

ADLİ ÖNEMİ OLAN BÖCEK TÜRLERİNDEN *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE)'NİN FARKLI SICAKLIKLARDA GELİŞİM SÜRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

RESEARCH ON DEVELOPMENT PERIODS OF FORENSICALLY IMPORTANT SPECIES *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) AT DIFFERENT TEMPERATURES

MELİKE TOPÇULAR

DOÇ. DR. OSMAN SERT

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2014

MELİKE TOPÇULAR'IN hazırladığı 'Adli Önemi Olan Böcek Türlerinden *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Calliphoridae)'nın Farklı Sıcaklıklarda Gelişim Sürelerinin Araştırılması' adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ertunç GÜNDÜZ

Başkan

Doç. Dr. Osman SERT

Danışman

Doç Dr. Selma ÇALIŞKAN

Üye

Doç. Dr. Ferhat ALTUNSOY

Üye

Yrd. Doç. Dr. Yakup ŞENYÜZ

Üye

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma Sevin DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13/06/2014

MELİKE TOPÇULAR

ÖZET

ADLİ ÖNEMİ OLAN BÖCEK TÜRLERİNDEN *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE)'NIN FARKLI SICAKLIKLARDA GELİŞİM SÜRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Melike TOPÇULAR

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Osman SERT

Haziran 2014, 45 Sayfa

Bu çalışma, adli entomolojide ölüm sonrası zaman (ÖSZ) tahmininde kullanılan *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) türünün gelişim evrelerinin daha önce literatürde bulunmayan 15°C ve 18°C sıcaklıklarda deneysel olarak yetiştirilmesi ile ortaya çıkan ADH verileri ve belirtilen sıcaklıklarda ADH'nin teorik olarak hesaplanması arasında bir farklılık olup olmadığının tespitine yöneliktir. Ayrıca en düşük gelişim sıcaklığı olarak belirlenen 8°C'deki gelişimin hangi evreye kadar sürdüğünün belirlenmesi de amaçlanmıştır. Adı geçen sıcaklıklarda yumurta, 1. larva, 2. larva, 3. larva ve pupa dönemlerinin süreleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu süreler literatürde bulunan diğer veriler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler sonucu hesaplanan ADH deneysel ve teorik hesaplamalar bakımından farklılıklar göstermiştir. Bu tez çalışması da her ülkenin kendi popülasyonlarındaki farklılığa bağlı olarak ortaya çıkan sapmaları tespit edecek veri setini oluşturması açısından bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adli entomoloji, sıcaklık, gelişim evreleri, *C. vomitoria*, ÖSZ, ADH.

ABSTRACT

RESEARCH ON DEVELOPMENT PERIODS OF FORENSICALLY IMPORTANT SPECIES *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) AT DIFFERENT TEMPERATURES

Melike TOPÇULAR

Master, Department of Biology

Supervisor: Doç. Dr. Osman SERT

June 2014, 45 Pages

This study involves development stages of *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) species using forensic entomology to estimate after time of death at 15°C and 18°C temperatures and these temperatures are not be found in literature. Values which were obtained from result of experiments and ADH values which were calculated with formula at these temperatures were compared with each other. In addition, other aim was that development would continue at 8°C that is lowest development threshold or would not. Time of development stages that is egg, 1st instar, 2nd instar, 3rd instar and pupae were determined at these temperature separately. Also, these determined time was compared with values in literature. Consequently, experiment's results differed from calculated values. This study provides a basis to data set for deviation of development stages depending on differences in the populations of each country.

Key words: Forensic entomology, temperature, development stages, *C. vomitoria*, PMI, ADH.

TEŞEKKÜRLER

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca bana değerli düşünceleri ve bilgisi ile yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Osman SERT'e,

Tez deneylerini beraber yürüttüğümüz, yardımını, hoşgörüsünü ve desteğini sadece eğitim hayatımda değil, tüm yaşamım boyunca hissettiren dostum Merve DİNAR'a,

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca desteklerini hiç esirgemeyen, yardımlarıyla ve tecrübeleriyle hep yanımda olan değerli hocalarım doktora öğrencisi Yavuz TURAN, Araş. Gör. Dr. Burcu ŞABANOĞLU ve Araş. Gör. Dr. Senem FIRAT'a,

Tez çalışmalarında ve yazımı sırasında yardımlarıyla ve gösterdikleri destekleriyle hep yanımda olan dostlarım Seçil BÜYÜKKAFADAR ve Özgür ŞAHİNER'e,

Her zaman bilgi ve tecrübeleri ile tüm üniversite hayatımda yanımda olan Doç. Dr. Mahmut KABALAK ve Yrd. Doç. Dr. Fatih DİKMEN'e,

Deneyi yürütebilmemizde büyük emeği geçen değerli hocam Doç. Dr. Ferhat ALTUNSOY'a,

Tüm tez çalışmam boyunca destekleri ile yanımda olan Esra Durmaz, Hüseyin Ali BOLAT, Gülşah ÖRSEL, Esmâ EREN, Seda ÖN, Ömer ŞAHİN, Gökhan ERGAN'a ve gösterdikleri hoşgörü için tüm iş arkadaşlarıma,

Tüm hayatım boyunca beni koşulsuz destekleyen ve hep yanımda olduklarını bildiğim annem, babam ve ablama,

En içten dileklerimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER.....	vi
ŞEKİLLER.....	vii
KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Adli Entomoloji Nedir?	1
1.2. Adli Entomoloji'nin Tarihi	2
1.3. Cesedin Çürüme Aşamaları Ve Süksesyon.....	3
1.4. Süksesyona Etki Eden Faktörler.....	8
1.4.1. Coğrafi Dağılım.....	9
1.4.2. Mevsim Etkisi.....	10
1.4.3. Sıcaklık Ve Nem Etkisi.....	10
1.4.4. Süksesyon Üzerindeki Diğer Etkenler.....	10
1.5. Calliphoridae Familyasının Özellikleri	11
1.5.1. <i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus, 1758) Biyolojisi ve Morfolojisi	15
1.6. Calliphoridae Familyası Üzerinde Sıcaklığın Etkisi ve Yapılan Çalışmalar.....	18
2. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3. BULGULAR	24
3.1. 15°C'de <i>C. vomitoria</i> 'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri.....	24
3.2. 18°C'de <i>C. vomitoria</i> 'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri.....	29
3.3. 8°C'de <i>C. vomitoria</i> 'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri.....	34
4. TARTIŞMA.....	35
KAYNAKLAR.....	40

ÖZGEÇMİŞ.....	45
---------------	----

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1.1. Leşin Çürüme Aşamalarının Araştırmacılara Göre Evreleri.....	4
Çizelge 1.2. Tomberlin ve ark.'nın Omurgalı Leşi Çürüme Aşamaları.....	7
Çizelge 3.1.1. 15°C İçin Deney Sonuçları	26
Çizelge 3.1.2. Greenberg ve Tantawi'nin 12,5°C Sıcaklık Verisi ile Karşılaştırma.....	27
Çizelge 3.2.1. 18°C İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	32
Çizelge 3.2.2. Greenberg ve Tantawi'nin 23°C Sıcaklık Verisi ile Karşılaştırma.....	32
Çizelge 3.2.3. Marchenko'nun Elde Ettiği Veriler ile Karşılaştırma	33

ŞEKİLLER

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Pupalar	14
Şekil 1.2. Açılmış Pupalar	14
Şekil 1.3. Ergin <i>C. vomitoria</i> (Lateralden), Başın Posterioründeki Turuncu Kıllar. 16	16
Şekil 1.4. Erginin Dorsalden Görünümü, Thoraks	16
Şekil 1.5. Başın ve Thoraksın Lateralden Görünümü	17
Şekil 1.6. Abdomenin Metalik Görüntüsü	17
Şekil 2.1. Leica MZ 16 A Binoküler Stereoskopik Mikroskop.....	23
Şekil 2.2. Sanyo MIR-253 Marka Soğutmalı İnkübatör.....	23
Şekil 3.1.1. Yumurta	24
Şekil 3.1.2. 1. Dönem Larva Postspirakül.....	24
Şekil 3.1.3. 2. Dönem Larva Postspirakül.....	25
Şekil 3.1.4. 3. Dönem Larva Postspirakül.....	25
Şekil 3.1.5. Prepupa ve Daha İleri Dönemlerdeki Pupalar.....	26
Şekil 3.2.1. Yumurta	29
Şekil 3.2.2. 1. Dönem Larva Postspirakül.....	29
Şekil 3.2.3. 2. Dönem Larva Postspirakül.....	30
Şekil 3.2.4. 3. Dönem Larva Postspirakül.....	30
Şekil 3.2.5. Prepupa	31
Şekil 3.2.6. Gelişimin Farklı Dönemlerine Ait Pupalar	31
Şekil 3.3.1. Açılmayan Yumurtaların Görüntüsü.....	34

KISALTMALAR

ÖSZ : Ölüm sonrası zaman

ADH: Accumulated degree hour

ADD: Accumulated degree day

1. GİRİŞ

1.1. Adli Entomoloji Nedir?

Arthropoda şubesi içerisinde yer alan yüzlerce tür cesetleri besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu böcek türleri, biyolojik tercihlerine ve cesedin bozunma aşamalarına bağlı olmak üzere ceset üzerinden beslenip, gelişimlerini sürdürebilmektedirler. Adli entomoloji, arthropodların özellikle böceklerin yaşam döngülerinin kullanılmasıyla adli olayların aydınlatılmasına yardımcı olan adli bilim dallarından biridir [1].

