



Kurşun ile kontamine edilen *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının protein, lipit ve karbohidrat kompozisyonundaki değişiklikler

Changes in the protein, lipid and carbohydrate composition of Achroia grisella Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvae contaminated with lead

Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ¹, Yeliz YILMAZ¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1021280

Sorumlu yazar / Corresponding author

Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

e-mail: gunduzeylem@gmail.com

Geliş tarihi / Received

10.11.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

06.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

28.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Achroia grisella

Protein

Karbohidrat

Kurşun

Lipit

Keywords:

Achroia grisella

Protein

Carbohydrate

Lead

Lipid

Abstract

Bu çalışmada, kurşunun *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının protein, lipit ve karbohidrat miktarlarına etkisi araştırılmıştır. Larvalar farklı konsantrasyonlarda kurşun (50, 100 ve 200 mg/kg besin) ile kontamine edilen yapay bir besin ortamında yetiştirilmiştir. Kültür hazırlama ve tüm deneyler 16A:8K fotoperiyot, 25 ± 2 °C sıcaklık, %60 ± 5 bağıl nem içeren bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Biyokimyasal analizlerde son evre *A. grisella* larvaları kullanılmıştır. Elde edilen veriler, kurşun uygulamasının 50 ve 200 mg/kg kurşun konsantrasyonlarında larvaların protein miktarında önemli bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Larvaların karbohidrat ve lipit miktarları 100 ve 200 mg/kg kurşun konsantrasyonlarında kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşmüştür.

Özet

In this study, the impact of lead on protein, lipid and carbohydrate amounts of *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae was investigated. Larvae were maintained on an artificial diet contaminated with different concentrations of lead (50, 100 and 200 mg/kg diet). Culturing and all experiments were carried out in a room with a 16L:8D photoperiod, at a temperature of 25 ± 2 °C and 60 ± 5% relative humidity conditions. Last instar *A. grisella* larvae were used for the biochemical analysis. The obtained data showed that lead application resulted in a considerable decrease in the protein amount of the larvae at 50 and 200 mg/kg lead concentrations. Carbohydrate and lipid amounts of larvae declined significantly at 100 and 200 mg/kg lead concentrations with respect to the control group.

GİRİŞ

Ağır metal terimi yoğunluğu 5 g/cm³'den fazla olan toksisite ve kirlilik yaratan metaller için kullanılmaktadır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko gibi metallerin de aralarında bulunduğu 60 dan fazla metal dahildir. Farklı endüstriyel, evsel, tarımsal, tıbbi ve teknolojik uygulamalarda sıklıkla kullanıldıkları için ağır metallerin çevre ve insan sağlığı üzerinde potansiyel etkileri oldukça yüksektir. Yapılan çalışmalar bu etkinin ağır metal türü, dozu, ağır metale maruz kalma şekli ve süresi gibi ağır metalin kendi özelliklerinin yanı sıra canlı türü, gelişim evresi, eşey, genetik ve beslenme özellikleri gibi değişkenler tarafından da etkilendiğini göstermektedir (Cohn ve ark. 1992, Kazimirova ve ark. 1997, Raina ve ark. 2001, Borowska ve

ark. 2004, Suganya ve ark. 2015, Singh ve Bhupinderjit 2017).

Hayvanlar aleminin tür sayısı bakımından en zengin sınıfını oluşturan böcekler ekosistemin önemli bir parçasını oluştururlar. Farklı beslenme özelliklerine sahip olan böcekler doğadaki besin zincirinin farklı bir halkasında yer alırlar ve bazı kuşlar ile küçük memeli hayvanlar tarafından önemli bir protein kaynağı olarak kullanılırlar. Ağır metallerin böcekler üzerindeki etkileri ile ilgili olarak doğal koşullarda ve laboratuvarında yapılan çalışmalar böceklerin bu ağır metalleri değişik yollarla vücutlarına aldıklarını ve buna bağlı olarak bazı özelliklerinin etkilendiğini göstermiştir. Örneğin, Bream (2003) kurşun nitrat ve bakır sülfatın *Sphaerodema urinator* (Hemiptera: Belostomidae) türünde karbohidrat, lipit ve protein miktarlarını azalttığını göstermiştir. Aynı

