

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ- CERRAHPAŞA
ADLİ TIP VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Danışman
Doç. Dr. Hüseyin Çakan

ADLİ BİLİMLERDE ICP-MS YÖNTEMİYLE *Lucilia sericata* LARVALARINDA ATEŞLİ
SİLAH ATIŞ ARTIĞI ARAŞTIRILMASI

FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOG MERVE ÇİL
İSTANBUL, 2021

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ- CERRAHPAŞA
ADLİ TIP VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Danışman
Doç. Dr. Hüseyin ÇAKAN

ADLİ BİLİMLERDE ICP-MS YÖNTEMİYLE *Lucilia sericata* LARVALARINDA ATEŞLİ
SİLAH ATIŞ ARTIĞI ARAŞTIRILMASI

FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOG MERVE ÇİL
İSTANBUL, 2021

Bu tez projesi İ.Ü- Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No:**34583**

This study was funded by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University-Cerrahpasa.

Project number:**34583**

ÖNSÖZ

Çalışmalarımı destekleyen saygı değer,

Değerli danışmanım Doç. Dr. Hüseyin ÇAKAN' a,

Fikrimi destekleyip heyecanımı paylaştığı için Prof. Dr. H. Bülent ÜNER' e,

Deney boyunca yardımlarıyla yanımda olan Doç. Dr. Selda MERCAN' a,

Desteklerini eksik etmeyen Doç. Dr. Erdal POLAT' a,

Varlıklarıyla desteğini hissettiren Doç. Dr. Emel Hülya YÜKSELOĞLU' na, Doç. Dr. Gönül FİLOĞLU' na,

Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitü Adli Toksikoloji laboratuvar ekibinden Murat YAYLA' ya
Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitü idari çalışanlarına,

Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi Ekibinden Pınar KARACA
YILMAZ' a

Hem fiziksel ve manevi olarak desteğini eksik etmeyen Yüksek Lisans öğrencisi Beyza KULA' ya ve diğer arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda, arkamda olduklarını bildiğim, her kararımda destekleyen ve ben olmama sebep olan canım Annem, Babam, Kardeşlerim ve Halalarım,

Merve ÇİL, İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
GRAFİKLER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
SUMMARY.....	xi
1.GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Geçmişten Günümüze Tehdit: Ateşli Silahlar	4
2.2.Entomoloji.....	6
2.3. Adli Entomoloji	8
2.3.1. Adli entomoloji tarihçesi.....	10
2.3.2 Adli entomolojide kullanılan böcekler	13
2.4. Ölüm Sonrası Zaman Hesaplaması	15
2.5. Adli Entomotoksikoloji	17
2.5.1. Adli entomotoksikoloji çalışmaları	19
2.5.2. Adli entomotoksikolojide ateşli silah atış artıklarının yeri	22
2.6. <i>Lucilia sericata</i>	23
2.6.1. Taksonomi’de <i>Lucilia sericata</i> ’nın yeri	23
2.6.2. <i>Lucilia sericata</i> ’nın önemi.....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1. Çalışma Tasarımı	30

3.2. Kullanılan Ekipmanlar	30
3.3. Kullanılan Kimyasallar	31
3.4. ICP-MS Sistemi Analiz Parametreleri	32
3.5. Validasyon Çalışmaları	32
3.6. Deney Akışı	34
3.6.1. Etlerin temini ve uygunluğu	34
3.6.2. Poligon	35
3.6.3. Laboratuvar çalışmaları	37
3.6.3.1. Yumurtaların transferi	37
3.6.3.2. Yumurta ekimi ve inkübasyon	38
3.6.3.3. Larvaların analiz için hazırlanması	40
3.6.3.4. Yıkama – Kurulama	41
3.6.3.5. Rastgele seçim, numune hazırlama ve boy-ağırlık ölçümü	42
3.6.3.6. Yaş yakma ve ICP-MS analizi	43
3.6.4. Sonuçların hesaplanması	45
4. BULGULAR	47
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	65
6. KAYNAKÇA	71
-Ek 1	85
-Ek 2	86
-Özgeçmiş	87

Şekiller dizini

Şekil 1. Laboratuvardan alınan, <i>L.sericata</i> erişkinlerinin karaciğer üzerine bıraktıkları yumurtalar	26
Şekil 2. <i>L. sericata</i> yumurtası	26
Şekil 3 (a, b). <i>L.sericata</i> 2. dönem larvası posterior görüntüsü.....	26
Şekil 4. <i>L.sericata</i> 3. dönem larvası.....	27
Şekil 5. <i>L. sericata</i> larvasında anterior spiracles ve cephaloskeleton.....	27
Şekil 6. <i>L.sericata</i> pupası.....	27
Şekil 7. <i>L.sericata</i> kafa (anterior görünüm)	27
Şekil 8. <i>L.sericata</i> dorsal görünüm	28
Şekil 9. <i>L. sericata</i> ventral-lateral görünüm	28
Şekil 10. <i>L. sericata</i> dorsal-lateral görünüm.....	28
Şekil 11. <i>L. sericata</i> kanadı ve damarları.....	29
Şekil 12. Sb, Ba ve Pb kalibrasyon çözeltileri	33
Şekil 13. -80 °C 'de saklanan etler.....	35
Şekil 14. Tabanca ve 9x19 mm mermi örneği	35
Şekil 15. Mesafe ölçümü yapmak için metre, tabanca, atış yapılmış etler	36
Şekil 16. 30 cm ayarlanmış ve atış yapılmak üzere kancaya takılmış et	36
Şekil 17. Et üzerinde çıplak göz ile gözlenen atış artıkları.....	37
Şekil 18. Laboratuvardan alınan yumurtalar.....	37
Şekil 19. Yumurta sayımında ve ekiminde kullanılan malzemeler	38
Şekil 20. Thoma lamında ultra saf su (uss) içinde bulunan yumurtalar.....	39
Şekil 21. Blank ete yumurtaların ekimi	39
Şekil 22. Etüvün içine yerleştirilmiş kutular.....	40
Şekil 23. İnkübasyon sonrası larvaların toplanmak üzere kutuların açılması.....	40

Şekil 24 (a, b). Etüvden çıkan çürümüş etler üzerinden ve kemik içerisinden toplanan <i>L. sericata</i> 3. Evre larvaları	41
Şekil 25. Ultra saf su ile yıkanan larvalar	41
Şekil 26. Filtre kağıdında kurutulan larvalar	41
Şekil 27. Kumpasla boyu ölçülmek üzere rastgele seçilmiş 20 adet 3. Evre <i>L.sericata</i> larvaları	42
Şekil 28. Yaş yakmaya hazır numuneler.....	43
Şekil 29. Yaş yakma sonrası çıkan asit buharı.....	43
Şekil 30. Etüvden alınmış kapakları açılan numuneler.....	43
Şekil 31. 20 mL ye tamamlanan numuneler	44
Şekil 32. ICP-MS için hazırlanan 1 mL numune ve iç standart içeren 15mL'lik falkonlar	44
Şekil 33. Validasyon için larva yetiştirilmeyen etlerden örnek alma	45

Tablolar dizini

Tablo I. Deney boyunca kullanılan ekipmanlar.....	30
Tablo II. Çalışmada kullanılan kimyasal malzemeler	31
Tablo III. ICP-MS sistemi analiz parametreleri	32
Tablo IV. Kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması	33
Tablo V. Ham verilerin hesaplanma formülü.....	46
Tablo VI. Larva yetiştirilmeyen etlerin ASAA ortalama, standart sapma, bağıl standart sapma tablosu ($\mu\text{g/g}$)	47
Tablo VII. Rastgele alınan 20 larvanın boy ve ağırlık ortalama, standart sapma ve bağıl standart sapmaları.....	49
Tablo VIII. Larvaların 10 ve 20 larva için blank etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları	50
Tablo IX. Larvaların 10 ve 20 larva için 1 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları	50
Tablo X. Larvaların 10 ve 20 larva için 2 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları	51
Tablo XI. Larvaların 10 ve 20 larva için 3 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları	51
Tablo XII. Sb, Ba ve Pb kendi içinde uygulanan student's t-test tablosu.....	52
Tablo XIII. Blank-Atışlı larvaların karşılaştırmalı student's t-test tablosu	53
Tablo XIV. 1-2, 1-3 ve 2-3 atışlı karşılaştırmalı student's t-test tablosu	53
Tablo XV. Blank, 1, 2 ve 3 atışların atış artıklarının 10 ve 20 larva ortalamaları, standart sapmalar ve bağıl standart sapmaları karşılaştırmaları ($\mu\text{g/g}$)	54
Tablo XVI. Sb, Ba ve Pb' nun 10-20 larva ayrımı ile ortalama, standart sapma ve bağıl standart sapması($\mu\text{g/g}$)	61

Grafikler dizini

Grafik 1. Larva yetiştirilmeyen etlerin ASAA konsantrasyonları	48
Grafik 2. Larva yetiştirilmeyen etlerin doğruları	48
Grafik 3. Tüm sonuçların Sb, Ba ve Pb' un blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması (10 larva)	55
Grafik 4. Tüm sonuçların Sb, Ba ve Pb' un blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması (20 larva)	55
Grafik 5. Tüm sonuçların blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması (10 larva)	56
Grafik 6. Sonuç ortalamalarının blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması (10 larva) larva)	56
Grafik 7. Tüm sonuçların blank,1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması dağılımı (20 larva)	57
Grafik 8. Sonuç ortalamalarının blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması (20 larva) larva)	58
Grafik 9. Sb için 10-20 larva karşılaştırılması- tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)	59
Grafik 10. Ba için 10-20 larva karşılaştırılması - tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)	59
Grafik 11. Pb için 10-20 larva karşılaştırılması - tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)	60
Grafik 12. Sb B-1-2-3 atış grafiği (10 larva)	62
Grafik 13. Ba B-1-2-3 atış grafiği (10 larva)	62
Grafik 14. Pb B-1-2-3 atış grafiği (10 larva)	63
Grafik 15. Sb B-1-2-3 atış grafiği (20 larva)	63
Grafik 16. Ba B-1-2-3 atış grafiği (20 larva)	64
Grafik 17. Pb B-1-2-3 atış grafiği (20 larva)	64

Kısaltmalar dizini

ASAA : Ateşli Silah Atış Artığı

ATP : Adenozin Trifosfat

Ba : Baryum

cm : Santimetre

GSR : Gunshot Residue (Ateşli Silah Atış Artığı) (ing)

ICP-MS : İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi

K : Potasyum

Mg : Magnezyum

ng : Nanogram

Pb : Kurşun

ÖZT : Ölüm Sonrası Zaman Tahmini (Post Mortem Interval)

Sb : Antimon

TİSAŞ : Trabzon Silah Sanayi A.Ş.

g : Gram

µg : Mikrogram

mg : Miligram

MKEK : Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu

mL : Mililitre

ÖZET

Adli Entomoloji ve son zamanlarda Adli Entomotoksikoloji, uluslararası bilinen ve kabul görmüş yöntemleri olan bilim alanlarıdır. Eklembacaklılar yardımıyla ölüm sonrası zaman tahmini (ÖZT) yapılabilir. Ölüm yerinin bulunması coğrafik ve iklimsel vb. özelliklerden yararlanılarak tespit edilebilir. Ölüm nedeninin belirlenmesinde, toksik veya uyuşturucu maddelere maruziyet tespiti gibi konularda katkı sağlayabilir.

Yayınlanan birçok çalışmada böcekler sayesinde, dekompoze olmakta olan ya da olmuş cesetlerden malathion, parathion gibi organik fosfatlar ile zehirlenmeleri, arsenik, siyanür, cıva, talyum, kadmiyum gibi toksik madde zehirlenmeleri ve eroin, kokain, metamfetamin, morfin, trisiklik antidepresanlar, benzodiazepinler ve barbitüratlar gibi uyuşturucu-uyarıcı maddeler tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan birkaç çalışmada ateşli silah atış artığı da tespit edilebildiği ortaya konmuştur. Dünya genelinde en büyük güvenlik sorunlarından aynı zamanda önemli oranlarda ölüm sebeplerinden biri ateşli silahlardır.

Bu tez çalışmasında biyolojik ve/veya fiziksel delil eksikliğinde, ateşli silah atış artıklarının yoğunluk farkının tespit edilebilirliğinden yararlanılabilirliğini ölçmek amacıyla yapılmıştır. Dünya çapında yaygın olarak gözlenen ve adli anlamda önemli bir tür olan *Lucilia sericata* türü kullanılmıştır. Deneyin gerçekçiliği arttırmak amacı ile herhangi bir işlem görmemiş dana eti tercih edilmiştir. Her bir dana etine 30 cm eşit uzaklıktan, kapalı atış poligonunda farklı sayılarda (1, 2, 3) atışlar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda antimon (Sb), baryum (Ba) ve kurşun (Pb) 10 larva (~0,5 g) ve 20 larva (~0,9-1 g) ile hazırlanan numunelerde atış yapılmamış kontrol örneği ile atış yapılmış etler arasında anlamlı veriler elde edilmiştir. Ateşli silah atış artığı (ASAA), *Lucilia sericata* larvalarının analizi ile bütün atışlı numuneler ile blank numuneler karşılaştırıldığında tespit edilebilir olarak kaydedilmiştir. Bunun yanında 1-2 atışlı et ve 1- 3 atışlı et ile beslenen larvalardan atış artığı yoğunlukları farkı arasında anlamlı veriler toplanmıştır. Fakat 2-3 atışlı

et ile beslenen larvalarda Pb' da anlamlı sonuçlar elde edilirken Sb ve Ba istatistiksel olarak anlamlı veriler elde edilememiştir. Bu üç element birlikte tespit edilemediği için 2 ve 3 atışlı etler arasındaki atış artığı yoğunluk farklı tespit edilememiştir şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışma sonucunda ateşli silah atış artıklarının *Lucilia sericata*'nın larval gelişiminde boy ve ağırlık açısından bir farklılık yaratmadığı, toksik bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Lucilia sericata*, ICP-MS, Ateşli silah atış artığı, Adli entomoloji, Entomotoksikoloji

SUMMARY

Entomology which consists of the words entomo and logos studies the insects and forensic entomology is a branch of science that gives information about unexpected sudden deaths, ante-mortem traumas by using insects found on the cadavers. Depending on the condition of the body, forensic entomology studies the methods of using arthropods as an evidence for determining the place, cause and time of death. Insects approach to corpse in certain order for in accordance with their feeding routine and the decay stages of the corpse. Toxicology means science of poison with the words toxico and logos. It is a science used in the detection of various toxic substances like drugs.

Entomotoxicology is a field of study for analyzing the toxic materials by using insects feeding from the corpse. For the cases where the conventional toxicological methods cannot be used, it is possible to detect toxic or narcotic substances from the corpse with the help of the insects both qualitatively and quantitatively. It can be quantitatively identified by entomotoxicology when the amounts of toxic substances accumulated in the larvae exceed the elimination rate. In addition to that, entomotoxicology studies the effects of drugs and toxins on the development stages of the insects.

This study aims to investigate the gunshot residue in *Lucilia sericata* (Meigen) (Calliphoridae) larvae from veal that shot by one, two and three times by using Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS) method. The presence and the amount of barium (Ba), antimony (Sb), lead (Pb) in the larvae detected and the effects of these substances on the development of larvae is examined. According to our results, concentration of the gunshot residue of one-two times shot and one-three times shot veals are statistically different from each other. In addition to that, the concentration of Pb from larvae feed from two-three times shot veal was statistically different; however, there was no difference between the concentrations of Sb and Ba. Lastly,

developments of the larvae (in terms of height and weight) feed from gunshot residue were not differed greatly and no toxic effects were found.

Key Words: *Lucilia sericata*, ICP-MS, Gunshot Residue, Forensic, Entomology, Entomotoxicology



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Adalet sadece bir kelime olmasına rağmen toplumu bir arada refah ve güven içinde tutmanın anahtarıdır. Adaletin sağlanması için birçok bilim alanı birlikte çalışır. Biyoloji, fizik, kimya gibi temel bilimlerin toksikoloji, patoloji, entomoloji olarak örnek verilebilecek alt bilim dalları olay yeri verilerini incelerken kullanılır (1).

Fransız adli bilimci Edmond Locard'ın, Locard değişim prensibine dayanarak her bir delilin varlığının büyük önem taşıdığı söylenebilir. Bu değişim prensibi, olay yeri ve suçu işleyen kişi arasında mutlaka bir alışveriş olduğunu savunmaktadır (2). Bu prensibe dayanarak bir cinayette maktulün nasıl, nerede ve ne zaman öldüğünü bulmak adına yol çizilebilir. Cinayet soruşturmalarında cevaplanması elzem sorulardan biri ölüm zamanı, bir diğeri ise ölüm nedenidir (1). Fakat her adli olay kendi içerisinde eşsiz olması sebebi ile çevre şartları ve fiziksel etkenler bu soruların cevaplanmasına engel olabilir. Örnek vermek gerekirse cesedin bulunduğu coğrafyaya, konuma, kapalı veya açık alanda bulunmasına göre uğradığı deformasyon oldukça değişiklik gösterebilir. Cesedin bulunduğu konum itibarıyla orman ya da şehir gibi, etkileşime girebileceği etkenlere hava durumları, sıcaklık, nem ve toprağın yapısı örnek verilebilir (3, 4). Bunun yanında cesetten beslenmeye gelen çeşitli hayvanlar cesedin bütünlüğünün kaybetmesine, çeşitli hem premortem hem de postmortem yara ve travmaların bozulmasına neden olmaktadır (5). Ceset üzerinden beslenen böcekler ve larvaları da ceset üzerinde farklı deformasyonlara sebep olabilir (5, 6). Ölüm sebebi belirlenmesinde yukarıda bahsedilen ve benzeri durumlardan ötürü yanıtız kalabilir veya yanlış yollar izlenerek gerçek dışı veriler elde edilmesi sonucunu doğurabilir.

Ölüm nedeni, zamanı ve yeri belirlenmesinde kullanılan bilim dallarından biri de adli entomolojidir (7). Entomoloji Grek kökenli bir kelime olup entomon-logos kelimelerinden birleşiminden böcek bilimi anlamına gelir. Adli entomoloji beklenmedik ölümlerde, ante-mortem travmalar hakkında bilgi veren, ölüm yeri, ölüm nedeni ve zamanını belirlemede,

cesedin dekompozisyon durumuna göre gelen eklembacaklıların delil olarak kullanım yöntemlerini araştıran bilim dalıdır (8, 9).

Entomotoksikoloji ise çeşitli toksikolojik analiz yöntemleri aracılığıyla ceset ile beslenen bu böceklerin maktulün vücudundaki yabancı maddeleri tespit etmeyi amaçlayan gelişimini sürdüren alandır (10). Kan, organ gibi herhangi kullanılabilir doku bulunmasının mümkün olmadığı koşullarda otopside, patoloji gibi tıpta tercih edilen geleneksel yöntemler kullanılmayacak kadar zaman geçtiğinde böcekler yardımıyla maktulün ne gibi bir toksik maddeye maruz kaldığı bulunabilir (10, 11).

Türkiye İstatistik Kurumundan alınan bilgilere göre yapılan çalışmada 2000 ve 2008 yılları arası en çok 25-34 yaş, takiben 35-44 yaş arasında ateşli silahlar ile suç işlenmiştir (12). Gazetelerden toplanan bilgilerle hazırlanan verilere göre ise Türkiye’de 2020 yılında Marmara Bölgesi en çok suçun işlendiği bölge olarak belirlenmiştir (13). Ayrıca yine çeşitli basın organlarından alınan verilere göre ateşli silah kullanılarak en çok olay yaşanan örnek olarak verilen aşağıdaki illerde 2015 yılından 2020 yılına İstanbul’da %96, Ankara’da %80, Konya’da %107, Samsun’da %76 ve İzmir’de %56 Adana’da %54’ lük artış gözlenmektedir. 2020 yılında yukarıda bahsedilen 6 ilde toplam 1241 olay yaşanmıştır (13).

Bu tezin amacı,

-Adli entomotoksikolojik yöntemlerin, ateşli silah kullanılarak gerçekleştirilmiş ölüm vakalarında kullanılabilirliğini ölçmektir.

-Cesetten analiz edilebilecek uygun doku ve silahın kendisi, mermi çekirdeği gibi fiziksel kanıt bulunamadığı durumlarda ceset üzerinden beslenen *Lucilia sericata* larvalarının analizi ile ateşli silah atış artığı tespit edilebilirliğini ölçmektir.

-Ateşli silah atış artığı ile beslenen larvaların üzerindeki gelişim etkilerini gözlemlemektir.

- *L.sericata* larvalarıyla ateşli silah atış artığı tespitinin ve yoğunluk tayininin yapılabilmesi ve olası ölüm nedeni belirlenmesinde kullanılabilmesidir.

Bu çalışmada İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS) analiz yöntemiyle *Lucilia sericata* (Meigen) (Calliphoridae) larvalarında, TİSAŞ üretimi Kanuni model tabanca ile ülkemizde Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) tarafından üretilen 9x19 mm parabellum mermi kullanılarak dana (*Bos primigenius taurus*) et parçalarına yapılan yakın mesafe (30 cm) atışlardan, atış artığı araştırması yapılacaktır. Antimon (Sb), baryum (Ba) ve kurşunun (Pb) larvaların gelişimleri üzerindeki etkileri incelenecektir. Atış sayısına göre Sb, Ba ve Pb varlığı, miktarı ve yoğunluğu aranacaktır. Etlerdeki atış sayısı arttıkça, artan atış artığı yoğunluğunun, larvalardan tespit edilecek olan Sb, Ba ve Pb varlığının çoğalması beklenmektedir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 Geçmişten Günümüze Tehdit: Ateşli Silahlar

Vakaların çözüme gidişatı için ölüm nedeni oldukça önemlidir. Ölüm şekli intihar ya da cinayet fark etmeksizin ateşli silah ile ölüm en çok rastlanan yöntemlerdendir (14). Ateşli silahlar, barutun ortaya çıkışı ve ateşli silahların evrimleşmesiyle insanların hayatında yerini almıştır (15). Ateşli silah kullanılan olayların kaza durumları dışında, bir kısmı intiharla ilişkilendirilirken bir kısmına ise cinayet soruşturmalarında rastlanmaktadır (16). Fakat evrensel bir tehdit unsuru olan silahlar arasında ateşli silahların günümüz cinayetlerinde rolü göz ardı edilemeyecek kadar fazladır (14).

Geçmiş zamanlardan bugüne Türkiye temelinde bakacak olursak, çeşitli illerde çalışmalar yapılmıştır. 1987-1993 yılları arası Antalya’da yapılan araştırmada 133 olgu incelenmiştir. Bu çalışmada cinsiyet olarak araştırıldığında erkeklerin daha çok ateşli silah içeren olaylarda buldukları tespit edilirken en sık 21-30 yaş grubunda ölümlere rastlanmıştır. Orijin olarak bakıldığında ise %66,92 oranı ile cinayet sebebi olarak tespit edilmiştir. Ölüm sonuçlu dosyaların yarısından fazlasında kısa namlulu ateşli silah kullanılmıştır (17) . Samsun’da 1993 ve 2003 yılları arasını içeren çalışmada da 2027 olaydan 187’si ateşli silahlarla gerçekleşmiş olup yine 20-29 yaşta en çok olaya karışılan yaş olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada da diğer araştırmalarda olduğu gibi cinsiyet bazında erkeklerde oranlar daha yüksektir. Olayların %77’sinde tabanca kullanılmış olup, olguların %57,2’si cinayet olarak belirtilmiştir (18). 2008’in başından 2009’un sonuna kadar ateşli silah sebebi ölümleri araştıran Erzurum’ da yapılan başka bir çalışmada ise yine benzer sonuçlar elde edilmiştir. 410 olayın 53’ü ateşli silah ile gerçekleştirilmiştir. 42’si erkek 11’i kadın olduğu belirtilmiş ve en sık 20-29 yaş aralığında olduğu eklenmiştir. %71,7’si cinayet %17’si intihar ve %11,3’ü kaza sebebi olarak kaydedilmiştir. Diğer olaylardaki gibi kısa namlulu silahlar olayların %69’unu kapsamaktadır (19). Eskişehir ili için yapılan bir tez çalışmasında 2009-2015 yılları arasındaki veriler ise diğer

tüm çalışmalarla benzer sonuçları gösteriyor (20). Eskişehir’de yapılan çalışmada yine en çok bitişik ve bitişğe yakın atış %46,8 oranı ile önde gelirken yakın atış %37,6 oranıyla takip etmektedir. İntihar olgularında bitişik- bitişğe yakın en yüksek oranlı atış mesafesiyken cinayet olgularında uzak daha sonra yakın atış en sık kullanılan atış mesafesi olarak belirtilmiştir (20). Önceki yıllara ait çalışmalarda; 1996’ da yayınlanan Adli Tıp Kurumundaki vakalardan 6 olgu incelenmiştir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi en yüksek oranda 20-29 yaş aralığında olduğu ve olgudaki toplam 19 atıştan 11 olgunun bitişğe yakın atış ile yapıldığı ek olarak 2 olay da yakın atış mesafesi şeklinde kaydedilmiştir (16). 1998’de Edirne’de Adli Tıp bölümünün yayınladığı çalışmada 14 yıllık zaman diliminde 85 ateşli silah olayı incelenmiştir. Ölümün en çok olduğu yaş ve cinsiyet bulguları diğer olaylarla benzer sonuçlar vermiştir. Ölüm orijini olarak ateşli silahlar kullanılarak %68’i cinayet olarak belirlenmiştir. İntiharda en çok bitişik ve bitişğe yakın, cinayet vakalarında en çok uzak daha sonra yakın atış mesafesi kaydedilmiştir (21).

Yukarıda bahsedilen çalışmalar, köy kasaba gibi yerlerde daha çok ateşli silah ile yaralanma ve ölüm içeren olaylarla karşılaşıldığını gösteriyor. Çalışma yapılan bazı yerlerde terör olaylarının olması da hazırlanan raporlarda o bölgelerin terör olmayan yerlere göre daha fazla çıkmasına sebep olmaktadır (18). Buna ek olarak kırsal alanlarda av tüfeğiyle gerçekleşmiş ölümlere de rastlanmaktadır (16, 20).

Genelde intihar olaylarında en çok bitişik ve bitişğe yakın atış yüksek oranlarda gözlenmekteyken cinayet ve kaza olgularında uzak atış mesafeleri olduğu kaydedilmiştir (14, 17, 18). İntihar dosyalarında en yüksek oranlarda tek atış tespit edilirken iki atışlı olaylar da kaydedilmiştir. Cinayet olguları için Erzurum’da da yapılan çalışmada bir giriş deliği bulunma oranı %50 olarak tespit edilmiştir (19). Antalya’da yapılan çalışma da Erzurum’da yapılan çalışmayla benzer sonuçlara sahip olup olguların en çok tek atışlı takiben 2 ve daha fazla atışlı oldukları kaydedilmiştir. Fakat Samsun’da yapılan çalışmalarda ise %56,1 oranında 2 ya da daha fazla giriş deliği olan vakalar kaydedilmiştir (18) .

