlı bir ester hidrolaz enzimidir (Gan vd., 1991; Li vd., 1993; Mackness vd., 1996; Mackness vd., 1997; Azarsız ve Sönmez, 2000; Gürsu ve Özdin, 2002; Özdin, 2003).

Paraoksonaz'ın fizyolojik substrat(lar)'ı henüz tanımlanmamıştır; fakat insektisit ve sinir gazı yapımında yaygın olarak kullanılan organofosfat bileşiklerinin hidrolizini katalizlemekte ve bu nedenle in vivo ksenobiyotik metabolizması ve toksikolojik çalışmalar için büyük önem taşımaktadır (Aldridge, 1953). Enzim, paration dışında diizopropil florofosfat gibi organik fosforlu insektisitlerle, yine aynı kimyasal gruptan olan sarin, tabun gibi sinir gazlarının; çeşitli karbamatların; fenilasetat, 4-nitrofenil asetat, 2-naftil asetat gibi birçok aromatik karboksilik asit esterlerinin hidrolizini de katalize etmektedir (Humbert vd., 1993).

Paraoksonaz, Aldridge sınıflama sistemine göre A grubu arildialkilfosfataz sınıfı ester hidrolaz enzimidir. Önceleri organofosfat bileşiklerini hidroliz etme özelliği nedeni ile toksikoloji alanında çalışılmış, son yıllarda ise antioksidan etkileri nedeni ile koroner kalp hastalığı riskinden korunulabileceği düşünülerek güncellik kazanmıştır (Azarsız ve Sönmez, 2000). Uluslararası Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Birliği'nin (IUBMB) enzim isimlendirmesinde paraoksonaz iki numaraya (EC 3.1.1.2 ve EC 3.1.8.1.) sahiptir. 1990'lı yıllardan sonra, paraoksonazın arilesterazdan farklı olarak yalnız fenolik esterleri değil, fosforik ve fosfinik asit esterlerini de hidroliz ettiği anlaşılmış ve EC 3.1.8.1 ile tanımlanmıştır (Erdem, 2004). Paraoksonaz enziminin, A grubu arildialkilfosfataz sınıfı bir ester hidrolaz enzimi olması nedeniyle sistematik adı arildialkilfosfatazdır. A esteraz

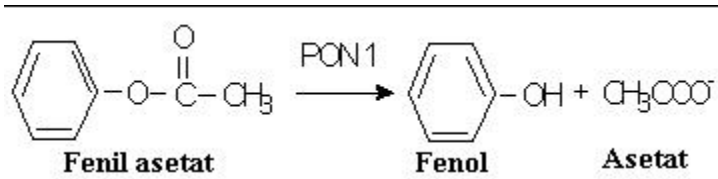
grubunda yer alan paraoksonaz enzimi, aktivitesinin ölçümünde ilk olarak paraokson substratı kullanıldığı için paraoksonaz adını almıştır.

Paraokson (O, O-dietil-O-p-nitrofenil fosfat), paraoksonazın hem aril esteraz aktivitesini hem de paroksonaz aktivitesini ölçmede en sık kullanılan substrattır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Paraoksonazın paraoksonu hidrolizi (Başkol ve Köse, 2004).

Fenil asetat ise sadece arilesteraz aktivitesini ölçmede kullanılan bir substrattır. PON1 polimorfik dağılımı nedeniyle aynı substrata karşı farklı aktivite gösterir (Başkol ve Köse, 2004) (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Paraoksonazın fenil asetatı hidrolizi (Başkol ve Köse, 2004).

Paraoksonaz, high-density lipoprotein (HDL)'ye bağlı, organofosfat ajanları ve low-density lipoprotein (LDL)'nin oksidasyonu ile lipid peroksidlerin oluşumuna ve diğer radikallere karşı koruyucu rol oynayan önemli bir enzimdir. Paraoksonaz enzimi detoksifikasyon ve antioksidan özelliğe sahip olup hidrojen peroksiti (H_2O_2) hidroliz edebilir. Hidrojen peroksit, başlıca reaktif oksijen türüdür ve oksidatif stres altında LDL oksidasyonuna neden olan reaktif oksijen türüne dönüşür. Dolayısıyla, paraoksonazın, okside LDL'deki kolesterol linoleat hidroperoksidleri ve hidroksitleri indirgemesi nedeni ile peroksidaz benzeri aktivitesi de olduğu bildirilmiştir (Özkan vd., 2004; Türk vd., 2004; Miyamoto vd., 2005).

2. MATERİYAL ve METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı

Araştırma, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Cip Balık Üretim ve Yetiştirme Tesisinde yürütüldü. Araştırmanın yürütülebilmesi için 6 x 2 x 1 m boyutlarındaki dört beton havuz tahtalarla bölünerek 2 x 2 x 1m boyutlarında toplam 12 adet havuz oluşturuldu.

2.1.2. Kerevit (*Astacus leptodactylus*)

Çalışmada kullanılmak üzere, Keban Baraj Gölü Ağın Yöresi Dürümlü Köyü mevkiinden (Şekil 2.1) balıkçı tarafından yakalanan kerevitlerden ortalama ağırlığı $29 \pm 0,5$ g ve uzunluğu $10 \pm 0,5$ cm olan toplam 1200 adet sağlıklı dişi ve erkek kerevit ($N_{\text{dişi}}=900$, $N_{\text{erkek}}=300$) temin edildi (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

2.1.3. Yem Bileşenleri

Araştırma yemlerinin hazırlanmasında kullanılan balık unu, soya küspesi, buğday unu, mısır glütenu, antioksidan ve vitamin karması Sürsan Su Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den, sodyum fosfat, dikalsiyum fosfat ve mineral karması için gerekli olan mineral maddeler Ema-Grup Laboratuvar Cihazları İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.'den, bitkisel yağ ise Karadenizbirlik Kooperatifleri Birliği'nden temin edildi.



Şekil 2.1. Araştırmada kullanılan kerevit örneklerinin toplandığı Keban Baraj Gölü Dürümlü Köyü mevkii



Şekil 2.2. Araştırmada kullanılan kerevit örneklerinin seçilmesi



Şekil 2.3. Araştırmada kullanılan *Astacus leptodactylus* örneği

2.1.4. Selenyum

Araştırmada kullanılan selenyum (Sodyum Selenit (Na_2SeO_3)) ABCR'den aracı firma aracılığıyla temin edildi.

2.1.5. Araştırmada Kullanılan Araç-Gereçler ve Kimyasal Maddeler

Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler Tablo 2.1'de, kullanılan araç ve gereçler ise Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Madde	Katalog Numarası
Sodyum Selenit (Na_2SeO_3)	ABCR AB 203038
Potasyum klorür (KCL)	Merck 4936
2-Thiobarbituric acid, (TBA)	Merck 1.08180.0025
Trikloroasetik asit (TCA)	Merck 807
Perklorik asit	Fluka 34288
Sodyum Klorür (NaCl)	Sigma –aldrich 13423
Metaphosphoric Acid	ABCR AB 125903
Disodyum etilendiamintetraasetik asit dihidrat (EDTA)	Sigma E5134
Disodyum hidrojen fosfat (Na_2HPO_4)	Merck 6580
5,5'-Dithiobis (2- nitrobenzoic acid)	AppliChem 69-78-3
Sodyum sitrat	Merck 1.06448.1000
Potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4)	Merck 4873
Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADPH)	Sigma N1630
Sodyum azide (NaN_3)	Riedel 35088
Hidrojen peroksit (% 37)	Merck 1.00314
Sodyum hidroksit (NaOH)	Sigma S-0899
Sodyum karbonat (Na_2CO_3)	Merck 1.06398.1000
Potasyum sodyum tartarat	Merck 8085.1000
Bakır-2-sülfat	Merck 1.02787
Folin ciocalteu phenol	Sigma F9252
GSH (Redükte glutatyon)	Sigma G4251
GSH redüktaz	Sigma G3664
Amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	Merck 1216
Nitrik asit (HNO_3)	Merck 1.00443.2500
Dinitroklorobenzen (CDNB)	ABCR AB 114728
Paraoxon (Diethyl p-Nitrophenyl Phosphate)	Sigma D9286
Phenyl acetate	ABCR AB 134000
Kalsiyum Klorür (CaCl_2)	Sigma -aldrich 12022
Trizma (Tris) ($(\text{HOCH}_2)_3(\text{CNH})_2$)	Merck 1.08387.0500
Azot gazı	
Argon gazı	

Tablo 2.2. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

Kullanılan araç ve gereçler	
Balon joje (5, 10, 25, 50 ml)	Isolab
Beher (25, 50, 100 ml)	Isolab
Erlen (25, 50, 100, 250 ml)	Isolab
Cam tüp (16x100 mm)	Isolab
Muayene Eldiveni	Nimo
Mavi ve sarı pipet ucu	BRAND
Mikro pipet (10-100, 100-1000 µl)	BRAND
Spektrofotometre küveti (normal ve kuvartz)	Q-104
Hassas terazi (0,01 g hassasiyetli)	
Hassas terazi (0,001 g hassasiyetli)	Shimadzu- UW 620 H
Homojenizatör	WiseStir HS-30E
Bidistile su cihazı	NÜVE NS 108
Manyetik karıştırıcı	Colara Magnetomix
Soğutmalı santrifüj	NÜVE NF 800 R
-20°C soğutucu	Uğur Derin Dondurucu
Spektrofotometre	Aquamete Spectronic Unicam
ICP-OES	Optima 2000DV
Su banyosu	Nüve ST 402
Vorteks	Velp Scientifica 10.0176

2.1.6. Araştırmada Kullanılan Suyun Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen ve pH'sının Ölçülmesi

Araştırma süresince düzenli olarak, 0,1 hassasiyetli termometre ile suyun sıcaklığı, 0,003 hassasiyetli pH metre ile pH'sı ve 0,01 hassasiyetli oksijenmetre ile çözünmüş oksijen miktarı ölçüldü. Bu amaç için dijital bir oksijenmetre ve termometre'den yararlanıldı.

2.1.7. Örneklerin Alınması

Biyokimyasal incelemeler için her ayın sonunda her bir havuzdan (K, D₁, D₂ ve D₃) 5 adet dişi kerevit örneği rasgele seçildi. Bu kerevit örneklerinden kas (abdomen eti), hepatopankreas, solungaç ve gonad doku örnekleri alındı. Alınan dokular MDA ve GSH düzeyleri ile GSH-Px, GR, GST, PON, ARE ve protein ölçümleri yapılmaya kadar -20 °C’ de muhafaza edildi. Ayrıca, bu kerevitlerden haziran ayı sonunda alınan kas dokusu örneklerinde selenyum düzeyi de belirlendi.

Pleopodal yumurta sayısı Ocak ayı sonunda, birinci devre yavru sayısı ise Mayıs ayı sonunda her bir havuzdan alınan 10 adet birey kullanılarak tespit edildi.

2.2. Metot

2.2.1. Denemenin Planlanması ve Uygulanması

Araştırmanın deneysel aşaması Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Cip Balık Üretim ve Yetiştirme Tesisinde Ağustos 2009 - Haziran 2010 tarihleri arasında 3 tekrarlı olarak yürütüldü. Araştırmada 4 farklı deneme grubu oluşturuldu. Bunlardan birincisi Kontrol (K; 0,3 mg selenyum/kg yem), diğer üçü ise Deneme 1 (D1; 0,6 mg selenyum/kg yem), Deneme 2 (D2; 0,9 mg selenyum/kg yem) ve Deneme 3 (D3; 1,2 mg selenyum/kg yem) gruplarından oluştu.

Ağustos ayında temin edilen kerevitler 2 x 2 x 1 m ebatlarındaki 12 adet beton havuza 25 erkek - 75 dişi (toplam 100 adet) olacak şekilde yerleştirildi (Şekil 2.4). Havuzların tabanına kerevitlerin gizlenmesi için plastik borular (çap: 7 cm, boy: 24-25 cm) yerleştirildi ve 1 m² yüzey alanı için dakikada 1,5 litre su akışı sağlandı. Kerevitler havuzlara bırakılmadan önce boy ve ağırlıkları ölçüldü. Havuzların üzeri tel eleklerle kapatıldı (Şekil 2.5). Kerevitlerin bir ay süreyle ortama ve pelet yeme adaptasyonları sağlandı. Daha sonra kerevitler 1 Ekim 2009 – 30 Haziran 2010 tarihine kadar günde iki öğün olmak üzere 9 ay süreyle hazırlanan deneme yemleri ile yemlendi.



Şekil 2.4. Cip Balık Üretim Tesisleri’nde kerevitlerin bırakıldığı havuzlar



Şekil 2.5. Kerevitlerin yerleştirildiği havuzların tel eleklerle örtülmesi

2.2.2. Araştırma Yemlerinin Hazırlanması

Çalışmaya başlamadan önce kerevitlere uygulanacak yemlerin selenyum düzeyini belirlemek ve buna göre selenyum ilavesini gerçekleştirmek için selenyum ilave edilmeyen, % 42,85 oranında ham protein, 3326 kcal/kg toplam enerji içeren bir kontrol

yemi New (1976), Köksal (1988), Celada vd., (1989), Reigh vd., (1990), Ackefors vd., (1992), Ravi vd., (1999), Elia vd., (2007) ve Dörr vd., (2008)'e göre hazırlandı. Kontrol yeminin düzenlenmesinde Haşımoğlu ve Aksoy (1977)' un bildirdiği rasyon hesaplama metotlarından yararlanıldı. Kontrol yeminde kullanılan yem hammaddelerinin kompozisyonu Tablo 2.3'de görülmektedir. Kontrol yemindeki selenyum düzeyi Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü' nde Perkin Elmer marka ICP spektroskopisi ile analiz edildi ve 0,27 mg/kg yem olarak belirlendi. Bu yeme sırasıyla 0,03 mg (K; 0,3 mg selenyum/kg yem), 0,33 mg (D1; 0,6 mg selenyum/kg yem), 0,63 mg (D2; 0,9 mg selenyum/kg yem) ve 0,93 mg (D3; 1,2 mg selenyum/kg yem) selenyum ilave edilerek deneme yemleri oluşturuldu (Tablo 2.4; Tablo 2.5).

Yemleri oluşturan öğeler uygun bir karışımın sağlanması için öğütülerek uygun partikül büyüklüğüne (1-4 mm) getirildi. Yem öğeleri tamamen homojen bir karışım halini alıncaya kadar karıştırıldı. Bu karışıma 1/1 oranında ilave edilen su ile hamur haline getirildi. Hamur haline getirilen karışım kıyma makinesinden geçirilerek pelet haline getirildi (Şekil 2.6). Hazırlanan peletler tepsilere yerleştirilip (Şekil 2.7), yem fırınında 60 °C' de 24 saat bekletilerek kurutuldu. Yemler soğutulduktan sonra, kullanılıncaya kadar plastik muhafaza kapları içerisinde ve 4 °C' de muhafaza edildi.

Tablo 2.3. Araştırma yemlerinde kullanılan yem öğelerinin ham besin madde (kuru maddenin %'si olarak) ve toplam enerji düzeyleri (kcal/kg).

Ham besin maddeleri (%) ve toplam enerji (kcal/kg)	Soya Fasulyesi			
	Balık unu	Küspesi	Buğday unu	Mısır glütteni
Protein	64,3	44,0	12,90	60,4
Yağ	7,6	1,1	1,70	1,8
Selüloz	1,0	7,3	2,50	1,5
Kül	14,3	6,3	1,65	2,1
Nem	8	10	12	9

Tablo 2.4. Araştırma yemlerinin öğeleri ve kullanım oranları

Yem öğeleri (%)	Araştırma yemleri			
	Kontrol	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3
Balık unu	25	25	25	25
Soya küspesi	38	38	38	38
Buğday unu	18	18	18	18
Mısır glütteni	12,82	12,82	12,82	12,82
Bitkisel yağ	4,00	4,00	4,00	4,00
Sodyum fosfat	1,00	1,00	1,00	1,00
Dikalsiyum fosfat	0,40	0,40	0,40	0,40
Antioksidan ¹	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitamin karması ²	0,5	0,5	0,5	0,5
Mineral karması ³	0,18	0,18	0,18	0,18
Selenyum ⁴ (mg/kg yem)	0,03	0,33	0,63	0,93
Toplam	100	100	100	100

¹ Butilen Hidroksi Toluen (BHT); 125 000 mg/kg.

² Vitamin Karması (Her 1 kg Rovimix 107'de aktif madde olarak); Vitamin A 250 000 IU, vitamin D₃ 240 000 IU, vitamin E 10 000 IU, vitamin K 3 000 mg, vitamin B₁ 1000 mg, vitamin B₂ 3000 mg, vitamin B₆ 2000 mg, vitamin B₁₂ 4 mg, kolin klorid 100 000 mg, vitamin C 6000 mg, niasin 30 000mg, kalsiyum dpantothenat 10 000 mg, folik asit 600 mg, d-biotin 200 mg.

³ Mineral Karması (New, 1987'e göre hazırlanmıştır; mg/kg); Fe 50 000, Cu 3 000, Co 10, Mn 20 000, Zn 30 000, I 100.

⁴ Selenyum; Sodyum Selenit (Na₂SeO₃).

Tablo 2.5. Araştırma yemlerinin ham besin madde (kuru maddenin %'si olarak) ve toplam enerji düzeyleri (kcal/kg).

Kimyasal Analizler (Kuru madde)	%
Protein	42,85
Yağ	6,86
Selüloz	3,67
Kül	6,54
Kuru madde	91,66
Toplam enerji	3326



Şekil 2.6. Hamur haldeki yem materyalinin kıyma makinesinden geçirilerek pelet haline getirilmesi



Şekil 2.7. Hazırlanan peletlerin pişirme tepsilerine yerleştirilmesi

2.2.3. Pleopodal Yumurta Sayısının Belirlenmesi

Pleopodal yumurta sayısını belirlemek amacı ile Ocak (2010) ayında her tekrardan 10 adet dişi kerevit rasgele alındı. Pleopodal yumurtalar bir pens yardımı ile anaçlardan ayrıldı ve petri kutularına alınan yumurtalar ince uçlu bir iğne ile sayıldı.

2.2.4. Birinci Devre Yavru Sayısının Belirlenmesi

Mayıs (2010) ayı sonunda oluşan birinci devre yavruların sayısını belirlemek amacı ile her tekrardan 10 adet dişi kerevit rasgele alındı. Birinci devre yavrular bir pens yardımı ile anaçlardan ayrıldı ve petri kutularına alınan yavrular ince uçlu bir iğne kullanılarak sayıldı.

2.2.5. Biyokimyasal Analizler

2.2.5.1. Homojenatların Hazırlanması

Alınan doku örneklerinden homojenatların hazırlanması için örnekler 0,5 gram tartıldı. İki süzgeç kağıdı arasında suyu alındıktan sonra % 1.15'lik KCl içinde 1:10 oranında sulandırılarak homojenize edildi. Elde edilen homojenatlar 50 ml'lik propilen tüplerde soğutmalı santrifüjde 3200 rpm'de +4 °C' de 10 dakika kadar santrifüj edildikten sonra süpernatantlar alındı (Yonar, 2008).

2.2.5.2. Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyinin Saptanması

Doku örneklerinde malondialdehid (MDA) düzeylerinde meydana gelen değişimler Placer vd. (1966)'den modifiye edilen yöntemle göre spektrofotometrik olarak ölçüldü. Üç veya daha fazla çift bağ ihtiva eden yağ asitlerinin peroksidasyonunda tiobarbitürik asit (TBA) ile ölçülebilen MDA meydana gelmektedir. Yağ asidi peroksidasyonunun son ürünü olan MDA, TBA ile reaksiyona girerek pembe renkli bir kompleks oluşturur. Oluşan bu pembe renk 532 nm'de okunur. Buna göre, plazma ve doku homojenatlarından 0,25 ml alınarak üzerine 2.25 ml renk ayırıcı (TBA ve % 10'luk triklorasetik asit) ilave edildi.

Karışım 3000 rpm’de 5 dakika santrifüj edilerek 20 dakika kaynar su banyosunda bekletildi ve 532 nm’ de spektrofotometrede köre karşı okundu.

2.2.5.3. Redükte Glutatyon (GSH) Düzeyinin Saptanması

GSH tayini Elman (1959) tarafından bildirilen metotla yapıldı. GSH 5,5’-Ditiyo-bis (2-Nitrobenzoik Asit) (DTNB), nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADPH) ve glutatyon redüktaz varlığında enzimatik döngü prosedürü ile ölçülmektedir. GSH DTNB tarafından okside edilirken, ortamda bulunan okside glutatyon ve diğer çözünen tiyol bileşikleri ile GSH’nin oluşturduğu disülfid bağlanmaları glutatyon redüktaz enzimi varlığında NADPH’nin indirgenmesi ile GSH’a dönüştürülmektedir. Meydana gelen sarı renkli 2-nitro-5-tiyobenzoik asitin miktarı 412 nm’de ölçülmektedir. Doku örnekleri çöktürücü solüsyonla (metafosforik asit, etilendiamintetraasetik asit (EDTA), sodyum klorür (NaCl)) çöktürüldü ve 3000 rpm’ de 20 dakika santrifüj edildi. Süpernatantlar alınarak üzerine Elman ayırıcı ve disodyum hidrojen fosfat (Na_2HPO_4) ilave edilerek 412 nm’de köre karşı okundu.

2.2.5.4. Glutatyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesinin Ölçülmesi

Glutatyon peroksidaz, redükte glutatyonu kullanarak H_2O_2 ’nin suya dönüşümünü katalizleyen bir enzimdir. Kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad doku örneklerindeki GSH-Px aktivitelerinin tayini Beutler (1975) tarafından tarif edilen metoda göre yapıldı. Glutatyon peroksidaz, H_2O_2 varlığında GSH’yi okside glutasyon (GSSG)’a dönüşmesini katalize eder. H_2O_2 ’nin bulunduğu ortamda GSH-Px’in oluşturduğu GSSG, glutatyon redüktaz ve NADPH yardımıyla tekrar GSH’a dönüştürülür. GSH-Px aktivitesi, deney ortamındaki NADPH’nin NADP^+ ’ya çevrilmesi ile optik dansitede meydana gelen 0. ve 3. dakikalardaki absorbans farkının 340 nm’de spektrofotometrik olarak ölçülmesi ile hesaplandı.

2.2.5.5. Glutatyon Redüktaz (GR) Aktivitesinin Ölçülmesi

Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADPH) varlığında okside glutatyonun (GSSG) GSH’a indirgenmesini katalizleyen glutatyon redüktaz enzim aktivitesi,

NADPH'ın NADP⁺'a yükseltgenmesi sırasındaki absorbands farkının 340 nm dalga boyunda okunması esasına dayanır (Carlberg ve Mannervik, 1975). Bu amaçla NADPH ve GSSG içeren günlük tamponun örneklerle karıştırılmasından sonra deney tüpleri çalkalanarak inkübe edilmeden 340 nm dalga boyunda köre karşı 0. ve 5. dakikalardaki absorbandsları okundu.

2.2.5.6. Glutasyon S-Transferaz (GST) Aktivitesinin Ölçülmesi

Glutasyon S-transferaz, elektrofilik bileşiklerin GSH'ın -SH grubu ile reaksiyonunu katalizliyerek bu bileşiklerin detoksifikasyonunu sağlar. GST aktivitesi, 1-kloro-2,4-dinitrobenzenin (CDNB), GSH ile konjugasyonu sırasındaki 0. ve 2. dakikalardaki absorbands farkının 340 nm dalga boyunda okunması ile ölçüldü (Habig vd., 1974).

2.2.5.7. Paraoksonaz (PON) ve Arilesteraz (ARE) Aktivitesinin Ölçülmesi

Paraoksonaz enzim aktivitesi spektrofotometrik olarak serum örneklerinde tayin edildi. Aktivite ölçümü için sırasıyla, 850 µl Tris-HCl tamponu (100 mM, pH:8) + 100 µl substrat çözeltisi (2 mM paraokson + 2 mM koenzim CaCl₂) + 100 µl enzim çözeltisi karıştırılıp 412 nm ve 37 °C'de 1 dakikada absorbansta meydana gelen değişme okundu. Böylelikle paraoksanın p-nitrofenole enzimatik dönüşüm hızı tespit edildi. Arilesteraz enzim aktiviteside aynı prensiple ölçüldü fakat substrat olarak fenilasetat kullanıldı (Dubravka vd., 2001).

2.2.5.8. Protein Düzeyinin Belirlenmesi

Doku protein miktarları GSH-Px, GST ve GR spesifik enzim aktiviteleri ile MDA ve GSH düzeylerini hesaplamak amacıyla çalışıldı.

Süpernatantlardaki protein miktarı tayini Lowry vd. (1951) tarafından tarif edilen yönteme göre ölçüldü. Proteinler alkali bakır ayırıcındaki Cu⁺⁺ peptid bağları ile kompleks yapmaktadır. Her 7 veya 8 aminoasit artışı 1 atom bakır bağlamaktadır. Folin-Fenol ayırıcı, bakır ile muamele edilmiş karışıma ilave edildiğinde mor-mavi bir renk şekillenir. Oluşan bu renk 650 nm'de okunur.

2.2.6. Dokuda Selenyum Düzeyinin Belirlenmesi

Kas dokusundaki selenyum düzeyi Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde Perkin Elmer marka ICP-OES (Optima 2000DV) spektroskopisi ile belirlendi.

Haziran ayı sonunda her tekrardan alınan kas dokusundan 1 g'lık örnekler alındı. Örnekler, ısıya dayanıklı küçük cam şişeler içerisine konularak 5 ml derişik HNO_3 ilave edilerek 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Daha sonra örnekler, ısı tablası üzerinde çok düşük ısıda, örneklerin renkli buharları kayboluncaya kadar yavaş yavaş ısıtılarak örneklerin tamamen mineralize olması sağlandı. Örneklerin renkli buharları tamamen kaybolduktan sonra 1 ml H_2SO_4 ilave edildi. Çözünen örnekler 50 ml'lik balon jojelere aktarıldı ve deiyonize su ile 50 ml'ye tamamlandı. Çözünen örneklerin son hacmi ‰ 3'lük HNO_3 ile tamamlanarak çeşitli konsantrasyonlarda standart çözeltiler hazırlandı. Cihaza okutulan standart çözeltiler ile bir kalibrasyon eğrisi oluşturuldu.

Kas dokusunu içeren ve asitle yakılmış analiz çözeltileri uygun oranda seyreltildi ve cihaza okutuldu. Elde edilen ppm seviyesindeki konsantrasyon değerleri mg/kg doku'ya dönüştürüldü.

2.2.7. İstatistiksel Analizler

Denemede elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 12.0 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirildi. Kontrol ve deneme grubu kerevitlerin biyokimyasal parametrelerinde meydana gelen değişimler tek yönlü varyans analizi (ONEWAY – ANOVA) ile test edildi (Sümbüloğlu, 1998; Kocaçalışkan ve Bingöl, 2008; Kalaycı, 2010).

3. BULGULAR

Bu çalışmada rasyonlara farklı oranlarda ilave edilen selenyumun pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı ile bazı dokularda (kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad) lipid peroksidasyon ve redükte glutatyon düzeyi, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivitelerine etkisi ile kas dokusundaki birikimi belirlendi.

Araştırma süresince havuzlarda kullanılan suyun sıcaklık, çözünmüş oksijen, ve pH değerleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırma süresince havuzlara gelen suyun sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH değerleri (ortalamaları $\pm$ standart sapma)

Aylar	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	pH
Eylül	19,50 $\pm$ 0,65	5,90 $\pm$ 0,15	7,10 $\pm$ 0,09
Ekim	13,42 $\pm$ 0,84	6,65 $\pm$ 0,32	7,85 $\pm$ 0,12
Kasım	9,90 $\pm$ 0,72	7,12 $\pm$ 0,24	8,10 $\pm$ 0,10
Aralık	7,70 $\pm$ 0,67	7,75 $\pm$ 0,16	8,05 $\pm$ 0,17
Ocak	4,55 $\pm$ 0,59	8,21 $\pm$ 0,10	8,24 $\pm$ 0,12
Şubat	4,20 $\pm$ 0,66	8,46 $\pm$ 0,15	8,32 $\pm$ 0,08
Mart	7,8 $\pm$ 0,85	7,85 $\pm$ 0,28	8,14 $\pm$ 0,10
Nisan	11,6 $\pm$ 0,81	6,90 $\pm$ 0,25	8,24 $\pm$ 0,16
Mayıs	17,8 $\pm$ 0,69	5,85 $\pm$ 0,15	7,50 $\pm$ 0,17
Haziran	18,4 $\pm$ 0,71	5,35 $\pm$ 0,12	7,12 $\pm$ 0,12

Çalışma başlangıcında deneme havuzlara yerleştirilen dişi ve erkek kerevitlerin ortalama canlı ağırlıkları (g) ve ortalama toplam uzunlukları (cm) Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Deneme gruplarındaki dişi ve erkek bireylerin başlangıçtaki ortalama canlı ağırlıkları (g), ortalama toplam uzunlukları (cm) ile karapaks uzunlukları (cm) ($\pm$ standart sapma)

Deneme Grupları	Cinsiyet	N	Toplam Canlı Ağırlık (g)	Toplam Uzunluk (cm)
Kontrol (K)	Dişi	300	29,15 $\pm$ 0,85	9,93 $\pm$ 0,63
	Erkek	75	29,3 $\pm$ 1,25	9,74 $\pm$ 0,56
	Ortalama		29,23 $\pm$ 1,04	9,83 $\pm$ 0,59
Deneme 1 (D1)	Dişi	300	28,85 $\pm$ 1,37	9,82 $\pm$ 0,57
	Erkek	75	29,25 $\pm$ 1,26	10,08 $\pm$ 0,59
	Ortalama		29,18 $\pm$ 1,22	9,96 $\pm$ 0,58
Deneme 2 (D2)	Dişi	300	29,25 $\pm$ 1,43	9,81 $\pm$ 0,60
	Erkek	75	28,9 $\pm$ 0,97	9,73 $\pm$ 0,52
	Ortalama		29,08 $\pm$ 1,21	9,77 $\pm$ 0,55
Deneme 3 (D3)	Dişi	300	28,95 $\pm$ 1,32	9,87 $\pm$ 0,49
	Erkek	75	29,3 $\pm$ 1,39	9,82 $\pm$ 0,67
	Ortalama		29,13 $\pm$ 1,33	9,85 $\pm$ 0,58

3.1. Pleopodal Yumurta Sayısı

Deneme havuzlarındaki kerevitlerde çiftleşme ve yumurta oluşumu 30 Aralık 2009 tarihinde başladı. Dişi kerevitlerde çiftleşme ve pleopodal yumurta oluşumu tüm bireylerde aynı günde gerçekleşmediğinden, pleopodal yumurta taşıyan dişi sayısının artması için yaklaşık 3 hafta beklenildi ve 13 Ocak 2010 tarihinde her bir tekrardan rasgele seçilen 10 dişi bireyin pleopodal yumurtaları (Şekil 3.1) pens yardımıyla alındı.

Ayrıca, 13 Ocak 2011 tarihinde yapılan gözlemde tüm dişi bireylerin çiftleştiği ve pleopodal yumurta taşıdığı görüldü. Erkek bireyler, kanibalizm ve dişi bireylerin yumurtalarına zarar vermemeleri amacı ile havuzlardan çıkarıldı.

Tablo 3.3’de kontrol ve deneme yemleri ile beslenen dişi bireylerin ortalama pleopodal yumurta sayısı, canlı ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm) verilmiştir.