çalışmada asit fosfataz aktivitesinin arttığı ve alkalın fosfataz aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Mirčić ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada kadmiyumun çingene güvesinde büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilediğini ve etki düzeyinin doza bağlı olduğunu göstermişlerdir. Hassan ve ark. (2011), kadmiyum ve kurşunun *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) erginlerinin protein miktarlarını eşey tipine bağlı olarak farklı şekilde etkilediğini tespit etmişlerdir. Shakunthala ve Shalini (2018), *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) larvalarının besinine kurşun asetat ve çinko klorür ilave edildiğinde, erginlerin ömür uzunluğunun azaldığını, Gündüz ve ark. (2020) ise kadmiyum ve kurşunun Küçük Balmumu Güvesi larvalarında hemosit sayısında değişikliklere neden olduğunu belirlemişlerdir. Son yıllarda yapılan bu çalışmalardan yola çıkılarak burada Küçük Balmumu Güvesi larvalarının besin ortamına farklı konsantrasyonlarda kurşun ilave edilerek, larvaların biyokimyasal kompozisyonlarının bu uygulanmadan etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Biyokimyasal analizlerde kullanılacak *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının beslenmesi için Bronskill (1961) tarafından geliştirilen daha sonra Sak ve ark. (2006) tarafından düzenlenen balsız petek (200 g), kepek (860 g), süzme bal (150 ml), gliserol (300 ml) ve saf su (150 ml) karışımından oluşan besin içeriği kullanılmıştır. Stok kültürleri oluşturmak için hazırlanan besin kavanozlara konularak her bir kavanoza 10-15 tane *A. grisella* ergini ilave edilmiş ve kavanozların ağzı bez ile kapatılmıştır. Hazırlanan kültürler % 60±5 bağıl nem, 26±2°C sıcaklık ve 16:8 (A:K) fotoperyot koşullarında tutulmuştur.

Kurşun ilavesinin larvaların biyokimyasal kompozisyonuna etkisini belirlemek için önce 2000 ppm kurşun içeren stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözelti seyreltilerek besin içeriğindeki kurşun konsantrasyonu 50, 100 veya 200 mg/kg besin olacak şekilde yapay besine ilave edilmiştir. Deneme gruplarını oluşturmak için stok kültürlerin hazırlanmasında kullanılan yöntem izlenmiştir. Bu kültürlerden elde edilen son evre larvalar 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılarak biyokimyasal analizler başlayıncaya kadar -20°C sıcaklıkta bekletilmiştir. Kontrol grubu olarak kurşun ilave edilmeden hazırlanan besin ortamında yetişmiş larvalar kullanılmıştır.

Larvaların toplam vücut dokularında bulunan protein miktarının belirlenmesi için Lowry ve ark. (1951)'nin yöntemi kullanılmıştır. Bunun için -20°C de saklanan