Genel olarak Türkiye çapında yıllık ateşli silah olayları 2015 yılında 2175 iken 2020 yılında 3128' e yükselmiştir. 2015 yılından 2020 yılı dahil olmak üzere toplam 18.518 olay gerçekleşmiştir. 2015 yılından 2020 yılına %44'lük bir artış görmekteyiz (13). Sadece İstanbul'da 2015 yılından 2020 yılına ateşli silah kullanılarak yaşanan vakalar %96 oranında artış göstermiştir. TÜİK' den "Suç türü ve suçun işlendiği yere göre ceza infaz kurumundan çıkan hükümlüler: Ateşli silahlar ve bıçaklar ile ilgili suçlar" başlığından alınan verilerle yapılan hesaplamalara göre Türkiye'de 2008 ve 2018 yılları arası yapılan ateşli silahlar ve bıçaklar ile ilgili suçların istatistik çalışmasında en çok artış 2013 yılında görülürken, 2008'den 2018'e %64 oranında artış gözlemlenmektedir (22).

2.2. Entomoloji

Böcek bilimi anlamına gelen entomoloji böceklerin hayat düzenlerini, davranışlarını, birbirleri ve çevreyle olan ilişkilerini araştırır (1). Dünya çapında yaklaşık 1 milyonunun tanımlanabildiği her sene literatüre eklenme sayısı artan yaklaşık 10 milyon böcek türü olduğu bilinmektedir (23). Tür sayısı bakımından oldukça fazla çeşitliliğe sahip olan böcekler dünya çapında geniş yayılım gösterirler (24, 25).

Böcekler geçmişten günümüze çeşitli amaçlarla kullanılmışlardır. Genellikle parlak renklere sahip oldukları için mücevher böceği olarak geçen Buprestidler takı olarak kullanılırlar (26). Bilimsel adı *Dactylopius coccus* olan bitki zararlısı olarak da bilinen koşnil böceği karmin olarak bilinen kırmızı tonlarında boya elde etmek için kullanılırlar (27). Gübre böceği, Kuzeybatı Brezilya ve Antik Mısır'da inançsal ve kültürel anlamda oldukça büyük bir yere sahiptir. Bazı ülkelerde ise spor olarak görülen böcek dövüşü de yaygın eğlencelerdendir (26). Böceklerin ilaç olarak kullanımı çok eski çağlara dayandığı bilinmektedir. Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera gibi takımlardan birçok tür böbrek rahatsızlıklarında, sindirim bozukluklarında, anesteziye, astım, kansızlık, deri hastalıklarında gibi ve daha birçok farklı hastalıkta kullanıldıkları ifade edilmiştir (23). Entomofaji olarak

bilinen böcekleri besin olarak tüketme alanı ise ülkemizce çok benimsenmemiş olsa bile dünya çapında böcekler çeşitli sebepler ile yenmektedir. Kıtılıklar, bulunulan coğrafyada böceklerin çok fazla olması, geleneksel besin düzenlerinin sıradanlaşmaya başlaması, yemek tercihi çeşitliliği gibi nedenlerden ötürü birçok yerde böcek tüketilmektedir. Yenen eklembacaklılara solucan, hamam böceği, çekirge, karınca, ipek böceği, arı, sinekler, örümcek, akrep örnek olarak verilebilir (26, 28). Böcekler, ekolojik denge için tozlaşma gibi yarar sağlarken, insanlara ve hayvanlara hastalık etkeni olarak zarar verebilirler. Veterinerlik alanında medikal anlamda da öneme sahip canlılardır. Çeşitli tedavilerde yararlandığı gibi, çiftlik hayvanlarında sebep olduğu rahatsızlıklar ve hastalıklar kaydedilmiştir (29). Miyaz, bazı tür sineklerin genelde çiftlik hayvanları olmak üzere birtakım hayvanların üzerinde yumurtalarını bırakarak, larvalarının dokular ile beslenmesinin sonucunda oluşan irritasyon yaratan hastalığa denir (30, 31). Erişkinleri hayvanlarda, kimi zaman insanlarda (32, 33) doğal açıklıklara ya da açık buldukları yaralı dokulara bıraktığı larvalar bu dokular ile beslenirken çeşitli toksikasyonlara ve septisemiye sebep olarak da zarar verebilirler (29). Fakat Calliphoridae ailesindeki türler yalnızca ölü doku ile beslenirler (31). Bu familyaya ait bazı sineklerin bu özelliğinden yararlanılarak maggot terapi denilen yöntem ile insanlar üzerinde tedavide oldukça yararlı sonuçlar elde edilmektedir. Maggot terapi ya da larva debridman tedavisi, bu tür sineklerin nekrotik dokularla beslenmesinden faydalanarak insanlardaki ölü dokuların temizlenip tedavi edilmesine denir (31). Bu sinekler laboratuvar koşullarında steril olarak yetiştirilerek uzmanların kontrolü altında kullanılarak tedavi gerçekleştirilir (34).

Bu tezde entomolojiye adli pencereden bakılacaktır.

2.3 Adli Entomoloji

Adli entomoloji, bazı böcekler önde olmak üzere eklembacaklıların ölüm saati tahmini hesaplaması, ölüm nedeni ve ölüm yeri belirleme gibi bazı konularda adli vakalarda araştırmalarda yararlanılmasıdır (35, 36). Karkasla beslenmiş toplanan larva veya pupaların tahmin edilen yaşı bizi ÖZT' ye götürür. Olay yeri tespiti açısından cesedin taşınmasının tespiti gibi konularda da adli entomolojiye başvurulabilir (8, 35-37). Ayrıca yaşlı ve çocuk bakım ihmalleri gibi konularda yararlanıldığı bilinmektedir (38, 39). Ergin dişi sinekler miyaz gibi bazı istisnai durumlar dışında canlı bedenlere yumurtlamazlar. Adli entomolojide ölüm sonrası zaman tahmini (ÖZT) ve adli entomotoksikolojik çalışmalar yapmak için cinayet, intihar ve şüpheli ölüm içeren vaka raporlarındaki numunelerden sonra deneysel anlamda en çok domuz üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Ek olarak, dana, tavşan, fare ve koyunlarda çalışmalarda kullanılmaktadır (40).

Adli entomoloji çalışmalarında genel olarak başta gelen Diptera, Coleoptera böcek takımlarından faydalanılır (1). Bu takımlara ek olarak Hymenoptera, Acarina Lepidoptera, Isopoda ve Blattariae (41) takımlardan da yararlanılabilir (42).

Diğer böcekler gibi leş sineklerinin de aktivitesini etkileyen birçok faktör vardır. Ölüm sonrası zamanı hesaplariken bu etkenler larvaların gelişimlerini etkileyebileceği için mutlaka her şey kaydedilmeli ve tüm koşullar göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmalıdır. Bu faktörler sıcaklık, toksik maddeler, karkas boyutu, kıyafet varlığı, battaniye- halı- plastiğe sarılma hali, yaraların durumu, coğrafi konumu, ekosistemi, nem, ışık- gölge, mevsimsel ve günlük dönemsellik, yiyecek ve rekabetin mevcudiyeti, kurtçuk kütle sıcaklığı (biomass) ve ölüm şeklidir (43-45).

Coğrafi konum ya da cesedin bırakıldığı alan ÖZT hesaplamasında oldukça önemlidir. Aynı böcek türleri Kanada, Hawaii, Hindistan'da farklı zamanlarda cesede ulaşabilir. Yahut cesedi

bırakılan alanda çöp birikintileri olması süreci çok daha fazla hızlandıracaktır. Bu faktörleri ele alarak hesaplama yapmak çok önemlidir (46).

Biomass ya da maggot mass, yani kurtçuk kütle sıcaklığı, larvaların ceset üzerinde kitlesel halde bulunup bir kütle yaratmasına dolaylı olarak sıcaklığı arttırmaları sonucundaki etkisidir. Bu durum ilk olarak sineklerle keşfedilmiş olmasıyla birlikte Silphidaelerde de görülmüştür (47). Böceklerin vücut sıcaklıkları yaşadıkları çevrenin sıcaklığına bağlı olarak değiştiği için sıcaklık, böceklerin beslenme, üreme, gelişim gibi bütün faaliyetlerini, davranışlarını etkiler. Artan sıcaklık böceklerin metabolizmalarını hızlandırdığı için aktivasyonlarının da orantılı olarak artışı gözlenmektedir (45). Sıcaklık arttıkça çevrede bulunan böceklerin ve cesetten beslenen diğer canlıların faaliyetlerini, enzim aktivitesini, biyolojik aktiviteyi ve vücuttaki reaksiyonları hızlandırdığı için çürüme hızını da artırıp, dekompozisyon sürecini hızlandırır (3, 48). Adli entomoloji çalışmalarında kullanılan böceklerin genellikle en düşük 10-12 °C sıcaklıkta aktif oldukları bilinse de İsviçre Alp'lerinde 10 metre derinlikte ve 5 °C sıcaklıkta soğuk havaya adapte olmuş *Calliphora vicina* kolonisi tespit edilmiştir (49).

Başka bir ekstrem durum ise bazı türlerin nokturnal yumurtlamasıdır. Çoğunlukla böceklerin gündüzleri yumurtladığı bilinmektedir. Fakat *Calliphora vicina*, *Phormia regina*, *Lucilia sericata* türleri deneysel olarak gece yumurtladığı kanıtlanmıştır (50). 2001 yılında Greenberg'in bulduğu sonuçları tekrarlanmak için tasarlanan deneyde de çoğunlukla sinekler gündüz yumurtlasa da gece de yumurtlayabilecekleri göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır (51).

Larvaların, büyümelerini ve gelişmelerini etkileyen başka bir örnek ise rekabettir. Smith ve Wall *L.sericata* yetişkinlerinde rekabetin yoğunluğunun etkisi olduğunu göstermişlerdir (52).

Böcekler beslenmek için cesede, beslenme rejimine ve cesedin çürüme evrelerine göre belirli sırayla gelirler (1). Cesedin dekompoze olurken yaydığı koku evrelere göre değişir. Bu kokuyu çekici bulup beslenmek isteyen böceklerde bu yüzden farklı zamanlarda gelirler. Böceklerin bu

süksesyon dalgaları, çürüme evresi ölüm zamanı tahmini hesaplamasında çok önemlidir. Süksesyona etki eden birçok etken vardır. Cesedin kıyafetli, gömülü, su içinde ya da yanmış (39, 53) olması kolonileşmeyi etkileyen faktörlerdendir (54). Sabunlaşma, mumyalaşma gibi faktörler de dikkate alınması gereken bir diğer faktörlerdendir (54). Merkel bir vaka raporunda evinde ölü bulunan mumyalaşmış bir cesette hiçbir larva bulamamıştır (55) . Bunun dışında genel olarak türler dünya çapında gözlemlense bile coğrafik konuma göre böceklerin davranışlarının etkilendiği bilinmektedir (56). Nem, yağış gibi hava koşulları da poikilotermik canlılar oldukları için etkilemektedir. Sıcak koşullarda ceset üzerindeki entomofaunal süksesyonel dalgaları ekstra yoğunken, bulunulan koşullar daha soğuklaşınca böcek aktivasyonunun azalmasıyla dekompozisyon süreci uzamaktadır (57). Adli entomoloji ve görece yeni olan entomotoksikoloji alanında entomofaunal süksesyon çalışmaları, toksikolojik analizler Türkiye (42, 58), Arjantin (59), Avustralya (60), Almanya (38), Fransa (61), İtalya (62), Kolombiya (7, 63), Güney Kore (64, 65), Hindistan (66) gibi ve daha çoğaltılabilecek bir sürü ülke olgu raporları, deneysel araştırmalar yapmaktadır.

2.3.1 Adli entomoloji tarihçesi

Adli anlamda böcekler uzun süredir kullanılmaktadır. Sun Tzu'nun "The Washing Away of Wrongs" isimli tercüme edilen kitabında geçen, 13. Yüzyılda Çin'e dayanan bir orakla işlenmiş cinayet vakasında sinekler yardımıyla çözüme kavuşturduğu araştırma, adli entomolojinin bilinen ilk yazılı dökümanıdır (1, 55). 15 ve 16. yy' dan günümüze gelen sanat çalışmalarına bakacak olursak, cesetlerin üzerindeki larvaları gözlemleyen sanatçıların çeşitli eserlerinde cesetler ile beslenen larvaları resmettikleri kayıtlardadır (1).

17. yüzyılda evrimsel çalışmalara katkılarıyla da tanınan Francesco Redi, yiyeceklerin üzerinde gözlemediği sineklerin kendiliğinden değil yumurtalarından larvalara daha sonradan sineklere dönüştüğünü kontrollü deney düzeneği ile gözlemleyerek abiyogenez teorisini çürütürken biyogenez teorisinin güçlenmesine sebep olmuştur (67).

18. Yüzyılda Carl Von Linne sineklerin cesedi tüketmek konusunda oldukça hızlı olduğunu söylemiştir (55). Ayrıca sınıflandırma sistemini geliştirmesiyle bilinen Linne adli anlamda önemli bir tür olan *Calliphora vomitaria* ve bazı türlerin de sınıflandırılmasını da yapmıştır.

19. yüzyılda toksikolojinin babası lakabıyla anılan Doktor Mathieu Orfila larvaların cesedin dekompozisyonundaki önemli yerini, adli tıp alanında çalışmalarıyla gelecek çalışmalara ışık tutmuştur (55). Modern anlamda ilk kez adli entomoloji içerikli bir olgu raporu ise Fransız Doktor Bergeret tarafından mahkemede delil olarak kullanılmıştır (55). Megnin'in 1894'te yayınladığı dönüm noktası olarak bahsedilen *La Fauna des Cadavres* kitabında larvaları, erişkinler morfolojik ve anatomik tanımlamaların yanında daha önceden dört süksesyon dalgası teorisini sekiz süksesyon dalgası ile geliştirirken yanmış cesetler için iki dalga olarak yazmıştır (55).

19. yüzyıl sonlarında Alman bir doktor olan Hermann Reinhard feth-i kabir çalışmalarından topladığı verilerle ilk sistematik adli entomolojik çalışmayı yapmıştır. Böceklerin 15 yıldan daha uzun süredir mezarların içinde olduklarını kaydetmiştir (55, 68). Yine 19. Yüzyıl sonlarında Hoffman et sinekleriyle yaptığı gözlemleriyle ölüm sonrası zaman tahmini hesaplamalarını yayınlamıştır (41).

1908'de Puppe birkaç gün içerisinde bir insan cesedinin et sinekleri tarafından iskeletleştirilme olgusunu gözlemlemiştir (41).

İsviçre'de 1919'da Hunziker tarafından mezarlardaki entomolojik faunanın çalışmaları yapılmıştır. Farklı böceklerin cesetlerden beslenmesinin sonucunda cesetlerin üzerinde postmortem etkileri adli açıdan önemli olduğu kaydedilmiştir (41). 20. yüzyıl başlarında böceklerden adli alanların yanında medikal olarak da yararlanılmaya başlanmıştır. Baer, maggot terapi yöntemi ile iyileşmeyen yaraların tedavisinde büyük gelişmeler sağlandığını rapor etmiştir (41).

1919 yılının yaz aylarında oğulları tarafından gerçekleştirilen bir aile katliamında 3 hafta yana yana duran maktuller, vücut tipi (anne daha yağlı bir vücut) ve yaralanma şekilleri (anne ateşli silah atışı, baba bıçaklanarak) birbirlerinden farklı olması sebebiyle farklı dekompozisyon aşamalarındaydılar. Yine bu sebeplerden dolayı böceklerin kolonize olma kalıpları da birbirinden farklıydı (55).

1925 yılında Merkel yakın konumlarda arka arkaya işlenen cinayetler ışığında yaptığı nekrofaj böceklerin kıyafetli olma ve yaralarının durumlarına göre cesetlere geliş düzenlerini karşılaştırarak kaydetmiştir. 1954'te Schumann, sinekleri tür tanımlama anahtarı da olmak üzere sineklerin morfolojisi üzerine yaptığı çalışmaları yayınlamıştır (41).

20. yüzyıl genel itibariyle adli entomolojide hem böcek davranışı hem de böcekleri kullanılarak yapılan ÖZT hesaplamaları açısından tanımlamaların yapıldığı sıcaklık, kıyafet, yara durumları gibi farklı koşulların araştırıldığı zaman dilimi olmuştur. 1980'lerde maggot araştırmaları sırasında da entomotoksikoloji de popüler hale gelmeye başlamıştır (41).

2001 yılında yayınlanan 2 vaka çalışması incelenen bir makalede, 1998 yılına ait vaka örneklerinde Kulshretra ve Satpathy 18 yaşlarında ormanda ölü bulunmuş bir kadının üzerinde Dermestid larva, pupa ve erginleri; Cleridae erginleri bulmuşlardır. 2. Vaka çalışmasında, 1997 yılı sonlarında bulunmuş, 1998 yılı başında incelenmiş 35 yaşında olduğu tespit edilen kadın kalıntılarında da yine Dermestid ve Clerid erişkinleri tespit edilmiştir (46).

2001 yılında yayınlanan Turchetto ve arkadaşlarının 1997-1998 yıllarında gerçekleşen 3 olgu incelemiştirler. Diptera ve Coleoptera üyelerinin ergin, pupa ve farklı instarlarda larvalarını, İtalya'nın coğrafik konum sebebiyle olabilecek farklılıklarını karşılaştırılması ve sistematik bilgi birikimi için toplamışlardır (69).

Günümüzde de adli entomoloji alanında hala birçok çalışma yapılmaya devam edilmektedir. Toksikoloji ve genetik (70) gibi alanlarla da birleştirilip faili, ölüm nedenini ve ölüm zamanını araştırmada kullanılması adli entomolojinin önemini ortaya koymaktadır. Geliştirilmeye ve

araştırılmaya çok açık bir alan olmasının yanında adaletin sağlanması yolunda da yardımcı etkenlerden biridir (35).

Mart 2006'dan 2007 Martına kadar süren Ankara'da Beytepe Kampüsünde domuz karkasları kullanılarak yapılan çalışmaya göre 4 farklı Calliphoridae türü tespit edilmiştir. Tespit edilen türler içerisinde bu çalışmada da kullanılan tür olan *L.sericata*' da bulunmaktadır. Nisan ayının başından aynı yılın kasım ayının ortalarına kadar en düşük 8 °C, en yüksek ise 41 °C sıcaklıkta görüldüğü kaydedilmiştir. Bu çalışmada mevsimsel anlamda karkaslar üzerinde en uzun süre görülen tür olması nedeniyle *L.sericata*, adli entomolojide kullanılması güvenilir türlerden biri olabileceği belirtilmiştir (58).

T.C. İstanbul Üniversitesi Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü çatısı altında yapılan bazı adli entomoloji içerikli tezlere, 2009' da Biyolog Gülden Onur Kondakçı tarafından Doç. Dr. Hüseyin Çakan danışmanlığında yapılan "Adli Bilimlerde *Lucilia sericata* larvalarının kullanımı" yüksek lisans tezi (71) , 2009' da Biyolog Perihan Yuca tarafından Doç. Dr. Erdal Polat danışmanlığında "İstanbul, Pendik İlçesi Akfırat Beldesinde Adli Entomoloji'de Kullanılan Sinek Türlerinin Belirlenmesi" yüksek lisans tezi (72), 2019'da Uzman Biyolog Selda Darı tarafından Doç. Dr. Hüseyin Çakan danışmanlığında yapılan "Adli Bilimlerde *Lucilia sericata* larvalarının Entomotoksikolojik Çalışmalarda Kullanılması" doktora tezini (73) örnek olarak verebilir.

2.3.2 Adli entomolojide kullanılan böcekler

Cesede doğru genelde ilk Diptera daha sonra takiben Coleoptera üyeleri gelirler. Diptera, sinekler olarak bilinen geniş yayılım alanlı kalabalık böcek takımlarından biridir. Ceset çürüme boyunca her aşama da farklı böcek gruplarını çeker ve böcekler süksesyona halinde gelirler (1). Cesede ilk aşamada ulaşan böcekler genellikle Calliphoridae, Sarcophagidea, Muscidae familyalarıdır (54). Ek olarak Diptera'dan Drosophilidae, Fanniidae, Phoridae, Piophilinidae familyaları da gelenler arasındadır (6). Bu tezde çalışılan *Lucilia sericata* cesede ilk ulaşan

sineklerden olan Calliphoridae familyasındandır. Bu sineklerin larvaları adli entomoloji için ÖZT hesaplamasında büyük önem taşımaktadır (1, 34). Diptera ile taze aşamadan itibaren Coleopteralarda cesede gelirler. Coleoptera takımı yayılımı ve tür çeşitliliği açısından geniş yelpazeye sahiptir. Farklı çevre koşullarında yaşamaya adapte olan birçok farklı habitatta karşımıza çıkan Coleoptera takımındaki böcekleri, ön kanatlarının özelleşmesiyle elitra adı verilen zar kanatlarını korumak ev uçuşu kolaylaştırıcı yapıyla diğer böceklerden ayrılabilir (74). Coleoptera ordosundan cesede ilgi gösteren familyalara örnek verecek olursak, Dermestidler normalde depo, halı, müze zararlısı ve ekonomik açıdan zararlı olarak bilinirler. Cesede ileri çürüme aşamalarında dahil olurlar ve kemiklere kadar bütün dokuyu tüketebilirler. Ceset ile beslenen Coleopteralar'a örnekler ise Silphidae, Staphylinidae, Cleridae, Histeridae, Carabidae, Scarabidae familyası üyeleridir (46, 75). Dekompozisyon sürecinin çeşitli dönemlerinde görülebilirler (74). Hamam böcekleri ve karıncaların deri yanığı ya da yara gibi iz bırakabilen vaka raporlarında adı geçen böcekler arasındadır (41, 55). Akarlar da cesedin altında kendine yer edinen başka bir böcek grubudur cesede gelişleri 2-3 yılı bulabilir kalan organik sıvıları tüketerek bu sürece dahil olurlar (1). Diptera ve Coleoptera'ya ek olarak Lepidoptera ve Hymenoptera türleriyle de karşılaşmaktadır (1, 6).

Bahsedilen böcek gruplarından ülkemizde görünenlerden birkaçı seçilip genel olarak takım ve familya bazında ele alınmıştır. Cesedin bulunduğu habitat, coğrafik konum, toprağın ve havanın nem miktarı, kapalı yahut açık alanda oluşu, mevsim gibi birçok etken cesede gelen böceklerin türlerinde ve geliş aşamalarında farklılık yaratmaktadır (76).

Olay yerinde ve otopsi sırasında ceset üzerinden, içinden veya altından numune toplarken dikkatli olunmalı ve protokollere uygun şekilde gerçekleştirilmelidir (40). Ceset dekompoze olma sürecinde geçirdiği değişikliklere bağlı olarak gelen böceklerde çeşitlenip değişecektir. Coleoptera takımı yani kınkanatlı böcekler de bu süreçte cesetten beslenmeye başlarlar. Fakat bu böcekler diğer larvaların predatörü olabilmektedir. Örneğin kınkanatlılardan

Staphylinidaeler, Silphidaeler ve bazı Hymenoptera takımı üyelerinden olan Vespidaeler ceset üzerindeki Calliphoridae larvalarını tüketebilirler (54). Bu sebeple olay yerinde entomolojik numuneler toplanırken bazı türlerin predatörlüğü göz önüne alınmalı hatta aynı türlerde kannibalizm görülebileceği için farklı gelişim evrelerindeki numunelerin ayrı ayrı toplanması dikkat edilmesi gereken hususlar arasında yer almaktadır.

Bu yüzden toplanırken ayrı kaplara doğru şekillerde alınmaları önemlidir. Ayrı kapların yanında ÖZT yapabilmesi için alınan numunelerin biyolojik saatleri durdurulmalıdır. Bunun anlamı doğru prosedürlerle örnekleri fikse etmektir. Tür tayinini kolaylaştırmak hem de ÖZT'nin sağlanmasını yapabilmek için eğer yeterli miktarda numune toplama imkanı varsa canlı örnek de alınmalıdır (77). Eğer vücut üzerinde travma varsa böcekler o bölgede olacaktır. Bunun dışında ağız, burun, göz, vajinal ve anal bölgelerde buldukları kayıt altına alınmıştır (76). Bazı böceklerin ceset üzerinde delikler açtığı yumurtalarını sakladığı gibi bazı böcekler ise cesedin yakınlarındaki toprak içine yumurtalarını gömerler. Bu sebeple böcekler sadece ceset üzerinde değil içerisinde, altında ve çevresinde aranmalıdır. Toplayan ekibin bu konuda yetkin ve bilgi sahibi olması, delil olabilecek bulguları doğru yöntemlerle toplayıp laboratuvara iletmesi büyük önem taşımaktadır.

2.4 Ölüm Sonrası Zaman Hesaplaması

Ölüm: canlının dolaşım, solunum ve sinir sistemleri gibi temel vücut fonksiyonlarının geri döndürülemez bir şekilde sonlanması anlamına gelmektedir (78).

Ölüm sonrası zaman aralığı maktulün ölümünden bulunmasına kadar geçen süre olarak hesaplanır (3, 79). Ölüm sonrası zaman aralığının doğru tahmini, adli vakalarda büyük önem arz eder. ÖZT hesaplaması yaparken birçok etkeni göz önünde bulundurmak gerekir (54). ÖZT hesaplarken bilinen yöntemler genelde öldükten sonra kısa sürede bulunan cesetlerde kullanılabilen yöntemlerdir. Ölümün üzerinden belli bir zaman geçtikten sonra bu yöntemler yetersiz kalabilir (35).

Ölüm zamanını hesaplarlarken tıpta bazı yöntemlerden yararlanılır. Vücut sıcaklığı (*algor mortis*) ilk 24 saatte kullanılabilir. Ölüm katılığı (*rigor mortis*) 3-5 saate başlayıp 10-15 saate belirginleşir. 72 saat kadar sonra ise dağılır. Ölüm morluğu (*livor mortis*) ilk 3-5 saate başlamasının ardından 8-10 saate yaygınlaşır (79, 80). Oluşan morlukların durumuna göre bedenin şekli ve taşınıp taşınmadığının anlaşılmasında kullanılabilir. Bunun dışında serum, beyin omurilik sıvısı, vitröz humor, sinoviyal sıvı ve dokulardan glikoz, pH, laktat, ATP, Mg, K gibi biyokimyasal belirteçlerden yararlanılarak ölüm sonrası zaman tahmini yapılabilir (81-83).

Dekompozisyon süreci birkaç aşama olarak değerlendirmekle birlikte çeşitli etkenlerden dolayı aşamaların süreci zaman bakımından farklılık göstermektedir. Bu aşamaları Reed (1958), taze-şişme- çürüme- kuruma evresi şeklinde 4 evrede tanımlamıştır (84). Payne (1965), taze-şişme-aktif çürüme-ileri çürüme- kuru- artık evre olarak 6 evrede tanımlamıştır (85). Galloway ve arkadaşları (1989), taze-erken çürüme-ileri çürüme-iskeletleşme-iskeletin çürümesi evresi olarak 5 evrede tanımlamıştır (86).