Şekil 3.1. Pleopodal yumurtalar

Tablo 3.3. Dişi bireylerin ortalama peopodal yumurta sayısı, canlı ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm) ($\pm$ standart sapma)

Deneme Grupları					
	N	K	D1	D2	D3
Pleopodal yumurta sayısı					
1. Tekrar	10	153,6 $\pm$ 17,15	176,2 $\pm$ 20,61	202,6 $\pm$ 24,11	209,9 $\pm$ 28,17
2. Tekrar	10	154,4 $\pm$ 18,27	183,9 $\pm$ 24,83	198,2 $\pm$ 24,7	213,1 $\pm$ 20,20
3. Tekrar	10	156,4 $\pm$ 18,19	180,3 $\pm$ 26,21	190,5 $\pm$ 18,05	215,2 $\pm$ 21,85
Ortalama		154,8 $\pm$ 17,29 ^d	180,13 $\pm$ 23,18 ^c	197,1 $\pm$ 22,29 ^b	212,73 $\pm$ 22,94 ^a
Toplam canlı ağırlık (g)					
1. Tekrar	10	29,5 $\pm$ 1,45	29,15 $\pm$ 1,56	28,95 $\pm$ 1,14	29,45 $\pm$ 0,92
2. Tekrar	10	29,3 $\pm$ 1,11	29,19 $\pm$ 0,97	29,1 $\pm$ 0,99	28,96 $\pm$ 1,38
3. Tekrar	10	29,13 $\pm$ 0,96	29,3 $\pm$ 1,25	29,52 $\pm$ 1,04	29,27 $\pm$ 1,09
Ortalama		29,31 $\pm$ 1,16	29,21 $\pm$ 1,24	29,19 $\pm$ 1,05	29,22 $\pm$ 1,13
Toplam uzunluk (cm)					
1. Tekrar	10	9,93 $\pm$ 0,63	9,83 $\pm$ 0,56	9,81 $\pm$ 0,60	9,87 $\pm$ 0,48
2. Tekrar	10	9,82 $\pm$ 0,55	10,08 $\pm$ 0,59	9,63 $\pm$ 0,47	9,77 $\pm$ 0,65
3. Tekrar	10	9,92 $\pm$ 0,45	9,59 $\pm$ 0,41	9,73 $\pm$ 0,61	9,72 $\pm$ 0,60
Ortalama		9,89 $\pm$ 0,53	9,83 $\pm$ 0,55	9,72 $\pm$ 0,51	9,74 $\pm$ 0,78

Not: Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kontrol ve deneme yemleri (D1, D2 ve D3) ile beslenen kerevitlerin yumurta sayıları arasındaki farkın önemli olduğu belirlendi ($P < 0,05$). En düşük yumurta veriminin 154,8 $\pm$ 17,29 yumurta ile 0,3 mg/kg yem içeren

kontrol grubunda, en yüksek yumurta veriminin ise $212,73 \pm 22,94$ ile 1,2 mg/kg yem içeren deneme 3 grubunda olduğu tespit edildi.

3.2. Birinci Devre Yavru Sayısı

Deneme havuzlarında birinci devre yavru oluşumu 26 Mayıs 2010 tarihinde başladı. Birinci devre yavru sayısının belirlenmesi için 31 Mayıs 2010 tarihinde her tekrardan 10 adet birinci devre yavru taşıyan (Şekil 3.2) dişi birey alındı.

5 Haziran 2010 tarihinde birinci devre yavru oluşumu tamamlandı. 14 Haziran 2010 tarihinde ikinci devre yavrular oluşmaya başladı. Haziran ayı sonunda alınan örneklerde ise yavruların anneyi terk ettiği belirlendi.

Tablo 3.4’de kontrol ve deneme yemleri ile beslenen dişi bireylerin ortalama birinci devre yavru sayısı, canlı ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm) verilmiştir.



Şekil 3.2. Birinci devre yavrular

Tablo 3.4. Dişi bireylerin ortalama birinci devre yavru sayısı, canlı ağırlıkları (g) ve toplam uzunlukları (cm) ($\pm$ standart sapma)

Deneme Grupları					
	N	K	D1	D2	D3
Birinci devre yavru sayısı					
1. Tekrar	10	148,4 $\pm$ 17,37	173,9 $\pm$ 13,64	183,6 $\pm$ 6,75	201,4 $\pm$ 20,24
2. Tekrar	10	146,3 $\pm$ 13,97	169,8 $\pm$ 15,76	187,3 $\pm$ 11,18	193,7 $\pm$ 10,28
3. Tekrar	10	153,2 $\pm$ 11,43	163,4 $\pm$ 21,39	185,45 $\pm$ 9,47	197, $\pm$ 12,90
Ortalama		149,3 $\pm$ 14,26 ^d	169,03 $\pm$ 17,21 ^c	184,06 $\pm$ 9,33 ^b	197,46 $\pm$ 14,89 ^a
Canlı ağırlık (g)					
1. Tekrar	10	29,05 $\pm$ 1,09	29,5 $\pm$ 1,10	29,32 $\pm$ 0,75	29,35 $\pm$ 1,116
2. Tekrar	10	29,25 $\pm$ 1,53	29,35 $\pm$ 1,43	29,25 $\pm$ 1,11	29,05 $\pm$ 1,21
3. Tekrar	10	29,27 $\pm$ 0,96	28,97 $\pm$ 1,07	28,95 $\pm$ 1,36	29,40 $\pm$ 1,29
Ortalama		29,19 $\pm$ 1,18	29,28 $\pm$ 1,19	29,17 $\pm$ 1,07	29,26 $\pm$ 1,18
Toplam uzunluk (cm)					
1. Tekrar	10	9,96 $\pm$ 0,58	9,66 $\pm$ 0,60	9,88 $\pm$ 0,91	9,83 $\pm$ 0,48
2. Tekrar	10	9,56 $\pm$ 0,84	9,58 $\pm$ 0,71	9,98 $\pm$ 0,82	9,65 $\pm$ 0,74
3. Tekrar	10	9,55 $\pm$ 0,48	9,76 $\pm$ 0,49	9,64 $\pm$ 0,47	9,82 $\pm$ 0,66
Ortalama		9,69 $\pm$ 0,66	9,67 $\pm$ 0,59	9,83 $\pm$ 0,74	9,76 $\pm$ 0,62

Not: Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Çalışma sonucunda yapılan karşılaştırmada kontrol ve deneme yemleri (D1, D2 ve D3) ile beslenen kerevitlerin birinci devre yavru sayıları arasındaki farkın önemli olduğu tespit edildi ($P < 0,05$). En düşük birinci devre yavru veriminin 149,3 $\pm$ 14,26 yavru ile 0,3

mg/kg yem içeren kontrol grubunda, en yüksek birinci devre yavru veriminin ise $197,46 \pm 14,89$ ile 1,2 mg/kg yem içeren deneme 3 grubunda olduğu belirlendi.

3.3. Biyokimyasal Değişimler

Araştırma süresince, kontrol ve deneme gruplarındaki kerevitlerin bazı dokularındaki biyokimyasal değişimleri belirlemek amacıyla deneme yemleri ile beslenen kerevitlerden her ayın sonunda (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran) dişi kerevit örnekleri alındı. Ayrıca, kerevitlerin ortama ve pelet yeme adaptasyonlarının sağlandığı Eylül ayı sonunda da havuzlardan dişi kerevit örnekleri alındı. Kerevitlerden alınan kas (abdomen), hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında lipid peroksidasyon ve redükte glutatyon düzeyi ile glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivileri incelendi.

3.3.1. Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyindeki Değişimler

Araştırma süresince, kontrol ve deneme gruplarındaki kerevitlerin kas dokusundaki MDA düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.5 ve Şekil 3.3’de, hepatopankreas dokusundaki MDA düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.6 ve Şekil 3.4’de, solungaç dokusundaki MDA düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.7 ve Şekil 3.5’de ve gonad dokusundaki MDA düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.8 ve Şekil 3.6’de verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının arasında MDA düzeyleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Fakat, kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki MDA düzeylerinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneysel gruplardaki kerevitlerin incelenen dokularındaki MDA düzeylerinin, çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bu aylarda selenyumun

nispeten yüksek dozları ile beslenen gruptaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki MDA düzeylerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde düştüğü görüldü ($P < 0,05$). Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran aylarında da MDA düzeylerinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki MDA düzeylerinin kontrol grubuna göre düştüğü saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı MDA değerlerinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokulardaki MDA düzeylerinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayına göre diğer aylarda dokulardaki MDA düzeylerinin önemli oranda arttığı fakat artan selenyum miktarı ile bu artışın azaldığı bulundu ($P < 0,05$).

Tablo 3.5. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, nmol/ g protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	1,06 $\pm$ 0,12 ^{E; a}	1,04 $\pm$ 0,11 ^{F; a}	1,18 $\pm$ 0,09 ^{E; a}	1,12 $\pm$ 0,11 ^{E; a}
Ekim	60	2,05 $\pm$ 0,29 ^{D; a}	1,45 $\pm$ 0,21 ^{E; b}	1,19 $\pm$ 0,10 ^{E; c}	1,16 $\pm$ 0,17 ^{E; c}
Kasım	60	12,3 $\pm$ 1,01 ^{A; a}	9,88 $\pm$ 0,92 ^{A; b}	7,89 $\pm$ 0,73 ^{A; c}	7,41 $\pm$ 0,68 ^{A; c}
Aralık	60	11,3 $\pm$ 1,12 ^{A; a}	8,96 $\pm$ 1,16 ^{A; b}	4,23 $\pm$ 0,64 ^{B; c}	4,32 $\pm$ 0,56 ^{B; c}
Ocak	60	2,07 $\pm$ 0,18 ^{D; a}	1,62 $\pm$ 0,14 ^{E; b}	1,18 $\pm$ 0,11 ^{E; c}	0,71 $\pm$ 0,08 ^{F; d}
Şubat	60	1,87 $\pm$ 0,09 ^{D; a}	0,57 $\pm$ 0,08 ^{G; b}	0,52 $\pm$ 0,07 ^{F; b,c}	0,45 $\pm$ 0,09 ^{G; c}
Mart	60	3,28 $\pm$ 0,32 ^{C; a}	2,93 $\pm$ 0,34 ^{C; a}	2,77 $\pm$ 0,23 ^{C; a}	1,48 $\pm$ 0,25 ^{D; b}
Nisan	60	3,36 $\pm$ 0,48 ^{C; a}	2,00 $\pm$ 0,27 ^{D; b}	1,47 $\pm$ 0,19 ^{D; c}	0,82 $\pm$ 0,12 ^{F; d}
Mayıs	60	7,26 $\pm$ 0,70 ^{B; a}	4,65 $\pm$ 0,39 ^{B; b}	3,72 $\pm$ 0,32 ^{B; c}	3,03 $\pm$ 0,52 ^{C; d}
Haziran	60	3,34 $\pm$ 0,65 ^{C; a}	2,71 $\pm$ 0,21 ^{C; b}	1,33 $\pm$ 0,22 ^{E,D; c}	1,58 $\pm$ 0,33 ^{D; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.6. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, nmol/ g protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	2,42 $\pm$ 0,32 ^{G; a}	2,61 $\pm$ 0,39 ^{F; a}	2,43 $\pm$ 0,33 ^{F; a}	2,57 $\pm$ 0,46 ^{D; a}
Ekim	60	4,21 $\pm$ 0,57 ^{F; a}	3,12 $\pm$ 0,80 ^{E; b}	2,89 $\pm$ 0,79 ^{E; b}	2,17 $\pm$ 0,63 ^{E; c}
Kasım	60	11,25 $\pm$ 1,41 ^{A; a}	8,97 $\pm$ 1,11 ^{A; b}	8,62 $\pm$ 1,09 ^{A; b}	7,83 $\pm$ 1,13 ^{A; b}
Aralık	60	10,21 $\pm$ 1,28 ^{A; a}	8,73 $\pm$ 1,26 ^{A; a,b}	7,97 $\pm$ 0,98 ^{A; b}	5,65 $\pm$ 0,95 ^{B; c}
Ocak	60	5,21 $\pm$ 0,88 ^{D,E; a}	4,64 $\pm$ 0,86 ^{C; a}	2,90 $\pm$ 0,72 ^{E; b}	2,01 $\pm$ 0,59 ^{E; c}
Şubat	60	4,15 $\pm$ 0,97 ^{F; a}	3,26 $\pm$ 0,81 ^{D; b}	2,01 $\pm$ 0,80 ^{G; c}	1,06 $\pm$ 0,21 ^{F; d}
Mart	60	6,84 $\pm$ 0,79 ^{B,C; a}	5,70 $\pm$ 0,74 ^{B; a}	5,81 $\pm$ 0,67 ^{B; a}	4,10 $\pm$ 0,73 ^{C; b}
Nisan	60	6,05 $\pm$ 0,79 ^{C,D; a}	5,21 $\pm$ 0,74 ^{B,C; a,b}	4,64 $\pm$ 0,67 ^{C; b}	1,90 $\pm$ 0,73 ^{E; c}
Mayıs	60	7,81 $\pm$ 1,10 ^{B; a}	6,12 $\pm$ 0,83 ^{B; b}	5,69 $\pm$ 0,63 ^{B; b}	3,85 $\pm$ 0,48 ^{C; c}
Haziran	60	5,73 $\pm$ 0,78 ^{C,D; a}	4,61 $\pm$ 0,85 ^{C; b}	3,86 $\pm$ 0,60 ^{D; c}	2,85 $\pm$ 0,66 ^{D; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.7. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, nmol/ g protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	1,59 $\pm$ 0,30 ^{F; a}	1,52 $\pm$ 0,19 ^{F; a}	1,60 $\pm$ 0,29 ^{E,F; a}	1,64 $\pm$ 0,34 ^{D,E; a}
Ekim	60	3,02 $\pm$ 0,44 ^{E; a}	2,07 $\pm$ 0,60 ^{D,E; b}	1,89 $\pm$ 0,14 ^{E,F; b,c}	1,72 $\pm$ 0,26 ^{D,E; c}
Kasım	60	11,94 $\pm$ 1,22 ^{A; a}	7,67 $\pm$ 1,02 ^{A; b}	6,84 $\pm$ 1,09 ^{A; b,c}	6,69 $\pm$ 0,98 ^{A; b}
Aralık	60	8,37 $\pm$ 1,16 ^{B; a}	6,92 $\pm$ 0,97 ^{A; b}	5,87 $\pm$ 1,10 ^{B; b}	4,36 $\pm$ 0,86 ^{B; c}
Ocak	60	3,56 $\pm$ 0,69 ^{E; a}	2,30 $\pm$ 0,33 ^{E; b}	1,46 $\pm$ 0,35 ^{F; c}	1,36 $\pm$ 0,46 ^{E; c}
Şubat	60	1,38 $\pm$ 0,54 ^{F; a}	1,15 $\pm$ 0,40 ^{G; b}	0,88 $\pm$ 0,19 ^{G; c}	0,59 $\pm$ 0,09 ^{F; d}
Mart	60	4,84 $\pm$ 0,82 ^{C,D; a}	3,51 $\pm$ 0,85 ^{C; b}	3,15 $\pm$ 0,68 ^{D; b}	1,52 $\pm$ 0,71 ^{E; c}
Nisan	60	3,04 $\pm$ 0,79 ^{E; a}	2,82 $\pm$ 0,39 ^{D; a}	1,93 $\pm$ 0,57 ^{E; b}	1,36 $\pm$ 0,29 ^{D,E; c}
Mayıs	60	5,19 $\pm$ 0,96 ^{D; a}	4,49 $\pm$ 0,81 ^{B; a,b}	3,84 $\pm$ 0,51 ^{C; b}	3,15 $\pm$ 0,82 ^{C; c}
Haziran	60	4,47 $\pm$ 0,89 ^{C,D; a}	3,76 $\pm$ 0,76 ^{C; b}	2,78 $\pm$ 0,78 ^{D; c}	1,99 $\pm$ 0,87 ^{D; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

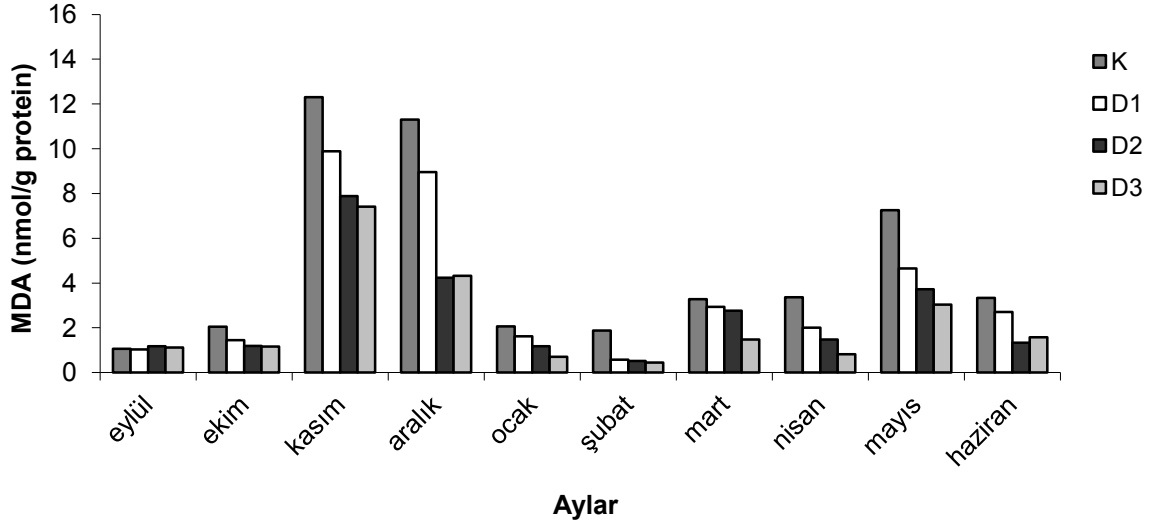
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.8. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, nmol/ g protein)

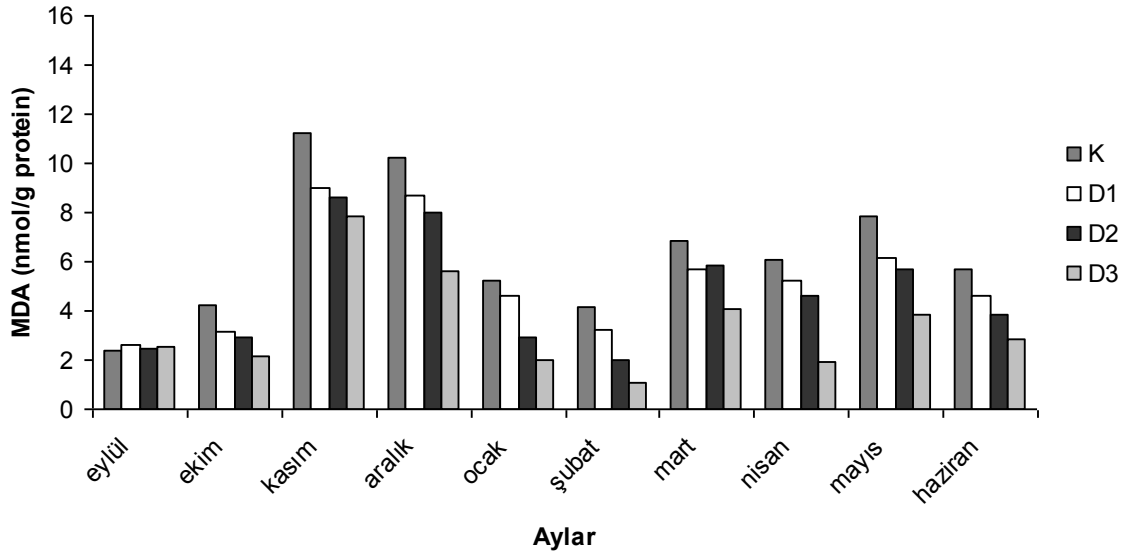
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	1,10 $\pm$ 0,09 ^{E; a}	1,11 $\pm$ 0,12 ^{F; a}	1,10 $\pm$ 0,10 ^{F; a}	1,11 $\pm$ 0,11 ^{E; a}
Ekim	60	1,99 $\pm$ 0,25 ^{D; a}	1,42 $\pm$ 0,19 ^{E; b}	1,21 $\pm$ 0,15 ^{E; F; b, c}	1,15 $\pm$ 0,13 ^{E; c}
Kasım	60	12,33 $\pm$ 1,10 ^{A; a}	9,97 $\pm$ 0,99 ^{A; b}	8,01 $\pm$ 0,81 ^{A; b, c}	7,36 $\pm$ 0,59 ^{A; c}
Aralık	60	10,98 $\pm$ 1,02 ^{A; a}	9,01 $\pm$ 1,09 ^{A; b}	4,27 $\pm$ 0,75 ^{B; c}	4,30 $\pm$ 0,39 ^{B; c}
Ocak	60	1,96 $\pm$ 0,17 ^{D a}	1,59 $\pm$ 0,13 ^{E; b}	1,09 $\pm$ 0,10 ^{F; c}	0,67 $\pm$ 0,09 ^{G; d}
Şubat	60	1,79 $\pm$ 0,11 ^{D; a}	0,46 $\pm$ 0,07 ^{G; b}	0,44 $\pm$ 0,08 ^{G; b}	0,39 $\pm$ 0,06 ^{H; b}
Mart	60	3,47 $\pm$ 0,28 ^{C; a}	3,03 $\pm$ 0,29 ^{C; a, b}	2,81 $\pm$ 0,23 ^{D; b}	1,53 $\pm$ 0,19 ^{D; c}
Nisan	60	3,35 $\pm$ 0,36 ^{C; a}	2,11 $\pm$ 0,25 ^{D; b}	1,53 $\pm$ 0,15 ^{E; c}	0,94 $\pm$ 0,10 ^{F; d}
Mayıs	60	7,15 $\pm$ 0,69 ^{B; a}	4,73 $\pm$ 0,41 ^{B; b}	3,61 $\pm$ 0,44 ^{C; c}	2,89 $\pm$ 0,50 ^{C; d}
Haziran	60	3,22 $\pm$ 0,43 ^{C; a}	2,54 $\pm$ 0,20 ^{D; b}	1,28 $\pm$ 0,18 ^{E, F; c}	1,27 $\pm$ 0,29 ^{D, E; c}

^{a, b, c, d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

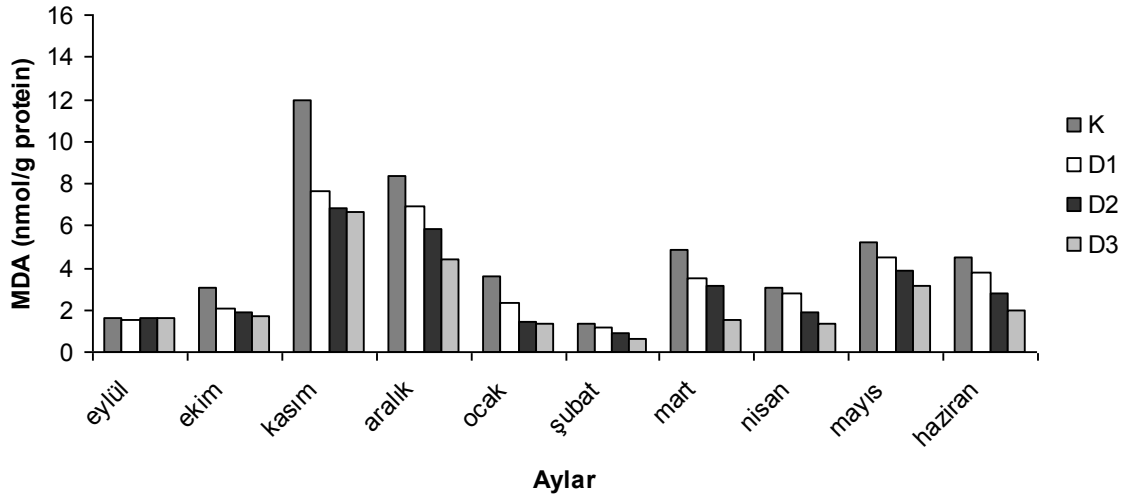
^{A, B, C, D, E, F, G, H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).



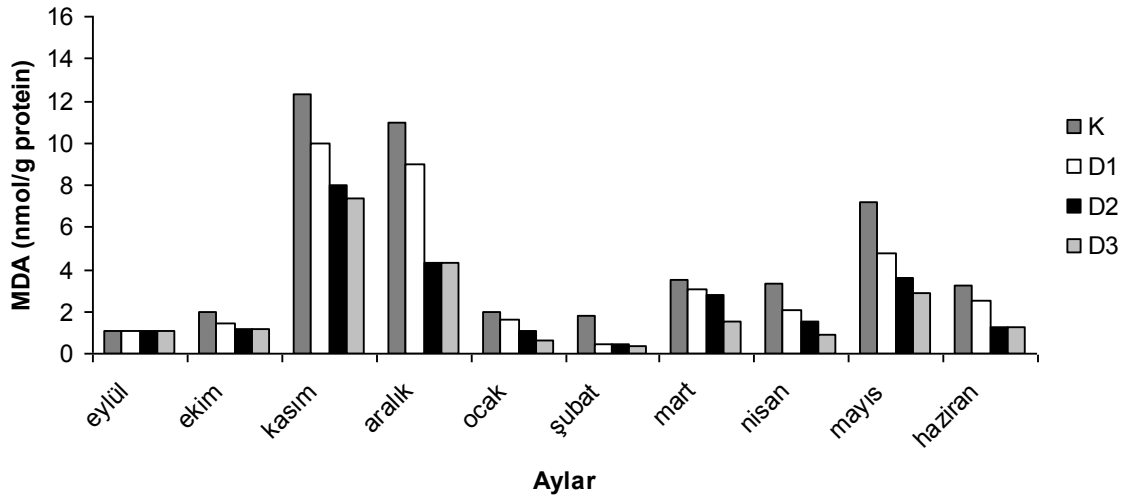
Şekil 3.3. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.4. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.5. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.6. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki MDA düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.2. Redükte Glutasyon (GSH) Düzeyindeki Değişimler

Araştırma süresince, deneysel gruplardaki kerevitlerin kas dokusundaki GSH düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.9 ve Şekil 3.7’de, hepatopankreas dokusundaki GSH düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.10 ve Şekil 3.8’de, solungaç dokusundaki GSH düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.11 ve Şekil 3.9’da ve gonad dokusundaki GSH düzeylerinde belirlenen değişimler Tablo 3.12 ve Şekil 3.10’da verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının GSH düzeyleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki GSH düzeylerinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneysel gruplardaki kerevitlerin incelenen dokularındaki GSH düzeylerinin, çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bu aylarda selenyumun yüksek dozları ile beslenen gruplardaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki GSH düzeylerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görüldü. Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de GSH düzeylerinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki GSH düzeylerinin kontrol grubuna göre arttığı saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı GSH değerlerinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki GSH düzeylerinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle selenyumun artan dozuna bağlı olarak dokulardaki GSH düzeylerinin kontrol grubuna göre önemli oranda arttığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.9. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/g}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	18,81 $\pm$ 2,88 ^{E; a}	17,96 $\pm$ 2,43 ^{G; a}	16,87 $\pm$ 1,37 ^{F; a}	18,62 $\pm$ 2,81 ^{H; a}
Ekim	60	16,94 $\pm$ 1,56 ^{E; a}	18,82 $\pm$ 2,35 ^{G; a}	24,86 $\pm$ 3,84 ^{E; b}	35,16 $\pm$ 3,35 ^{F; c}
Kasım	60	85,06 $\pm$ 7,45 ^{B; a}	115,07 $\pm$ 10,53 ^{B; b}	143,63 $\pm$ 13,25 ^{B; c}	157,55 $\pm$ 12,48 ^{B,C; c}
Aralık	60	54,21 $\pm$ 7,19 ^{C; a}	57,84 $\pm$ 6,15 ^{E; a}	78,66 $\pm$ 7,53 ^{D; b}	85,03 $\pm$ 6,47 ^{E; b}
Ocak	60	9,40 $\pm$ 1,55 ^{F; a}	16,17 $\pm$ 2,42 ^{G; b}	16,12 $\pm$ 2,94 ^{F,G; b}	24,72 $\pm$ 2,19 ^{G; c}
Şubat	60	7,98 $\pm$ 1,04 ^{F; a}	9,88 $\pm$ 0,96 ^{H; a}	13,00 $\pm$ 2,41 ^{G; b}	16,34 $\pm$ 2,57 ^{H; c}
Mart	60	38,54 $\pm$ 5,49 ^{D; a}	70,11 $\pm$ 4,18 ^{D; b}	93,85 $\pm$ 9,22 ^{C,D; c}	104,31 $\pm$ 11,55 ^{D; c}
Nisan	60	17,44 $\pm$ 3,30 ^{E; a}	33,80 $\pm$ 4,89 ^{F; b}	103,15 $\pm$ 11,74 ^{C; c}	134,62 $\pm$ 14,85 ^{C; d}
Mayıs	60	154,72 $\pm$ 19,23 ^{A; a}	172,7 $\pm$ 18,88 ^{A; a,b}	175,73 $\pm$ 16,53 ^{A; a,b}	184,16 $\pm$ 15,39 ^{A; b}
Haziran	60	89,32 $\pm$ 14,56 ^{B; a}	92,81 $\pm$ 13,09 ^{C; a}	132,1 $\pm$ 17,11 ^{B; b}	162,39 $\pm$ 17,23 ^{A,B; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.10. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/g}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	17,97 $\pm$ 3,18 ^{D; a}	19,44 $\pm$ 3,58 ^{G; a}	19,25 $\pm$ 2,55 ^{F; a}	18,36 $\pm$ 3,01 ^{E; a}
Ekim	60	23,68 $\pm$ 4,12 ^{C; a}	31,35 $\pm$ 5,13 ^{F; b}	45,81 $\pm$ 4,71 ^{D; c}	54,39 $\pm$ 6,92 ^{C; d}
Kasım	60	26,52 $\pm$ 3,02 ^{C; a}	34,39 $\pm$ 4,66 ^{E; b}	59,73 $\pm$ 6,15 ^{A; B; c}	78,71 $\pm$ 7,22 ^{B; d}
Aralık	60	47,76 $\pm$ 5,85 ^{A; a}	52,16 $\pm$ 5,11 ^{B; a}	66,22 $\pm$ 7,53 ^{A; b; c}	72,98 $\pm$ 6,81 ^{B; c}
Ocak	60	14,12 $\pm$ 2,81 ^{E; a}	19,82 $\pm$ 3,55 ^{G; b}	25,46 $\pm$ 3,12 ^{E; c}	29,31 $\pm$ 2,85 ^{D; c}
Şubat	60	13,12 $\pm$ 1,67 ^{E; a}	14,21 $\pm$ 2,42 ^{H; a; b}	16,31 $\pm$ 2,73 ^{F; b; c}	17,54 $\pm$ 3,71 ^{E; c}
Mart	60	40,28 $\pm$ 6,65 ^{B; a}	43,36 $\pm$ 5,27 ^{C; D; a; b}	49,27 $\pm$ 7,19 ^{C; D; c}	51,15 $\pm$ 6,10 ^{C; c}
Nisan	60	27,95 $\pm$ 3,26 ^{C; a}	38,95 $\pm$ 5,02 ^{D; E; b}	49,41 $\pm$ 5,11 ^{C; D; c}	53,21 $\pm$ 7,43 ^{C; c}
Mayıs	60	37,61 $\pm$ 4,99 ^{B; a}	65,14 $\pm$ 8,73 ^{A; b}	70,82 $\pm$ 9,57 ^{A; c}	106,57 $\pm$ 11,80 ^{A; d}
Haziran	60	41,05 $\pm$ 4,61 ^{A; B; a}	46,39 $\pm$ 6,17 ^{B; C; a; b}	53,79 $\pm$ 6,82 ^{B; C; b}	73,17 $\pm$ 7,28 ^{B; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.11. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/g}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	5,44 $\pm$ 0,88 ^{E; a}	6,16 $\pm$ 0,92 ^{E; a}	5,81 $\pm$ 1,02 ^{F; a}	5,64 $\pm$ 0,68 ^{F; a}
Ekim	60	8,24 $\pm$ 0,79 ^{D; a}	10,18 $\pm$ 1,55 ^{D; b}	11,60 $\pm$ 2,11 ^{D; b}	15,51 $\pm$ 1,67 ^{D; c}
Kasım	60	21,12 $\pm$ 3,55 ^{A; a}	29,08 $\pm$ 2,49 ^{A; b}	38,05 $\pm$ 6,44 ^{A; c}	54,24 $\pm$ 8,21 ^{A; d}
Aralık	60	19,70 $\pm$ 2,39 ^{B; a}	24,21 $\pm$ 2,03 ^{B; b}	29,87 $\pm$ 4,12 ^{B; c}	48,90 $\pm$ 6,57 ^{A,B; d}
Ocak	60	9,04 $\pm$ 1,39 ^{D; a}	11,19 $\pm$ 2,03 ^{D; b}	22,13 $\pm$ 4,12 ^{C; c}	30,56 $\pm$ 6,57 ^{C; d}
Şubat	60	5,74 $\pm$ 0,94 ^{E; a}	6,59 $\pm$ 0,72 ^{E; a,b}	7,25 $\pm$ 1,27 ^{D,E; ,b}	9,43 $\pm$ 1,11 ^{E; c}
Mart	60	20,08 $\pm$ 1,63 ^{B; a}	25,07 $\pm$ 2,53 ^{A,B; b}	39,23 $\pm$ 4,28 ^{A; c}	44,88 $\pm$ 3,17 ^{B; d}
Nisan	60	5,77 $\pm$ 0,90 ^{E; a}	7,29 $\pm$ 0,89 ^{E; b}	22,81 $\pm$ 2,73 ^{C; c}	33,68 $\pm$ 4,55 ^{C; d}
Mayıs	60	11,53 $\pm$ 1,14 ^{C; a}	22,80 $\pm$ 1,97 ^{B; b}	31,7 $\pm$ 4,36 ^{B,C; c}	46,25 $\pm$ 5,18 ^{A,B; d}
Haziran	60	6,03 $\pm$ 0,74 ^{E; a}	18,13 $\pm$ 2,01 ^{C; b}	27,94 $\pm$ 3,13 ^{B; c}	32,38 $\pm$ 2,86 ^{C; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