Böceklerin tanımlanmış türlerin en az 5'te 4'ünü oluşturduğu ve toplam tür sayısının yaklaşık 2.000.000 olduğu tahmin edilmektedir [2]. Böcekler dünya üzerinde 350 milyon yıldır yaşamakta ve bu zaman dilimi boyunca hemen hemen her türlü habitata uyum sağlamak için evrimleşmektedirler. Bu evrimleşme ile kazandıkları özellikler sayesinde çok farklı besin kaynaklarına yönelebilirler. Bitkilerle ve bu bitkilerin tüm kısımlarıyla, diğer böceklerle ve küçük arthropodlarla beslenebilirler [3]. Adli entomoloji için önemli olan bir diğer besin kaynağı ise omurgalı leşleridir [4].

Algor mortis, livor mortis ve rigor mortis analizleri gibi yöntemler ile kesine yakın biçimde ölüm sonrası zaman sadece ilk 2 ya da 3 gün içinde hesaplanabilir. Buna karşın cesetten beslenen böcekler yardımıyla ölüm sonrası zaman tahmini ilk günden itibaren bir kaç haftaya kadar ayrıntılı şekilde hesaplanabilir. Ölüm sonrası zaman ilerledikçe entomolojik verilerin kullanılması daha kesin cevaplar bulmaya yardımcı olmaktadır [5].

Bir ölüm olayında akla gelen sorulardan biri ölümün gerçekleştiği zamandır [6]. Cesede gelen holometabol başkalaşım gösteren bazı böcek gruplarının hayat döngülerinin incelenmesiyle ve incelenen bu dönemlerin belirli sıcaklıklarda gelişim sürelerinin bilinmesiyle ölüm sonrası zaman tahmini (PMI) yapılabilmektedir [4]. Ayrıca tüm entomolojik veriler, ölüm sonrası zaman tahminine, ölümden önce herhangi bir kimyasal kullanımı olup olmadığına ya da cesedin yer değiştirip değiştirmediğine ait sorulara da cevap verebilirler [7].

1.2. Adli Entomoloji'nin Tarihi

Böceklerin adli olarak kullanımı ilk olarak 13. yy' da Çin'de meydana gelen bir olay sonucudur. Bir çiftçinin öldürülmesi üzerine köylülerin orakları incelenmiş ve bir orağın üzerinde ergin sineklerin toplandığı görülmüştür, yakından bakıldığında ise kurumuş kan görülmüştür. Orağın sahibi cinayetle suçlanmış ve cinayeti itiraf etmiştir [1].

Bozulan cesetlerin üzerindeki faunal süksesyona ait ilk çalışmalar 1600'lerin ortalarında yapılmıştır. Francesco Redi 1668'de etlerin üzerinde "kendiliğinden oluştuğu" sanılan kurtçukların aslında sinek yumurtaları olduğunu bulmuştur [8].

1690'da Blankaart böceklerin metamorfoz geçirdiğini gözlemlemiştir, 1829'da Mende içerisinde sineklerin ve kınkanatlıların bulunduğu nekrofaj türlerin listesini hazırlamış, Krahar ise 1857'de ölüm sonrası zaman tahminindeki imkanları ve problemleri tanımlamıştır; bunlardan bazıları bugünde hala kullanılmaktadır [5].

Adli entomolojinin kullanıldığı dikkat çeken olaylardan bir tanesi de yeni doğan bir bebeğin cinayet olayıdır. Bebeğin mumyalanmış cesedi 1850'de evin tamiratı sırasında bir baca içinde bulunmuştur. Dr. Marcel Bergeret cesedi otopsiye götürmüş ve leş sineği larvaları ve güve bulmuştur. Bebeğin cesedinin 1848'de kapatıldığı ve güvelerin ise 1849'da cesede ulaştığı sonucuna varmıştır. Bu ölüm sonrası zaman tahmini sonucu ile evin şimdiki sahiplerinin suçsuz, 1848'den önce oturanların ise suçlu olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak bugün olayın çözümünde bazı yanlışlıkların yapıldığı bilinmektedir [5, 6, 9].

Adli entomolojinin tarihinde bir sonraki dikkat çeken nokta ise Mégnin'in 1894'te yaptığı gözlemlerin sonucudur. Mégnin ölümden sonra insan cesedi üzerindeki böcek süksesyonunu incelemiş ve bozulmayı 8 evre olarak gözlemlemiştir. Bulduğu sonuçları '*La Faune des Cadavres: Application de l'Entomologie à la Médecine Légale*' adlı tez çalışmasında yayınlamıştır [9].

Reinhard 1882'de ve Schmitz 1928'de mezar faunasını, Hauser 1926'da ve Schneider 1936'da cesetlerin iskeletleşmesini, Horoszkiewiez 1902'de böceklerin cesette yol açtığı modifikasyonları incelemişlerdir. Leclercq ve Leclercq Nuorteva ve Nuorteva ve ark. ise Avrupa'da adli entomolojiyi kullanarak ölüm sonrası zaman tahmini yapmışlardır. Reiter ve Wolleneck ve Reiter *Calliphora vicina* türüne ait

çalışmalarını yayınlamışlardır [5]. Greenberg bir kaç türün belli sıcaklıklarda gelişim sürelerini yumurta, 1. larva, 2. larva, 3. larva ve pupa olmak üzere ayrı ayrı hesaplamıştır [10]. Yine Greenberg'in, Tantawi ile birlikte 1993'te bazı türlerin yaşam evrelerinin gelişim sürelerinin hesaplandığı benzer çalışmaları bulunmaktadır [11].

Türkiye'de adli entomoloji alanında yapılan ilk çalışmalardan biri 2002 yılında Hacettepe Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Köpek leşi üzerinde 2 aylık bir dönem içerisinde leşin çürüme aşamaları incelenmiş ve fauna belirlenmiştir [12]. 2006 yılında Ankara ili içerisinde 12 domuzun kullanıldığı bir yıl süren "Ankara İli'nde (Merkez İlçe) Leş Üzerindeki Calliphoridae (Diptera) Faunasının Belirlenmesi ve Morfolojilerini Sistemik Yönden İncelenmesi" ve "Ankara İli'nde (Merkez İlçe) Leş Üzerindeki Coleoptera Faunasının Belirlenmesi ve Morfolojilerinin Sistemik Yönden İncelenmesi" adlı iki tez çalışması yayınlanmıştır [13, 14]. Daha sonra 2012 yılında yine Hacettepe Üniversitesi'nde "Adli Bakımdan Önemli Olan Böcek Gruplarından, Calliphoridae Familyasına Ait *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) ve *Chrysomya albiceps* (Wieddemann, 1819) Türlerinin Pupa Dönemindeki Gelişimlerinin İncelenmesi" ve "Adli Önemi Olan Böcek Türlerinden *Lucilia sericata*'nın (Diptera: Calliphoridae) Pupa Gelişim Sürecinin İncelenmesi" adlı pupaların incelendiği 2 tez çalışması yayınlanmıştır [15, 16].

1.3. Cesedin Çürüme Aşamaları ve Süksesyon

Cesedin bozulma aşamaları, ölüm sonrası zaman tahmini için entomolojinin kullandığı temel durumlardan biridir [17]. Bu bozulma aşamalarını incelemek ve süksesyonu araştırmak için yapılan çalışmaların sadece bir kaçında insan cesedi kullanılmıştır [18, 19, 20]. Rodriguez ve arkadaşlarının [18] belirttiğine göre, cesedin çürümesini etkileyen en önemli 3 çevresel faktör; sıcaklık, böcek süksesyonu ve gömülme derinliğidir. Açık yaraların oluşu da çürümeyi hızlandırmaktadır.

Galloway ve ark. [19], larvaları ve kınkanatlıları da içeren böcek aktivitesinin çürümeyi hızlandığı ama cesedin konumunun, hava ve mevsimin durumunun ve yumuşak dokunun ulaşılabilirliğinin de çürümeyi hızlandığını

gözlemlenmişlerdir. Karnivor ve diğer leşçillerin varlığı, cesetin kıyafetli olması veya üstünün kapalı olması da çürümeyi etkileyen faktörlerdendir.

Yapılan araştırmaların bir kısmı balık, küçük sürüngen, kuş, fare, tavşan gibi hayvanlar üzerinde olurken [21, 22, 23, 24], çoğu domuzlar üzerinde yapılmıştır [20, 25]. Domuzlar, vücutlarının nispeten kılsızlığı, boyutları, omnivor oldukları için bağırsak faunaları, deri altı yağ tabakalarının insana benzer oluşu nedeniyle bu deneyler için uygun model olarak kabul görmektedir [17, 26].

Çizelge 1.1. Leşin çürüme aşamalarının araştırmacılara göre evreleri.

Reed, 1958	Taze Evre	Şişmiş Evre	Çürüme Evresi		Kuruma	Evresi
Payne, 1965	Taze evre	Şişmiş Evre	Aktif Çürüme Evresi	İleri Çürüme Evresi	Kuru Evre	Artık Evre
Galloway ve ark., 1989	Taze Evre	Erken Çürüme	İleri	Çürüme	İskeletleşme	İskeletin Çürümesi

Leşin çürüme aşamasının belirlenmesi için yapılan araştırmalarda farklı sayıda evreler ortaya çıkmaktadır [Çizelge 1.1]. Reed 1958 yılında çürümenin 4 aşamada olduğunu belirtmiştir [27]. İlk evre taze evredir ve ölümden itibaren şişmiş evrenin erken safhasına kadar devam eder. İkinci evre şişmiş evredir, şişkinliğin başlaması ve bitişiyile gözlemlenebilir. 3. aşama çürüme evresidir ve aerobik protein parçalanmasını kolaylaştırmak üzere içeriye oksijen girişi sağlamak için deri bir kaç bölgeden çatlar. Son evre kuru evredir. Başlangıç ve bitişini diğer evreden ayırt etmek güçtür ama genel olarak oldukça az doku kalıntısı vardır ve kurudur. Payne [25] çürüme için 6 aşama belirlemiştir. Bu aşamalar sırayla taze evre, şişmiş evre, aktif çürüme evresi, ileri çürüme evresi, kuru evre ve artık evredir. Her evre için farklı arthropodların cesede ulaştığını ve cesedin bozulma hızının bu hayvanların varlığı yanında, sıcaklığa, cesedin fiziksel özelliklerine ve ekolojik koşullara da bağlı olduğunu gözlemiştir. Rodriguez ve Bass, çürüme ve böcek aktivitesi ilişkisinin incelendiği çalışmalarında Reed'in 4 aşamasını kullanmışlardır. Buna ek olarak, sıcak havalarda ceset üzerindeki böcek süksesyonunun yoğun olduğunu ve bu durumda cesedin çürüme aşamasını hızlandırdığını, soğuk

havalarda ise böceklerin varlığının azalmasından dolayı cesedin bozunma sürecinin uzadığını belirtmişlerdir [18].

