



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ADLI BİLİMLER ANA BİLİM DALI

***LUCILIA SERICATA* (MEIGEN, 1826) (DIPTERA:
CALLIPHORIDAE) LARVALARININ ATEŞLİ SİLAH ARTIĞI
AĞIR METALLER VARLIĞINDA GELİŞİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet Fazıl YILMAZ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER

SAMSUN
2022

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ADLI BİLİMLER ANA BİLİM DALI



***LUCILIA SERICATA* (MEIGEN, 1826) (DIPTERA:
CALLIPHORIDAE) LARVALARININ ATEŞLİ SİLAH ARTIĞI
AĞIR METALLER VARLIĞINDA GELİŞİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet Fazıl YILMAZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet Fazıl YILMAZ tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER danışmanlığında hazırlanan “*LUCILIA SERICATA* (MEIGEN, 1826) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) LARVALARININ ATEŞLİ SİLAH ARTIĞI AĞIR METALLER VARLIĞINDA GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 07.09.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. İslam SARUHAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Hizmet Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Rana AKYAZI Ordu Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

.../.../...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığımı taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

07/ 09/ 2022

Ahmet Fazıl YILMAZ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: *LUCILIA SERICATA* (MEIGEN,1826) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) LARVALARININ ATEŞLİ SİLAH ARTIĞI AĞIR METALLER VARLIĞINDA GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 18.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 11

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

İmza

07 / 09 / 2022

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER

ÖZET

LUCILIA SERICATA (MEIGEN, 1826) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) LARVALARININ ATEŞLİ SİLAH ARTIĞI AĞIR METALLER VARLIĞINDA GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet Fazıl YILMAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Adli Bilimler Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Eylül/2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER

Adli vakalarda, cesede kolonize olan böceklerin gelişimleri, ölüm sonrası aralığın (PMI) belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ateşli silah yaralanmalarından kaynaklanan ölümlerde ceset üzerindeki Antimon (Sb), Baryum (Ba) ve Kurşun (Pb) gibi ağır metaller cesetle beslenen böceklere geçmekte ve gelişimlerini etkilemektedir.

Bu çalışmada, ateşli silah kalıntısı (ASAA) bileşenlerinin (Pb, Sb ve Ba) *Lucilia sericata*'nın (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) yaşam öyküsü parametreleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç ile çalışma 2020 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zooloji Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla 50 adet *L. sericata* larvası, tavuk karaciğeri ile karıştırılan dört farklı ASAA konsantrasyonuna (0.25, 0,50, 1 ve 2 µg/g) maruz bırakılmıştır. Larva ağırlık ve uzunluk ortalaması, larva ve pupa gelişme süreleri, pupa ağırlık ortalamaları, dişi ve erkek ergin ağırlık ortalamaları, pupa ve larva hayatta kalma oranları belirlenmiştir.

Sonuç olarak, artan Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları ile kontrol kıyaslandığında, ASAA bileşenlerinin 1-3 gün toplam gelişme süreleri azalmıştır. Konsantrasyon arttıkça önemli ölçüde larval ağırlık ve uzunluk azalmıştır. Sb ve Ba'nın 2 µg/g konsantrasyonundaki larvalar ölmüştür. Ba ve Sb'nin larva ve pupa mortalitesini önemli ölçüde artırdığını ve ASAA'nın pupa ve yetişkin ağırlığını kontrole kıyasla azalttığını göstermiştir. *L. sericata*'nın yaşam öyküsü parametrelerinin çevredeki ASAA kalıntısına ve çevredeki ağır metal değişikliklerine duyarlı olduğu ve tüm gelişim evrelerini etkilediği sonucuna varılmıştır. Cesette kurşun kalıntısı bulunması ceza soruşturmasında böceklerden yararlanılacak ise dikkate alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Antimon, Calliphoridae, Kurşun, Baryum, Yaşam öyküsü parametresi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE DEVELOPMENTS OF *LUCILIA SERICATA* (MEIGEN, 1826) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) LARVAE IN THE PRESENCE OF GUNSHOT RESIDUE HEAVY METALS

Ahmet Fazıl YILMAZ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Forensic Sciences

Master, September/2022

Supervisor: Assistant Professor Dr. Meltem KÖKDENER

In forensic cases, the development of insects colonizing the corpse helps in the determination of the postmortem interval (PMI). In deaths caused by gunshot wounds, heavy metals such as Antimony (Sb), Barium (Ba) and Lead (Pb) on the corpse pass to the insects that feed on the corpse and impact their development.

The present study aimed to investigate the impact of gunshot residue (GSR) components (Pb, Sb, and Ba) on the life history parameters of *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae). This experiment was carried out at the Zoology Department, the Ondokuz Mayıs University in 2020. 50 *L. sericata* larvae, respectively, were exposed to four different concentrations (0.25, 0.50, 1 and 2 µg/g) of the GSR mixed with chicken liver. Larval weight and length average, larva and pupa development times, pupal weight averages, female and male adult weight averages, pupa and larva survival rates were determined.

The results showed that the total development times decreased with increasing GSR concentrations in the diets 1–3 d when compared to the control. Larval weight and length decreased significantly as the concentration increased. All larvae died in 2 µg/g concentrations of Sb and Ba. Ba and Sb significantly decreased larval and pupal survival and GSR decreased the pupa and adult weight as compared to the control. We concluded that life-history parameters of *L. sericata* are sensitive to GSR residue and heavy metal changes in the environment. The presence of gunshot residue in the corpse should be kept in mind in a criminal investigation.

Keywords: Antimony, Calliphoridae, Lead, Barium, Life history parameter

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Öğrenciliğim ve tez çalışmalarım sürecinde bilgi ve tecrübelerini eksik etmeyen danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Meltem KÖKDENER'e, laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen Sn. Dr. Öğr. Üyesi Umut AYKUT'a, eğitimim sürecinde kendisinden entomoloji alanında bilgilerinden yararlandığım Adli Bilimler Anabilim Dalı Başkanı Sn. Doç. Dr. İslam SARUHAN'a, laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan Yüksek Lisans arkadaşlarım Sn. Müjgan ŞAHİN, Filiz KİPER ve Vahdettin DUMANOĞLU'na teşekkür ederim.

Ahmet Fazıl YILMAZ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2.ADLİ ENTOMOLOJİ.....	4
2.1. Adli Entomolojinin Amacı ve Önemi	4
2.2. Adli Entomolojinin Tarihçesi	4
3.ADLİ ENTOMOTOKSİKOLOJİ	7
3.1. Adli Entomotoksikolojinin Tarihçesi	7
3.2. Ateşli Silahlar	8
3.3. Atış Artıkları.....	9
4.ÖLÜM SONRASI (POSTMORTEM) GÖRÜLEN DEĞİŞİMLER	12
4.1. Çürüme (Dekompozisyon)	13
5.ENTOMOLOJİK DELİLLERDEN YARARLANARAK ÖLÜM SONRASI GEÇEN ZAMAN (PMI) HESAPLAMASI	16
6.MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
6.1. Materyal.....	18
6.1.1. Ağır Metaller	18
6.1.2. <i>Lucilia sericata</i> Sistematiği ve Evreleri	18
6.2. Yöntem	22
6.2.1. Arazi Çalışması.....	22
6.2.2. <i>L. sericata</i> Kolonilerinin Oluşturulması.....	23
6.2.3. Antimon, Baryum ve Kurşun Örnekleri ve Besi Yerinin Hazırlanması ...	24
6.2.4. Larva Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma.....	26
6.2.5. Pupa Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma	26
6.2.6. Ergin Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma	26
6.3. İstatistiksel Analizler	27
7. BULGULAR.....	28
7.1. Antimonun Farklı Konsantrasyonun <i>L. sericata</i> Gelişim Evrelerine Etkisi ...	28
7.1.1. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Larval Boy ve Ağırlığa Etkisi	28
7.1.2. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Larval ve Pupal Süreye Etkisi.....	30
7.1.3. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Erişkin Ağırlığına Etkisi ..	31
7.1.4. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Ergin Canlılıklarına Etkisi	33
7.2. Baryumun Farklı Konsantrasyonun <i>L. sericata</i> Gelişim Evrelerine Etkisi.....	33
7.2.1. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larval Boy ve Ağırlığa Etkisi	33
7.2.2. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larval ve Pupal Süreye Etkisi	35
7.2.3. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Ergin Ağırlığına Etkisi	37
7.2.4. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larva ve Pupa Canlılıklarına Etkisi.	38
7.3. Kurşunun <i>L. sericata</i> Gelişim Evrelerine Etkisi	39
7.3.1. Kurşunun Farklı Konsantrasyonun Larval Boy ve Ağırlığına Etkisi	39
7.3.2. Kurşunun Farklı Konsantrasyonun Larval ve Pupa Sürelerine Etkisi	40

7.3.3. Kurşunun Farklı Konsantrasyonun Ergin ve Pupa Ağırlığına Etkisi.....	41
7.3.4. Kurşunun Farklı Konsantrasyonun Larva ve Pupa Canlılığına Etkisi.....	43
8.TARTIŞMA VE SONUÇ	44
8.1. Larva Gelişim Süreleri	45
8.2. Larva Ağırlığı ve Uzunluğu	47
8.3. Pupa ve Ergin Ağırlıkları.....	48
8.4. Larval ve Pupal Mortalite.....	50
KAYNAKÇA.....	53
ÖZ GEÇMİŞ.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADH	: Biriktirilmiş Derece-Saat (Accumulated degree hours)
ADD	: Biriktirilmiş Derece-Gün (Accumulated degree days)
ASAA	: Ateşli Silah Atış Artıkları
GSR	: Gun Shot Residue (Ateşli Silah Atış Artıkları)
PMI	: Ölüm Zamanı Tayini (Postmortem Interval)
LU	: Larva uzunluk
LA	: Larva ağırlık
SS	: Standart sapma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tumba'nın iskeleti (Benecke, 2001).....	5
Şekil 3.1. Fişegin yapısı (Fidan, 2009)	9
Şekil 4.1. Rigor mortis (Madea, 2016).....	13
Şekil 4.2. Livor mortis (Byard, 2020).....	13
Şekil 6.1. Ciğere bırakılmış <i>Lucilia sericata</i> yumurtaları.....	19
Şekil 6.2. <i>Lucilia sericata</i> posterior segmentindeki tüberkül yapıları (Kondakçı, 2009)	20
Şekil 6.3. <i>Lucilia sericata</i> pupası (Darı, 2019)	21
Şekil 6.4. <i>Lucilia sericata</i> ergini (Kökdenen, 2012).....	21
Şekil 6.5. OMÜ kampüsü (Google Earth uydu görüntüsü).....	22
Şekil 6.6. OMÜ hayvan çiftliği (Google Earth uydu görüntüsü).....	22
Şekil 6.7. Ergin kafesi (Orijinal fotoğraf)	23
Şekil 6.8. Sineklerin yaşadığı kafesler (Orijinal fotoğraf)	24
Şekil 6.9. Tavuk ciğerinin karıştırıcıda parçalanması (Orijinal fotoğraf)	25
Şekil 6.10. Ciğerin homojen hale getirilmesi (Orijinal fotoğraf).....	25
Şekil 6.11. Metallerin, homojen ciğer ve larvaların konulduğu kaplar (Orijinal fotoğraf)....	26
Şekil 6.12. Dişi ve erkek olarak gruplandırma (Orijinal fotoğraf).....	27
Şekil 6.13. Ergin ağırlık ölçümü (Orijinal fotoğraf)	27
Şekil 7.1. Antimonun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri	28
Şekil 7.2. Antimonun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva ağırlığı (mg) üzerine etkileri	29
Şekil 7.3. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 µg/g) ortalama pupa ağırlık ortalamaları (mg)	31
Şekil 7.4. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 µg/g) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlığı (mg).....	32
Şekil 7.5. Baryumun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri	34
Şekil 7.6. Baryumun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama ağırlığı (mg) üzerine etkileri	34
Şekil 7.7. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 µg/g) ortalama pupa ağırlıkları (mg).....	37
Şekil 7.8. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 µg/g) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlıkları (mg).....	37
Şekil 7.9. Kurşunun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri	39
Şekil 7.10. Kurşunun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva ağırlığı (mg) üzerine etkileri	40

Şekil 7.11. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 µg/g) ortalama pupa ağırlıkları (mg).....	42
Şekil 7.12. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 µg/g) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlıkları (mg).....	42

TABLolar DİZİNİ

Tablo 7. 1. <i>L. sericata</i> 'nın farklı antimon besi yerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı	29
Tablo 7. 2. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süre	30
Tablo 7. 3. Farklı antimon besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> larval evlerinin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri	31
Tablo 7. 4. Farklı antimon besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> 'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları	32
Tablo 7. 5. <i>L. sericata</i> 'nın farklı antimon besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı	33
Tablo 7. 6. <i>L. sericata</i> 'nın farklı baryum besi yerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı	35
Tablo 7. 7. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süre	35
Tablo 7. 8. Farklı baryum besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> larval evrelerinin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri	36
Tablo 7. 9. Farklı baryum besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> 'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları	38
Tablo 7. 10. <i>L. sericata</i> 'nın farklı baryum besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı	38
Tablo 7. 11. <i>L. sericata</i> 'nın farklı kurşun besi yerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı	40
Tablo 7. 12. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süreler	41
Tablo 7. 13. Farklı kurşun besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> larval evrelerin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri	41
Tablo 7. 14. Farklı kurşun besi yerlerindeki <i>L. sericata</i> 'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları	43
Tablo 7. 15. <i>L. sericata</i> 'nın farklı kurşun besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı.....	43

1. GİRİŞ

Adli bilimler, suçun tespit edilmesine, suçlunun bulunmasına ve adaletin sağlanmasına katkı sağlayan disiplinler arası bir bilim dalıdır (Darı, 2019).

Adli entomoloji ise, ölümden sonra geçen zamanın (ÖSZ=Postmortem İnterval (PMI)), ölüm yeri, ölüm şekli ve ölüm nedeninin belirlenmesinde böcek delillerinin ve böceklerin biyolojilerinin kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Açıkgöz, 2010).

Adli soruşturmalarda olayın oluş şeklinin, zamanının ve nedeninin belirlenmesi, suça ait kanıtların saptanması ve olaydan doğacak zararın en aza indirilmesi temel hedeftir. Adli olgularda suçun aydınlatılması, suçlunun belirlenmesi sırasında yapılması gereken ilk ve önemli noktalardan biride; Ölüm sonrası geçen zamanın (PMI) belirlenmesidir. Günümüzde adli ölüm vakalarının aydınlatılmasında, çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler ölüm sonrası değişikliklerin belirlenmesine, biyokimyasal, patolojik ve moleküler tekniklerin kullanılmasına dayanmaktadır. Fakat ölümün üzerinden zaman geçmişse ve çürüme ilerlemişse, ölüm zamanının belirlenmesinde tıbbi parametrelerin kullanılması neredeyse imkansızdır. Bu nedenle suçun aydınlatılmasında kullanılacak en önemli ve belki de tek delil böceklerdir. Ölüm zamanının belirlenmesinde kullanılan entomolojik veriler, bozulmanın erken safhalarından başlayarak, ilerlemiş safhalarına kadar ölüme şahitlik eden sessiz tanıklardır. Ayrıca cesede kolonize olan böceklerin biyolojisi, dağılımı ve davranışlarına ait bilgiler ölüm zamanı, ölüm yeri ve ölüm şekli hakkında bilgi vermektedir (Amendt vd.,2004).

Yaklaşık 1,1 milyonluk tanımlanmış tür ile böcekler en büyük metazoa sınıfını oluşturmaktadır (Pedigo vd., 2021). Hemen hemen tüm habitatlarda bulunurlar ve yüksek adaptasyon yetenekleri vardır. Vertebra cesetleri böcekler tarafından en çok tercih edilen muazzam habitatlar ve besin kaynaklarıdır (Anderson ve Cervenka, 2002). Farklı çürüme aşamalarında ceset üzerine farklı böcek türleri gelmektedir. Özellikle cesede ilk gelen türler arasında Calliphoridae familyasına ait türler bulunmaktadır. Bu türler ölüm zamanının tayininde biyolojik bir saat görevi görmektedir (Greenberg ve Kunich, 2002).

Çürüme süreci boyunca cesetten salınan kokular çok sayıda böceği cesede çekmektedir. Cesede kolonize olan dişi sinekler cesedin doğal açıklıklarına (genital,

ağız, göz, kulak ve burun açıklıklarına), yumurtalarını bırakırlar. Ayrıca cesetteki silah, delici, kesici, ezici aletlerle oluşan yara ve travma bölgeleri de dişiler tarafından yumurta bırakmak için ilk tercih edilen yerlerdir (Gennard, 2007; Byrd ve Castner, 2001). Yumurtaların çatlamasıyla oluşan larvalar cesetteki dokularla beslenmeye başlarlar ve gelişimlerini tamamlarlar.

Biyotik ve abiyotik faktörler (cesetteki ilaç, toksik madde varlığı, ısı, besin, ışık vb.) cesetteki böcek kolonizasyonunu ve böceklerin gelişim evrelerini etkilemektedir (Jordan ve Tomberlin, 2017). Böylece cesetten beslenen sineklerin, larva ve pupaları toksik maddelerin kalitatif ve kantitatif olarak tespitine olanak sağlamaktadır (Açıkgöz, 2010). Cesette bulunan kimyasal maddelerin, cesetten beslenen böceklerin gelişimlerini etkilediği bilinmektedir. Bu yüzden entomolojik delillerden yararlanarak ölüm zamanını tespit ederken, toksik maddelerin sinek gelişimini etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır, aksi halde PMI belirlenmesinde hataya neden olunabilir. Ağır metallerin adli açıdan önemli böcek türleri üzerindeki etkisiyle ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Nuorteva, 1982; Altunsoy ve Başaran, 2011; Roeterdink vd., 2004; Motta, 2015).

Günümüzde her yıl binlerce insan ateşli silah yaralanması sonucu yaşamını yitirmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ateşli silah yaralanmaları en sık ölüm nedenlerinden biridir (Kır vd., 2012). Silah erişiminin kolaylaşması, kullanımının yaygınlaşması, yasal düzenlemelerdeki eksiklikler, töre ve terör olayları gibi etkenler ülkemizde her yıl binlerce insanın ateşli silah yaralanmaları sonucu ölmesine neden olmaktadır.

Ateşli silah kullanılması sonucu meydana gelebilecek ölüm vakalarında, entomolojik deliller kullanılarak ölüm zamanının tespiti yapılırken meydana gelebilecek hataların önüne geçilebilmesi için ateşli silahların içerisindeki ağır metallerin böcek gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi son derece önemlidir. Yapılan literatür araştırmalarında ateşli silahlarda bulunan ağır metallerin (antimon, baryum ve kurşun), sinek larva gelişimi üzerinde çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan diğer bir çalışmada, atış yapılan besi yerinden beslenen *Calliphora dubia* 'de yüksek oranda antimon, baryum ve kurşun tespit edilmiştir. Beslenme süresi uzadıkça antimon ve kurşun varlığı azalırken baryum varlığının arttığı tespit edilmiştir. Larvalar, atış artığı olan besi yerinden alınıp, kontrol örneğine koyulduğunda zamanla

larvada tespit edilen metallerin varlığında azalma meydana gelmiştir (Roeterdink vd., 2004; Motta, 2015).

Shulman vd., *C. vicina* ile yaptıkları çalışmada besi yerindeki ağır metal varlığının larval ve pupal mortaliteyi artırdığını göstermişlerdir. Haq vd., *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) ile yaptıkları çalışmada kurşun maruziyetinin larval mortaliteyi, artırdığını göstermişlerdir (Shulman vd., 2017; Haq vd., 2012).

Çalışmamızla benzer olarak atış artıklarının sinek gelişimine etkilerini araştıran bir çalışma bulunmaktadır. Rashid, *C. megacephala* ile atış artıklarının toplam gelişim süresi üzerine araştırma yapmıştır.

Bu tez çalışmasında yapılan benzer çalışmalarda kullanılmamış bir tür olan, ceset üzerinde ilk kolonize olan sineklerden biri olup, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça sık rastlanan ve adli araştırmalarda indikatör tür olarak kullanılan *Lucilia sericata* tercih edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda, larvada atış artığı tespiti yapılırken, bu çalışmada da farklı olarak atış artıklarının, larva, pupa ve ergin evleri üzerine etkilerini araştıran ve direkt olarak adli sürecin aydınlatılmasına katkı sağlayacak bir araştırmadır. Bu çalışmanın amacı, ateşli silah yaralanmalarına bağlı ölüm olaylarında, önemli atış artıklarından olan ve vücuda geçen antimon, baryum ve kurşun gibi ağır metallerin *L. sericata*'nın larva boy ve ağırlığına, larval evreleri ve pupa evresini tamamlama sürelerine, pupa ağırlığına, erişkin ağırlığına ve mortalite gibi gelişimlerine olan etkilerinin belirlenmesidir. Çalışma sonunda elde edilen veriler ateşli silah yaralanmaları sonucu oluşan ölüm vakalarında ölüm sonrası zaman (PMI) belirlenirken ortaya çıkacak hataların önüne geçilebilmesine katkı sağlayacaktır.

2.ADLİ ENTOMOLOJİ

2.1. Adli Entomolojinin Amacı ve Önemi

Adli entomoloji, medikokriminal vakaların aydınlatılmasında böceklerin biyolojisi, davranışları ve dağılım bilgisinden yararlanan bir bilim dalıdır (Açıkgöz, 2010; Fedakar, 2003).