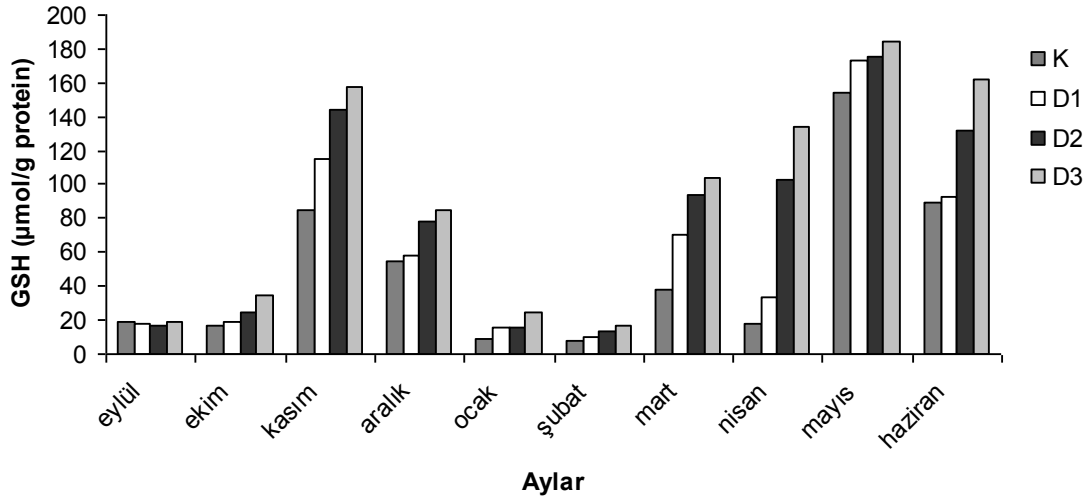
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.12. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/g}$ protein)

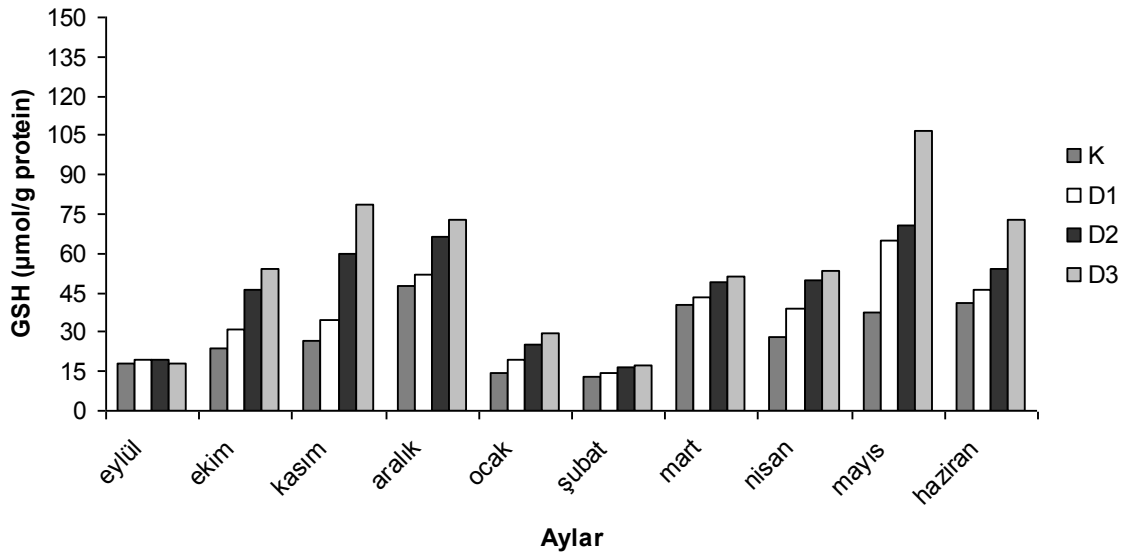
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	17,56 $\pm$ 1,89 ^{E; a}	17,44 $\pm$ 2,01 ^{E; a}	18,01 $\pm$ 2,13 ^{F; a}	17,87 $\pm$ 1,79 ^{G; a}
Ekim	60	15,84 $\pm$ 1,42 ^{E; a}	19,92 $\pm$ 1,48 ^{E; b}	25,68 $\pm$ 2,65 ^{E; c}	39,86 $\pm$ 4,58 ^{E; d}
Kasım	60	80,41 $\pm$ 6,77 ^{B; a}	109,63 $\pm$ 11,69 ^{B; b}	137,85 $\pm$ 14,51 ^{B; c}	172,23 $\pm$ 15,2 ^{A; d}
Aralık	60	58,22 $\pm$ 6,31 ^{C; a}	63,99 $\pm$ 5,72 ^{C; a}	77,09 $\pm$ 8,03 ^{D; b}	86,05 $\pm$ 8,41 ^{D; b}
Ocak	60	10,02 $\pm$ 1,69 ^{F; a}	16,96 $\pm$ 1,78 ^{E; b}	17,13 $\pm$ 2,21 ^{F; b}	23,72 $\pm$ 2,67 ^{F; c}
Şubat	60	8,18 $\pm$ 1,10 ^{G; a}	10,12 $\pm$ 1,32 ^{F; b}	13,57 $\pm$ 1,84 ^{G; c}	17,81 $\pm$ 2,89 ^{G; d}
Mart	60	36,24 $\pm$ 5,77 ^{D; a}	68,49 $\pm$ 5,63 ^{C; b}	89,19 $\pm$ 8,79 ^{C, D; c}	107,47 $\pm$ 10,36 ^{C; d}
Nisan	60	18,07 $\pm$ 2,49 ^{E; a}	34,72 $\pm$ 4,63 ^{D; b}	99,51 $\pm$ 10,11 ^{C; c}	129,43 $\pm$ 15,22 ^{B; d}
Mayıs	60	139,25 $\pm$ 16,57 ^{A; a}	169,53 $\pm$ 17,28 ^{A; b}	177,84 $\pm$ 16,21 ^{A; b, c}	186,33 $\pm$ 18,96 ^{A; c}
Haziran	60	92,63 $\pm$ 12,35 ^{B; a}	97,58 $\pm$ 11,08 ^{B; b}	128,63 $\pm$ 13,82 ^{B; c}	141,71 $\pm$ 14,63 ^{B; c}

^{a, b, c, d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

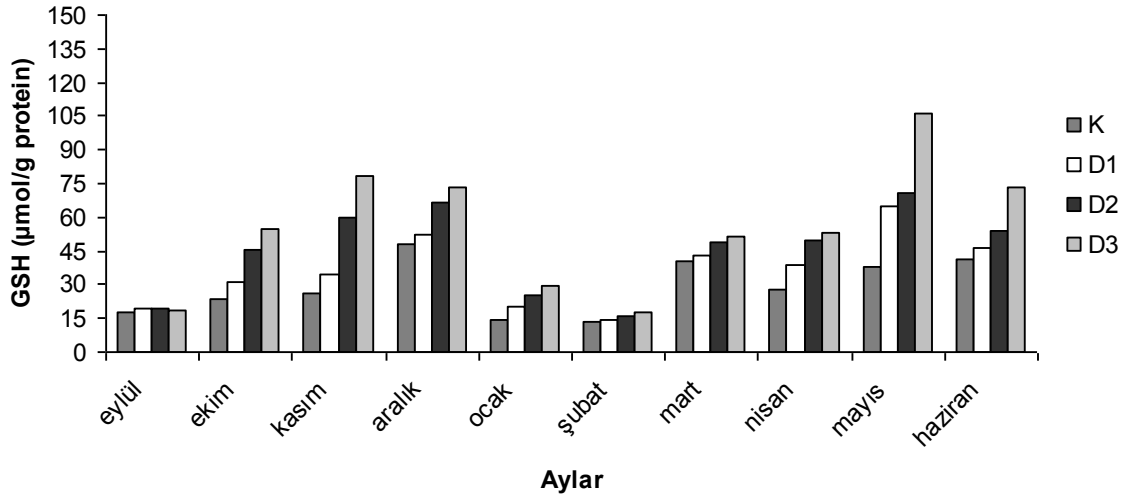
^{A, B, C, D, E, F, G, H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).



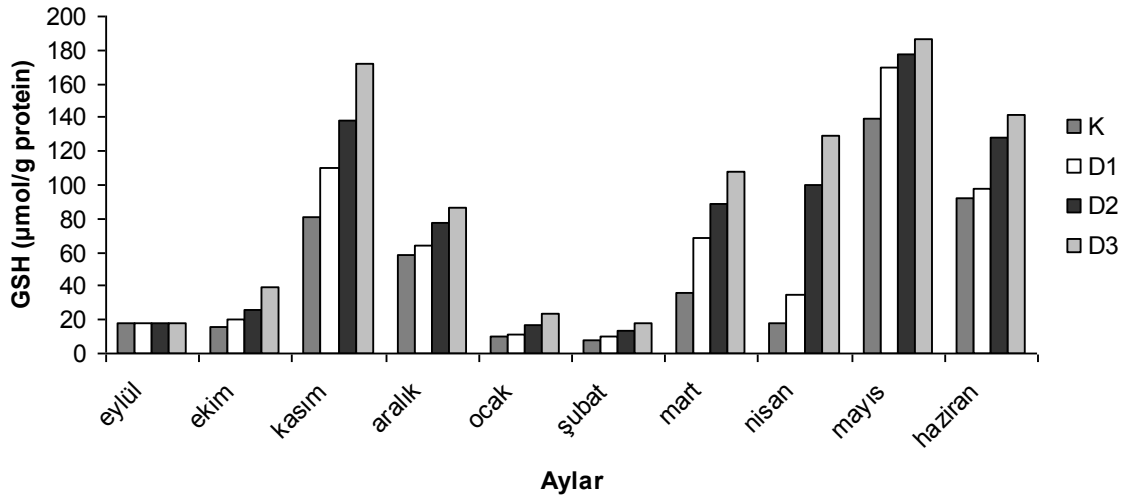
Şekil 3.7. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.8. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.9. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.10. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusundaki GSH düzeyinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.3. Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesindeki Değişimler

Araştırma süresince, deneysel gruplardaki kerevitlerin kas dokusundaki GSH-Px aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.13 ve Şekil 3.11’de, hepatopankreas dokusundaki GSH-Px aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.14 ve Şekil 3.12’de, solungaç dokusundaki GSH-Px aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.15 ve Şekil 3.13’de ve gonad dokusundaki GSH-Px aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.16 ve Şekil 3.14’de verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının GSH-Px aktiviteleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Öte yandan, kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki GSH-Px aktivitesinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler bulundu ($P < 0,05$).

Deneysel gruplardaki kerevitlerin incelenen dokularındaki GSH-Px aktivitesinin çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bu aylarda selenyumun yüksek dozları ile beslenen gruplardaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki GSH-Px aktivitesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görüldü. Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de GSH-Px aktivitesinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki GSH-Px aktivitesinin kontrol grubuna göre arttığı saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı GSH-Px aktivitesinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki GSH-Px aktivitesinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle selenyumun artan dozuna bağlı olarak dokulardaki GSH-Px aktivitesinin kontrol grubuna göre önemli oranda arttığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.13. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GSH-Px aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/ mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,24 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,23 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,23 $\pm$ 0,03 ^{G; a}	0,24 $\pm$ 0,02 ^{G; a}
Ekim	60	0,34 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{E; a,b}	0,44 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,53 $\pm$ 0,04 ^{E; c}
Kasım	60	1,21 $\pm$ 0,17 ^{A; a}	1,73 $\pm$ 0,15 ^{A; b}	1,72 $\pm$ 0,12 ^{A; b}	2,22 $\pm$ 0,23 ^{A; c}
Aralık	60	0,92 $\pm$ 0,11 ^{B; a}	1,13 $\pm$ 0,14 ^{B; b}	1,34 $\pm$ 0,21 ^{B; c}	1,89 $\pm$ 0,25 ^{B; d}
Ocak	60	0,23 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,26 $\pm$ 0,04 ^{F; a,b}	0,31 $\pm$ 0,02 ^{F; b,c}	0,35 $\pm$ 0,03 ^{F; c}
Şubat	60	0,17 $\pm$ 0,01 ^{G; a}	0,19 $\pm$ 0,02 ^{G; a,b}	0,21 $\pm$ 0,02 ^{G; b}	0,26 $\pm$ 0,03 ^{G; c}
Mart	60	0,77 $\pm$ 0,10 ^{C; a}	0,93 $\pm$ 0,20 ^{C; b}	1,07 $\pm$ 0,17 ^{C; b}	1,26 $\pm$ 0,14 ^{C; c}
Nisan	60	0,63 $\pm$ 0,04 ^{D; a}	0,76 $\pm$ 0,09 ^{D; a,b}	0,89 $\pm$ 0,10 ^{D; b,c}	0,98 $\pm$ 0,08 ^{D; c}
Mayıs	60	0,96 $\pm$ 0,12 ^{B; a}	1,26 $\pm$ 0,17 ^{B; b}	1,58 $\pm$ 0,21 ^{A; c}	1,72 $\pm$ 0,20 ^{B; c}
Haziran	60	0,65 $\pm$ 0,06 ^{D; a}	0,87 $\pm$ 0,07 ^{C,D; b}	0,91 $\pm$ 0,05 ^{C,D; b}	1,08 $\pm$ 0,11 ^{C,D; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.14. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GSH-Px aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,14 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,14 $\pm$ 0,03 ^{G; a}	0,15 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,15 $\pm$ 0,03 ^{H; a}
Ekim	60	0,19 $\pm$ 0,05 ^{D; a}	0,23 $\pm$ 0,06 ^{E,F; b}	0,25 $\pm$ 0,04 ^{D,E; b,c}	0,29 $\pm$ 0,05 ^{G; c}
Kasım	60	0,61 $\pm$ 0,04 ^{A; a}	0,83 $\pm$ 0,09 ^{A; b}	0,91 $\pm$ 0,12 ^{A; b}	1,27 $\pm$ 0,09 ^{A; c}
Aralık	60	0,54 $\pm$ 0,11 ^{A; a}	0,66 $\pm$ 0,06 ^{B; b}	0,75 $\pm$ 0,06 ^{B; b}	1,08 $\pm$ 0,10 ^{B; c}
Ocak	60	0,21 $\pm$ 0,03 ^{D; a}	0,26 $\pm$ 0,05 ^{E; b}	0,29 $\pm$ 0,04 ^{D; b}	0,35 $\pm$ 0,04 ^{F; c}
Şubat	60	0,18 $\pm$ 0,02 ^{D; a}	0,19 $\pm$ 0,04 ^{F; a}	0,22 $\pm$ 0,03 ^{E; a,b}	0,26 $\pm$ 0,09 ^{G; b}
Mart	60	0,32 $\pm$ 0,03 ^{B,C; a}	0,40 $\pm$ 0,10 ^{D; b}	0,53 $\pm$ 0,08 ^{C; c}	0,78 $\pm$ 0,09 ^{C; d}
Nisan	60	0,27 $\pm$ 0,02 ^{C; a}	0,36 $\pm$ 0,05 ^{D; b}	0,49 $\pm$ 0,06 ^{C; c}	0,62 $\pm$ 0,10 ^{D; d}
Mayıs	60	0,37 $\pm$ 0,04 ^{B; a}	0,47 $\pm$ 0,07 ^{C; b}	0,65 $\pm$ 0,09 ^{B; c}	0,82 $\pm$ 0,10 ^{C; d}
Haziran	60	0,31 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,38 $\pm$ 0,05 ^{D; b}	0,45 $\pm$ 0,02 ^{C; b,c}	0,51 $\pm$ 0,07 ^{E; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.15. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GSH-Px aktivitesindeki zamana bağlı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,19 $\pm$ 0,02 ^{H; a}	0,20 $\pm$ 0,02 ^{G; a}	0,20 $\pm$ 0,02 ^{G; a}	0,19 $\pm$ 0,03 ^{F; a}
Ekim	60	0,22 $\pm$ 0,02 ^{G,H; a}	0,23 $\pm$ 0,02 ^{F,G; a}	0,29 $\pm$ 0,02 ^{F; b}	0,31 $\pm$ 0,03 ^{E; b}
Kasım	60	0,81 $\pm$ 0,08 ^{A; a}	1,01 $\pm$ 0,18 ^{A; b}	1,24 $\pm$ 0,17 ^{A; c}	0,43 $\pm$ 0,11 ^{D; d}
Aralık	60	0,67 $\pm$ 0,05 ^{B; a}	0,91 $\pm$ 0,15 ^{A,B; b}	1,08 $\pm$ 0,11 ^{A,B; c}	1,32 $\pm$ 0,13 ^{A; d}
Ocak	60	0,27 $\pm$ 0,03 ^{E,F; a}	0,31 $\pm$ 0,03 ^{E; a,b}	0,36 $\pm$ 0,05 ^{E; b}	0,49 $\pm$ 0,03 ^{D; c}
Şubat	60	0,24 $\pm$ 0,03 ^{F,G; a}	0,27 $\pm$ 0,02 ^{E,F; a,b}	0,30 $\pm$ 0,02 ^{F; c}	0,35 $\pm$ 0,04 ^{E; c}
Mart	60	0,38 $\pm$ 0,04 ^{C; a}	0,66 $\pm$ 0,06 ^{C; b}	0,71 $\pm$ 0,09 ^{C; b}	0,91 $\pm$ 0,11 ^{B; c}
Nisan	60	0,31 $\pm$ 0,05 ^{D,E; a}	0,38 $\pm$ 0,04 ^{D; b}	0,47 $\pm$ 0,06 ^{D; c}	0,66 $\pm$ 0,03 ^{C; d}
Mayıs	60	0,73 $\pm$ 0,04 ^{A,B; a}	0,88 $\pm$ 0,12 ^{B; b}	1,01 $\pm$ 0,08 ^{B; c}	1,27 $\pm$ 0,13 ^{A; d}
Haziran	60	0,35 $\pm$ 0,04 ^{C,D; a}	0,39 $\pm$ 0,04 ^{D; a}	0,51 $\pm$ 0,06 ^{D; b}	0,68 $\pm$ 0,10 ^{C; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

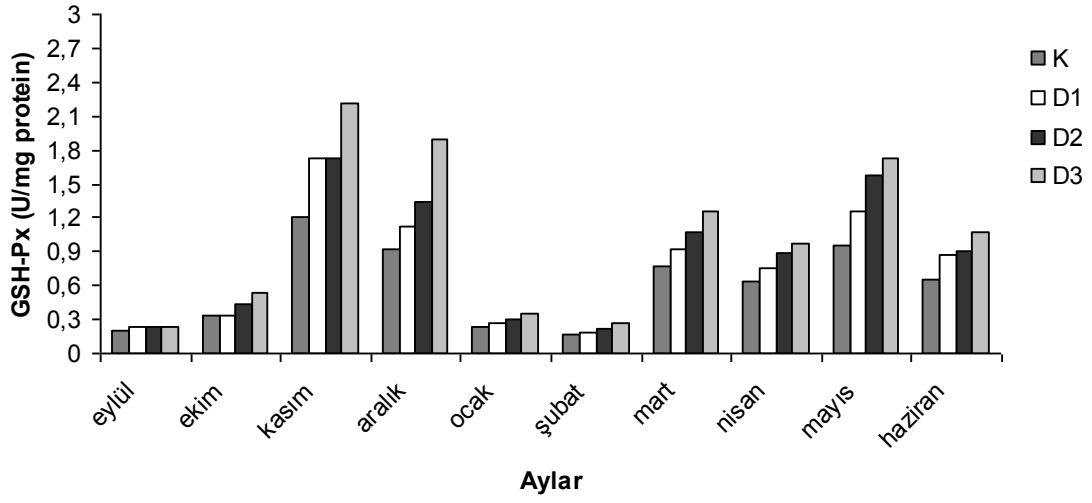
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.16. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GSH-Px aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

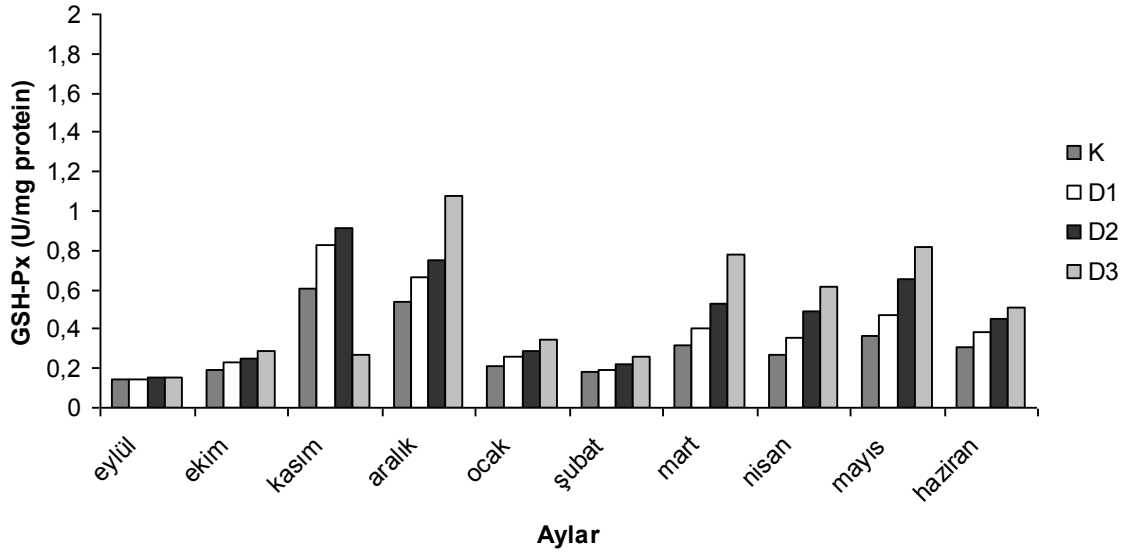
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,21 $\pm$ 0,02 ^{E,F; a}	0,20 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,20 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,21 $\pm$ 0,02 ^{E; a}
Ekim	60	0,23 $\pm$ 0,02 ^{E,F; a}	0,25 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,30 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,36 $\pm$ 0,03 ^{D; c}
Kasım	60	1,16 $\pm$ 0,12 ^{A; a}	1,24 $\pm$ 0,17 ^{A; a}	1,54 $\pm$ 0,18 ^{A; b}	1,73 $\pm$ 0,15 ^{A; c}
Aralık	60	0,93 $\pm$ 0,11 ^{B; a}	1,11 $\pm$ 0,13 ^{A; b}	1,38 $\pm$ 0,09 ^{A; c}	1,61 $\pm$ 0,19 ^{A; d}
Ocak	60	0,24 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,27 $\pm$ 0,03 ^{D,E; a}	0,33 $\pm$ 0,02 ^{D; b}	0,41 $\pm$ 0,05 ^{D; c}
Şubat	60	0,20 $\pm$ 0,03 ^{F; a}	0,23 $\pm$ 0,03 ^{E,F; a}	0,29 $\pm$ 0,02 ^{D; b}	0,36 $\pm$ 0,05 ^{D; c}
Mart	60	0,65 $\pm$ 0,07 ^{C; a}	0,78 $\pm$ 0,06 ^{B; b}	0,94 $\pm$ 0,13 ^{B; c}	1,09 $\pm$ 0,15 ^{B; d}
Nisan	60	0,44 $\pm$ 0,05 ^{D; a}	0,53 $\pm$ 0,08 ^{C; b}	0,65 $\pm$ 0,06 ^{C; c}	0,80 $\pm$ 0,06 ^{C; d}
Mayıs	60	0,87 $\pm$ 0,07 ^{B; a}	1,10 $\pm$ 0,09 ^{A; b}	1,31 $\pm$ 0,16 ^{A; c}	1,48 $\pm$ 0,13 ^{A; c}
Haziran	60	0,39 $\pm$ 0,03 ^{D; a}	0,59 $\pm$ 0,06 ^{C; b}	0,72 $\pm$ 0,11 ^{C; c}	0,84 $\pm$ 0,08 ^{C; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

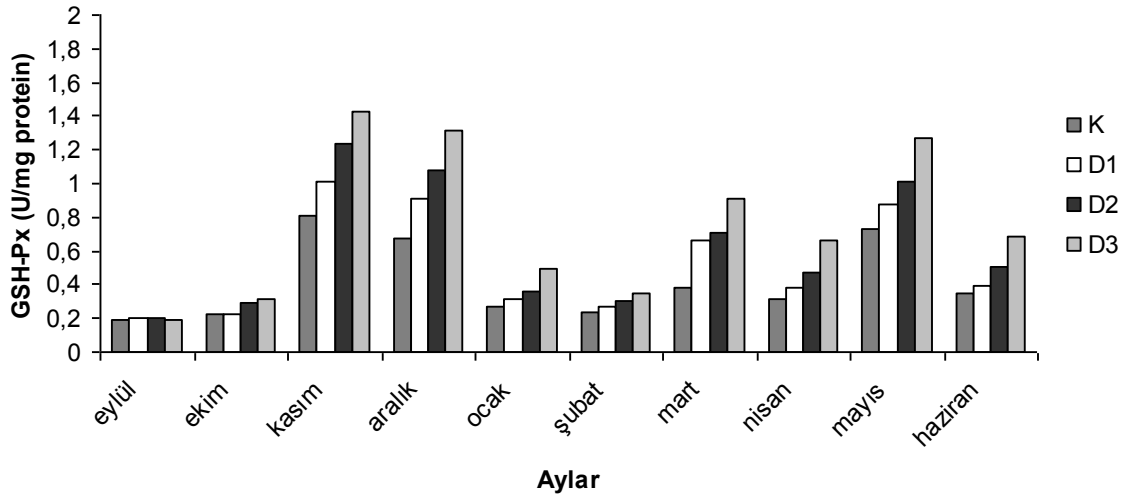
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).