Galloway ve ark. [19], çürüme üzerine 5 ana kategori gözlemlemişlerdir: taze, erken çürüme, ileri çürüme, iskeletleşme, iskeletin çürümesi. İlk 4 kategori hemen hemen Reed'in [27] belirttiği aşamalarla aynıdır. 5. aşamada ise geriye kalan iskeletin renginin açılması ve pul pul dökülmesi gözlemlenmiştir.

Omurgalı leşinin bozulma aşamalarının incelendiği son yıllara ait bir başka araştırma da Tomberlin ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmadır [Çizelge 1.2]. Bu çalışmada çürüme aşaması entomolojik verilere göre yapılmıştır ve kolonizasyon öncesi ve sonrası olarak ikiye ayrılmıştır. Bu iki evre toplam 5 aşamadan oluşur. Kolonizasyon öncesi dönem ölümün gerçekleştiği andan itibaren arthropodların geliş zamanına kadar geçen aralıktır. Bu aralık 3 evre içerir; açığa çıkma evresi, tespit etme evresi ve kabul etme evresi. Açığa çıkma evresinde herhangi bir arthropod henüz cesedi tespit edememiştir. Çoğu durumda bu aşama önemsiz olabilir ancak bazı durumlarda (tamamen kapalı alan, gömülme, mumyalanma gibi) böceklerin cesede ulaşması ve dolayısıyla doğal arthropod süksesyonu engellenebilir. Bu durumda ortaya çıkma aşaması uzamaktadır. Tespit etme evresinde arthropodlar cesedi kimyasal reseptörleri ile fark ederler ve yerini tespit ederler. Kabul etme evresi arthropodların cesetle fiziksel temas kurduğu andan itibaren başlar. Calliphoridae labellumları ve tarsusları ile cesedin kendileri için uygunluğunu değerlendirirler. Bir diğer aralık olan kolonizasyon sonrası dönem ise 2 evre içerir; tüketme ve uzaklaşma evresi. Tüketme evresinde arthropodlar kolonizasyonu gerçekleştirirler. Cesedi hem kendileri hem de kendi döllerini için besin olarak kullanırlar. Uzaklaşma evresinde ise gelişimlerinin sonuna gelen arthropodlar cesetten uzaklaşırlar [28].

Ölümden sonra leşe gelen omurgasızlar arasında en çok tür yoğunluğa sahip grup böceklerdir. Leş üzerindeki bu canlı aktivitesi 4 ekolojik kategoride incelenmektedir [4].

Nekrofaj türler: Ceset üzerinden beslenirler ve Diptera (Calliphoridae, Sarcophagidae vs.) ve Coleoptera (Staphylinidae, Dermestidae, Histeridae vs.) gibi ölüm sonrası zaman tahmini yapılırken kullanılan en önemli takımları kapsar.

Nekrofaj türler üzerindeki predatör ve parazitik türler: Adli açıdan önemli olan 2. grupları kapsar. Bazı cesetle beslenen türler ilerleyen larva dönemlerinde diğerleri üzerinde predatör olabilmektedir (Örneğin, *Chrysomya* (Calliphoridae), *Ophyra* ve *Hydrotaea* (Muscidae)).

Omnivor türler: Yaban arıları, karıncalar ve bazı Coleoptera türleri hem cesetten hem de onun üzerindeki canlılardan beslenirler.

Ziyaretçi türler: Kendi çevrelerini genişletmek için cesedi kullanan gruplardan oluşur (Örneğin, Collembola ya da örümcekler).

Çizelge 1.2. Tomberlin ve ark.'nın [28] omurgalı leşi çürüme aşamaları

Kolonizasyon Öncesi			Kolonizasyon Sonrası	
Açığa Çıkma Evresi	Tespit Etme Evresi	Kabul Etme Evresi	Tüketme Evresi	Uzaklaşma Evresi
<ul style="list-style-type: none">•Böcekler cesede ulaşamamıştır•Alanda böcek aktivitesi görülmez•Entomolojik deliller kullanılabilir değerde değildir•Mikrobiyal deliller kullanılabilir	<ul style="list-style-type: none">•Böcekler kemosensörleri sayesinde leşi bulurlar•Leş üzerinde mikrobiyal aktivite yüzünden koku yoğunudur	<ul style="list-style-type: none">•Böcekler cesede ilk kez gelmeye başlar (önemsiz fiziksel temas)•Böceklerin buldukları kaynağı değerlendirmesi•Yumurtlama için yer arama aktivitesinde artış	<ul style="list-style-type: none">•Böcek süksesyonda artış ve yumurtlama•Büyüme ve gelişme evreleri•Faunal süksesyon dinamiği•Entomolojik deliller kullanılabilir	<ul style="list-style-type: none">•PMI için en eski örneklerin toplanması•Kalan arthropodların toplanması ve gözlem temelli tahmin

Cesedin bozulma aşamasında biyokimyasal fermentasyon sonucu hidrojen sülfid, amonyak, karbondioksit ve nitrojen gibi gazların çıkışı görülür. Oluşan bu kokuyla nekrofaj böcekler, havaya ve cesedin konumuna bağlı olarak parçalanmanın ve kokuşmanın başlamasıyla cesede çekilirler [4]. Bazı böceklerin besin ve yumurtlama için cesede gelmesiyle, böcek aktivitesinin bu artışı diğer böceklerinde cesede çekilmesine neden olur. Ceset üzerindeki böcek süksesyonu coğrafik bölgeye, mevsime, habitata ve cesedin açıkta bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterebilir. Fakat yine de bu koşullar göz önünde bulundurularak böceklerin kolonileşme düzenleri tahmin edilebilir [29]. Bu konuda da oldukça geniş kapsamlı araştırmalar yapılmıştır [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37].

Leş sinekleri ve et sinekleri cesetten oldukça geniş alana yayılabilen kokununda yardımıyla genellikle cesede ilk ulaşan böceklerdir [29, 30]. Nuorteva 1977'de [31] cesede ilk ulaşan familyaları Calliphoridae, Sarcophagidae ve Muscidae olarak belirtmiştir. Wolff ve ark.'nın yaptığı çalışmada [34], cesede gelen Diptera, Coleoptera ve Hymenoptera familyaları şöyledir; Diptera: Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Syrphidae, Otitidae; Hymenoptera: Apidae, Formicidae, Halictidae, Mutilidae, Vespidae; Coleoptera: Staphylinidae, Histeridae, Carabidae, Scarabaeidae, Silphidae, Dermestidae, Cleridae, Nitidulidae. Şabanoğlu ve Sert'in [38] Ankara İli içerisinde Calliphoridae faunası üzerine yaptığı bir çalışmada arazideki domuzlar üzerinden *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758), *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) ve *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) türleri toplanmıştır. Yine Ankara ilinde ve yapılan Coleoptera faunası üzerine olan çalışmada Özdemir ve Sert [39] Staphylinidae, Silphidae, Dermestidae, Histeridae, Cleridae ve Nitidulidae familyalarını ve bunlara ait 40 türü tespit etmişlerdir.

İnsan cesedi ve diğer leşler, ergin sinekler için protein kaynağı olarak kullanılırlar ama daha da öncelikli olarak larvalar için beslenme kaynağını oluştururlar [37].

1.4. Süksesyona Etki Eden Faktörler

Ceset üzerindeki böcek süksesyonuna etki eden faktörler oldukça fazladır. Coğrafik dağılım, mevsim, nem, yağış, güneş ve sıcaklık bu faktörlerin en önemlileridir. Ayrıca cesedin tamamen su içinde ya da yanmış olması, gömülmesi,

bir binanın ya da arabanın içinde olması böcek kolonileşmesini büyük oranda etkilemektedir [31].

1.4.1. Coğrafi Dağılım

Böcek kolonileşmesini etkileyen en önemli faktörlerden biri cesedin bulunduğu coğrafik bölgedir. Coğrafik bölge alanın habitatını, vejetasyonunu, toprak tipini ve meteorolojik durumunu kapsar. Bunlar böceklerin varlığını etkileyecek temel koşullardır. Leşle beslenen familyaların çoğu kozmopolit olmasına rağmen, bölgeden bölgeye farklılık gösteren türlerde bulunmaktadır [29].