Ölümden sonra çürümeye başlayan cesetten yayılan çeşitli kokular çok sayıda böceğin cesede gelmesine neden olmaktadır. Cesede kolonize olan böcekler en çok tıbbi parametrelerin yetersiz kaldığı veya klasik metotların kullanılmadığı durumlarda suçun aydınlatılmasını sağlayarak adli sürecin sağlıklı bir şekilde işlemesine katkıda bulmaktadır (Anderson, 2004; Henssge vd., 1995).

Cesette bulunan entomolojik deliller en sık ölümden sonra geçen zamanın tahmininde kullanılmaktadır. Bunun yanında diğer kullanım alanları ise; ölüm yeri, ölüm şekli, ölümden sonra cesedin taşınıp taşınmadığı, tecavüz vakalarının açığa kavuşturulması, cesetteki travma bölgelerinin belirlenmesi, çocuk istismarı, yaşlı ve çocuk ihmalinin belirlenmesi ve cesette toksik madde tespiti gibi vakalarda kullanılmaktadır (Aktay vd., 2003; Catts ve Goff, 1992; Tantawi vd., 1996).

2.2. Adli Entomolojinin Tarihçesi

Entomolojik deliller kullanılarak çözülen ilk adli olay 13. yüzyıl 'da Çin'de gerçekleşmiştir. Çinli araştırmacı Sung Tzu, köyde boğazı kesilerek öldürülen bir çiftçinin katili bulunamayınca köydeki tüm çiftçilerin orakları bir araya getirilmiştir. Bir orağın üzerinde leş sineklerinin dolandığı fark edilip daha yakından incelendiğinde orak üzerinde kurumuş kan lekelerine rastlanmış ve suçlamalar üzerine çiftçi suçunu kabul etmiştir (Hancı vd., 2002).

15. yüzyıl 'da ressamlar ve heykeltıraşlar larvaları cesetler üzerindeki etkilerini yazmışlar ve resimlerini çizip “Ölüm dansı” olarak isimlendirmişlerdir (Tüzün ve Yüksel, 2007).

16. yüzyıl 'da larvalar ile kaplı bir ceset resmedilip Tumba'nın iskeleti olarak adlandırılmıştır (Benecke, 2001). 17.yüzyılda C. Von Linne, bir atı üç sineğin parçaladığını tespit etmiştir (Hancı vd., 2002).



Şekil 2.1. Tumba'nın iskeleti (Benecke, 2001)

1814'de, çürümenin ilk evresinde sineklerin cesede geldiğini belirtilmiştir (Anonymous, 1814). Mende (1829) yılında nekrofaj böceklerin listesini hazırlamıştır. Orfila ve Lesuar (1831), cesedin parçalanmasında larvaların etkinliğini belirtmiştir (Bayrakal ve Açıköz, 2004). Weismann (1864), iki nekrofaj sinek türünü yayınlamıştır (Carvalho vd., 2000; Amendt vd., 2004). Brouardel (1879), yeni doğan bebek cesedinin larvalar ile ölüm zamanı tespiti hakkında rapor sunmuştur (Benecke, 2001).

Megnin (1894), cesede gelen böcek süksesyonu'nun çürüme evrelerini gözlemlemiştir (Şabanoğlu, 2007). Houser (1926), böceklerin iskeletler üzerindeki değişimlerini incelemiştir (Carvalho vd., 2000). 1936 yılında Schneider, böceklerin neden olduğu cesetlerin modifikasyonunu incelemiştir (Amendt vd., 2004).

Davidson (1944), sıcaklığın sineklerin gelişimi üzerindeki etkisini ispatlamıştır. Nuorteva(1959), çalışmalarında ölüm zamanı tayini için entomolojik örnekleri kullanmıştır. Caspers (1959), çalışmalarında cesede ulaşan sinek türlerini araştırmıştır (Stamper, 2008). Burger (1965), Sarcophagidae familyasına ait türlerin cesede gelişiminin mevsimlere göre değiştiğini ispatlamıştır (Benecke, 2001). Leclercq (1967),

Nuorteva vd., Avrupa’da adli entomoloji delilini ilk defa kullanmışlardır (Clark vd., 2006).

Nuorteva (1977), hayvan leşinin 6 metre uzağında ve altında bazı Diptera türlerinin pupasına rastlamıştır (Nuorteva, 1977). Smith (1986), “A manuel of Forensic Entomology” adlı kitabı yayınlamıştır (Stamper, 2008). Erzinçlioğlu (1987), leşe gelen bazı sineklerin 3. evre özelliklerini açıklamıştır (Aggarwal, 2005). Greenberg (1991), farklı sıcaklıklarda bazı türlerin, yaşam döngülerindeki her bir evresine ait gelişim farklılıklarını araştırmıştır (Greenberg, 1991). Savran vd., (1994) adli entomoloji başlığı adı altında bir makale yayınlamışlardır (Kondakçı, 2009; Şabanoğlu, 2007).

Türkiye’de ise adli entomolojiyle ilgili olarak Karapazarlıoğlu, “Doğal Ortamda Domuz Karkasları Üzerine Gelen Arthropoda'ların ve Süksesyonlarının Belirlenmesi” adlı tez çalışması yapmıştır (Karapazarlıoğlu, 2010). Açıkgöz, diptera faunası’nın belirlenmesine katkıda bulunan tez çalışması yapmıştır (Açıkgöz, 2008). Kökdener, “Adli Entomolojide Kullanılan Böcek Türlerinin Samsun’da Mevsimlere Göre Durumunun Belirlenmesi” adlı tez çalışması yapmıştır (Kökdener, 2012). Darı, “Adli Bilimlerde *L. sericata* Larvalarının Entomotoksikolojik Çalışmalarda Kullanılması” adlı tez çalışması yapmıştır (Darı, 2019).

3.ADLİ ENTOMOTOKSİKOLOJİ

Adli entomolojinin bir kolu olan entomotoksikoloji, adli vakalarda, cesette bulunan ilaç ve zehirlerin tanımlanabilmesi için cesede gelen böceklerin kullanılmasıdır (Fedakar, 2003). Entomotoksikoloji, ilaç ve toksinlere bağlı ölümlerde hem böcek gelişimini değerlendirerek hem de böceklerin farklı gelişimsel aşamalarını kullanarak (larva, pupa gibi) kimyasal madde tespitine imkân sağlamaktadır (Verma ve Paul, 2013).

Özellikle uyuşturucu madde kullanımına bağlı ölümlerde, toksik maddenin tanımlanması gereksinimi entomotoksikolojiye ilgiyi artırmıştır. Çünkü uyuşturucu kullanan kişiler genellikle izole, toplumdaki kopuk yaşamaktadırlar. Dolayısıyla ölümlerinden uzun süre sonra cesetleri bulunabilmektedir. Ölümün üzerinden belli bir süre geçince ve çürüme başlayınca, vücut sıvılarından yararlanarak ölüm nedeni ve zamanını belirlemek zorlaşmaktadır. Bu durumda cesetten beslenen böcekler, toksikolojik analiz için alternatif, güvenilir ve neredeyse tek materyal haline gelmektedir (Goff ve Lord, 1994).

Böcekler buldukları çevrede farklı şekillerde toksik maddelere ve ağır metallere maruz kalırlar (Mogren ve Trumble, 2010). Zehirlenmiş insan dokularında beslenen Diptera larvaları ilaç ve toksinleri kendi metabolizmalarına alırlar (Introna vd., 2001). İlaçların, psikoaktif maddelerin veya toksik maddelerin larvada belirlenebilmesi için absorpsiyon hızının eliminasyon hızından fazla olması gerekmektedir, ancak larvanın toksik maddeyi tam olarak nasıl biriktirdiği, dışarı nasıl attığı ve bu maddelerin larval gelişimi ne yönde etkilediği tam olarak bilinmemektedir (Fedakar, 2003). Bu toksik maddeler böcek büyümesini hızlandırabilir veya yavaşlatabilmektedir (Goff ve Flynn, 1991). Eklembacaklıların gelişme oranları üzerindeki toksinlerin ve ilaçların çeşitliliği, PMI belirlemeleri için böcek larvalarını kullanmadan önce bilinmesi gereken önemli bir konudur (Introna vd., 2011).

3.1. Adli Entomotoksikolojinin Tarihçesi

Son 50 yıldır Avrupa'da ve ABD'de adli araştırmalarda böceklerin kullanımı hız kazanmıştır. Adli toksikolojik araştırmalarının ilki Gettler, tarafından gerçekleştirilmiştir. Gettler, kan-alkol seviyesini tespit etmiş ve trafik kazalarıyla ilişkisini ortaya koymuştur (Aktay vd., 2003). Zehirlenme ile gerçekleşen ölümlerde

toksik maddelerin analizi ile ilgili araştırmalar ilk kez 1958’de ölüm zamanı tespiti amacıyla sıçanlar üzerinde denenmiştir (Utsumi, 1958).

Ağır metallerin, uyuşturucu maddelerin (antidepresanlar, organik fosfatlar, metamfetamin, kokain, eroin, morfin, analjezik gibi), cesetten beslenen sineklerin gelişimi üzerindeki etkileriyle ilgili birkaç çalışma yapılmıştır. Carvalho vd. (2001), diazepam ile ilgili bir çalışmalarında, ilk saatlerin larva gelişimi üzerinde bir etkisi olmadığını ancak 18. saatten sonra diazepamın larva gelişimini kontrol grubuna göre hızlandırdığını gözlemlemişlerdir (Carvalho vd., 2001). Diener vd. (2011) besi yerindeki yüksek çınko konsantrasyonlarının, *Hermetia illucens*’in (Diptera: Stratiomyidae) yüksek larva ölümüne neden olduğunu kaydetmiştir. Trumble ve Jensen, (2004) besi yerindeki kromiyum (Cr) ‘nin, *Megaselia scalaris*’in (Diptera: Phoridae) olgunlaşmamış evrelerinin, hayatta kalma oranını önemli ölçüde azalttığını ve gelişme süresini artırdığını göstermiştir. Gao (2017), Cd ve Cr’nin *H. Illucens*’in hayatta kalma ve eklüzyon oranı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, ancak larva süresi ve pupa oranı üzerinde etkileri olduğunu göstermiştir. Ağır metallerin farklı sinek gruplarının gelişimi üzerindeki etkisiyle ilgili birkaç çalışma yapılmıştır. Al-Momani ve Massadeh, (2005), bir besi yerindeki kadmiyum (Cd)’nin, *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) larva ve pupa mortalite oranını etkilediğini gözlemlemişlerdir. Can, *D. melanogaster*’in ömür uzunluğu üzerine kurşun asetatın etkisini araştırmıştır ve kurşun asetatın miktarı arttıka bireylerin ömürlerinin kısaldığını göstermiştir (Can, 2003).

3.2.Ateşli Silahlar

Barutun yanmasıyla oluşan mekanik kuvvet etkisiyle, içerisindeki sert cisimleri belirli bir mesafeye kadar hızla gönderip orada bir fiil oluşturan aletlere ateşli silah denilmektedir (Gök, 2000). Ateşli silahlara bağlı ölümler oldukça eskidir. Zaman içinde gelişen teknolojinin etkisiyle kullanılan silahlar, değişimler geçirerek günümüzde sıkça kullanılan modern otomatik silahlar halini almıştır (Üner ve Çakır, 2007).

Ateşli silahların kullanıldığı adli olaylarda atış artıklarının (ASAA) incelenmesi, olayda kullanılan silah türünün, atış yönünün, atış mesafesinin belirlenmesinde ve adli olayın çözümünde önemli ipuçları sağlamaktadır (Wenz ve Kattarwe, 1991).

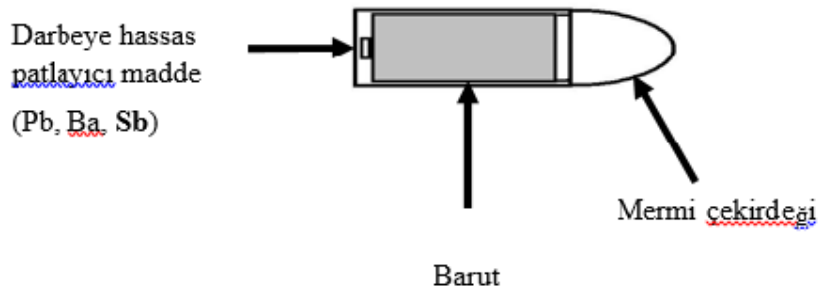
3.3. Atış Artıkları

Her yıl yaklaşık 3000 kişi ateşli silahların kullanıldığı olaylarla ölmektedir. Tüm dünyada zorlaşan yaşam koşulları, stres ve şiddet silah kullanımının artışına neden olmaktadır. Bugün gelinen noktada ateşli silah kullanımı küresel bir sorundur ve dünyadaki tüm bireylerin yaşamlarını tehdit etmektedir (Öncü, 2020).

Ateşli silahların kullanıldığı olaylarda, silah ateşlendiğinde mermiyi oluşturan kısımlarından birtakım artıklar oluşur ve etrafa yayılır (Üner ve Çakır, 2007). Olayın oluş şekli hakkında bilgi veren, inorganik ve organik yapıdaki bu maddeler ateşli silah atış artıkları (ASAA) olarak adlandırılmaktadır (Gök, 1983).

Ölüm ya da yaralanmaya neden olan silahtan çıkan barut artıkları olayın oluş şeklini, kaynağını ve suçluyu belirlerken önemli bir yere sahiptirler (Üner ve Atasoy, 1993). Ateşli silah ile atış yapıldığında, atış yapılan cismin üzerinde kullanılan silahın mermisinden kaynaklanan bir sürü artıklar oluşmaktadır (alev, gaz, is, barut parçaları, metaller gibi) (Can, 2003). ASAA denilen bu moleküller, atışı yapan kişinin elbiseleri üzerinde, derisinde ve kurbanın üzerindeki mermi giriş deliği çevresinde bulunabilmektedir (Kahraman ve Özdemir, 2005).

Ateşli silahlarda, fişek kapsülleri içinde bulunan dolgu maddeleri; kurşun stefinat, baryum nitrat ve antimon sülfürdür. Kapsülün bileşiminde bulunan silahın ateşlenmesiyle buhar haline gelen Pb, Ba ve Sb elementlerinin saptanması önemli ipuçları vermektedir (Can, 2003).



Şekil 3.1. Fişegin yapısı (Fidan, 2009)

Fişek kapsülü içerisindeki 3 madde fişegin ateşlenmesi için temel etmenlerdir (Şekil 3.1.). Ateşlemeyi başlatıcı olarak kurşun, darbe ile tetiklenmesiyle, fişek ile ateşleme iğnesinin temasını sağlamaktadır. Baryum, yakıtı yakmak için gerekli oksijeni sağlamaktadır. Antimon ise yüksek yanma hızına sahip olması yönüyle yakıt olarak kullanılmaktadır ve barutu ateşleyerek mermi çekirdeğinin fırlamasını sağlamaktadır.

Fişek ateşlendiğinde dağılan toz bulutu içerisinde Antimon, Baryum ve Kurşun partikülleri ve barut artıkları kovan çıkış noktasına en yakın bölgelere bulaşmaktadır (Ahmad vd., 2012). ASAA'nın tespit edilmesi, silahla ateş eden ya da silahla teması olan kişilerle alakalı önemli bilgiler sağlamaktadır (Fidan, 2009).

ASAA'nın niteliklerinin belirlenmesinde farklı yöntemler sıklıkla kullanılır; Dermal Nitrat Testi (Di Maio, 1999), Modifiye Griess Testi (Üner, 1991), Sodyum Rodizonat Testi (Çerkezoğlu, 1995), Elektron Mikroskopik Görüntüleme Tekniği (Andrasko ve Maehly, 1977), Görüntü Analizi Yöntemi (Tuğcu, 2001), Nötron Aktivasyon Analizi (Fatteh, 1976) kullanılan yöntemlerdir. Fakat parçalanmış ve çürümeye başlamış cesetlerde; delil elde etmek ve yara analizi yapmak oldukça zordur (Cecchetto, 2012; LaGoo vd., 2010; Dadour vd., 2004). Çürüyen ve bozulan cesette kan, idrar veya dokuların toksikolojik analizlerde kullanılması mümkün değildir (Goff, 2000; Byrd ve Castner, 2001; Campobasso vd., 2001). Ayrıca çevresel faktörler, vahşi hayvanların cesedi parçalaması ve böcek aktivitesi, yaranın morfolojisini, mevcut yolları değiştirebilmekte ve yeni yollar oluşturabilmektedir (Taudte, 2014; LaGoo vd., 2010; Motta, 2015).

Ceset üzerindeki bu belirleyici yara işaretlerin ortadan kalkmasıyla, bir ateşli silahın ölüme neden olup olmadığını belirlemek için yeni alternatif teknikler gerekmektedir (Dadour vd., 2004). Cesetten beslenen böcekler, adli araştırmalarda alternatif toksikolojik örnekler olarak güvenilir kanıtlar sağlamaktadır (Introna vd., 2011; Pacini, 2014).

Böceklerin ateşli silah yaralanmalarında kanıt olarak kullanılmaları için ASAA elementlerinin böcek gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ateşli silah artıklarının, sineklerin gelişimi üzerindeki etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Roeterdink ve Motta larvada atış artıklarını tespit için çalışma

yapmışken; Rashid, *C. megacephala* ile atış artıklarının toplam gelişim süresi üzerine araştırma yapmıştır (Rashid, 2013; Roeterdink vd., 2004; Motta, 2015). Bu çalışma, atış artıklarının *L. sericata*'nın tüm evreleri üzerine ağırlık, boy, mortalite ve gelişim süreleri üzerine yapılmıştır. Tüm dünyada her geçen gün artan silah kullanımının, terör olaylarının ve cinayetlerin artması, adli bilimcilerin, ASAA'nın farklı biyotik ve abiyotik durumlarda tespit ve analiz yöntemlerini iyileştirmelerini gerekli kılmaktadır. Ateşli silahlara bağlı ölüm olaylarında zaman zaman cesetlerin terk edilmiş arazilerde ve ölümün üzerinden uzun süre geçtikten sonra bulunması suçun aydınlatılması için entomolojik delillerin önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir. Dolayısıyla son yıllarda tüm dünyada şiddetin, terörün ve ateşli silah kullanımının artması adli olayların aydınlatılmasında entomolojik delillerin kullanılmasını kritik bir ihtiyaç haline getirmiştir.

4.ÖLÜM SONRASI (POSTMORTEM) GÖRÜLEN DEĞİŞİMLER

Ölüm; somatik ölüm ve hücrel ölüm olmak üzere iki kategoride incelenir. Somatik ölüm, temel vücut fonksiyonları olarak kabul edilen merkezi sinir sistemi, solunum ve dolaşım fonksiyonlarının kaybıdır. Hücrel ölüm ise tüm hücrelerin ölümüdür. Ölümden sonra vücutta bazı değişimler (Postmortem değişimler) meydana gelmektedir (Byrd ve Castner, 2001).

Postmortem değişiklikler erken ve geç değişiklikler olmak üzere iki ayrı grupta incelenebilir. Ölümden 2 saat sonra gerçekleşen değişimlere erken dönem değişiklikleri denir. Bu değişiklikler solunum ve dolaşımın durmasıyla başlamakta, normal cilt rengi kaybolmakta, kas gevşemesi meydana gelmektedir. Cesedin bulunduğu ortamın ısısına ve nemine göre; cesedin yaşına ve cinsiyetine göre değişen su kaybı başlar, göz kapaklarının gevşemesi sonucu kornea havaya maruz kalır ve gözlerde kuruma oluşur. Kan, karbondioksit birikimi nedeniyle asidik hale gelmekte ve doku bozulması sonucu açığa çıkan kimyasallar kanın pıhtılaşmasına neden olmaktadır. Hücre ve dokuların şekli bozulur ve yumuşamaya başlar (Henssge ve Madea, 2004; Clark vd., 1997). Erken dönem değişikliklerden sonuncusu da otolizdir; ölümden sonra hücre, doku ve bazı organlarda bulunan litik enzimlerin etkisiyle hücrelerde, karbonhidrat, protein ve yağlarda parçalanmalar meydana gelerek normal biyokimyasal ve morfolojik yapıları bozulur (Arslan ve Koç, 2016).

Algor mortis, rigor mortis, livor mortis ve çürüme ölüm sonrası geç dönem değişiklikleri arasındadır. Ölümden sonra zamanla vücut soğumaya başlar. Bu soğuma, vücut sıcaklığı ortamın sıcaklığına düşene kadar devam etmektedir. Kısacası algor mortis (Latince: algor: soğukluk; mortis: ölüm) ya da ölüm soğukluğu, ölümden sonra vücut sıcaklığının değişmesidir (Knight ve Saukko, 2004). Daha sonra rigor mortis (Ölüm katılığı) gelişir, ölümden 2-3 saat sonrasında çenenin sıkılaşması ile başlar, 10-15 saat sonra ölüm katılığı en üst düzeye ulaşır. Kaslardaki kimyasallar tüketildikçe yaklaşık 48 saat sonra ortadan kalkmaya başlar (Clark vd., 1997). Kan artık kalp tarafından dolaştırılmadığı için vücudun alt tarafında birikmeye başlar. Bu duruma livor mortis denir. Oksijen yavaş yavaş kırmızı kan hücrelerinin hemoglobininin ayrıştığından, livor mortisin normal rengi kırmızıdan mora değişir. Bu durum, kırmızı hücrelerde deoksihemoglobin adı verilen ve mor olan bir pigment üretir. Vücut soğudukça kılcal damarları çevreleyen yağ dokusu katılaşır ve böylece

basınç artık kanı morluk alanından uzaklaştırılmaz. Bu duruma morluk fiksasyonu denir ve ölümden 4-6 saat sonra ortaya çıkmaktadır (Bell, 2008).