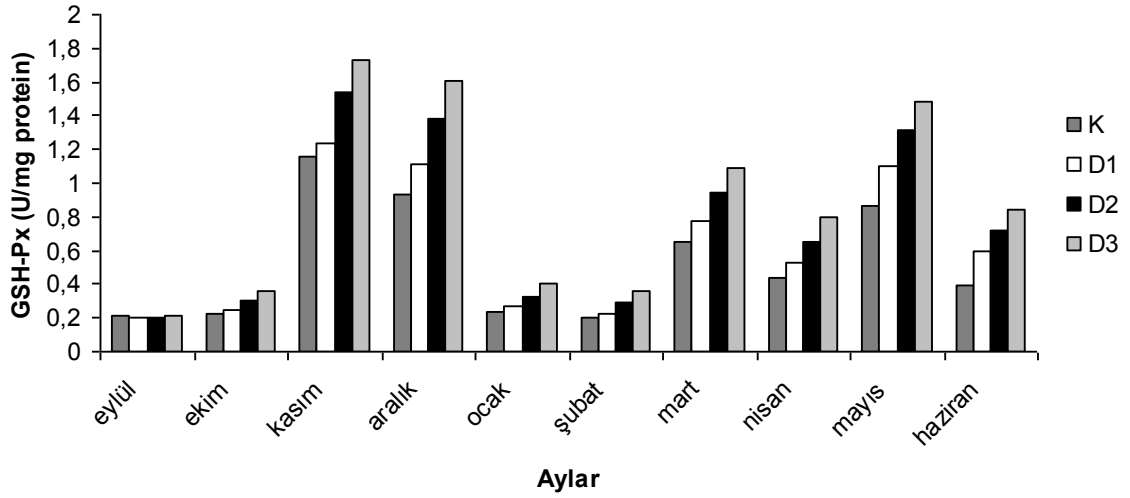
Şekil 3.11. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.12. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.13. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.14. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GSH-Px aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.4. Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesindeki Değişimler

Araştırma süresince, kontrol ve deneme grubundaki kerevitlerin kas dokusundaki GR aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.17 ve Şekil 3.15’de, hepatopankreas dokusundaki GR aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.18 ve Şekil 3.16’da, solungaç dokusundaki GR aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.19 ve Şekil 3.17’de ve gonad dokusundaki GR aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.20 ve Şekil 3.18’de verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının GR aktivitesi arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki GR aktivitesinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneyisel gruplardaki kerevitlerin incelenen dokularındaki GR aktivitesinin çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bununla birlikte, bu aylarda selenyumun yüksek dozları ile beslenen gruplardaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki GR aktivitesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görüldü. Benzer şekilde, birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de GR aktivitesinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki GR aktivitesinin kontrol grubuna göre arttığı saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı GR aktivitesinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki GR aktivitesinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle selenyumun artan dozuna bağlı olarak dokulardaki GR aktivitesinin kontrol grubuna göre önemli oranda arttığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.17. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GR aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/ mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,11 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,12 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,11 $\pm$ 0,03 ^{F; a}
Ekim	60	0,16 $\pm$ 0,02 ^{D; a}	0,18 $\pm$ 0,03 ^{E; a,b}	0,20 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,27 $\pm$ 0,03 ^{D; c}
Kasım	60	0,59 $\pm$ 0,4 ^{A; a}	0,82 $\pm$ 0,07 ^{A; b}	0,86 $\pm$ 0,06 ^{A; b}	0,93 $\pm$ 0,12 ^{A; b}
Aralık	60	0,43 $\pm$ 0,05 ^{B; a}	0,46 $\pm$ 0,07 ^{B; b}	0,55 $\pm$ 0,09 ^{C; c}	0,71 $\pm$ 0,13 ^{B; c}
Ocak	60	0,11 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,12 $\pm$ 0,03 ^{F; a,b}	0,14 $\pm$ 0,02 ^{F; b,c}	0,16 $\pm$ 0,03 ^{E; c}
Şubat	60	0,08 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,09 $\pm$ 0,01 ^{G; a}	0,09 $\pm$ 0,02 ^{G; a}	0,12 $\pm$ 0,02 ^{F; b}
Mart	60	0,29 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,38 $\pm$ 0,07 ^{C,D; b}	0,47 $\pm$ 0,05 ^{C,D; c}	0,56 $\pm$ 0,07 ^{C; c}
Nisan	60	0,27 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,43 $\pm$ 0,04 ^{B,C; b}	0,44 $\pm$ 0,04 ^{D; b,c}	0,52 $\pm$ 0,05 ^{C; c}
Mayıs	60	0,44 $\pm$ 0,04 ^{B; a}	0,46 $\pm$ 0,03 ^{B; b}	0,71 $\pm$ 0,06 ^{B; c}	0,84 $\pm$ 0,03 ^{A,B; c}
Haziran	60	0,31 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,33 $\pm$ 0,04 ^{D; b}	0,43 $\pm$ 0,05 ^{C,D; c}	0,49 $\pm$ 0,04 ^{C; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.18. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GR aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,06 $\pm$ 0,01 ^{F; a}	0,05 $\pm$ 0,01 ^{F; a}	0,06 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,06 $\pm$ 0,02 ^{G; a}
Ekim	60	0,07 $\pm$ 0,02 ^{E,F; a}	0,08 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{D; b}	0,14 $\pm$ 0,02 ^{F; c}
Kasım	60	0,29 $\pm$ 0,03 ^{A; a}	0,41 $\pm$ 0,05 ^{A; b}	0,43 $\pm$ 0,04 ^{A; b}	0,63 $\pm$ 0,07 ^{A; c}
Aralık	60	0,25 $\pm$ 0,05 ^{A; a}	0,31 $\pm$ 0,03 ^{B; b}	0,34 $\pm$ 0,05 ^{B; b}	0,48 $\pm$ 0,06 ^{B; c}
Ocak	60	0,08 $\pm$ 0,03 ^{D,E; a}	0,09 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,13 $\pm$ 0,01 ^{D; b}	0,15 $\pm$ 0,02 ^{F; c}
Şubat	60	0,07 $\pm$ 0,01 ^{E; a}	0,08 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{D; b}	0,14 $\pm$ 0,02 ^{F; c}
Mart	60	0,07 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,18 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,24 $\pm$ 0,04 ^{C; c}	0,34 $\pm$ 0,05 ^{D; d}
Nisan	60	0,13 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,17 $\pm$ 0,02 ^{D; b}	0,23 $\pm$ 0,05 ^{C; c}	0,31 $\pm$ 0,03 ^{D,E; d}
Mayıs	60	0,16 $\pm$ 0,02 ^{B; a}	0,22 $\pm$ 0,04 ^{C; b}	0,31 $\pm$ 0,04 ^{B; c}	0,39 $\pm$ 0,06 ^{C; d}
Haziran	60	0,14 $\pm$ 0,04 ^{B,C; a}	0,20 $\pm$ 0,03 ^{C; b}	0,23 $\pm$ 0,03 ^{C; b,c}	0,27 $\pm$ 0,03 ^{E; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.19. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GR aktivitesindeki zamana bağlı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,09 $\pm$ 0,01 ^{F; a}	0,08 $\pm$ 0,03 ^{F; a}	0,08 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,09 $\pm$ 0,02 ^{G; a}
Ekim	60	0,11 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,14 $\pm$ 0,02 ^{E; b,c}	0,13 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,16 $\pm$ 0,03 ^{F; c}
Kasım	60	0,38 $\pm$ 0,05 ^{A; a}	0,47 $\pm$ 0,07 ^{A; b}	0,56 $\pm$ 0,08 ^{A; c}	0,71 $\pm$ 0,08 ^{A; d}
Aralık	60	0,31 $\pm$ 0,03 ^{B; a}	0,38 $\pm$ 0,04 ^{B; b}	0,43 $\pm$ 0,09 ^{B; b}	0,54 $\pm$ 0,09 ^{B; c}
Ocak	60	0,13 $\pm$ 0,02 ^{D,E; a}	0,15 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,16 $\pm$ 0,02 ^{E; b}	0,21 $\pm$ 0,02 ^{E; c}
Şubat	60	0,11 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,14 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,15 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,18 $\pm$ 0,02 ^{E,F; c}
Mart	60	0,18 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,29 $\pm$ 0,04 ^{C; b}	0,32 $\pm$ 0,05 ^{C; b}	0,41 $\pm$ 0,05 ^{C; c}
Nisan	60	0,15 $\pm$ 0,03 ^{D; a}	0,18 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,23 $\pm$ 0,04 ^{D; c}	0,31 $\pm$ 0,04 ^{D; d}
Mayıs	60	0,34 $\pm$ 0,05 ^{A,B; a}	0,41 $\pm$ 0,4 ^{A,B; b}	0,49 $\pm$ 0,07 ^{B; c}	0,63 $\pm$ 0,05 ^{A,B; d}
Haziran	60	0,17 $\pm$ 0,03 ^{C; a}	0,19 $\pm$ 0,02 ^{D; a}	0,23 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,34 $\pm$ 0,06 ^{D; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

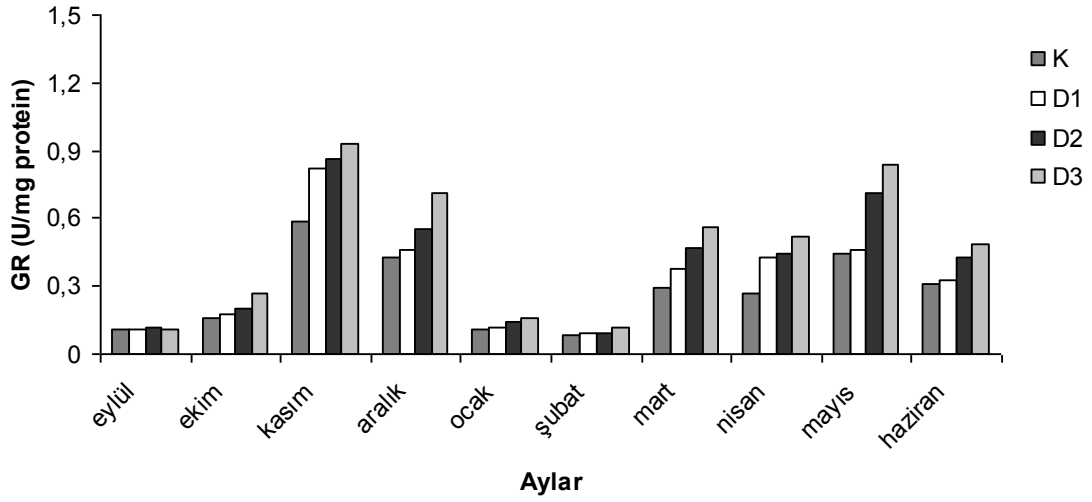
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.20. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GR aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg protein)

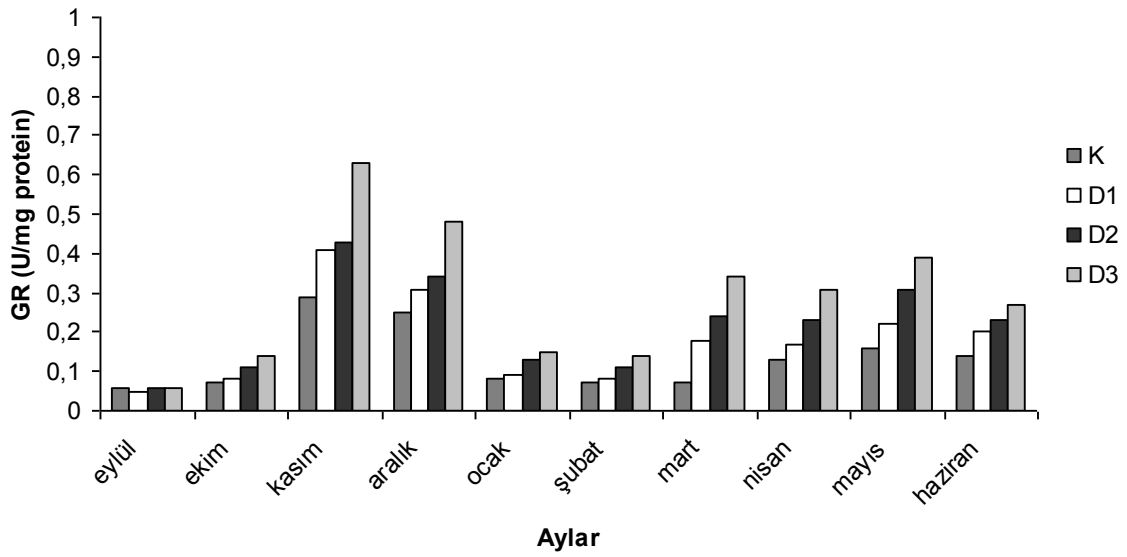
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	0,12 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{F; a}	0,12 $\pm$ 0,03 ^{F; a}
Ekim	60	0,11 $\pm$ 0,01 ^{E; a}	0,13 $\pm$ 0,02 ^{F; b,c}	0,15 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,19 $\pm$ 0,03 ^{E; d}
Kasım	60	0,52 $\pm$ 0,07 ^{A; a}	0,57 $\pm$ 0,06 ^{A; a}	0,73 $\pm$ 0,09 ^{A; b}	0,99 $\pm$ 0,12 ^{A; c}
Aralık	60	0,48 $\pm$ 0,06 ^{A,B; a}	0,52 $\pm$ 0,09 ^{A,B; b}	0,64 $\pm$ 0,06 ^{A,B; b}	0,77 $\pm$ 0,10 ^{A,B; c}
Ocak	60	0,13 $\pm$ 0,03 ^{E; a}	0,16 $\pm$ 0,02 ^{E; b}	0,16 $\pm$ 0,02 ^{E; b}	0,19 $\pm$ 0,03 ^{E; b}
Şubat	60	0,11 $\pm$ 0,02 ^{E; a}	0,12 $\pm$ 0,02 ^{F; b}	0,15 $\pm$ 0,03 ^{E; b}	0,18 $\pm$ 0,02 ^{E; c}
Mart	60	0,30 $\pm$ 0,04 ^{C; a}	0,34 $\pm$ 0,04 ^{C; b}	0,45 $\pm$ 0,08 ^{C; b}	0,51 $\pm$ 0,06 ^{C; d}
Nisan	60	0,21 $\pm$ 0,03 ^{D; a}	0,26 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,32 $\pm$ 0,03 ^{D; c}	0,43 $\pm$ 0,05 ^{C,D; d}
Mayıs	60	0,42 $\pm$ 0,06 ^{B; a}	0,47 $\pm$ 0,05 ^{B; a,b}	0,55 $\pm$ 0,06 ^{B; B}	0,68 $\pm$ 0,07 ^{B; c}
Haziran	60	0,19 $\pm$ 0,02 ^{D; a}	0,27 $\pm$ 0,03 ^{D; b}	0,33 $\pm$ 0,03 ^{D; c}	0,42 $\pm$ 0,05 ^{D; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

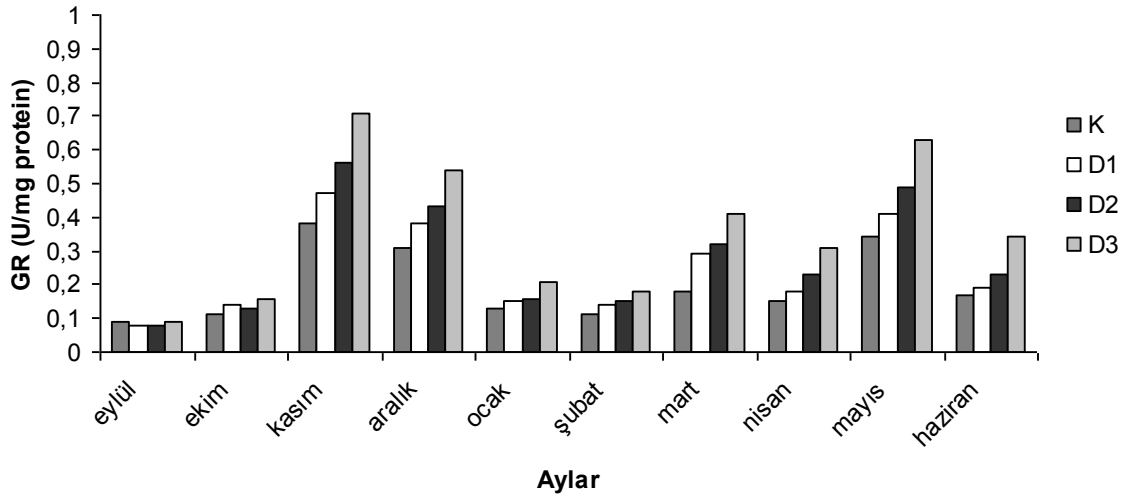
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).



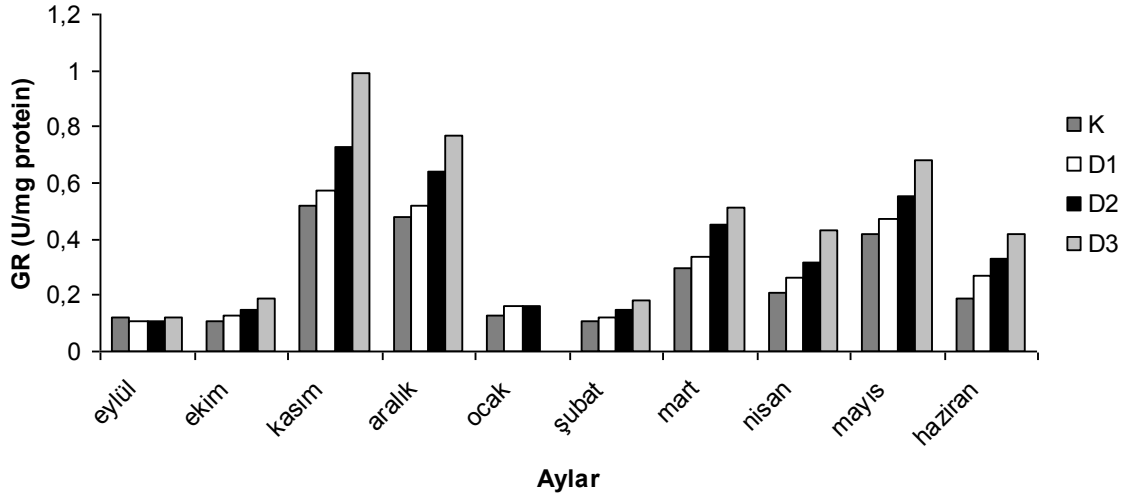
Şekil 3.15. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.16. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.17. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.18. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GR aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.5. Glutasyon S-Transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişimler

Araştırma süresince, deneysel gruptaki kerevitlerin kas dokusundaki GST aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.21 ve Şekil 3.19’da, hepatopankreas dokusundaki GST aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.22 ve Şekil 3.20’de, solungaç dokusundaki GST aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.23 ve Şekil 3.21’de ve gonad dokusundaki GST aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.24 ve Şekil 3.22’de verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının GST aktivitesi arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki GST aktivitesinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneysel gruptaki kerevitlerin incelenen dokularındaki GST aktivitesinin çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bu aylarda selenyumun nispeten yüksek dozları ile beslenen gruptaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki GST aktivitesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde düştüğü görüldü. Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de GST aktivitesinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki GST aktivitesinin kontrol grubuna göre düştüğü saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı GST aktivitesinin değerlerinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki GST aktivitesinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle çalışmanın başlangıcı olan eylül ayına göre diğer aylarda dokularındaki GST aktivitesinin önemli oranda arttığı fakat artan selenyum miktarı ile bu artışın azaldığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.21. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda GST aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	20,14 $\pm$ 2,40 ^{F; a}	20,49 $\pm$ 2,43 ^{H; a}	20,17 $\pm$ 1,57 ^{F; a}	19,84 $\pm$ 1,61 ^{F; a}
Ekim	60	45,68 $\pm$ 4,08 ^{E; a}	40,52 $\pm$ 5,34 ^{F; b}	29,8 $\pm$ 3,61 ^{E; c}	27,76 $\pm$ 4,54 ^{E; c}
Kasım	60	191,3 $\pm$ 17,67 ^{A; a}	145,55 $\pm$ 11,26 ^{A; b}	126,16 $\pm$ 17,23 ^{A; b, c}	113,97 $\pm$ 14,92 ^{A; c}
Aralık	60	146,27 $\pm$ 16,48 ^{B; a}	99,29 $\pm$ 10,26 ^{B; b}	78,76 $\pm$ 8,65 ^{B; c}	56,49 $\pm$ 6,02 ^{B; d}
Ocak	60	40,64 $\pm$ 6,40 ^{E; a}	28,18 $\pm$ 3,27 ^{G; b}	15,67 $\pm$ 2,55 ^{G; c}	11,62 $\pm$ 1,68 ^{G; d}
Şubat	60	38,87 $\pm$ 4,16 ^{E; a}	28,48 $\pm$ 5,01 ^{G; b}	23,54 $\pm$ 3,21 ^{F; c}	19,15 $\pm$ 2,89 ^{F; d}
Mart	60	129,42 $\pm$ 12,28 ^{C; a}	82,31 $\pm$ 7,42 ^{C, D; b}	52,65 $\pm$ 6,77 ^{C; c}	37,66 $\pm$ 3,76 ^{D; d}
Nisan	60	107,15 $\pm$ 12,65 ^{D; a}	73,41 $\pm$ 6,37 ^{C; b}	44,68 $\pm$ 6,10 ^{C, D; c}	30,06 $\pm$ 2,79 ^{E; d}
Mayıs	60	156,65 $\pm$ 13,47 ^{B; a}	95,78 $\pm$ 12,20 ^{B, C; b}	83,30 $\pm$ 10,31 ^{B; c}	46,70 $\pm$ 5,32 ^{C; d}
Haziran	60	103,55 $\pm$ 10,43 ^{D; a}	61,14 $\pm$ 6,47 ^{E; b}	38,94 $\pm$ 4,57 ^{D; c}	27,78 $\pm$ 3,22 ^{E; d}

^{a, b, c, d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

^{A, B, C, D, E, F, G, H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.22. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GST aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	15,36 $\pm$ 1,44 ^{G; a}	14,67 $\pm$ 1,54 ^{G; a}	14,53 $\pm$ 1,23 ^{F; a}	15,42 $\pm$ 1,70 ^{E; a}
Ekim	60	28,56 $\pm$ 2,24 ^{F; a}	24,73 $\pm$ 3,70 ^{F; a}	20,45 $\pm$ 1,53 ^{E; b}	17,42 $\pm$ 2,37 ^{E; c}
Kasım	60	148,87 $\pm$ 12,64 ^{A; a}	121,16 $\pm$ 14,94 ^{A; b}	99,28 $\pm$ 8,01 ^{A; c}	74,72 $\pm$ 12,44 ^{A; d}
Aralık	60	106,60 $\pm$ 16,08 ^{B; a}	56,86 $\pm$ 5,57 ^{C; b}	45,07 $\pm$ 6,29 ^{C; c}	37,45 $\pm$ 5,62 ^{C; d}
Ocak	60	49,56 $\pm$ 3,56 ^{D; a}	24,74 $\pm$ 3,40 ^{F; b}	16,64 $\pm$ 2,14 ^{F; c}	11,79 $\pm$ 1,52 ^{F; d}
Şubat	60	13,97 $\pm$ 2,63 ^{G; a}	11,24 $\pm$ 2,63 ^{H; a, b}	10,67 $\pm$ 1,73 ^{G; b}	9,97 $\pm$ 1,45 ^{G; b}
Mart	60	61,56 $\pm$ 7,37 ^{C; a}	41,09 $\pm$ 3,07 ^{D; b}	35,25 $\pm$ 5,91 ^{D; b}	25,62 $\pm$ 2,02 ^{D; c}
Nisan	60	49,38 $\pm$ 4,05 ^{D; a}	33,25 $\pm$ 2,87 ^{E; b}	29,62 $\pm$ 2,45 ^{D; b}	22,48 $\pm$ 2,67 ^{D; c}
Mayıs	60	108,03 $\pm$ 12,22 ^{B; a}	89,02 $\pm$ 10,61 ^{B; b}	55,78 $\pm$ 4,66 ^{B; c}	49,58 $\pm$ 6,01 ^{B; c}
Haziran	60	40,54 $\pm$ 4,82 ^{E; a}	31,82 $\pm$ 4,53 ^{E; b}	20,97 $\pm$ 2,98 ^{E; c}	15,62 $\pm$ 1,63 ^{E; d}

^{a, b, c, d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

^{A, B, C, D, E, F, G, H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.23. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GST aktivitesindeki zamana bağlı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	30,02 $\pm$ 3,99 ^{H; a}	31,08 $\pm$ 3,62 ^{H; a}	30,14 $\pm$ 2,60 ^{H; a}	29,82 $\pm$ 3,01 ^{F; a}
Ekim	60	75,07 $\pm$ 9,16 ^{F; a}	62,46 $\pm$ 6,61 ^{E; b}	37,37 $\pm$ 4,84 ^{F; c}	31,77 $\pm$ 3,54 ^{E; F; d}
Kasım	60	206,11 $\pm$ 19,39 ^{A; a}	192,56 $\pm$ 21,73 ^{A; a, b}	171,26 $\pm$ 14,47 ^{A; b}	116,37 $\pm$ 11,33 ^{A; c}
Aralık	60	184,09 $\pm$ 15,95 ^{A, B; a}	168,45 $\pm$ 15,83 ^{B; a}	139,51 $\pm$ 16,40 ^{B, C; b}	97,13 $\pm$ 12,64 ^{B; c}
Ocak	60	101,31 $\pm$ 10,51 ^{E; a}	51,23 $\pm$ 5,31 ^{F; b}	43,06 $\pm$ 3,57 ^{E, F; c}	35,46 $\pm$ 3,33 ^{E; d}
Şubat	60	51,43 $\pm$ 6,51 ^{G; a}	40,63 $\pm$ 6,78 ^{G; b}	31,96 $\pm$ 4,13 ^{H, G; c}	31,66 $\pm$ 2,64 ^{E, F; c}
Mart	60	161,30 $\pm$ 17,77 ^{C; a}	127,51 $\pm$ 13,48 ^{C; b}	121,66 $\pm$ 12,98 ^{C; b}	115,74 $\pm$ 15,98 ^{A; b}
Nisan	60	131,91 $\pm$ 14,60 ^{D; a}	95,72 $\pm$ 9,53 ^{D; b}	76,39 $\pm$ 6,52 ^{D; c}	65,69 $\pm$ 7,71 ^{C; d}
Mayıs	60	175,88 $\pm$ 18,27 ^{B, C; a}	156,37 $\pm$ 15,06 ^{B, C; b}	144,82 $\pm$ 13,71 ^{B; b}	121,16 $\pm$ 16,25 ^{A; c}
Haziran	60	63,65 $\pm$ 5,49 ^{F; a}	59,64 $\pm$ 6,45 ^{E, F; a}	48,11 $\pm$ 5,01 ^{E; b}	46,34 $\pm$ 4,43 ^{D; b}

^{a, b, c, d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

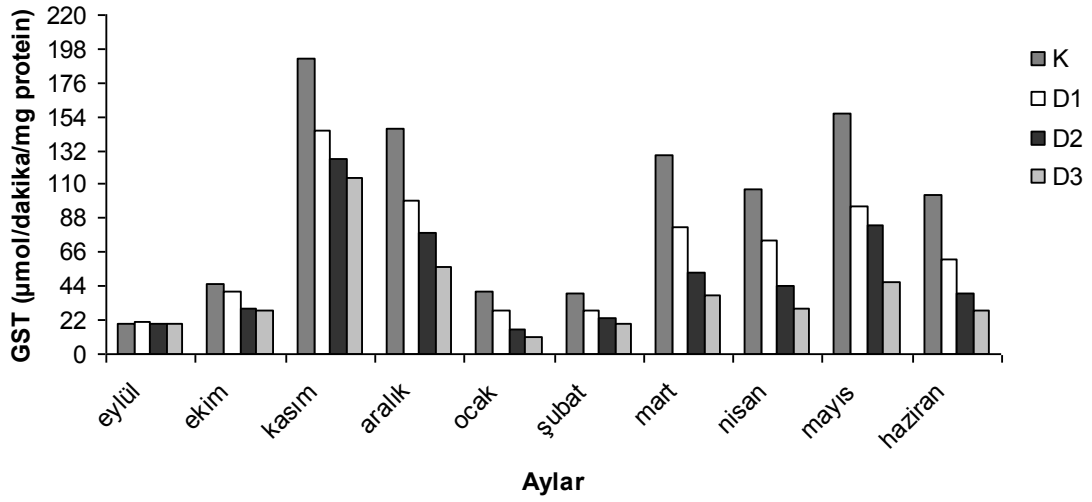
^{A, B, C, D, E, F, G, H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 3.24. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GST aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein)

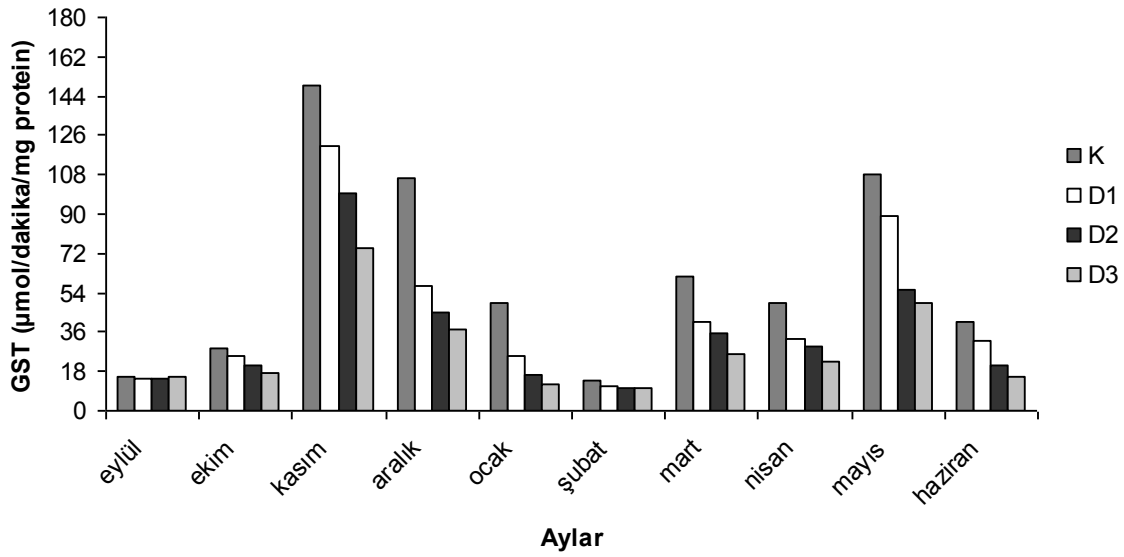
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	19,84 $\pm$ 1,99 ^{G; a}	19,96 $\pm$ 2,21 ^{H; a}	20,11 $\pm$ 1,88 ^{F; a}	20,33 $\pm$ 2,09 ^{F; a}
Ekim	60	47,11 $\pm$ 5,11 ^{E; a}	41,12 $\pm$ 4,07 ^{F; a}	28,56 $\pm$ 3,31 ^{E; b}	25,44 $\pm$ 3,45 ^{E; b}
Kasım	60	180,32 $\pm$ 18,23 ^{A; a}	140,72 $\pm$ 12,47 ^{A; b}	125,46 $\pm$ 16,58 ^{A; b,c}	110,55 $\pm$ 15,79 ^{A; c}
Aralık	60	151,23 $\pm$ 19,56 ^{B; a}	95,63 $\pm$ 9,87 ^{B; b}	73,25 $\pm$ 8,09 ^{B; c}	49,22 $\pm$ 5,04 ^{B; d}
Ocak	60	39,86 $\pm$ 5,24 ^{F; a}	31,24 $\pm$ 4,86 ^{G; b}	20,13 $\pm$ 1,97 ^{F; c}	19,66 $\pm$ 2,06 ^{F; c}
Şubat	60	33,65 $\pm$ 5,78 ^{F; a}	27,85 $\pm$ 3,59 ^{G; b}	21,24 $\pm$ 2,33 ^{F; c}	18,56 $\pm$ 2,14 ^{F; c}
Mart	60	120,24 $\pm$ 14,08 ^{C; a}	80,13 $\pm$ 9,06 ^{C,D; b}	49,29 $\pm$ 5,89 ^{C; c}	34,37 $\pm$ 5,21 ^{C,D; d}
Nisan	60	101,99 $\pm$ 11,12 ^{D; a}	69,84 $\pm$ 7,85 ^{B,C; b}	41,27 $\pm$ 5,22 ^{D; c}	29,46 $\pm$ 2,55 ^{D,E; d}
Mayıs	60	148,53 $\pm$ 116,38 ^{B; a}	91,58 $\pm$ 11,09 ^{B; b}	79,03 $\pm$ 9,88 ^{B; c}	39,71 $\pm$ 3,67 ^{C; d}
Haziran	60	98,35 $\pm$ 11,23 ^{D; a}	58,27 $\pm$ 6,22 ^{D; b}	36,05 $\pm$ 5,16 ^{D; c}	26,10 $\pm$ 2,94 ^{E; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

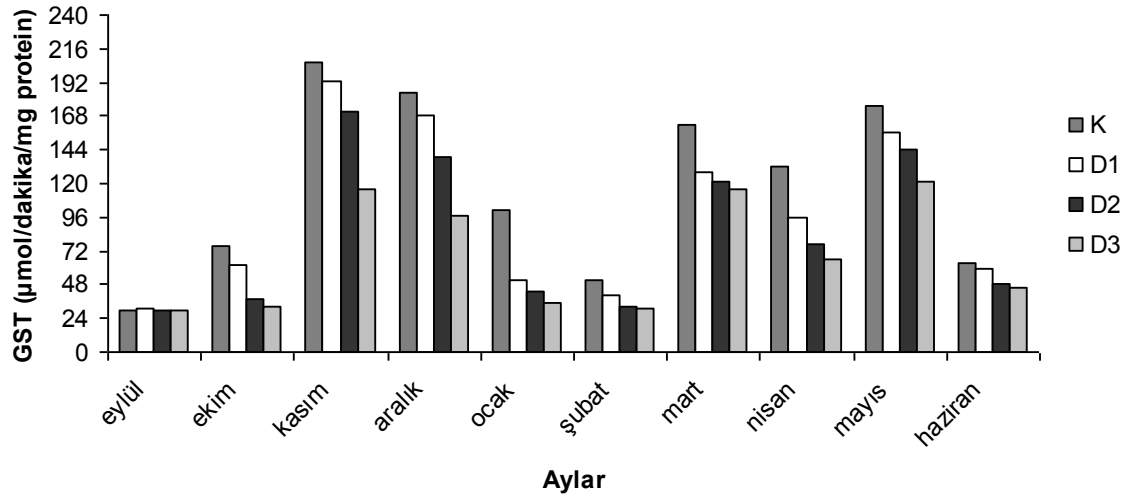
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).