Leş sinekleri (Calliphoridae) ve et sinekleri (Sarcophagidae) her bölge için ilk gelen koloniciler olsa da türler arasında farklar bulunmaktadır. Hawaii gibi tropik bir bölgede yapılan çalışmada ilk kolonicilerin Calliphoridae familyasından *Lucilia cuprina* (Wiedemann), *Chrysomya megacephala* (F.), ve *Chrysomya rufifacies* (Macquart), Sarcophagidae familyasından ise *Bercaea haemorrhoidalis* (Fallén), *Parasarcophaga ruficornis* (F.), *Sarcophaga occidua* (F.) ve *Helicoba morionella* (Aldrich) olduğu belirtilmiştir [40]. Tennessee’ de yapılan bir araştırma da ise bunun aksine ilk gelen kolonici türler Calliphoridae familyasından *Lucilia coeruleiviridis* (Macquart) ve *Phormia regina* (Meigen 1826) olarak belirlenmiştir [27]. Türkiye için, gelen ilk koloniciler ise Calliphoridae familyasına ait *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758), *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) ve *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) türleridir [38].

Bunların yanında, bir türün popülasyonları arasında biyocoğrafik varyasyonlar da bulunmaktadır. Bu coğrafik bölge farklılıklarından doğan varyasyonlar da türlerin yaşayabildiği sıcaklık aralıklarını değiştirebilmektedir. Örneğin, İngiltere’de *C. vicina* ile yapılan bir çalışma da sıcaklık 35°C’ye ulaştığında tüm larvalar ölmüştür fakat Avustralya’da aynı türle yapılan başka bir çalışma da 35°C’de larvalar gelişmiş ancak pupa evresindeyken ölmüşlerdir. Bir çok *Calliphora* türünün diğer calliphoridlere oranla soğuk seven türler olarak bilinmesine karşın, Avustralya’da sineklerin daha yüksek sıcaklıklara da adapte olabildiği görülmektedir. Her türün en düşük gelişim eşik değerlerinin de yine biyocoğrafik alanlara göre değiştiği bilinmektedir [41].

1.4.2. Mevsim Etkisi

Mevsim, bölgenin florasını, faunasını ve sıcaklığını belirlediği için kolonileşmeyi etkileyen önemli faktörlerdendir. Örneğin, Calliphoridae familyası içinde bulunan *Calliphora vicina* ve *Calliphora vomitoria* kış türleri olarak belirlenmiştir ve çok yüksek sıcaklıklarda bulunmazlar buna rağmen aynı familya içinde bulunan *Lucilia sericata* ve *Chrysomya albiceps* yaz türleri olarak bilinirler ve düşük sıcaklıklarda görülmezler [42].

1.4.3. Sıcaklık ve Nem Etkisi

Süksesyonu etkileyen meteorolojik etkenlerden en önemlileri sıcaklık ve nemdir [4, 25, 42]. Sıcaklık ve nem, böceğin varlığını etkilediği gibi yumurtanın bırakılmasını ve açılmasını da oldukça etkilemektedir [7]. Böceklerin yaşam döngülerini yavaşlattığı ya da hızlandırdığı bir çok araştırmacı tarafından kanıtlanmıştır ve türler üzerinde farklı sıcaklıklarda yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır [10, 11, 43, 44]. Sıcaklığın fazla olduğu ortamlarda ya da doğrudan güneş ışığı alan cesetlerde süksesyonun arttığı ve bozunmanın hızlandığı bilinmektedir [25].

Ceset üzerindeki sıcaklık ortam sıcaklığından daha yüksek olmaktadır. Turner ve Howard'ın 1992'de yaptığı çalışmaya göre, larva kütlelerinin aralıklarla ölçülen sıcaklığı, ortamın ve toprağın sıcaklığından 20-26°C daha fazla bulunmuştur. Bu durum böcek gelişimini etkileyeceği için oldukça büyük bir önem taşımaktadır [45].

Sıcaklık değişimi ile böcek gelişiminin etkilenmesi, ölüm sonrası zaman tahmininde de değişikliklere neden olmaktadır. Ölüm sonrası zaman tahmininde en doğru hesaplamayı yapmak için cesedin üzerindeki larval kütleden, cesedin altından, topraktan ve toprağın 5, 10 ve 15 cm içerisinde sıcaklık ölçümü yapılmalıdır [42, 46].

1.4.4. Süksesyon Üzerindeki Diğer Etkenler

Ceset kapalı bir alanda, bir kısmı ya da tamamı suya gömülü halde veya yanmış halde bulunduğu takdirde, ceset üzerindeki olası süksesyon popülasyonu bu ortam koşullarından etkilenmektedir. Kapalı alanlarda böceğin cesede ulaşma zamanı gecikebileceği gibi, sıcaklığın artması da böcek aktivitesini hızlandırabilecektir [29].

1.5. Calliphoridae Familyasının Özellikleri

Takım : Diptera

Alt takım : Brachycera

Üstfamilya : Oestroidea

Familya : Calliphoridae

Calliphoridae familyasının da içinde bulunduğu Diptera takımının, böcek grupları içerisindeki en geniş takımlardan biri olduğu ve tanımlanmış 86.000 civarı türe sahip olduğu bilinmektedir [8]. Leş sinekleri olarak bilinen bu familyaya ait türler metalik mavi-yeşil renktedirler. Leş sinekleri yumurtalarını leşlere bırakır ve çıkan larvalar bu leş üzerinden beslenirler. Diptera takımındaki diğer familyalar gibi holometabol başkalaşım gösterirler [3].

Calliphoridae familyası 1000'den fazla türü içine alan 8-22 mm vücut büyüklüğüne sahip sineklerdir ve pek çoğu kozmopolit türlerden oluşmaktadır. Calliphoridler, bozulmuş insan dokuları, leşler, dışkı ve bazı bitkisel metaryallerle beslenirler. Ayrıca bazı türleri de insan ve diğer hayvanlardaki açık yaralarla oldukça ilgilidir [8].

Leşle ilgili olan Calliphoridae familyasına ait önemli cinsler *Calliphora*, *Lucilia*, *Chrysomya*, *Phormia*, *Protophormiave Cochliomyia*'dır. Leş sinekleri insan ve diğer hayvanın cesetlerine gelen ilk kolonici böceklerdir. Yapılan araştırmalarda dakikalar içinde leşe ulaştıkları görülmüştür. Calliphoridlerin leşe ulaşmaları 2 adımda gerçekleşir. Öncelikle antenlerindeki reseptörler ile leşten çıkan kokuyu takip ederler, daha sonra ise görüş aramasıyla leşi bulurlar. Leş üzerindeki doğal açıklıkları ya da yaraları belirlerler ve vücut üzerinde yürüyerek yumurtlama için en uygun yeri ararlar. Uygun yer bulunduğu anda ise dişi birey yumurtalarını bırakır.

Genel olarak gece ve yağmurda uçmazlar, dolayısıyla çoğunlukla gece çiftleşmeyi ve yumurtlamayı tercih etmezler [37]. Ancak istisnai durumlar araştırmalarla kanıtlanmıştır. Örneğin, Greenberg 1990'da *C. vicina*, *P. regina* ve *L. sericata*'nın az sayıda ama gece yumurtladığını göstermiştir [47]. Hem laboratuvar koşullarında hem de doğal ortam koşullarında yapılan diğer bir kaç çalışmada da gece yumurtlaması tespit edilmiştir. Bu araştırmalarda gün ışığına oranla yumurta

verimliliği ve dolayısıyla ergin çıkışı daha azdır fakat özellikle adli olaylar incelenirken leş sineklerinin gece ve karanlıkta da yumurta bırakabileceği göz önünde bulundurulmalıdır [48, 49, 50]. Benzer şekilde bu sineklerin yağmurlu ve rüzgarlı havalarda da uçmayı çok fazla tercih etmedikleri bilinmektedir [9, 51].

Yumurta: Leş sinekleri tek seferde 300 kadar yumurta bırakabilirler ve bir leş sineği tüm hayatı boyunca 3 ya da 4 kez yumurtlar. Bir yumurta yığnında farklı dişilerden yumurtalar olabilir. Yumurtalar beyaz, pirinç tanesi şeklinde yaklaşık 1,1-1,4 mm büyüklüğündedir. Sineğin yumurtadan ergin çıkışına kadar geçen sürenin %6'sını yumurta evresi oluşturmaktadır [52]. Yumurtalar daha çok ağız, burun deliği, genital bölge gibi doğal açıklıklara, açık yaralara ya da ezilmiş bölgelere bırakılır [8]. Üzerinde kan lekesi olan giysiler ya da ıslak giysilerde yumurta bırakmak için tercih edilen bölgelerdir [37].

Sinek yumurtaları, çok sıcak ve kuru hava gibi uygun olmayan çevre koşullarında kolayca zarar görebilirler, bu yüzden ergin sinekler yumurta bırakabilmek için cesedin daha korunaklı yerlerini tercih ederler. Bu durum adli entomolojide olay yerinden delil toplanırken dikkat edilmesi gereken bir durumdur [37].

Larva: Calliphoridae türleri tipik larvalara sahiptir [3]. Larvalar her bir yumurtadan bir tane olmak üzere çıkarlar ve çıktıktan sonra olabildiğince çabuk ceset içine yumuşak dokulara doğru yayılırlar. İç kısımlarda gelişimleri için yeterli nem ve sıcaklık özelliklerine sahip bir yer bulurlar ve böylece yağıştan, parazitlerden ve predatörlerden de korunurlar. 3 larva dönemine sahiptirler. Her larva döneminde deri değiştirirler ve boylarında büyüme gözlenir. Beslenirken, proteinaz, lipaz ve kollagenaz gibi enzimleri salgılayarak besinlerini önce dışarda sıvılaştırıp daha sonra alırlar. Besinden uzaklaşan larva (postfeeding larva) pupaya gireceği zaman kendine korunaklı bir yer arar [37].

3 larva döneminde de ilk iki anterior segmentte cephalopharyngeal iskelet bulunur. Özellikle 3. dönem larvanın cephalopharyngeal iskeleti teşhis için önemli karakterleri oluşturur [53].