Şekil 4.1. Rigor mortis (Madea, 2016)



Şekil 4.2. Livor mortis (Byard, 2020)

4.1. Çürüme (Dekompozisyon)

İnsan vücudu, ölümden çok kısa bir süre sonra çürümeye başlamaktadır. Çürüme ölen vücut parçacıklarının bakteri, mantar ve diğer mikroorganizmalar tarafından istilasıyla başlamakta, bunu çok sayıda fiziksel, biyolojik, kimyasal değişimlerin olduğu süreç takip etmektedir. Dokular; gazlar, sıvılar ve tuzlara dönüşmektedir. Çürümeyi otoliz ve pütrefaksiyon olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Hücre içerisindeki lizozom organellerinde bulunan proteolitik enzimlerin ölümden sonra aktif hale

gelmesi ile hücre yapısının bozulmasına otoliz denilmektedir. Pütrefikasyon ise, cesetteki bakterilerin salgıladıkları proteolitik enzimler ve diğer enzimlerin etkisiyle dokuların gazlar, sıvılar ve tuzlara dönüşmesidir (Vas, 2001).

Pütrefikasyonun hızına etki eden bazı durumlar vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Cesedin donması (soğuk ortam)
2. Sıcak ortam
3. Cesedin giyinik olması
4. Güneş ışığına maruz kalma
5. Cesedin açık alanda olması
6. Cesedin su içinde olması

Isı durumu cesedin çürümesini etkiler. Sıcak havada çürüme hızlanır ancak soğuk havada çürüme yavaşlar hatta donan bir cesette çürüme durmaktadır (Arslan ve Koç, 2016). Kapalı alanda olan bir ceset Dipteraların ulaşamaması ya da geç ulaşması sebebiyle açık alandakine göre daha yavaş çürümektedir.

Güneş ışığına maruz kalan bir ceset normalden yavaş çürümektedir. Çünkü böcekler direkt güneş ışığına maruz kalan bölgelere yumurta bırakmazlar. Cesedin su içinde olması çürümeyi yavaşlatır (Amendt vd., 2004). Cesedin giyinik olması da bazı çürüme evlerini hızlandırırken; bazılarını yavaşlatmaktadır (Karapazarlıoğlu, 2010).

Sabunlaşma, nemli ortamlarda veya sıvı ortamda kalmış cesetlerde oluşan nadir bir değişiktir. Yağ asitlerine ayrışan vücut yağları, ortamdaki çürüme ürünü amonyak ile birleşir ve ilk olarak kolay parçalanabilen amonyak sabunlarını, daha sonra ise kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerle birleşerek çürümeye dayanıklı kalsiyum ve magnezyum sabunlarını meydana getirir ve ceset yağ ile mum arasında bir özellik kazanmaktadır. Sabunlaşmanın adli bilimlerden önemli, cesedin kimliği ile birlikte eski ve yeni yara izlerinin tespitine olanak sağlamaktadır (Özsoy, 2016). Çoğunlukla deri altı yağ dokusundan zengin bölgelerde oluşmaktadır. Genellikle bölgesel oluşan bir değişiktir. Bu değişikğin aylar sonra tamamlandığı görülmüştür. Meydana geldikten sonra da yıllarca bu özelliğini koruduğu saptanmıştır (Cantürk vd., 2016).

Mumyalaşma da ölümden sonra dokuların ve organların dehidrate olup kurumasıdır, nadiren meydana gelmektedir. Ölümden önce var olan dehidrasyon mumyalaşmayı kolaylaştırır. l kumu gibi sıcak ve kuru zeminlere gömülen ya da benzeri ortamda bırakılan cesetlerde meydana gelmekte. Tamamlanması aylar hatta yılları almaktadır (Polat, 1997).

5. ENTOMOLOJİK DELİLLERDEN YARARLANARAK ÖLÜM SONRASI GEÇEN ZAMAN (PMI) HESAPLAMASI

Cinayet soruşturmalarında ölümün gerçekleşmesinden sonra cesedin bulunmasına kadar geçen zamanın (post-mortem interval-PMI) bilinmesi, suçun aydınlatılmasında, failin bulunmasında, dolayısıyla toplum huzur ve refahı için oldukça önemlidir.

Ölümden sonra ilk 72 saat içinde cesetten alınan dokuların patolojik analizi ve biyolojik sıvıların analizleri ölüm zamanının belirlenmesinde kesin bir sonuç sağlayabilir. Vücut sıcaklığında düşme (algor mortis), ölü morluğu (livor mortis), ölü sertliği (rigor mortis) ve kan koagülasyonu gibi testler PMI'nın tespit edilmesinde kullanılmaktadır (Estracanholti vd., 2009).

Bu fiziksel ve kimyasal testler ölümün üzerinden geçen zaman arttıkça daha kullanışsız hale gelmekte ve ölüm araştırmaları için yeni delillere gereksinim duyulmaktadır. Entomolojik deliller, ölümün erken evrelerinden geç evrelerine kadar kullanılabilen neredeyse tek delillerdir (Catts ve Goff, 1992). Bu biyokimyasal testlerin; cesedin parçalandığı, çürüdüğü ve yakıldığı durumlarda, PMI tespitinde kullanılmaları daha zordur.

Ölüm zamanının hesaplanmasında sık kullanılan iki yöntem vardır. Bunlardan birincisi, ceset üzerindeki beslenen larvanın gelişim verilerinin kullanılmasıdır. Bu yöntem ile ölümden sonraki minimum zaman hesaplanır ve bu yöntem ölüm gerçekleştikten sonra birkaç haftaya kadar uygulanabilmektedir. Calliphoridae familyasına ait türler ölümden hemen sonra cesede gelir ve yumurtalarını bırakırlar, bu yumurtadan çıkan larvalar cesetten beslenerek gelişimlerini devam ettirirler. Bu familyaya ait sinekler genellikle üç larval evreden geçerler ve bu evrelerin süreleri bilinmektedir (Anderson ve Hobischack, 1997). Ancak ortamdaki beslenme durumuna, neme, larval yoğunluğa, besin içeriğine ve ortam sıcaklığına bağlı olarak gelişim zamanları değişebilmektedir. Belirli sıcaklığın altında veya çok üstünde böceklerin gelişimleri dururken, belirli derecede sıcak artışında ise gelişimleri hızlanmaktadır. Sineğin büyümesi ve gelişimi için gerekli ısı birimleri derece saat (ADH) ya da derece gün (ADD) olarak ifade edilmektedir (Amendt, 2011). Cesetten toplanan larvalar içinden boyu en uzun olan (en yaşlı) larvanın, ölçümüyle cesedin

bulunduğu andaki sıcaklık değerleri geriye dönük olarak değerlendirilmekte ve böceğin yumurta bırakma zamanı hesaplanmaktadır (Grassberger ve Reiter, 2001).

İkinci yöntem ise böcek süksesyonundan yararlanılarak yapılan PMI hesaplama yöntemidir. Cesedin çürüme aşamaları olan taze evre, şişme evresi, aktif çürüme evresi, ileri çürüme evresi ve kuruma evresinde farklı böcek türleri cesede gelmektedir. Genellikle ölümden çok kısa bir süre sonra böcekler cesede gelmeye başlar. Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae familyasına ait sinek türleri cesede ilk gelen türlerdir. Diğer türler farklı evrelerde cesede gelirler (MacGregor, 1999).

Çürümenin ileri evrelerinde cesede Coleopterlere takımına ait (Staphylinidae, Histeridae, Silphidae, Dermestidae Cleridae gibi) türler gelirler. Cesede böceklerin geliş sıralarının belirlenmesi ile ölüm zamanı (Postmortem Interval) tespit edilmektedir (Flynn ve Goff, 1991).

Bu yöntemin rutinde uygulanabilmesi için bölgedeki böcek faunasının bilinmesi gerekmektedir.

6.MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. Materyal

6.1.1. Ağır Metaller

Ba, Sb ve Pb ve stok çözeltiler kimya şirketinden (Sigma–Aldrich, İsviçre) satın alınmıştır. 2 ppm’lik çözeltiler hazırlanmıştır.

6.1.2. *Lucilia sericata* Sistematığı ve Evreleri

L. sericata’nın Sistematığı ve Adli Önemi:

Şube: Arthropoda (Eklembacaklılar)

Sınıf: Insecta (Böcekler)

Takım: Diptera (Çift Kanatlılar-Sinekler)

Sinekler hemen hemen tüm habitatlarda bulunmakta ve 86 bin ‘in üzerinde türden oluşmaktadırlar. Sinekler, ekosistemde organik maddelerin geri dönüşümünde ve ayrışmada önemli bir role sahiptirler (Byrd ve Castner, 2001).

Familya (Aile): Calliphoridae

Calliphoridae ailesi, dünyada yaygınlık gösteren ve 1000’in üzerinde türü bulunan büyük bir ailedir. Zengin protein içeriğine sahip maddeleri yaklaşık 2 km uzaklıktan bulup, yumurtalarını bırakabilirler. Bu ailenin erginleri, 6-10 mm uzunluğundadır ve genellikle metalik renktedirler. Yumurtalarını, ceset üzerinde burun, ağız ya da diğer vücut açıklıklarına bırakmaktadırlar. Larvaların bu bölgelerdeki kümelenme şekli, ölüm öncesi ve sonrası travmaların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ölümden hemen sonra cesede gelen bu familyaya ait türler ölüm sonrası sürenin tespitinde sıklıkla kullanılmaktadırlar (Gennard, 2007).

Cins: *Lucilia sp.*

Lucilia türleri, cesete ilk dalgada gelen sinek türleri arasındadır ancak mevsime ve coğrafi konuma bağlı olarak popülasyonları değişiklik gösterir.

Tür: *Lucilia sericata* (Meigen)

L. sericata (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) ise Calliphoridae familyasına ait cesede ilk gelen, adli açıdan önemli bir türdür. Metalik yeşil renkli olduklarından dolayı yeşil sinek olarak adlandırılırlar. Bütün kuzey enlemlerinde

sıklıkla görülen bir türdür. *L. sericata* türü sıcak havalarda sıkça görülür hemen hemen tüm dünyada yaygınlık gösteren bir türdür, Samsun'da Nisan-Kasım arasında görülmektedir. *Lucilia* türleri, diğer Calliphoridae ailesinin diğer üyelerinden squama üstünde bir bombesinin oluşu ile ayırt edilmektedir. *L. sericata*'nın sarı renkte basicostası vardır. Karın kısmı metalik yeşil renkte, tüm abdomen segmentlerinin notum kısmı çok sayıda siyah kıllarla kaplıdır (Byrd ve Castner, 2001).

L. sericata, cesede ilk kolonileşen ve ulaşan ilk sinek türü olmasıyla da adli ve toksikolojik araştırmalarda tüm dünyada sıklıkla kullanılan model, indikatör bir türdür (Byrd ve Castner, 2010; Mohr ve Tomberlin, 2014; Tabor, 2005).

Deneyisel araştırmalarda ve adli vakalarda cesete en hızlı gelen türlerden birisidir. Ölümden sonra uygun şartlar altında 1-2 dakika aralığında cesede gelmektedirler. Ergin sinekler yumurtalarını vücut açıklıklarına ya da yaralı bölgelere bırakırlar. Larva yoğunluğuna ve gelişim durumlarına bakılarak cesedin ölüm şeklinin tahmin edebilir. Çürümenin kuruma aşaması dışında hemen hemen tüm evrelerde bulunurlar (Anderson, 2001).

L. sericata yumurta bırakma:

L. sericata yumurtalıklarında meydana gelen, uzun oval, üzerinde yapışmalar olan yumurtaları döllendikten sonra tek tek ya da toplu olarak bırakmaktadır. Dişiler genellikle korunaklı, larvanın besinini en kolay şekilde bulabileceği bir ortamı seçmektedir. Ceset üzerindeki yaralanma bölgeleri ve doğal vücut açıklıkları bu bakımdan uygun alanlardır.

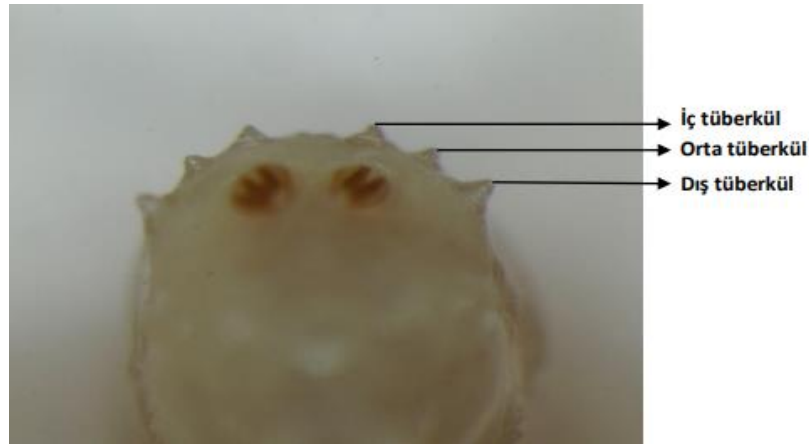


Şekil 6.1. Çiğere bırakılmış *Lucilia sericata* yumurtaları

L. sericata larva evresi:

Yumurtadan çıkan larvalar beslenip, büyümeye başlarlar. Larvalar büyüdükçe deri değiştirirler. Deri değiştirme larva evrelerini birbirinden 1.evre, 2.evre ve 3.evre olarak ayırmaktadır. Larvaların 12 segmentten oluşup, anterior (ön) kısımları sivridir; posterior (arka) kısmı ise küt ve kalın olup bacaksız tiptedir. Larvanın küt olan kısmında yani 12. segmentinin arkasında posterior spirakül adı verilen iki adet solunum açıklığı (stigma) bulunmaktadır. Spiraküllerin içerisinde larvanın hangi evrede olduğunu gösteren solunum yarıkları vardır. 1. evrede bir adet yarık, 2. evrede iki adet yarık ve 3. evrede üç adet yarık bulunmaktadır. Larvaların 1.evrede boyutları oldukça küçüktür, 1. ve 2.evrede larvalar beslenerek büyümeye devam etmektedirler. 3. larval evrenin sonlarına doğru beslenmesi durur ve larva pupa için uygun (kuru) bir yer arar. Bu evreye post-feeding (beslenme sonrası, gezici) evre denilmektedir (Erzinçlioglu, 1996).

L. sericata'nın larvaları ise, son posterior segmentin yanına bakılarak da ayırt edilebilmektedir. Segmentinin dış kenarında bulunan çıkıntıya tüberkül adı verilmektedir. İki iç tüberkül arasındaki mesafe, iç ve dış tüberkül arasındaki mesafeden küçük ise bu türün *L. sericata* olduğu anlaşılabilir (Şekil 6.2). Bu özellik 3. evre larvalar için karakteristiktir (Christiansen ve Tomberlin, 2009).



Şekil 6.2. *Lucilia sericata* posterior segmentindeki tüberkül yapıları (Kondakçı, 2009)

L. sericata pupa evresi:

Tamamen büyümüş olan larva, beslenmeyi bırakmakta ve cesetten uzaklaşmaya başlamaktadır. Bu evredeki larva beslenme sonrası üçüncü evre larva olarak adlandırılmaktadır. Larva döneminde elde ettikleri enerjilerini, pupa safhasından

erişkin sineğe dönüşümde yani metamorfozda kullanılmaktadırlar. Bu evrede larvanın boyu kısalmakta, rengi koyulaşmakta, çevresi sert kitin tabaka ile örtülmekte ve pupa haline geçmektedir (Şekil 6.3) (Demirsoy, 2003).



Şekil 6.3. *Lucilia sericata* pupası (Darı, 2019)

L. sericata ergin evresi:

Alın kesesinin kasılma hareketleri ile pupadan yavaş yavaş dışarıya çıkarlar. Pupadan çıkma yaklaşık 5 dakika sürmektedir. Pupadan henüz çıkan sineğin, küçük yapılı, alın keseleri katlanmış ve derileri yumuşaktır. Hava alma ile vücut hacimleri artmakta, kanatları gerilmekte, kutikulaları sertleşmektedir. Böylece yetişkin bir sinek ortaya çıkmaktadır (Şekil 6.4).

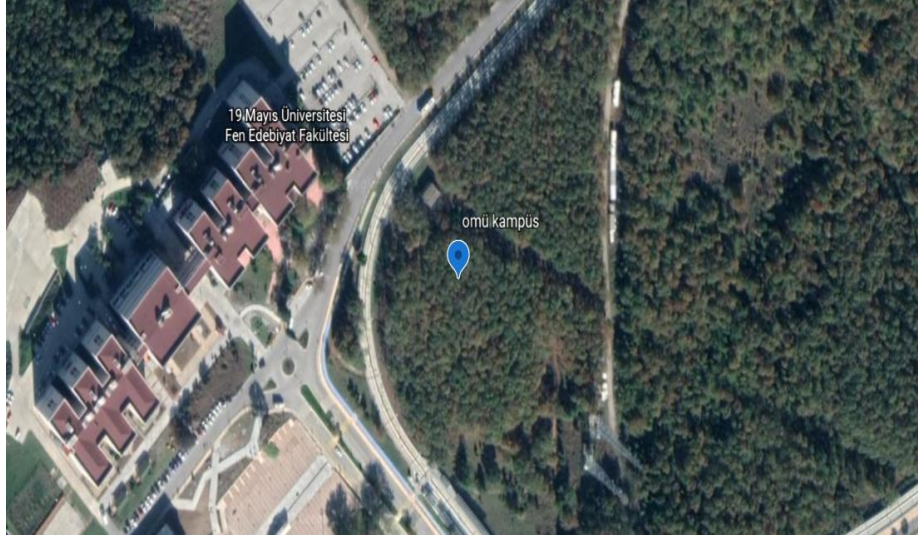


Şekil 6.4. *Lucilia sericata* ergini (Kökdenen, 2012)

6.2. Yöntem

6.2.1. Arazi Çalışması

L. sericata erginleri, Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü (41°15'K, 36°19'S) (Şekil 6.5.-6.6.) yakınlarından tavuk ciğeri konularak hazırlanmış tuzaklardan toplanmış ve periyodik olarak doğadan yakalanmış sineklerle desteklenmiştir (Şekil 6.7.). Yaklaşık 600 erişkin sinek 60x40x60 cm kafeslerde %65 bağıl nemde, 25±0,5°C'de ve 12A:12K ışık döngüsünde tutulmuştur.



Şekil 6.5. OMÜ kampüsü (Google Earth uydu görüntüsü)



Şekil 6.6. OMÜ hayvan çiftliği (Google Earth uydu görüntüsü)



Şekil 6.7. Ergin kafesi (Orijinal fotoğraf)

6.2.2. *L. sericata* Kolonilerinin Oluşturulması

Araziden toplanan erginler hızlıca araştırma laboratuvarına getirilmiş, tür teşhisleri Greenberg ve Kunich ergin tür tayin anahtarlarına göre Olympus BX51 stereo mikroskop ile yapılmıştır. Kafeslerdeki ergin bireylerin metabolik faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için kafeslere periyodik olarak şeker ve su ilave edilmiştir. Koloninin devamını ve dişilerin yumurtlamasını sağlamak için kafeslere ciğer konulmuş, 24 saat sonra üzerinde yumurta olan ciğerler inkübatöre aktarılmıştır. Yumurtanın çatlamasıyla oluşan larvalar, tavuk ciğeri ile beslenmiştir ve larvalar yetişkin sineklerle aynı çevresel koşullar altında tutulmuştur. Gelişimini ve beslenmesini tamamlayan larvalar, içinde talaş olan saklama kaplarına alınmış ve ergin çıkıncaya kadar gözlemlenmiştir. Ergin açığa çıktıktan 3-4 gün sonra seksüel olgunluğa erişinceye kadar ergin kafesine ciğer konulmuş ve dişi ovaryum gelişimi sağlanmıştır. Ergin çıktıktan yaklaşık 12 gün sonra, içinde taze tavuk ciğeri bulunan petri kabı ergin bulunan kafeslere yerleştirilmiştir. 4 hafta boyunca 72 saatte bir erişkin kafeslerine ciğer konulmuş ve yumurta alınmıştır. Elde edilen yumurtalar 25°C, %65 nem, 12A:12K ışık döngüsüne ayarlanmış inkübatörde yumurtalar çatlayıncaya kadar

tutulmuştur. Çatlayan yumurtalardan elde edilen larvalar içinde ciğer olan yetiştirme kaplarına konarak inkübatörde muhafaza edilmiştir. Toplanan yumurtalardan bir kısmı koloninin devamı için kullanılırken bir kısmı da deney için kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm larvalar genetik değişkenliği azaltmak için aynı koloniden seçilmiştir.



Şekil 6.8. Sineklerin yaşadığı kafesler (Orijinal fotoğraf)

6.2.3. Antimon, Baryum ve Kurşun Örnekleri ve Besi Yerinin Hazırlanması

Antimon, baryum ve kurşun metalleri için ayrı ayrı dört farklı konsantrasyon (0.25, 0.50, 1 ve 2 μg) kullanılmıştır. Karışımlar kullanılmadan önce oda ısısında 4 saat bekletilmiştir. Çalışmamızda kontrol örneği olarak içinde herhangi bir ağır metal olmayan distile suyla ıslatılmış ciğer kullanılmıştır. Ciğer çalışmada kullanılmadan önce iyice parçalanmış, homojenize edilmiş (Şekil 6.9.-6.10.) ve antimon, baryum ve kurşunun dört farklı konsantrasyonu (0.25, 0.50, 1 ve 2 μg) saf su ile hazırlanmış çözeltileriyle karıştırılmıştır. Her konsantrasyon parçalanmış 19g ciğerle karıştırılıp bir besi yeri oluşturulmuştur.