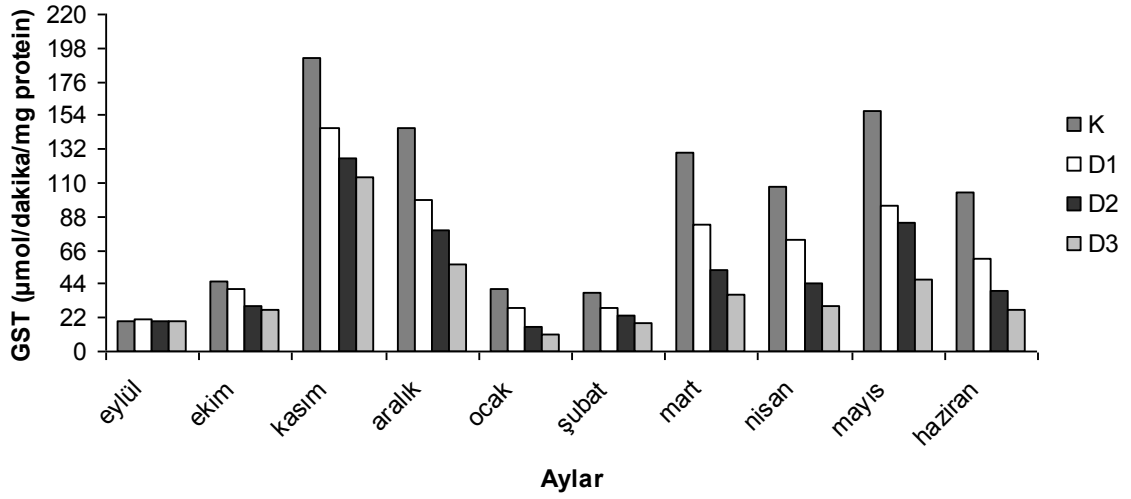
Şekil 3.19. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.20. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.21. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.22. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda GST aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.6. Paraoksonaz (PON) Aktivitesindeki Değişimler

Araştırma süresince, deneysel gruplardaki kerevitlerin kas dokusundaki PON aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.25 ve Şekil 3.23’de, hepatopankreas dokusundaki PON aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.26 ve Şekil 3.24’de, solungaç dokusundaki PON aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.27 ve Şekil 3.25’de ve gonad dokusundaki PON aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.28 ve Şekil 3.26’da verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının PON aktivitesi arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P > 0,05$) saptandı. Kerevitlerin 9 ay süreyle araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki PON aktivitesinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneysel gruplardaki kerevitlerin incelenen dokularındaki PON aktivitesinin çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı belirlendi. Bu aylarda selenyumun yüksek dozları ile beslenen gruplardaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki PON aktivitesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görüldü. Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de PON aktivitesinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki PON aktivitesinin kontrol grubuna göre arttığı saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı PON aktivitesinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki PON aktivitesinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle selenyumun artan dozuna bağlı olarak dokulardaki PON aktivitesinin kontrol grubuna göre önemli oranda arttığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.25. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda PON aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/g)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	28,54 $\pm$ 3,22 ^{A,B; a}	28,30 $\pm$ 3,08 ^{C,D; a}	27,91 $\pm$ 4,01 ^{D; a}	28,64 $\pm$ 2,89 ^{D; a}
Ekim	60	24,06 $\pm$ 2,26 ^{B,C; a}	28,24 $\pm$ 3,57 ^{C,D; a}	36,29 $\pm$ 4,45 ^{C; b}	43,85 $\pm$ 5,11 ^{C; c}
Kasım	60	16,77 $\pm$ 1,89 ^{F; a}	27,73 $\pm$ 4,58 ^{C,D; b}	41,94 $\pm$ 3,33 ^{C; c}	54,65 $\pm$ 7,82 ^{B; d}
Aralık	60	17,16 $\pm$ 5,14 ^{E; a}	28,55 $\pm$ 3,49 ^{C,D; b}	36,22 $\pm$ 3,91 ^{C; c}	43,85 $\pm$ 6,17 ^{C; d}
Ocak	60	21,98 $\pm$ 2,74 ^{C,D; a}	45,10 $\pm$ 4,38 ^{A; b}	51,38 $\pm$ 4,03 ^{A,B; b,c}	55,92 $\pm$ 3,79 ^{B; c}
Şubat	60	20,11 $\pm$ 3,65 ^{D,E; a}	21,55 $\pm$ 4,12 ^{E; a}	24,15 $\pm$ 3,34 ^{D; b}	25,42 $\pm$ 2,88 ^{D; b}
Mart	60	24,01 $\pm$ 3,96 ^{B,C; a}	26,35 $\pm$ 2,78 ^{D; a}	39,08 $\pm$ 6,51 ^{C; b}	44,36 $\pm$ 5,71 ^{C; b}
Nisan	60	28,40 $\pm$ 2,83 ^{A,B; a}	34,21 $\pm$ 6,41 ^{B; b}	49,42 $\pm$ 7,77 ^{B; c}	54,61 $\pm$ 6,18 ^{B; c}
Mayıs	60	26,42 $\pm$ 4,13 ^{A,B; a}	31,17 $\pm$ 3,62 ^{B,C; a}	53,46 $\pm$ 5,22 ^{A,B; b}	58,46 $\pm$ 4,97 ^{B; b}
Haziran	60	29,39 $\pm$ 3,66 ^{A; a}	44,61 $\pm$ 6,93 ^{A; b}	59,55 $\pm$ 4,16 ^{A; b}	78,11 $\pm$ 5,95 ^{A; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.26. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda PON aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/g)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	35,25 $\pm$ 4,02 ^{A; a}	34,64 $\pm$ 5,52 ^{B,C; a}	34,52 $\pm$ 4,74 ^{E; a}	34,16 $\pm$ 3,51 ^{C; a}
Ekim	60	30,85 $\pm$ 4,21 ^{A,B; a}	35,16 $\pm$ 3,58 ^{B,C; a,b}	41,93 $\pm$ 5,57 ^{D; b,c}	45,58 $\pm$ 7,88 ^{B; c}
Kasım	60	28,16 $\pm$ 2,45 ^{B; a}	33,66 $\pm$ 2,89 ^{B,C; a}	43,85 $\pm$ 6,37 ^{C; b}	46,17 $\pm$ 4,19 ^{B; b}
Aralık	60	31,65 $\pm$ 3,68 ^{A,B; a}	38,54 $\pm$ 5,36 ^{B; b}	51,41 $\pm$ 6,17 ^{B,C; c}	51,14 $\pm$ 5,41 ^{B; c}
Ocak	60	34,24 $\pm$ 5,7 ^{A; a}	50,63 $\pm$ 3,99 ^{A; b}	61,00 $\pm$ 8,23 ^{A; c}	66,52 $\pm$ 6,57 ^{A; c}
Şubat	60	20,98 $\pm$ 2,16 ^{C; a}	21,20 $\pm$ 2,48 ^{D; a}	24,17 $\pm$ 4,10 ^{F; b}	27,63 $\pm$ 3,74 ^{D; b}
Mart	60	30,51 $\pm$ 4,18 ^{A,B; a}	33,41 $\pm$ 3,61 ^{B,C; a,b}	39,42 $\pm$ 6,79 ^{D,E; b,c}	45,29 $\pm$ 4,44 ^{B; c}
Nisan	60	32,41 $\pm$ 3,20 ^{A,B; a}	35,64 $\pm$ 5,82 ^{B,C; a,b}	41,79 $\pm$ 4,42 ^{D; b}	49,85 $\pm$ 7,71 ^{B; c}
Mayıs	60	27,75 $\pm$ 2,56 ^{B; a}	30,30 $\pm$ 2,85 ^{C; a}	55,28 $\pm$ 8,51 ^{A,B; b}	61,33 $\pm$ 5,28 ^{A; b}
Haziran	60	34,25 $\pm$ 3,36 ^{A; a}	45,71 $\pm$ 4,24 ^{A; b}	60,99 $\pm$ 6,69 ^{A; c}	67,38 $\pm$ 8,33 ^{A; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.27. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda PON aktivitesindeki zamana bağlı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/g)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	26,47 $\pm$ 2,24 ^{A,B; a}	26,33 $\pm$ 3,61 ^{C,D; a}	26,17 $\pm$ 3,13 ^{F; a}	27,41 $\pm$ 3,01 ^{D; a}
Ekim	60	24,39 $\pm$ 3,52 ^{B; a}	25,41 $\pm$ 4,72 ^{D,E; a}	33,48 $\pm$ 3,89 ^{D,E; b}	45,12 $\pm$ 6,77 ^{B,C; c}
Kasım	60	20,97 $\pm$ 1,99 ^{B,D; a}	24,78 $\pm$ 2,47 ^{D,E; b}	30,51 $\pm$ 3,35 ^{E,F; c}	40,08 $\pm$ 4,84 ^{C; d}
Aralık	60	22,87 $\pm$ 3,58 ^{B,D; a}	29,43 $\pm$ 4,09 ^{A; b}	34,32 $\pm$ 3,17 ^{D,E; b}	44,18 $\pm$ 5,52 ^{C; c}
Ocak	60	29,35 $\pm$ 3,27 ^{A; a}	38,94 $\pm$ 6,21 ^{E; a}	47,84 $\pm$ 7,44 ^{A,B; c}	51,02 $\pm$ 5,36 ^{B; c}
Şubat	60	20,69 $\pm$ 3,65 ^{D; a}	21,47 $\pm$ 2,57 ^{C,D; a}	26,58 $\pm$ 4,16 ^{C,D; b}	28,55 $\pm$ 3,18 ^{D; b}
Mart	60	25,16 $\pm$ 2,74 ^{A,B; a}	27,87 $\pm$ 3,51 ^{B; a}	36,18 $\pm$ 6,87 ^{B,C; b}	45,73 $\pm$ 5,66 ^{B,C; c}
Nisan	60	26,47 $\pm$ 3,43 ^{B,D; a}	30,76 $\pm$ 2,97 ^{A; b}	42,61 $\pm$ 5,69 ^{A,B; c}	48,29 $\pm$ 4,41 ^{B; b}
Mayıs	60	23,38 $\pm$ 2,08 ^{A; a}	38,59 $\pm$ 5,47 ^{A; a}	46,79 $\pm$ 6,88 ^{A,B; c}	53,47 $\pm$ 4,17 ^{A,B; c}
Haziran	60	28,40 $\pm$ 4,66	40,53 $\pm$ 3,95	53,31 $\pm$ 4,47 ^{A; c}	62,75 $\pm$ 7,76 ^{A; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

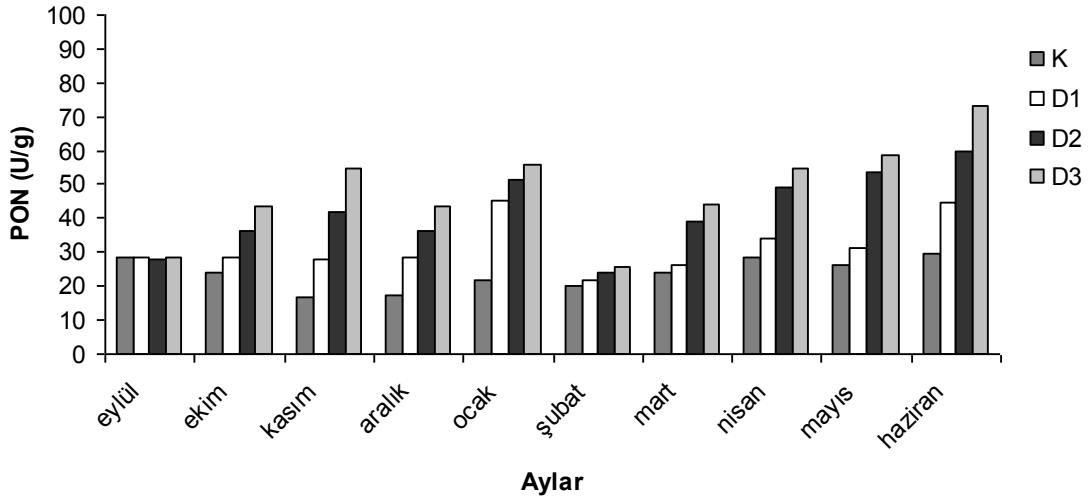
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.28. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda PON aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/g)

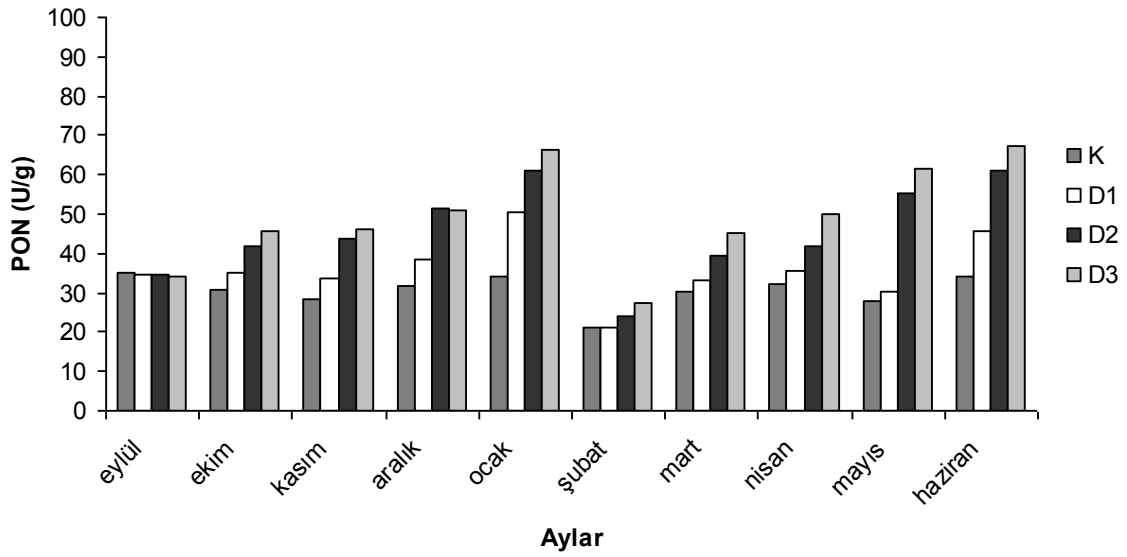
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	29,17 $\pm$ 4,47 ^{A; a}	29,76 $\pm$ 3,65 ^{B,C; a}	29,23 $\pm$ 3,19 ^{D; a}	29,89 $\pm$ 2,67 ^{E; a}
Ekim	60	23,86 $\pm$ 2,25 ^{B; a}	27,84 $\pm$ 3,33 ^{B,C,D; a}	37,25 $\pm$ 5,71 ^{C; b}	40,63 $\pm$ 4,16 ^{D,E; b}
Kasım	60	19,24 $\pm$ 1,88 ^{C; a}	26,08 $\pm$ 4,13 ^{C,D; b}	36,16 $\pm$ 3,94 ^{C; c}	39,70 $\pm$ 4,85 ^{E; c}
Aralık	60	21,69 $\pm$ 2,03 ^{B,C; a}	30,85 $\pm$ 3,55 ^{B,C; b}	41,97 $\pm$ 6,96 ^{B,C; c}	47,38 $\pm$ 4,80 ^{C,D; c}
Ocak	60	24,52 $\pm$ 3,57 ^{B; a}	39,54 $\pm$ 4,49 ^{A; b}	48,92 $\pm$ 8,78 ^{A,B; c}	52,79 $\pm$ 5,51 ^{B,C; c}
Şubat	60	21,17 $\pm$ 2,22 ^{B,C; a}	23,27 $\pm$ 3,11 ^{D; a}	24,80 $\pm$ 3,27 ^{E; a,b}	28,12 $\pm$ 2,58 ^{F; b}
Mart	60	23,19 $\pm$ 2,20 ^{B; a}	26,19 $\pm$ 4,06 ^{C,D; a}	42,68 $\pm$ 4,2 ^{B,C; b}	46,73 $\pm$ 6,82 ^{C,D; b}
Nisan	60	29,44 $\pm$ 4,14 ^{A; a}	40,98 $\pm$ 5,27 ^{A; b}	51,24 $\pm$ 7,78 ^{A; c}	58,77 $\pm$ 4,99 ^{B; c}
Mayıs	60	24,36 $\pm$ 3,39 ^{A; a}	32,04 $\pm$ 4,75 ^{B; b}	49,86 $\pm$ 6,2 ^{A; c}	55,21 $\pm$ 5,01 ^{B; c}
Haziran	60	29,64 $\pm$ 3,10	45,52 $\pm$ 5,19 ^{A; b}	56,95 $\pm$ 7,41 ^{A; c}	69,81 $\pm$ 6,97 ^{A; d}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

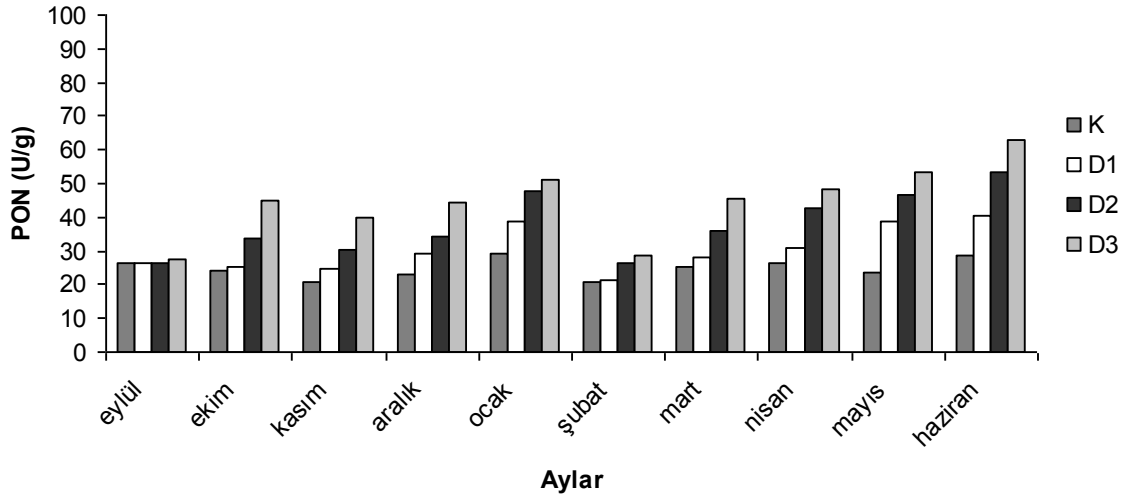
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).



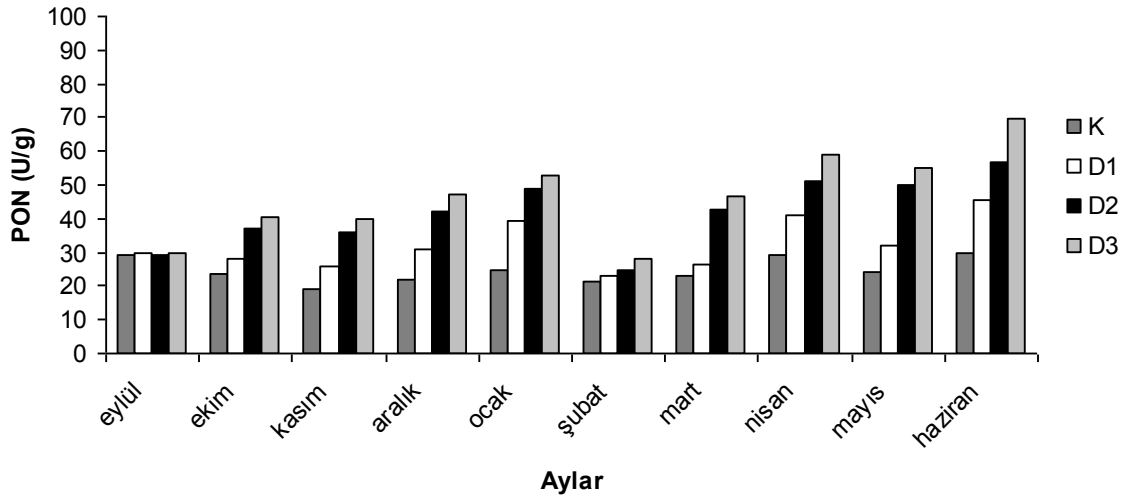
Şekil 3.23. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.24. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.25. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.26. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda PON aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

3.3.7. Arilesteraz (ARE) Aktivitesindeki Değişimler

Araştırma süresince, deneysel gruptaki kerevitlerin kas dokusundaki ARE aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.29 ve Şekil 3.27’de, hepatopankreas dokusundaki ARE aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.30 ve Şekil 3.28’de, solungaç dokusundaki ARE aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.31 ve Şekil 3.29’da ve gonad dokusundaki ARE aktivitesinde belirlenen değişimler Tablo 3.32 ve Şekil 3.30’da verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda kontrol, D1, D2 ve D3 gruplarının ARE aktivitesi arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P>0,05$) belirlendi. Kerevitlerin 9 ay süreyle farklı oranlarda selenyum içeren araştırma yemleri ile beslenmesi sonucunda kontrol ve deneme gruplarının kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki ARE aktivitesinde gruplara ve aylara göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edildi ($P < 0,05$).

Deneysel gruptaki kerevitlerin incelenen dokularındaki ARE aktivitesinin, çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık aylarında diğer aylara oranla istatistiksel olarak önemli bir oranda arttığı saptandı. Bu aylarda selenyumun yüksek dozları ile beslenen gruptaki (D2 ve D3) kerevitlerin dokularındaki ARE aktivitesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görüldü. Benzer şekilde birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran ayları için de ARE aktivitesinin yükseldiği, ancak D2 ve D3 gruplarında kerevitlerin incelenen dokularındaki ARE aktivitesinin kontrol grubuna göre arttığı saptandı. Araştırma süresince sadece Şubat ayı ARE aktivitesinin Eylül ayına yakın olduğu belirlendi.

Deneme süresince kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularındaki ARE aktivitesinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle selenyumun artan dozuna bağlı olarak dokulardaki ARE aktivitesinin kontrol grubuna göre önemli oranda arttığı tespit edildi ($P < 0,05$).

Tablo 3.29. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin kas dokusunda ARE aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	33,57 $\pm$ 5,11 ^{D; a}	34,78 $\pm$ 4,17 ^{F; a}	34,07 $\pm$ 3,98 ^{F; a}	34,28 $\pm$ 5,46 ^{D; a}
Ekim	60	26,24 $\pm$ 2,86 ^{E; a}	33,43 $\pm$ 4,77 ^{F; b}	34,40 $\pm$ 6,38 ^{F; b}	40,51 $\pm$ 3,21 ^{D; c}
Kasım	60	40,10 $\pm$ 5,49 ^{B,C; a}	69,06 $\pm$ 6,12 ^{B,C; b}	96,69 $\pm$ 12,22 ^{A; c}	116,03 $\pm$ 10,48 ^{A; d}
Aralık	60	44,20 $\pm$ 5,74 ^{B,C; a}	67,71 $\pm$ 5,49 ^{C; b}	81,92 $\pm$ 8,14 ^{B,C; c}	92,64 $\pm$ 11,09 ^{B,C; c}
Ocak	60	42,36 $\pm$ 4,78 ^{B,C; a}	53,31 $\pm$ 5,36 ^{D; b}	66,04 $\pm$ 7,22 ^{D,E; c}	77,51 $\pm$ 8,99 ^{D,E; d}
Şubat	60	40,52 $\pm$ 6,36 ^{C; a}	44,57 $\pm$ 5,08 ^{E; a}	62,61 $\pm$ 7,10 ^{E; b}	72,22 $\pm$ 8,30 ^{E; b}
Mart	60	38,34 $\pm$ 4,85 ^{C,D; a}	60,89 $\pm$ 7,15 ^{C; b}	72,82 $\pm$ 4,18 ^{D,E; c}	96,12 $\pm$ 9,84 ^{B,C; d}
Nisan	60	46,76 $\pm$ 7,71 ^{B; a}	65,91 $\pm$ 5,87 ^{C; b}	76,92 $\pm$ 8,91 ^{C,D; b,c}	88,43 $\pm$ 10,16 ^{C,D; c}
Mayıs	60	41,57 $\pm$ 3,69 ^{B,C; a}	80,07 $\pm$ 7,44 ^{A,B; b}	89,93 $\pm$ 9,20 ^{A,B; b,c}	104,94 $\pm$ 11,39 ^{A,B; c}
Haziran	60	59,17 $\pm$ 6,15 ^{A; a}	86,64 $\pm$ 8,89 ^{A; b}	101,99 $\pm$ 10,10 ^{A; b}	108,84 $\pm$ 9,13 ^{A,B; b}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.30. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda ARE aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	53,41 $\pm$ 6,71 ^{D,E; a}	55,13 $\pm$ 3,48 ^{F; a}	54,50 $\pm$ 4,19 ^{D; a}	53,54 $\pm$ 7,75 ^{D; a}
Ekim	60	55,25 $\pm$ 4,69 ^{D,E; a}	57,08 $\pm$ 3,98 ^{E,F; a}	48,35 $\pm$ 6,43 ^{D; a}	53,41 $\pm$ 5,52 ^{D; a}
Kasım	60	55,12 $\pm$ 5,18 ^{D,E; a}	111,28 $\pm$ 12,06 ^{A; b}	146,41 $\pm$ 17,78 ^{A; c}	154,70 $\pm$ 16,41 ^{A; c}
Aralık	60	57,37 $\pm$ 3,99 ^{C,D; a}	69,06 $\pm$ 7,09 ^{C,D; b}	92,54 $\pm$ 8,12 ^{B; c}	98,33 $\pm$ 10,64 ^{B; c}
Ocak	60	48,34 $\pm$ 5,84 ^{E,F; a}	66,57 $\pm$ 5,91 ^{D,E; b}	83,81 $\pm$ 7,65 ^{B; c}	102,61 $\pm$ 9,76 ^{B; d}
Şubat	60	44,40 $\pm$ 5,01 ^{F; a}	57,09 $\pm$ 6,20 ^{E,F; b}	66,22 $\pm$ 7,33 ^{C; b,c}	72,28 $\pm$ 7,12 ^{C; c}
Mart	60	71,88 $\pm$ 9,69 ^{B; a}	84,72 $\pm$ 7,95 ^{B; a,b}	90,24 $\pm$ 10,18 ^{B; b}	95,58 $\pm$ 9,37 ^{B; b}
Nisan	60	87,79 $\pm$ 9,63 ^{A; a}	121,51 $\pm$ 12,38 ^{A; b}	151,83 $\pm$ 18,09 ^{A; c}	162,09 $\pm$ 16,23 ^{A; c}
Mayıs	60	86,92 $\pm$ 7,11 ^{A; a}	117,53 $\pm$ 9,86 ^{A; b}	145,63 $\pm$ 14,45 ^{A; c}	154,70 $\pm$ 13,21 ^{A; c}
Haziran	60	82,75 $\pm$ 6,59 ^{A,B; a}	106,99 $\pm$ 13,02 ^{A; b}	138,81 $\pm$ 12,76 ^{A; c}	144,97 $\pm$ 11,74 ^{A; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.31. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda ARE aktivitesindeki zamana bağlı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg)

Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	29,59 $\pm$ 4,12 ^{E; a}	29,54 $\pm$ 2,85 ^{C; a}	30,62 $\pm$ 3,33 ^{E; a}	29,88 $\pm$ 3,09 ^{E; a}
Ekim	60	27,62 $\pm$ 2,76 ^{E; a}	31,10 $\pm$ 4,54 ^{C; a,b}	35,78 $\pm$ 3,87 ^{E; b}	44,13 $\pm$ 5,25 ^{D; c}
Kasım	60	30,53 $\pm$ 5,16 ^{D,E; a}	78,44 $\pm$ 9,05 ^{A; b}	91,16 $\pm$ 8,44 ^{B; b}	116,17 $\pm$ 12,20 ^{B; c}
Aralık	60	36,61 $\pm$ 4,35 ^{C; a}	51,32 $\pm$ 6,67 ^{B; b}	64,36 $\pm$ 5,14 ^{C; c}	81,41 $\pm$ 9,56 ^{C; d}
Ocak	60	35,78 $\pm$ 3,90 ^{C,D; a}	49,97 $\pm$ 6,48 ^{B; b}	58,59 $\pm$ 6,71 ^{C; b,c}	69,04 $\pm$ 8,26 ^{C; c}
Şubat	60	41,78 $\pm$ 5,21 ^{B,C; a}	43,57 $\pm$ 5,16 ^{B; a}	47,31 $\pm$ 6,49 ^{D; a,b}	51,64 $\pm$ 6,89 ^{D; b}
Mart	60	50,36 $\pm$ 7,13 ^{A; a}	86,21 $\pm$ 9,41 ^{A; b}	107,67 $\pm$ 11,23 ^{B; c}	118,77 $\pm$ 13,30 ^{B; c}
Nisan	60	47,86 $\pm$ 3,99 ^{A,B; a}	83,11 $\pm$ 6,54 ^{A; b}	98,77 $\pm$ 10,07 ^{B; c}	104,58 $\pm$ 9,46 ^{B; c}
Mayıs	60	52,75 $\pm$ 6,63 ^{A; a}	92,08 $\pm$ 8,88 ^{A; b}	126,77 $\pm$ 14,10 ^{A; c}	141,26 $\pm$ 15,78 ^{A; c}
Haziran	60	53,16 $\pm$ 4,69 ^{A; a}	84,72 $\pm$ 7,11 ^{A; b}	95,30 $\pm$ 8,55 ^{B; b,c}	111,84 $\pm$ 12,36 ^{B; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

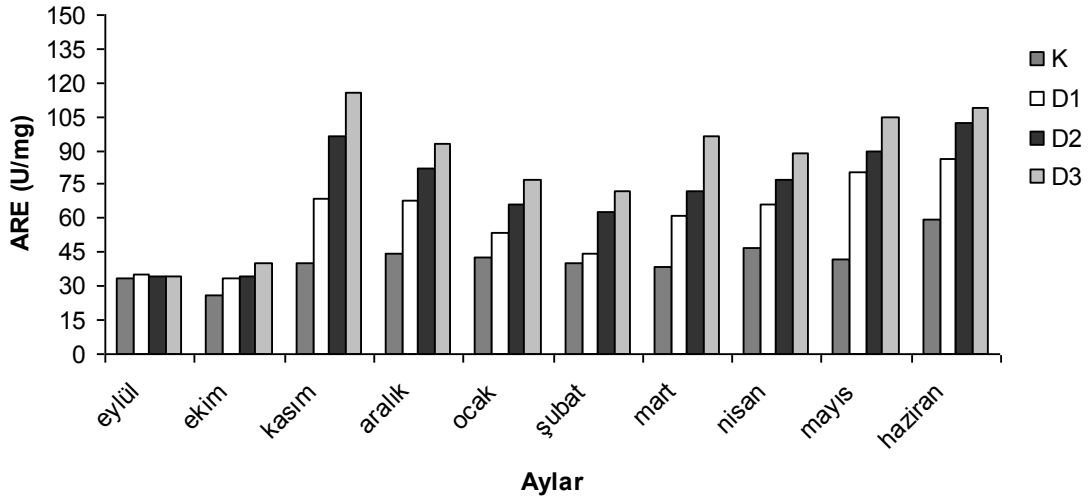
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

Tablo 3.32. Kontrol ve deneme grubu yemleri ile beslenen kerevitlerin gonad dokusunda ARE aktivitesindeki zamana bağılı değişimler (Ortalama $\pm$ standart sapma, U/mg)

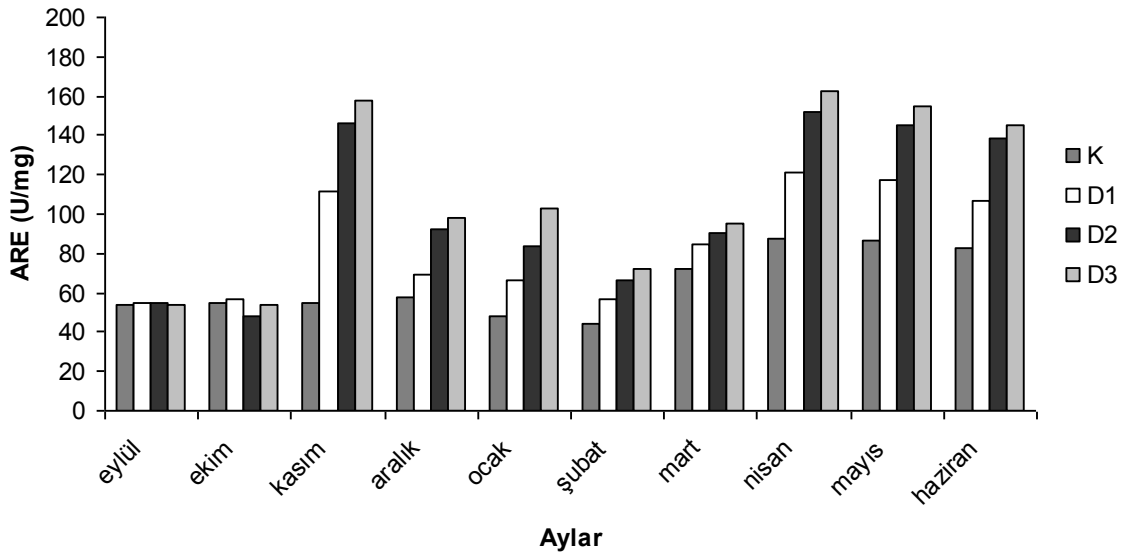
Aylar	Deneme Grupları				
	N	K	D1	D2	D3
Eylül	60	32,78 $\pm$ 2,99 ^{D; a}	31,73 $\pm$ 4,78 ^{E; a}	31,97 $\pm$ 3,01 ^{F; a}	33,28 $\pm$ 4,20 ^{F; a}
Ekim	60	30,27 $\pm$ 5,33 ^{D; a}	32,39 $\pm$ 3,17 ^{E; a}	35,31 $\pm$ 4,39 ^{F; a,b}	39,88 $\pm$ 4,24 ^{E; b}
Kasım	60	42,08 $\pm$ 4,16 ^{A,B; a}	73,20 $\pm$ 8,97 ^{A,B; b}	103,04 $\pm$ 11,36 ^{A; c}	122,42 $\pm$ 10,62 ^{A; d}
Aralık	60	42,43 $\pm$ 4,13 ^{A,B; a}	71,83 $\pm$ 9,22 ^{A,B; b}	79,88 $\pm$ 7,08 ^{B,C; b}	98,80 $\pm$ 9,40 ^{B; c}
Ocak	60	40,52 $\pm$ 5,62 ^{A,B; a}	58,75 $\pm$ 5,38 ^{C; b}	66,36 $\pm$ 8,69 ^{D,E; b}	81,61 $\pm$ 8,86 ^{C; c}
Şubat	60	34,03 $\pm$ 3,93 ^{C,D; a}	43,92 $\pm$ 6,57 ^{D; b}	56,41 $\pm$ 7,41 ^{E; c}	61,57 $\pm$ 6,20 ^{D; c}
Mart	60	39,76 $\pm$ 4,41 ^{B,C; a}	63,39 $\pm$ 7,77 ^{B,C; b}	75,67 $\pm$ 7,08 ^{C,D; c}	97,81 $\pm$ 10,23 ^{B; d}
Nisan	60	41,92 $\pm$ 4,39 ^{A,B; a}	58,84 $\pm$ 8,91 ^{C; b}	71,60 $\pm$ 8,89 ^{C,D; c}	86,85 $\pm$ 9,17 ^{C; d}
Mayıs	60	44,78 $\pm$ 6,35 ^{A,B; a}	78,61 $\pm$ 9,05 ^{A; b}	93,64 $\pm$ 11,24 ^{A,B; c}	119,65 $\pm$ 14,66 ^{A; d}
Haziran	60	47,48 $\pm$ 5,22 ^{A; a}	77,97 $\pm$ 6,31 ^{A; b}	91,37 $\pm$ 10,02 ^{A,B; b}	112,20 $\pm$ 9,97 ^{A,B; c}

^{a,b,c,d} Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).