3. larva döneminde gelişimlerinin sonuna geldiklerinde beslenmeyi keserler. Boyut olarak kısalıp kalınlaşmaya başlarlar ve krem rengini alırlar (postfeeding larva). Bu larva aslında hala 3. dönemdedir fakat sadece sindirim sisteminde değişiklikler

olmaktadır. Besin etrafında gezinmeyi bırakır ve hareketsiz kalırlar. Pupaya girilecek uygun bir alana göç ederler ve iyice kısalıp kalınlaşırlar. Bazıları hemen ceset yakınında pupaya girmeyi tercih ederken, bazıları daha uzaklara gitmeyi tercih eder. Yumurtlama ve ergin çıkışına kadar geçen sürenin %20'si beslenen larvaya aittir, bu süre beslenmeden kesilen larvayı (postfeeding larva) içine almaz [37, 52]. Larvaların son segmentlerinde posterior spirakülleri vardır ve bu da solunum görevini gerçekleştirir. Posterior spiraküller morfolojik olarak türlerin tanımlanmasında da önemlidir [8].

Pupa: Pupaları, fıçı pupa tipindedir. Pupa süresi toplam gelişim süresi içerisinde diğer evrelere oranla en uzun evredir. Örneğin, *C. vomitoria* için pupa evresi 12,5°C'de toplam gelişim süresinin %54'ünü oluşturur. Yine aynı tür için 23°C' de ise toplam gelişim süresinin %47'sini pupa evresi oluşturmaktadır [11]. Pupa süresi boyunca tüm larval karakterler yıkılır, yerine ergin karakterler oluşturulur [52].

3. dönemin sonundaki larvanın kısalıp kalınlaşması ve daha krem rengi hale gelmesi prepupa evresidir. Bu evreden sonra pupa koyulaşmaya başlar ve en sonunda koyu kahverengi bir hal alır (Şekil 1.1 ve 1.2). Sinekler pupa durumundayken çevre koşullarında uygun olmayan bir değişiklik (çok soğuk, güneş ışığında azalma, oksijen yetersizliği gibi) görüldüğünde diyapozaya girebilirler [8].



Şekil 1.1. Pupalar



Şekil 1.2. Açılmış Pupalar

Ergin: Erginlerinde 3 segmentli aristat anten bulunur ve son segment plumose yapıdadır [8]. Pupa içerisinde ergin duruma gelen sinek, pupanın anterior kısmından pupadan çıkar. Sineğin bileşik gözleri arasında 'ptilinum' denilen bölge ritmik olarak şişip inerek pupa kılıfının anterioründeki daha zayıf bölgeyi patlatır ve ergin sinek olarak dışarı çıkar [52]. Bireyler pupadan ilk çıktıklarında örümceği andırırlar, kanatları açılmamıştır. İlk dakikadan itibaren kanatlarına ve diğer vücut yapılarına hemolenf pompalanır. Bu sırada sinek soluk renklidir, yumuşaktır fakat sıcaklığa bağlı olarak bu durum bir kaç saat sonra geçer ve ergin parlak renkli halini alır. Yine sıcaklığa ve türe bağlı olarak 3-5 gün içerisinde, karbonhidrat ve proteinle beslendikten sonra çiftleşmeye hazır hale gelirler. [37, 54].

Ergin dişiler yumurta bırakmaya devam ederken, bir taraftan da daha önce bırakılan yumurtalar açılır ve larvalar cesetten beslenmeye başlarlar [8]. Ceset üzerinden beslenen erginler de vardır. Bu sinekler 2 iğnesi körelmiş, labelluma sahip sokucu emici ağızları yardımıyla ceset üzerinden beslenirler [3].

1.5.1. *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) Biyolojisi ve Morfolojisi

Yaygın ismi Holoarktik mavi leş sinekleridir. Holoarktik bölgede oldukça fazla yayılım gösterirler. Genellikle 7-13 mm büyüklüğündedirler. Vücut kısa kalın ve kıllıdır. Bu tür, ormanlık alanlar, kırsal kesimler ve şehre yakın alanlarda bulunur. Bu sinekler yavaş uçar ve uçuşları sırasında yüksek seste bir vızıltı çıkartırlar [8].

Baş morfolojisi: Çok yakın akraba olduğu *Calliphora vicina*'dan farklı olarak kafası tamamen siyahtır. *C. vicina*'da belirgin olan turuncu yanak (bucca), *Calliphora vomitoria*'da siyahtır (Şekil 1.3, Şekil 1.5). *C. vomitoria*'nın en belirgin diğer bir özelliği de başın posterior kenarında kırmızı-turuncu kılların bulunmasıdır [8, 52].



Şekil 1.3. Ergin *C. vomitoria* (lateralden), başın posterioründeki turuncu kıllar

Toraks morfolojisi: Toraksları koyu mavi-siyah renktedir. Tergumda uzunlamasına 4 koyu çizgi bulunur. Toraks kıllarla kaplıdır ve sanki gri bir tozla kaplıymış gibi görünür. Toraks üzerindeki çizgiler bireylere bağlı olarak çok belirgin ya da tamamen kaybolmuş olabilir [8, 52]. Toraksta bulunan anterior spirakülün rengi kahverengi tonlarındadır [9].

Ayrıca, *C. vomitoria*'da kanadın basicostası [9] ve bacakları tamamen [8] siyah renktedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.4. Erginin dorsalden görünümü, thoraks



Şekil 1.5. Başın ve thoraksın lateralden görünümü

Abdomen morfolojisi: Abdomen parlak metalik mavi renktedir ve yine aynı thoraks gibi gümüş-gri tozla kaplıymış gibi görünür. Abdominal tergitlerin posterior kenarları koyu mavi-siyah renktedir (Şekil 1.6) [8].



Şekil 1.6. Abdomenin metalik görüntüsü

1.6. Calliphoridae Familyası Üzerinde Sıcaklığın Etkisi ve Yapılan Çalışmalar

Çoğu böcek poikilotermiktir yani vücut sıcaklıkları çevre sıcaklığına bağlı olarak değişir [55, 56]. Her tür ve yaşam döngüsündeki her evre sıcaklıkla ilişkili olarak gelişim hızını değiştirir. Böylece, zaman içinde bir böceğe ait tüm yaşam döngüsü ile yaşam döngüsünün her bir evresi için gereken ısı miktarı bellidir.

Ölüm sonrası geçen zamanı tayin etmek için delil olarak kullanılan bir böceğin gelişim hızı pek çok faktöre bağlı olsa da (mevsim, hava durumu, uyuşturucu ve zehirler, coğrafi alan v.b) sıcaklık bu faktörlerden en önemlisi olarak karşımıza çıkmaktadır [6, 57, 58, 59, 60]. Genellikle optimum gelişim aralığında, bir böceğin gelişimi sıcaklık arttıkça hızlanırken, azaldıkça yavaşlamaktadır [6, 57, 59, 60]. Bu doğrusal ilişki çerçevesinde, bir türün belirli bir sıcaklıkta, belirli bir gelişim evresine ulaşması için gereken termal gereksinimler, termal sabit olarak adlandırılmaktadır. Birimi derece gün ya da derece saat olan bu sabit, böceğin en düşük gelişim eşiğinin (bazal sıcaklık) üzerindeki sıcaklıklarla, gelişim sürelerinin çarpımlarının toplamı olarak (ADD/ADH) ifade edilebilir. Bu ifade "Toplam efektif sıcaklıklar kanunu" olarak bilinmektedir [57, 59, 60, 61, 62].

Adli Entomoloji'de ADD/ADH kullanımı, sıcaklık ve gelişim arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu hipotezini temel alır. Bu durumun türün optimum gelişim gösterdiği sıcaklık aralığında ve ele alınan sıcaklıklar arasındaki fark azken, daha doğru bir hipotez olduğu düşünülmektedir. Çalışılan sıcaklıklar arasındaki fark arttığında, özellikle türün biyolojik gelişim eşiklerine yaklaştıkça, sıcaklık ve gelişim arasındaki ilişkinin daha az doğrusal olduğu tespit edilmiştir (57, 63, 64). Örneğin *Phormia regina* türünün laboratuvar ortamında 12°C'nin altında yetiştirilemediği bir çalışmada [63], türün minimum biyolojik eşiğine yakın olan 12°C, 14°C ve 15°C sıcaklıklarda ADD değerleri sırasıyla 348, 394 ve 380 (Ortalama 374) olarak görülürken, türün optimum gelişim gösterdiği 20°C, 25°C, 26°C, 30°C ve 32 °C sıcaklık aralığında ADD değerlerinin 282, 280, 267, 290 ve 274 (Ortalama 279) olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle karşılaştırma amacıyla literatür verisi kullanılırken, ele alınan sıcaklığa en yakın değerdeki gelişim süreleri dikkate alınarak hesaplamaların yapılması gerektiği belirtilmektedir [57, 64].

Mevcut literatürde adli önemli sinek türlerinin gelişim verileri incelendiğinde, bir türe ait belirli bir sıcaklıkta farklı gelişim sürelerinin tespit edildiği görülmektedir. Bu farklılığın deneysel metodlar gibi dış faktörler kadar türün fizyolojisindeki coğrafi çeşitlilik ve farklı minimum gelişim eşik değerleri gibi türe özgü faktörlerle de ilgili olabileceği belirtilmektedir [64]. Örneğin 19°C'de, 0°C minimum gelişim sıcaklığında *Lucilia sericata* türünün gelişimini Amerika'da çalışan Greenberg [10] ADD değerini 309.7 olarak hesaplarken, aynı türü Avusturya'da çalışan Grassberger ve Reitter [65] bu değeri 446.5 ADD olarak tespit etmişlerdir [64]. *Lucilia sericata* türünü Rusya'da 19°C sıcaklık ve 9°C minimum gelişim sıcaklığında inceleyen Marchenko [43] ise türün termal gereksiniminin 207 ADD olduğunu belirtmiştir.