Sucul dekompozisyon süreci hakkında hala çok fazla bilgi bulunmamakla birlikte karada olduğu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak çürüme aşamaları değişmektedir. Payne ve King, taze batma-erken yüzme-yüzerken çürüme-şişerek bozunma-yüzen kalıntılar-batan kalıntılar aşamaları şeklinde 6 evre olarak belirlemişlerdir. Adli anlamda sucul faunaya örnek olarak Ephemeroptera, Trichoptera ve Diptera takımlarını örnek verilebilir (87). 2001 yılında Merrit ve Wallece sucul habitatlarda karada olduğu gibi farklı süksesyonel dalgaları açıklayan bir kalıp olmadığını söylemişlerdir (87).

Beden ağırlığı, bedenin yağ oranı, cesedin kıyafetli olması gibi cesede bağlı etkenlerle birlikte buldukları coğrafi bölgelerin özellikleri ve çevresel etkenler çok önemlidir (76). Toprağın kuruluk- nemlilik oranı, pH oranı, topraktaki mineral miktarı ve böcekler dekompozisyonun hızını dolayısıyla zamanını değiştiren etkenlerdendir. Postmortem değişikliklere daha fazla

örnek olarak sabunlaşma, mumyalaşma ve salamurlaşma da verilebilir (54). Çok yağlı cesetlerde bazen çürüme gözlenmeyebilir. Vücuttaki yağ dokusunun hidrolizi ve hidrojenasyonu sonucu adiposire dönüşmesiyle ceset bölgesel olarak ya da bütün olarak sabunlaşabilir (54, 88). Çöllerdeki gibi çok sıcak havada ve kuru toprak şartlarında doku ve organlar su kaybederek kurduğu için mumyalaşma görülür (54).

Bahsedilen tüm öğelerle birlikte sıcaklık beden üzerinde en çok etki yaratan değişkenlerdendir. Ölüm gerçekleşikten sonra belirli bir süre daha vücuttaki enzimler ve bakteriler hala canlı kalmaya dolayısıyla aktivitelerine devam eder. Bağırsaklarda bulunan aerobik bakteriler hala bulunan oksijeni kullanarak reaksiyonlarına devam eder (89). Oksijen tükendikten sonra anaerobik bakteriler aktifleşirler. Böylelikle biriken gazlar dolayısıyla vücut özellikle karın bölgesinden şişer ve gerginleşir. Bunlar cesedin dekompozisyonunda taze ve şişme aşamasında meydana gelir (90). Sıcaklık arttıkça bakteriler için optimum sıcaklıkta en yüksek performansında olacakları için çürümeyi hızlandırır (90). Tam tersi soğuk hava koşullarında ise bu aktivite ve reaksiyonlar azalacağı için dekompozisyon süreci yavaşlar.

2.5. Adli Entomotoksikoloji

Entomotoksikoloji çeşitli toksikolojik analiz yöntemleri aracılığıyla ceset ile beslenen bu böceklerin, maktulün vücudundaki yabancı maddeleri tespit etmeyi amaçlar (10, 91, 92). Kan, organ, saç gibi herhangi kullanılabilir doku bulunmasının mümkün olmadığı koşullarda tıpta tercih edilen geleneksel yöntemler (otopsi, patoloji) kullanılamayacak kadar zaman geçtiğinde böcekler yardımıyla maktulün ne gibi bir toksik maddeye maruz kaldığı bulunabilir (10). Adli entomotoksikoloji ile cesetten beslenen böceklerin sindirimiyle vücutlarında biriken toksik maddelerin tespiti yapılabilmektedir (92). Larvalar, pupalar, boş pupa kabukları, erişkinler, kın kanatlıların fekal materyalleri ve deri döküntüleri kullanılabilir (93). Maddelerin tespitinin yanında ÖZT hesaplaması yapılırken bu ve bunlar gibi toksik maddelere çok dikkat edilmelidir. Böceklerin ceset üzerindeki kolonizasyonlaşmaları, böceklerin süksesyon dalga kalıpları

üzerinde etkileri birbirlerinden farklıdır. Kadavrada bulunan antidepresanlar, pestisidler, uyuşturucu- uyarıcı vb. maddeler, nekrofaj böceklerinin kadavradan beslenmesiyle vücutlarında birikimleri sonucu larvaların gelişimlerini de farklı etkiler. Adli Entomotoksikoloji çalışmalarında larva, pupa, pupa kılıfları, exuvyaller, fekal atıkları ve erişkinleri kullanılarak yapılan çeşitli toksikolojik analizler ile tespit edilenlere, trisiklik antidepresanlar, bromezapam, lorazepam, levomaptopromazin, diazepam, nordiazepam, hidrokortizonlar, sodyummetohekzital, asetilsalisilik asit, parasetamol, amitriptilin, morfin, metadon, tramadol, kodein, eroin, metamfetamin, MDMA ve metabolitleri, arsenik, kadmiyum, talyum, cıva, kurşun, antimon, baryum, bakır, demir, çinko, kalsiyum cıva, malathion, parathion, dimetoat gibi; antidepresanlar, barbitüratlar, benzodiazepinler, fenotiyazin, kannobinoidler gibi çeşitli uyuşturucu uyarıcılar, opiatlar, metaller ve pestisitler örnek verilebilir (36, 94-103).

ÖZT'ne etki ettiği tespit edilen toksik maddelere örnek olarak da kokain ve eroin larvaları ÖZT hesaplama süresini kısaltırken, malathion uzatmaktadır (6). Lorazepam, gelişimi ergin hale gelene kadar olan süreci hızlandırmakla birlikte dozaj arttırıldıkça mortalite de artmıştır (103). Bunların dışında morfin, metamfetamin de süreci hızlandırırken metilendioksimetamfetamin yavaşlatmaktadır (96). Benzodiazepin, *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya putoria* larvalarının gelişimini kontrol larvalarına göre açıkça hızlandırmıştır (104). Bahsedilen yabancı maddelerin yanında analiz sonuçlarını değerlendirirken maddelerin larvaların sindirimi sonucu metabolitlerine dönüşebileceğini göz ardı etmemek gerekir (98). Kimi zaman bazı toksik maddelerin farklı türlerde farklı etki yarattığı da bilinmektedir. Bazıları ise gelişimsel ya da letal anlamda bir etki yaratmayabilir. Bu ortamda o maddelerin olmadığı anlamına gelmez. ÖZT'ye etkisi her zaman göz önünde bulundurulmalıdır (105).

Normalde de sinekler hem besine ulaşma kolaylığı hem de bıraktığı bir sonraki neslin predatörler ve çevresel koşullardan ötürü güvenliğini sağlamak amacıyla cesetlerin üzerinde

göz, burun, vajina, anüs gibi doğal boşlukların yanında mermi girişlerine, özellikle açık yaraların bulunduğu bölgeleri tercih ettikleri gözlenmiştir (4, 38). Maktul öldükten hemen sonra, tüm dekompozisyon süreci boyunca farklı aşamalarda gelen ve cesetten beslenen böcekler, dokularda bulunan toksik maddeleri sistemlerine alırlar (10, 39). Böcekler protokole uygun toplandıktan ve laboratuvara getirildikten sonra toksik madde/maddelerin belirlenmesi için homojenize edilirler ve aranan maddeye uygun olarak gaz kromatografisi (GC), yüksek basınçlı sıvı kromatografisi/kütle spektrometresi (HPLC/MS), İnce tabaka kromatografisi (TLC), Gaz kromatografisi/ kütle spektrometrisi (GC/MS), radyoimmünassay (RIA), indüktif eşleşmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP-MS), alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (FAAS), nötron aktivasyon analizi (NAA), atomik emisyon spektroskopisi (AES) ve Katı faz ekstraksiyonu (SPE) analiz yöntemlerinden seçilir (6, 36, 93).

Literatürde birçok olumlu çalışma olmasına rağmen Tracqui ve arkadaşları birçok toksik madde, böcekler ile tespit edilebilir olsa bile yetersiz ve güvenilmez olduğunu söylemişlerdir (97).

2.5.1 Adli Entomotoksikoloji Çalışmaları

1970'li yıllarda Sohol ve Lamb'ın *Musca domestica* erişkinlerinin dokularında, bakır, demir, çinko, kalsiyum gibi metallerin birikimine dair ilk raporu yayınlamışlardır (106, 107).

Beyer ve arkadaşları, 1980'de barbitüratlarla intihar eden ve iskeletleşme başında olan bir vaka raporunda fenobarbitalin tespit etmişlerdir. Bundan sonra da ilaçlar uyuşturucular, psikoaktif maddeler üzerine araştırmalar yapmışlardır (93).

1982'de Nuorteva kontrollü cıva miktarı yaptığı deneyiyle balık karkası üzerinden beslenen Coleoptera ergin türlerinde, Diptera türlerinin larva pupa ve erişkin formlarında cıvanın birikimini tespit etmiştir (108). 1982' de Nuorteva ve Nuorteva Finlandiya'da maktulden beslenen böcekler ve alandaki cıva kirlenme miktarı farkının tespiti sayesinde polisi doğru yönlendirip davanın çözümüne ulaştırmışlardır (6).

1985 yılında bir vaka raporunda Leclercq ve Brahy Diptera ailelerinden Piophilidae, Psychocidae ve Fannidae' den arsenik tespit etmişlerdir (10, 93).

Goff ve arkadaşları kokainin (1989) ve eroinin (1991) nekrofaj böceklerin gelişimleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ölümcül dozda kokain veya eroin ile öldürülen tavşanın karaciğer ve dalağı ile beslenen *Boetterisca peregrina* (*Sarcophagidae*) larvalarının daha hızlı geliştiklerini kaydetmişler (6).

Gunatilake ve Goff 1989'da bir pestisit ile intihar vakasında en son 8 gün önce canlı görülmesine rağmen *Chrysoma rufifacies* ve *Chrysoma megacephala* türleri ile ÖZT'ı 5 gün olarak hesaplanmış bir vakada malathion tespit edilmiş olup larvaların kolonizasyonu yavaşlattığı sonucuna varılmıştır (6, 10, 93).

1990 Kintz ve arkadaşları ölümünden 67 gün geçmiş kadavrada benzodiazepine, barbitürat ve trisiklik antidepresan tespit edilmiştir. Diptera larvalarının, kadavra dokularından analizlerine göre daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (6).

Miller ve arkadaşları 1994 yılında boş Phoridae pupalarından, Dermestid deri kalıntılarında ve dışkılarından ilaçlar tespit edilmiştir (6).

1996'nın Mayıs ayında Norveç'te ormanda ölü bulunan patolojik analizlerinde vücudunda ilaç bulunan kısmı mumyalaşmış halde dekompoze olmuş bir kadın cesedi bulunmuştur. Cesedin göz, ağız ve vücudun iç bölgesinde Calliphorida yumurtaları, bilinmeyen sinek larvaları ve Staphylinidler toplanmıştır. Larvaların bir çoğu 2. Evrede ve ölü olduğu görülmüştür. Bunun sebeplerinin ekstrem sıcaklık, karbondioksit fazlalığı sebepleri ile alakalı olabileceği öne sürülmüştür (109).

Goff ve arkadaşları 1997 yılında Diptera larvalarından ve pupalarından antidepresan tespit etmişlerdir (6).

Bourel ve arkadaşları (1999), morfinin *L. sericata* üzerinden ÖZT hesaplamaları yapılırken dikkate alınmazsa yanlış hesaplanabileceğini, *L. sericata*'nın gelişimini yavaşlattığını

söylemişlerdir (66). Bourel ve arkadaşları, *Lucilia sericata* ve *Dermestes frischii* türleri ile RIA analiz yöntemleri ile morfin tespiti yapmışlardır. Pupalarda yüksek oranda bulduklarını fakat yine de düşük konsantrasyon olduğunu, GC-MS'in RIA'dan daha etkili olacağı sonucuna varmışlardır (110).

Tayvan'da bir kadın kayıp olduğu bildirildikten 2 gün sonra bıçaklanmış ve yakılmış halde ölü bulunmuştur. Cesetten toplanan *Chrysomya megacephala* larvaları ile ÖZT tespiti yapılmıştır.

Yapılan DNA analizi ve diğer analizlerle de yakın sonuç verdiği kaydedilmiştir (111).

O'Brian ve Turner (2004) nekrofaj böceklerin toksik maddelerin sindirimiyle gelişimlerinin etkilendiğini kaydetmişlerdir (6).

Chrysomya megacephala türünde malathion etkilerinin incelendiği çalışmalarda ÖZT hesaplamasında mutlaka göz önünde tutulması gerektiğini belirtmişlerdir. Ölüm nedeni olarak tercih edilen bir madde olmasından dolayı toksikolojik analizinde tespit edilebilir olması da önemlidir. Farklı konsantrasyonlarda malathion ile kontaminasyonun etkilerinin farklı olmasına sebep olabileceğine ulaşılmış; sıcaklık, dozaj ve çevresel faktörlerinde malathion birikimini etkileyeceği sonucuna varmışlardır (96, 112).

Talyum *L. sericata*'nın larval gelişimi için negatif etki yaratmıştır (100). Kadmiyumun ise 1993 (113) ve 2017 (114) yılındaki çalışmalar gelişimini etkilediğini söylerken 1992 (115), 1996 (116), 2004 (117), 2009 (118), 2020 (100) yılındakiler ise etkilemediğini söylemektedir.

Magni ve arkadaşları, *Calliphora vomitera* türü ile GC-MS analiz yöntemini kullanarak metamfetaminin (119) tespit edilebildiğini ve dozajına bağlı etkileri olduğunu, nikotinin de (120) ise tespit edilebilir olmasıyla birlikte pupa döneminde maruz kalanların öldüğünü ve gelişimsel olarak etkilenmeseler bile larva ve pupa boylarının daha kısa olduğunu kaydetmiştir. 2018 yılında HPLC-MS/MS analiz yöntemi ile *C.vomitera*'da ketamin detekte etmişlerdir. Gelişimlerini geciktirmesinin yanında kontrol larvalarına göre daha geniş ve uzun yapılı larva ve pupalar olarak gözlemlenmiştir (121).

Trivia ve arkadaşları kemoterapötik ilaçlar ile yaptıkları çalışmada böcekler için lethal olmasa bile gelişimlerini etkileyebileceğini ve kalitatif ve kantitatif tespit edilebilirliğini ortaya koymuşlardır (122).

Benzodiazepinlerle yapılan bir çalışmada farklı türlerde farklı etkilere sebep olacağı görülmüştür. *Lucilia sericata* ve *Lucilia silvarum*'un gelişimleri yavaşlarken *Chrysomya albiceps*'in gelişimi hızlanmıştır (123).

2021 yılında Bessa ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Pb, *Lucilia cuprina*' da tespit edilebilirliğinin yanında gelişiminin de etkilenebileceğini ÖZT tahmininde göz önünde tutulması gerektiğini belirtmişlerdir (124).

2.5.2 Adli Entomotoksikolojide Ateşli Silah Atış Artıklarının Yeri

Her yaralanmanın bıraktığı iz farklı özelliklere sahiptir. Ateşli silah kullanılarak gerçekleştirilen yaralanmalarda cesedin durumu, kullanılan silahın tipine, merminin tipine, atış mesafesine, atış yapılan konuma, yaranın konumuna, gömülmüş- yakılmış olmasına göre değişir. Bu etkenler sebebiyle dekompozisyon şeklini ve sürecini dolayısıyla böceklerin kolonizasyonunu ve gelme kalıplarını etkiler (125).

2010 yılında Berryman ve arkadaşları Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) ile domuz kemiklerinde ASAA tespit etmişlerdir (126).

2011 yılında Udey ve arkadaşları gömlekli ve gömleksiz olmak üzere farklı mermi tipleri üzerine yaptıkları çalışma sonuçlarına göre çalıştıkları mermi tiplerin birbirlerinden farklarının tespit edilebilir olduğunu kaydetmişlerdir (127).

2012 yılında Taborelli ve arkadaşları SEM-EDX ile dekompozisyon sonrası iskeletleşmiş kemikler üzerinden ASAA çalışması yapmışlardır (128).

Adli entomoloji anlamında yapılan ASAA çalışmaları aşağıda sıralanmıştır.

Ateşli silah atış artıkları 2003 yılında Roeterdink ve arkadaşları 50 cm mesafeden *Calliphora dubia* ile ASAA çalışmaları yapmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucu kontrol etiyile atış artıkları

arasında belirgin bir fark olduğunu (Sb hariç) Ba değerinin ekstra yüksek olarak bulduklarını kaydetmişlerdir. Larvaların beslenme süresi arttıkça larvalarda tespit edilen Sb ve Pb değerlerinin azaldığını, Ba' nın ise sabit kaldığını tespit etmişlerdir (5).

2010 yılında LaGoo ve arkadaşları domuz dokuları üzerinden *L. sericata* ile 37 günlük ve 60 günlük örnekleme çalışması yapmışlardır. Çalışmalarının sonunda ASAA tespitinde dekompozisyon aşamasının, ölüm zamanından daha belirleyici olduğu sonucuna varmışlardır (125).

2012 yılında Rashid ve arkadaşları *C. megacephala* ile ASAA çalışması yapmıştır. ICP-OES analiz yöntemi kullandıkları çalışmada Ba ve Pb tespit etmişlerdir. Ba'un konsantrasyonu Pb'a göre daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir. Ayrıca larvaların gelişimini yaklaşık 12 saate kadar geciktirebileceğini söylemişlerdir (129).

2015 yılında Motta ve arkadaşlarının yayınladığı bir araştırma makalesinde İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES) ile *Chrysoma albiceps* larvalarıyla çalışılmıştır. En yüksek konsantrasyonlarda Pb, sonra Ba ve Sb bulunmuştur (130).

2020 yılında Brezilya'da 2 farklı olay yerinden alınmış örneklerle bir olgu raporu sunulmuştur. 2 olay yerindeki cesetler, dekompozisyonlarının ileri çürüme aşamasında ve iskeletleşme aşamasında bulunmuştur. Cesetlerin çevresinden ve altından toprak örnekleri alınmıştır. Larva ve pupa numuneleri toplanıp çalışılmıştır. Gömülmüş olan 1. vakada toprakta Sb, Ba, Pb daha fazla tespit edilmiş, ateşli silah kullanıldığına kanaat getirilmiştir (131).

2.6. *Lucilia sericata*

2.6.1. Taksonomi' de *Lucilia sericata*' nın Yeri

Lucilia sericata (Meigen, 1826), çift kanatlılar anlamına gelen Diptera takımının Calliphoridae ailesinden olan *Lucilia* cinsinin bir sinek türüdür.

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Class: İsecta

Order:Diptera

Family: Calliphoridae

Genus: Lucilia

Species: *Lucilia sericata* (Meigen, 1826)

Sinonimleri: *Phanicia sericata* (Meigen, 1826)

Musca sericata (Meigen, 1826)

Lucilia barberi (Townsend, 1908)

Lucilia giraulti (Townsend, 1908)

Lucilia sayi (Jaennicke, 1867) (34, 132)

2.6.2. *Lucila sericata*'nın önemi

Yumurtaları donuk beyazımsı kimi zaman sarı renktedir ve uzun uçlara doğru ovalleşen görünümlü olup boyları yaklaşık 1 mm'dir (34) (Şekil 1 ve 2). *L. sericata*'lar yumurtalarını kümeler halinde bırakırlar (Şekil 1). Larvalar üç evre geçirirler ve bütün evrelerde konik yapıdırlar (34). Larvaların posteriorlerinde bulunan yarıklar, larvaların kaçınıcı evrede buldukları işaret eder (133). 1.Dönem larvalar solgun beyaz renkte yaklaşık 3 mm uzunlukta olan larvaların 12 adet segmentleri vardır. Segmentler hafif dikenlerle kaplıdır (134). Ağız parçaları henüz bulunmaz. Posterior yarıkları "U" şeklindedir. 2. Dönem larvaların beslenmesi için ağız çengelleri gelişmiştir. Boyları yaklaşık 4 ile 7 mm arasındadır (133). Posterior spiracleları iki yarıklıdır (Şekil 3 a, b). 3. evrede de mikroskop ile bakıldığında posteriodaki yarıkların 3 tane olduğu görülür (Şekil 4). Peritemin kapalı olması tür tayininde kullanılır (134) (Şekil 4). Cephaloskelotonun yanında bulunan anterior spiracle'ın çıkıntı sayıları da yine tür tayininde önemlidir (Şekil 5). Pupaları, kiremit kızıl- kahve rengindedir (Şekil 6). Larva evresinden sonra kısalır, dış kısmı sertleşir ve kalınlaşır (34). Fıçı şekilli gözlemlenirler (Şekil

6). Erginleri parlak metalik bakır-yeşil renge görünürler (132) (Şekil 8). *L.sericata* dünya çapında geniş yayılım alanına sahip bir türdür (135).

Lucilia sericata, doğal şartlarında 16-21 gün arasında gelişim döngülerini tamamlar (133). Laboratuvarında optimum şartlarda yumurtalar 10-18 saat içinde 2 dönem larva evresinde gözlenebilir (58). Takiben 1-2 gün içerisinde de 3. evre olan larvalar beslenmeye devam edip pupalaşmak için göç ederler (133). 6-8 gün içinde erginler çıkarlar (133). İlk çıktıklarında daha hareketsiz olan erişkinler metalik yeşil- parlak bakır renginden önce grimsi renktedirler (132). Tür ayrımı yapılırken böceklerin üzerindeki kılların diziliminden yararlanılır (135). Laboratuvarında *L. sericata*'yı diğer türlerden ayırırken öncelikli olarak boyutları ve renklerine göre değerlendirilir. Yeşil-bakır metalik rengi ve büyüklüğü nedeniyle birçok türden kolayca ayrılır (Şekil 9, 10). *L. sericata* ve *Lucilia cuprina* renklerinin benzerliği sebebiyle ilk bakışta benzese de *L.sericata* thoraksındaki 3 tane olan akrostikal kıl ile *Lucila cuprina*'dan ayrılabilir (136).Yine fronstan bakıldığında erkeklerde ilk flagellomere'inin genişliğinden *Lucilia thatuna* ile ayrımı yapılabilir (Şekil 7). *L. sericata* türünde *Cocliomyia macellaria*'nın aksine kökteki subcostal sklerit'de iç tarafında kıl bulunmaz (Şekil 11). Bir diğer ayırt edici özelliği ise 3. Dönem larvalarında posterior spiraclelarına bakıldığında peritem tam kapalıdır. *L.sericata* larvalarında papillalar arası uzaklık birbiri ile benzer aralıktadır. Larvanın abdominal segmentlerinde etli çıkıntılara sahip olmamalarıyla *Chrysomya albiceps*'ten ayrılır. Oral skleritlerine bakıldığında bütün olarak skleritleşmemiş haldedir. Toraksik segmentlerin üzerlerinde bulunan dikenler küçük ve benzer boyutlardadır ve dikenler genelde tırtıksızdır (134). Bahsedilen şekiller aşağıda gösterilmiştir.

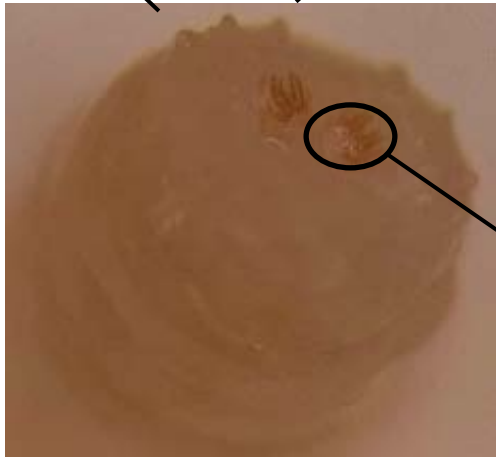


Şekil 1. Laboratuvardan alınan, *L. sericata* erişkinlerinin karaciğer üzerine bıraktıkları yumurtalar



Şekil 2. *L. sericata* yumurtası

Orta Papilla (P2)
Dış Papilla (P3) İç papilla (P1)



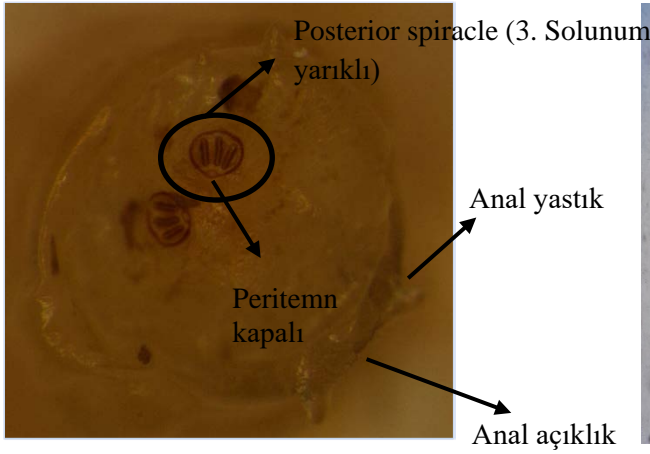
a.



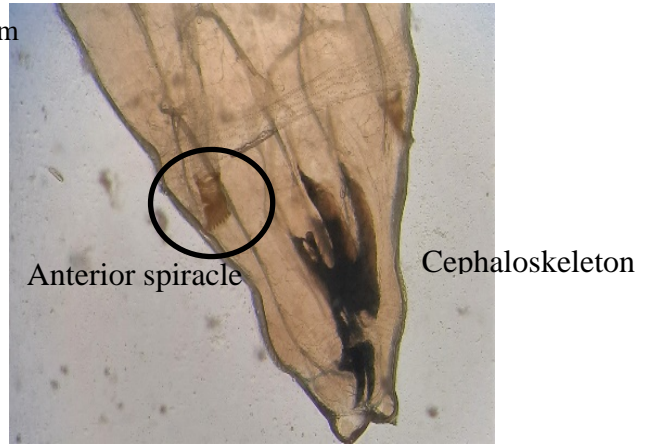
b.