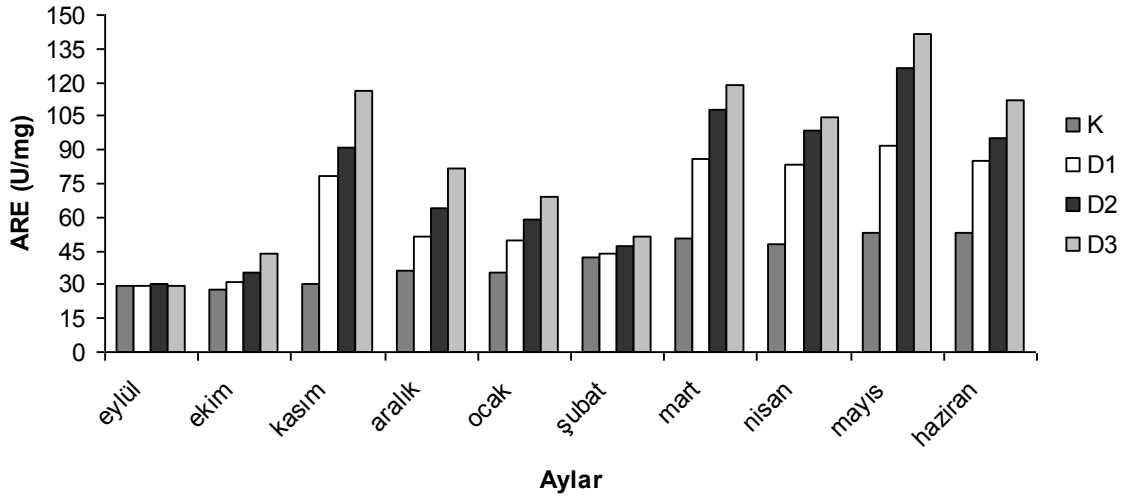
^{A,B,C,D,E,F,G,H} Aynı sütunda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P < 0,05).



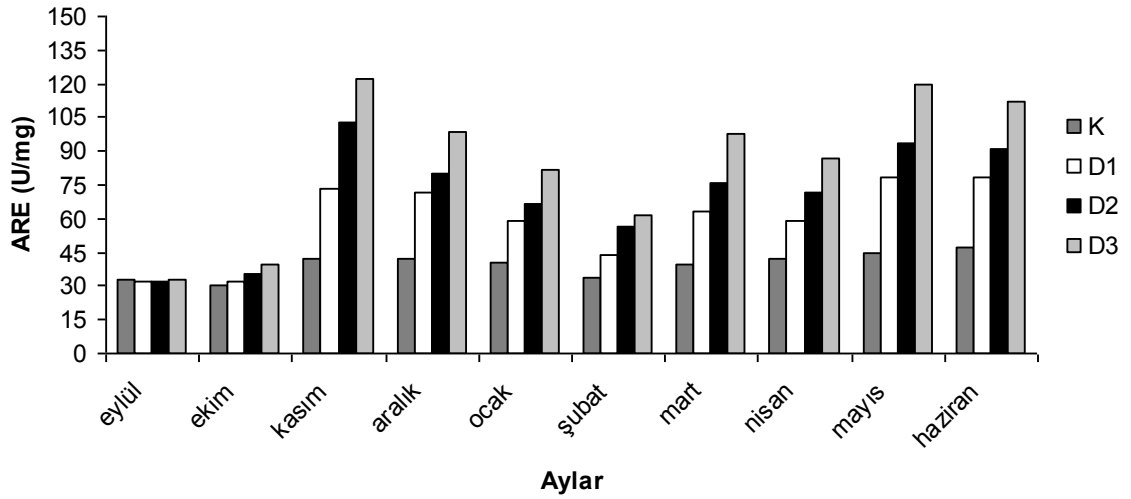
Şekil 3.27. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.28. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.29. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin solungaç dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)



Şekil 3.30. Farklı oranlarda selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlerin gonad dokusunda ARE aktivitesinin zamana bağlı değişimi (Kontrol: 0,3 mg kg⁻¹ Se, Deneme 1: 0,6 mg kg⁻¹ Se, Deneme 2: 0,9 mg kg⁻¹ Se ve Deneme 3: 1,2 mg kg⁻¹ Se)

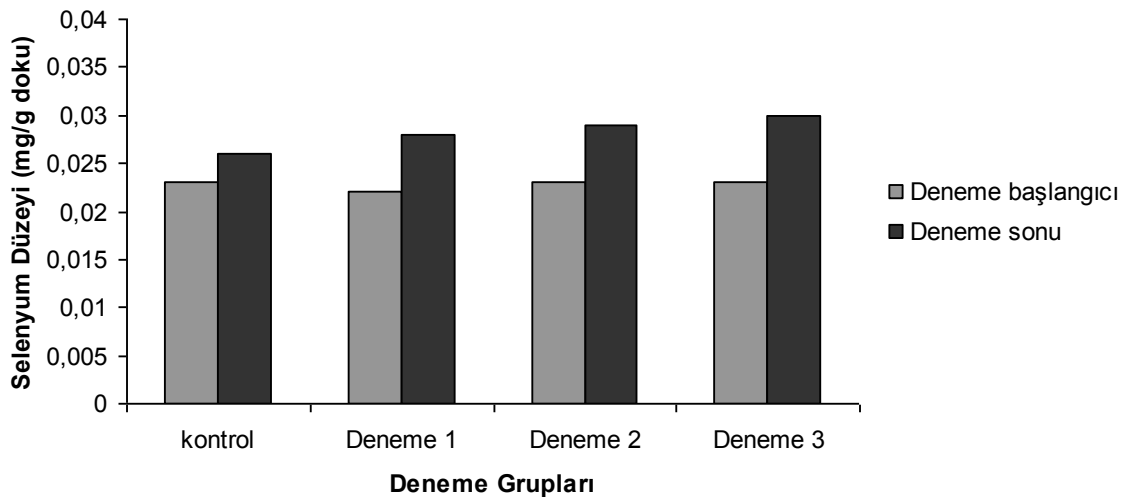
3.4. Kas Dokusunda Selenyum Düzeyindeki Değişimler

Farklı oranlarda selenyum içeren deneme yemleri ile 9 ay süre ile beslenen kerevitlerden çalışmanın başlangıcı (Eylül ayı sonu) ve çalışma sonunda (Haziran ayı sonu) kas dokusu örnekleri alındı. Yapılan analizler sonucunda deneme başlangıcındaki kas dokusu selenyum düzeyi ortalama olarak $0,023 \pm 0,002$ bulundu. Deneme sonunda alınan örneklerde ise selenyum düzeyi sırası ile K, D1, D2 ve D3 gruplarında $0,026 \pm 0,002$, $0,028 \pm 0,002$, $0,029 \pm 0,001$ ve $0,030 \pm 0,002$ olduğu tespit edildi (Tablo 3.33 ve Şekil 3.31).

Tablo 3.33. Kerevitlerin deneme başlangıcı ve deneme sonu kas dokusundaki selenyum düzeyleri (Ortalama $\pm$ standart sapma)

	Selenyum Düzeyi (mg/g doku)			
	K	D1	D2	D3
Deneme başlangıcı	$0,023 \pm 0,002$	$0,022 \pm 0,001$	$0,023 \pm 0,002$	$0,023 \pm 0,002$
Deneme sonu	$0,026 \pm 0,002^b$	$0,028 \pm 0,002^a$	$0,029 \pm 0,001^a$	$0,030 \pm 0,002^a$
N	15	15	15	15

Not: Aynı satırda yer alan farklı harfler taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).



Şekil 3.31. Kerevitlerin deneme başlangıcı ve deneme sonu kas dokusundaki selenyum düzeyleri

Araştırmada, deneme başlangıcında kas dokusundaki selenyum düzeyinde gruplar arasında bir fark olmadığı saptandı ($P > 0,05$). Deneme sonunda kas dokusundaki selenyum düzeyinin Kontrol grubu ile D1, D2 ve D3 deneme grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P < 0,05$), ancak D1, D2 ve D3 grupları arasında farkın önemli düzeyde olmadığı belirlendi ($P > 0,05$).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada rasyonlara farklı oranlarda ilave edilen selenyumun pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı ile bazı dokularda (kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad) lipid peroksidasyon ve redükte glutatyon düzeyi, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivitelerine etkisi, ayrıca kas dokusunda selenyumun birikimi araştırıldı.

Köksal (1988), Harlıoğlu (1999) ve Harlıoğlu (2004b) *Astacus leptodactylus* türü kerevitlerin 7,5-8,5 cm uzunluğunda cinsi olgunluğa eriştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ortalama ağırlığı $29 \pm 0,5$ g ve uzunluğu $10 \pm 0,5$ cm olan ergin kerevitler kullanıldı.

Köksal (1988), Skurdal ve Taugbol (2002) ve Harlıoğlu (2004b), *A. leptodactylus*'un üreyebilmesi için su sıcaklığının 4-13 °C, pH'nın 6,5-8,5 olması ve oksijen düzeyinin en az 2 mg/L olması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da çiftleşme ve üreme döneminde su sıcaklığı 4,5-9,9 °C, pH 7,12-8,21 ve oksijen düzeyi 5,3-8,5 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar yukarıda adı geçen araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

4.1. Pleopodal Yumurta ve Birinci Devre Yavru Sayısı

Yurdumuzda kerevit üretimimizin artırılması için yapılması gereken çalışmaların başında kontrol altındaki ortamlarda yavru üretiminin sağlanması, belirli bir büyüklüğe kadar büyütülmesi ve doğal su kaynaklarına stoklanması gelmektedir (Harlıoğlu vd., 2012a). Diğer taraftan, soğuk suda yaşayan bir tür olarak kabul edilen *A. leptodactylus*'un ılıman-tropik türlerle karşılaştırıldığında yumurta sayısı daha düşük kalmakta ve elde edilmesinden pazara ulaştırılmasına kadar geçen süre daha uzun olmaktadır (Wickins ve Lee, 2002). Bu nedenle, doğal türümüz *A. leptodactylus*'un üreme verimliliğinin iyileştirilmesi, yumurta ve yavru sayısının artırılması konusunda yapılacak araştırmalar büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, dişi kerevitlerden elde edilen pleopodal yumurta sayısı 154,8 - 212,73, birinci devre yavru sayısı ise 149,3 – 197,46 arasında olup, bu değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Kerevitlerde selenyumun pleopodal yumurta ile birinci devre yavru sayısı üzerine etkisini araştıran herhangi bir

çalışmaya rastlanılmamıştır. Fakat bu türün yurdumuzda farklı ortamlardan yakalanan bireylerinin pleopodal yumurta sayısının belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmalar sonucunda; Eğirdir popülasyonu için 148, Akşehir için 149, Apa için 153, Beyşehir için 156, Eber için 161, Seyhan için 171 ve Mogan için 175 yumurta rapor edilmiştir (Bolat, 2001). Ayrıca, Köksal (1988) 50 mm karapaks uzunluğundaki yaşayan kerevitlerde yumurta sayısının yaklaşık 150 olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise kontrol grubundaki kerevitlerin pleopodal yumurta sayısı ortalama 154,8 bulundu.

Bununla birlikte, farklı maddeler kullanılarak *A. leptodactylus*'un pleopodal yumurta sayısındaki değişimleri araştıran bazı çalışmalar da yapılmıştır. Örneğin, Harlıoğlu vd. (2002) ve Harlıoğlu ve Barım, (2004) *A. leptodactylus* rasyonlarına ilave edilen farklı dozlardaki vitamin E'nin pleopodal yumurta sayısına etkisini araştırmışlardır. Sonuçta Harlıoğlu vd. (2002) 80 ve 160 mg/kg E vitamini içeren yemle beslenen dişi kerevitlerde yumurta sayısını sırası ile 239,20 ve 236,20 olarak bulmuşlardır. Harlıoğlu ve Barım, (2004) ise, *A. leptodactylus* yemlerine 66, 100, 150 ve 200 mg E vitamini ilave etmiş ve sırasıyla pleopodal yumurta sayısını 221,7, 300,7, 241,9 ve 221,3, birinci devre yavru sayısını 125,13, 184,85, 121,08 ve 127,37 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Harlıoğlu vd., (2012b) *A. leptodactylus*'un yemlerine n-3 serisi yağ asitleri ilavesinin pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı üzerine etkilerini araştırmış, n-3 serisi yağ asidi içermeyen ve yemde % 1, 2 ve 3 oranında n-3 serisi yağ asitleri ilave edilen 4 farklı rasyon hazırlamışlardır. Sonuçta sırasıyla pleopodal yumurta sayısını 177,61, 195,52, 209,95 ve 234,38, birinci devre yavru sayısını 167,71, 190,71, 201,28 ve 225,65 olarak bulmuşlardır. Yukarıda belirtilen çalışmalarda yemlere vitamin E ve n-3 serisi yağ asitleri ilavesinin pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısını artırdığı bildirilmiştir. Bu çalışmada da, selenyumun artan dozuna bağlı olarak pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısının arttığı bulundu. Bu sonuç, özellikle çiftleşme ve üreme dönemi ile birinci devre yavruların oluşmaya başladığı dönemlerde selenyumun antioksidan etki göstererek oluşan oksidatif stresi inhibe etmesi ile açıklanabilir.

4.2. Biyokimyasal Değişimler

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

4.2.1. Lipid Peroksidasyon (MDA) Düzeyindeki Değişimler

Oksijenden tek elektronun indirgenmesiyle meydana gelen serbest radikaller değişik birçok reaksiyon sonucunda hücre ve dokularda oluşur. Bu radikallerin vücutta aşırı üretilmesi sonucu protein, lipit, karbonhidrat ve nükleik asitler yıkıma uğrar. Ayrıca DNA zarar görür, enzimlerin aktivasyonu bozulur ve membran geçirgenliği olumsuz etkilenir. Doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı olan lipit peroksidasyon, serbest radikallerin uyardığı hücre yıkımında önemli bir mekanizmadır (Benzer, 2001; Piner, 2005).

Diğer yüksek omurgalılar ve balıklarda olduğu gibi kerevitlerde de lipit peroksidasyonun bir ürünü olan MDA hücresel bileşenlerde meydana gelen oksidatif zararın en önemli göstergesidir (Kandemir vd, 2011; Harlıoğlu vd., 2012c). Bu çalışmada da farklı dokularda meydana gelen oksidatif stresin belirlenmesi için MDA düzeyindeki değişimler incelenmiştir.

Hepatopankreasın krustaselerdeki oksijen radikallerinin üretimi için merkezi bir organ olduğu kabul edilmektedir (Arun ve Subramanian, 1998). Bu çalışmada incelenen kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularının MDA düzeylerinde önemli değişiklikler belirlenmiş, en yüksek MDA değerleri hepatopankreasta bulunmuştur. Bunun nedeni ise bu organdaki doymamış yağ asidinin yüksek miktarıyla ilişkili olabilir.

Kerevitlerde selenyumun oksidatif stres üzerine etkisini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Diğer taraftan, bazı krustase türlerinde vitamin E'nin lipit peroksidasyona karşı koruyucu etkileri araştırmacıların çalışma konusu olmuştur. Örneğin, Barım (2005) kerevit yemlerine katılan vitamin E'nin kas ve hepatopankreastaki MDA düzeylerine etkisini araştırmıştır. Sonuçta kas ve hepatopankreas için kontrol grubu kerevitlerinde MDA düzeylerini sırası ile $11,91 \pm 1,83$ ve $14,56 \pm 2,14$ nmol/g olarak

belirlemiştir. Bu kerevitlerin yemlerine vitamin E'nin 100, 150 ve 200 mg/kg yem'lik dozları ilave edilmiş ve her üç deneme grubu için MDA değerleri kas ve hepatopankreasta sırası ile yaklaşık 4 ve 6 nmol/g civarında bulunmuştur. He ve Lavrance (1993) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise *Penaeus vannamei* türü karideslerin yemlerinde bulunan 25-100 mg/kg yem dozundaki E vitamininin doku lipit peroksidasyon düzeylerini düşürdüğü, 200-600 mg/kg E vitamini içeren yemlerin kas ve hepatopankreastaki lipit peroksidasyon düzeylerine herhangi bir etkisinin olmadığı, vitamin E içermeyen yemlerle beslenen karideslerde ise lipit peroksidasyon düzeylerinin yükseldiği saptanmıştır. Dandapat vd. (2000) 200, 400 ve 600 mg/ kg E vitamini içeren diyetlerle beslenen *Macrobrachium rosenbergii* türü tatlısu karideslerinde hepatopankreas dokusundaki lipit peroksidasyon düzeyinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Öte yandan, balıklarda yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuş yemlere vitamin E ilavesi ile lipit peroksidasyon düzeyinin azaldığı belirlenmiştir (Tocher vd., 2002; Puangkaew vd., 2005). Farklı oranlarda selenyum ilave edilerek yapılan bu çalışmada ise çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık ayları ile birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran aylarında incelenen tüm dokularda MDA düzeylerinin arttığı görülmüştür. Fakat bu artış selenyum uygulamasıyla inhibe edilmiştir.

Bazı araştırmacılar tarafından selenyumun antioksidan etkisi yemde yeterli düzeyde bulunan vitamin E ile sinerjik etkileşimine bağlanmıştır (Poston vd., 1976; Gatlin ve Wilson, 1984; Bell vd., 1985; Gatlin vd., 1986). Gatlin vd. (1986) fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlar için selenyum ve vitamin E'nin farklı iki kimyasal madde olmasına rağmen birbirlerini tamamlayıcı bileşenler olduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucuna göre yemde artan selenyum düzeyi ile MDA seviyesi azalmıştır. Bu sonuç yukarıda adı geçen araştırmacılar ile uyumlu bir şekilde selenyum ve vitamin E arasındaki sinerjik etkiye bağlı olarak antioksidan aktivitenin artması ve bunun sonucunda oksidatif stresin engellenmesi ile açıklanabilir.

4.2.2. Redükte Glutatyon (GSH) Düzeyindeki Değişimler

Redükte glutatyon (GSH) serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasara karşı koruyan çok önemli bir antioksidandır. Genetik bilgiye ihtiyaç duyulmadan sentezlenebilen bir tripeptittir (Piner, 2005). Glutatyon GST ve GSH-Px enzimleri tarafından substrat olarak kullanılarak okside glutatyon (GSSG)'a

yükseltgenir ve daha sonra NADPH'ı elektron kaynağı olarak kullanan GR enzimi ile yeniden GSH'a indirgenir. GSH düzeyindeki değişimler canlının detoksifikasyon yeteneğinin önemli bir indikatörü olabilir. Glutasyon oksijen radikali yakalayıcı olarak antioksidan savunmada önemlidir (Durmaz Bekmezci, 2010).

GSH'ı substrat olarak kullanan GSH-Px'in aktivitesindeki azalmanın GSH miktarındaki azalmaya bağlı olduğu belirtilmiştir (Piner, 2005). Ahmad vd. (2000) GSH-Px aktivitesindeki azalmaya paralel olarak balıkların böbrek ve solungaç dokularındaki GSH düzeyinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da GSH düzeyi ile GSH-Px aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki bulunmuş, deneme süresince her iki parametrede belirlenen artma veya azalmaların birbirine paralel olduğu gözlemlenmiştir.

Balık ve krustaselerde glutasyon düzeyine selenyumun etkisini araştıran çalışmalar yapılmış ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Jovanovic vd. (1997) sazan (*Cyprinus carpio*) yemlerine katılan inorganik selenyuma (sodium selenate) kıyasla organik selenyumun (selenium yeast) antioksidan sistem üzerine daha etkili olduğunu belirlemiş, glutasyon düzeyinin inorganik selenyum uygulanan gruplarda kontrol grubuna yakın olduğunu, bu değerın plazmada organik selenyum uygulamasıyla düştüğünü tespit etmişlerdir. Tilapia'lar üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise karaciğer GSH içeriği akut selenyum uygulamasıyla azalmış, öte yandan kronik selenyum uygulamasıyla pek bir değişiklik göstermemiştir (Abbas ve Authman, 2009). Vidal vd. (2005) selenyum uygulanan alabalıkların GSH/GSSG oranında herhangi bir değişiklik belirlemezken, Miller vd. (2007) ve Schlenk vd. (2003) alabalıkların karaciğer glutasyon düzeyinde bir azalma belirlemişlerdir.

Benzer şekilde, total glutasyon içeriğindeki azalma kerevitlerde de bulunmuştur. Dörr vd. (2008), yemlerine 0,3 ve 1,2 mg selenyum ilave edilen *Procambarus clarkii* erkek ve dişilerinin hepatopankreas dokusundaki total glutasyon içeriğinin denemenin 30. ve 50. günlerinde düştüğünü saptamışlardır. Bu çalışmada ise selenyum, kerevitlerin kas, hepatopankreas, solungaç ve gonad dokularında glutasyon düzeyini değiştirerek antioksidan kapasiteyi arttırmıştır. Benzer bir sonuç da Elia vd. (2011) tarafından elde edilmiş yüksek dozda selenyum (1 mg/kg yem) verilen sazanların karaciğer ve böbrek dokusunda total glutasyon düzeyinin arttığı tespit edilmiştir.

Han vd. (2011) yemlere ilave edilen 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2,5 ve 5 mg selenyumun *Carassius auratus gibelio* alt türü balıkların serum GSH düzeyini 100. günün sonunda düşürdüğünü saptamışlardır. Bu sonucun aksine Pacini vd. (2012) kadife balığının

yemlerine ilave edilen 1 mg/ kg yem oranındaki selenyumun total glutayon düzeyini 0,25 mg/kg selenyum içeren yemlere göre arttırdığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak; artan glutayon düzeyi karaciğerdeki antioksidan kapasiteyi arttırmıştır. Misra ve Niyogi (2009) sodyum selenitin 50, 100 ve 200 µmol'lük konsantrasyonlarını 24 saat süreyle alabalıklara uygulamış, alabalıkların hepatositlerinde GSH ve GSSG düzeylerinin arttığını GSH/GSSG oranının ise azaldığını belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar hücre içi GSH düzeyine selenyumun etkisini araştıran çalışmalarda farklı sonuçlar elde edildiğini ve bunun nedeninin canlının türü, hücre tipi, selenyumun uygulama süresi ve dozuna bağlı olarak değişebileceğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada ise dört farklı selenyum düzeyi (0,3, 0,6, 0,9 ve 1,2 mg/kg yem) kullanılmış ve artan selenyum miktarı ile paralel olarak örnekleme yapıldığı tüm aylarda GSH düzeyinin arttığı bulunmuştur. Bu sonuç yukarıda belirtilen bazı araştırmalar ile paralellik gösterirken, bazılarıyla tezat oluşturmaktadır. Bunun nedeni, Misra ve Niyogi (2009)'nin belirttiği gibi, canlının türü, selenyumun kullanılan formu, dozu ve süresi gibi çeşitli faktörlerle ilgili olabilir.

4.2.3. Glutayon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesindeki Değişimler

Süperoksid, hidroksil ve hidrojen peroksit radikali gibi reaktif oksijen türleri özellikle mitokondri membranlarındaki oksidatif olayların bir sonucu olarak normal metabolizma sırasında oluşmaktadır. Fakat bu radikaller, vücuttaki çeşitli antioksidanlarla inhibe edilmektedirler. Bu antioksidanların en önemlilerinden biri glutayon peroksidaz (GSH-Px)'dir. Sitozolda yerleşik bir enzim olan GSH-Px, tetramer yapıda 4 selenyum atomu içeren bir enzimdir. GSH-Px hidrojen peroksit ve inorganik hidroperoksitlerin indirgenmesini sağlar (Piner, 2009).

Antioksidan enzimler üzerine selenyumun etkisi farklı krustase türlerinde araştırılmıştır. Örneğin, Chiu vd. (2010) *M. rosenbergii* yemlerine ilave edilen organik ve inorganik selenyumun antioksidan etkisini araştırdıkları çalışmalarında 0,5 ve 1 mg oranında inorganik selenyum içeren yemlerle beslenen bireylerde 75. günün sonunda daha yüksek bir GSH-Px aktivitesini gözlemlemişlerdir. Yuchuan ve Fayi (1993) *Penaeus chinensis* karideslerinin yemlerine ilave edilen selenyumun ağırlık kazancı, GSH-Px aktivitesi ile kas ve hepatopankreas dokusundaki selenyum düzeyine etkisini araştırmışlardır. Sonuçta kg yeme katılan 20 mg selenyum bu karidesler için optimal

bulunmuş ve diyetlerdeki selenyum düzeyi ile GSH-Px aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Bu sonuçların aksine Elia vd. (2007) *P. clarkii* yemlerine 1,21 mg oranında ilave edilen selenyumun 0,30 mg oranındaki selenyuma göre kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GSH-Px aktivitesini 15. gün sonunda azalttığını bulmuşlardır. Dörr vd. (2008) tarafından aynı tür üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise 0,3 ve 1,21 mg düzeyindeki selenyumun hepatopankreastaki GSH-Px aktivitesini 30. ve 50. günlerde düşürdüğü belirlenmiştir.

Krustaselerden elde edilen sonuçlara benzer şekilde balıklarda da selenyum ile GSH-Px aktivitesi arasında farklı sonuçlar elde edilmiştir (Abbas ve Authman, 2009; Atencio vd., 2009; Javanovic vd., 1997; Lin ve Shiau, 2005; Orun vd., 2008; Monteiro vd., 2009; Elia vd., 2011). Elia vd (2011) sazan diyetlerine 0,25 ve 1 mg/kg yem düzeyinde selenyum ilave ederek 0, 30 ve 60. gün sonundaki büyüme, selenyum birikimi ve antioksidan cevaptaki değişiklikleri araştırmışlardır. 60. günün sonunda balıkların karaciğer ve böbrek dokusundaki GSH-Px aktivitesinin selenyumun her iki dozuyla önemli oranda arttığını bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada ise kg diyet 0,5 mg oranında ilave edilen selenometiyonin ve sodyum selenitin *Carassius auratus gibelio* türü balıkların kas dokusunda GSH-Px aktivitesini yükselttiği tespit edilmiştir (Wang vd., 2007). Han vd. (2011) tarafından aynı tür üzerine yapılan başka bir çalışmada da yeme katılan 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2,5 ve 5 mg dozundaki selenyumun artan düzeyine paralel olarak hepatik GSH-Px aktivitesinin 100. günün sonunda arttığı bulunmuştur. Benzer şekilde Lin ve Shiau (2005) *Epinephelus malabaricus* türü balıkların yemlerine 0, 0,5, 1, 2, 3, 5 mg/kg oranında selenyumu ilave etmiş ve 8. haftanın sonunda balıkların karaciğerinde artan selenyum düzeyi ile GSH-Px aktivitesinin arttığını açıklamışlardır. Gatlin vd. (1986) 19 hafta boyunca 0,2 mg selenyumun verildiği kanal yayın balıklarında, selenyum içermeyen yemlerle beslenen balıklara kıyasla karaciğer GSH-Px aktivitesinin önemli oranda arttığını tespit etmişlerdir. Benzer bir sonuç alabalıklarda bulunmuş selenyum eksikliği ile GSH-Px aktivitesinin düştüğü, yemlere yeterli düzeyde selenyum ilavesiyle bu olumsuzluğun giderildiği gözlemlenmiştir (Bell vd., 1986).

Öte yandan, yukarıda sıralanan araştırmacıların elde ettiği bu bulguların aksine Pacini vd. (2012) kadife balıklarında kg yeme katılan 1 mg selenyumun karaciğer ve böbrekteki selenyuma bağlı GSH-Px aktivitesini 4. ve 8. haftalarda düşürdüğünü bulmuşlardır.

Selenyuma bağlı olarak GSH-Px aktivitesinde belirlenen bu farklılıkların nedeni canlının türü, selenyumun uygulama süresi ve düzeyi, selenyumun formu, mevsimler ve diğer çevresel faktörler ile açıklanabilir (Elia vd., 2007; Elia vd., 2011; Pacini vd., 2012). Diğer taraftan, yukarıda belirtilen ve selenyumla GSH-Px aktivitesi arasındaki pozitif ilişkiyi gösteren araştırmalarla uyumlu bir şekilde bu çalışmada da artan selenyum miktarıyla GSH-Px aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Bunun nedeni Elia vd. (2011) tarafından da belirtildiği gibi selenyumun antioksidan kapasiteyi arttırması ile açıklanabilir.

4.4.4. Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesindeki Değişimler

Glutasyon redüktaz (GR) NADPH varlığında okside glutasyon (GSSG)'u redükte glutasyon (GSH)'a indirgeyerek hücre içi GSH değişiminin dengelenmesinde rol oynayan bir enzimdir (Pena-Llopis vd., 2001).