Şekil 6.9. Tavuk ciğerinin karıştırıcıda parçalanması (Orijinal fotoğraf)



Şekil 6.10. Ciğerin homojen hale getirilmesi (Orijinal fotoğraf)

Her ağır metal konsantrasyonu için hazırlanan örnekler 200 ml steril kaplara (5 ayrı kap) konulmuştur. İçerisinde farklı konsantrasyonlarda ağır metal bulunan her kaba 50 adet *L. sericata* larvası ilave edilmiştir ve kapların kapakları kapatılmıştır. Larvaların nefes alması için kapaklara delikler açılmış ve deliklerden larva kaçışını önlemek için araya tül parçası konularak sıkıca kapaklar kapatılmıştır. Tüm kaplar inkübatöre konulmuştur. Dört konsantrasyon ve üç ağır metal için bu deneyler tekrarlanmıştır. Üç ağır metalin dört konsantrasyonu için eş zamanlı 5 tekrar deneyi yapılmıştır (Antimon 0.25 µg için 5 tekrar gibi. Tüm konsantrasyonlarda uygulanmıştır). Kontrol deneylerinde larvalar, içerisinde taze ciğer olan yetiştirme kaplarına alınmıştır ve inkübatöre konulmuştur.

6.2.4. Larva Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma

Pupa aşamasına kadar her gün her kaptan 2 larva alınmış kaynar boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Larvanın gelişimsel aşamalarına göre boy uzunlukları ve ağırlıkları hesaplanmış ve büyüme eğrileri oluşturulmuştur. Her ağır metal, her konsantrasyonu ve kontrol için larval evrelerin süreleri (yumurta çatlama, 1.,2. ve 3. larval evreler) gözlemlenmiş ve kaydedilmiştir. Hayatta kalma yüzdesini hesaplamak için her gün boy ve ağırlık ölçmek için kullanılan larva sayısı ile pupa evresine geçen larva sayısı, deney başında koyulan toplam larva sayısından çıkarılmıştır ve çıkan sayı ölen larva sayısını vermiştir.

6.2.5. Pupa Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma

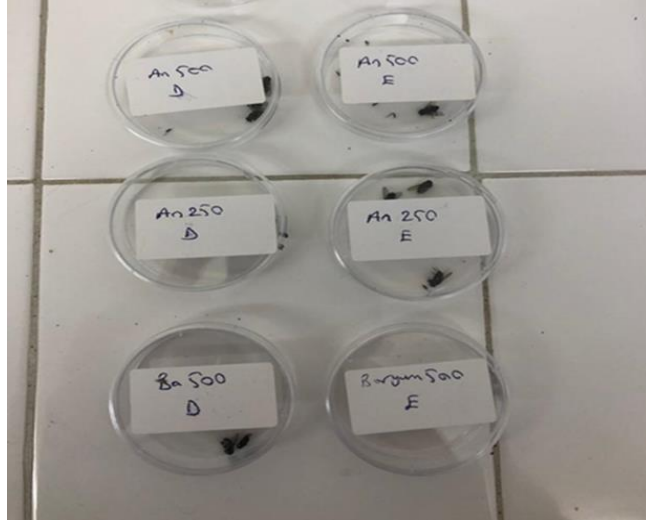
Larvalar pupa evresine geçtiklerinde içerisinde talaş olan 200 ml plastik kaplara alınmıştır (Şekil 6.11.). Her gün tüm ağır metal ve her konsantrasyonlar için pupal gelişim süreleri (pupaya geçtikleri zaman ile ergin çıkana kadar geçen zaman) gözlemlenmiş ve kaydedilmiştir. Larvalar pupa evresine geçtiklerinde her deney kabı içindeki, pupa ağırlıkları hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir. Pupa canlılığını ölçmek için ergine dönemeyen pupa sayıları toplam pupa sayısından çıkarılmış ve sonuç bize pupa canlılığını vermiştir. Pupa canlılığı aynı zamanda ergin canlılığı ile aynı sonuçtur.



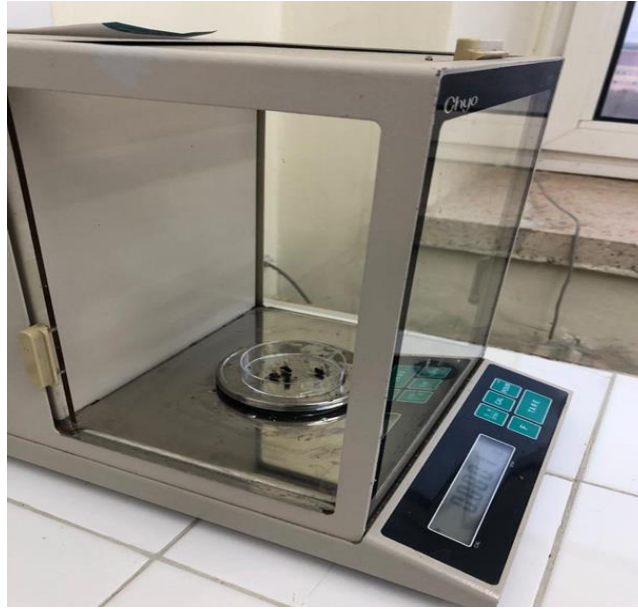
Şekil 6.11. Metallerin, homojen ciğer ve larvaların konulduğu kaplar (Orijinal fotoğraf)

6.2.6. Ergin Evresi Büyüme Eğrisi Oluşturma

Her ağır metal ve her konsantrasyon için dişi ve erkek olarak ergin ağırlıkları kaydedilmiştir. (Şekil 6.12.) Ölçümler, ergin bireyler öldükten sonra eşey tayini yapıp hassas terazi kullanılarak tartılmıştır (Şekil 6.13.).



Şekil 6.12. Dişi ve erkek olarak gruplandırma (Orijinal fotoğraf)



Şekil 6.13. Ergin ağırlık ölçümü (Orijinal fotoğraf)

6.3. İstatistiksel Analizler

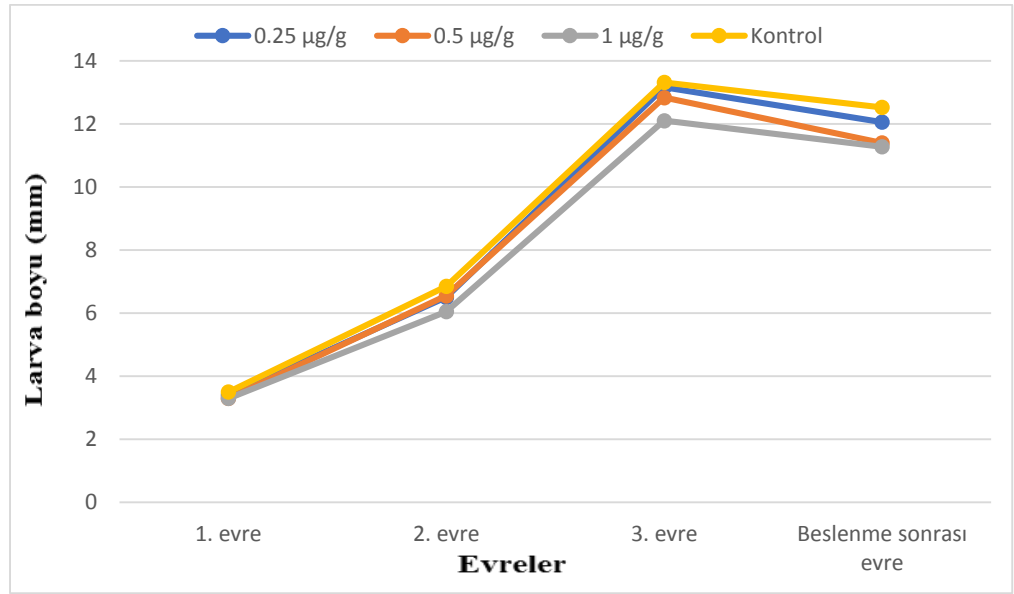
Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak kontrol edilmiş ve tüm testlerde, anlamlılık seviyeleri $\alpha = 0.05$ 'te belirlenmiştir. Ateşli silah artıklarının (Ba, Pb, Sb'nin, *L. sericata*'nın yaşam öyküsü parametreleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için, veriler iki yönlü varyans analiziyle (two way ANOVA) ile analiz edilmiştir ve ortalamalar, Tukey Honest Significant Difference (HSD) post hoc testi ile karşılaştırılmıştır.

7. BULGULAR

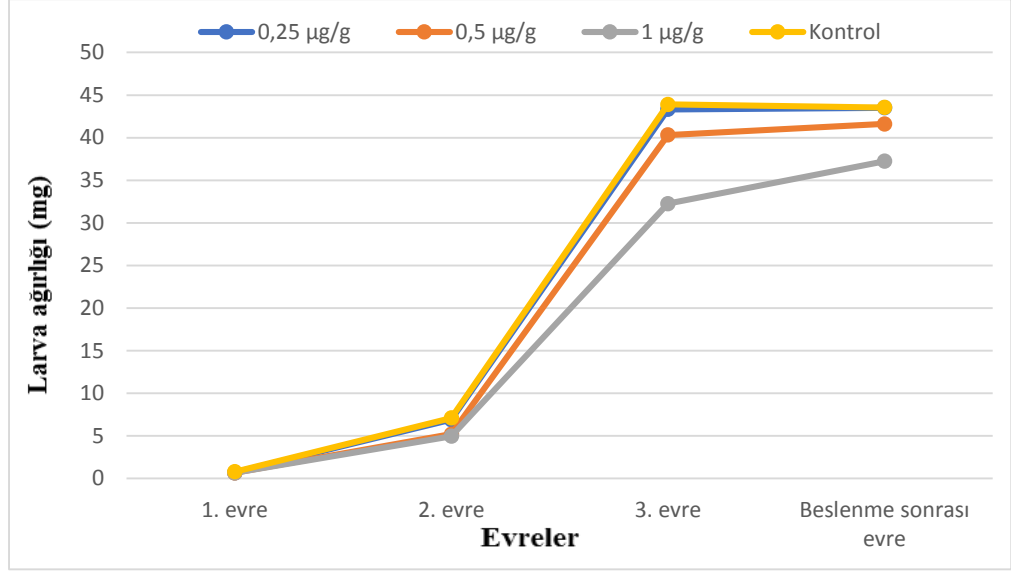
7.1. Antimonun Farklı Konsantrasyonun *L. sericata* Gelişim Evrelerine Etkisi

7.1.1. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Larval Boy ve Ağırlığa Etkisi

Antimon 0.25, 0.50, 1 ve 2 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonundaki larval boy ve ağırlık ortalaması Şekil 7.1., 7.2. ve Tablo 7.1. de verilmiştir. Antimonun tüm konsantrasyonlarında larva boy ve ağırlık ortalamaları kontrol grubuna kıyasla azalmıştır. Antimonun tüm konsantrasyonlarında larval ağırlık konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır. İkinci larval evrede 0.25 ve 0.50 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonlarda larval uzunluk birbirlerine çok yakındır. 1 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyondaki larval uzunluk diğer iki konsantrasyona göre (0.25 ve 0.50 $\mu\text{g/g}$) azalmıştır. Üçüncü evre ve gezici larval evrede, larval uzunluk konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır. Antimon 2 $\mu\text{g/g}$ olan deney kaplarında larvalar gelişim gözlemlenmemiştir (hepsi ölmüştür).



Şekil 7.1. Antimonun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri



Şekil 7.2. Antimonun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva ağırlığı (mg) üzerine etkileri

Tablo 7. 1. *L. sericata*'nın farklı antimon besiyerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı

Konsant rasyon (µg/g)	Larval Uzunluk (mm) /Larval Ağırlık (mg)	Birinci evre	İkinci evre	Üçüncü evre	Beslenme sonrası evre
0.25	LU	3.40 ± 0.49b*	6.50 ± 0.70bc	13.17 ± 1.19b	12.06 ± 1.45b
	LA	0.70 ± 0.27a	6.9 ± 1.13b	43.32 ± 0.73b	43.50 ± 1.17b
0.5	LU	3.30 ± 0.34a	6.55 ± 0.72b	12.84 ± 1.34a	11.40 ± 1.07a
	LA	0.65 ± 0.29a	5.2 ± 0.52a	40.32 ± 0.86ab	41.61 ± 1.11b
1	LU	3.30 ± 0.36a	6.05 ± 0.64a	12.11 ± 1.07a	11.28 ± 1.09a
	LA	0.66 ± 0.36a	4.95 ± 1.39a	32.25 ± 0.76a	37.23 ± 1.05a
2	LU	0	0	0	0
	LA	0	0	0	0
Kontrol	LU	3.50 ± 0.11a	6.85 ± 0.25b	13.32 ± 0.15b	12.53 ± 0.20a
	LA	0.79 ± 0.61b	7.1 ± 0.65b	43.91 ± 1.55b	43.55 ± 1.03b

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir. (LU: Larva uzunluğu, LA: Larva ağırlığı)

7.1.2. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Larval ve Pupal Süreye Etkisi

Farklı Antimon konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süreleri Tablo 7.2. de verilmiştir. Antimonun tüm konsantrasyonlardaki larva ve pupa gelişim süreleri kontrol grubuna kıyasla azalmıştır.

Tablo 7. 2. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süre

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva gelişim süresi (saat)	Pupa gelişim süresi (gün)
Kontrol	294	14
0.25	240	14
0.50	290	12
1	286	12
2	0	0

Tablo 7.3. de *L. sericata* larvalarının farklı larval evrelere göre gelişim süreleri verilmiştir. Birinci larval evrede gelişim süresi kontrol grubu ile aynıken; ikinci larval evrenin gelişim süresi 0.50 ve 1 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonlarında kontrol grubuna kıyasla uzamıştır. İkinci ve üçüncü larval evrelerin gelişim süreleri konsantrasyon artışına bağlı olarak artmıştır. Üçüncü evrede 1 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonda larval gelişim süresi kontrol grubundan daha uzundur. Gezici evre larvaların gelişim süreleri 0.5 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyon hariç kontrol grubuna kıyasla azalmıştır.

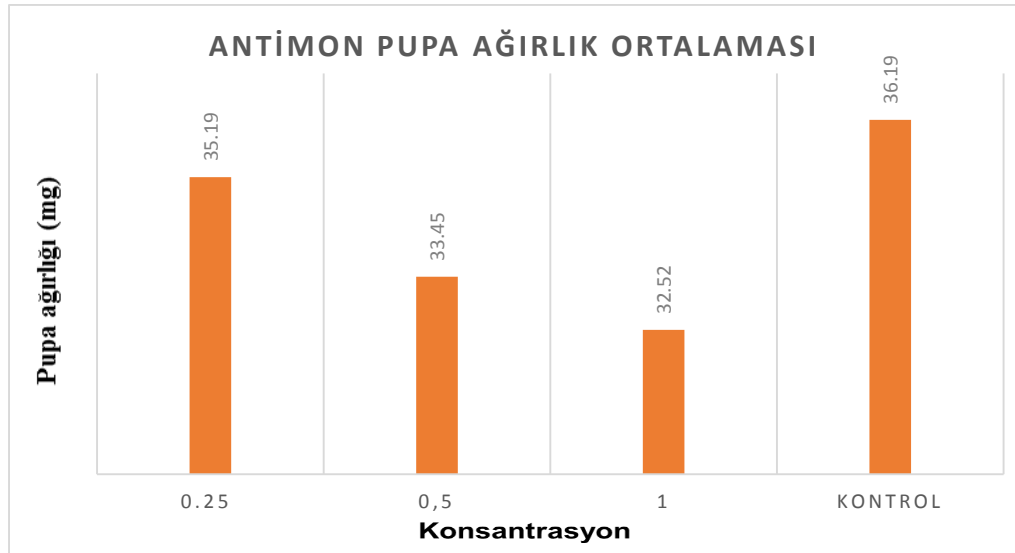
Tablo 7. 3. Farklı antimon besiyerlerindeki *L. sericata* larval evlerinin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri

Konsantrasyon (µg/g)	Yumurta (Saat)	Birinci Evre (Saat)	İkinci Evre (Saat)	Üçüncü Evre (Saat)	Beslenme Sonrası Evre (Saat)	Pupa evresi (Gün)
0.25	17.8 ± 0.6a*	24.00 ± 0.1a	24.0 ± 0.1a	96.02 ± 0.1a	96.01 ± 0.1	14.2 ± 0.2b
0.5	17.8 ± 0.6a	24.01 ± 0.1a	26.0 ± 0.0a	120.0 ± 0.0b	120.2 ± 0.1c	12.1 ± 0.8a
1	17.8 ± 0.6a	24.00 ± 0.0a	28.0 ± 0.0a	144.0 ± 0.01c	90.0 ± 0.0a	12.2 ± 0.6a
2	0	0	0	0	0	0
Kontrol	17.8 ± 0.6a	24.3 ± 0.8a	24.1 ± 0.0a	125.6 ± 0.2c	120.5 ± 0.0b	14.0 ± 0.0c

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir.

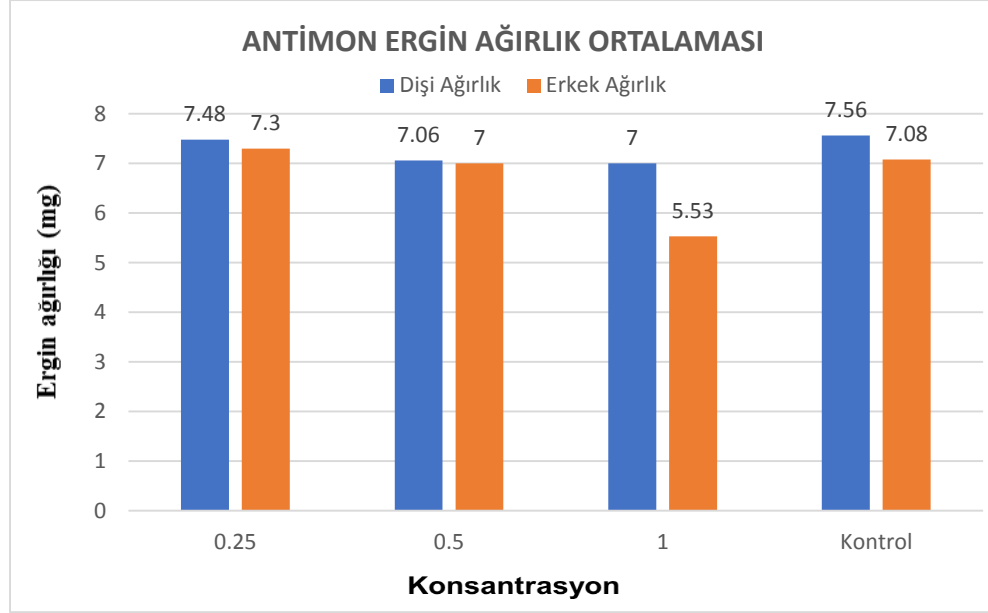
7.1.3. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Erişkin Ağırlığına Etkisi

Antimonun farklı konsantrasyonlarında görülen pupa ağırlıkları Şekil 7.3. ve Tablo 7.4. de gösterilmiştir. Antimonun tüm konsantrasyonlarında pupa ağırlıkları kontrol grubuna kıyasla azalmıştır. Konsantrasyon arttıkça; pupa ağırlıkları azalmaktadır.



Şekil 7.3. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 µg/g) ortalama pupa ağırlık ortalamaları (mg)

Antimonun farklı konsantrasyonlarında görülen ergin ağırlıkları Şekil 7.4. ve Tablo 7.4. de gösterilmiştir. Dişi ve erkek ağırlık ortalaması tüm konsantrasyonlarda kontrole grubuna kıyasla azalmıştır. Antimon konsantrasyonu arttıkça; ortalama dişi ve erkek ağırlıkları azalmaktadır.



Şekil 7.4. Farklı antimon konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 µg/g) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlığı (mg)

Tablo 7. 4. Farklı antimon besiyerlerindeki *L. sericata*'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları

Konsantrasyon (µg/g)	Pupal Ağırlık (mg)	Diş (mg)	Erkek (mg)
0.25	35.19 ± 0.47b*	7.48 ± 0.50b	7.03 ± 0.22c
0.5	33.45 ± 0.57a	7.06 ± 0.35a	7.00 ± 0.26b
1	32.52 ± 0.59a	7.00 ± 0.46a	5.53 ± 0.76a
2	0	0	0
Kontrol	36.19 ± 0.93c	7.56 ± 1.11a	7.08 ± 0.31c

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir.

7.1.4. Antimonun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Ergin Canlılıklarına Etkisi

Antimonun farklı konsantrasyonlarında görülen larva ve pupa yüzdeleri Tablo 7.5. de gösterilmiştir. Larva ve pupa oranları (yüzdesi) tüm konsantrasyonlarda kontrole kıyasla azalmıştır. Antimon konsantrasyonu arttıkça; ortalama larva ve pupa oranları (yüzdesi) azalmaktadır.