Leş sineklerinin hayat döngüleri ilk olarak onların türüne ve maruz kaldıkları sıcaklığa bağlıdır. Bundan dolayı insan cesedinden toplanan sinek türlerinin gelişim oranları ile makro ve mikro düzeyde iklimsel faktörlerin bilinmesi adli entomologların ceset üzerindeki en yaşlı örneğin yaşını hesaplamasında hayati derecede önemlidir [66].

Greenberg ve Tantawi [11]'nin yaptığı çalışmada *Calliphora vomitoria* 4 farklı sıcaklıkta (12,5°C, 23°C, 29°C ve 35°C) yetiştirilmiştir.. 12,5°C ve 23°C sıcaklıklarda gelişimde herhangi bir sorun olmamışken, 29°C ve 35°C sıcaklıkta gelişim tam olarak tamamlanamamıştır. 29°C'de 45 larvanın 27'si pupaya geçmiş fakat sadece bir kaç tanesi ergin hale geçebilmiştir. Diğerleri pupa evresinde ölmüştür. 35°C'de ise larvalar 3. dönemin sonunda ölmüşlerdir, hiç bir birey pupaya geçememiştir.

Marchenko [43], *Protophormia terraenovae*, *C. vicina*, *C. vomitoria*, *C. albiceps*, *Phormia regina* ve *Lucilia sericata* türleri üzerinde 11°C'den 30°C'ye kadar laboratuvar ortamında yetiştirme yapmıştır. Yumurtadan pupaya kadar ve pupadan ergine kadar olan toplam süre hesaplanmıştır. Yaz türü olarak bilinen *C. albiceps* türünde 11°C ve 12°C derecede larvalar ölmüş, ve gelişim tamamlanamamıştır. *C. vicina*'da 29°C'den itibaren larva ölümleri gerçekleşmiş, soğuk seven tür olarak bilinen *C. vomitoria* [11] için ise 27°C'de pupaların ölümü nedeniyle gelişim tamamlanamamıştır. Ayrıca yine aynı araştırmada en düşük gelişim eşikleri (bazal

sıcaklık) hesaplanmıştır. *C. vomitoria* için 3°C, *C. vicina* için 2°C, *C. albiceps* için 10,2°C ve *P. terraenovae* için 7,8°C olarak bildirilmiştir [43].

Niederegger ve ark.'nın 2010 yılında yayınladıkları çalışmada dalgalanan sıcaklık altında 5 türün gelişimini incelemiştir. Saat 06.00-22.00 arası sıcaklığı 5°C'den 29°C'ye aşamalı olarak artırıp sonra 5°C'ye indirerek dalgalanan sıcaklık eğrisi elde etmişlerdir. Niederegger ve ark.'nın elde ettiği sonuçlara göre dalgalanan sıcaklık altındaki gelişim süresi ile ortalama sıcaklık altındaki gelişim süreleri birbiri ile uyum sağlamamaktadır. *C. vomitoria* ve *C. vicina* türlerinin dalgalanan sıcaklıkta gelişmeleri uzamış fakat *Lucilia illustris* ve *Sarcophaga argyrostoma* (Robineau-Desvoidy 1830) türlerinin gelişimleri kısalmıştır. Buna bağlı olarak standartlaştırılmış bir metod olan ADH ya da ADD hesabı yapılırken de, sıcaklık değişimine çok dikkat edilmelidir [67].

Warren ve Anderson 2013 yılında *P. terraenovae* üzerinde 9 ayrı sıcaklıkta araştırmalar yapmış ve türün gelişim gösterdiği minimum sıcaklık eşiğini de deneylerle bulmuştur. 9.8°C'de yumurtaların açılması gerçekleşmemiş, 11°C'de yumurtaların yaklaşık %10'u açılmış fakat 3. larva dönemini tamamlayamamışlardır. Tüm gelişim evrelerinin tamamlandığı ve ergin çıkışının görüldüğü sıcaklık ise 13°C'dir. Bu çalışmayla, *P. terraenovae* türü için en düşük gelişim sıcaklığının 13°C olduğu kaydedilmiştir [66].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez kapsamında Calliphoridae familyasına ait olan *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) türü ile çalışılmıştır. *C. vomitoria* türüne ait olan ergin bireyler Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü'nden yakalanmış ve yine aynı türün larvaları da Eskişehir'de Merkez İlçe Tekeçiler Köyü yakınlarında domuz cesedi üzerinden toplanmıştır. Deneyler Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde 'Biyokriminal Entomoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Deney kapsamında 3 farklı sıcaklıkta yetiştirme yapılmıştır. *C. vomitoria*'nın ormanlık kırsal kesimlerde ve şehir merkezinin dışındaki yerleşim yerlerinde yaşadığı bilindiği için [8] deney süresince bu alanlardan sinek toplanmıştır. Kampüs içerisindeki ormanlık alanlara koyulan koyun akciğerleri üzerinden *C. vomitoria* türüne ait olan erginler belirlenmiş ve canlı olarak yakalanmıştır. Canlı olarak laboratuvara getirilen erginler, Greenberg ve Kunich'in [52] ergin tür teşhis anahtarı kullanılarak teşhis edilmiştir. Türler daha sonra tül kafeslere alınmış ve laboratuvar ortamında belirlenen sıcaklıklarda inkübatör içerisinde yetiştirmeye başlanmıştır. Benzer şekilde Eskişehir'de orman içerisinde domuz cesedi üzerinden toplanan *C. vomitoria* larvaları da canlı olarak laboratuvara getirilmiş, uygun kaplarda koyun akciğeri ile yetiştirilmiştir. Ergin hale gelen bireyler yine aynı şekilde tül kafeslerde yetiştirilmeye devam edilmiştir.

Bu deney kapsamında *C. vomitoria* erginlerinin belirlenen sıcaklıklarda yaşam döngüleri içerisindeki yumurta, 1. larva, 2. larva, 3. larva ve pupa gelişim süreleri belirlenmiştir. Literatürde olmayan sıcaklıklar olarak 8°C, 15°C ve 18°C seçilmiş ve bu sıcaklıklarda türün belirtilen dönemlerini ne kadar sürede tamamladığı belirlenmiştir.

Araziden getirilen erginler belirtilen teşhis anahtarlarıyla teşhis edildikten sonra 25x25x25 cm boyutlarındaki tül kafeslere en fazla 25 ergin olacak şekilde yerleştirilmiştir. Erginlerin beslenmesi için süt tozu ve şekerli su karışımı (50x50) kullanılmıştır [68]. Bu karışım petri içerisinde bulunan pamuklara emdirilmiş ve kafeslere konulmuştur. Belirli bir süre beslendikten sonra yumurtlamaları için koyun akciğeri bir petri kabı içerisinde kafese yerleştirilmiştir. Eklene karışım ve ciğerle dişilerin yumurtlamaları için gerekli olan protein ihtiyacı karşılanmıştır.

Her saat başı inkübatöre bakılarak yumurtlama olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yumurtlama olduğu saat kaydedilmiş ve tek bir dışıden alınan yumurtaların bulunduğu petri kabı kafesten alınmıştır. Bu petri, içinde talaş olan ve hava girebilecek kadar delikli bir kaba yerleştirilmiştir. Talaş, larvaların akciğeri sindirirken çıkardıkları fazla sıvıyı emerek, nemi belli bir seviyede tutmaktadır. Yumurtanın açıldığı zamanı kaydedebilmek için yine saat başı kontrol yapılmış ve 1. larvaya geçiş tespit edildiğinde saat kaydedilmiş ve larva fotoğraflanmıştır. 2. larvaya, 3. larvaya ve pupaya geçişler için de yine aynı yöntem kullanılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir. Tüm bu geçişler esnasında larvalar fotoğraflanmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında literatürde olmayan 3 sıcaklık seçilmiştir ve gelişimin her evresinin ayrı ayrı süreleri belirlenmiştir. Bir böceğin gelişiminin belli bir sıcaklıkta belirli bir sürede meydana gelmesi esasına dayalı termal sabit formülü ($T_k = t_d \times (T - k)$) kullanılarak, belirtilen bu 3 sıcaklıkta *C. vomitoria*'nın gelişim evreleri için gereken süre teorik olarak hesaplanmıştır. Bu teorik hesaplama ile deney sonucu elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Formülde bulunan 'k' sabiti doğrudan literatürdeki hesaplanmış hali ile kullanılmıştır. Literatürden alınan bu sabit değer, çalışılan sıcaklıklar için formülde tekrar yerine koyularak teorik hesaplamalar yapılmıştır.

Formülde bulunan 'Tk', bir böceğin belirli bir sıcaklıkta gelişimini tamamlayabilmesi için gereken fizyolojik zamandır. 'td' değerı belirli sıcaklıkta geçen gelişim süresidir. Çalışılan sıcaklık değerı ise 'T' ile ifade edilir. Çalışmamızda bu formül kullanılarak her gelişim evresi ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yetiştirme deneyleri Sanyo MIR-253 marka soğutmalı inkübatör ile türlerin teşhisi ve fotoğraflanmaları ise Leica Mz 16 A binoküler stereoskopik mikroskopla ve Canon D 100 fotoğraf makinesi ile yapılmıştır (Şekil 2.1. ve 2.2).