Selenyumun kerevitlerin farklı dokularındaki GR enzim aktivitesine etkisi çeşitli çalışmalarla araştırılmıştır. Örnek olarak, Elia vd. (2007) standart bir diyetle (0,3 mg/kg Se) beslenen *P. clarkii* türü kerevitlerin hepatopankreas dokusundaki GR aktivitesinin yüksek düzeyde selenyumla (1,21 mg Se) beslenen kerevitlerle karşılaştırıldığında 15 günlük beslenme sonunda daha yüksek olduğunu, bir başka ifadeyle selenyumun artan dozuyla GR aktivitesinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Aynı tür üzerine yapılan başka bir çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuş 0,3 mg selenyuma kıyasla 1,2 mg oranındaki selenyumun 30. ve 50. günlerdeki GR aktivitesini hem erkek hem dişi bireylerin hepatopankreasında düşürdüğü bulunmuştur (Dörr vd., 2008). Bu sonuçların aksine 0,5 ve 1 mg düzeyinde organik ve inorganik selenyumun uygulandığı *M. rosenbergii*'lerde GR aktivitesinin kontrol grubu kerevitlerine göre bütün deneme gruplarında 75. günün sonunda arttığı, bu artışın en fazla 1 mg düzeyinde inorganik selenyumun (sodyum selenat) uygulandığı gruplarda gerçekleştiği belirlenmiştir. GR enziminin yanı sıra SOD, CAT ve GSH-Px enzim aktivitelerinin de arttığı saptanmış, selenyumun *Debaryomyces hansenii* patojenine karşı vücudun hastalık direncini ve antioksidan kapasitesini arttırdığı bulunmuştur (Chiu vd., 2010).

Kerevitlerin yanı sıra balıklarda da bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, 0,5, 1, 2, 3 ve 5 mg oranında selenyumun yemle uygulandığı *E. malabaricus* türü balıklarda 8. hafta sonundaki GR enzim aktivitesinin düştüğü belirlenmiştir (Lin ve Shiau, 2005). Elia vd. (2011), sazanlarda 0,25 ve 1 mg oranındaki selenyumun karaciğerdeki GR aktivitesini

denemenin 30. ve 60. günlerinde düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Benzer bir sonuç Pacini vd. (2011) tarafından elde edilmiş, 1 mg selenyumun 8. hafta sonunda karaciğer ve böbrek GR aktivitesini düşürdüğü saptanmıştır. Abbas ve Authman (2009) ise 0,432 mg/L konsantrasyonundaki kronik selenyum uygulaması ile 8. hafta sonundaki GR aktivitesinin Tilapia'larda azaldığını tespit etmişlerdir.

GR okside glutasyonu (GSSG) redükte glutatyona (GSH) dönüştürür. Böylece GSH/GSSG oranını sabit tutarak hücrelerin antioksidan kapasitesini artırır (Lin ve Shiau, 2005). Farklı oranlarda selenyum uygulanan bu çalışmada da deneme süresince özellikle çiftleşme ve üreme dönemi olan Kasım ve Aralık ayları ile birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran aylarında selenyumun artan dozu ile incelenen tüm dokularda GR aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Oksidatif stresi engellemek amacıyla GSH'nin kullanılması ile açığa çıkan GSSG'nin tekrar GSH'a dönüştürülmesi için GR'nin yüksek aktivite göstermesinin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.

4.4.5. Glutasyon S-Transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişimler

Glutasyon S-transferaz (GST) substrat olarak GSH'ı kullanan, elektrofilik bileşiklerin ve GSH-Px ile benzer şekilde lipid hidroperoksitlerin detoksifiye edilmesinde rol alan bir enzimdir (Piner, 2009).

Farklı krustase türlerinde dokulardaki spesifik GST enzim aktivitesinin belirlenmesine yönelik birkaç çalışma yapılmıştır. *Orconectes limosus* türü kerevitlerde solungaç ve kas dokusuna kıyasla en yüksek GST aktivitesi hepatopankreasta bulunmuştur (Barkovic vd., 2008). Arun ve Subramanian (1998) *Macrobranchium malcolmsonii* türünde GST aktivitesini en yüksek hepatopankreasta en düşük ise kas dokusunda bulmuşlardır. Bu çalışmada ise deneme yemleri uygulanmadan önce çalışmanın başlangıcı olan Eylül ayı sonunda alınan doku örneklerinde en yüksek GST aktivitesi solungaç dokusunda en düşük ise hepatopankreas dokusunda belirlenmiştir.

Bazı krustase türlerinde selenyumun GST enzim aktivitesine etkisini araştıran çalışmalar yapılmıştır. Chiu vd. (2010) *M. rosenbergii* türü karideslerin yemlerine 0,5 ve 1 mg/kg yem düzeyinde organik (seleno-L-metiyonin) ve inorganik (sodyum selenat) selenyumu ayrı ayrı katarak farklı yemler oluşturmuşlardır. Kontrol yemlerine kıyasla 75 gün boyunca uygulanan bu deneme yemlerinin hepatopankreas dokusundaki GST aktivitesini arttırdığını, bu artışında en yüksek inorganik selenyum içeren yemlerle

sağlandığını bulmuşlardır. *P. clarkii* türü kerevitler üzerine yapılan diğer bir çalışmada düşük düzeyde (0,30 mg/kg yem) selenyum içeren yemlerle beslenen kerevitlere kıyasla, yüksek oranda (1,21 mg/kg yem) selenyum içeren yemlerle beslenen dişi kerevitlerde 30. ve 50. gün sonundaki GST aktivitesinin arttığı saptanmıştır (Dörr vd., 2008). Dört farklı düzeyde (0,3, 0,6, 0,9 ve 1,2 mg/kg yem) selenyumun uygulandığı bu çalışmada ise Dörr vd. (2008)'in elde ettiği sonuçların aksine araştırma süresince artan selenyum miktarı ile GST aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. GSH-Px'den farklı olarak selenyumdan bağımsız aktivite gösteren GST'ler (Cnubben vd., 2001; Sen ve Packer, 2000) selenyum eksikliği durumunda devreye girerek GSH-Px'in eksikliğini doldururlar. Selenyumun varlığında ise GST enziminin bu aktivitesi baskılanır (Leblanc ve Dauterman, 2000). Bu çalışmada da 0,3 mg oranında selenyum uygulanan kerevitlerde belirlenen yüksek GST aktivitesinin nedeni, selenyumun düşük dozuna bağlı olarak GSH-Px aktivitesinin oksidatif stresi engellemek için yetersiz kalması ve GST'nin devreye girmesi olabilir. Yüksek düzeyde selenyum uygulaması ile GSH-Px aktivitesindeki artış ve GST aktivitesindeki azalma bu sonuçları doğrular niteliktedir.

Diğer taraftan yüksek GST aktivitesinin MDA düzeyindeki artıştan kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Piner, 2005). Yine bu çalışmada da düşük oranda selenyum uygulanan gruplarda yüksek MDA düzeyiyle paralel olarak oksidatif stresi engellemek amacıyla GST aktivitesinin arttığı görülmüştür.

Krustaselerin yanı sıra balıklarda da selenyum ve GST aktivitesi arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, kadife balıklarında deneme başlangıcına göre kg yeme 0,25 mg oranında katılan selenyumun karaciğer ve böbrekteki GST aktivitesini 4. ve 8. haftalarda düşürdüğü, fakat kg yeme 1 mg oranında katılan selenyumun bu düşüşü inhibe ettiği belirlenmiştir (Pacini vd., 2012). Elia vd. (2011) tarafından aynı dozlar kullanılarak sazanlarda yapılan diğer bir çalışmada ise kg yeme katılan 1 mg'lık selenyumun 0,25 mg selenyuma göre karaciğer ve böbrek dokusundaki GST aktivitesini arttırdığı saptanmıştır. Selenyum içermeyen yemlere kıyasla kg yemde 0,2 mg düzeyinde bulunan selenyumun yayın balıklarında karaciğer GST aktivitesini düşürdüğü gözlemlenmiştir (Gatlin vd., 1986). Benzer şekilde alabalıklar üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada 1,022 mg selenyum içeren yemlere kıyasla yetersiz düzeyde selenyumla (0,025 mg/kg yem) beslenen balıkların karaciğer ve plazma GSH-Px aktivitesi düşmüş, GST aktivitesi ise yükselmiştir (Bell vd., 1986). Bu çalışmada da düşük dozda (0,3 mg) selenyum uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında selenyumun artan dozu ile birlikte

kerevitlerin dokularındaki GST aktivitesinin azaldığının belirlenmiş olması Gatlin vd. (1986) ve Bell vd. (1986)'nin sonuçları ile paralellik göstermektedir.

4.2.6. Paraoksanaz (PON) ve Arilesteraz (ARE) Aktivitesindeki Değişimler

Paraoksonaz, yüksek dansiteli lipoprotein (HDL)'ye bağlı, organofosfat ajanları ve düşük dansiteli lipoprotein (LDL)'in oksidasyonu ile lipid peroksidlerin oluşumuna ve diğer radikallere karşı koruyucu rol oynayan önemli bir enzimdir. Paraoksonaz enzimi detoksifikasyon ve antioksidan özelliğe sahip olup hidrojen peroksiti (H_2O_2) hidroliz edebilir. Hidrojen peroksit, başlıca reaktif oksijen türüdür ve oksidatif stres altında LDL oksidasyonuna neden olan reaktif oksijen türüne dönüşür. Dolayısıyla, paraoksonazın, okside LDL'deki kolesterol linoleat hidroperoksidleri ve hidroksitleri indirgemesi nedeni ile peroksidaz benzeri aktivitesi de olduğu bildirilmiştir (Özkan vd., 2004; Turk vd., 2004; Miyamoto vd., 2005).

Kerevitlerde paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivitesi üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bunun yanı sıra balıklarda paraoksonaz ve arilesteraz enzim aktivitesi ile ilgili farklı teoriler vardır. Bazı araştırmacılar balıklarda bu enzim aktivitelerinin olmadığını iddia ederken (Mackness vd., 1996; Durrington vd., 2001; Başkol ve Köse, 2004) bazı araştırmacılar ise bu enzim aktivitelerinin balıklarda görüldüğünü ifade etmişlerdir (Bastos vd., 1998a, b; Folly vd., 2001; Beyaztaş vd., 2007; Altınok vd., 2012; Karataş ve Kocaman, 2012; Yonar vd., 2012). Bu çalışmalar da genellikle balıklardaki enzimlerin yalnızca saflaştırması ve düzeyinin belirlenmesi yönünde olmuştur. Örneğin, Beyaztaş vd. (2007) sazanlara kadmiyum, bakır, civa ve kobalt gibi ağır metalleri uygulamış, bu maddelerin paraoksonaz enzimini farklı düzeylerde inhibe ettiğini bulmuşlardır. Alabalıklarda yapılan başka bir çalışmada normal ve albino gökkuşağı alabalıklarında serum PON aktivitesinin düzeyi karşılaştırılmış ve sonuçta albino türlerde PON aktivitesi daha yüksek bulunmuştur (Karataş ve Kocaman, 2012). Aynı balık türünde yapılan diğer bir çalışmada ise, bir pestisit olan carbosulfan'ın plazma PON aktivitesini istatistiksel olarak önemsiz bir düzeyde azalttığı belirlenmiştir (Altınok vd., 2012). Yonar vd. (2012) sazanlara krom uygulamasıyla serumdaki PON ve ARE aktivitesinin azaldığını fakat bu azalmanın propolis uygulamasıyla engellendiğini belirlemişlerdir.

Son yıllarda insan ve ratlar üzerine yapılan çalışmalarda paraoksonaz düzeyi ile oksidatif stres arasında karşılıklı bir ilişki olduğu ileri sürülmüş fakat bu mekanizma tam olarak aydınlatılamamıştır (Aviram ve diğ., 1999). Bu çalışmada da özellikle çiftleşme ve üreme dönemi ile birinci devre yavruların olduğu aylarda dokulardaki PON ve ARE enzim aktivitelerinin düştüğü, bu düşüşün selenyumun artan dozu ile engellendiği belirlendi. Düşük dozda selenyum verilen kerevitlerin incelenen dokularında tespit edilen PON ve ARE enzim aktivitesindeki düşüşün nedeni oksidatif strese bağlanabilir. Fakat artan selenyum düzeyi ile bu enzim aktivitelerinin yükselmesi selenyumun antioksidan özelliği ile açıklanabilir.

4.3. Kas Dokusunda Selenyum Düzeyindeki Değişimler

Farklı balık ve krustase türlerinde selenyum gereksiniminin yanı sıra büyüme, bağışıklık, oksidatif stres ve antioksidan durum üzerine selenyumun etkisini araştıran çalışmaların hemen hemen tamamında dokulardaki selenyum birikimi de incelenmiştir. Örneğin, Dörr vd. (2008) *P. clarkii* türü kerevitlere 50 gün süreyle 1,2 mg oranında selenyumun yemle verilmesinden sonra hem erkek hem de dişi bireylerin hepatopankreas dokusundaki selenyum konsantrasyonunun 0,3 mg oranında verilenlere göre arttığını belirlemişlerdir. Aynı türler üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise selenyumla zenginleştirilmiş (1,21 mg) yemle beslenen kerevitlerin kontrol grubu kerevitlerine (0,3 mg) kıyasla hepatopankreas dokusundaki selenyum düzeyi yüksek bulunmuş, erkeklerde bu artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Elia vd., 2007). Küçükbaş vd. (2009) tarafından alabalıklarda yapılan bir çalışmada, 0,15 ve 0,30 mg oranında sodyum selenit ve selenometiyonin 12 hafta süreyle balıklara yemle verilmiş sonuçta yemdeki selenyum düzeyiyle serum ve kas dokusundaki selenyum düzeyinin doğrusal bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuca paralel olarak bazal diyetle beslenen *Carassius auratus gibelio* türü balıkların kasındaki selenyum düzeyi, selenyum kaynağı olarak sodyum selenit ve selenometiyonin ile beslenen balıklara göre daha düşük bulunmuştur (Wang vd., 2007).

E. malabaricus türü balıklarda yapılan diğer bir çalışmada da yemlere 0,5; 1; 2; 3 ve 5 mg selenometiyonin ilave edilmiş yemdeki artan selenyum oranına bağlı olarak hepatik dokudaki selenyum düzeyinin arttığı tespit edilmiştir. Kontrol balıkları için selenyum düzeyi 0,64 µg/g doku bulunurken, 0,5; 1; 2; 3 ve 5 mg selenyum uygulanan balıklarda bu düzey sırasıyla; 0,92; 1,17; 1,80; 1,90 ve 2,19 µg/g doku olarak bulunmuştur

(Lin ve Shiau, 2005). Sazanlarda yapılan diğ er bir çalışmada ise düşük dozda (0,25 mg) selenyum içeren yemlerle beslenen balıklara göre yüksek dozda (1 mg) selenyum verilen balıklarda 60. gün sonunda doku selenyum düzeyleri yüksekten al ağ a doğ ru böbrek, karaciğ er ve kas şeklinde belirlenmiş, yüksek dozda selenyum verilen grupların dokularındaki selenyum düzeyi düşük düzeyde verilenlere göre daha yüksek bulunmuştur (Elia vd., 2011).

Bu çalışmada da deneme başlangıcında kas dokusunda belirlenen selenyum düzeyinin gruplar arasında herhangi bir farklılık g stermediğ  ancak deneme sonunda yemde artan selenyum düzeyine paralel olarak kastaki selenyum düzeyinin de arttığı belirlendi. Bu sonuç yemde artan selenyum düzeyine bağlı olarak dokularda belirlenen selenyum düzeyindeki doğ rusal artışı gösteren yukarıdaki çalışmalarla uyum içindedir. Bununla birlikte, yemde selenyumun artan oranına kıyasla kas dokusundaki selenyum düzeyinde belirlenen artış daha sınırlı olmuştur. Örneğın  alışma başlangıcında kas dokusundaki selenyum düzeyi ortalama olarak hemen hemen tüm gruplarda 0,023 mg/g doku olarak bulunurken, deneme sonunda kontrol, deneme 1, deneme 2 ve deneme 3 gruplarında sırasıyla; 0,026; 0,028; 0,029 ve 0,030 mg/g doku olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, yukarıdaki antioksidan parametrelerden elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, selenyumun vücut tarafından antioksidan aktivite için kullanıldığ ını göstermektedir.

5. ÖNERİLER

1. Günümüzde birçok ülkede kerevit yetiştiriciliği başlıca iki amaçla yapılmaktadır. Bunlardan birincisi yumurtalı dişilerin kuluçkası ve yavru üretimi, diğeri ise bu yavruların doğal sulara stoklanacak boya ulaşınca kadar büyütülmesidir. Bunlarla birlikte, son yıllarda bazı türlerden yavru elde edilmesi ve bu yavruların market boyuna ulaştırılınca kadar yoğun stoklama ile büyütülmesi çalışmalarında da bir artış bulunmaktadır. Yetiştiriciliği yapılacak türün seçimini etkileyen faktörlerin başında ise yumurta ve yavru sayısı gelmektedir. *A. leptodactylus* diğer Astacid türlerle karşılaştırıldığında nispeten daha yüksek yumurta verimine sahip türler arasında kabul edilmektedir. Bununla birlikte, bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular selenyum ilave edilerek düzenlenmiş yemlerle beslenen *A. leptodactylus*'ların üreme verimliliğinin (pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısı) artırılabilineceğini göstermektedir. Dolayısıyla, *A. leptodactylus* özellikle yurdumuzda kerevit üretim ve yetiştiriciliği yapmak isteyen girişimcilere önerilebilecek bir tür konumunda görünmektedir.

2. Doğal kerevit türümüz olan *A. leptodactylus*' un ekonomik değerinin her geçen gün artmasına rağmen çeşitli faktörlerle doğal stoklarında hızlı azalmalar görülmektedir. Bu nedenle stokların korunmasına yönelik yürütülecek üretim ve yetiştiricilikle ilgili çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Kerevitlerin yemleri ve beslenmeleri, kerevit yetiştiriciliğinde yem formülasyonu ve düzenlenmesi, yemlerin imalatı ve saklanması, beslenmeden kaynaklanabilecek hastalık ve kayıpların önüne geçilmesi, antioksidan kapasitenin arttırılarak stresin azaltılması, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, yüksek miktarda pleopodal yumurta ve yavru elde edilmesini konu edinen besleme ile ilgili araştırmaların iyi planlanıp yürütülmesi ve sonuçların sağlıklı bir şekilde analiz edilmesi yetiştiricilikle ilgili bu çalışmaların önemli bir ayağını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, doğal türümüz olan *A. leptodactylus*'un üreme verimliliğinin beslenme yoluyla artırılabilineceği çalışmamız sonucunda belirlenmiştir. Bu nedenle, doğal türümüzün üretim ve yetiştiriciliğinin yapılması ve bunun besleme çalışmaları ile desteklenmesi önerilmektedir.

3. Kerevit yeminde 0,9 – 1,2 mg/kg selenyum bulunması *A. leptodactylus*'dan daha fazla pleopodal yumurta ve birinci devre yavru elde edilmesini sağladığı için kerevit üretimimizin artırılmasına olumlu yönde katkıda bulunacaktır. Bunun sonucunda da lüks bir gıda maddesi olarak tüketilen ve üretiminin büyük çoğunluğu döviz karşılığı bazı Avrupa ve İskandinavya ülkelerine ihraç edilen kerevitin verimliliğinin artmasıyla ulusal ekonomiye olumlu yönde katkıda bulunulacağından ülkemizde *A. leptodactylus*'un üretim ve yetiştiriciliğinin yapılması önerilmektedir.

4. Selenyum çiftleşme ve yumurtlama döneminin başladığı Kasım ve Aralık ayları ile birinci devre yavruların oluşmaya başladığı Mayıs ve Haziran aylarında oksidatif stresi inhibe ederek antioksidan kapasiteyi arttırdığından özellikle bu dönemlerde kerevit yemlerine yukarıda belirtilen dozlarda selenyum ilave edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, H.H.H. and Authman, M.M.N.,** 2009. Effects of Accumulated Selenium on Some Physiological Parameters and Oxidative stress indicators in Tilapia fish (*Oreochromis* spp.), *American-Eurasian Journal Agricultural Environmental Sciences*, **5**, 219-225.
- Abdollahi, M., Bahreini-Moghadam A., Emmami, B., Fooladian, F. and Zafariet, K.,** 2003. Increasing Intracellular cAMP and cGMP Inhibits Cadmium- Induced Oxidative Stress in Rat Submandibular Salivary, *Comparative Biochemistry and Physiology C*, **135**, 331-336.
- Ackefors, H., Castell, J.D., Boston, L.D., Raty, P. and Svensson, M.,** 1992. Standart Experimental Diets for Crustacean Nutrition Research. II. Growth and Survival of Juvenile Crayfish *Astacus astacus* (Linne) Fed Diets Containing Various Amounts of Protein, Carbohydrate and Lipid, *Aquaculture*, **104**, 341-356.
- Ackefors, H. and Lindqvist, O.V.,** 1994. Cultivation of Freshwater Crayfishes in Europe, in *Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Australia, Families Astacidae, Cambaridae and Parastacidae*, Ed. Huner, J.V., Food Products Press, New York.
- Ackefors, H.,** 2000. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective, *Fish and Fisheries*, **1**, 337-359.
- Ahmad S.,** 1995. Antioxidant Mechanisms of Enzymes and Proteins, in *Oxidative Stress and Antioxidant Defences in Biology*, pp. 238-265, Ed. Ahmad, S., Chapman & Hall, USA.
- Ahmad, I., Hamid, T., Fatima, M., Chand, H.S., Jam, S.K., Athar, M., and Raisuddin, S.,** 2000. Introduction of hepatic antioxidant in freshwater catfish (*Channa punctatus* Bloch) is a biomarker of paper mill effluent exposure. *Biochemical et Biophysica Acta*, **1523**, 37-48.
- Ahmad, M.H., El-Marakby, H.I., Seden, M.E.A., Abdel-Tawwab, M. and Abou-El-Atta, M.E.,** 2006. The use of organic selenium in pratical diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): effect on growth performance, feed utilizarion, whole-body composition and entropathogenic Aeromonas hydrophila-challenge, *7th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Boca Del Rio, Veracruz, Mexico, 95-107.

- Akkuş, İ.**, 1999. Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri, Mimoza Yayınları, Konya.
- Aldridge, W.N.**, 1953. Serum esterases II. an enzyme hydrolysing diethyl p-nitrophenylphosphate (EGOO) and its identity with A-esterase of mammalian sera, *Biochemical Journal*, **53**, 117-124.
- Altinok I., Capkın, E. and Boran, H.**, 2012. Mutagenic, genotoxic and enzyme inhibitory effects of carbosulfan in rainbow trout *Orconhynchus mykiss*, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **102**, 61-67.
- Anderson, M.E.**, 1998. Glutathione: an overview of biosynthesis and modulation, *Chemico-Biological Interactions*, **111-112**, 1-14.
- Armstrong, R. N.**, 1997. Structure, catalytic mechanism, and evolution of the glutathione transferases, *Chemical Research in Toxicology*, **10**, 2-18.
- Arun, S. and Subramanian, P.**, 1998. Antioxidant Enzymes in Freshwater Prawn *Macrobranchium malcolmsonii* During Embryonic and Larval Development, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, **121**, 273-277.
- Atay, D.** 1984. Kabuklu Su Ürünleri ve Üretim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 914, Ankara.
- Atentico, L., Moreno, I., Jos, A., Prieto, A.I., Moyano, R., Blanco, A. Camean, A.M.**, 2009. Effects of dietary selenium on the oxidative stress and pathological changes in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to a microcystin-producing cyanobacterial water bloom. *Toxicon*, **53**, 269-282.
- Ateşşahin, A.**, 1999. Deneysel olarak selenyum zehirlenmesi oluşturulan koyunlarda kan ve doku selenyum düzeylerinin belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Elazığ.
- Aviram, M., Rosenbalt, M., Billecke, S., Erogul, J., Sorenson, R., Bisgaier, C.L., Newton, R.S. and La Du, B.**, 1999. Human serum paraoxonase (pon 1) is inactivated by oxidized low density lipoprotein and preserved by antioxidants, *Free Radical Biology & Medicine*, **26**, 892-904.
- Aydın, H.**, 1992. Farklı Yemlerle Beslenen Kerevit (*Astacus Leptodactylus*, Eschscholtz 1823) Yavrularının Büyüme Oranlarının Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Azarsız, E. ve Sönmez E.Y., 2000.** Paraoksonaz ve klinik önemi, *Türk Biyokimya Dergisi*, **25**, 109-119.
- Baker, D.C., James, L.F., Hartley, W.J., Panter, K.E., Maynard, H.D. and Pfister, J., 1989.** Toxicosis in Pigs Fed Selenium-Accumulating Astragalus Plant Species or Sodium Selenate, *American Journal of Veterinary Research*, **50**, 1369-1399.
- Balık, E., 1986.** Doku İncinmesi ve Yangısal Olaylarda Oksijen Serbest Radikallerinin Önemi, *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, **25 (2)**, 809-815.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Sarı, H.M. ve Berber, S., 2005.** Demirköprü Baraj Gölü (Manisa) Tatlı Su İstakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823)'nın Bazı Büyüme ve Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **22 (1-2)**, 83-89.
- Barım, Ö., 2005.** Keban Baraj Gölü'nde Yaşayan Tatlı Su İstakozu (*Astacus leptodactylus*, Esch. 1823) Rasyonuna Farklı Oranlarda İlave Edilen Vitamin E'nin Etkileri, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Başkol, G. ve Köse, K., 2004.** Paraoksonaz: Biyokimyasal özellikleri, fonksiyonları ve klinik önemi, *Erciyes Tıp Dergisi*, **26 (2)**, 75-80.
- Barkovic, S.S., Pavlovic, S.Z., Kovacevic, T.B., Stajn, A.S., Petrovic, V.M. and Saicic, Z.S., 2008.** Antioxidant defence enzyme activities in hepatopancreas, gills and muscle of Spiny cheek crayfish (*Orconectes limosus*) from the River Danube, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, **147**, 122-128.
- Bastos, V.L.F.C., Folly, E., Rossini, A., Ceccarelli, P.S., Senhorini, J.C. and Bastos, J.C., 1998a.** Paraaxonase activity in liver of Pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Characidae), *Revista Brasileira Zoologica*, **15(5)**, 677-685.
- Bastos, V.L.F.C., Rossini, A., Alves, M.V., Ceccarelli, P.S., Ferraz de Lima, J.A. and Bastos, J.C., 1998b.** Paraaxonase activity in sera from *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Characidae) and *Hypostomus punctatus* Valenciennes (Siluridae), *Revista Brasileira Zoologica*, **15(3)**, 665-675.
- Batı, B., 1991.** Selenyumun β -Fenilditiyokarbazik asit ile spektrofotometrik tayini, *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Behne, D., Gessner, H. and Kyriakopoulos, A., 1996.** Information on the selenium status concentrations in blood fractions, hair and nails, *Journal of Trace Elements in Medicine Biology*, **10**, 174-179.

- Beckman, J. and Tsai, J.H.,** 1994. Reactions and Diffusion of Nitric Oxide and Peroxynitrite, *The Biochemistry*, **16 (5)**, 8-10.
- Bell, J.G., Cowey, B.C., Adron, J.W. and Shanks, A.M.,** 1985. Some Effects of Vitamin E and Selenium Deprivation on Tissue Enzyme Levels and Indices of Tissue Peroxidation in Rainbow Trout (*Salmo gaidneri*), *British Journal of Nutrition*, **55**, 305-311.
- Bell, J.G., Pirie, B.J.S., Adron, J.W. and Cowey, B.C.,** 1986. Some effects of selenium deficiency on glutathione peroxidase (EC 1.11.1.9) activity and tissue pathology in Rainbow trout (*Salmo gaidneri*), *British Journal of Nutrition*, **55**, 305-311.
- Bell, J.G., Cowey, B.C., Adron, J.W. and Pirie, B.J.S.,** 1987. Some effects of selenium deficiency on enzyme activities and indices of tissue peroxidation in Atlantic salmon parr (*Salmo salar*), *Aquaculture*, **65**, 43-54.
- Bell, J.G., Castell, J.D., Tocher, D.R., McDonald, F.M. and 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, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya Anabilim Dalı, Elazığ.
- Beutler, E., Deron, O. and Kelly, B.M.,** 1963. Improved method for the determination of blood glutathione, *Journal Laboratory and Clinical Medicine*, **61 (5)**, 882-888.
- Beutler, E.,** 1975. Red cell metabolism, A Manual of Biochemical Methods, Grune Strottan, New York.
- Beyaztaş, S., Türker, D., Sinan, S. ve Arslan, O.,** 2007. *Cyprinus carpio* paraoksonaz enziminin bazı ağır metallerle inhibisyon etkisinin incelenmesi, 21. Ulusal Kimya Kongresi, 23-27 Ağustos, Malatya.
- Bharath, S., Hsu, M., Kaur, D., Rajagopalan, S. and Andersen, J.K.,** 2002. Glutathione, iron and Parkinson's disease, *Biochemical Pharmacology*, **64**, 1037-1048.

- Bolat, Y.,** 2001, Eğirdir Gölü Hoyran Bölgesi tatlı su istakozlarının (*Astacus leptodactylus salinus* Nordman, 1842) populasyon büyüklüğünün tahmini, *Doktora tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Cadenas, E.,** 1995. Mechanisms of oxygen activation and reactive oxygen species detoxification, in *Oxidative Stress and Antioxidant Defenses in Biology*, pp. 1-60, Ed. Ahmad, S., Chapman & Hall, New York.
- Calder, P.C., Field, C.J. and Gill, H.S., 2002.** Nutritional and Immune Function, in *Selenium and the Immune System*, pp. 229-250, Eds. McKenzie, R.C. & Arthur, J.R. & Miller, S.M. & Raffery, T.S. & Beckett, G.J., CAB International Publishing, USA.
- Cao, Y.Z., Reddy, C.C. and Sordillo, L.M.,** 1999. Altered eicosanoid biosynthesis in selenium-deficient endothelial cells, *Free Radical Biology & Medicine*, **28**, 381-389.
- Carlberg, I. and Mannervik, B.,** 1975. Purification and characterization of the flavoenzyme glutathione reductase from rat liver, *Journal of Biological Chemistry*, **250**, 5475–5480.
- Carmano-Osalde, C., Olvera-Novoa, M.A. and Rodriguez-Serna, M.,** 2005. Effect of protein-lipids ratio on growth and maturation of the crayfish *Procambarus (Austrocambarus) llamasi*, *Aquaculture*, **250**, 692-699.
- Celada, J.D., Carral, J.M., Gaudioso, V.R., Temino, C. and Fernandez, R.,** 1989. Response of Juvenile Freshwater Crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) to Several Fresh and Artificially Compounded Diets, *Aquaculture*, **76**, 67-78.
- Cheeseman, K.H. and Slater, T.F.,** 1993. An Introduction to Free Radical Biochemistry, *British Medical Bulletin*, **49**, 481-493.
- Chiu, S.T., Hsieh, S.L., Yeh, S.P., Jian, S.J., Cheng, W. and Liu, C.H.,** 2010. The increase of immunity and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* by feeding with selenium enriched-diet, *Fish & Shellfish Immunology*, **29**, 623-629.
- Cnubben, N.H.P., Rietjens, I.M.C.M., Wortelboer, H., van Zanden, J. and van Bladeren, P.J.,** 2001. The interplay of glutathione-related processes in antioxidant defense, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **10**, 141-152.
- Cochran, C.G.,** 1991, Cellular Injury by Oxidants, *American Journal of Medicine*, **92**, 235-305.