Posterior spirical(2.evre)

Şekil 3. (a,b) *L. sericata* 2. dönem larvası posterior görüntüsü



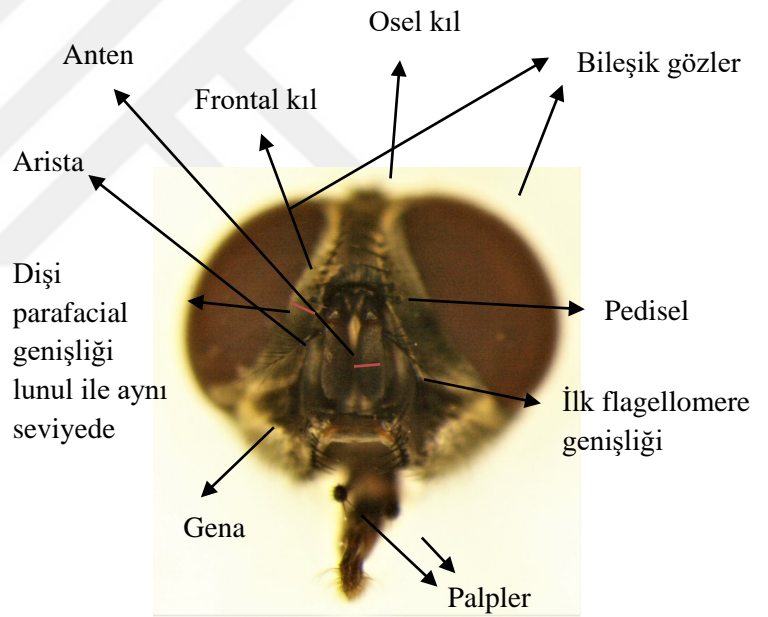
Şekil 4. *L. sericata* 3. dönem larvası



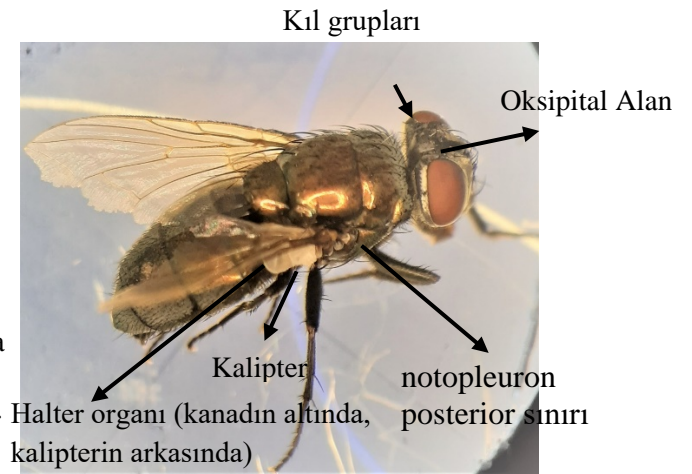
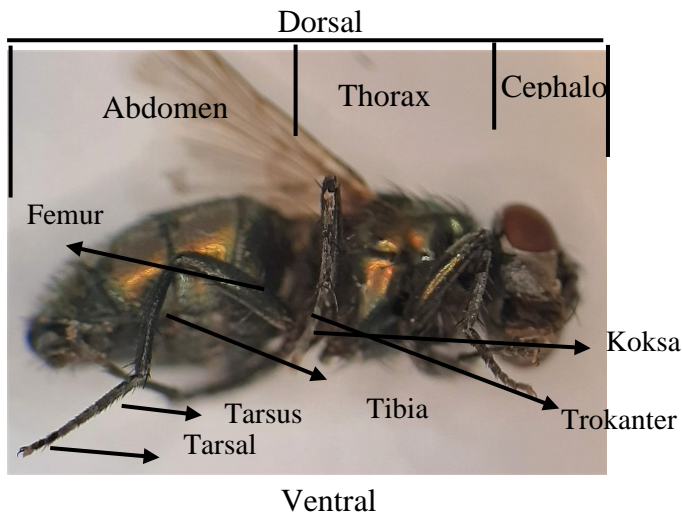
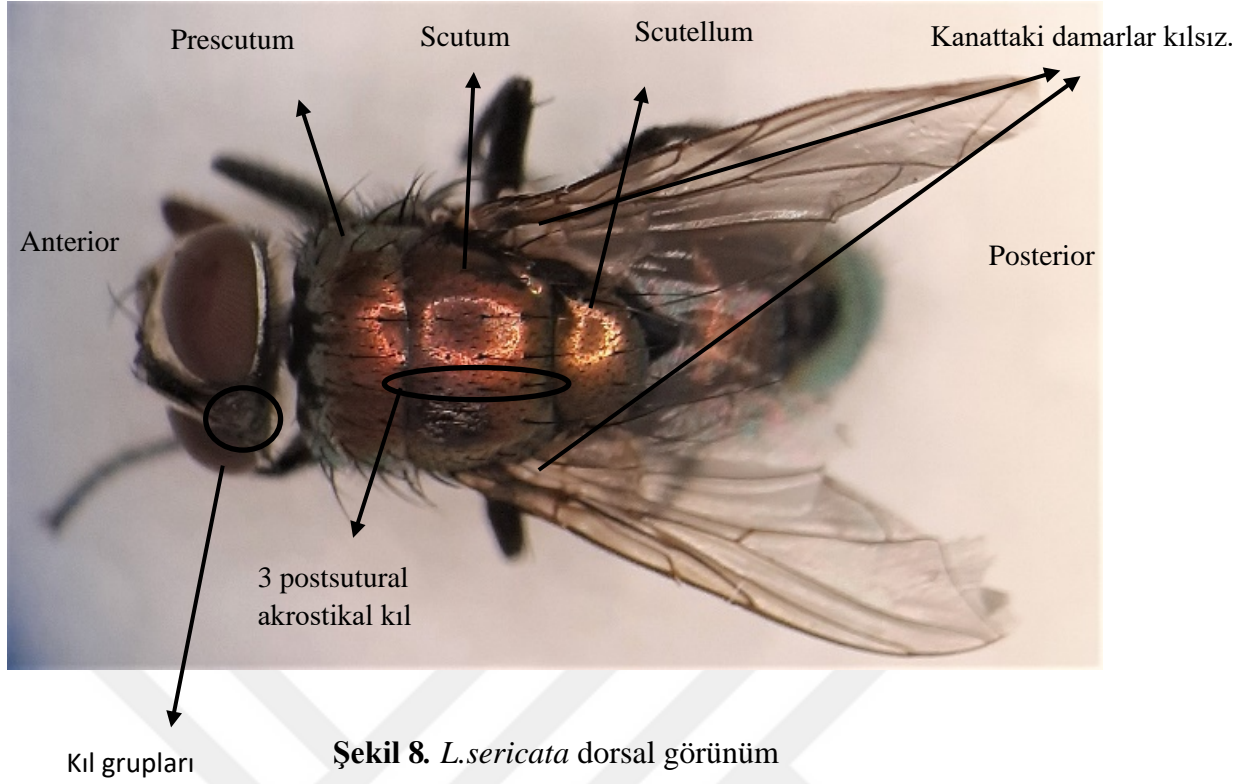
Şekil 5. *L. sericata* larvasında anterior spiracles ve cephaloskeleton

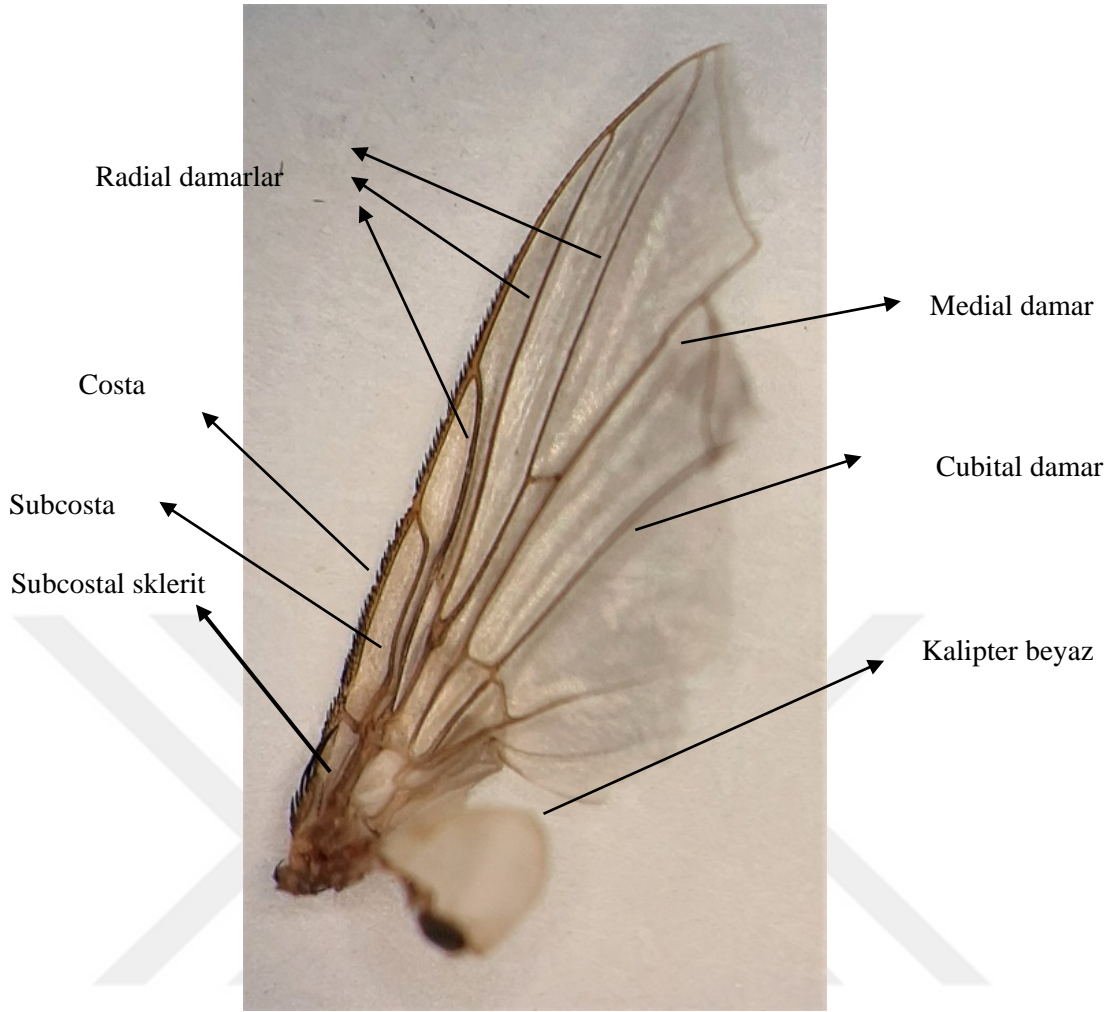


Şekil 6. *L. sericata* pupası



Şekil 7. *L. sericata* kafa (anterior görünüm)





Şekil 11. *L. sericata* kanadı ve damarları

Lucilia sericata'nın morfolojisi ve tür tanımı yaparken kullanılan özellikleri yukarıda Olympus SZX2-ZB10 mikroskobu ve Samsung A30s telefon kamerası ile çekilen fotoğraflarla gösterilmiştir.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Tasarımı

Yaptığımız çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü'ne bağlı Adli Mikrobiyoloji ve Adli Toksikoloji Laboratuvarları kullanılarak yürütüldü. Tez çalışmalarına BAP desteği ile (Ek-1) laboratuvar çalışmalarına 5 Ekim 2020 tarihinde başlanmış olup, 5 Şubat 2021 tarihinde sonlandı. *Lucilia sericata*, yumurta alımı İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin desteğiyle temin edildi (Ek-2). Atışlar ise özel bir poligonda yapıldı.

3.2.Kullanılan Ekipmanlar

Çalışma boyunca kullanılan tüm sarf malzeme ve ekipmanlar aşağıda marka ve modelleri ile Tablo I'de verilmiştir.

Tablo I. Deney boyunca kullanılan ekipmanlar

EKİPMAN ADI	MARKASI ve MODELİ
Tabanca	TİSAŞ
Mermi	9x19 mm Parabellum
ICP-MS	Thermo Scientific- X-SERIES 2
Mikroskop	Olympus CX41
	Olympus SZX2-ZB10
Fotoğraf Makinesi	Olympus E-330
	Samsung Galaxy A30s
Santrifüj Cihazı	Hettich Universal 320R
Çeker Ocak	Airstream ESCO Class II BSC
Buzdolabı	Arçelik
Hassas Terazı	Presica XB220A
Ultra Saf Su Cihazı	MilliQ Synthesis A10
Etüv	Nüve EN 500
Vorteks	Isolab
Thome Lamı	Isolab
Lam	Isolab
Pens	Isolab
50 mL Falkon Tüp	Isolab
15 mL Falkon Tüp	Isolab

Tablo I. (devam) Deney boyunca kullanılan ekipmanlar

EKİPMAN ADI	MARKASI ve MODELİ
Otomatik Pipet	Eppendorf (100 µL, 200 µL, 1000 µL, 5 mL, 10 mL)
Kumpas	Horex
Nitril Eldiven	Isolab
Tüp Sporları	Isolab

3.3. Kullanılan Kimyasallar

Deneyler boyunca kullanılan bütün kimyasallar sırasıyla kullanım amacı, markaları ile aşağıda

Tablo II' de verilmiştir.

Tablo II. Çalışmada kullanılan kimyasal malzemeler

KULLANIM AMACI	MARKA	STANDART/ÇÖZELTİ
Kalibrasyon Stok Çözeltileri	High-Purity Standards	Ba (1000 µg/mL in %2 HNO ₃)
		Sb (1000 µg/mL in %2 HNO ₃)
		Pb (1000 µg/mL in %2 HNO ₃)
İç Standart	Absolute Grade	In (1000 µg/mL in %2 HNO ₃)
		Ga (1000µg/mL in %2 HNO ₃)
Numune Hazırlama Çözeltisi (%2 Nitrik Asit)	Merck	Suprapure Nitrik Asit %65
Numune Hazırlama (Reaksiyon Hızlandırıcı)	Merck	Hidrojen Peroksit %30

3.4. ICP-MS Sistemi Analiz Parametreleri

ICP-MS sistemi kullanılarak yapılan çalışma numunelerimin analiz parametreleri aşağıda Tablo III' de verilmiştir.

Tablo III. ICP-MS sistemi analiz parametreleri

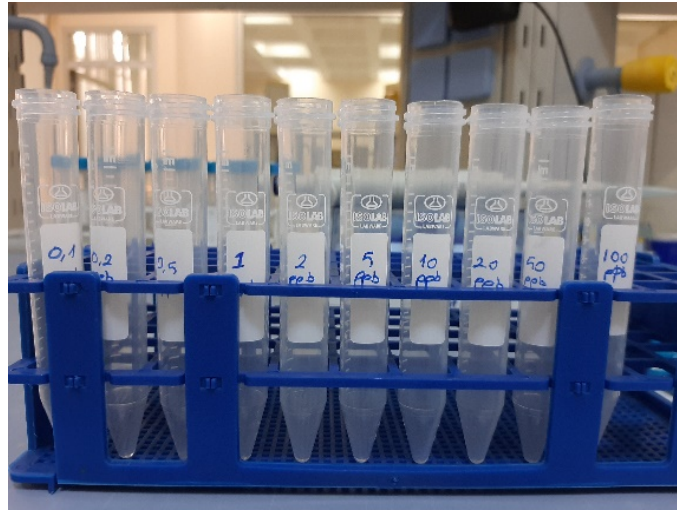
ICP-MS SİSTEMİ ANALİZ PARAMETRELERİ			
Nebulizer	Concentric nebulizer		
Mass Analizator	Pyrex, Conical, QD Drain		
	Quadruple		
RF Power	1350 W		
Ar gas flow rates	0,88		
Plasma coll	13		
Auxiliary	0,9		
Lens 1 Voltage	-1350		
Lens 2 Voltage	-83,9		
Lens 3 Voltage	-197,6		
Scanning mode	Peak jumping		
Dwell time	0,6 ms		
Sample Uptake rate	45 sn		
Isotopes	123 Sb	137 Ba	208 Pb

3.5. Validasyon çalışmaları

Kalibrasyon için sıvı haldeki Sb, Ba ve Pb elementlerinin her birinden 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 ng/mL' lik örnekler hazırlanıp analiz sistemine tanıtılmıştır. İç Standart olarak 1000 µg/mL In ve Ga kullanıldı. Bütün çalışma, sonuçların istikrarlı ve anlamlı verilere dönüştüğünü kanıtlamak için 7 kez tekrar edildi. Kalibrasyon çözeltileri (Şekil 12) Tablo IV' de aşağıda verilmiştir.

Tablo IV. Kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması

Konsantrasyon (ng/mL)	1 µg/mL (Sb, Ba,Pb) mix. kalibrasyon çözeltisi	2 µg/mL (In,Ga) iç standart çözeltisi	%2 HNO ₃
Blank	0	100 µL	10mL'ye kadar %2 HNO ₃ ile tamamlandı.
0,1	1µL		
0,2	2µL		
0,5	5µL		
1	10µL		
2	20µL		
5	50µL		
10	100µL		
20	200µL		
50	500µL		
100	1000µL		
150	1500µL		

**Şekil 12.** Sb, Ba ve Pb kalibrasyon çözeltileri

Microsoft Excel programı kullanarak hesaplanan verileri tablo haline dönüştürüldü. Blank ve atış artıklı örneklerin, 5, 10 ve 20 larva içeren örneklerin ayrı tabloları yapıp ortalamaları,

minimum maksimum değerleri, medyanı ve standart sapmaları alındı. Bağıl standart sapmaları hesaplandı. Microsoft Excel kullanılarak hazırlanan tablolara student's t-test uygulandı. %95 güven aralığı belirlendi ve $p < 0,05$ değerine göre istatistiksel anlamlılık değerlendirildi.

3.6. Deney Akışı

Bu deneyde gerçek vakalara daha yakın bir deney ortamı olması açısından işlem görmemiş dana eti kullanılmıştır. Özel kapalı bir poligonda yapılan deneme atışları sonrası etlerin parçalanma Őekillerine ve atış artığı dağılımlarına göre belirlenen yaklaşık ortalama 13x9x4 cm boyutlarında et parçaları kullanılarak yapılmıştır. Her deneyde bir blank de olmak üzere her atış sayısından 7 tekrar yapılmıştır. 30 cm olarak belirlenen yakın atış mesafesinden yapılan atışlar, MKEK yapımı 9x19 mm parabellum mermi kullanılarak TİSAŞ Kanuni marka tabanca ile gerçekleştirilmiştir. Atış yapıldıktan sonra kapatılıp etiketlenen kutular laboratuvara gtrlmştir. Laboratuvarda, etlerin atış artıklı tarafındaki mermi giriş deliklerine 300'er adet *Lucilia sericata* yumurtası yerleştirilmiştir. Bütün ekimi yapılmış besiyerleri eř zamanlı inkübasyona başlatılmıştır. Sıcaklıkları 28°C olarak belirlenip, aynı etüv içerisinde deney yapılmıştır. Yaklaşık 72 saat sonunda eř zamanlı durdurulmuştur. Deney poligon ve laboratuvar kısmı Şeklinde 2 aşamadan oluşmaktadır. Deneyin detaylı prosedürü aşağıdaki gibidir.

3.6.1. Etlerin temini ve uygunluğu

Kasaptan alınan dana eti kullanılmıştır. Etler ortalama 13x9x4 cm boyutlarında kullanılmıştır. Etlerin boyutlarına poligonda denenerek parçalanmaları, atış artığı dağılımlarına ve atış yapılabilme uygunluğu göz önüne alınarak yaklaşık en uygun ölçüde en-boy olduğu grlmştir. Etler toplu halde alındıktan sonra soğuk zincir ile getirilip -80 derecede muhafaza edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. -80 °C 'de saklanan etler

3.6.2. Poligon ve atış denemeleri

Atışı yapmak için TİSAŞ Kanuni marka kısa namlulu ve ülkemizde MKEK tarafından üretilen 9x19mm parabellum tipi mermiler kullanılmıştır (Şekil 14). Emniyet mandalı, iğne emniyeti ve horoz emniyeti emniyet sistemi olarak kullanılan tabancanın 15 şarjör kapasitesi vardır. Basit geri tepmeli ve yarı otomatik çalışma sistemine sahiptir. Atışlar poligondaki profesyonel eğitimciler tarafından yapılmıştır.



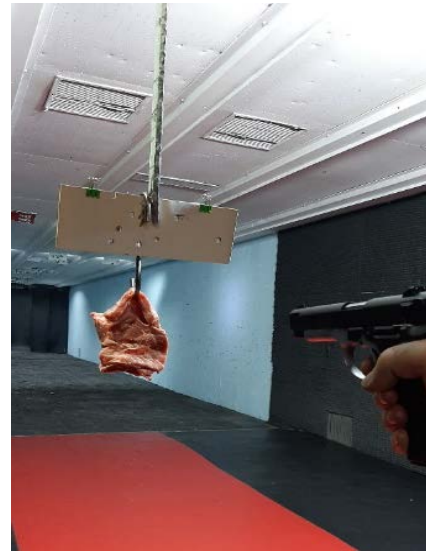
Şekil 14. Tabanca ve 9x19 mm mermi örneği

Etleri, poligonda atış yapıldıktan sonra taşımak için kapaklı 25x16x11 cm en boy ve derinlikli etüve girebilecek yapıda plastik kaplar kullanılmıştır (Şekil 15).

Her atış yapılacak günün öncesinde kullanılacak etler -80 °C'den alınarak normal oda sıcaklığına, atış yapılmasına hazır hale getirilmiştir. Etlerin boy ölçümleri yapılmıştır. Poligonda her bir et atışı engellemeyecek ve uygun olarak belirlenen üst noktadan delinerek kanca yardımıyla asılarak sabitlenmiştir (Şekil 16). Atış yapılacağı zaman etler tek tek paketinden çıkarıldıktan sonra kancaya takılıp ardından atış yapıp kutusuna koyulduktan sonra diğer ete geçilmiştir (Şekil 17). Tek tek yapılmasının sebebi kancadaki asılı ete ateş edildiği zaman etrafa saçılan atış artıklarının diğer etlere bulaşmasını önlemek amacıyla. Her haftanın deney planına göre etlere 30 cm uzaklıktan 1, 2 ve 3 atış yapılmıştır. Toplamda 7 et parçasına 1 atış, 7 et parçasına 2 atış, 7 et parçasına 3 atış yapılmıştır. Yapılan atış sayısına uygun olarak etiketlenen kutulara tek tek, atış artıklı ete dokunmadan yerleştirildikten sonra kapatılmıştır. Deneyin gelecek aşamaları için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarından yumurtaların temini yapılmıştır. İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Mikrobiyoloji Laboratuvarında ve Toksikoloji Laboratuvarında deneyin devamı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 15. Mesafe ölçümü yapmak için metre, tabanca, atış yapılmış etler



Şekil 16. 30 cm ayarlanmış atış yapılmak üzere kancaya takılmış et



Şekil 17. Et üzerinde çıplak göz ile gözlenen atış artıkları

3.6.3 Laboratuvar çalışmaları

3.6.3.1. Yumurtaların transferi

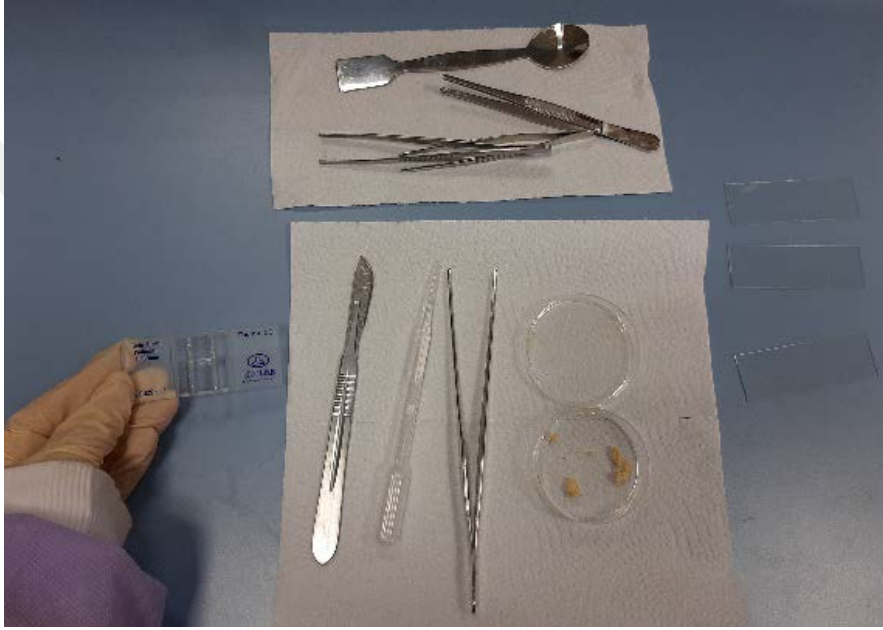
Lucilia sericata'lar farklı bir laboratuvardan yumurta evresinde alındığı için yolda ölmelerini sağlamak adına dereceli bir termos sistemi kurulmuştur. Derece ile stabil sıcaklık sağlanıp yumurtaların strese girmeleri engellenmeye çalışılmıştır. Ayrıca yumurtaların termos içinde yol boyunca hareket halinde olmaması, zarar görmemesi ve yalıtkanlığı artırması açısından termosun içine sabitlenmiştir.



Şekil 18. Laboratuvardan alınan yumurtalar

3.6.3.2. Yumurta ekimi ve inkübasyon

İstanbul Üniversitesi TÜBİTAK Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarından alınan yumurtalar (Şekil 18) daha önce bahsedilen sistemle İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Adli Mikrobiyoloji Laboratuvarına getirilmiştir. Yumurtalar dikkatli bir şekilde petriden alındıktan sonra spatula ve pens kullanılarak Thoma lamına yerleştirilmiştir.



Şekil 19. Yumurta sayımında ve ekiminde kullanılan malzemeler

Her et için 300 adet yumurta sayılmıştır (Şekil 19). Yumurtaların sayarken birbirinden ayrılmasını sağlamak için Pasteur pipeti ile ultra saf su damlatılmıştır. Thoma lamında sayım yapılmasının sebebi normal lama göre sayım yapımının çok daha efektif olduğu tespit edilmesidir (Şekil 20).



Şekil 20. Thoma lamında ultra saf su (uss) içinde bulunan yumurtalar

Yumurtalar, stereo mikroskop kullanılarak thoma lamında 4x ve 10x büyütmede saydıktan sonra normal lam üzerine aktarılmıştır. Lamda bulunan fazla su havlu kağıdı ile çektilererek alınmıştır. Atış yapılan et ve blank et sayısının toplamı kadar lam hazırlandıktan sonra sayılan yumurtalar etlere transfer edilmek üzere hazırlanmıştır. Lamlardan pens yardımıyla etlerin üzerindeki mermi girişi deliklerinin içlerine dikkatlice yerleştirilmiştir. Blank et içinde benzer koşullar sağlanması adına steril bisturi yardımıyla kesik atılarak içine yerleştirilmiştir (Şekil 21). Her bir ete tek tek ve ayrı pens kullanılarak 300 adet yumurta ekilmiştir.



Şekil 21. Blank ete yumurtaların ekimi

Ekimin ardından, larvaların çıktuktan sonra kaçmasını engellemek, etlere kontaminasyon olmasını önlemek ve atış artığı kaybı yaşamamak adına kapların üstü larvaların oksijenasyonunu engellemeyecek kumaşlarla kapatılmış kalın lastikler kullanılarak sabitlenmiştir. Etüv önceden 28 °C' ye ayarlanıp hazırlanmıştır. Kutular etüve yerleştirildikten sonra saat kaydedilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Etüvün içine yerleştirilmiş kutular



Şekil 23. İnkübasyon sonrası larvaların toplanmak üzere kutuların açılması

Her yapılan deneyin sonunda atış artıklarından ve eski besiyeri kalıntılarında kurtulmak için bütün kutular ve pensler önce deterjan ve bol su ile yıkanmıştır daha sonra %2'lik HNO₃ ile temizlenmiştir.