Şekil 2.1. Leica Mz 16 A binoküler stereoskopik mikroskop



Şekil 2.2. Sanyo MIR-253 marka soğutmalı inkübatör

3. BULGULAR

3.1. 15°C'de *Calliphora vomitoria*'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri

15°C'de *Calliphora vomitoria* türüne ait dişi birey 02.07.2013 tarihinde saat 12.00'de yumurta bırakmaya başlamıştır ve 12:25'te yumurtlama sona ermiştir. Yaklaşık 70-80 yumurta alınmıştır (Şekil 3.1.1). Yumurtaların açılmaya başladığı tarih 04.07.2013 tarihinde saat 10:00'dur ve saat 10:15'e kadar sürmüştür. Dolayısıyla yumurta süresi 46 saat olarak kaydedilmiştir.

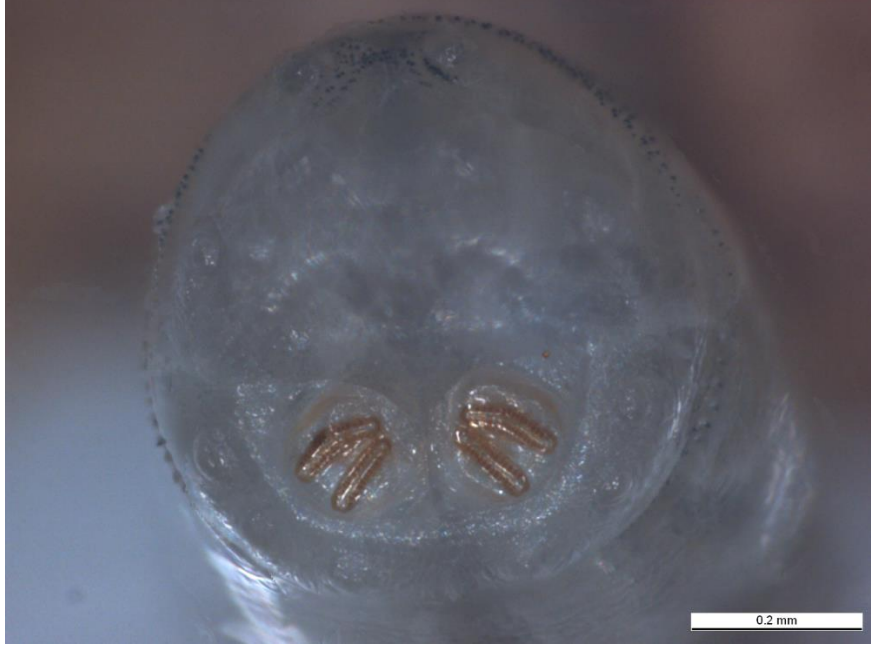


Şekil 3.1.1. Yumurta



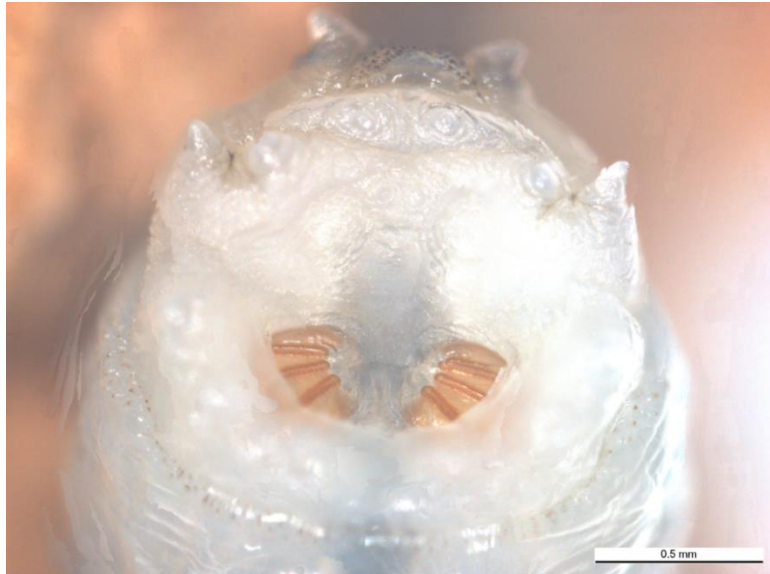
Şekil 3.1.2. 1. Dönem Larva Postspirakül

1. dönem larvadan 2. dönem larvaya geçiş 07.07.2013 tarihinde saat 02:00'da olmuştur ve toplam 1. dönem larva süresi 64 saat olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.1.3).



Şekil 3.1.3. 2. Dönem Larva Postspirakül

2. dönem larvadan 3. dönem larvaya geçiş 09.07.2013 tarihinde saat 14:15'te gerçekleşmiştir. 2. dönem larva süresi 60 saat olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.1.4).



Şekil 3.1.4. 3. Dönem Larva Postspirakül

3. dönem larva döneminden pupaya geçiş ilk olarak 21.07.2013'te saat 12:00'de görülmüştür. Buna bağlı olarak yine pupaya giren ilk 10 bireyin ortalaması alındığında 3. dönem larva süresi ortalaması 285 saat 45 dakikadır (Şekil 3.1.5).

Pupaya giren ilk 10 bireyin pupadan çıkış süresi ortalaması ise 493,7 saattir.



Şekil 3.1.5. Prepupa ve daha ileri dönemlerdeki pupalar

Deney sonucu 15°C için elde edilen gelişim evrelerinin tamamı çizelge 3.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.1. 15°C için deney sonuçları

Yumurta	46 saat
1. dönem larva	64 saat
2. dönem larva	60 saat
3. dönem larva	285,75 saat
Pupa	493,7 saat
Toplam	949,45 saat

15°C için Teorik Hesaplamalar:

' $T_k = t_d \times (T - k)$ ' formülü kullanılarak böceğin gelişim evrelerinin her biri ayrı ayrı teorik olarak hesaplanmıştır. 15°C'de *Calliphora vomitoria* türü için yapılan teorik hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

Çizelge 3.1.2 Greenberg ve Tantawi'nin [11] 12,5°C sıcaklık verisi kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1.2. Greenberg ve Tantawi'nin [11] 12,5°C sıcaklık verisi ile karşılaştırma

15°C	Deney Sonucu (saat)	Teorik hesaplama (Saat)
Yumurta	46	54
1. dönem larva	64	46
2. dönem larva	60	50
3. dönem larva	285,75	362
Pupa	493,7	589
Toplam	949,45 (39,56 gün)	1110 (46,25 gün)

Greenberg ve Tantawi, bu çalışmalarında türün en düşük gelişim eşiğini 0°C olarak kabul ettikleri için, bu tablodaki teorik hesaplamalar da aynı yöntemle yapılmıştır.

Marchenko'nun [40] elde ettiği veriler kullanılarak yapılan teorik hesaplamalar ise Çizelge 3.1.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.1.3 Marchenko'nun [40] elde ettiği veriler ile karşılaştırma

15 °C	Marchenko'ya göre	Bizim bulduğumuz sonuçlar
Toplam gelişim süresi	39,3 gün	39,56 gün
Pupaya kadar olan gelişim süresi	17,7 gün	18,99 gün
Toplam ADH (Bazal sıcaklık veya 0°C alındığında)	14.148 ADH	14.241,6 ADH
Toplam ADH (Bazal sıcaklık 3°C alındığında)	11.318 ADH	11.393,4 ADH

3.2. 18°C'de *Calliphora vomitoria*'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri

18°C'de *Calliphora vomitoria* türüne ait dişi birey 25.02.2013 tarihinde saat 12:00'de yumurta bırakmaya başlamıştır ve bu süre 12:20'ye kadar devam etmiştir. Yaklaşık olarak 90-100 yumurta alınmıştır (Şekil 3.2.1).



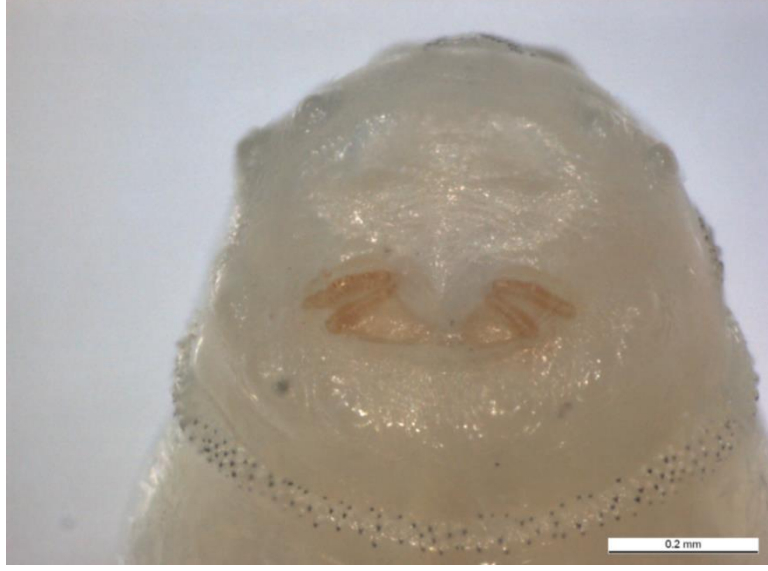
Şekil 3.2.1. Yumurta

Yetiştirilmeye devam edilen yumurtaların açılması 26.02.2013'te saat 20:00'de başlamıştır ve 20:05'te tüm yumurtaların açıldığı görülmüştür. Yumurta süresi 32 saat olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.2.2. 1. Dönem Larva Postspirakül

1. dönem larvadan 2. dönem larvaya geçiş ise 28.02.2013 saat 16.15'te gerçekleşmiştir. 1. dönem larva süresi 44 saat 15 dakika olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.2.3).



Şekil 3.2.3. 2. Dönem Larva Postspirakül

2. dönem larvadan 3. dönem larvaya geçiş 02.03.2013 saat 14.45'te olmuş ve 2. dönem larva süresi de 46 saat 30 dakika olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.2.4).