- Cotter, P.**, 2006. Dietary selenium in cultured hybrid striped bass, , *Master Thesis*, The Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Çetinkaya, O.**, 1995. Balık Besleme, Yüzüncü Yıl üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 9, Van.
- Çinkiloğlu, E.**, 2007. *Cyprinus carpio*'da savunma sistemi, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz enzim aktivitesine n-asetilsistein modülatörlüğünde etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Dandapat, J., Chainy, G.B.N. and Rao, K.J.**, 2000. Dietary Vitamin E Antioxidant Defence System in Giant Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, **127**, 101-115.
- Delibaş, N. ve Özçankaya, R.**, 1995. Serbest Radikaller, *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, **2**, 11-17.
- Dikici, İ.**, 1999. Akut viral hepatitlerle interferon tedavisi görmüş kronik viral hepatitlerde oksidatif stresin araştırılması, *Uzmanlık Tezi*, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Konya.
- Dörr, A.J.M., Pacini, N., Abete, M.C., Prearo, M. and Elia, A.C.**, 2008. Effects of a Selenium-Enriched Diet on Antioxidant Response in Adult Crayfish (*Procambarus clarkii*), *Chemosphere*, **73**, 1090-1095.
- Dreher, I., Jakobs, T.C. and Köhrle, J.**, 1997. Cloning and characterization of the human selenoprotein P promoter, *The journal of Biological Chemistry*, **272**, 29364-29371.
- Dubravka, J., Milena, T., Branka, R., Vrea, S.R., Elsa, R. and Martin, B.**, 2001. Serum paraoxonase activities in the hemodialyzed uremic patients: Chort study, *Clinical Science*, **42**, 146–150.
- Durrington, P.N., Mackness, B. and Mackness, M.I.**, 2001, Paraoxonase and atherosclerosis, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, **21**, 473-480.
- Durmaz Pekmezci, H.**, 2010. Aşağı Seyhan Ovası Drenaj Sistemlerindeki Kirlilik Etmenlerinin *Clarias gariepinus*'da toksik etkileri, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Durve, V.S. and Lovell, R.T.,** 1982. Vitamin C and disease resistance in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39 (7)**, 948-951.
- Eaton, D.L. and Bammler, T.K.,** 1999. Concise review of the glutathione S-transferases and their significance to toxicology, *Toxicol Sciences*, **49**, 156-164.
- Elia, A.C., Dörr, A.J.M., Prearo, M. and Abete, M.C.,** 2007. Detoxification enzymes of freshwater crayfish *Procambarus clarkii* fed a diet enriched in selenium: Preliminary results, *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, **40 (3)**, 195-199.
- Elia, A.C., Prearo, M., Pacini, N., Dörr, A.J.M. and Abete, M.C.,** 2011. Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **74**, 166-173.
- Elman, G.L.,** 1959. Tissue sulphydryl groups, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **82**, 70-77.
- Erdem, M.S.T.,** 2004. ST Elevasyonlu miyokard infarktöslü (Stemi) hastalarda insan paraoksonase geni Met-Leu/55 polimorfizmi, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Merkezi, İstanbul.
- Erdemli, A.Ü.,** 1983. Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber Gölleri ile Apa Baraj Gölünde Tatlı Su İstakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) Populasyonlarının Bazı Biyolojik ve Morfolojik Özellikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma, *Doğa Bilim Dergisi*, **7**, 313-318.
- Erdemli, A.Ü.,** 1984. Tatlı su İstakozu (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz 1823), Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksek Okulu Yayınları, Yayın No: 2, Eğirdir, Isparta.
- Fan, M.A. and Kizer, K.W.,** 1990. Selenium: Nutritional, Toxicologic, and Clinical Aspects, *The Western Journal of Medicine*, **153**, 160-167.
- Farber, S.,** 1998. Undesirable Facilities and Property Values: A Summary of Empirical Studies, *Ecological Economics*, **24 (1)**, 1-14.
- Fjoelstad, M. and Heyeraas, A.L.,** 1985. Muscular and myocardial degeneration in cultured Atlantic salmon, *Salmo salar* L., suffering from "hitra disease", *Journal of Fish Diseases*, **8**, 173-182.

- Folly, E., Bastos, V.L.C., Alves, M.V., Bastos, J.C. and Atella, G.C.,** 2001. A high density lipoprotein from *Piaractus mesopotamicus*, pacu, (Osteichthyes, Characidae), is associated with paraoxonase activity, *Biochimie*, **83**, 945-951.
- Foster, L.H. and Sumar, S.,** 1997. Selenium in health and disease: A review, *Reviews in food Science and Nutrition*, **37**, 211-228.
- Gan, N., Smolen, A., Eckerson, W. and La Du B.N.,** 1991. Purification of human serum paraoxonase/arylesterase, Evidence for one esterase catalyzing both activities, *Drug Metabolism and Disposition*, **19**, 100-106.
- Gatlin III, D.M. and Wilson, R.P.,** 1984. Dietary selenium requirement of fingerling Channel catfish, *In The Journal of Nutrition*, **114**, 627-633.
- Gatlin III, D.M., Poe, E.W. and Wilson, R.P.,** 1986. Effects of Singular and Combined Dietary Deficiencies of Selenium and Vitamin E on Fingerling Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*), *In The Journal of Nutrition*, **116**, 1061-1067.
- Geldiay, R. ve Kocataş, A.,** 1970. The preliminary report about the taxonomy and distribution of *Astacus* (Decapoda) of Turkey (in Turkish with English Summary), *Scientific Reports of the Faculty Science, Ege University*, **94**, 1-11.
- Gündoğdu, H.,** 2005. İz elementlerin balık beslemedeki önemi, *Yüksek Lisans Semineri*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Gürsu, M.F. ve Özdin, M.,** 2002. Sigara içenlerde serum paraoksonaz (PON1) aktiviteleri ile malondialdehit düzeylerinin araştırılması, *Fırat Tıp Dergisi*, **7**, 732-737.
- Goddard, J.S.,** 1988. Food and Feding, in *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*, pp. 45-166, Eds. Holdich, D.M. and Lowery, R., Chapman and Hall, London.
- Gregus, Z. and Klaassen, C. D.,** 1996. Mechanisms of toxicity, in *Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons*, pp. 35-74, Ed. Klaassen, C. D., McGraw-Hill, NewYork.
- Habig, W.H., Pabst, M.J. and Jakoby, W.B.,** 1974. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation, *The Journal of Biological Chemistry*, **249** (71), 30-7139.

- Halliwell, B.**, 1992. Reactive Oxygen Species and the Central Nervous System, *Journal of Neurochemistry*, **59** (5), 1609-1623.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C.**, 1999. Free Radicals in Biology and Medicine, Oxford University Press, London.
- Halver, J.E.**, 1989. Fish Nutrition, Second Edition, Academic Press Inc, New York.
- Hamed, R.R., Farid, N.M., Elowa, S.H.E. and Abdalla, A.M.**, 2003. Glutathione related enzyme levels of freshwater fish as bioindicators of pollution, *The Environmentalist*, **23**, 313-322.
- Hamilton, J.S.**, 2003. Review of residue-based selenium toxicity thresholds for freshwater fish, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **56**, 201-210.
- Han, D., Xie, S., Liu, M., Xiao, X., Liu, H., Zhu, X. and Yang, Y.**, 2011. The effects of dietary selenium on growth performances, oxidative stress and tissue selenium concentration of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*), *Aquaculture Nutrition*, **17**, 741-749.
- Hardie, L.J., Fletcher, T.C. and Secombes, C.J.**, 1990. The effect of vitamin E on the immune response of the atlantic salmon (*Salmo salar* L.), *Aquaculture*, **87**, 1-13.
- Harhoğlu, M.M.**, 1996. Comparative Biology of the Signal Crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), and the Narrow-Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus*, (Eschscholtz), *PhD Thesis*, Nottingham University. Department of Life Science, Nottingham, England.
- Harhoğlu, M.M.**, 1999. The effect of temperature on the mating and spawning of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **16**(3-4), 309-317.
- Harhoğlu, M.M. and Holdich, D.M.**, 2001. Meat yields in the introduced crayfish, *Pacifastacus leniusculus* and *Astacus leptodactylus*, from British waters, *Aquaculture Research*, **32**, 411-417.
- Harhoğlu, M.M., Özdemir, Y. ve Türkgülü, İ.**, 2001. Tatlı su istakozu *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)'un Türkçe bibliyografisi, XI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 513-518, Hatay.
- Harhoğlu, M.M., Köprücü, K. and Özdemir, Y.**, 2002. The effect of vitamin E on the pleopodal egg number of *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), *Aquaculture International*, **10**, 391-397.

- Harhoğlu, M.M.,** 2004a. The present situation of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey, *Aquaculture*, **230**, 181-187.
- Harhoğlu, M.M.,** 2004b. Tatlı Su İstakozu Yetiştiriciliği, Fırat Üniversitesi Yayınları, Elazığ.
- Harhoğlu, M.M. and Barım, Ö.,** 2004. The effect of dietary vitamin E on the pleopodal egg and stage 1 juvenile numbers of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), *Aquaculture*, **236**, 267-376.
- Harhoğlu, M.M.,** 2008. The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz in Turkey: harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations., *Aquaculture International*, **16**, 351-360.
- Harhoğlu, 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.
- Harhoğlu, M.M., Köprücü, K., Yılmaz, Ö., Çakmak, M.N., Aksu, Ö., Harhoğlu, A.G., Mişe Yonar, S., Çakmak Duran, T., Özcan, S., Gündoğdu, H. ve Ziriğ, M.,** 2012a. Tatlı Su İstakozu (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz)'nun Üreme Verimliliğinin Artırılması, TOVAG-1100418 Nolu Proje, Elazığ.
- Harhoğlu, M.M., Çakmak, M.N., Köprücü, K., Aksu, Ö., Harhoğlu, A.G., Mişe Yonar, S., Çakmak Duran, T., Özcan, S. and Gündoğdu, H.,** 2012b. The Effect of Dietary n-3 series fatty acids on the number of pleopodal egg and stage 1 juvenile in freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, *Aquaculture Research*, Doi: 10.1111/j.1365-2109.2012.03090.x.
- Harhoğlu, M.M., Köprücü, K., Yılmaz, Ö., Çakmak, M.N., Aksu, Ö., Harhoğlu, A.G., Mişe Yonar, S., Çakmak Duran, T., Aydın, S. Ve Özcan, S.,** 2012c. Kerevit Yemine Katılan n-3 Serisi Yağ Asitlerinin Pleopodal Yumurta, Hepatopankreas ve Kas Dokusunda Lipid Peroksidasyon ve Glutasyon Düzeylerine Etkisi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **2(5)**, 8-16.
- Harhoğlu, M.M., Köprücü, K., Harhoğlu, A.G., Mişe Yonar, S., Çakmak Duran, T., Çakmak, M.N., Aksu, Ö., Özcan, S., Kutluyer, F. and Gündoğdu, H.,** 2012d. The Effect of Dietary n-3 series fatty acids on sperm production in the freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, *Aquaculture International*, Doi: 10.1007/s10499-012.9549-x.

- Haşimoğlu, S. ve Aksoy, A.,** 1977. Rasyon Hazırlama Metotları ve Yemleme Prensipleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 224, Erzurum.
- He, H. and Lawrence, A.L.,** 1993. Vitamin E Requirement of *Penaeus vannamei*, *Aquaculture*, **118**, 245-255.
- Holdich, D.M.,** 1993. A review of astaciculture freshwater crayfish farming, *Aquatic Living Resources*, **6 (3)**, 307-317.
- Holdich, D.M.,** 2002. General Biology-Background and Functional Morphology, in *Biology of Freshwater Crayfish*, pp. 3-30, Eds. Holdich, D.M.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y. ve Fırat, A.,** 2003. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası), Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No: 50, Bornava, İzmir.
- Humbert, R., Adler, D.A., Disteche, C.M., Hassett, C., Omiecinski, C.J. and Furlong, C.E.,** 1993. The molecular basis of the human serum paraoxonase activity polymorphism, *Nature Genetics*, **3**, 73-76.
- Huner, J.V.,** 1994. Freshwater crayfish Aquaculture in North America, Europe, and Australia. Haworth Pres, New York.
- Huner, J.V.,** 1995. Ecological observations of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), and white river crayfish, *Procambarus zonangulus* (Hobbs & Hobbs, 1990), as regards their cultivation in earthen ponds, *Freshwater Crayfish*, **10**, 456-468.
- Irwin, R.J., Mouwerk, M.V., Stevens, L., Seese, M.D. and Basham, W.,** 1997. Environmental contaminants encyclopedia selenium entry, Naitonal Park Servise, Colorado.
- Jaramillo, F.,** 2006. Selenium Nutrition of *morone* hybrids including dietary requirments, bioavailability, toxicity and effects on immune responses and disease resistance, *PhD dissertation*, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- Jovanovic, A.A., Grubor-Lajsic, Djukic, N.N., Gardinovacki, G.G., Matic, A.A. and Spasic, M.M.,** 1997. The effect of Selenium on Antioksidant System in Erythrocytes and Liver of the Carp (*Cyrinus carpio* L.), *Critical Reviews in Food Sciences Nutrition*, **37 (5)**, 443-451.

- Kalaycı, Ş.**, 2010. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayınları, Ankara.
- Kalma, M.**, 1988. Konya Konuklar Beşgöz gölü istakozlarının (*Astacus leptodactylus salinus* Normdan 1842) çeşitli vücut özellikleri ve yenilebilir et oranı üzerine bir araştırma, *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, **6**, 83-95.
- Kandemir, F.M., Benzer, F., Erisir, M. and Yildirim, N.C.**, 2011. Malondialdehyde levels and glutathione peroxidase activities in the tissues of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) in culture condition, *The Journal of Animal & Plant Sciences*, **21(2)**, 146-150.
- Karadaş, F.**, 2001. Broyler rasyonlarına değişik düzeylerde katılan organik selenyumun besi performansı ve karkas kalitesine etkileri üzerine bir araştırma, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Ankara.
- Karataş, T. ve Kocaman, E.M.**, 2012. Comparison of Paraoxonase Activity, Malondialdehyde and High-Density Lipoprotein Levels in Cultivated Normal and Albino Rainbow Trout Reared in the Same Conditions, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **18(1)**, 87-90.
- Kehrer, J.P.**, 1993. Free radicals as mediators of tissue injury and disease, *Critical Reviews in Toxicology*, **23(1)**, 21-48.
- Kılınç, K.**, 1985. Oksijen Radikalleri, Üretilmeleri, Fonksiyonları, Toksik Etkileri, *Biyokimya Dergisi*, **10**, 60-89.
- Kırşan, İ.**, 2002. Serbest radikalleri ve antioksidanlar, *Bitirme Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Elazığ.
- Kim, K.W., Wang, X., Choi, S.M., Park, G.J., Koo, J.W. and Bai, S.C.**, 2003. No synergistic effects by the dietary supplementation of ascorbic acid, α -tocopheryl acetate and selenium on the growth performance and challenge test of *Edwardsiella tarda* in fingerling Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., *Aquaculture Research*, **34**, 1053-1058.
- Kocaçalışkan, İ. ve Bingöl, N.A.**, 2008. Biyoistatistik, Nobel Yayınları, Yayın No: 1305, Ankara.
- Köksal, G.**, 1988. *Astacus leptodactylus* in Europe, in *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*, pp. 365-400, Eds. Holdich, D.M. and Lowery, R., Chapman and Hall, London.

- Köksal, G., Ölmez, M., Bekcan, S. ve Güler, A.S.,** 1992. Doğal suların restorasyonu için tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus*, Esch., 1823) yavru yetiştiriciliği, *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **1**, 1-16.
- Köksal, G., Korkmaz, A.S. ve Kırkagaç, M.,** 2003. Ankara-Dikilitas Göleti Tatlı Su İstakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) Populasyonunun İncelenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, **9(1)**, 51-58.
- Köprücü, K.,** 2008. Balık Besleme, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Balık Besleme Ders Notları, Elazığ.
- Köse, K. ve Doğan, P.,** 1992, Lipid Peroksidasyonu, *Erciyes Tıp Dergisi*, **1**, 340-350.
- Kremidjian-Schumacher, L., Roy, M., Wishe, H.I., Cohen, M.W. and Stotzky, G.,** 1996. Supplementation with selenium augments the functions of natural killer and lymphokine-activated killer cells, *Biological Trace Element Research*, **52 (3)**, 227-239.
- Kumlu, M.,** 2001. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 6, Adana.
- Kumpulainen, J.T.,** 1993. Selenium in foods and diets of selected countries, *Journal of Trace Elements and Electrolytes Healt Disease*, **7**, 107-108.
- Kuşat, M. ve Bolat, Y.,** 1995. Eğirdir Gölü (Türkiye) Tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus salinus* Eschscholtz 1823)'nun boy ağırlık dağılışı ve kerevit vebası hastalığının incelenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **12**, 69-74.
- Küçükbay, F.Z., Yazlak, H., Karaca, I., Sahin, N., Cakmak, M.N. and Sahin, K.,** 2009. The effectsof dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions, *Aquaculture Nutrition*, **15**, 569-576.
- Leblanc, G.A. and Dauterman, W.C.,** 2000. Conjugation and Elimination of Toxicants, in *Introduction to Biochemical Toxicology*, pp. 115-135, Eds. Hodgson, E. & Smart, R.C., Wiley and Sons Inc., USA.
- Levander, A.O. and Whanger, P.D.,** 1996. Deliberations and evulations of the approaches, endpoints and paradigms for selenium and iodine dietary recommendations, *The Journal of Nutrition*, **126**, 2427-2434.

- Li, Y. and Lovell, R.T.**, 1985. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in Channel catfish, *Journal of Nutrition*, **115**, 123-131.
- Li, M.H., Jahnson, M.R. and Robinson, E.H.**, 1993a. Elevated dietary vitamin C concentrations did not improve resistance of channel carfish, *Ictalurus punctatus*, against *Edwardsiella ictaluri* infection, *Aquaculture*, **117**, 303-312.
- Li, W.F., Costa, L.G. and Furlong, C.E.**, 1993b. Serum paraoxonase status: A major factor in determining resistance to organophosphates, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **40**, 337-346.
- Lin, Y.H. and Shiau, S.Y.**, 2005, Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*, *Aquaculture*, **250**, 356-363.
- Lin, Y.H. and Shiau, S.Y.**, 2007. The effects of dietary selenium on the oxidative stress of grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed high copper, *Aquaculture*, **267**, 38-43.
- Livingstone, D.R.**, 2001. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms, *Marine Pollution Bulletin*, **42**, 656-666.
- Lovell, T.**, 1998. Nutrition and Feeding of Fish, Kluwer Academic Publishers, ABD.
- Lowry, O. H., Rosenberough, N. J., Farr, A.L. and Randal, R. J.**, 1951. Protein measurement with folinphenol reagent, *Journal of Biochemistry*, **193**, 265 – 275.
- Mackness, M.I., Walker, C.H. and Carson, L.A.**, 1987. Low 'A'-esterase activity in serum of patients with fish-eye disease, *Clinical Chemistry*, **3**, 587-588.
- Mackness, M.I., Mackness, B., Durrington, P.N., Connely, P.W. and Hegele, R.A.**, 1996. Paraoxonase: biochemistry, genetics and relationship to plasma lipoproteins, *Current Opinion Lipidology*, **7**, 69-76.
- Mackness, M.I., Arrol, S.I., Mackness, B. and Durrington, P.N.**, 1997. Allo-enzymes of paraoxonase and effectiveness of high density lipoproteins in protecting low density lipoprotein against lipid peroxidation, *Lancet*, **349**, 851-852.

- McCord, J.M.**, 1983. The Superoxide Free Radical: Its Biochemistry and Pathophysiology, *Surgey*, **94 (3)**, 412-414.
- Mckenzie, R.C., Raffery, T.S. and Beckett, G.J.**, 1998. Selenium: an essential element for immune function, *Immunology Today*, **19**, 342-345.
- Mckenzie, R.C.**, 2000. Selenium, ultraviolet radiation and the skin, *Clinical and Experimental Dermatology*, **25**, 1-7.
- Miller, L.L., Wang, F., Palace, V.P. and Hontela, A.**, 2007. Effects of acute and subchronic exposures to waterborne selenite on the physiological stress response and oxidative stress indicators in juvenile rainbow trout, *Aquatic Toxicology*, **83**, 263-271.
- Misra, S. and Niyogi, S.**, 2009. Selenite causes cytotoxicity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes by inducing oxidative stress, *Toxicology in Vitro*, **23**, 1249-1258.
- Miyamoto, T., Takahashi, Y., Oohashi, T., Sato, K. and Oikawa, S.**, 2005. Bovine Paraoxanase 1 activities in serum and distribution in lipoproteins, *The Journal of Veterinary Medical Science*, **67 (3)**, 243-248.
- Momot, W.T.**, 1995. Redefining the Role of Crayfish in Aquatic Ecosystems, *Reviews in Fisheries Science*, **3 (1)**, 33-63.
- Monteiro, D.A., Rantin, F.T. and Kalinin, A.L.**, 2009. The effects of selenium on oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish matriona, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) exposed to organophosphate insecticide Folisuper 600 BR® (methyl parathion), *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, **149**, 40-49.
- National Research Council (NRC)**, 1997. Nutrient Requirements of Fish, National Academic Press, Washington, USA.
- Navarre, O. and Halver, J.E.**, 1989. Disease resistance and humoral antibody production in Rainbow trout fed high levels of vitamin C, *Aquaculture*, **79**, 207-221.
- Navarro, J.C., Henderson, R.J., McEvoy, L.A., Bell, M.V. and Amat, F.**, 1999. Lipid conversion during enrichment of Artemia, *Aquaculture*, **174**, 155-166.

- New, M.B.**, 1976. A review of dietary studies with shrimp and Prawns, *Aquaculture*, **9**, 101-144.
- New, M.B.**, 1987. Feed and Feding of Fish and Shrimp, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Italy.
- Onat, T., Emerk, K. ve Sözmen, E.Y.**, 2002. İnsan Biyokimyası, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Orun, İ., Talas, Z.S., Özdemir, İ., Alkan, A. and Erdoğan, K.**, 2008. Antioxidative role of selenium on some tissues of (Cd²⁺ , Cr³⁺)- induces Rainbow trout, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **71** (1), 71-75.
- Özdin, M.**, 2003. Koroner kalp hastaları ile çeşitli risk faktörlerini taşıyan bireylerde paraoksonaz 1 ve arilesteraz aktiviteleri ile fenotiplerinin araştırılması, *Uzmanlık Tezi*, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyokimya ve Klinik Biyokimya Anabilim Dalı, Elazığ.
- Özkan, Y., Koca, S.S., Gürsu, F., Sonkaya, E., Poyrazoglu, O.K. ve Dönder, E.**, 2004. Hiperlipitemik hastalarda atorvastatin tedavisinin serum paraoksonaz-1 düzeyine etkisi, *Fırat Tıp Dergisi*, **9** (4), 123-126.
- Özmen, H.**, 1997. Yemlerle verilen selenyumun sazan (*Cyprinus carpio* L.) üzerine etkisinin incelenmesi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Elazığ.
- Pacini, N., Abete, M.C., Dörr, A.J.M., Prearo, M., Natali, M. and Elia, A.C.**, 2012. Detoxifying response in juvenile tench fed by selenium diet, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **33**, 46-52.
- Palace, V.P., Spallholz, J.E., Holm, J., Wautier, K., Evans, R.E. and Baron, C.L.**, 2004. Metabolism of selenomethionine by Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) embryos can generate oxidative stres, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **58**, 17-21.
- Palaz, M.**, 1996. Bafra balık göllerinden sağlanan tatlısu istakozunun (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) anaçlarından Sinop yöresinde yavru alma olanakları ve yavruların gelişmesine ilişkin bir araştırma, *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Patel, M.P., Marcinkeviciene, J. and Blanchard, J.S.**, 1998. *Enterococcus faecalis* glutathione reductase: purification, characterization and expression under normal and hyperbaric O₂ conditions, *FEMS Microbiology Letters*, **166**, 155-163.

- Pena-Llopis, S., Pena, J.B., Sancho, E., Fernandez-Vega, C. and Ferrando, M.D.,** 2001. Glutathione-dependent resistance of the European eel *Anguilla anguilla* to the herbicide molinate, *Chemosphere*, **45**, 671-681.
- Piner, P.,** 2005. Fenthion içeren ortamda BSO ve NAC'nin *Oreochromis niloticus*'da beyin dokusunda glutasyon metabolizması, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz aktivitesine etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Biyoloji Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Piner, P.,** 2009. Lambda-cyhalothrinin *Oreochromis niloticus*'da karaciğerde piperonil bütoksit modölatörlüğünde oksidatif stres potansiyelinin belirlenmesi, stres proteinleri ve apoptozis üzerine etkileri, *Doktora Tezi*, Biyoloji Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Placer, Z.A., Cushman, L. and Johnson, B.C.,** 1966. Estimation of products of lipid peroxidation (Malonyl dialdehyde) in biological fluids, *Analytical Biochemistry*, **16**, 359-364.
- Poston, A.H., Combs Jr., F.G. and Leibovitz, L.,** 1976. Vitamin E and Selenium Interrelations in the diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Gross, Histological and Biochemical Deficiency Signs, *Journal of Nutrition*, **106**, 892-904.
- Puangkaew, J., Kiron, V., Satoh, S. and 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 Part C*, **140**, 187-196.
- Ravi, F., Brenton, K. and Louis, E.,** 1999. Effect of a Diet Supplemented with Cod Liver Oil and Sunflower Oil on Growth, Survival and Condition Indices of Juvenile *Cherax tenuimanus* (Smith), *Freshwater Crayfish*, **12**, 478-493.
- Reed, D.J.,** 2000. Mechanisms of Chemically Induced Cell Injury and Cellular Protection, in *Introduction to Biochemical Toxicology*, pp. 221-253, Eds. Hodgson, E. & Smart, R.C., Wiley and Sons Inc., USA.
- Reigh, R.C., Braden, S.L. and Craig, R.J.,** 1990. Apparent Digestibility Coefficients for Common Feedstuff in Formulated Diets for red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii*, *Aquaculture*, **84**, 321-324.
- Rodríguez-González, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A. and Villarreal, H.,** 2006. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, *Aquaculture*, **257**, 412-419.

- Sampaio, F.G., Kleeman, G.K., Carmo e Sà, M.V.de, Pereira, A. da S., Barros, M.M.and Pezzato, L.E.,** 2004. Dietary level of vitamin E and selenium on diets for post larvae of *Macrobrachium amazonicum*, *Acta Scientiarum-Animal Sciences*, **26 (1)**, 129-135.
- Salte, R., Asgard, T. and Liestol, K.,** 1988. Vitamin E and selenium prophylaxis against “Hitra disease” in farmed Atlantic salmon a survival study, *Aquaculture*, **75**, 45-55.
- Sarı, M. ve Çakmak, M.N.,** 1994. Balık Besleme, Fırat Üniversitesi Yayınları No:37, Elazığ.
- Sarı, M., Çerçi, H., Deniz, S., Şahin, K., Seven, P.T., Şahin, N., Çiftçi, M., Bolat, D., Önal, A., Azman, A.M., Güler, T., Karşlı, M.A., Nursoy, H. ve Bingöl, T.N.,** 2008. Hayvan Besleme ve Besleme Hastalıkları, Medipres Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti., Malatya.
- Schlenk, D., Zubcov, N. and Zubcov, E.,** 2003. Effects of salinity on the uptake biotransformation, and toxicity of dietary seleno-L-methionine to rainbow trout, *Toxicological Sciences*, **75**, 309-313.
- Sen, C.K. and Packer, L.,** 2000. Thiol homeostasis and supplements in physical exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, **72**, 653-669.
- Skurdal, J. and Taugbol, T.,** 2002. Crayfish of commercial importance-Astacus, *inBiology of Freshwater Crayfish*, pp. 467-510, Ed. Holdich, D.M., Blackwell Science Company, London.
- Sözbilir, N.B. ve Bayşu, N.,** 2008. Biyokimya, Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara.
- Sümbüloğlu, K.,** 1998. Biyoistatistik, Hatipoğlu Yayınevi, Yayın No: 53, Ankara.
- Stephensen, E., Sturve, J. and Forlin, L.,** 2002. Effects of redox cycling compounds on glutathione content and activity of glutathione-related enzymes in rainbow trout liver, *Comparative Biochemistry and Physiology C*, **133**, 435- 442.
- Tekkes, Y.,** 2006. Streptozotosin ile diabet oluşturulmuş farelerde aspirin ve E vitaminin dokularda lipid peroksidasyonu ve antioksidan sisteme etkisinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

- Tinggi, U.**, 2003. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review, *Toxicology Letters*, **137**, 103-110.
- Tocher, D.R., Mourente, G., Van Der Eecken, A., Evjemo, E., Diaz, E., Bell, J.G., Geurden, J., Lavens, P. and Olsen, Y.**, 2002. Effect of Dietary Vitamin E on Antioxidant Defence Mechanisms of Juvenile Turbot (*Hippoglossus hippoglossus* L.) and Sea Bream (*Sparus aurata* L.), *Aquaculture Nutrition*, 195-207.
- Toker, N.K.**, 1990. Oksijen Toksisitesi ve Serbest Radikaller, *İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası*, 53 (2), 157-161.
- Trenam, C.W., Blake, D.R. and Morris, C.J.**, 1992. Skin inflammation: reactive oxygen species and the role of iron, *Journal of Investigative Dermatology*, **99**, 675-682.
- Turk, R., Juretic, D., Geres, D., Turk, N., Rekic, B., Simeon-Rudolf, V. and Svetina, A.**, 2004. Serum paraoxonase activity and lipid parameters in the early postpartum period of dairy cows, *Research in Veterinary Science*, **76**, 57-61.
- Üstdal, M., Karaca, L., Türköz, Y., Kuş, S. ve Paşaoğlu, H.**, 2003. Biyokimya, Medipres Marbaacılık Ltd. Şti., Malatya.
- Vidal, D., Bay, S.M. and Schlenk, D.**, 2005. Effects of dietary selenomethionine on larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **49**, 71-75.
- Wang, Y., Han, J., Li, W. and Xu, Z.**, 2007. Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*), *Animal Feed Science and Technology*, **134**, 243-251.
- Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh, S.**, 1997. Trace minerals in fish nutrition, *Aquaculture*, **151**, 185-207.
- Wickins, J.F. and Lee, D.O'C.**, 2002. Crustacean Farming Ranching and Culture, Blackwell Science, Oxford.
- Wise, D.J., Tomasso, J.R., Gatlin III, D.M., Bai, S.C. and Blazer, V.S.**, 1993. Effects of dietary selenium and vitamin E on red blood cell peroxidation, glutathione peroxidase activity, and macrophage superoxide anion production in Channel catfish, *Journal of Aquatic Animal Health*, **5**, 177-182.

- Yanbeyi, S.**, 1999. Aspirin ve antioksidant buthylated hydroxyanisole'ün tavşanlarda eritrosit total katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktiviteleri üzerine etkileri, *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Samsun.
- Yonar, M.E.**, 2008. *Yersinia ruckeri* ile enfekte edilen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın tedavisinde propolisin kullanılması, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Yonar, M.E., Mişe Yonar, S., Çoban, M.Z. and Eroğlu, M.**, 2012. The Effect of Propolis on Serum Paraoxonase and Arylesterase Enzyme Activies in *Cyprinus carpio* During Chromium Exposure, *Fresenius Environmental Bulletin*, **21(6)**, 1399-1402.
- Yuchuan, T. and Fayi, I.**, 1993. Selenium requirement of shrimp *Penaeus chinensis*, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, **11(3)**, 249-253.

ÖZGEÇMİŞ

Elazığ'da 11.08.1980 tarihinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Elazığ'da tamamladım. Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni 1998 yılında kazandım. Bu fakülteden 2002 yılında mezun oldum. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı'nda 2003 yılında yüksek lisans çalışmalarına başladım. 2006 yılında yüksek lisans eğitimimi tamamladıktan sonra 2006 - 2007 eğitim yılının güz döneminde Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı'nda doktora yapmaya başladım. 2004 yılında Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım. Halen bu görevime devam etmekteyim. Evliyim ve bir çocuk annesiyim.

Serpil MİŞE YONAR