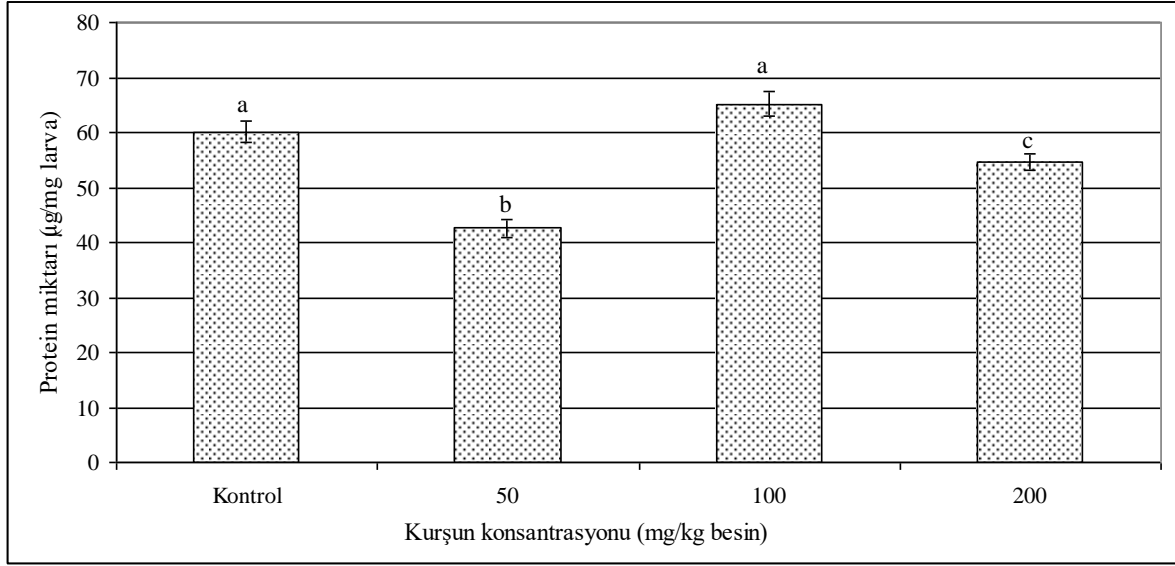
larvalar 500 µl tampon çözeltide homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenatlar tampon çözelti ile 1000 µl ye tamamlanmış, 4°C sıcaklık ve 3500 devir/dakika hız ile 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatanttan 100 µl alınarak Lowry metodu uygulanmıştır. Hazırlanan örneklerin absorbansları 695 nm dalga boyunda okunmuştur. Sığır serum albumin çözeltisi protein standardı olarak kullanılmıştır.

Karbohidrat ve lipit analizlerinde van Handel (1985a ve 1985b) tarafından sivrisinekler için geliştirilen, daha sonra değişik araştırmacılar tarafından da farklı böceklerde uygulanmış olan biyokimyasal analizlerden faydalanılmıştır (Olson ve ark. 2000; Lee ve ark. 2004). Bunun için; -20°C'de bekletilen larvalar çıkarılarak üzerlerine 100 µl %2'lik sodyum sülfat çözeltisi ilave edildikten sonra homojenizasyon yapılmıştır. Homojenatların üzerine 900 µl kloroform:metanol (1:2) ilave edilerek karıştırılmış ve örnekler 14.000 devir/dakika hızda oda sıcaklığında 2 dakika santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatanttan 100 µl alınmış ve kloroform-metanol (1:2) ile 10 kat daha sulandırılmıştır. Elde edilen karışımdan 100 µl karbohidrat analizi ve diğer 100 µl lipit analizi için kullanılmak üzere ayrı ayrı cam tüplere (10×50 mm) aktarılmıştır. Karbohidrat analizinde kullanılacak tüpler tüpte yaklaşık 50 µl çözelti kalıncaya kadar ısıtıldıktan sonra üzerlerine 950 µl antron ayırıcı konulmuş ve tüpler 90°C sıcaklıkta 15 dakika daha ısıtılmıştır. Soğutulan örneklerin absorbansları 625 nm dalga boyunda okunmuştur. Karbohidrat standardı olarak glukoz çözeltisi kullanılmıştır. Lipit analizi yapılacak tüpler ise içlerinde kalan çözeltinin tamamı buharlaşana kadar 90°C sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra tüp içerisine 40 µl sülfirik asit çözeltisi konularak karıştırıldıktan sonra 90°C sıcaklıkta 2 dakika bekletilmiştir. Tüpler soğutulduktan sonra üzerlerine 960 µl vanilin-fosforik asit karışımı ilave edilerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 525 nm dalga boyunda okunmuştur. Mısır yağı (% 0.1) çözeltisi lipit standardı olarak kullanılmıştır.

Bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Bu testten elde edilen sonuçların önem seviyeleri Student-Newman-Keuls (SNK testi) kullanılarak değerlendirilmiş ve değerlendirmelerde 0.05 güven sınırı (P) esas alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

A. grisella larvalarının besinine kurşun ilave edildiğinde, bu larvaların vücut dokularında bulunan protein miktarının nasıl etkilendiğine ilişkin deneme sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir.

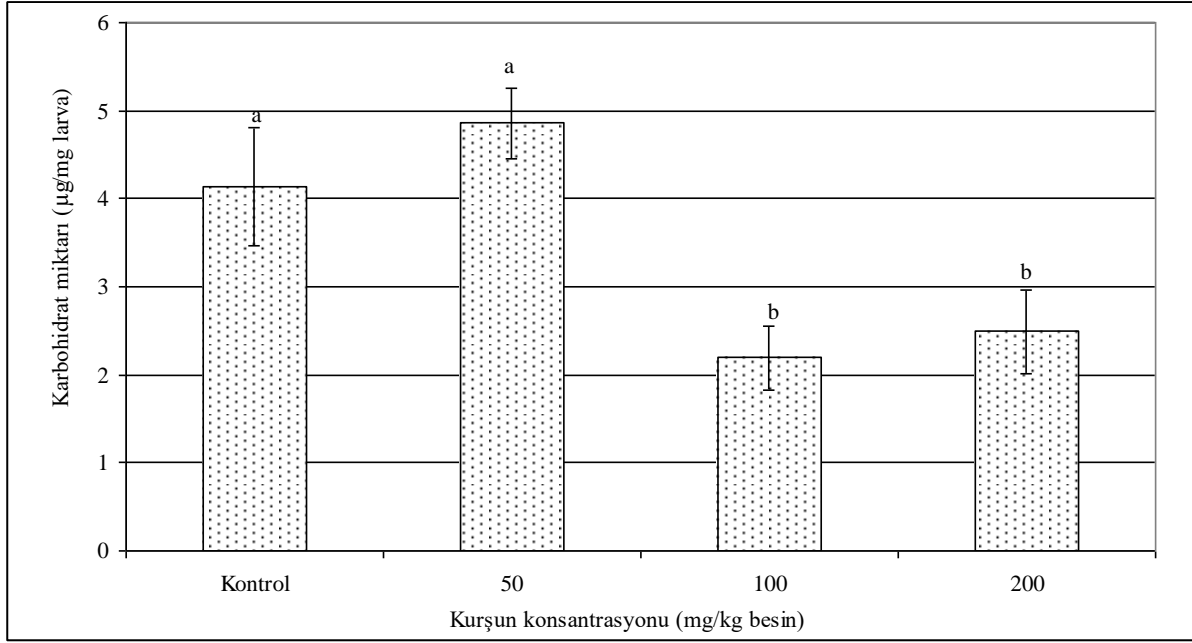


Şekil 1. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında protein konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Şekil 1 incelendiğinde, kontrol grubunda 60.09 ± 1.90 µg/mg olarak belirlenen protein miktarının, 50 ve 200 mg/kg kurşun içeren gruplarda azaldığı görülmektedir ($F = 27.599$, $df = 3.76$, $P = 0.000$). Buna karşın, 100 mg/kg kurşun içeren gruptaki larvaların kontrol grubu ile benzer protein miktarına sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışma süresince larva örnekleri, farklı konsantrasyonda kurşun içeren besin ortamından tamamen tesadüfi olarak seçilmiştir. Seçilen larvalar her ne kadar aynı larva döneminde olsalar da, bu larva döneminin farklı gelişim aşamalarında bulunabilirler. Bu durumda bireyler arasında fizyolojik ve/veya davranışsal bazı farklılıkların olması doğaldır ve elde ettiğimiz sonucu yorumlamak için yardımcı olabilir. Hassan ve ark. (2011) 2. evre *C. pipiens* larvalarına kadmiyum klorür, bakır sülfat, kurşun nitrat ve civa nitrat uygulandığında bu larvalardan elde edilen ergin dişilerin protein miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Yılmaz ve Gündüz (2021) ise kadmiyumun *A. grisella* larvalarının toplam vücut dokularındaki protein miktarını azalttığını göstermişlerdir. Ağır metal uygulaması sonucunda protein miktarının azaldığı *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Ortel 1991),