3.6.3.3. Larvaların analiz için hazırlanması

Yaklaşık 72 saatten sonra bütün blank ve ASAA'lı etler ile beslenen rastgele seçilen larvaların posterior spiraclelarına bakılarak 3. Evreye gelip gelmedikleri tespit edilmek üzere Olympus CX41 model mikroskop ile kullanılmıştır. Larvalar, pens yardımıyla etin üzerinden, altından ve içinden olmak üzere özenle taranıp toplanmıştır (Şekil 23). Etin içindeki larvaları toplamak için bisturi yardımıyla, larvalara zarar vermeyecek şekilde et parça parça kesilerek taranmıştır.

Her et için ayrı kodlanmış 50 mL' lik falkonlara toplanan larvalar -20 °C 'de dondurularak öldürülmüştür.



(a)

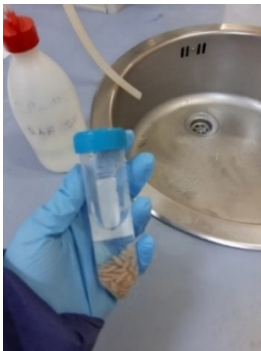


(b)

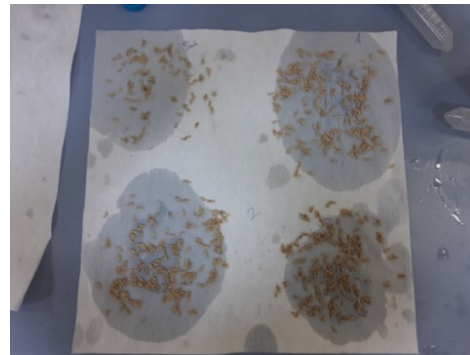
Şekil 24 (a,b). Etüvden çıkan çürümüş etler üzerinden (a) ve kemik (b) içerisinde toplanan *L. sericata* 3. Evre larvaları

3.6.3.4. Yıkama-Kurulama

Analize başlamadan önce larvalar ultra saf su ile bolca yıkanmıştır (Şekil 25). Daha sonra kurutma kağıdı kullanılarak üzerinde kurutulmuştur (Şekil 26). Yıkama işlemi yapılmasının sebebi larvaları et artıklarından temizlemek ve larvaların üzerlerinde olabilecek atış artığı moleküllerinden kurtulmaktır. Böylece ICP-MS sistemi analiz için verileceğinde istenmeyen bulaşların sonuçlarda yanıltıcı faktörleri elimine etmek için yapılmıştır.



Şekil 25. Uss ile yıkanan larvalar



Şekil 26. Filtre kağıdında kurutulan larvalar

3.6.3.5. Rastgele seçim, numune hazırlama ve boy-ağırlık ölçümü

Ayrı ayrı blank ve atış yapılmış her et örneğinden toplanan yıkanmış kurutulmuş örneklerden rastgele alınan 20 larvanın boyu kumpas yardımıyla, ağırlığı hassas teraziyle ölçülüp kaydedilmiştir.

ICP-MS' de analiz için her bir 50 mL' lik falkona tek tek kodlanarak 5, 10 ve 20 larvalık örnekler alınmıştır. Her örnekten 3'er adet 50 mL'lik falkonlara sıvı hale çevirebilmek ve analiz edebilmek için yaş yakma yöntemini uygulamak üzere hazırlanmıştır.

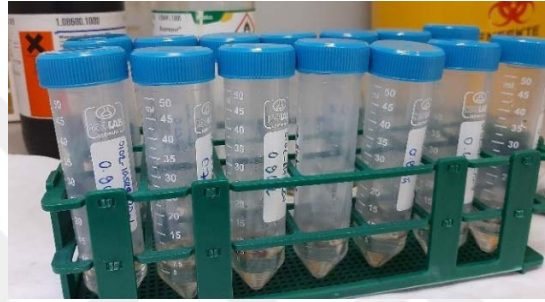
Falkonlar, her deneyin tarihine göre, blank etten toplanan larva numuneleri için 5, 10 ve 20 larva örnekleri şeklinde kodlanmıştır. Aynı şekilde atış artıklı örnekler için de 5, 10 ve 20 larva örnekleri şeklinde kodlanmıştır. Ağırlıkları hassas terazi ile ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 27. Kumpasla boyu ölçülmek üzere rastgele seçilen 20 adet 3. Evre *L.sericata* larvaları

3.6.3.6. Yaş yakma ve ICP-MS Analizi

ICP-MS ile analiz edileceği için sıvı halde olması gereken numuneler analiz için hazırlanmıştır. Bahsedilen ağırlıkları tartılmış 5, 10 ve 20 larvalık numuneleri katı halden sıvı hale geçirmemiz gerektiğinden belli prosedürler uygulanması gerekmektedir. Bu deneyde yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle etüv 95 °C' ye getirilip işlem öncesi ısıtılmıştır. 50 mL' lik falkonlardaki hazırlanmış larvaların üzerine 5 mL %65' lik suprapur HNO₃ ve 2 mL %35' lik H₂O₂ eklenmiştir.



Şekil 28. Yaş yakmaya hazır numuneler

Kapakları hafifçe kapatılıp etüve koyulup 1 saat yakılmıştır. Kapaklarının gevşek kapatmamızın sebebi, gerçekleşecek reaksiyon sonucu asit buharının falkonlarda birikmesi neticesinde olası patlamaları engellemek içindir.



Şekil 29. Yaş yakma sonrası çıkan asit buharı



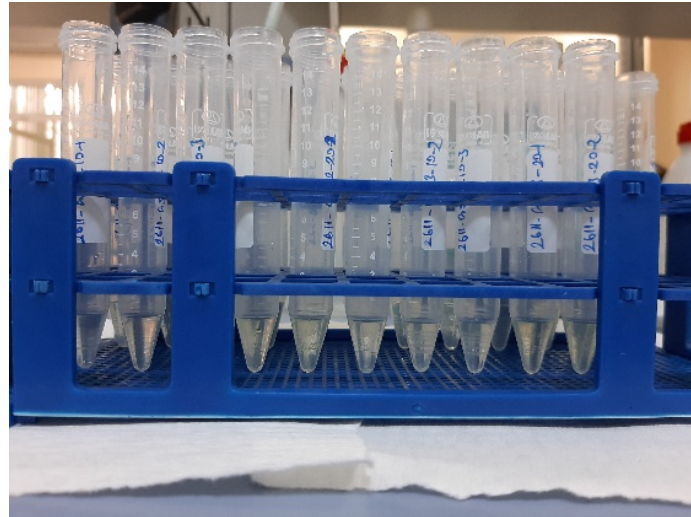
Şekil 30. Etüvden alınmış kapakları açılan numuneler

1 saat geçtikten sonra etüvden alınan örnekler çeker ocağın içinde kapakları açılıp asit buharının (Şekil 31, 32) solunmasını engellemek amacıyla bekletilip sonrasında ultra saf su kullanılarak 20 mL'ye tamamlanarak seyreltilmiştir (Şekil 33). İyice vortekslendikten sonra analiz için 15 mL'lik falkonlara 1000'lik otomatik pipet yardımıyla 1 mL koyulmuştur (Şekil 34).



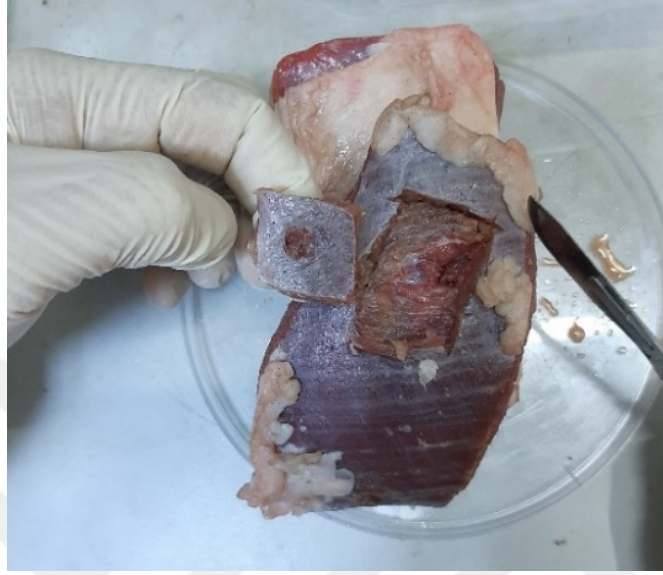
Şekil 31. 20 mL ye tamamlanan numuneler

Her bir tüpün içine 100 mL iç standart eklenmiştir. İç standart olarak indium (In) ve galyum (Ga) kullanılmıştır. (20 ng/mL) 10 mL'ye kadar saf suyla tamamlanıp seyreltilmiştir. Ardından tekrar vortekslendikten sonra ICP-MS de analiz edilmeye hazır olmuştur.



Şekil 32. ICP-MS için hazırlanan 1 mL numune ve iç standart içeren 15mL'lik falkonlar

Validasyon için hazırlanan etler (Şekil 35) ise 0,5 gram tartılarak 50 mL'lik falkonlara koyulmuştur. Üzerine 6 mL %65' lik suprapur HNO₃ ve 2 mL %35 lik H₂O₂ eklenerek 1 saat etüvde yakılmıştır. Takiben bütün prosedür aynı şekilde uygulanarak numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 33. Validasyon için larva yetiştirilmeyen etlerden örnek alma

Bütün hazırlanan örnekler ICP-MS'e verilmiştir. Bilgisayardan etiketlerine göre kodlanan örnekler ICP-MS' den analiz edildikten sonra ham veriler elde edilmiştir.

3.6.4.Sonuçların Hesaplaması

ICP- MS' e elde edilen ham veri, sıvı haldeki numuneye göre tespit edilmiş olduğu için, ayrı ayrı seyreltme faktörleri ve larvaların ağırlığı göz önüne alınarak oluşturulmuş bir formül ile hesaplanır. Böylelikle kullanacağımız hesaplanmış veriler elde edilmiş olunur. Katı formdan sıvı hale geçirildiği için birimi de ng/mL' den µg/g' a çevrilmiştir. Formül, Microsoft Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanma formül tablosu ve denklemi aşağıda gösterilmiştir (Tablo V).

Tablo V. Ham Verilerin Hesaplanma Formülü

SONUÇLAR								
	Ham Veri(ng/mL)	ng/mL	Ağırlık(g)	SEY1	SEY1-1	SEY2	SEY2-2	Hesaplanan Veri (µg/g)
123Sb		1000		1	20	1	10	
137Ba		1000		1	20	1	10	
208Pb		1000		1	20	1	10	

Hesaplanan Veri (µg/g) = Ham Veri(ng/mL)/1000(ng/mL)/(Ağırlık*Sey1*Sey2/Sey1-1/Sey2-2)

123 Sb: Antimon izotopu

ng: nanogram

137 Ba: Ba izotopu

mL: mililitre

208 Pb: Kurşun izotopu

µg: mikrogram

Sey: Seyreltme

g: gram

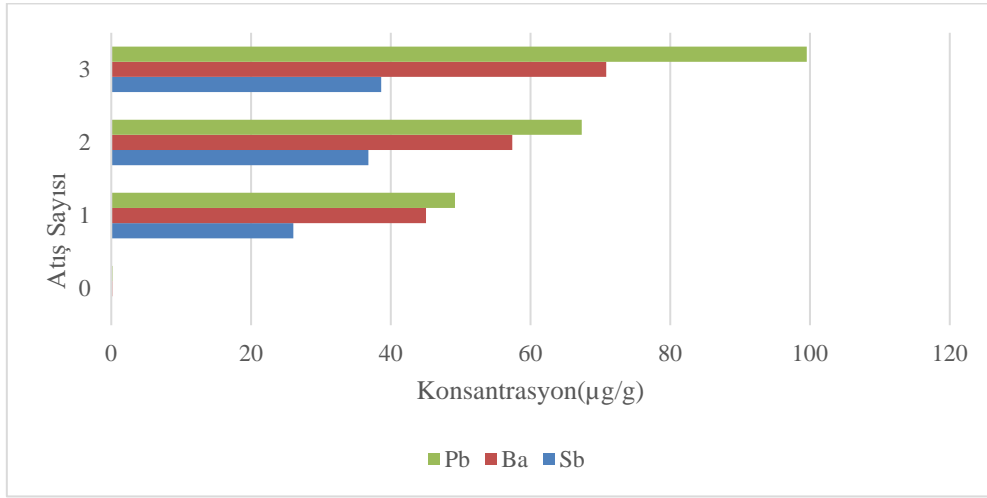
4. BULGULAR

Bu bölümde çalışmamıza ait veriler değerlendirilecektir. Validasyon çalışmaları için, içinde larva yetiştirilmeden, atış yapılan et ve atış yapılmayan etlerin (blank) ICP-MS ile analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır (Tablo VI). Her deneyde atış yapılan etlerle birlikte blank etler de deneyin kontrolünü sağlamak için kullanılmıştır. Blank et ile beslenen larvalar aynı şekilde kontrol larvaları olarak kullanılmıştır. Blank larva olarak da bahsedilmiştir.

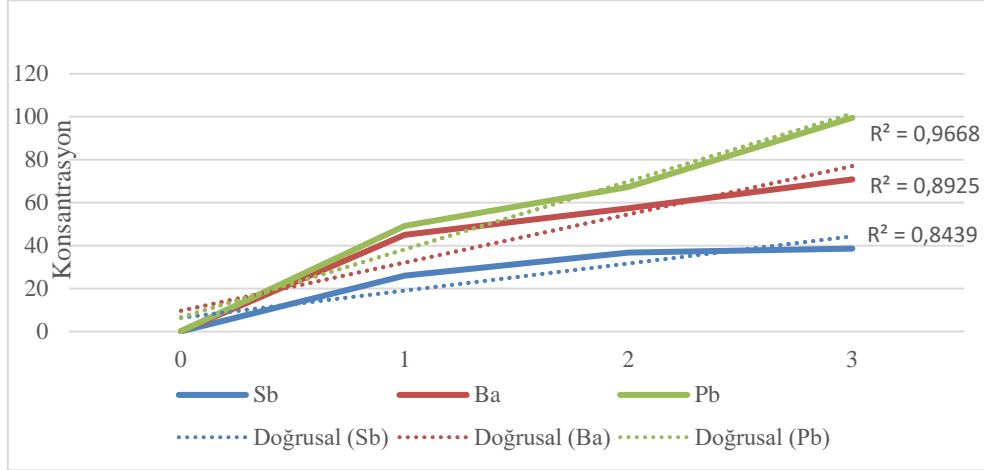
Tablo VI. Larva yetiştirilmeyen etlerin ASAA ortalama, standart sapma, bağıl standart sapma tablosu ($\mu\text{g/g}$)

		Sb	Ba	Pb
Blank	Ortalama	0,01	0,16	0,18
	Standart Sapma	0,009	0,06	0,13
	Bağıl Standart Sapma	81,121	37,129	74,016
1	Ortalama	26,06	45,04	49,2
	Standart Sapma	10,643	21,339	17,686
	Bağıl Standart Sapma	40,847	47,384	35,949
2	Ortalama	36,798	57,39	67,32
	Standart Sapma	43,188	43,671	54,896
	Bağıl Standart Sapma	117,365	76,092	81,54
3	Ortalama	38,62	70,84	99,53
	Standart Sapma	8,323	15,256	8,827
	Bağıl Standart Sapma	21,551	21,535	18,916

Üzerlerinde larva yetiştirilmeyen etlerin ASAA ortalamaları Sb, Ba ve Pb' un hepsinde beklendiği gibi atış sayısı blank ve 1,2,3 arasında etin üzerindeki ASAA yoğunluğu arttıkça konsantrasyonlarda artış gözlemlenmektedir (Grafik 1, 2).

Grafik 1. Larva yetiştirilmeyen etlerin ASAA konsantrasyonları

Yukarıdaki tablonun sütun grafiği halinde de ASAA konsantrasyon artışı netlikle izlenebilmektedir.

Grafik 2. Larva yetiştirilmeyen etlerin doğruları

Bu çizelgede R² değerlerinin yüksekliği beklediğimiz doğrusallıkta sonuç aldığımızı göstermektedir.

Atış artıklı et ve kontrol için blank et ile beslenen larvalardan rastgele 20 adet seçilmiştir. Rastgele ölçüm için seçilen larva sayısının 20 adet olarak belirlenmesi, kutulardan en az toplanan örneklerde bile numunelerin %50'sini kapsıyor olması nedeniyle istatistiksel olarak

yeterli görülmüştür. Alınan numunelerin her çalışma sonucu boyları ve ağırlıkları alındıktan sonra ortalamaları hesaplanmıştır. Ortalamaları, standart sapmaları ve bağıl standart sapmaları tablodaki gibidir (Tablo VII).

Tablo VII. Kontrol ve atışlı etler ile beslenen rastgele seçilmiş 20 larvanın boy ve ağırlık ortalaması, standart sapma ve bağıl standart sapmaları

	Blank		GSR1		GSR2		GSR3	
	Boy(mm)	Ağırlık(g)	Boy(mm)	Ağırlık(g)	Boy(mm)	Ağırlık(g)	Boy(mm)	Ağırlık(g)
Ort.	11,23	0,04	11,86	0,05	11,46	0,03	12,01	0,23
Std Spm.	1,69	0,02	0,71	0,01	1,17	0,01	0,77	0,25
Bağıl Std Spm	15,02	55,9	5,98	26,16	10,19	46,18	6,39	109,91

Larvalar analize 5, 10 ve 20 adet sayılarak hazırlanmıştır. 10 adet larva yaklaşık 0,5 g, 20 adet larva ise yaklaşık 1 g ağırlığına denk gelmektedir. Sayı ile ölçülmesinin sebebi, olay yerinde belli bir gram ölçülerek değil toplanabilecek sayıda uygun örneklerin bulunmasına bağlı olmasıdır. Her deney tekrarında, kutulardan hazırlanan numunelerde, 3 falkon 5 larva, 3 falkon 10 larva, 3 falkon 20 larva örneği numune olarak çalışılmıştır. Deneyin akışına bağlı olarak tarih sıralamasına göre yapılan tablolar daha sonra atış sayısına göre düzenlenmiştir. Her atış sayısından 7 tekrar yapılmıştır. Blank etler, 1, 2 ve 3 atış yapılan etlerle beslenen larvaların analizi sonucu elde edilen hesaplanmış veriler ile tablolar hazırlanmıştır (Tablo VIII-XI). Microsoft Excel kullanılarak ortalama, medyan, maksimum değer, minimum değer, standart sapma ve bağıl standart sapma hesaplanmıştır.

Tablo VIII. Larvaların 10 ve 20 larva için blank etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları

BLANK	10 LARVA			20 LARVA		
	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)
Ortalama	0,01	0,19	0,18	0,02	0,44	0,11
Maksimum	0,07	0,66	2,41	0,1	1,99	0,49
Minimum	0,0	0,04	0,0	0,0	0,07	0,02
Ortanca	0,01	0,11	0,03	0,0	0,08	0,05
Standart Sapma	0,02	0,2	0,55	0,03	0,68	0,16
Bağlı standart sapma (%)	133,41	104,91	306,3	175,45	155,55	149,74

Tablo IX. Larvaların 10 ve 20 larva için 1 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları

1 ATIŞLI	10 LARVA			20 LARVA		
	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)
Ortalama	0,04	1,77	0,73	0,05	1,32	0,52
Maksimum	0,12	3,34	1,97	0,08	3,24	1,49
Minimum	0,0	0,36	0,22	0,02	0,32	0,18
Ortanca	0,03	1,74	0,61	0,05	1,17	0,39
Standart Sapma	0,03	0,9	0,51	0,02	0,9	0,36
Bağlı standart sapma (%)	68,96	50,98	70,23	45,22	68,17	68,39

Tablo X. Larvaların 10 ve 20 larva için 2 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları

2 ATIŞLI	10 LARVA			20 LARVA		
	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)
Ortalama	0,52	7,1	3,35	0,52	7	3,67
Maksimum	1,76	34,03	8,9	1,96	27,86	9,4
Minimum	0,11	1,1	1,23	0,09	2	0,72
Ortanca	0,3	4,19	1,9	0,33	4,61	2,43
Standart Sapma	0,51	8,09	2,42	0,52	7,9	2,54
Bağlı standart sapma (%)	98,81	114,07	72,26	99,81	112,86	69,14

Tablo XI. Larvaların 10 ve 20 larva için 3 atışlı etle beslenen larvaların ASAA hesaplamaları

3 ATIŞLI	10 LARVA			20 LARVA		
	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)	123Sb (µg/g)	137Ba (µg/g)	208Pb (µg/g)
Ortalama	0,31	6,77	2,09	0,32	7,65	2,02
Maksimum	0,86	21,66	5,38	0,87	17,74	4,96
Minimum	0,03	0,99	0,44	0,04	1,02	0,33
Ortanca	0,25	5,43	1,72	0,22	6,87	1,87
Standart Sapma	0,25	5,57	1,47	0,3	5,93	1,55
Bağlı standart sapma (%)	80,4	82,27	70,31	92,78	77,53	76,68

Sb, Ba ve Pb izotoplarının her biri için tek tek, 1 atışlı et ile beslenen larvalar arası 5-10larva, 10- 20 larva, 5- 20 larva arasında;

2 atışlı et ile beslenen larvalar arası 5-10 larva, 10- 20 larva, 5- 20 larva arasında;

3 atışlı et ile beslenen larvalar arası 5-10 larva, 10- 20 larva, 5- 20 larva arasında, student's t-test uygulandı.

Alınan veriler aşağıdaki tabloda gösterildi. Tablolarda p değeri 0,05'ten küçük olan veriler işaretlendi.

Tablo XII. Sb, Ba ve Pb kendi içinde uygulanan student's t-test tablosu

Sb	5-10larva	10-20larva	5 -20larva
1 atışlı	0,281	0,732	0,142
2 atışlı	0,965	0,994	0,962
3 atışlı	0,834	0,888	0,970
Ba	5-10larva	10-20larva	5-20larva
1 atışlı	0,040	0,167	0,776
2 atışlı	0,582	0,971	0,576
3 atışlı	0,717	0,650	0,452
Pb	5-10larva	10-20larva	5-20larva
1 atışlı	0,029	0,170	0,512
2 atışlı	0,996	0,697	0,688
3 atışlı	0,711	0,889	0,854

Analizden alınan hesaplamaları yapılmış verilerden önce blank- 1,2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş 5 larvalık numunelerin student's t-testleri yapıldı. 10 ve 20 larvalık numunelerde de önce blank et ile beslenmiş larvalar, atışlı etlerle beslenmiş larvalara da yukarıdaki anlatıldığı gibi student's t-test uygulandı. Daha sonra 1-2, 1-3 ve 2-3 atışlı et ile beslenmiş 5 larvalık, 10 larvalık ve 20 larvalık numunelerde student's t-testi uygulandı. Anlamli sonuçlar işaretlendi (Tablo XIII-XIV).

Tablo XIII. Blank-Atışlı larvaların karşılaştırmalı student's t-test tablosu.

blank/1 atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,258	0,000	0,043
Ba	0,001	0,000	0,012
Pb	0,517	0,002	0,001
blank/2 atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,001	0,000	0,002
Ba	0,003	0,001	0,005
Pb	0,000	0,000	0,000
blank/3 atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,000	0,000	0,001
Ba	0,001	0,000	0,000
Pb	0,000	0,000	0,000

Tablo XIV. 1-2, 1-3 ve 2-3 atışlı karşılaştırmalı student's t-test tablosu

1-2atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,00037	0,00039	0,00237
Ba	0,00581	0,00695	0,01183
Pb	0,00002	0,00008	0,00017
1-3atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,0001	0,00009	0,0022
Ba	0,00313	0,00055	0,00068
Pb	0,00007	0,00048	0,00159
2-3atışlı	5-5 larva	10-10larva	20-20larva
Sb	0,11702	0,09664	0,19423
Ba	0,3457	0,88111	0,79334
Pb	0,021	0,04984	0,03557

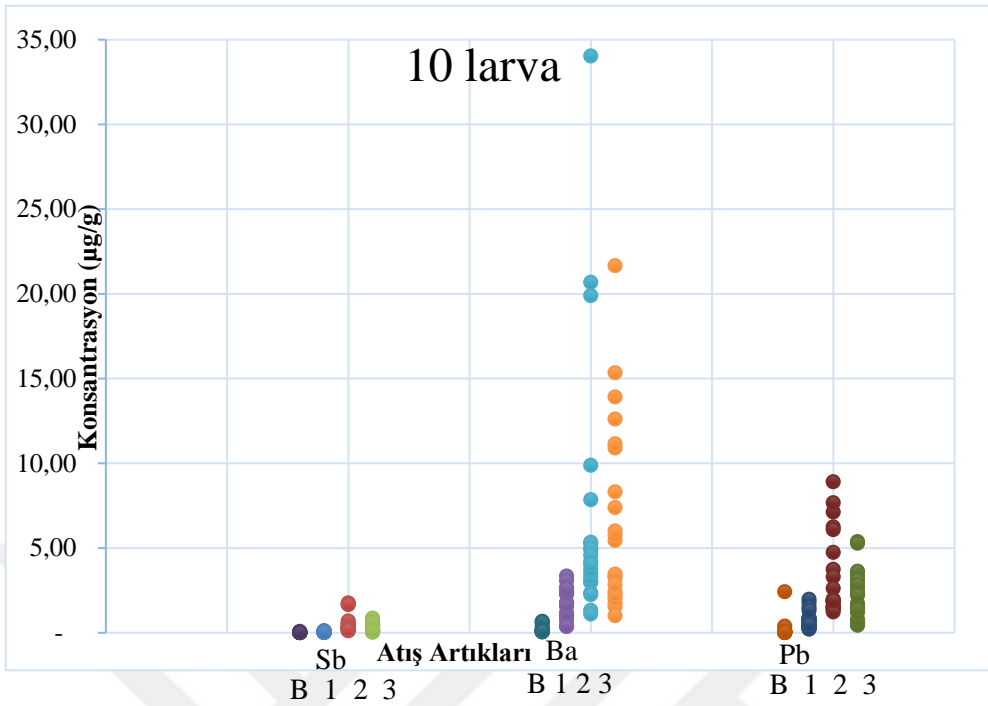
Yukarıda bulunan student's t-test tabloları sonuçlarda yorumlanmıştır. 5 larva ile çalışılan numune sonuçları yeterli bulunmadığı için çıkarılmıştır. Aşağıdaki tablolarda da görülebileceği üzere bu çalışmada izotoplar 10 ve 20 larva olmak üzere farklı yoğunluklu matrislerde karşılaştırıldı. Her iki matris yoğunluğunda da hem tüm verilerle hem de ortalamaları ile çalışıldı. 10 ve 20 larva için aynı hesaplamalar, tablo ve grafikler yapılmıştır. Önce 10 larva ile yapılan çalışmalar sonra 20 larva ile yapılan çalışmalar birbiri ardına verilecektir. Blank et ve farklı sayılardaki (1,2 ve 3) atışlı etler ile beslenen larvalar hem içerik hem matris yoğunluğu şeklinde birbirleri ile karşılaştırıldı.