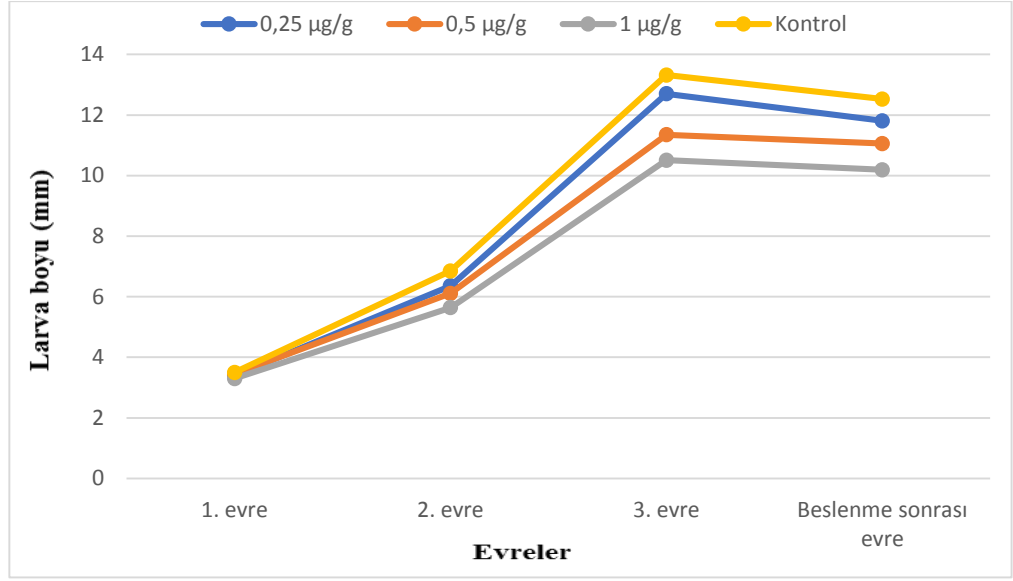
Tablo 7. 5. *L. sericata*'nın farklı antimon besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva hayatta kalma oranı (%)	Pupa hayatta oranı (%)
0.25	8.8	63.6
0.50	4.4	63.6
1	3.2	50
2	0	0
Kontrol	96	95.8

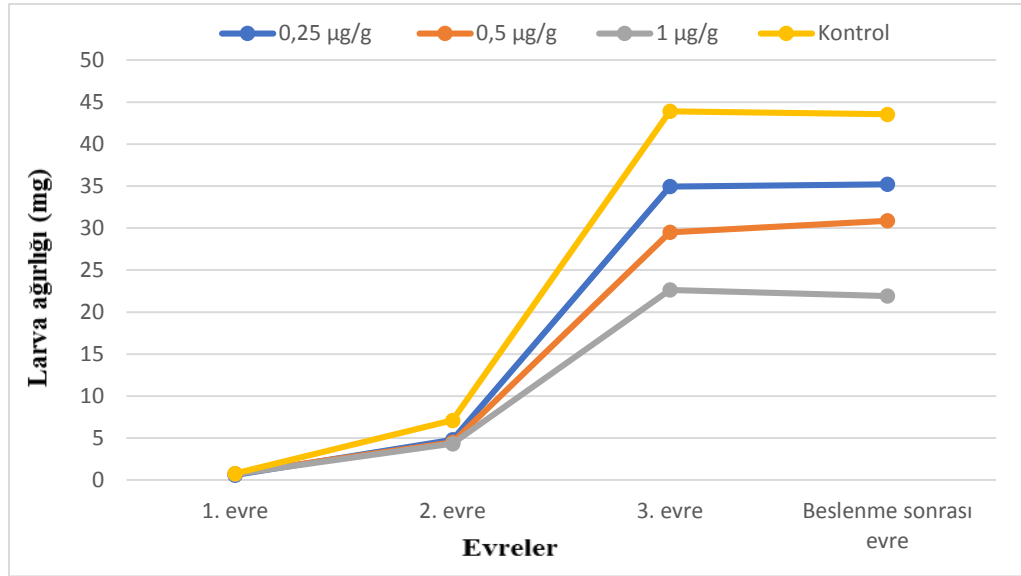
7.2. Baryumun Farklı Konsantrasyonun *L. sericata* Gelişim Evrelerine Etkisi

7.2.1. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larval Boy ve Ağırlığa Etkisi

Baryum 0.25, 0.5, 1, 2 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonundaki larval boy ve ağırlık ortalaması Şekil 7.5.-7.6. ve Tablo 7.6. da verilmiştir. Tüm konsantrasyonlarda larval ağırlık ve boy ortalamaları kontrol grubuna kıyasla daha azdır. Konsantrasyon arttıkça ikinci, üçüncü ve gezici evredeki larval ağırlık ve boy ortalaması azalmıştır. Baryum 2 $\mu\text{g/g}$ da ki larvaların hepsi ölmüştür.



Şekil 7.5. Baryumun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri



Şekil 7.6. Baryumun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama ağırlığı (mg) üzerine etkileri

Tablo 7. 6. *L. sericata*'nın farklı baryum besi yerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı

Konsantra syon ($\mu\text{g/g}$)	Larval Uzunluk (mm)/ Larval Ağırlık (mg)	Birinci evre	İkinci evre	Üçüncü evre	Beslenme sonrası evre
0.25	LU	$3.40 \pm 0.65\text{b}$	$6.36 \pm 1.02\text{b}$	$12.07 \pm 1.35\text{bc}$	$11.81 \pm 0.87\text{bc}$
	LA	$0.60 \pm 0.29\text{a}$	$4.8 \pm 1.18\text{a}$	$34.95 \pm 1.05\text{c}$	$35.22 \pm 0.99\text{b}$
0.5	LU	$3.45 \pm 0.96\text{a}$	$6.11 \pm 1.09\text{ab}$	$11.35 \pm 1.43\text{b}$	$11.06 \pm 0.67\text{b}$
	LA	$0.78 \pm 0.32\text{b}$	$4.5 \pm 0.97\text{a}$	$29.51 \pm 1.07\text{b}$	$30.88 \pm 0.92\text{b}$
1	LU	$3.30 \pm 0.94\text{a}$	$5.64 \pm 1.32\text{a}$	$10.51 \pm 1.22\text{a}$	$10.19 \pm 0.97\text{a}$
	LA	$0.71 \pm 0.42\text{b}$	$4.33 \pm 1.07\text{a}$	$22.64 \pm 1.11\text{a}$	$21.91 \pm 1.07\text{a}$
2	LU	0	0	0	0
	LA				
Kontrol	LU	$3.50 \pm 0.11\text{a}$	$6.85 \pm 0.25\text{b}$	$13.32 \pm 0.15\text{b}$	$12.53 \pm 0.20\text{a}$
	LA	$0.79 \pm 0.61\text{b}$	$7.1 \pm 0.65\text{b}$	$43.91 \pm 1.55\text{b}$	$43.55 \pm 1.03\text{b}$

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir. (LU: Larva uzunluğu, LA: Larva ağırlığı)

7.2.2. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larval ve Pupal Süreye Etkisi

Baryumun farklı konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süreler Tablo 7.7. de verilmiştir Farklı konsantrasyonlardaki larval ve pupal süreler kontrol grubuna kıyasla daha kısa sürmüştür. Konsantrasyon artışına bağlı olarak larval gelişim süreleri azalmıştır.

Tablo 7. 7. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süre

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva gelişim süresi (Saat)	Pupa gelişim süresi (Gün)
Kontrol	294	14
0.25	268	13
0.50	266	13
1	264	12
2	0	0

L. sericata larvalarının farklı larval evrelere göre gelişim süreleri Tablo 7.8. de verilmiştir. İkinci evre larvalarda konsantrasyon artışına bağlı olarak larval gelişim süreleri uzamışken, üçüncü larval evrede larval gelişim süresi konsantrasyon artışına bağlı olarak kısalmıştır. Gezici larval evrede ise tüm konsantrasyonların gelişim süresi kontrol grubuna göre kısalırken; 0.25 ve 0.5 µg/g konsantrasyonlarda gelişim süreleri aynıdır, 1 µg/g konsantrasyonda ise larval gelişim süresi diğer konsantrasyonlara kıyasla kısalmıştır.

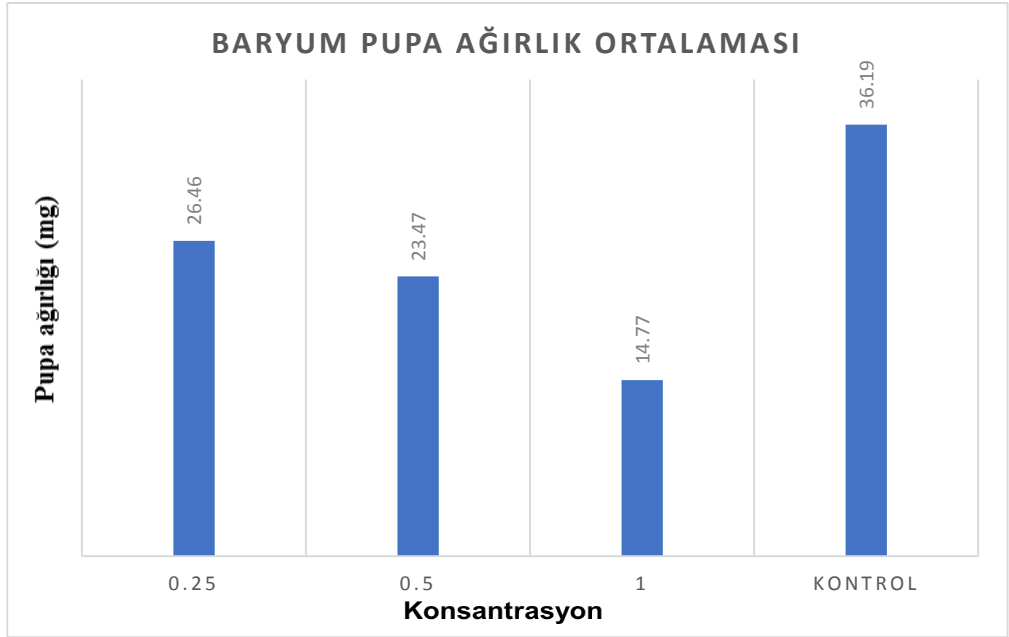
Tablo 7. 8. Farklı baryum besi yerlerindeki *L. sericata* larval evrelerinin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri

Konsantrasyon (µg/g)	Yumurta (Saat)	Birinci evre (Saat)	İkinci Evre (Saat)	Üçüncü Evre (Saat)	Beslenme Sonrası Evre (Saat)	Pupa evresi (Gün)
0.25	17.8 ± 0.6a	24.0 ± 0.0a	26.0 ± 0.0a	118.1 ± 0.1b	100.0 ± 0.0b	13.2 ± 0.3a
0.5	17.8 ± 0.6a	24.1 ± 0.6a	28.0 ± 0.0a	114.2 ± 0.0b	100.0 ± 0.0b	13.0 ± 0.0a
1	17.8 ± 0.6a	24.2 ± 0.4a	48.0 ± 0.0b	102.1 ± 0.1a	90.0 ± 0.0a	12.7 ± 0.4a
2	0	0	0	0	0	0
Kontrol	17.8 ± 0.6a	24.3 ± 0.8a	24.1 ± 0.0a	125.6 ± 0.2c	120.5 ± 0.0b	14.0 ± 0.0c

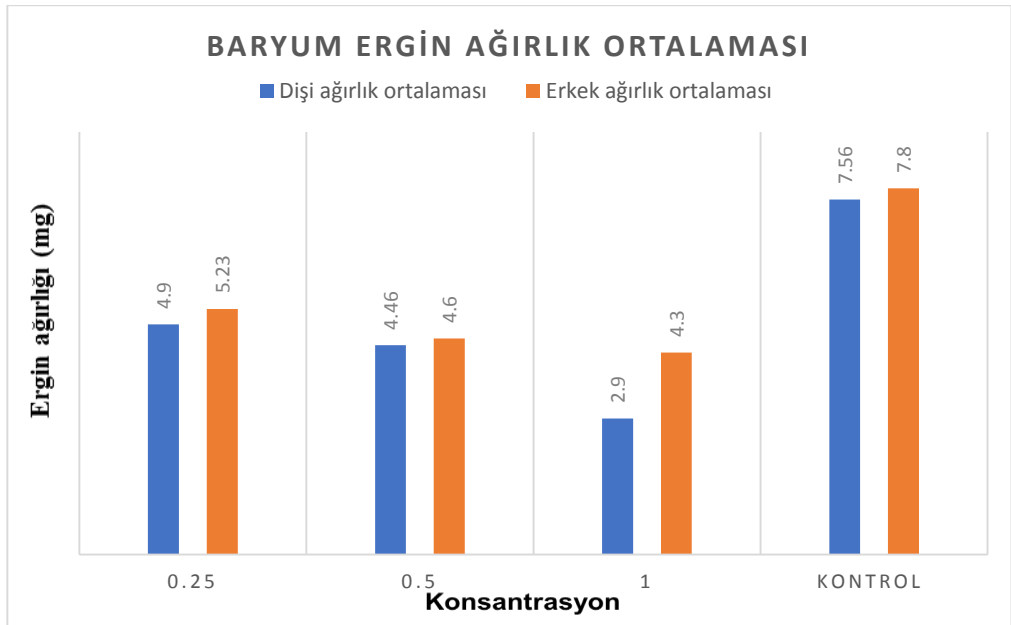
*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir.

Baryumun farklı konsantrasyonlarında görülen pupa ağırlıkları Şekil 7.7. ve Tablo 7.9. da gösterilmiştir. Baryumun tüm konsantrasyonlarında, Antimon etkisine benzer olarak pupa ağırlıkları kontrol grubuna kıyasla azalmıştır ve konsantrasyon arttıkça, ortalama pupa ağırlıkları azalmaktadır.

7.2.3. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Pupa ve Ergin Ağırlığına Etkisi



Şekil 7.7. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5 ve 1 $\mu\text{g/g}$) ortalama pupa ağırlıkları (mg)



Şekil 7.8. Farklı baryum konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 $\mu\text{g/g}$) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlıkları (mg)

Baryumun farklı konsantrasyonlarında görülen ergin ağırlıkları Şekil 7.8. ve Tablo 7.9. da gösterilmiştir. Ergin ağırlık ortalaması tüm konsantrasyonlarda kontrole kıyasla azalmıştır. Sonuçlar Antimon etkileriyle benzerdir.

Tablo 7. 9. Farklı baryum besi yerlerindeki *L. sericata*'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Pupal Ağırlık (mg)	Dişi (mg)	Erkek (mg)
0.25	26.46 \pm 0.33b	4.90 \pm 0.56b	5.23 \pm 0.45a
0.5	23.47 \pm 0.28b	4.46 \pm 0.23b	4.60 \pm 0.15a
1	14.77 \pm 0.43a	2.90 \pm 0.0a	4.30 \pm 0.03a
2	0	0	0
Kontrol	36.19 \pm 0.93c	7.56 \pm 0.416a	7.08 \pm 0.31c

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir.

7.2.4. Baryumun Farklı Konsantrasyonun Larva ve Pupa Canlılıklarına Etkisi

Tablo 7.10. göre baryum konsantrasyonu arttıkça kontrol grubuna kıyasla, larva hayatta kalma oranı azalmaktadır. Pupa hayatta kalma oranı (0.50 $\mu\text{g/g}$ hariç) konsantrasyon arttıkça kontrole göre azalmaktadır. Tüm konsantrasyonlarda larva ve pupa hayatta kalma oranları, kontrol grubuna kıyasla daha düşüktür. Sonuçlar üç metalde de benzerdir. Hayatta kalma oranı en düşük grubu baryum besi yerindeki larva ve pupalar oluşturmaktadır.

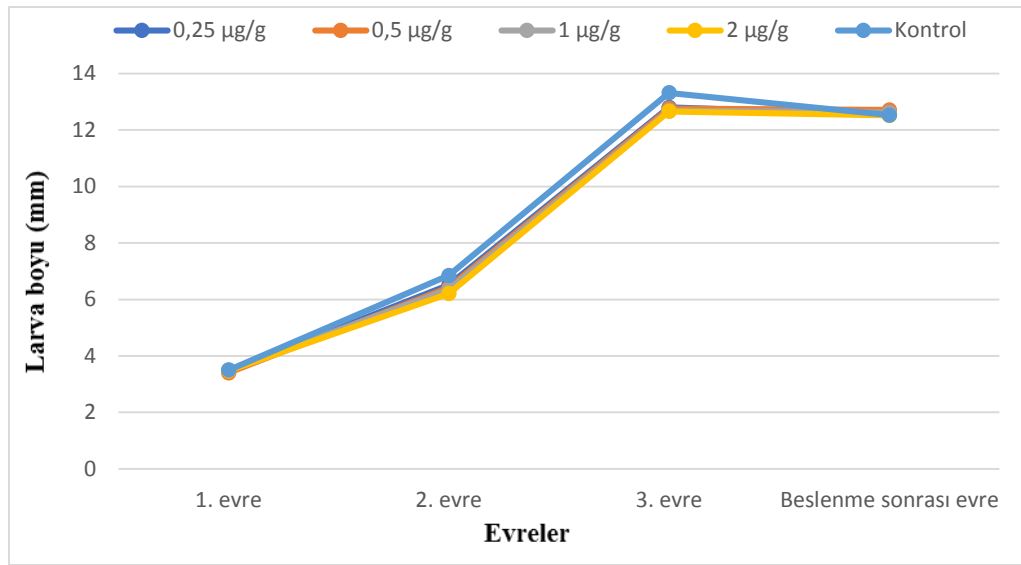
Tablo 7. 10. *L. sericata*'nın farklı baryum besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva hayatta kalma oranı (%)	Pupa hayatta kalma oranı (%)
0.25	4.4	45.4
0.50	3.6	55.5
1	2.4	33.3
2	0	0
Kontrol	96	95.8

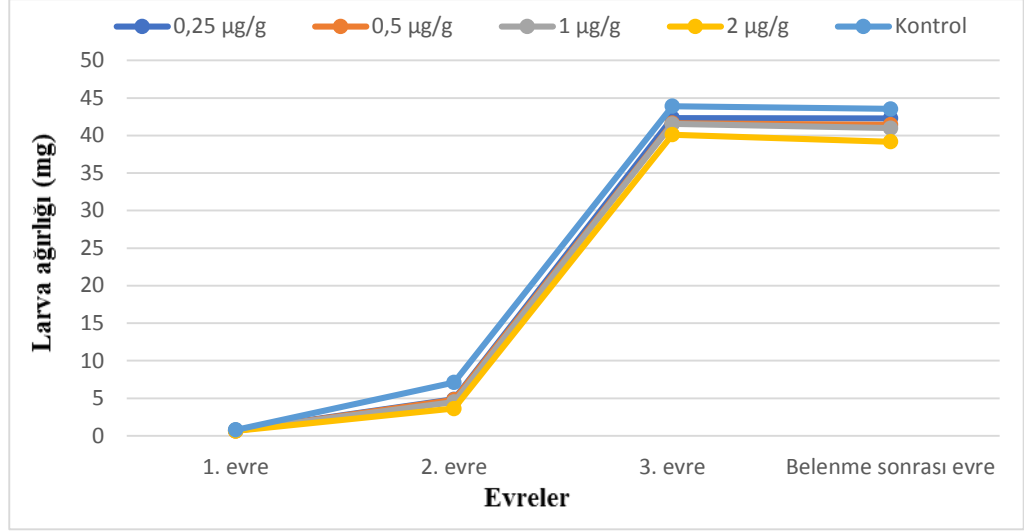
7.3. Kurşunun *L. sericata* Gelişim Evrelerine Etkisi

7.3.1. Kurşunun Farklı Konsantrasyonunun Larval Boy ve Ağırlığına Etkisi

Kurşunun 0.25, 0.50, 1, 2 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonundaki larval boy ve ağırlık ortalaması Tablo 7.11. de verilmiştir. Tüm konsantrasyonlarda larval ağırlık ve boy uzunlukları kontrol grubuna kıyasla (gezici evredeki larval uzunluk hariç) azalmıştır. İkinci ve üçüncü evre larvalarda boy uzunluğu ve larval ağırlık konsantrasyon artışına bağlı olarak azalırken, gezici evre larvalarda konsantrasyon artışına bağlı olarak larval ağırlık azalmıştır.



Şekil 7.9. Kurşunun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva boyu (mm) üzerine etkileri



Şekil 7.10. Kurşunun farklı konsantrasyonlarının evrelere göre ortalama larva ağırlığı (mg) üzerine etkileri

Tablo 7. 11. *L. sericata*'nın farklı kurşun besiyerlerindeki ortalama larva uzunluğu ve larva ağırlığı

Konsantrasyon (µg/g)	Larval Uzunluk (mm)/ Larval Ağırlık (mg)	Birinci evre	İkinci evre	Üçüncü evre	Beslenme sonrası evre
0.25	LU	3.45 ± 0.85a	6.51 ± 1.17a	12.80 ± 1.40a	12.54 ± 0.93a
	LA	0.71 ± 0.11b	4.86 ± 1.64b	42.33 ± 1.10a	42.29 ± 0.71a
0.5	LU	3.40 ± 0.99a	6.42 ± 1.42a	12.76 ± 1.27a	12.71 ± 0.73a
	LA	0.65 ± 0.57a	4.79 ± 1.27b	41.65 ± 0.92a	41.44 ± 0.74a
1	LU	3.49 ± 0.78a	6.35 ± 1.47a	12.69 ± 1.33a	12.62 ± 0.87a
	LA	0.75 ± 0.16b	4.50 ± 1.06a	41.55 ± 1.21a	41.00 ± 0.88a
2	LU	3.47 ± 0.42a	6.21 ± 1.21a	12.66 ± 1.02a	12.52 ± 0.86a
	LA	0.65 ± 0.14a	3.63 ± 1.38a	40.11 ± 1.07a	39.18 ± 0.68a
Kontrol	LU	3.50 ± 0.11a	6.85 ± 0.25b	13.32 ± 0.15b	12.53 ± 0.20a
	LA	0.79 ± 0.61b	7.1 ± 0.65b	43.91 ± 1.55b	43.55 ± 1.03b

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir. (LU: Larva uzunluğu, LA: Larva ağırlığı)

7.3.2. Kurşunun Farklı Konsantrasyonunun Larval ve Pupa Sürelerine Etkisi

Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süreler Tablo 7.12. de verilmiştir. Tüm konsantrasyonlarda larval ve pupal gelişim süreleri kontrol grubuna kıyasla kısalmıştır. Tablo 7.13. de *L. sericata* larvalarının farklı larval evrelere göre gelişim süreleri verilmiştir. Tüm konsantrasyonlarda ikinci evre larval gelişim

süreleri kontrol grubuna kıyasla uzun sürmüşken, üçüncü ve gezici evrelerin süresi kontrol grubuna kıyasla daha kısa sürmüştür.