Boettcherisca peregrina (Diptera: Sarcophagidae) (Wu ve ark. 2006) ve *S. urinator* (Bream 2003) gibi farklı türlerle yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir. Protein miktarındaki azalmanın nedeni, protein sentezinin inhibe edilmesi (Norton ve Kench 1977) ya da oksidatif hasarların giderilmesinde kullanılan lipoprotein miktarındaki azalma (Sancho ve ark. 1998) olabilir. Bununla birlikte, Baghban ve ark. (2014) *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ile yaptıkları çalışmada çinko ve bakırın 3. evre larvalarda protein miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, Du ve ark. (2019)'nın *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) türü ile yaptıkları çalışmada da ağır metal uygulamasından sonra protein miktarının arttığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarımızın bu çalışmalardan farklı olması ağır metal etkisinin böceğin tür, gelişim evresi, eşey gibi özellikleri ile çalışmada kullanılan ağır metal türü, konsantrasyonu, uygulanma şekli ve süresi gibi özelliklere göre farklılık göstermesi ile açıklanabilir.

Kurşun uygulamasının larvaların karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.

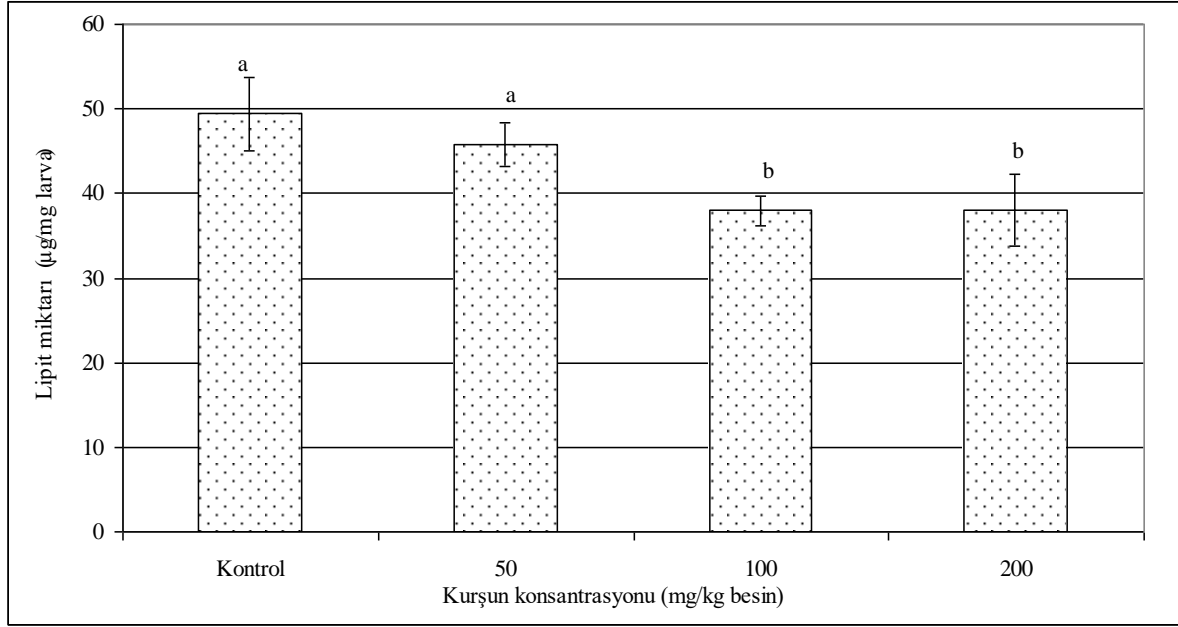


Şekil 2. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında karbohidrat konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Şekil 2 incelendiğinde, 50 mg/kg kurşun içeren grupta bulunan larvaların kontrol grubunda bulunanlar ile benzer karbohidrat miktarına sahip oldukları, ancak daha yüksek konsantrasyonda kurşun içeren diğer iki grupta karbohidrat miktarının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($F = 6.905$, $df = 3.76$, $P = 0.000$). Bu durum ağır metal stresinin enerji ihtiyacını artırması ile ilişkili olabilir. Elde edilen sonuçlara benzer şekilde, *C. pipiens* larvalarına ağır metal uygulandığında erginlerde bulunan toplam karbohidrat miktarının düştüğü belirlenmiştir (El-Sheikh ve ark. 2010). Bischof (1995)'un yaptığı çalışmada ise parazitoit *Glyptapanteles liparidis* tarafından parazitlenen *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarında çinko ve kadmiyumun vücut dokularında bulunan glikojen konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bazı ağır metallerin mitokondri içinde biriktikleri ve oksidatif fosforilasyonu inhibe ettikleri tespit edilmiştir (George 1982, Viarengo 1985). Spring ve ark. (1977) ise glikolitik sürecin hızlanmasının karbohidrat miktarındaki azalmanın nedeni olabileceğini ileri sürmüşlerdir. İlaveten, Raghavendra Rao ve ark. (2017) ağır metal uygulaması sonucunda glikojen ve glukoz miktarlarında belirlenen azalmanın muhtemelen glukoneogenezin baskılanmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Belirtilen çalışma sonuçları kurşun uygulaması sonucunda larvaların karbohidrat miktarında azalma görülmesinin

nedenini açıklamak için yardımcı olabilir. Bulgularımızdan farklı olarak, yüksek konsantrasyonda kadmiyumun *B. peregrina* larvalarının hemolenfinde toplam şeker miktarını arttırdığı Wu ve ark. (2006) tarafından gösterilmiştir. Benzer şekilde, kadmiyum uygulamasının parazitoit *P. turionellae* dişilerinde glikojen miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Kayış ve Emre 2012). Baghban ve ark. (2014) ise kadmiyumun *H. armigera*'nın glikojen miktarını değiştirmediğini bulmuşlardır. Ağır metal kontaminasyonun böceklerin karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili olarak bildirilen tüm bu çalışma sonuçları, ağır metallerin karbohidrat miktarı üzerindeki etkisinin kullanılan böcek türüne, ağır metal tipine, konsantrasyonuna, uygulanma şekline ve miktarı belirlenecek karbohidrat türüne göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Farklı kurşun konsantrasyonlarının larvaların lipit miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 3'de gösterilmiştir. Bulgular değerlendirildiğinde, karbohidrat miktarına ilişkin sonuçlara paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Kontrol grubunda ve 50 mg/kg kurşun içeren gruptaki larvalar benzer lipit oranlarına sahip oldukları halde, kurşun konsantrasyonu 100 ve 200 mg/kg olan grupta larvalar kontrol grubundan daha az lipit içermektedir ($F = 2.857$, $df = 3.76$, $P = 0.043$) (Şekil 3).