10 larva ile yapılan çalışmalar blank, 1, 2 ve 3 atış yapılmış et ile beslenen larvaların Sb, Ba ve Pb oranları analizleri ile ateşli silah atış artığı verileri tablolandı (Tablo XV). Tüm veriler ve ortalamaları ile ayrı ayrı grafikler hazırlandı. Bu tablo ile oluşturulan grafikler aşağıdaki gibidir (Grafik 3-6).

Tablo XV. Blank, 1, 2 ve 3 atışların atış artıklarının 10 ve 20 larva ortalamaları, standart sapmalar ve bağıl standart sapmaları karşılaştırmaları ($\mu\text{g/g}$)

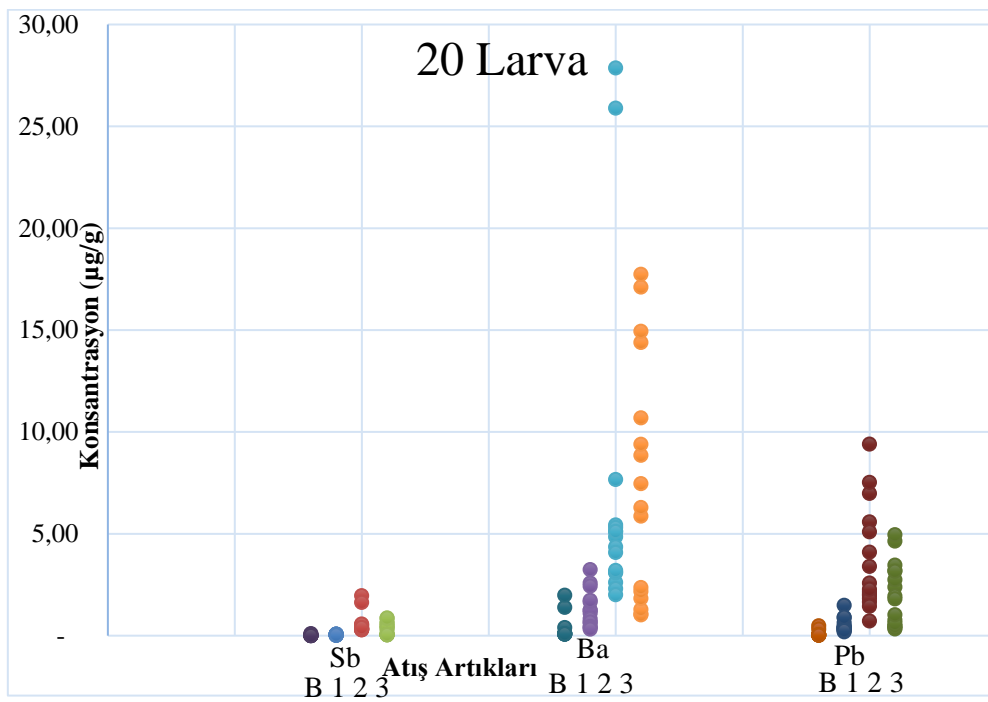
	10 larva			20 larva		
Blank	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
Ortalama	0,01	0,19	0,18	0,02	0,44	0,11
Standart Sapma	0	0,2	0,5	0	0,7	0,2
Bağıl Standart Sapma (%)	133,4	104,9	306,3	175,5	155,6	149,7
1 Atış	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
Ortalama	0,05	1,77	0,73	0,05	1,32	0,52
Standart Sapma	0	0,9	0,5	0,02	0,9	0,4
Bağıl Standart Sapma (%)	69	51	70,2	45,2	68,2	68,4
2 Atış	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
Ortalama	0,52	7,1	3,35	0,52	7	3,67
Standart Sapma	0,5	8,1	2,4	0,5	7,9	2,5
Bağıl Standart Sapma (%)	98,8	114,1	72,3	99,8	112,9	69,1
3 Atış	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
Ortalama	0,32	6,77	2,09	0,32	7,65	2,02
Standart Sapma	0,2	5,6	1,5	0,3	5,9	1,5
Bağıl Standart Sapma (%)	76,7	82,3	70,3	92,8	77,5	76,7

Grafik 3. Tüm sonuçların Sb, Ba ve Pb blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması (10 larva)



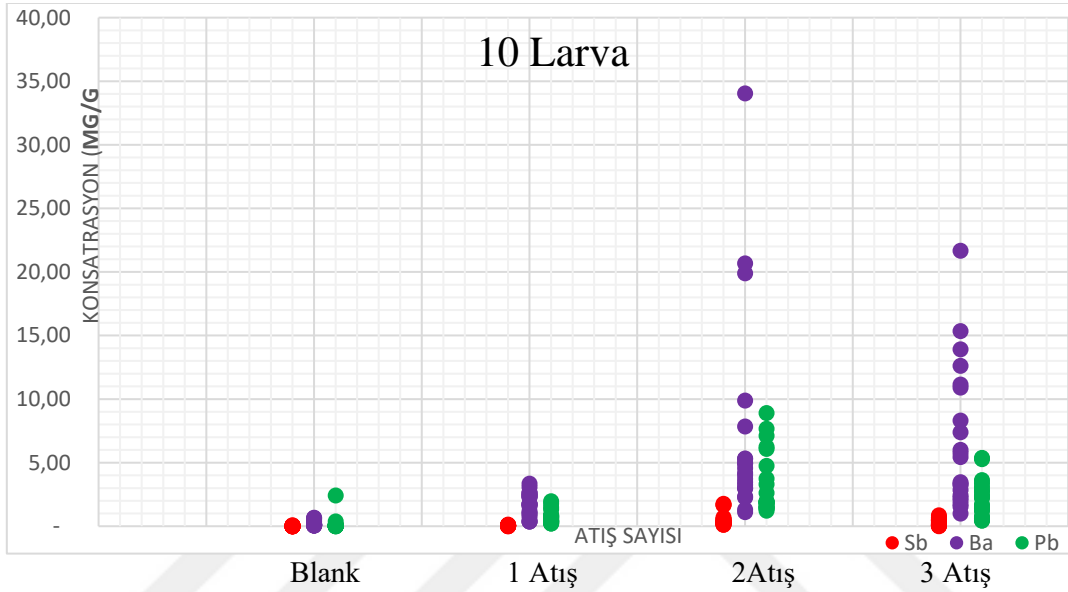
20 larva baz alınarak yapılan Sb, Ba ve Pb izotopları için toplanan tüm verilerle her birine ayrı ayrı blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması yapıldı.

Grafik 4. Tüm sonuçların Sb, Ba ve Pb un blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması (20 larva)

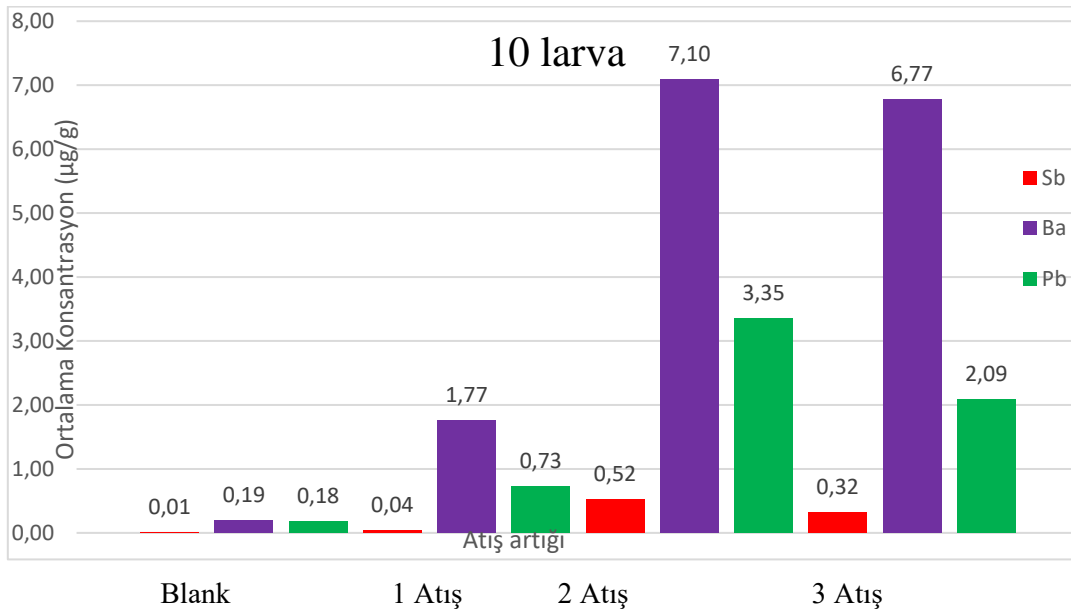


Hem 10 larva, hem de 20 larvada yine benzer sonuçlar görmekteyiz. B-1, b-2 b-3, 1-2 ve 1-3 rahatlıkla ayrılabilirken, aykırı değerler görmezden gelinse bile 2-3 atışlı numuneler beklendiği gibi gözlenmemektedir.

Grafik 5. Tüm sonuçların blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması (10 larva)



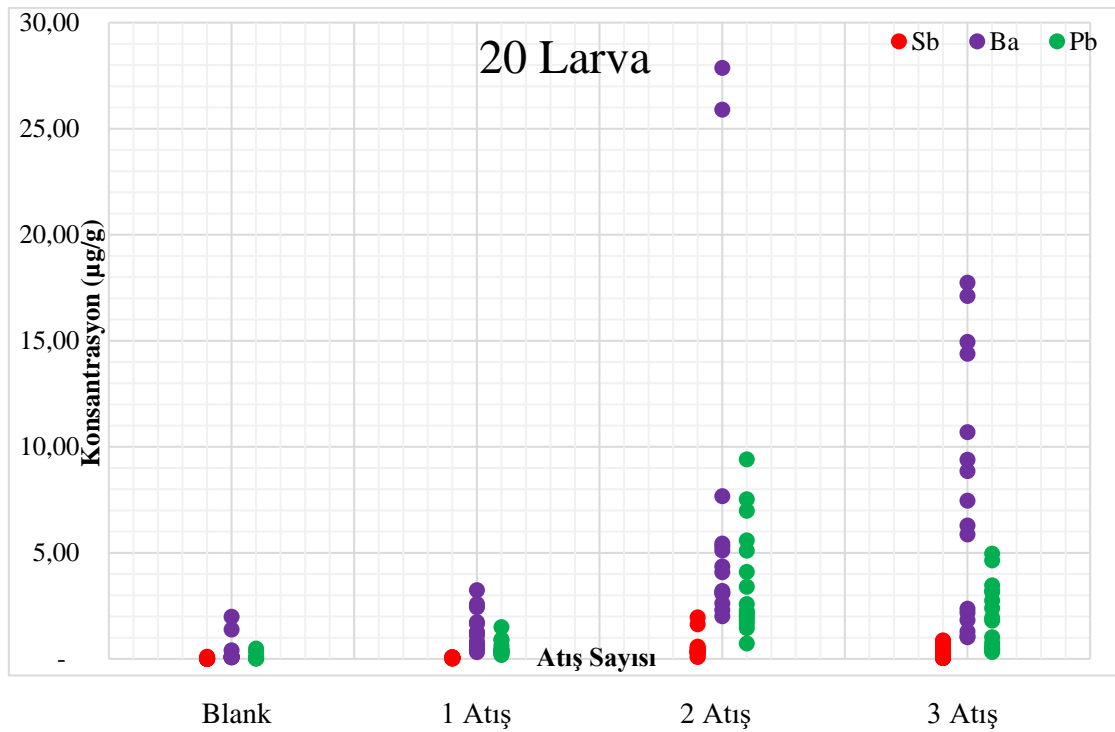
Grafik 6. Sonuç ortalamalarının blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması (10 larva)



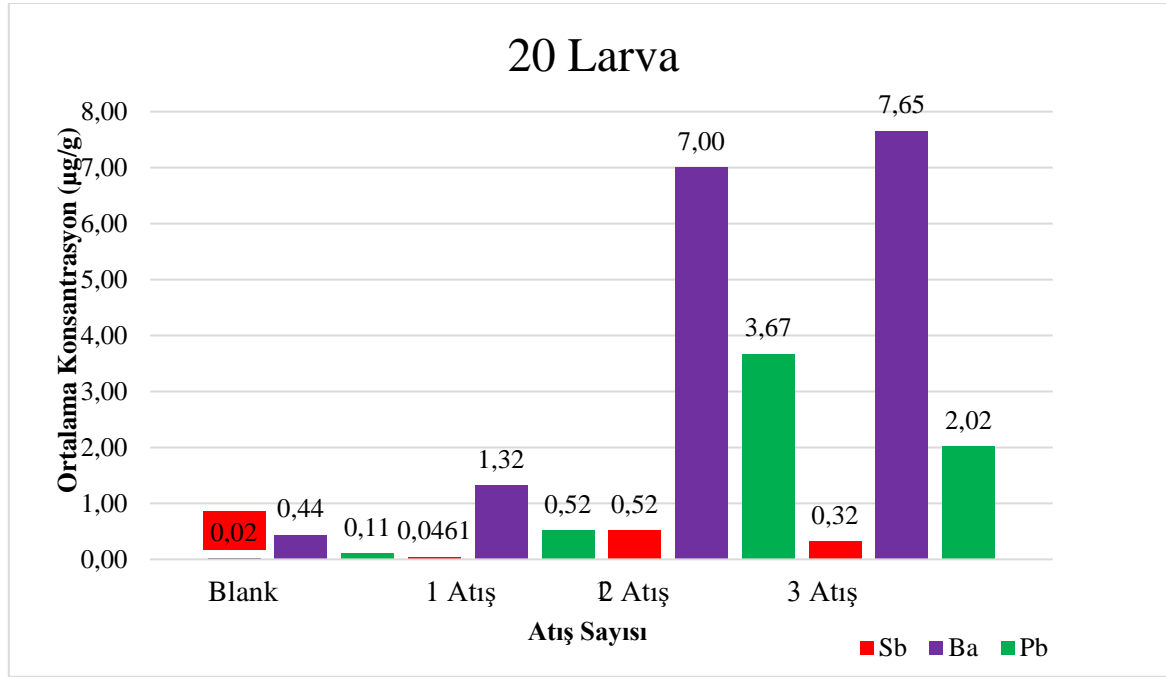
Bütün larvaların atış artığı hesaplanmış konsantrasyonları dağılım ve sütun grafiğinde b-1, b-2, b-3 ve 1-2, 1-3 arasında gözle görülür bir artış ve farklılık varken, 2-3 arasında anlamlı sonuçlar görememekteyiz.

20 larva ile yapılan çalışmalar blank, 1, 2 ve 3 atış yapılmış et ile beslenen larvaların Sb, Ba ve Pb oranları analizleri ile ateşli silah atış artığı verileri tablolandı. Tüm veriler ve ortalamaları ile ayrı ayrı grafikler hazırlandı. Bu tablo ile oluşturulan grafik aşağıdaki gibidir (Grafik 7,8).

Grafik 7. Tüm sonuçların blank,1, 2 ve 3 atış et ile beslenmiş larva karşılaştırması (20 larva)



Grafik 8. Sonuç ortalamalarının blank, 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenmiş larva karşılaştırması
(20 larva)

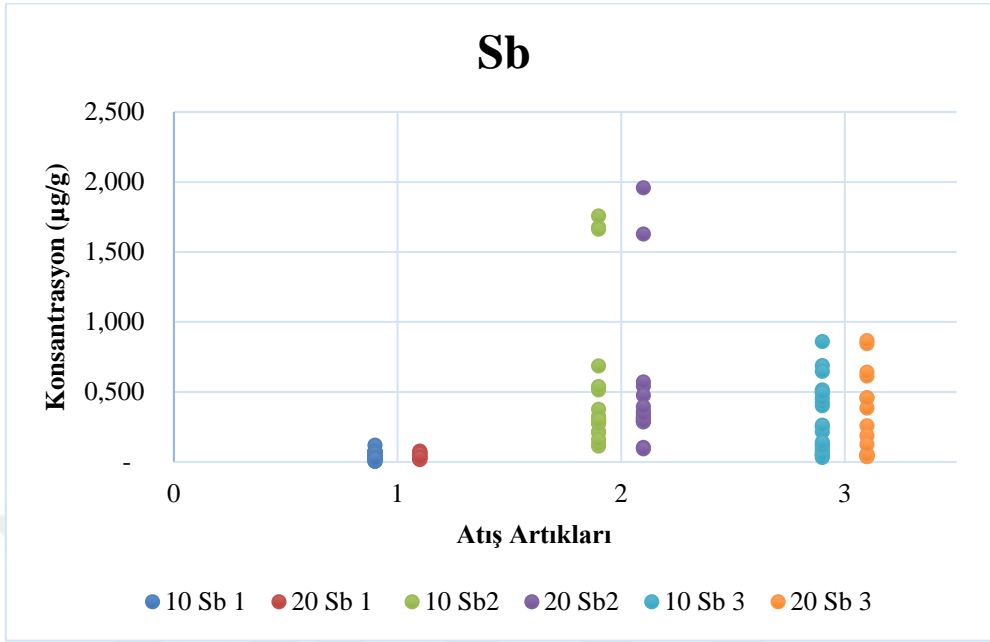


10 ve 20 larva grafikleri karşılaştırıldığında, 20 larvadaki Ba hariç aynı sonuçlarla karşı karşıya kalıyoruz.

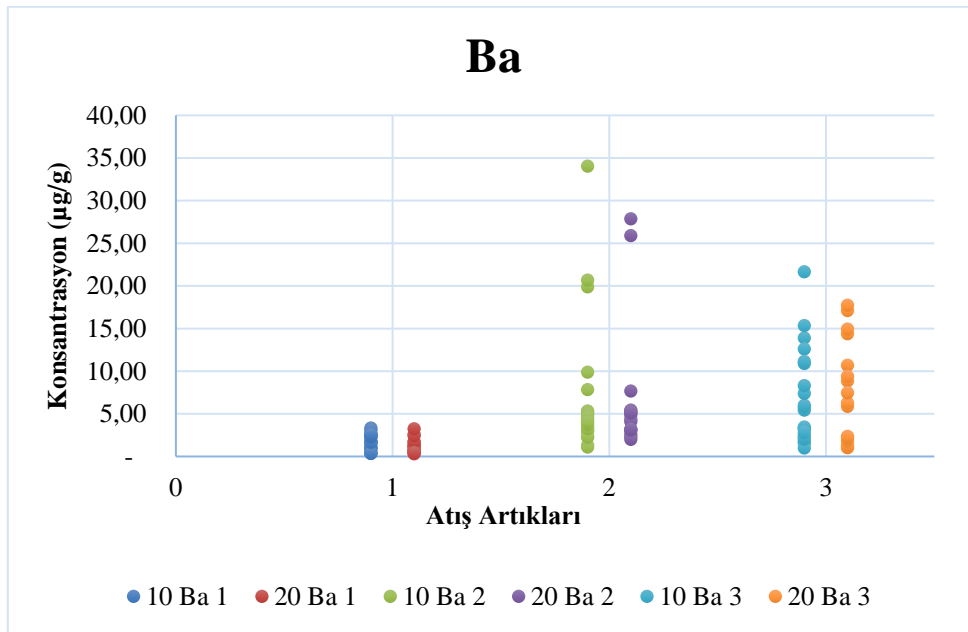
10 larva baz alınarak yapılan Sb, Ba ve Pb izotopları için toplanan tüm verilerle her birine ayrı ayrı blank, 1, 2 ve 3 atış karşılaştırılması yapıldı.

Sb, Ba ve Pb izotopları ayrı ayrı her birinin 10 ve 20 larva için 1, 2 ve 3 atışlı et ile beslenen larvaların karşılaştırılması yapılmıştır (Grafik 9,10, 11).

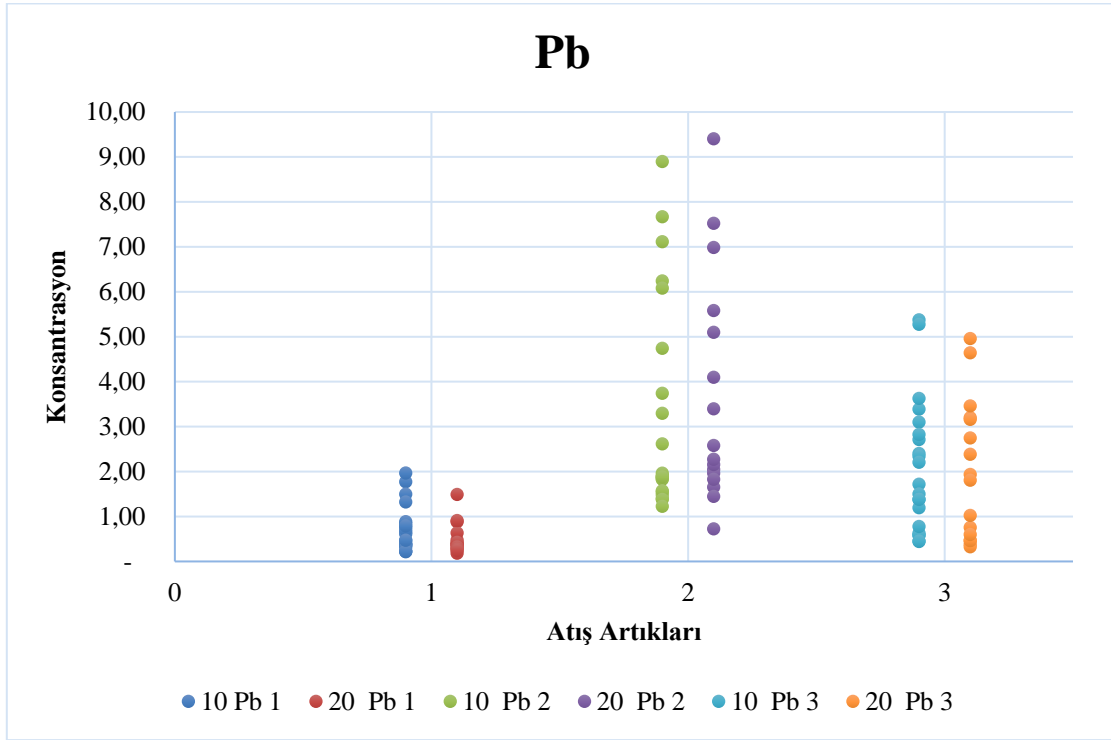
Grafik 9. Sb için 10-20 larva karşılaştırılması- tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)



Grafik 10. Ba için 10-20 larva karşılaştırılması - tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)



Grafik 11. Pb için 10-20 larva karşılaştırılması - tüm sonuçlar (1, 2 ve 3 atış karşılaştırması)

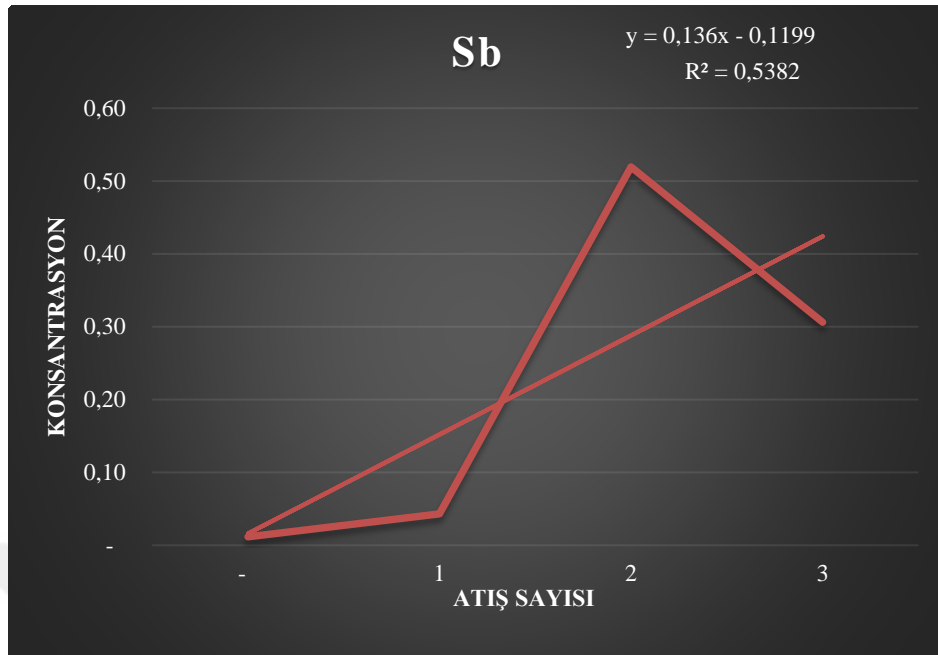


Önceki grafiklerin sonuçlarıyla uyumlu olarak her element için 10 ve 20 larvanın birbirine çok yakın sonuçlar verdiğini rahatlıkla söyleyebiliriz. Toplanan verilerin ışığında 10 ve 20 larva için ayrı ayrı her elementin ortalamaları standart sapmaları ve bağıl standart sapmaları hesaplandı ve doğrusal grafiği çıkarıldı. Doğruluğu gösteren R^2 değerleri hesaplandı. Tablo (Tablo XVI) ve grafikler (Grafik 12-17) aşağıda verilmiştir.