Tablo 7. 12. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki toplam larval ve pupal süreler

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva gelişim süresi (Saat)	Pupa gelişim süresi (Gün)
Kontrol	294	14
0.25	245	13
0.50	246	13
1	243	13
2	241	13

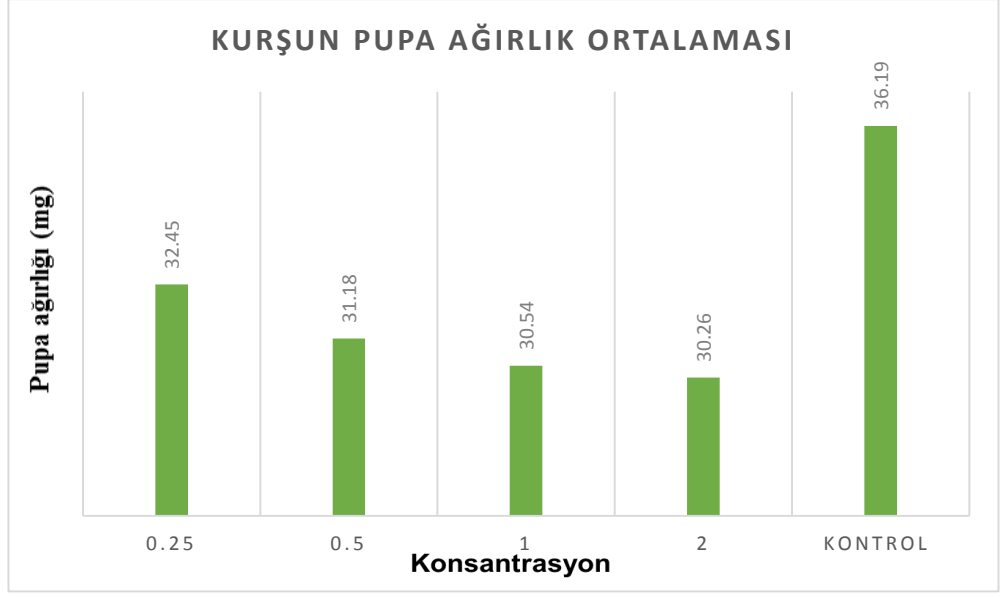
Tablo 7.13. Farklı kurşun besiyerlerindeki *L. sericata* larval evrelerin ve pupa evresinin ortalama gelişim süreleri

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Yumurta (Saat)	Birinci Evre (Saat)	İkinci Evre (Saat)	Üçüncü Evre (Saat)	Beslenme sonrası evre (Saat)	Pupa evresi (Gün)
0.25	17.8 \pm 0.6a	24.0 \pm 0.0a	26.2 \pm 0.1a	109.0 \pm 0.1b	86.0 \pm 0.0a	13.4 \pm 0.7b
0.5	17.8 \pm 0.6a	24.0 \pm 1.0a	26.1 \pm 0.3a	106.0 \pm 0.1ab	87.1 \pm 0.0a	13.1 \pm 0.4b
1	17.8 \pm 0.6a	24.0 \pm 0.5a	28.0 \pm 0.0a	103.0 \pm 0.1a	86.0 \pm 0.0a	12.9 \pm 0.4a
2	17.8 \pm 0.6a	24.2 \pm 0.6a	28.0 \pm 0.1a	102.1 \pm 0.3a	86.0 \pm 0.0a	12.6 \pm 0.2a
Kontrol	17.8 \pm 0.6a	24.3 \pm 0.8a	24.1 \pm 0.0a	125.6 \pm 0.2c	120.5 \pm 0.0b	14.0 \pm 0.0c

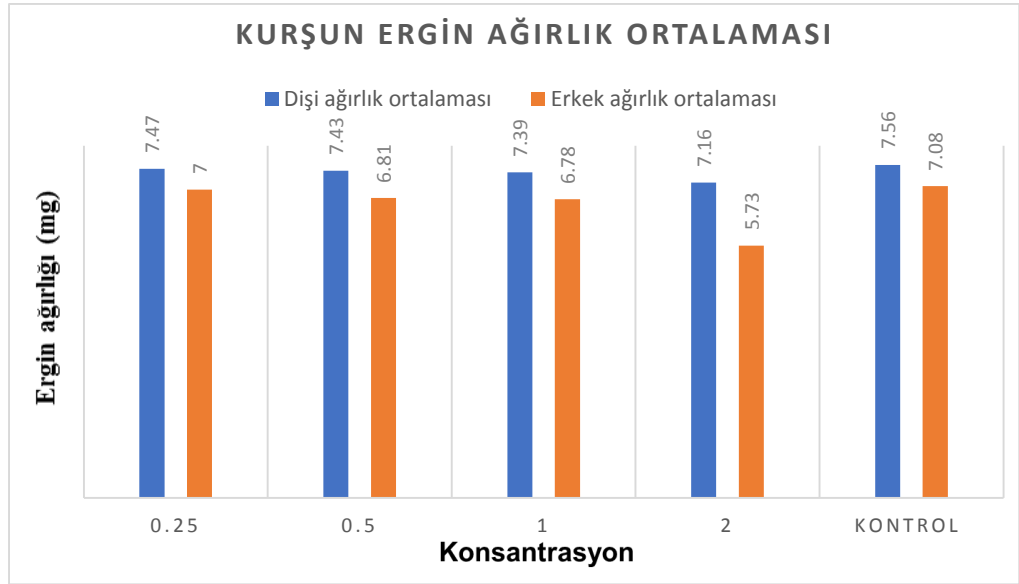
*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistik olarak fark olmadığını göstermektedir.

7.3.3. Kurşunun Farklı Konsantrasyonunun Ergin ve Pupa Ağırlığına Etkisi

Kurşunun farklı konsantrasyonlarında görülen pupa ağırlıkları Şekil 7.11. ve Tablo 7.14. de gösterilmiştir. Sonuçlar antimon ve baryum gruplarıyla benzerdir. Kurşunun tüm konsantrasyonlarında pupa ağırlıkları kontrol grubuna kıyasla azalmıştır. Kurşun konsantrasyonu arttıkça; ortalama pupa ağırlıkları azalmaktadır.



Şekil 7.11. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 µg/g) ortalama pupa ağırlıkları (mg)



Şekil 7.12. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki (0.25, 0.5, 1 ve 2 µg/g) ortalama dişi ve erkek ergin ağırlıkları (mg)

Kurşunun farklı konsantrasyonlarında görülen ergin ve pupa ağırlıkları Şekil 7.12. ve Tablo 7.14. de gösterilmiştir. Sonuçlar antimon ve baryum konsantrasyonları varlığında ergin ağırlıkları ile benzerdir. Genel olarak kurşunun konsantrasyonu arttıkça; erişkin ve pupa ağırlık ortalaması azalmıştır.

Tablo 7. 14. Farklı kurşun besi yerlerindeki *L. sericata*'nın ortalama pupa ve ergin ağırlıkları

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Pupal Ağırlık (mg)	Dişi (mg)	Erkek (mg)
0.25	32.45 \pm 0.53b	7.47 \pm 0.10a	7.00 \pm 0.14b
0.50	31.18 \pm 0.46a	7.43 \pm 0.16a	6.81 \pm 0.92b
1	30.54 \pm 0.55a	7.39 \pm 0.11a	6.78 \pm 0.13b
2	30.26 \pm 0.64a	7.16 \pm 0.85a	5.73 \pm 0.13a
Kontrol	36.19 \pm 0.93c	7.56 \pm 0.416a	7.08 \pm 0.31c

*Aynı sütundaki aynı harfler konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak fark olmadığını göstermektedir.

7.3.4. Kurşunun Farklı Konsantrasyonun Larva ve Pupa Canlılığına Etkisi

Tablo 7.15. e göre kurşun konsantrasyonu arttıkça kontrol grubuna kıyasla, larva hayatta kalma oranı azalmaktadır. 0.25 ve 0.50 $\mu\text{g/g}$ larva hayatta kalma oranları aynıdır; 0.25 $\mu\text{g/g}$ konsantrasyonlu pupa hayatta kalma oranı hariç, konsantrasyon arttıkça kontrol grubuna kıyasla pupa hayatta kalma oranı azalmıştır. Sonuçlar üç metalde yetişenlerle benzerdir. En yüksek hayatta kalma oranına kurşun varlığındaki larva ve pupalar sahiptir.

Tablo 7. 15. *L. sericata*'nın farklı kurşun besi yerlerindeki larva ve pupa canlılığı

Konsantrasyon ($\mu\text{g/g}$)	Larva hayatta kalma oranı (%)	Pupa hayatta kalma oranı (%)
0.25	43.2	96.3
0.50	43.2	68.5
1	42	67.6
2	38	63.2
Kontrol	96	95.8

8.TARTIŞMA VE SONUÇ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de her yıl binlerce insan ateşli silah nedeniyle yaralanmakta veya hayatını kaybetmektedir (Aydın ve Yavuz, 2019; Kır vd., 2012).

Ateşli silahlarla gerçekleşen adli olaylarda ASAA'nın tespiti ve incelenmesi, ilk yapılması gereken işlemlerin arasındadır. Bir silah ateşlendiğinde bir toz bulutu (ASAA) şeklinde silahtan etrafa yayılan partiküller içerisinde farklı oranlarda bulunan Kurşun (Pb), Antimon (Sb) ve Baryum (Ba) gibi ağır metaller ateş eden elde, kolda, saçlarda, atıcının kıyafetlerinde ve mermi giriş deliği etrafında bulunmaktadır (Rashid vd., 2012). Cezai soruşturmalarda ölüm zamanının belirlenmesi, suçlunun tespit edilmesi, halkın adalete olan inancı ve toplum huzuru açısından son derece önemlidir. Bazı durumlarda cesedin adli patologlarca incelenmesi zor olabilmektedir. Özellikle ileri çürüme aşamasındaki cesetlerde hem toksikolojik analiz için doku ve vücut sıvıları bulunamaması (Goff 2000, Introna vd., 2001) hem de çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler neticesinde yaraların görsel analizinin mümkün olmaması (Cecchetto vd., 2012, LaGoo vd., 2010, Roeterdink vd., 2004) ölüm zamanı tespiti için yeni alternatif yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Adli soruşturmalarda son 50 yıldır en sık kullanılan ve tüm dünyada kabul gören alternatif yöntemlerden biride entomolojik delillerdir.

Entomolojik kanıtlar çürümüş cesetlerde bir yandan cesetten beslenen sinek larvalarının yaşından ölüm zamanının belirlenmesine diğer yandan ölüm nedeninin tespitine imkân sağlamaktadırlar.

Ateşli silah kullanılması sonucu meydana gelebilecek ölüm vakalarında, entomolojik deliller kullanılarak ölüm zamanı tespiti yapılırken meydana gelebilecek hataların önüne geçilebilmesi açısından ateşli silahların içerisindeki ağır metallerin böceklerin gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi son derece önemlidir.

Bu çalışmada, ateşli silah artıklarının önemli bileşeni olan Antimon, Baryum ve Kurşunun *L. sericata* larvalarının boy ve ağırlıkları, pupa ağırlıkları, ergin ağırlıkları, larval ve pupal evre tamamlama süreleri ve canlılıkları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmamızda üç farklı ağır metale (Pb, Sb ve Ba) dört farklı konsantrasyon kullanılmıştır (0.25, 0.50, 1, 2 µg/g) ve besi yerinde bulunan ASAA 'nın larva ve pupa gelişim sürelerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Larvalar her üç ağır metalin dört konsantrasyonun (0.25, 0.50, 1, 2 µg/g) bulunduğu besi yerlerinde gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Fakat 2 µg/g konsantrasyonda Ba ve Sb içeren besi yerlerinde larva gelişimi görülmemiştir. 2 µg/g konsantrasyonda sadece Pb içeren besi yerlerinde larva gelişimi görülmüştür (Tablo 7.3, 7.8 ve 7.13).

8.1. Larva Gelişim Süreleri

Larval gelişim sürelerini evreler açısından tek tek değerlendirdiğimizde; Birinci larval evre gelişim süresi, üç ağır metalin dört farklı konsantrasyonunda yaklaşık olarak aynıdır (24 saat). İkinci larval evrede ise Sb ve Ba bulunan besi yerlerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak larva gelişim süresi uzamıştır. 0.25 ve 0.50 µg/g konsantrasyonda Pb içeren besi yerlerinde gelişim süreleri aynıdır (26 saat) fakat 1 ve 2 µg/g konsantrasyonda Pb içeren besi yerlerinde gelişim süreleri 28 saattir ve kontrolden (24 saat) daha uzundur. İkinci evre larvalarda en uzun gelişim süresi Ba 1 µg/g konsantrasyonunu içeren besi yerlerinde görülmüştür (48 saat). Üçüncü evre larval süresi Sb bulunan besi yerlerinde, konsantrasyon artışına bağlı olarak gelişim süreleri artarken Pb ve Ba farklı konsantrasyonlarının bulunduğu besi yerlerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak gelişim süreleri kısalmıştır. Üç ağır metalin tüm konsantrasyonlarını içeren besi yerlerindeki üçüncü larval evre gelişim süreleri, kontrol (125,6 saat) gruplarından daha kısadır (Sb nin 1 µg/g konsantrasyonu hariç 144 saat). Beslenme sonrası evrenin gelişim süresi, tüm ASAA konsantrasyonlarının gelişim süresi, kontrol grubuna (120.5) göre kısa sürmüştür. Üç ağır metalin dört konsantrasyonunda toplam larva gelişim süresi kontrole kıyasla kısalmıştır.

Sb 0.25 µg/g konsantrasyonlu besi yerinde pupa gelişim süresi kontrole aynıdır (14 gün), diğer konsantrasyonların tümünde pupa gelişim süreleri kontrolden daha kısa sürmüştür (Tablo 7.2, 7.7 ve 7.12). Ba ve Pb ağır metallerinin tüm konsantrasyonlarını içeren besi yerlerinde pupa gelişim süreleri konsantrasyon artışına bağlı olarak kısalmıştır. Çalışmamızda total gelişim süresi (larva ve pupal süre) Sb, Ba, and Pb

farklı konsantrasyonlarını içeren besi yerlerinde kontrol grubuna kıyasla 1–3 gün kısalmıştır.

L. sericata'nın farklı ağır metal ve farklı konsantrasyondaki gelişim süreleri (Tablo 7.2, 7.7 ve 7.12) de verilmiştir. Üç ağır metalin ve dört konsantrasyonundaki larval ve pupal gelişim süreleri iki yönlü varyans analiziyle karşılaştırılmıştır. Ağır metaller ($F = 5364,186$; $df = 3,11$; $p = 0,0001$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 16386,943$; $df = 2,11$; $p = 0,0001$) larval gelişim süresinin farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır, aynı şekilde ağır metaller ($F = 50659,106$; $df = 3,11$; $p = 0,0001$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 86,067$; $df = 2,11$; $p = 0,0001$) pupal gelişim süresinin farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır.

Huang vd. (2012), yaptığı çalışmada *Spodoptera litura*'nın (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarını farklı bakır (Cu) konsantrasyonlarına maruz bırakmıştır. 200 mg/kg Cu ilave edilen besi yerinde yetiştirilen larvalarda toplam larva süresinin kontrole kıyasla önemli ölçüde azaldığını fakat pupa gelişim periyodunun kontrole göre 1 gün uzadığını bulmuşlardır.

Kazimirova (1997), *Ceratitis capitata* Wiedemann'ın (Diptera: Tephritidae) larva gelişiminin artan metal (Cu, Cd ve Pb) konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiğini göstermiştir. Pölkki vd. (2012), bakır maruziyetinin *Protophormia terraenovae*'nin gelişme süresini etkilediğini, bakır varlığındaki örneklerin daha yavaş geliştiğini bulmuştur, çalışmalarımızla uyumludur. Bizim çalışmamızdan farklı olarak Bayley vd., *Pterostichus cupreus*'un (Coleoptera: Carabidae) gelişme süresinin bakır maruziyetinden etkilenmediğini belirtmiştir. Al-Misned, *Chrysomya albiceps* ile yaptıkları çalışmada (Diptera: Calliphoridae) artan kadmiyum konsantrasyonu varlığında larval gelişim süresinin uzadığını ancak pupa gelişim süresinin değişmediğini belirtmiştir. Yine bulgularımızın aksine, Shulman vd. (2017), *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae), Rashid vd. (2012), *Chrysomya megacephala* (Diptera:Calliphoridae), Singh ve Heer (2017), *C. megacephala* ile yaptıkları çalışmalarda ağır metal konsantrasyonunun artmasıyla böceklerin gelişme süresinin uzadığı bildirmiştir. Sıcaklık ve nem değişimleri, besin azlığı, larval yoğunluk gibi faktörler larvaların gelişimlerini etkilemektedir. Larvalar metabolik hızlarını azaltarak veya artırarak değişen bu ortam koşullarına uyum sağlamaya çalışırlar. Çalışmamızda da besi yerinde bulunan ağır metaller larvanın beslenmesini

etkileyerek gelişimi hızlandırmış olabilir. Çalışmamızla uyumlu olarak, Al-Momani ve Massadeh (2005), *D. Melanogaster* ile yaptıkları çalışmalarda ağır metal varlığının bir stres kaynağı olduğunu ve larvaların bazı yaşamsal parametrelerini etkilediklerini tespit etmişlerdir. *L. sericata* ile yapılan çalışma bulunmamaktadır.

8.2. Larva Ağırlığı ve Uzunluğu

Yaptığımız çalışmada birinci evredeki larvaların ağırlık ve uzunlukları tüm konsantrasyonlarda kontrolle aynıdır. (Tablo 7.1, 7.6 ve 7.11). Tüm ağır metal ve konsantrasyonlarda ağır metal konsantrasyonu arttıkça larval uzunluk ve ağırlık azalmıştır. İkinci evre, üçüncü evre ve beslenme sonrası evredeki larvalarda tüm ağır metal ve konsantrasyonlarda boy uzunluk ve ağırlıkları kontrol grubuna kıyasla kısadır, aynı zamanda ağır metal konsantrasyonu arttıkça; larval uzunluk ve ağırlıklar azalmıştır.

Çalışmamızda kontrol grubunda ki larvaların maksimum uzunluğuna (13.40 ± 0.1 mm) erişmesi için geçen süre 126 saattir. Her üç ağır metalde maksimum uzunluğa erişmeleri için geçen süre kontrol grubuna kıyasla farklıdır. Örneğin her üç ağır metalin ($0.25 \mu\text{g/g}$) konsantrasyonda maksimum uzunlukları ve bu uzunluklara erişmek için geçen süre sırasıyla; Sb için, 13.29 ± 0.19 mm ve bu uzunluklara erişmesi için geçen süre 113,8 saat, Ba için 12.85 ± 0.09 mm ve bu uzunluklara erişmek için geçen süre 125,8 saat, Pb için 12.92 ± 0.06 mm ve bu uzunluklara erişmek için geçen süre 114 saattir.

Larval ağırlık açısından tüm ağır metal ve konsantrasyonları değerlendirecek olursak larvaların maksimum ağırlığa erişmesi için geçen süre kontrol grubundan farklıdır. Kontrol grubunda larvaların maksimum ağırlığa (44.5 ± 0.4 mg) erişmesi için geçen süre 185 saattir. Her üç ağır metalin ($0.25 \mu\text{g/g}$) konsantrasyonda maksimum ağırlıklar ve bu ağırlıklara erişmek için geçen süre sırasıyla; Sb için, (43.60 ± 0.2 mg); ve bu ağırlıklara erişmesi için geçen süre 162.8 saatte, Ba için 35.42 ± 0.1 mg ve bu ağırlıklara erişmek için geçen süre 185,8 saat, Pb için 42.50 ± 0.3 mg ve bu ağırlıklara erişmek için geçen süre 162,5 saat saattir.

Tüm ağır metal ve konsantrasyonlarda, larvaların maksimum boyuta ulaşması için geçen süre, Sb ve Pb nin $0.25 \mu\text{g/g}$ konsantrasyonunda kontrolden yaklaşık 12 saat

daha azken, larvaların maksimum ağırlığa ulaşması için geçen süre, Sb ve Pb'nin 0.25 µg/g konsantrasyonunda kontrolden yaklaşık 22 saat daha azdır.