Şekil 3. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında lipid konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Bulgularımıza paralel olarak, kadmiyum uygulamasının *Galleria mellonella* (Lepidoptera:Pyralidae) larva ve puplarında (Shin ve ark. 2001) ve *P. turionellae* (Ortel 1991) türünde lipid miktarını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, Ortel (1995) ağır metal uygulamasının *L. dispar* larvalarının vücut dokularında bulunan lipid miktarında azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir. Ağır metale maruz kalma sonucunda ortaya çıkan stres enerji ihtiyacının artmasına neden olacağından, böceklerin bu durumda diğer enerji kaynaklarını desteklemek için lipidleri kullanmış olmaları azalmanın nedeni olabilir. Bulgularımızda yüksek konsantrasyonda kurşun ile kontamine edilen gruplarda hem karbohidrat hem de lipid miktarlarının benzer şekilde azalmış olması bu açıklamayı destekler niteliktedir.

SONUÇ

Ağır metallerin böceklerin farklı özelliklerine etkisi ile ilgili olarak doğal koşullarda ya da laboratuvarında yapılan çalışmalar, ağır metallerin farklı şekillerde böceklerin vücutlarına alındığını ve onları etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmada arıcılık endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olabilen Küçük Balmumu Güvesi larvalarına besin yolu ile kurşun verilerek bu uygulamanın larvaların biyokimyasal kompozisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, bazı gruplarda organik maddelerin miktarlarında azalma olduğunu, bazılarında ise istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığını göstermiştir. Ağır metal uygulaması sonucunda böceğin biyokimyasal kompozisyonunun az ya da çok değişmiş

olması onun gelişme, büyüme, üreme gibi farklı fizyolojik aktivitelerini doğrudan etkileyecektir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı ağır metallerin böceğin değişik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesinin, bu böceğe karşı yürütülecek mücadele yöntemleri açısından faydalı olacağı düşüncesindeyiz.

KAYNAKLAR

- Baghban A, Sendi JJ, Zibae A, Khosravi, R (2014) Effect of heavy metals (Cd, Cu, and Zn) on feeding indices and energy reserves of the cotton boll worm *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). J Plant Prot Res 54:368-371
- Bischof C (1995) Effects of heavy metal stress on carbohydrate and lipid concentrations in the haemolymph and total body tissue of parasitized *Lymantria dispar* L. Larvae (Lepidoptera). Comp Biochem Physiol C: Pharmacol Toxicol and Endocrinol 112:87-92
- Borowska J, Sulima B, Niklinska M, Pyza E (2004) Heavy metal accumulation and its effects on development, survival and immune-competent cells of the housefly *Musca domestica* from closed laboratory populations as model organism. Fresenius Environ Bull 13:1402-1409
- Bream AS (2003) Laboratory evaluation of heavy metals stress on certain biochemical parameters of the aquatic insect, *Sphaerodema urinator* Duf. (Hemiptera: Belostomatidae). Commun Agric Appl Biol Sci 68(4):291-297
- Bronskill JK (1961) A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyralidae). J Lepid Soc 15:102-104
- Cohn J, Widzowski DV, Cory-Slechta DA (1992) Lead retards development of *Drosophila melanogaster*. Comp Biochem Physiol C Comp Pharmacol Toxicol 102C (1):45-49
- Du C, Wu J, Bashir MH, Shaukat M, Ali S (2019) Heavy metals transported through a multi-trophic food chain influence the energy metabolism and immune responses of *Cryptolaemus montrouzieri*. Ecotoxicology 28:422-428