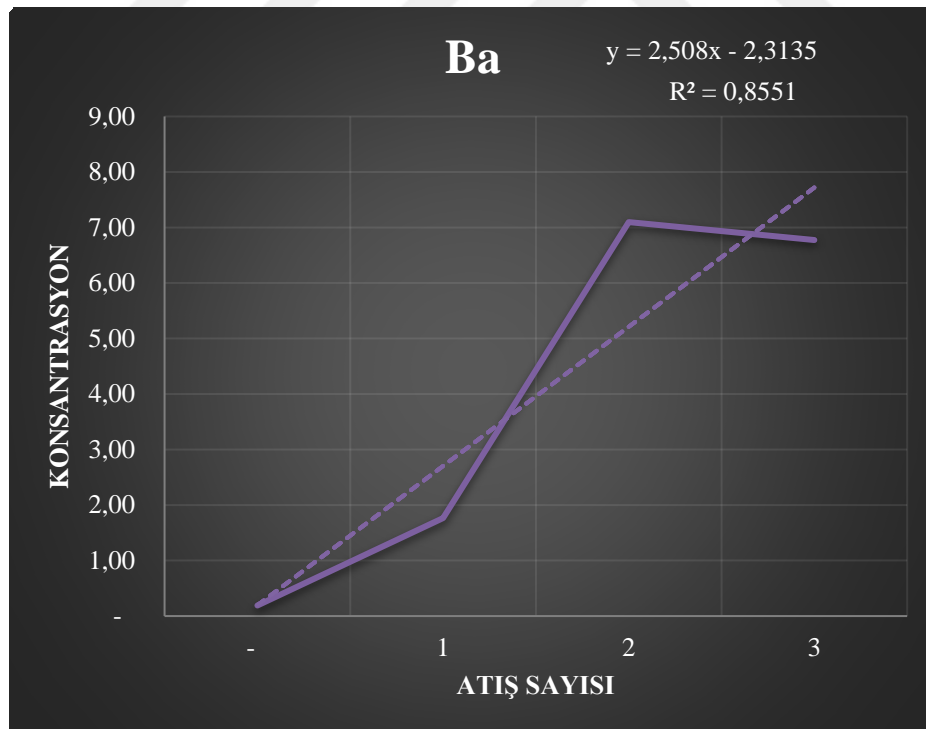
Tablo XVI. Sb, Ba ve Pb' nun 10-20 larva ayrımı ile ortalama, standart sapma ve bağıl standart sapması ($\mu\text{g/g}$)

10 Larva				20 Larva		
Ortalama	Standart Sapma	Bağıl Standart Sapma (%)	Ortalama	Standart Sapma	Bağıl Standart Sapma (%)	
Sb			Sb			
Blank	0,01	0,02	133,41	0,02	0,03	168,97
1	0,04	0,03	68,96	0,05	0,02	42,47
2	0,52	0,51	98,81	0,52	0,52	99,45
3	0,31	0,25	80,4	0,32	0,3	92,53
Ba			Ba			
Blank	0,19	0,2	104,91	0,44	0,68	154,5
1	1,77	0,9	50,98	1,32	0,9	68,39
2	7,1	8,09	114,07	7	7,9	112,87
3	6,77	5,57	82,27	7,65	5,93	77,57
Pb			Pb			
Blank	0,18	0,55	306,3	0,11	0,16	146,07
1	0,73	0,51	70,23	0,52	0,36	68,46
2	3,35	2,42	72,26	3,67	2,54	69,19
3	2,09	1,47	70,31	2,02	1,55	76,67

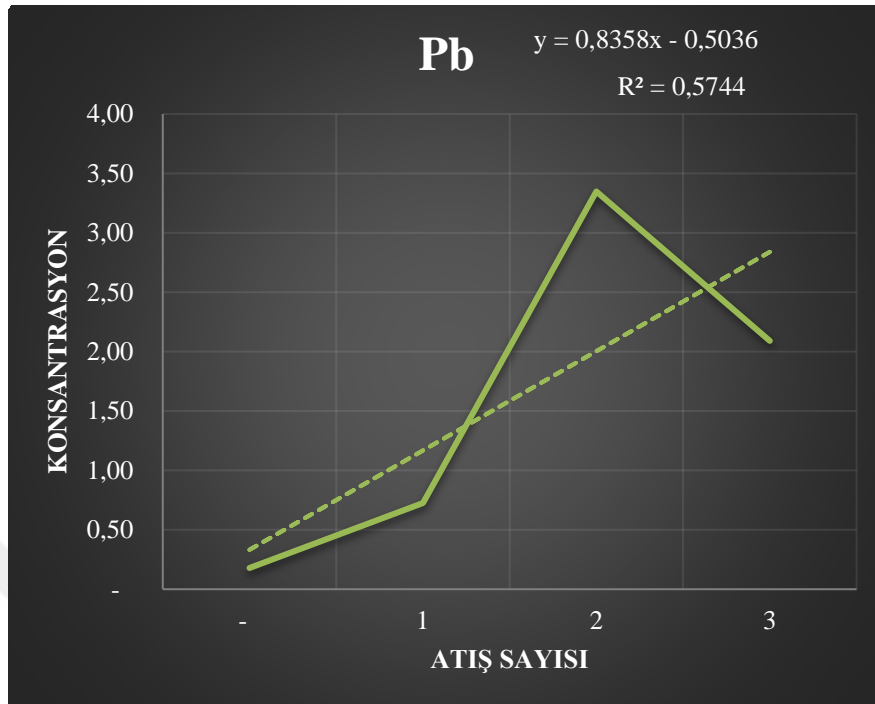
Grafik 12. Sb B-1-2-3 atış değerleri (10 larva)



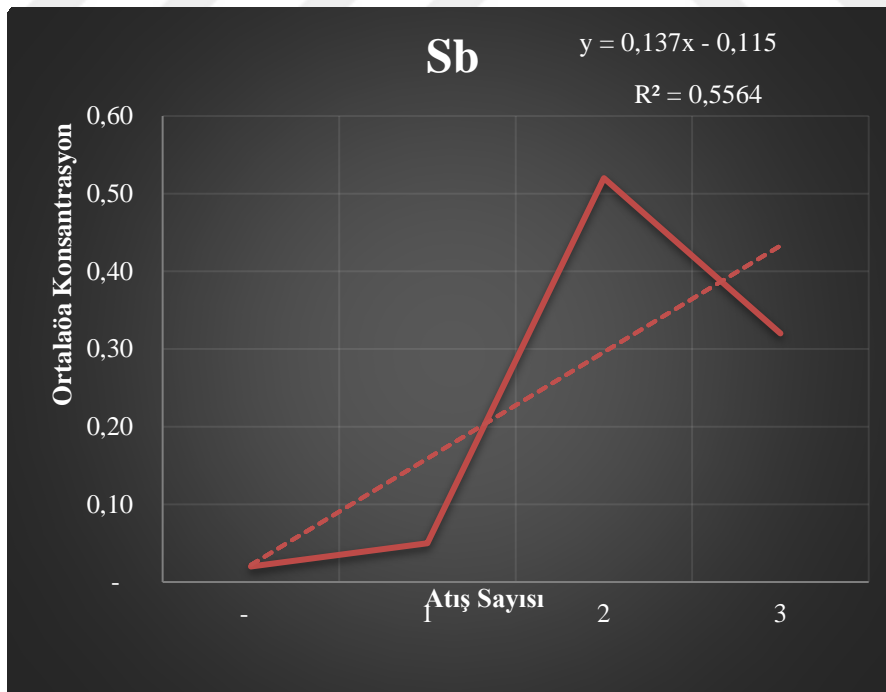
Grafik 13. Ba B-1-2-3 atış değerleri (10 larva)



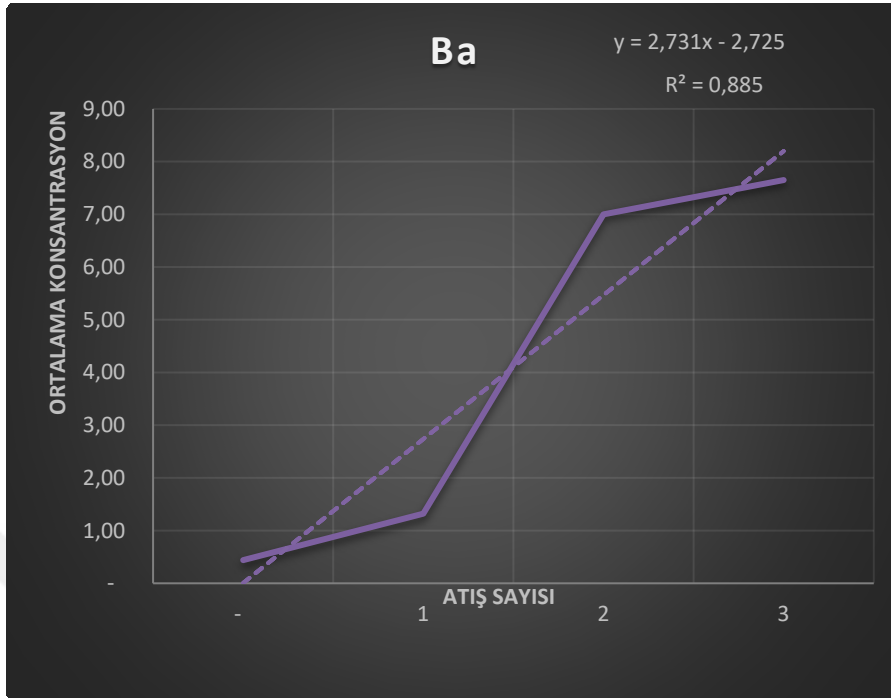
Grafik 14. Pb B-1-2-3 atış değerleri (10 larva)



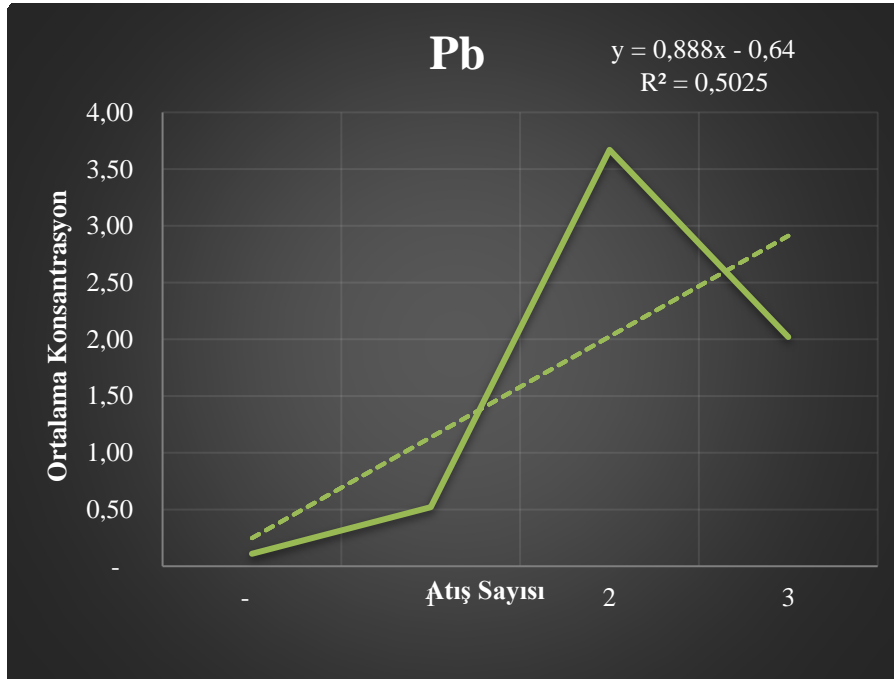
Grafik 15. Sb B-1-2-3 atış değerleri (20 larva)



Grafik 16. Ba B-1-2-3 atış değerleri (20 larva)



Grafik 17. Pb B-1-2-3 atış değerleri (20 larva)



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Adli entomoloji ve adli entomotoksikoloji uzun zamandır bilinip kullanılıyor olsa da hala gelişmeye, genişlemeye ve araştırılmaya ihtiyacı olan alanlardır. Adli entomoloji ÖZT, taşınma, bulunduğu şartlara bağlı olarak iç-dış mekan, coğrafik konum gibi verileri sunar (3, 10, 35, 93). Kayıtlara geçen entomotoksikoloji vaka raporlarında, makalelerde genellikle ağır metal zehirlenmeleri başta olmak üzere uyuşturucu- uyarıcı madde zehirlenmeleri, ateşli silah atış artışı gibi toksikasyonları incelenmektedir (5, 10, 94, 95, 100, 117, 119-121, 131).

Bu tez çalışmasında ateşli silah atış artışı olarak bilinen Sb, Ba ve Pb' un yoğunluk farklarının, atış sayısını arttırarak, *L.sericata* larvaları üzerinden biyobirikimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Sıcaklığın, larvalar üzerindeki gelişiminin hızlandırıcı etkisi bilinmektedir (47). Deneyde sıcaklık olarak önce 24 °C daha sonra 30 °C denenmiştir. 30 °C da çok hızlı 24 °C de ise beklenenden yavaş olduğu için okul-laboratuvar saatlerinin uyumu adına larvaların alınması, ekilmesi ve toplanmasının gün açısından değerlendirildiğinde yaptığımız çalışmalar doğrultusunda 28 °C derecenin bu çalışma için en uygun sıcaklık olduğuna karar verilmiştir.

Üzerlerinde larva yetiştirilmeden analiz edilen etlerin ortalamalarına bakıldığında, atış sayısı arttıkça beklendiği gibi içerisinde tespit edilen atış artışı konsantrasyon oranı da arttığı görülmüştür. Bu farklılık hem tabloda (Tablo VI) hem de grafiklerde (Grafik 1 ve 2) beklendiği gibi atış artışı yoğunluğu, artan atış sayısı ile artan şekilde gözlenmektedir. Sb, Ba ve Pb' un R² değerleri 0,8'den yüksek olması yukarıda söylenen, atış sayısı arttıkça konsantrasyonun artması hipotezini doğrulamaktadır.

Bütün sonuçların ortalamalarına bakıldığında blank et ile beslenen larvalar 1,2 ve 3 atışlı et ile beslenen larvalar ile karşılaştırıldığında, larvaların boy ve ağırlıkları açısından da aykırı bir durum gözlenmiyor (Tablo VII). Çalışılan yoğunluklardaki atış artıklarını standart sapmalarına

bakıldığında ise yüksek oranda bir sapma tespit edilmemiştir. Sb, Ba ve Pb' un, larvaların gelişimi üzerinde toksik bir etkisi olmadığı gözlenmektedir. Yapılan bir çalışmada atış artıklarının biyoakümülyasyonu ve gelişimine etkisi olduğu kaydedilmiştir (129). Bu çalışmada yalnızca 3. instar larvalar kullanıldığı için ASAA' nın *Lucilia sericata*' nın gelişimine etkisi olduğu ya da olmadığı şeklinde yorumlamak için veriler yetersizdir. *Lucilia sericata*' nın bütün hayat evrelerinin incelenmesi, ASAA birikimi ve *Lucilia sericata*' nın gelişimlerine etkisi daha sonra araştırılabilir.

Yukarıdaki bulgular değerlendirildiğinde, blank et ile beslenen larvaların (Tablo VIII) bütün atış sayılı etler ile beslenen larvalardaki (Tablo IX, X, XI) atış artığı konsantrasyonu gözle görülür bir şekilde farklılık göstermektedir. Yapılan önceki çalışmaların desteklediği şekilde (5, 125) atışlı et üzerinden toplanan larvalarda atış artıkları birlikte görülmüştür. Yani ateşli silah kullanılmış olmasının larvalarla tespit edilebilir olması sonucuna bu deneyde de varılmıştır.

Her bir atış artığı (Sb, Ba, Pb) kendi içinde 1,2 ve 3 atışlı numunelerde 5-10, 10-20, 5-20 sayılı larvaları karşılaştırılmış olup student's t-test uygulanmıştır (Tablo XII). İşaretlenen anlamlı sonuçlara bakıldığında, Sb için hiç işaretlenmiş sonuç olmamakla birlikte Ba ve Pb için sadece 1 atışlı numunelerde 5-10 larva karşılaştırmasında veriler belirlenen istatistiksel değerlere uygun sonuç vermiştir. Bu veri topluluğundan olumlu bir sonuca varılamamıştır. Buna ek olarak blank örneklerle karşılaştırmaları da yapılmıştır (Tablo XIII). Blank ve 1 atışlı et ile beslenen 5-5 larvaların karşılaştırılmasında Ba' da olumlu sonuç alınırken Sb ve Pb da olumlu bir sonuç tespit edilememiştir. Analiz edilirken bütün elementlerin tespiti yapılmadığında doğru olmayan sonuçlarla karşılaşılabılır (137). Bu yüzden anlamlı bir veri olmadığı kaydedilmiştir. Bu ve diğer elde edilen verilerin tutarsızlığından dolayı, 5 larva ile çalışılan numunelerin istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermemesi sebebiyle yaklaşık 0,25g' a denk gelen numunelerin sonuçları değerlendirilmemiştir (Tablo XIII'daki b/1 ve Tablo XIV 2/3 atışlı).

Blank numune çalışmaları birbirinden bağımsız zamanlarda deneyin belirlenen stabil koşullarında 7 kez tekrar edilmiştir. Sonuçlar, blank/1, blank/2 ve blank/3 karşılaştırmaları da dahil olmak üzere anlamlı sonuçlar vermiştir (Tablo XIII).

1-2 atışlı ve 1/3 atışlı numunelerde yine istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Tablo XIV). Fakat 2/3 karşılaştırmasında sadece Pb' un sonuçları beklendiği gibi olduğu görünüyor. Blank ve farklı sayılı atışlı etlerle beslenen larvalarda ise ASAA blank, 1 atışlı larvalar ve 2 atışlı larvalar arasında doğrusal bir artış varken, 3 atışlı et ile beslenen larvaların ASAA analizi sonucu ortalaması 2 atışlıdan düşük, 1 atışlıdan yüksek olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak analiz edilmeden önce bazı numunelerin -20 °C'de bekleme süreleri daha uzun tutuldu, bunun da larvanın genel metabolizmal faaliyetlerinde olumsuz etki yaratmış olabileceği gibi artan ASAA miktarının matrisi kirleterek ICP-MS' i yanıltmış olabilmesi düşünülmüştür.

1 atışlı et ile beslenen larvalar ile 2 ve 3 atışlı et ile beslenen larvalar arasında ASAA konsantrasyonunda bariz bir şekilde farklılık olduğu her tekrarda tespit edilmiştir. 1 atışlı larvalar ile 2 veya 3 atışlı larvaların arasındaki farklılık tespit edilebilir olarak yorumlayabiliriz. (Grafik 3,4). Fakat 2 ve 3 atışlı et ile beslenen larvaların konsantrasyon farkları arasından istatistiksel açıdan bir anlam sadece Pb izotopunda gözlenirken geri kalan kombinasyonlarda gözlenememiştir (Tablo XIV). Sb, Ba ve Pb birlikte anlamlı oranda görünmediği için 2 ve 3 atışlı et üzerinden beslenen larvalardan 2 ya da 3 atış olma durumu tespit edilebilir olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçların tümü dağılım grafiğiyle ortalamaları sütun grafiği ile incelenmesi için eklenmiştir. Tablolardaki verilere göre standart sapmalar incelendiğinde blank ve 1 atışlı numunelerinde her şey normal gözleniyor fakat özellikle 2 atışlı numunelerde ve 3 atışlı numunelerde sapma gözlemleniyor (Tablo XV). Bu sapma grafiklerde de görsel olarak görülebilmektedir. Aynı grafiklerde 10 larva ve 20 larva için bütün sonuçların blank, 1, 2 ve 3 atışlı karşılaştırmaları dağılım ve sütun grafiğiyle gösterilmiştir (Grafik 5-8) . Bütün sapmalar bulgular başlığı altında gözlenebilmektedir. Bu sapmaların sebeplerinden birinin bu

elementlerin doğada birçok yerde doğal olarak da bulunduğu için daha fazla çıkmış olabileceği düşünülmüştür (137)

Her ASAA' lı numuneler için için tek tek 10 ve 20 larva yan yana olmak üzere dağılım grafiğinde incelenmiştir. Sb, 10 ve 20 larva şeklinde yan yana blank 1,2 ve 3 atış için karşılaştırılmıştır.(Grafik 9) Aynı prosedür Ba (Grafik 10) ve Pb (Grafik 11) içinde uygulanmıştır. 10-20 larva karşılaştırılmasında görüldüğü gibi çıktılar birbirine oldukça yakın olduğu için 20 larva toplamak maktulün bulunduğu bedensel ve çevresel koşullara bağlı olarak çok zor olabilir. Ayrıca larva sayısının artmasıyla matris yoğunluğu doğru orantıyla arttığından kirlilik yaratabilir. 10 adet yani yaklaşık 0,5 gram larva analiz için oldukça yeterli olmaktadır. İstenilen sonuca ulaşmayı sağlamaktadır.

Sondaki Sb (Grafik 12, 15), Ba (Grafik 13, 16) ve Pb' nun (Grafik 14, 17) 10 ve 20 larva için yapılan grafiğinde verilerin doğrusal eğilim çizgisine uyumunu gösteren katsayı değeri olan R^2 ve bu analiz yönteminin kullanılarak bulunan doğru denklemi grafiklerin üzerlerine eklenmiştir. Sb' da 10 larva için R^2 değeri 0,538, 20 larva için R^2 değeri 0,556'dır. Ba' da 10 larva için R^2 değeri 0,855 iken 20 larva için R^2 değeri 0,885'tir. Pb' da 10 larva için R^2 değeri 0,574 iken 20 larva için R^2 değeri 0,502'dir. 10 ve 20 larva örnekleri sonuçlarının her elementi ortalamalarıyla ayrı ayrı değerlendirirken yine birbirine yakın sonuçlar verdiğini görmekteyiz. Bunun dışında R^2 değerleri hepsinde 0,5 ten yüksekte olsa da 1 değerine çok yakın değildir. 0,8'den büyük olan tek element değerleri Ba' a ait olduğu saptanmıştır. Bütün değerler 0,5'ten küçük olmadığı için değişkenler arası ilişkinin zayıf olmadığını söyleyebiliriz. Aykırı değerler çıkarıldığında regresyon istatistikleri değerlerinin (R^2) arttığı kaydedilmiştir. Fakat bu tez çalışmasında verilerin yorumlanması saptırılmamak için bulgularda ve sonuçlarda aykırı değerler temizlenmeden incelenmiştir. Bu sapmalara sebep olduğu düşünülen ve bahsedilen taşıma, saklama süresi ve ICP- MS kaynaklı koşullar iyileştirildiğinde daha farklı değerler çıkması da beklenmektedir.

Elde edilen larvaların dışında etüvün içerisine kutudan taşan birçok larva olmuştur. Hangi kutudan geldiği tespit edilemediği için deneye katılmamışlardır. Alan dar olduğu ya da besin yetersiz geldiği için kutunun dışına çıkmak için harekete geçmiş olabilecekleri de düşünülmüştür. Başka bir ihtimal ise biomassında (47) etkisiyle gelişimlerinin hızlanması ve artan metabolik faaliyetleri sebebiyle beslenmeyi bırakıp beslenme sonrası göç davranışlarını gerçekleştirmek üzere kaçmış olabilecekleridir. Kutudan taşmanın önlenmesi adına kutulara talaş eklenmesi düşünülmüş olsa da olası inorganik kontaminasyonlardan kaçınmak için tercih edilmemiştir. Etler kemikli lifli ve yağlı olduğu için larvalar bütünüyle toplanılamamıştır (Şekil 24 a,b). Ayrıca kemiklerin boşluklarına giren larvalar da gözlemlenmiştir. Bu sebeple verim hesaplanamamıştır. Ekilen 300 yumurtada en az toplanan sayı 40 iken en fazla toplanan larva sayısı 225' dir. Kaçan larvalarda olduğu için verilen sayılar ne yazık ki doğru sayıları göstermemektedir. Larvaların, yumurtalardan sayıca az çıkması ya da bazı haftalarda yapılan deneylerde gelişimlerinin oldukça yavaşlaması ASAA' dan irrite olması fikrini akıllara getirse bile bu sebep ile bağlantısı şüphelidir. Diğer haftalarda sorunsuz çıkmaları ve gelişmeleri bu fikri desteklememektedir. O haftalarda çevresel faktörler dolayısı ile etkilenmiş oldukları düşünülmektedir. Farklı laboratuvarlardan toplu taşıma kullanılarak getirildiği için termos içinde koruma sağlansa da yumurtaların alınması ve ekilip etüve inkübasyona bırakılması arasında yaklaşık 2- 3 saat geçmesinden strese giren, dış koşullardan etkilenen yumurtaların kimisi çok daha geç açıldığı için bazı deney haftalarında larvaların bir kısmı 1. ve 2. evre halinde görülmesinden dolayı tespit edilebilmesi zorlaşmıştır. Bu nedenle en az toplanan larva sayısı 40 olarak kaydedilmiş olsa bile etin içerisinde daha fazla sayıda 1 ve 2. evre larvalar tespit edilmiştir. Bahsedilen kısmı toplanamamıştır, 3. Evre olmadıkları için deneye dahil edilmeyip sayılmamışlardır.

Ateşli silah ile gerçekleşmiş olay raporları incelendiğinde istatistiksel olarak en çok 1 atış yapıldığını takiben 2 atış gelmekle birlikte 3 ve daha fazlası oldukça az karşılaşılmaktadır (19).

Türkiye’de ilk kez yapılmış olan bu çalışma, ASAA yoğunluk farkının entomotoksikoloji yardımıyla larvalar ile tespit edilmesi üzerine yapılmıştır. Bu çalışma ile 1 -2 ve 1-3 atış arasındaki fark yorumlanabilir olarak göstermekle birlikte daha fazla atış sayılarında çevresel faktörler ve larvanın metabolik faaliyetlerinden etkilenebilir olmasından dolayı sonuçlar güvenilir olmayabilir. Fakat larvalarda atış artışı olup olmaması tespit edilebilirliğine dair güvenilir ve anlamlı sonuçlar kaydedilmiştir. Çevresel koşullar dışında analiz sisteminde de bazı mekanik problemlerle karşılaşılmış olması da deney çıktılarında beklenmedik değişikliklere sebep olmuş olabilir. Daha önce bahsedildiği gibi yumurtaların alımından ekimine kadar geçen yaklaşık 2-3 saatlik süre ve taşımadaki sıcaklık ve nem gibi etkenler yumurtaların kalitesini etkilemiş olabileceği için benzer çalışmalarda bu koşullar iyileştirilerek geliştirilebilir ve daha iyi sonuçlar alınabilir.

Sonuç olarak; Ateşli silahlar ve adli entomoloji-entomotoksikoloji daha gelişmiş araştırmalara açık alanlardır. Hem ülkemizde hem de dünya genelinde toksik ve narkotik maddelerle alakalı birçok entomoloji çalışması yapılmıştır. Fakat ASAA ile alakalı dünyada sayılı çalışma vardır. Ülkemizde, ilk kez adli anlamda ASAA ile entomolojik anlamda yapılan bu çalışmanın benzer çalışmalara öncü olabileceğine inanılmaktadır. Laboratuvar şartlarında yapılan bu çalışmanın rüzgâr ve diğer farklı koşulların değiştirilerek açık alanda gerçekleştirilebileceğini ve gerçek vakalara daha yakın sonuçlar elde edilebileceğini söylemek mümkündür. Dolayısı ile larvaların atış artıklarına olan maruziyetin ortaya koyulduğu bu çalışma ile adalet sistemine diğer delillerle birlikte yardımcı olacağı unutulmamalıdır.

6. KAYNAKÇA

1. Tüzün A, Yuksel S. Estimating Post-Mortem Interval in forensic entomology investigations. *Turkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*. 2007;4:23-32.
2. Açıköz N, Hancı İH, Çakır AH. Olay yerinden DNA analizi için biyolojik örnek toplama ve örneklerin laboratuvara gönderilme usulleri. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*. 2002;51(2).
3. Gelderman HT, Boer L, Naujocks T, ACM IJ, Duijst W. The development of a post-mortem interval estimation for human remains found on land in the Netherlands. *Int J Legal Med*. 2018;132(3):863-73.
4. Bugelli V, Gherardi M, Focardi M, Pinchi V, Vanin S, Campobasso CP. Decomposition pattern and insect colonization in two cases of suicide by hanging. *Forensic Sci Res*. 2018;3(1):94-102.
5. Roeterdink EM, Dadour IR, Watling RJ. Extraction of gunshot residues from the larvae of the forensically important blowfly *Calliphora dubia* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae). *Int J Legal Med*. 2004;118(2):63-70.
6. Amendt J, Krettek R, Zehner R. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. 2004;91(2):51-65.
7. Wolff M, Uribe A, Ortiz A, Duque P. A preliminary study of forensic entomology in Medellin, Colombia. *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):53-9.
8. Catts EP, Goff ML. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual review of Entomology*. 1992;37(1):253-72.
9. Verma K, Mp R. *Lucilia sericata* (Meigen) and *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) Development rate and its implications for forensic entomology. *Journal of Forensic Science and Medicine*. 2016;2:146.