L. sericata'nın farklı ağır metal ve farklı konsantrasyondaki larval ağırlık ve uzunlukları (Tablo 7.1, 7.6 ve 7.11) de verilmiştir. Üç ağır metalin ve dört konsantrasyonundaki larval uzunluk ve ağırlık, iki yönlü varyans analiziyle karşılaştırılmıştır. Larval uzunluklar, ağır metaller ($F = 51.06$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 27.78$; $df = 3, 11$; $P < 0.0000$) farklıdır, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Aynı şekilde larval ağırlıklar, ağır metaller ($F = 50659,106$; $df = 3,11$; $p = 0,0001$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 10.73$; $df = 3, 11$; $P < 0.000$) farklıdır, farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır.

Larva ağırlığı, ağır metallere etkilenen yaşam öyküsü özelliklerinin önemli bir bileşenidir. Besi yerinde ağır metaller varlığı gıda emiliminin azalmasına, gıda kalitesinin bozulmasına (besi yerindeki önemli gıda bileşenlerinin azalmasına) ve toksik etkisi nedeniyle de larvaların iyi beslenememesine neden olabilmektedir (Servia vd., 2006, Safaee vd., 2014). Yeterince beslenemeyen larvalar daha küçük olmaktadır (ağırlık ve boy açısından). Ayrıca ağır metaller larvaların ağız kısmında morfolojik şekil bozukluklarına ve anormalliklere neden olabilmekte ve bu şekil bozuklukları larvaların beslenme kabiliyetini azaltabilmektedir (Servia vd., 2006). Gıdaları yeterince parçalayamayan, özümseyemeyen larvalar yeterince beslenemezler ve ağırlıkları azalır. Singh ve Heer (2017), *C. megacephala* (Diptera: Calliphoridae) ile yaptıkları çalışmada artan Cd konsantrasyonu varlığında, larva ağırlığının azaldığını göstermişlerdir. Benzer şekilde Ali vd. (2019), yaptıkları çalışmada Pb ve Zn ile zenginleştirilmiş diyetlerin *S. litura* Fabricius'un (Lepidoptera: Noctuidae) larva uzunluğunu ve ağırlığını önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir.

Çalışmamıza göre larva ağırlığı tüm gelişim boyunca etkilenirken; sonuçlarımızın aksine Raşid vd. (2012), *C. megacephala* ile yaptıkları çalışmada, besi yerinde ASAA varlığında larvalarının ağırlığının, gelişmenin sadece 48 ila 84 saati arasında etkilendiğini göstermiştir.

8.3. Pupa ve Ergin Ağırlıkları

Tüm ağır metallere konsantrasyon arttıkça, ortalama pupa ağırlığı azalmıştır (Tablo 7.4, 7.9 ve 7.14). Ağır metallere tüm konsantrasyonlarında ortalama pupa

ağırlıkları kontrole kıyasla (36.19 mg) daha azdır. Çalışmada kullanılan ağır metaller arasında ortalama pupa ağırlıklarında en düşük ağırlığa sahip olanlar (14.77mg) Ba 1 µg/g konsantrasyonu içeren besi yerlerindeki pupalar da kaydedilirken, en ağır pupalar (35.19 mg), ise Sb 0.25 µg/g konsantrasyonunu içeren besi yerindeki pupalarda kaydedilmiştir. Çalışmamızda kullanılan ağır metaller arasında pupa ve erişkin ağırlıklarını (azaltan) en çok etkileyen ağır metal Ba 'dır.

Ergin ağırlık ortalamalarına bakıldığında, tüm ağır metallerde konsantrasyon arttıkça dişi ve erkek ağırlık ortalamaları azalmaktadır. Tüm ağır metallerin tüm konsantrasyonlarındaki ağırlıkları kontrol grubuna göre daha azdır.

Yapılan çalışmada en yüksek erkek ağırlığı (7.03 mg) Sb 0.25 µg/g'de konsantrasyondaki besi yerinde görülürken; en düşük erkek ağırlığı (4.30 mg) ile Ba 1 µg/g konsantrasyonda görülmüştür. En yüksek dişi ağırlığı (7.48 mg) ile Sb 0.25 µg/g konsantrasyonundaki besi yerinde görülürken; en düşük dişi ağırlığı ise (2.90 mg) ile Ba 1 µg/g konsantrasyonundaki besi yerlerinde görülmüştür. Çalışmamızda kullanılan ağır metaller arasında ergin ağırlıklarını (azaltan) en çok etkileyen ağır metal Ba 'dır.

L. sericata'nın farklı ağır metal ve farklı konsantrasyondaki pupal ve ergin ağırlıkları (Tablo 7.4, 7.9 ve 7.14) de verilmiştir. Üç ağır metal ve dört konsantrasyonundaki pupa ve ergin ağırlıkları iki yönlü varyans analiziyle karşılaştırılmıştır. Pupa ağırlıkları, ağır metaller ($F = 56.39$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 22.90$; $df = 3, 11$; $P < 0.000$) farklıdır, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Dişi ağırlıkları arasındaki fark, ağır metaller ($F = 23.36$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) ve konsantrasyonlar arasında farklıdır, bu fark ($F = 12.77$; $df = 3, 11$; $P < 0.000$) istatistiksel olarak anlamlıdır. Erkek ağırlıkları arasındaki fark, ağır metaller ($F = 35.35$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) ve konsantrasyonlar ($F = 22.89$; $df = 3, 11$; $P < 0.001$) arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır.

Raşid vd. (2012), *C. megacephala* ile yaptıkları çalışmada, besi yerinde ASAA konsantrasyonundaki artışın, ergin ve pupa ağırlığını azalttığını göstermiştir. Safae vd. (2014), *D. melanogaster* (Diptera: Drosophiidae) ile yaptıkları çalışmada kurşun konsantrasyonlarının çeşitli gelişim aşamalarını kritik bir şekilde etkilediğini ve yüksek kurşun konsantrasyonu varlığının larva ve pupa boyutunu azalttığını tespit

etmişlerdir. Shulman vd. (2017), *C. vicina* ile yaptıkları çalışmada kurşun konsantrasyonu arttıkça pupa boyutunun azaldığını gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde, Heer ve Singh (2019), *C. megacephala* yaptıkları çalışmada artan kurşun konsantrasyonunun, pupa ve yetişkin ağırlığının azalmasına neden olduğunu göstermiştir. Bayley vd., *P. cupreus* (Coleoptera: Carabidae) ile yaptıkları çalışmada bakır maruziyeti sonrasında her iki cinsiyetinin ağırlıklarının kontrol grubuna kıyasla azaldığını gözlemlemişleridir. Benzer şekilde Schmidt, (1992), yaptığı çalışmada Cd ilave edilen besi yerinin *Aiolopus thalassinus*'un ergin ağırlığında bir azalmaya neden olduğunu göstermişlerdir.

Ağır metaller büyüme hormonlarının üretiminde, enzim fonksiyonlarında, metabolik genler ve bunların ekspresyonu üzerinde zararlı etkilere sahiptirler (Al-Momani ve Massadeh 2005, Safaee vd., 2014, Heer ve Singh 2019) dolayısıyla bu tarz etkiler büyüme hormonlarının salınımını, metabolik süreçte gerekli olan enzim sentezini etkileyebilmektedir, lipid sentez ve depolanmasını değiştirir, buda vücut kütlelerinde azalmaya neden olabilmektedir (İlahi vd., 2020).

8.4. Larval ve Pupal Mortalite

Tüm ağır metallerde larval mortalite oranı kontrole kıyasla oldukça yüksektir. Tüm ağır metal ve konsantrasyonlarda larval mortalite oranı konsantrasyon arttıkça artmıştır, sadece Pb 0.25 ve 0.50 µg/g, konsantrasyonu içeren besi yerlerinde larval mortalite aynıdır (Tablo 7.5, 7.10 ve 7.15). Larval mortalite oranı Ba içeren besi yerinde en fazla görülürken; en az ise Pb içeren besi yerlerinde görülmüştür. Tüm konsantrasyonlardaki pupa oranları kontrolden oldukça azdır. Pupa oranları Pb içeren besi yerlerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmışken; Ba içeren besi yerlerinde böyle bir etki görülmemiştir (Sb 0.25 ve 0.50 µg/g konsantrasyonu içeren besi yerlerinde pupa oranları birbirine eşittir).

Pupa oranı en fazla, Pb 0.25 µg/g konsantrasyonundaki besi yerinde görülürken (%96.3); en düşük Ba'nın 1 µg/g konsantrasyonundaki (%33.3) besi yerinde görülmüştür. Çalışmamızda en fazla larval ve pupal mortalite Ba içeren besi yerlerinde görülmüştür. Çalışmamız Ba ve Sb'nin *L. sericata* larvaları için Pb'den daha toksik olduğunu göstermiştir.

L. sericata'nın farklı ağır metal ve farklı konsantrasyondaki larval ve pupal yüzdeleri (Tablo 7.5, 7.10 ve 7.15) de verilmiştir. Üç ağır metal ve dört konsantrasyonundaki larva ve pupa yüzdeleri iki yönlü varyans analiziyle karşılaştırılmıştır.

Larva sayıları, ağır metaller ($F = 14647.5$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) ve konsantrasyonlar arasında ($F = 443.66$; $df = 3, 11$; $P < 0.000$) farklıdır, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Aynı şekilde Pupa sayıları, konsantrasyon ($F = 3.26$; $df = 3, 11$; $P < 0.000$) ve ağır metaller ($F = 194.63$; $df = 2, 11$; $P < 0.000$) arasında önemli ölçüde farklıdır.

Pölkki vd. (2012), yaptığı çalışmada Cu maruziyetindeki *P. terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) larvalarının gelişimine olan etkisini araştırmış ve besi yerinde bulunan Cu larval mortaliteyi etkilemediğini gözlemlemiştir. Çalışmamızla uyumlu olarak Ali vd. (2019), *S. litura* (Lepidoptera: Noctuidae) ile yaptıkları çalışmada, Pb ve Zn ile zenginleştirilmiş diyetlerin larva mortalitesini önemli ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir.

Benzer bir etki Rashid vd. (2012), *C. megacephala*; Al-Misned, *C. albiceps*; Shulman vd. (2017), *C. vicina* ile yaptıkları çalışmada besi yerindeki ağır metal varlığının larval ve pupal mortaliteyi artırdığını göstermişleridir. Haq vd. (2012), *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) ile yaptıkları çalışmada kurşun maruziyetinin larval mortaliteyi, artırdığını göstermişlerdir.

Larva ve pupa mortalitesinin artışının olası nedenleri arasında besi yerindeki yüksek konsantrasyonlarda ağır metal varlığının böcek organogenez ve pupa morfogenezinden sorumlu olan temel enzimin işlevini etkilemesinden kaynaklanmaktadır (Al-Momani ve Massadeh 2005). Ayrıca böcekler ağır metal stresine maruz kaldıklarında, gelişim ve büyüme için kullanılan, şeker ve lipid konsantrasyonlarında değişimler gözlemlenmiştir. Gelişim dönemindeki lipid ve şeker rezervinin düzeyi, metamorfoz ve pupa dönemi için oldukça önemlidir çünkü larvalar pupa döneminde beslenemezler ve larval gelişim döneminde besinlerden elde ettikleri enerjiyi pupa döneminde harcarlar. Dolayısıyla larval gelişim döneminde yeterince beslenemeyen larva, organogenez ve metamorfozu başarıyla tamamlayamaz ve ölüm oranları artar. (Baghban vd., 2014, Servia vd., 2006).

Yaptığımız çalışma, artan ASAA konsantrasyonlarının *L. sericata*'nın yaşam öyküsü özelliklerini kritik bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Artan ASAA varlığı, larval ve pupal gelişim süresini azaltmıştır. Ayrıca besi yerinde artan ASAA konsantrasyonları larva, pupa ve ergin ağırlıkları ile larval uzunlukları azaltmıştır. Benzer şekilde, ASAA'nın etkisi altındaki larval ve pupal mortalite oranı artmıştır. Bu nedenle, ASAA'nın varlığının, *L. sericata*'nın gelişimsel parametreleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu gözlemlenmiştir.

Ateşli silah sonucu ölen kişilerde entomolojik delillerden yararlanarak ölüm zamanı tespit edilirken; ASAA'nın larva gelişimlerini ve hızlarını etkiledikleri akılda tutulmalıdır. Ceset üzerinde ASAA varlığı göz ardı edilirse hatalı PMI tahmini olabilir. Yaptığımız çalışma sonucunda *L. sericata* larvalarının ASAA'ya oldukça hassas olduğu ve ASAA belirlenmesinde indikatör tür olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir. Ayrıca adli bilim uzmanlarının ASAA'nın cesedin çürümesi üzerinde etkili olacağını göz ardı etmemeleri gerekmektedir. Çalışma sonrası elde edilen bilgilerin rutin uygulamalarda hayata geçirilmesi, ölüm sonrası zamanın doğru şekilde tahmin edilmesine ve adaletin sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Yapılabilecek diğer çalışmalarda; atış artığı olan antimon, baryum ve kurşun metalleri atış sonrası vücuda aynı anda bulaşabileceği düşünülerek, üç metalinde karıştırılarak hazırlanan çözeltilerde çeşitli türlerin büyüme evreleri araştırılabilir. Larvaların besleneceği besi yerine farklı ağır metaller katılarak ve bu besinler ile larvalar beslenerek canlılığın büyüme evreleri çalışılabilir. Bu metallerin larvaların büyüme evrelerine etkileri ve oluşturdukları farklılıklar incelenebilir. Bu metaller farklı türlerin larvaları üzerinde çalışılabilir. Ağır metaller dışında, pestisitler, diazem ve morfin vb. ilaçlar ile uyuşturucu (kokain, eroin vb.) maddeler çeşitli türler üzerinde uygulanarak bu türlerin gelişimleri incelenmesi gibi çalışmaların literatüre katkı sağlaması beklenir ve çalışmalar ışığında, araştırmacılar ölüm sonrası zamanı doğruya en yakın şekilde tahmin edebilirler.

KAYNAKÇA

- Açıköz, A. (2008). İnsan Cesetleri Üzerinden Toplanan Entomolojik Delillerle Ölüm Zamani Tayini, *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Açıköz, H. (2010). Adli Entomoloji. *Türkiye Parazitoloji Dergisi.* (4)2. 216-221.
- Açıköz, H.N., Hancı, İ.H., ve Çetin, G. (2002). Adli Olaylarda Böceklerden Nasıl Yararlanılır?. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi.* 51(3).117-25. Doi:10.1501/Hukfak_0000000555.
- Aggarwal, A.D. (2005). Estimating The Post-Mortem Interval with The Help of Entomological Evidence. *PhD Thesis, Baba Farid University, Faridkot.*
- Aksoy, H. (2009). Bazı Calliphoridae (Diptera) Türlerinin Gelişim Aşamaları Üzerine Çalışmalar. *Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.*
- Aktay, G., Açıköz, N., ve Hancı, H. (2003). Adli Bilimlerde yeni bir araştırma alanı:Entomotoksikoloji. *Adli Bilimler Dergisi.* 2(3). 25-31. ISSN: 1306-0767.
- Ali, S., Ullah, M.I., Saeed, M.F., Khalid, S., and Saqib, M. (2019). Heavy metal exposure through artificial diet reduces growth and survival of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Science and Pollution Research* 26(14): 14426–14434. Doi:10.1007/s11356-019-04792-0.
- Al-Momani, F., and Massadeh, A. (2005). Effect of different heavy-metal concentrations on *Drosophila melanogaster* larval growth and development. *Biological Trace Element Research.* 108(1-3). 271-277. Doi: 10.1385/BTER:108:1-3:271.
- Altunsoy, F., ve Başaran, A. (2011). Talyumun *Lucilia sericata* meigen 1826'nın larval gelişimi ve PMI tahmini üzerine etkileri. *Life Sciences and Biotechnology.* 1(2). 103-112.
- Amadasi, A., Borgonovo, S., Brandone, A., Giancamillo, M.D., and Caddaneo C. (2014). A Comparison Between Digital Radiography. *Journal of Forensic Science.* 59(3). doi.org/10.1111/1556-4029.12304.
- Amendt, J. (2011). Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science Medicine Pathology.* 7(4). 379-392. Doi: 10.1007/s12024-010-9209-2.
- Amendt, J., Krettek, R., and Zehner, R. (2004). Forensic entomology. *Naturwissenschaften.* 91(2). 51-65. Doi: 10.1007/s00114-003-0493-5.
- Anderson, G.S. (2004). Determining time of death using blow fly eggs in the early postmortem interval. *International journal of legal medicine.* 118(4). 240-241. Doi: 10.1007/s00414-004-0443-6.
- Anderson, G.S., and Hobischack, N.R. (1997). Decomposition of Carrion in the Marine Environment in British Columbia. *International Journal Legal of Medicine.* 118(4). 206-209. Doi:10.1007/s00414-004-0447-2.
- Anderson, G.S., and Cervenka, V. (2002). *Insects associated with the body: their use and analyses.* Boca Raton: CRC. Doi:10.1201/9781420058352-12.
- Andrasko, J., and Maehly, A. (1977). Detection of Gunshot Residues on Hands by Scanning Electron Microscopy. *Journal of Forensic Sciences,* 22(2), 279-287. Doi: 10.1520/JFS10589J
- Arslan, M.N., ve Koç, S. (2016). Ölüm Belirtileri. *Türkiye Klinikleri,* 2(1). 12-9.
- Ayaz, B. (2019). Bazı uyuşturucu ve uyarıcıların *Calliphora vicina* gelişimi ve PMI tahmini üzerine etkileri (Diptera: Calliphoridae). *Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.*

Aydın (2019), Ateşli silah yaralanmasına bağlı 18 yaş altı ölümler. *Tıpta Uzmanlık Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.*

Azam, I., Zia, A., Javed, M., Saeed, R., and Munir B. (2015). Evaluating Insects as Bioindicators of Heavy Metal Contamination and Accumulation near Industrial Area of Gujrat. *BioMed Research International*. Doi: 10.1155/2015/942751.

Baghban, A., Sendi, J., Zibae, A., and 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). *Journal of Plant Protection Research*, 54(4). Doi: <https://doi.org/10.2478/jppr-2014-0055>.

Bayrakal, V., ve Açıkgöz, H.N. (2004). "Tavşan Leşi üzerine gelen Sarcophagidae ve Calliphoridae türlerinin neden olduğu harabiyetin incelenmesi". *11. Ulusal Adli Tıp Günleri*, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

Bell, S. (2008). *Encyclopedia of Forensic Science*. New York: Facts on File.

Benecke, M. (2001). Brief History of Forensic Entomology. *Forensic Science International*, 120(2). 2-10. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00409-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00409-1).

Benecke, M. (2004). Forensic entomology: Arthropods and corpses. *Forensic Pathology Reviews* (2), 211-213. Doi: 10.1385/1-59259-872-2:207.

Bilge, Y. (2005). *Adli Tıp*. Ankara: Üçbilek Matbaası.

Bourel, B., Tournel, G., Hédouin, V., Deveaux, M., Goff, M., and Gosset, D. (2001). Morphine extraction in necrophagus insects remains for determining ante-mortem opiate intoxication. *For Science International*, 120(2). 127-131. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00428-5](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00428-5).

Byard, R.W. (2020). Estimation of the time since death in the early postmortem period (24–48 hours). The University of Adelaide and Forensic Science South Australia, Adelaide: Academic Press. Doi: 10.1016/B978-0-12-815731-2.00002-9.

Byrd, J., and Castner, J. (2001). *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. Boca Raton: CRC Press.

Can, M. (2003). MKEK yapımı tabanca mermileriyle yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometri (AAAS) yöntemi ile tespiti. *Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu*. Doi: 10.17986/blm.2005101570.

Capinera, J.L. (2008). *Encyclopedia of Entomology* (2). Berlin: Springer.

Carvalho, M.L., Thyssen, P.J., Linhares, A.X., and Palhares, F.B. (2000). A checklist of Arthropods Associated with Pig Carrion and Human Corpses in Southeastern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 95(1). 135-8. Doi:10.1590/S0074-02762000000100023.

Carvalho, M.L., Linhares, A.X., and Trigo, J.R. (2001). Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. *Journal of Forensic Sciences*. 120(1-2). 140-144. Doi: 10.1016/s0379-0738(01)00421-2.

Catts, E.P., and Goff, M.L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*. 37. 253-272. Doi: 10.1146/annurev.en.37.010192.001345.

Cecchetto, G. (2012). MicroCT detection of gunshot residue in fresh. *International Journal of Legal Medicine*. 126(3). 377-383. Doi: 10.1007/s00414-011-0648-4.

Christiansen, J., and Tomberlin, J. (2009). Three dimensional polygonal model visualization of *Lucilia sericata* from SEM and streomicroscopic data. *Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences*. 15.

Clark, K., Evans, L., and Wall, R. (2006). Growth rates of the blowfly, *Lucilia sericata*, on different body tissues. *Forensic Science International*, 156(2-3). 145-149. Doi: 10.1016/j.forsciint.2004.12.025

Clark, M.A., Worrell, M.B., and Pless, J.E. (1997). *Postmortem Changes in Soft Tissues*. Boca Raton: CRC Press.

Çerkezoğlu, A. (1995). Sodyum Rodizonat Testi: Giysilerdeki Atış Artıklarından Atış Mesafesi Tayini. *Uzmanlık Tezi, Adli Tıp Kurumu, İstanbul*.

Dalby, O., Butler, D., and Birkett, J. (2010). Analysis of gunshot residue and associated materials a review. *Journal of Forensic Sciences*. 55(4). 924–943. Doi:10.1111/j.1556-4029.2010.01370.x

Darı, S. (2019). Adli Bilimlerde *Lucilia sericata* Larvalarının Entomotoksikolojik Çalışmalarda Kullanılması. *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, İstanbul*.