- El-Sheikh TMY, Fouda MA, Hassan MI, Abd-Elghaphar AA and Hasaballah AI (2010) Toxicological effects of some heavy metal ions on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Egypt Acad J Biol Sci 1:63-76
- George SG (1982) Subcellular accumulation and detoxification of metals in aquatic animals. In: Vernberg, WB, Calabrese, A, Thurberg, FP, Vernberg, FJ (Eds.), Physiological Mechanisms of Marine Pollutant Toxicity. Academic Press, 3-52, New York
- Gündüz NEA, Mercan S, Özcan Ö (2020) Effect of cadmium and lead on total hemocyte count of *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae). Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10:190-194
- Hassan MI, Fouda MA, El-Sheikh TMY, Abd-Elghaphar, AA and Hasaballah A I (2011) Electrophoretic study of ovarian protein and amino acid in the mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Clucidae) as influenced by some heavy metal ions. Egypt J Biomed Sci 36:1-14
- Kayış T ve Emre İ (2012) Ağır metal stresinin *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin protein ve glikojen sentezine etkileri. Ekoloji 21:61-67
- Kazimirova M, Slovak M, Manova A (1997) Host-parasitoid relationship of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae) under host heavy metal stress. Eur J Entomol 94:409-420
- Lee JC, Heimpel GE and Leibe GL (2004) Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. Entomol Exp Appl 111:189-199
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL and Randall RJ (1951) Protein measurement with the folin-phenol reagent. J Biol Chem 193:265-275
- Mirčić D, Janković-Tomančić M, Nenadović V, Franeta F and Lazarević J (2010) The effect of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. Arch Biol Sci Belgrade 62:1013-1020
- Norton KB, Kench JE (1977) Effects of cadmium on ribosomal protein synthesis in rat liver. Environ Res 13:102-110
- Olson DM, Fadamiro H, Lundgren JG, Heimpel GE (2000) Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. Physiol Entomol 25:17-26
- Ortel J (1991) Effects of lead and cadmium on chemical composition and total water content of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. Entomol Exp Appl 59:93-100
- Ortel J (1995) Effects of metals on the total lipid content in the gypsy moth (*Lymantria dispar*, Lymantriidae, Lepid.) and its hemolymph. Bull Environ Contam Toxicol 55:216-221
- Raghavendra Rao MV, Yogesh A, Jithender N, Sireesha B, Simi P, Krishna Teja CH, Raghu HN and Anusha C (2017) Study of the effects of mercury and lead on carbohydrate metabolism of maternal and embryonic tissues using an alternate animal model: *Heterometrus fulvipes*. Int J Curr Res 9:51351-51357.
- Raina MR, Pawar P, Sharma, N (2001) Developmental inhibition and reproductive potential impairment in *Musca domestica* L. by heavy metals. Indian J Exp Biol 39:78-81
- Sak O, Uçkan F and Ergin, E (2006) Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein and lipid contents of *Pimpla turionella* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Belg J Zool 136:53-58
- Sancho E, Ferrando D, Frenandez C and Andreu, E (1998) Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure of fenitrothion. Ecotoxicol Environ Saf 41:168-175
- Shakunthala V, Shalini HK (2018) Combined effect of heavy metals on longevity of *Drasophila melanogaster*. Int J Sci Res 7:1315-1318
- Shin BS, Choi RN and Lee C-U (2001) Effects of cadmium on total lipid content and fatty acids of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. Korean J Ecol, 24:349-352
- Singh D and Bhupinderjit KH (2017) Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. J Forensic Sci & Criminal Inves, 3:1-6
- Spring JH, Matthews JR and Downer, RGH (1977) Fate of glucose in the haemolymph of the American cockroach, *Periplaneta americana*. J Insect Physiol 23:525-529
- Suganya M, Karthi S and Shivakumar MS (2015) Effect of cadmium and lead exposure on tissue specific antioxidant response in *Spodoptera litura*. Free Rad Antiox 6:90-100
- Van Handel E (1985a) Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 1:299-301
- Van Handel E (1985b) Rapid determination of total lipids in mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 1:302-304
- Viarengo A (1985) Biochemical effects of trace metals. Mar Pollut Bull 16:153-58
- Wu G, Ye G, Hu C and Cheng J (2006) Accumulation of cadmium and its effects on growth, development and hemolymph biochemical compositions in *Boettcherisca peregrina* larvae (Diptera: Sarcophagidae). Insect Sci 13: 1-39
- Yılmaz Y, Gündüz NEA (2021) Kadmiyumun Küçük Balmumu Güvesi larvalarında protein, lipid ve karbohidrat miktarları ile etkileşimi. Anadolu Tarım Bilim Derg 36:326-333