10. Introna F, Campobasso CP, Goff ML. Entomotoxicology. *Forensic Science International*. 2001;120(1):42-7.
11. Chophi R, Sharma S, Sharma S, Singh R. Forensic entomotoxicology: Current concepts, trends and challenges. *J Forensic Leg Med*. 2019;67:28-36. doi: 10.1016/j.jflm.2019.07.010
12. Candan H. Türkiye deki ateşli silahlar ile işlenmiş suçlar ve ilgili istatistikler. *Asy Geç Dönem Komplikasyonlar*. 2016. p. 120-7.
13. Umut Vakfı- Türkiye silahlı şiddet haritası <http://www.umut.org.tr/istatistik-ve-raporlar/> (Son Erişim Tarihi 20.07.2021)
14. Melez DO, Esen Melez İE, Gülbeyaz H, Üzün İ. Ateşli silah yaralanmalarına bağlı ölümlerde orijin tespiti parametrelerinin değerlendirilmesi. *Adli Tıp Dergisi*, 2016; 30 (3): 222-236.
15. Yılmaz A. Ateşli silahlarla oluşan yaralanmalar. *TBB Dergisi*. 2004;50:167-178.
16. Aşıcıoğlu F, Seçkin Ç, Üner B, Kolusayın Ö. Çok sayıda ateşli silah yarası bulunan intihar olguları. *Adli Tıp Dergisi*. 1996;12(1-4):59-68.
17. Karagöz M, Karagöz SD, Atılğan M, Demircan C. Ateşli silah yaralanmasına bağlı 133 ölüm olgusunun incelenmesi. *The Bulletin of Legal Medicine*. 1996;1(3):122-6.
18. Aydın B, Çolak B. Samsun'da ateşli silahlara bağlı ölümler: 1999-2003. *Adli Tıp Dergisi*. 2005;19(3):11-6.
19. Kır M, Ketenci H, Başbulut A, Özsoy S. Erzurum'da ateşli silah yaralanmasına bağlı ölümlerin değerlendirilmesi. *Adli Tıp Dergisi* 2012; 26 (1): 27. 2012;37.
20. Şimşek Ü. Eskişehir ilinde 2009-2015 yılları arasında ateşli silah yaralanmasına bağlı ölüm olgularının değerlendirilmesi [Tıpta Uzmanlık Tezi]. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2017.
21. Azmak D, Altun G, Bilgi S, Yılmaz A. Firearm fatalities in Edirne, 1984–1997. *Forensic science international*. 1998;95(3):231-9.

22. Türkiye İstatistik Kurumu. Suç türü ve suçun işlendiği yere göre ceza infaz kurumundan çıkan hükümlüler: Ateşli silahlar ve bıçaklar ile ilgili suçlar <https://www.tuik.gov.tr/> (Son Erişim Tarihi 20.07.2021)
23. Zengin E, Karaca İ. Böceklerin ilaç olarak kullanılması. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2017;14(1):71-78.
24. Ögür E, Tuncer C. Küresel ısınmanın böceklere etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2011;26(1):83-90.
25. Chapman A. Numbers of living species in Australia nad the World. *Canberra: Australian Biological Resourcs Study*. ISBN 978-0-642-56850-2. 2006.
26. Ratcliffe BC. Scarab beetles in human culture. *The Coleopterists Bulletin*. 2006;60(sp5):85-101.
27. Baranyovits F. Cochineal carmine: an ancient dye with a modern role. *Endeavour*. 1978;2(2):85-92.
28. Kaymaz E, Ulema Ş. Yenilebilir böceklerin menülerde kullanılması üzerine bir araştırma-Kapadokya örneği. *Journal of Travel and Tourism Research*. 2020(14):46-63.
29. Işık N, Dik B. Bir köpekte *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae)'dan kaynaklanan travmatik myiasis olgusu. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*. 2015;31(4):242-4.
30. Yaman M, Zerek A. Miyaz sinekleri larvalarının yara tedavisinde kullanılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Dergisi*.8(32):20-8.
31. Polat E, Çakan H, İpek T. Larva debridement therapy (LDT). *Turkish Journal of Family Practice*. 2011;14(4):188-91.
32. Kılıç K, Arslan MÖ, Kara M. Kars' ta bir kadında *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae)'nın neden olduğu postoperatif yara myiasisi. *Türkiye Parazitol Derg*. 2011;35(1):43-6.

33. Akinci O, Sirekbasan S, Toksoy M, Ergun S. A case of breast myiasis caused by *Lucilia cuprina*. *American Journal of Medical Case Reports*. 2017;5(7):196-198.
34. Anderson M, Kaufman PE. Common green bottle fly or sheep blow fly *Lucilia sericata* (Meigen)(Insecta: Diptera: Calliphoridae). *EDIS*. 2011;2011(12).
35. Kökdener M. Ölüm zamanı tayininde adli entomolojik delillerin kullanımı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2016;5(3):105-10.
36. Gagliano-Candela R, Aventaggiato L. The detection of toxic substances in entomological specimens. *International Journal of Legal Medicine*. 2001;114(4):197-203.
37. Carvalho LMLd, Thyssen PJ, Linhares AX, Palhares FAB. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2000;95:135-8.
38. Benecke M, Lessig R. Child neglect and forensic entomology. *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):155-9.
39. Campobasso CP, Introna F. The forensic entomologist in the context of the forensic pathologist's role. *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):132-9.
40. Dadour IR, Cook DF, Fissioli J, Bailey WJ. Forensic entomology: application, education and research in Western Australia. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):48-52.
41. Klotzbach H, Krettek R, Bratzke H, Püschel K, Zehner R, Amendt J. The history of forensic entomology in German-speaking countries. *Forensic science international*. 2004;144(2-3):259-63.
42. Açıkgöz A. İnsan cesetleri üzerinden toplanan entomolojik delillerle ölüm zamanı tayini [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 2008.
43. Rodriguez WC, Bass WM. Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee. *Journal of forensic science*. 1983;28(2):423-32.

44. North PCIR. The Forensically Important Calliphoridae (INSECTA: DIPTERA) of: University of Florida; 2004.
45. Heaton V, Moffatt C, Simmons T. Quantifying the temperature of maggot masses and its relationship to decomposition. *Journal of forensic sciences*. 2014;59(3):676-82.
46. Kulshrestha P, Satpathy D. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):15-7.
47. Matuszewski S, Mağra-Bielewicz A. Heat production in a feeding matrix formed on carrion by communally breeding beetles. *Frontiers in zoology*. 2021;18(1):1-11.
48. Tümer AR, Heybet ER, Akçan R, Odabaşı AB, Lale A. İskeletleşmiş cesetlerde postmortem interval tayini. *Adli Tıp Dergisi*. 2016;30(1):71-6.
49. Faucherre J, Cherix D, Wyss C. Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions. *Journal of insect behavior*. 1999;12(5):687-90.
50. Greenberg B. Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Diptera: Calliphoridae). *Journal of medical entomology*. 1990;27(5):807-10.
51. Singh D, Bharti M. Further observations on the nocturnal oviposition behaviour of blow flies (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):124-6.
52. Smith K, Wall R. Asymmetric competition between larvae of the blowflies *Calliphora vicina* and *Lucilia sericata* in carrion. *Ecological Entomology*. 1997;22(4):468-74.
53. Spennemann DH, Franke B. Decomposition of human bodies and the interpretation of burials in the tropical Pacific. *Archaeology in Oceania*. 1995;30(2):66-73.
54. Campobasso CP, Di Vella G, Introna F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):18-27.
55. Benecke M. A brief history of forensic entomology. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):2-14.

56. Shishido H, Hardy D. Myiasis of new-born calves in Hawaii. *Proceedings Hawaiian Entomological Society*. 1969.
57. Erzinclioglu Z, Bunker S. Blowflies. Slough. *Richmond Publishing Co. Ltd*. 1996.
58. Sabanoğlu B, Sert O. Determination of Calliphoridae (Diptera) fauna and seasonal distribution on carrion in Ankara province. *Journal of forensic sciences*. 2010;55(4):1003-7.
59. Oliva A. Insects of forensic significance in Argentina. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):145-54.
60. Archer M, Elgar M. Yearly activity patterns in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. *Forensic Science International*. 2003;132(3):173-6.
61. Gaudry E, Myskowiak J-B, Chauvet B, Pasquerault T, Lefebvre F, Malgorn Y. Activity of the forensic entomology department of the French Gendarmerie. *Forensic science international*. 2001;120:68-71.
62. Bonacci T, Vercillo V, Benecke M. *Dermestes frischii* and *D. undulatus* (Coleoptera: Dermestidae) on a human corpse in southern Italy: first report*. *Romanian Journal of Legal Medicine*. 2017;25:180-4.
63. Segura NA, Usaquen W, Sanchez MC, Chuaire L, Bello F. Succession pattern of cadaverous entomofauna in a semi-rural area of Bogotá, Colombia. *Forensic Science International*. 2009;187(1-3):66-72.
64. Shin SE, Lee HJ, Park JH, Ko KS, Kim Y-H, Kim KR, et al. The first survey of forensically important entomofauna collected from medicolegal autopsies in South Korea. *BioMed Research International*. 2015; 2015: 606728.
65. Shin SE, Park JH, Jeong SJ, Park SH. The Growth Model of Forensically Important *Lucilia sericata* (Meigen)(Diptera: Calliphoridae) in South Korea. *Insects*. 2021;12(4):323.
66. Amin MR, Sinha SK. Progress of forensic entomology research in india from past to present. *Uttar Pradesh Journal Of Zoology*. 2018;38(2):53-64.

67. Günay CA. Francesco Redi'nin biyogenez deneyi. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*. 2019;1(3):144-7.
68. Wallace D. Evolution of forensic entomotoxicology. *Toxicol Forensic Med Open J*. 2017; SE(1): Se1-Se4.
69. Turchetto M, Lafisca S, Costantini G. Postmortem interval (PMI) determined by study sarcophagous biocenoses: three cases from the province of Venice (Italy). *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):28-31.
70. Kondakci GO, Bulbul O, Shahzad MS, Polat E, Cakan H, Altuncul H, et al. STR and SNP analysis of human DNA from *Lucilia sericata* larvae's gut contents. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*. 2009;2(1):178-9.
71. Kondakçı GO. Adli bilimlerde *Lucilia sericata* larvalarının kullanımı [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü; 2009.
72. Yuca P. İstanbul, Pendik ilçesi Akfırat beldesi'nde adli entomoloji'de kullanılan sinek türlerinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü; 2009
73. Darı S. Adli bilimlerde *Lucilia sericata* larvalarının entomotoksikolojik çalışmalarda kullanılması [Doktora Tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü;2019.
74. Gülperçin N. Coleoptera (Insecta) takımına bağlı böceklerin filogenisi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2013;15(2):29-39.
75. Altunsoy F, Turan Y, Fırat S, Osman S. Differences in succession of Coleoptera species attracted to pig carcasses in rural and urban habitats in Eskişehir Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*. 2017;41(2):177-95.
76. Açıkgöz HN. Adli entomoloji. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*. 2010; 34 (3):216221.

77. Bugelli V, Campobasso CP, Zehner R, Amendt J. How should living entomological samples be stored? *Int J Legal Med.* 2019;133(6):1985-94.
78. Balcı Y, Eryürük M. Adli raporların hazırlanmasında temel kurallar, kavramlar; hukuki ve tıbbi açıdan hekim sorumluluğu. Editörler: Prof. Dr. Sermet Koç, Yrd. Doç. Dr. Muhammet Can. 2009:93.
79. Mathur A, Agrawal YK. An overview of methods used for estimation of time since death. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 2011;43(4):275-85.
80. Payne-James J, Jones R. Simpson's forensic medicine: CRC Press; 2019.
81. Thierauf A, Musshoff F, Madea B. Post-mortem biochemical investigations of vitreous humor. *Forensic science international.* 2009;192(1-3):78-82.
82. Holowach-Thurston J, Hauhart RE, Jones EM, Ikossi MG, Pierce RW. Decrease in brain glucose in anoxia in spite of elevated plasma glucose levels. *Pediatric research.* 1973;7(8):691-5.
83. Fekete JF, Kerenyi NA. Postmortem blood sugar and blood urea nitrogen determinations. *Canadian Medical Association Journal.* 1965;92(18):970.
84. Reed Jr H. A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects. *American midland naturalist.* 1958:213-45.
85. Payne JA. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology.* 1965;46(5):592-602.
86. Galloway A, Birkby WH, Jones AM, Henry TE, Parks BO. Decay rates of human remains in an arid environment. *Journal of Forensic Science.* 1989;34(3):607-16.
87. Merritt RW, Wallace JR. The role of aquatic insects in forensic investigations. *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations.* 2001:177-222.
88. Özsoy S, Cantürk N, Cantürk G, Demirel B. Two Adipocere Cases. *J For Med.* 2016;30(1):91-7.

89. Mathur A, Agrawal YK. An overview of methods used for estimation of time since death. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2011;43(4):275-85.
90. Joseph I, Mathew DG, Sathyan P, Vargheese G. The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *J Forensic Dent Sci*. 2011;3(2):89-91.
91. Liu X, Shi Y, Wang H, Zhang R. Determination of malathion levels and its effect on the development of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) in South China. *Forensic science international*. 2009;192(1-3):14-8.
92. Zanetti NI, Ferrero AA, Centeno ND. Determination of fluoxetine in *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae) by a spectrophotometric method. *Science & Justice*. 2016;56(6):464-7.
93. Fedakar R. Entomotoksikoloji. *J For Med*. 2003;17(1):69-73.
94. Gosselin M, Wille SMR, Fernandez MdMR, Di Fazio V, Samyn N, De Boeck G, et al. Entomotxicology, experimental set-up and interpretation for forensic toxicologists. *Forensic Science International*. 2011;208(1):1-9.
95. Gosselin M, Di Fazio V, Wille S, Fernandez M, Samyn N, Bourel B, et al. Methadone determination in puparia and its effect on the development of *Lucilia sericata* (Diptera, Calliphoridae). *Forensic science international*. 2011;209:154-9.
96. Yan-Wei S, Xiao-Shan L, Hai-Yang W, Run-Jie Z. Effects of malathion on the insect succession and the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in the field and implications for estimating postmortem interval. *Am J Forensic Med Pathol*. 2010;31(1):46-51.
97. Tracqui A, Keyser-Tracqui C, Kintz P, Ludes B. Entomotxicology for the forensic toxicologist: much ado about nothing? *Int J Legal Med*. 2004;118(4):194-6.

98. Campobasso CP, Gherardi M, Caligara M, Sironi L, Introna F. Drug analysis in blowfly larvae and in human tissues: a comparative study. *Int J Legal Med.* 2004;118(4):210-4.
99. Mullany C, Keller PA, Nugraha AS, Wallman JF. Effects of methamphetamine and its primary human metabolite, p-hydroxymethamphetamine, on the development of the Australian blowfly *Calliphora stygia*. *Forensic Sci Int.* 2014;241:102-11.
100. Malejko J, Deoniziak K, Tomczuk M, Długokencka J, Godlewska-Żyłkiewicz B. Puparial cases as toxicological indicators: bioaccumulation of cadmium and thallium in the forensically important blowfly *Lucilia sericata*. *Frontiers in Chemistry.* 2020;8(1075): 586067.
101. Ishak N, Hassan A, Siti-Azizah M, Nor M, Ahmad A. Developmental cycle and growth of *Lucilia Cuprina* (Diptera: Calliphoridae) fed on heroin: implications for Post-Mortem Interval (PMI) estimation in forensic investigations. *ESTEEM Academic Journal.* 2018;14:63-71.
102. Galil FMAA, Zambare SP, Al-Mekhlafi FA, Al-Keridis LA. Effect of dimethoate on the developmental rate of forensic importance Calliphoridae flies. *Saudi Journal of Biological Sciences.* 2021;28(2):1267-71.
103. Altunsoy F, Akay F, Önsoy C. Preliminary observations of the effects of lorazepam on the development of *Calliphora vicina* and *Calliphora loewi* (Diptera: Calliphoridae) and PMI estimation. *Anadolu University Journal of Science and Technology –C Life Sciences and Biotechnology.* 2015;3:45.
104. Carvalho LM, Linhares AcX, Trigo JR. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. *Forensic Science International.* 2001;120(1-2):140-4.
105. Musvasva E, Williams K, Muller W, Villet MH. Preliminary observations on the effects of hydrocortisone and sodium methohexital on development of *Sarcophaga (Curranella) tibialis*

Macquart (Diptera: Sarcophagidae), and implications for estimating post mortem interval. *Forensic science international*. 2001;120(1-2):37-41.

106. Sohal RS, Lamb RE. Storage-excretion of metallic cations in the adult housefly, *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*. 1979;25(2):119-24.

107. Sohal RS, Lamb RE. Intracellular deposition of metals in the midgut of the adult housefly, *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*. 1977;23(11):1349-54.

108. Nuorteva P, Nuorteva S-L. The fate of mercury in sarcosaprophagous flies and in insects eating them. *Ambio*. 1982:34-7.

109. Stærkeby M. Dead larvae of *Cynomya mortuorum* (L.)(Diptera, Calliphoridae) as indicators of the post-mortem interval—a case history from Norway. *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):77-8.

110. Bourel B, Tournel G, Hedouin V, Deveaux M, Goff ML, Gosset D. Morphine extraction in necrophagous insects remains for determining ante-mortem opiate intoxication. *Forensic Science International*. 2001;120(1-2):127-31.

111. Pai C-Y, Jien M-C, Li L-H, Cheng Y-Y, Yang C-H. Application of forensic entomology to postmortem interval determination of a burned human corpse: a homicide case report from southern Taiwan. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2007;106(9):792-8.

112. Rashid RA, Osman K, Ismail MI, Zuha RM, Hassan RA. Determination of malathion levels and the effect of malathion on the growth of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) in malathion-exposed rat carcass. *Trop Biomed*. 2008;25(3):184-90.

113. Simkiss K, Daniels S, Smith R. Effects of population density and cadmium toxicity on growth and survival of blowflies. *Environmental Pollution*. 1993;81(1):41-5.


114. Singh D, Bhupinderjit K. Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. *J Forensic Sci Criminal Invest*. 2017;3(555622):10.19080.

115. Schmidt GH, Ibrahim NMM, Abdallah MD. Long-term effects of heavy metals in food on developmental stages of *Aiolopus thalassinus* (Saltatoria: Acrididae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1992;23(3):375-82.
116. Ortel J. Metal-supplemented diets alter carbohydrate levels in tissue and hemolymph of gypsy moth larvae (*Lymantria Dispar*, lymantriidae, lepidoptera). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1996;15(7):1171-6.
117. Cervera A, Maymó AC, Sendra M, Martínez-Pardo R, Garcerá MD. Cadmium effects on development and reproduction of *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae). *Journal of Insect Physiology*. 2004;50(8):737-49.
118. Sildanchandra W, Crane M. Influence of sexual dimorphism in *Chironomus riparius* Meigen on toxic effects of cadmium. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2000;19(9):2309-13.
119. Magni PA, Pacini T, Pazzi M, Vincenti M, Dadour IR. Development of a GC–MS method for methamphetamine detection in *Calliphora vomitoria* L. (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*. 2014;241:96-101.
120. Magni PA, Pazzi M, Vincenti M, Alladio E, Brandimarte M, Dadour IR. Development and validation of a GC–MS method for nicotine detection in *Calliphora vomitoria* (L.) (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*. 2016;261:53-60.
121. Magni PA, Pazzi M, Droghi J, Vincenti M, Dadour IR. Development and validation of an HPLC-MS/MS method for the detection of ketamine in *Calliphora vomitoria* (L.) (Diptera: Calliphoridae). *J Forensic Leg Med*. 2018;58:64-71.
122. Trivia AL, de Carvalho Pinto CJ. Analysis of the effect of cyclophosphamide and methotrexate on *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of forensic sciences*. 2018;63(5):1413-8.

123. Boulkenafet F, Dob Y, Karroui R, Al-Khalifa M, Boumrah Y, Toumi M, et al. Detection of benzodiazepines in decomposing rabbit tissues and certain necrophagic dipteran species of forensic importance. *Saudi journal of biological sciences*. 2020;27(7):1691-8.
124. Bárbara GdO, Silva-Neto HdA, Coltro WK, Rocha TL, Lopes WR. Lead toxicity in *Lucilia cuprina* and electrochemical analysis: a simple and low-cost alternative for forensic investigation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2021;413(12):3201-8.
125. Lago L, Schaeffer LS, Szymanski DW, Smith RW. Detection of gunshot residue in blowfly larvae and decomposing porcine tissue using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *J Forensic Sci*. 2010;55(3):624-32.
126. Berryman HE, Kutyla AK, Russell Davis J, 2nd. Detection of gunshot primer residue on bone in an experimental setting-an unexpected finding. *J Forensic Sci*. 2010;55(2):488-91.
127. Udey RN, Hunter BC, Smith RW. Differentiation of bullet type based on the analysis of gunshot residue using inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Forensic Sci*. 2011;56(5):1268-76.
128. Taborelli A, Gibelli D, Rizzi A, Andreola S, Brandone A, Cattaneo C. Gunshot residues on dry bone after decomposition--a pilot study. *J Forensic Sci*. 2012;57(5):1281-4.
129. Rashid RA, Arifuddin N, Ahmad NW, editors. Blowfly, *Chrysomya megacephala* as an alternative specimen in determination of gunshot residue. 2012 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications; 2012 23-26 Eylül. 2012.
130. Motta LC, Vanini G, Chamoun CA, Costa RA, Vaz BG, Costa HB, et al. Detection of Pb, Ba, and Sb in Blowfly Larvae of Porcine Tissue Contaminated with Gunshot Residue by ICP OES. *Journal of Chemistry*. 2015;2015:1-6.
131. Costa RA, Dos Santos NA, Correa TSM, Wyatt NLP, Chamoun CA, Carneiro M, et al. Detection of Pb, Ba, and Sb in cadaveric maggots and pupae by ICP-MS. *J Forensic Sci*. 2020;65(6):2188-93.

132. Whitworth T. Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of the West Indies and description of a new species of *Lucilia* Robineau-Desvoidy. *Zootaxa*. 2010;2663(1):1–35.
133. Özdal N, Değer S. Van ve yöresinde travmatik myiasis larvalarının gelişmeleri ve identifikasyonları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2005;16(2):81-5.
134. Szpila K, editor Key for identification of European and Mediterranean blowflies (Diptera, Calliphoridae) of forensic importance third instars. *Workshop Manual*; 2010.
135. Diakova AV, Schepetov DM, Oyun NY, Shatalkin AI, Galinskaya TV. Assessing genetic and morphological variation in populations of Eastern European *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *European Journal of Entomology*. 2018;115:192-7.
136. Williams KA, Villet MH. Morphological identification of *Lucilia sericata*, *Lucilia cuprina* and their hybrids (Diptera, Calliphoridae). *ZooKeys*. 2014(420):69.
137. Can M, Üner HB, Koç S, Tok M. MKE kurumu yapımı tabanca mermileriyle yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometre yöntemiyle tespiti. *Adli Tıp Bülteni*. 2005:1(10);5-14.

EK-1: Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje Özet Raporu

 <p style="text-align: center;">T.C.İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ- CERRAHPAŞA Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi</p> <p style="text-align: center;">PROJE ÖZET RAPORU</p>			
Proje Yürütücüsü	Doç.Dr. Hüseyin ÇAKAN		
Proje Kodu	FYL-2020-34583		
Proje Başlığı	Adli Bilimlerde ICPMS Yöntemiyle Lucilia sericata Larvalarında Ateşli Silah Atış Artığı Araştırılması		
Proje Türü	Yüksek Lisans Tez		
Proje Grubu	Fen ve Mühendislik		
Süresi (Ay)	18		
Proje Durumu	Yürüyen Proje		
Başvuru Tarihi	9.1.2020	Muhtemel Bitiş Tarihi	7.08.2021
Başlangıç Tarihi	7.2.2020	Bitiş Tarihi	
Ek Süre 1 (Ay)		Ek Süre 2 (Ay)	
Onaylanan Bütçesi	14.997,56 ₺		
Ek Ödenek 1	0,00 ₺		
Ek Ödenek 2	0,00 ₺		
Ek Ödenek 3	0,00 ₺		
Toplam Bütçe	14.997,56 ₺	Gerçekleşen Harcama	14.278,00 ₺

**EK-2. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve
Araştırma Merkezi Ortaklaşa Çalışma Dilekçesi**

İÜC Tarih ve Sayı: 18.03.2021-56041



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
REKTÖRLÜĞÜ
Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve
Araştırma Merkezi Müdürlüğü**



Sayı :E-60353297-302.08.01-56041
Konu :Merve ÇİL'in Tez Çalışması Hk.

ADLI TIP VE ADLI BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 19.02.2021 tarihli ve 35710 sayılı yazınız.

İlgi yazınıza istinaden, Enstitünüz Fen Bilimleri Anabilim Dalının 2802180011 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Merve ÇİL'in "Adli Bilimlerde ICP-MS Yöntemiyle Lucilia Sericata Larvalarında Ateşli Silah Atış Artığı Araştırılması" konulu tez çalışmasını İÜC Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezimizce ortaklaşa çalışılması uygundur.

Doç. Dr. Erdal POLAT
Merkez Müdürü

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Değıştirme Kodu: 86091A1V3K Pln Kodu: 01512

Belge Takip Adresi: <https://www.zatkiye.gov.tr/istanbul-cerrahpaşa-universitesi-ilyc/86091A1V3K>

Adres: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Rektörlüğü, 34320 Avcılar-İstanbul

Tel:0212 404 03 00 Faks:0212 404 07 01

Web: <https://www.istanbulc.edu.tr>

Kap Adresi: ilyc@hu01.iup.tr

Bilgi İçi: Merve GÖKALAN

Unvanı: Sineç Uygulama Personeli



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

MERVE ÇİL

KİŞİSEL BİLGİLER

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Eskişehir

EĞİTİM DURUMU

- 2018- 2021 İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü (Tezli Yüksek Lisans)
- 2017-2018 Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü Adli Antropoloji (Özel Öğrenci)
- 2013-2017 Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü (Lisans)

YABANCI DİL

İngilizce (Konuşma: iyi, Okuma: iyi, Yazma: iyi)

İspanyolca (Başlangıç)

Almanca (Başlangıç)