Demirsoy, A. (2003). *Yaşamın Temel Kuralları*. Ankara: Meteksan.

Di Maio, V. (1999). *Gunshot Wounds, Practical Aspects of Firearms, Ballistics and Forensic Techniques*. Boca Raton: CRC Press.

Durmaz, A. (2020). Kayseri İlinin Adli Açından Önemli Böcek Faunasının Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*.

Ekrem, T. (2018). Dört Farklı Koşul ve Zamanda Saklanan Besine Gelen Böceklerin Adli Entomolojik Açından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*.

Erzinçlioglu, Y.Z. (1996). *Blowflies*. Slough UK: Richmond Publishing Co, 4-6.

Fatth, A. (1976). *Medicolegal Investigation of Gunshot Wounds*. Philadelphia: Lippincott.

Fedakar, R. (2003). Entomotoksikoloji. *Adli Tıp Dergisi*. 1(17). 69-73.

Fidan, N. (2009). Atış artıklarında ET-AAS ile Antimon analizi ve gözlenen analitik problemler. *Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa*.

Gao, Q. (2017). Influences of chromium and cadmium on the development of black soldier fly larvae. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 8637–8644. Doi: 10.1007/s11356-017-8550-3.

Gaudry, E., Blais, C., Maria, A., and Villemant, C.D. (2006). Study of steroidogenesis in pupae of the forensically important blow fly *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*. 160(1). 27-34. Doi: 10.1016/j.forsciint.2005.06.014.

Gennard, D.E. (2012). *Forensic Entomology*. Chichester: Wiley-Blackwell.

Gennard, D.E. (2007). *History of forensic entomology*. Chichester: Wiley-Blackwell.

Goff, M.L. (2000). *Entomotoxicology*. Cambridge: Harvard University Press.

Goff, M.L. (2001). *A fly for the prosecution: How Insect Evidence Helps Solve Crime*. Cambridge: Harvard University Press.

- Goff, M.L., and Flynn, M.M. (1991). Determination Of Post Mortem Interval By Arthropod Succession. *Journal of Forensic Sciences*. 36 (2). 607-614. Doi: 10.1520/JFS13067J.
- Goff, M.L., and Lord, W.D. (1994). Entomotoxicology: a new area for forensic investigation. *The American Journal of Forensic Medicine Pathology*.15(1). 51-57. Doi:10.1097/00000433-199403000-00012.
- Gök, Ş. (2000). *Adli Tıp*. İstanbul: Filiz Kitapevi. 7, 197-203.
- Gök, Ş. (1983). *Adli Tıp*. İstanbul: Filiz Kitapevi. 5, 209-241.
- Grassberger, M., and Reiter, C. (2001). Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen and isomorphen diagram. *Forensic Science International*. 120(1-2). 32-36. Doi:10.1016/S0379-0738(01)00413-3.
- Greenberg, B. (1991). Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomology*. 28(5). 565-574. Doi: 10.1093/jmedent/28.5.565.
- Greenberg, B., and Kunich, J. (2002). *Entomology and the law. Flies as forensic indicators*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gullan, P.J., and Cranston, P.S. (2005). *The Insects, An Outline of Entomology*.(3. cilt). 21-48 UK: Blackwell Publishing.
- Gunn, A. (2006). *Essential Forensic Biology*. Liverpool: Wiley, 8-20.
- Hag, R.U., Khan M.F. and Hag E.U (2012). Effects of Lead Acetate on Morphology of *Musca domestica l.* (Muscidae: Diptera). *Pakistan Entomologist*, 34(1). 31-35.
- Hall, R.D. (2001). Perceptions and Status of Forensic Entomology. *Forensic Entomology*, 1-10. Doi:10.1201/NOE0849392153.ch0.
- Hancı , H. (2003). Adli entomoloji. *TBB dergisi*, 49.
- Hancı, İ.H., Açıkgöz, H.N., Tüzün, A., Balseven, A., ve Candan, S. (2002). *Adli Entomoloji*. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Heer, B.K., and Singh, D. (2019). Effect of Lead Acetate on The Development of *Chrysomya Megacephala* (Diptera:Calliphoridae) and Implications for Estimating Postmortem. *International Journal of Current Advanced Research*, 8(5). Doi: 10.24327/ijcar.2019.18592.3558.
- Henssge, C., Madea, B., Knight, B., Nokes, L., and Krompecher, T. (1995). *The estimation of the time since death in the early postmortem interval*.(1. cilt). London: Hodder Arnold.
- Henssge, G., and Madea, B. (2004). Estimation of the timesince death in the early post-mortem period. *Forensic Science International*. 2(144), 167-75. Doi:10.1016/j.forsciint.2004.04.051
- Huang, D., Kong, J., and Seng, Y. (2012). Effects of heavy metals Cu ⁺² on growth, development and population dynamics of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*. 105 (1): 288-294. doi:10.1603/EC11163.
- Ilahi I., Yousafai, A.M. and Ali H. (2020). Effect of Pb, Cd and Cu on survival and development of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Chemistry and Ecology*, 36(3). doi.org/10.1080/02757540.2020.1723558.

Introna, F., Donno, A.D., Santoro, V., Corrado, S., Romano, V., Porcelli, F., and Campobasso, C.P. (2011). The bodies of two missing children in an enclosed underground environment. *Forensic Science International*, 207, 40-47. Doi:10.1016/j.forsciint.2010.12.007.

Introna, F., Campobasso, C.P., and Goff, M.L. (2001). Entomotoxicology. *Forensic Science International*. 120(1-2). 42-47. Doi: 10.1016/S0379-0738(01)00418-2

Jordan, H.R., and Tomberlin, J.K. (2017). Abiotic and Biotic Factors Regulating Inter-Kingdom Engagement between Insects and Microbe Activity on Vertebrate Remains. *Insects*, 8(2), 54. Doi: 10.3390/insects8020054.

Joseph, I., Mathew, D., Sathyan, P., and Vargheese, G. (2011). The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2(3). 89-91. Doi: 10.4103/0975-1475.92154.

Karaman, M., ve Özdemir, H. (2005). Mermi Çekirdeği Silinti Halkasının Değerlendirilmesinde Dikkat Çeken Farklılıklar Gökçe Karaman. *Adli Tıp Bülteni*, 21(2). Doi: 10.17986/blm.2016220386.

Karapazarlıoğlu, E. (2010). Kapalı Ortamda Domuz Karkasları Üzerine Gelen Böcek Türlerinin ve Süksiyonlarının Belirlenmesi ve Bir Örnek Vaka Çalışması. *Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*.

Karatepe, M., Yağcı, Ş., Karatepe, B., ve Karaer, Z. (2005). Sığır Kesim Artıkları Üzerinde Gelişimlerini Sürdüren Myiasis Sinekleri. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*. 29(4), 271-273.

Kazimirova, M., Slovák, M., and Manová, A. (1997). Host-parasitoid relationship of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupoidae: Diapriidae) under host heavy metal stress. *European Journal of Entomology* 94: 409-420. Issn:1210-5759.

Keçici, F. (2020). Bilecik ili kırsalında adli entomoloji bakımından önemli türlerin mevsimsel olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir*.

Kır M.Z., Ketenci H.Ç. Başbulut A.Z. ve Özsoy S. (2012). Erzurum’da ateşli silah yaralanmasına bağlı ölümlerin değerlendirilmesi. *Adli Tıp Dergisi*, 26(1). 27-37.

Kintz, P., Tracqui, A., and Mangin, P. (1994). Analysis of opiates in fly larvae sampled on a putrefied cadaver. *Journal of Forensic Science Society* 34(2). 95-97. Doi: 10.1016/s0015-7368(94)72890-5.

Kondağcı, G.O. (2009). Adli Bilimlerde *Lucilia sericata* Larvalarının Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul*.

Kökdenen, M. (2012). Adli entomolojide kullanılan sinek türlerinin samsunda mevsimlere göre durumunun belirlenmesi. *Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Adli Bilimler Enstitüsü, İstanbul*.

Kökdenen, M. (2016). Ölüm zamanı tayininde adli entomolojik delillerin kullanımı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(3), 105-110.

Krettek, R., Amendt, J., and Zehner R. (2004). Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. 91(2). 51-65. Doi:10.1007/s00114-003-0493-5.

LaGoo, L., Schaeffer, L., Szymanski, D., and Smith, R. (2010). Detection of Gunshot Residue in Blowfly Larvae and Decomposing Porcine Tissue Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). *Journal of Forensic Science*, 55(3). Doi:10.1111/j.1556-4029.2010.01327.x.

- Lamia, A.A., Galal, M.D., and Hameed, S.Y. (2009). An initial Study of arthropod succession on exposed human left over parts in Assiut. *Journal of Forensic Medicine and Clinical Toxicology*, 17(1), 55-74. DOI:10.21608/mjfmct.2009.53284.
- MacGregor, D. (1999). Decomposition of Pig Carrion in Southeast Queensland, Australia,. *51st American Academy of forensic sciences annual meeting*. Orlando.
- Madea, B., Henssge, C., Reibe, S., Tsokos, M., and Kernbach-Winghton, G. (2014). *Postmortem changes and time since death*. Hand-book of Forensic Medicine. 75-134. Doi: 10.1002/9781118570654.ch7.
- Madea, B. (2016). Methods for determining time of death. Forensic science, medicine, and pathology. 12:451–485. Doi:10.1007/s12024-016-9776-y.
- Mende, L. (1829). *Ausführliches Handbuch der gerichtlichen Medizin für Gesetzgeber* (5.cilt). Rechtsgelehrte, Aerzte und Wundaerzte.
- Mogren, C., and Trumble, J. (2010). The impacts of metals and metalloids on insect behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 135(1), 1-17. Doi: 10.1111/j.1570-7458.2010.00967.x.
- Mohr, M., and Tomberlin, J. (2014). Environmental Factors Affecting Early Carcass Attendance by Four Species of Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) in Texas. *Journal of Medical Entomology*, 51(3), 702-708. Doi:/10.1603/ME13149.
- Motta, L. (2015). Detection of Pb, Ba, and Sb in Blowfly Larvae of Porcine Tissue Contaminated with Gunshot Residue by ICP OES. *Journal of Chemistry*. Doi: 10.1155/2015/737913.
- Nolte, K.B., Pinder, R.D., and Lord, W.D. (1992). Insect larvae used to detect cocaine poisoning in a decomposed body. *Journal of Forensic Science*. 37(4). 1179-1185. Doi: 10.1520/JFS13304J.
- Nuorteva, P. (1977). *Sarcosaprophagous Insects as Forensic Indicators*. *Forensic Medicine*, (cilt 3), 1073-1095. Toronto: W. B. Saunders and Company.
- Nuorteva, P., and Nuorteva, S. (1982). *The Fate of Mercury in Sarcosaprophagous Flies and in Insects Eating Them*. 11(1), 34-37. Helsinki: Springer.
- Oosterbroek, P. (2006). The European Families of Diptera, Identification. *Diagnosis biology*, 1-200. KNNV publishing.
- Öncü, M.R. (2020). Analysis of The Factors Increasing The Mortality In Emergency Department Following Firearm Injuries. *Eastern Journal of Medicine*. 25(1), 55-60. Doi:10.5505/ejm.2020.90267.
- Özsoy, S., Cantürk, N., Cantürk, G., ve Demirel, B. (2016). İki Olgu Nedeni İle Sabunlaşma. *Adli Tıp Dergisi*. 30(1), 91-97. ISSN: 1018-5275.
- Pacini, T. (2014). The Importance of Cooperation in Forensic Sciences: The Entomotoxicology. *Annals of Forensic Research Analyti.*, 1(2).
- Payne, J.A. (1965). A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*. 46(5), 592-600. Doi: 10.2307/1934999.
- Pedigo, L., Rice, M., and Krell, R. (2021). *Entomolgy and Pest Management* (7.cilt). USA:Waveland Press.
- Perotti, M.A., Goff, M. L., Baker, A.S., Turner, B.D., and Braig, H.R. (2009). Forensic acarology: an introduction. *Experimental and Applied Acarology*. 49 (1-2). 3-10. Doi: 10.1007/s10493-009-9285-8.

Plessis, M., and Walt, L.M. (2004). Forensic entomology: relevant to legal dispute resolution. *Journal for Juridical Science*. 29(3), 100-118. <https://hdl.handle.net/10520/EJC55541>.

Polat, O., İnanıcı, M.A., ve Aksoy, M.E. (1997). *Ölüm, Postmortem Değişiklikler*. Adli Tıp Ders Kitabı. İstanbul.

Pounder, O.J. (1991). Forensic entomotoxicology. *Journal of Forensic Science Society*. 31 (4), 469-472. Doi: 10.1016/s0015-7368(91)73189-7.

Pölkki, M., Kangassalo, K., and Rantala, M.J. (2014). Effects of Interaction between temperature conditions and copper exposure on immune defense and other life-history traits of the Blow Fly *Protophormia terraenovae*. *Environmental Science and Technology*. 48(1). 8793–8799. Doi:10.1021/es501880b.

Rashid, A., Siti, A.S., Siti, F.R., Reena, A.R., Sharifah, H.S.S., Nurul, F.Z., and Nazni, W.A. (2013). Forensic Implications of Blowfly *Chrysomya rufifacies* (Calliphoridae: Diptera) Development Rates Affected by Ketum Extract. *International Journal of Medical*. 7(7). Doi:10.5281/zenodo.1086905

Rashid, R., Arifuddin, A., and Ahmad, N. (2012). Blowfly, *Chrysomya megacephala* as An Alternative Specimen in Determination of Gunshot Residue. *2012 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA)*. Doi: 10.1109/ISBEIA.2012.6422946.

Ratcliffe, B.C. (1996). The Carrion Beetles (Coleoptera: Silphidae) of Nebraska. *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*. 13(2), 16- 41.

Rayms-Keller, A., Olson, K., McGaw, M., Oray, C., Carlson, J., and Beaty, B. (1998). Effects of heavy metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 39(1). 41- 47. Doi: 10.1006/eesa.1997.1605.

Resh, H.V., and Carde, R.T. (2003). Encyclopedia of Insects. *Forensic entomology* (2.cilt). 438-442. USA: Vincent Resh and Ring Carde.

Riani, E., Cordova, M.R., and Arifin, Z. (2018). Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussels cultured in Muara Kamal waters, Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 133(1). 664-670. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.06.029.

Rivers, D.B., and Dahlem, G.A. (2014). *The Science of Forensic Entomology*. Chichester :Wiley Blackwell.

Dadour, I., Roeterdink, E., and Watling, R. (2004). Extraction of gunshot residues from the larvae of the forensically important blowfly *Calliphora dubia* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae). *International Journal of Legal Medicine*. 118(2). 63-70. Doi: 10.1007/s00414-003-0408-1.

Safae, S., Fereidoni, M., Mahdavi-Sharhi, N., and Haddad, F. (2014). Effects of lead on the development of *Drosophila melanogaster*. *Periodicum biologorum*, 116(3), 259-265. ISSN 0031-5362.

Santos, A. (2007). Firing Distance Estimation Through the Analysis of the Gunshot Residue Deposit Pattern Around the Bullet Entrance Hole by Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry An Experimental Study. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. 28(1). 24-30. Doi: 10.1097/01.paf.0000233631.40170.d4.

Saukko, P., and Knight, B. (2004). *Knight's Forensic Pathology*. Boca Raton: CRC Press, 720.

Savran, B., Koç, S., Çetin, G., ve Kolusayın, Ö. (1994). Adli entomoloji. *Adli Tıp Dergisi*. 10(1-4), 143-152.

Schmidt, G.H., Ibrahim, N.M.M., and Abdallah, M.D. (1992). Long-term effects of heavy metals in food on developmental stages of *Aiolopus thalassinus* (Saltatoria: Acrididae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 23. 375-382. Doi: 10.1007/BF00216248.

Servia, M. (2006). Effects of copper on energy metabolism and larval development. *Ecotoxicology*. 15(3). 229–240. Doi: 10.1007/s10646-005-0054-0.

Shulman M.V., Pakhomov, O.Y. and Brygadyrenko V.V. (2017). Effect of lead and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes in *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). *Folia Oecologica*, 44 (1). doi: 10.1515/foecol-2017-0004.

Smith, K.G. (1986). *A manual of forensic entomology*. New York: Comstock Publishing.

Sohal, R.S., and Lamb, R.E. (1977). Intracellular deposition of metals in the midgut of the adult housefly, *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*. 23(11-12). 1349-1354. Doi: 10.1016/0022-1910(77)90156-1.

Stamper, T.I. (2008). *Improving the accuracy of postmortem interval estimations using carrion flies*. Cincinnati: University of Cincinnati.

Şabanoğlu, B. (2007). Ankara ili'nde (Merkez İlçe) Leş üzerindeki Calliphoridae (Diptera) Faunasının Belirlenmesi ve Morfolojilerinin Sistematik Yönden İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Tabor, K. (2005). Effects of Antemortem Ingestion of Ethanol on Insect Successional Patterns and Development of *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*. 42(3). 481–489. Doi: 10.1093/jmedent/42.3.481.

Tantawi, T.I., El-Kady, E.M., Greenberg, B., and El-Ghaffar, H.A. (1996). Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria. *Journal of Medical Entomology*. 33(4). 566-580. Doi: 10.1093/jmedent/33.4.566.

Taudte, R. (2014). Detection of Gunshot Residues Using Mass Spectrometry. *BioMed Research International*. Doi:10.1155/2014/965403.

Thyssen, P.J., Carvalho, J., Linhares, A.X., and Palhares, F. (2000). A checklist of Arthropods Associated with Pig Carrion and Human Corpses in Southeastern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 95(1). 135-8. Doi:10.1590/S0074-02762000000100023.

Trumble, J., and Jensen, P. (2004). Ovipositional Response, Developmental Effects and Toxicity of Hexavalent Chromium to *Megaselia scalaris*, a Terrestrial Detritivore. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 46(3). 372-376. Doi: 10.1007/s00244-003-3007-8.

Tuğcu, H. (2001). Görüntü Analizi Yöntemiyle Ateşli Silah Atış Artıklarının Tespiti. *İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi*.

Türk, E. (2018). Dört farklı koşul ve zamanda saklanan besine gelen böceklerin adli entomolojik açıdan incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Samsun*.

Tüzün, A., ve Yüksel, S. (2007). Postmortem intervalin saptanmasında adli entomoloji. *Journal of Forensic Medicine*. 4(1). 23-32.

Utsumi, K. (1958). Studies on arthropods congregating to animal carcasses, with regard to the estimation of postmortem interval. *Ochanomizu Medical Journal* 7, 202-223.

Üner, H. (1991). Elbiseden Atış Mesafesi Tayininde Etkili Bir Yöntem Geliştirilmiş Griess Yöntemi Ayracı. *Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fen Bilimleri Ana bilim dalı, İstanbul.*

Üner, H., ve Atasoy, H. (1993). Geliştirilmiş Griess Testi ile Atış Uzaklığı Tayini. *Adli Tıp Dergisi*, 9, 97-104.

Üner, H., ve Çakır, İ. (2007). *Adli Balistik (2.cilt)*. Arıkan Basımevi, 87-88.

Vas, A. (2001). Beyond the grave – understanding human decomposition. *Microbiology Today*, 28. 190-192.

Verma, K., and Paul, R. (2013). Assessment of Post Mortem Interval, (PMI) from Forensic Entomotoxicological Studies of Larvae and Flies. *Entomology, Ornithology and Herpetology*. 2(1). Doi:10.4172/2161-0983.1000104.

Voss, S.C., Spafford, H., and Dadour, I.R. (2009). Annual and seasonal patterns of insect succession on decomposing remains at two locations in Western Australia. *Forensic Science International*. 193 (1-3). 26– 35. Doi: 10.1016/j.forsciint.2009.08.014.

Wallace, J. (2008). *Chemical Analysis of Firemars, Ammunition, and Gunshot Residue (Cilt 1)*. London: CRC Press. Doi: 10.4324/9781315153254.

Wenz, W., and Kattarwe, H. (1991). Surface analysis and measuring techniques in firearm offences. *Fresenius Journal of Analytic Chemistry*. 341. 155-165. Doi: 10.1007/BF00321540.

Wolff, M., Uribe, A., and Ortiz, A. (2001). A preliminary study of forensic entomology in Medl in Colombia. *Forensic Science International*. 120(1-2). 53-59. Doi: 10.1016/S0379-0738(01)00422-4.

Yeşilyurt, G. (2011). Kırklareli Lüleburgaz bölgesinde adli entomolojide kullanılan diptera türlerinin tayini. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.*

Yuca, P. (2009). Pendik ilçesi Akfırat beldesinde adli entomolojide kullanılan sinek türlerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.*

Zehner, R., Amendt, J., Svenja, S., Sauer, J., Krettek, R., and Povolny, D. (2004). Genetic identification of forensically important flesh flies. *International Journal of Legal Medicine*. 118 (4). 245-247. Doi: 10.1007/s00414-004-0445-4.

ÖZ GEÇMİŞ

Ahmet Fazıl YILMAZ, Samsun Terme Sağlık Meslek Lisesi'ni bitirdi. 2013 yılından itibaren Samsun İl Ambulans Servisi Başhekimliğinde Acil Tıp Teknisyeni olarak görev yapmaktadır. Bartın Üniversitesi Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik programından 2018 yılında mezun oldu. 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adli Bilimler Yüksek Lisans programına girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0000-0003-2605-5045

Yayınlar

Kökdener M., Yılmaz A.F. (2021). The Effects of Gunshot Residue Components (Pb, Ba, and Sb) on the Life History Traits of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*. Doi: 10.1093/jme/tjab