Şekil 3.2.4. 3. Dönem Larva Postspirakül

3. dönem larvalar arasından ilk pupaya giren birey 11.03.2013 saat 13.30'da gözlenmiştir (Şekil 3.2.5, Şekil 3.2.6). Pupaya giren ilk 10 bireyin ortalaması alındığında 3. dönem larva 214 saat 45 dakika olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.2.5. Prepupa

Pupaya giren ilk 10 bireyin pupadan çıkış saatlerinin ortalaması ise 367,89 saattir.



Şekil 3.2.6. Gelişimin Farklı Dönemlerine Ait Pupalar

Deney sonucu 18°C için elde edilen gelişim evrelerinin tamamı çizelge 3.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.2.1. 18°C için elde edilen deney sonuçları

Yumurta	32 saat
1. dönem larva	44,25 saat
2. dönem larva	46,5 saat
3. dönem larva	214,75 saat
Pupa	367,89 saat
Toplam	705.39 saat

18°C için Teorik Hesaplamalar:

$T_k = t_d \times (T - k)$ formülü kullanılarak böceğin gelişim evrelerinin her biri ayrı ayrı teorik olarak hesaplanmıştır 18°C'de *Calliphora vomitoria* türü için yapılan teorik hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.2.2 Greenberg ve Tantawi'nin [11] 23°C sıcaklık verisi kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2.2. Greenberg ve Tantawi'nin [11] 23°C sıcaklık verisi ile karşılaştırma

18°C	Deney Sonucu (saat)	Teorik hesaplama (Saat)
Yumurta	32	27,6
1.dönem larva	44,25	32,2
2. dönem larva	46,5	24,5
3. dönem larva	214,75	274,47
Pupa	367,89	315,87
Toplam	705,39(29,39 gün)	744,64 (31,03 gün)

18°C'de olduğu gibi bu hesaplamalarda da en düşük gelişim sıcaklığı 0°C olarak alınmıştır.

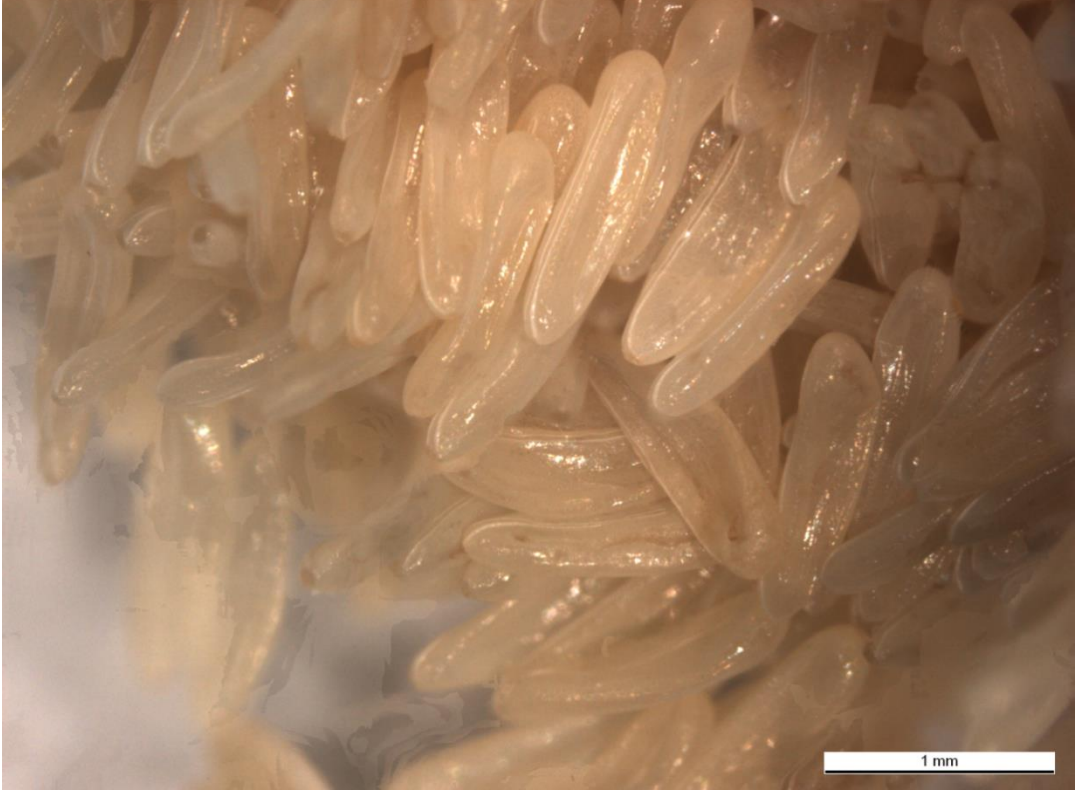
Marchenko'nun [40] elde ettiği veriler kullanılarak yapılan teorik hesaplamalar ise Çizelge 3.1.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.2.3. Marchenko'nun [40] elde ettiği veriler ile karşılaştırma

18 °C	Marchenko'ya göre	Bizim bulduğumuz sonuçlar
Toplam gelişim süresi	31,5 gün	29,39 gün
Pupaya kadar olan gelişim süresi	14,2 gün	14,1 gün
Toplam ADH (Bazal sıcaklık 0°C alındığında)	13.608 ADH	12.697,02 ADH
Toplam ADH (Bazal sıcaklık 3°C alındığında)	11.340 ADH	10.580,85 ADH

3.3. 8°C'de *Calliphora vomitoria*'nın Gelişim Evrelerinin Süreleri

8°C'de *Calliphora vomitoria* türüne ait dişi birey yumurta bırakmıştır ancak yumurtalarda açılma gerçekleşmemiştir. Yaklaşık 50-60 yumurta alınmıştır.



Şekil 3.3.1. Açılmayan Yumurtaların Görüntüsü

4. TARTIŞMA

Adli entomoloji çalışmalarında ölümü takip eden yaklaşık ilk bir aylık sürede Calliphoridae türleri kullanılarak ölüm sonrası geçen zaman (ÖSZ) tahmini yapılabilmektedir. Ancak kesine yakın bir ÖSZ tayini yapabilmek için, ceset üzerinden beslenen adli öneme sahip türlerin gelişim verilerinin doğru bir biçimde tespit edilmesi gerekmektedir [10, 57]. Mevcut literatürde aynı türe özgü sıcaklık gereksinimleri ve en düşük gelişim eşiği değerlerinin ilgili türün geliştiği coğrafi bölgeye göre değişiklik gösterebileceği belirtilmektedir [10, 57, 59, 65]. Bu nedenle adli öneme sahip türlere ait gelişim verilerinin, ülkemiz populasyonları için tespit edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında adli entomolojide önemli olan *Calliphora vomitoria* türünün 8°C, 15°C ve 18°C sıcaklıklarda gelişim verilerinin ve türe özgü termal gereksinimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Daha önce bu tür için ele alınmayan yukarıda belirtilen üç sıcaklık seçilerek ve bu sıcaklıklarda yapılan yetiştirme deneyleri sonucunda elde edilen gelişim verileri, ilgili literatür verilerinden hesaplanan teorik gelişim süreleri ile karşılaştırılmış, deney sonucu bulunan veriler ile türe ait ADH değerleri hesaplanarak, literatürdeki çalışmaların bu sonuçlarla uyumlu olup olmadıkları ele alınmıştır.

Mevcut literatür incelendiğinde *C. vomitoria* türünün gelişim sürelerinin incelendiği 2 çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Greenberg ve Tantawi [11] her bir evre için ayrı ayrı gelişim sürelerini verirken, Marchenko [43] yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine olmak üzere iki gelişim süresini ele almıştır. Hesaplamalar ve karşılaştırmalar da bu verilere dayanılarak yapılmıştır.

Greenberg ve Tantawi [11] 12,5°C, 23°C, 29°C ve 35°C olmak üzere 4 farklı sıcaklıkta *C. vomitoria* türünün, yumurta, 1. larva, 2. larva, 3. larva ve pupa evrelerine ait gelişim sürelerini tespit etmiştir. Amerika'da yürütülen bu çalışmada en düşük gelişim eşik sıcaklığı (bazal sıcaklık) 0°C olarak kabul edilmiştir. Bu sebeple karşılaştırmalar yapılırken her evre için 0°C bazal sıcaklıkta 23°C ve 12,5°C'de ADH değerleri hesaplanmış ve bu çalışmada ele alınan 15°C ve 18°C için teorik gelişim süreleri bulunmuştur. 15°C için teorik hesaplamaların, yakın sıcaklığa göre yapılması gerekliliği verisine göre [57, 63, 64] 12,5°C'de ortaya konulan Greenberg ve Tantawi [11]'nin verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Greenberg ve Tantawi [11]'nin verileri temel alınarak yapılan teorik hesaplama ile deneyler sonucu elde ettiğimiz veriler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Teorik hesaplama göre, toplam gelişim süresi 46,25 gün iken, deney sonucu elde ettiğimiz sonuç 39,56 gündür (Çizelge 3.1.2). Aradaki farkın oldukça yüksek olduğu ve verilerin birbiri ile uyumlu olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni kesin olarak anlaşılacakla birlikte, türün coğrafi farklılığı ve deney hatasından kaynaklanmasının kuvvetli ihtimaller arasında yer aldığı düşünülmektedir. Bunun yanında 15°C altında sıcaklık ve gelişim arasındaki ilişkinin tam doğrusal olmaması (hafif sapması) sebebiyle [63] 12,5°C için termal gereksinimler daha yüksek olabileceğinden, teorik hesaplamalar yapılırken bu sıcaklığın kullanılmasının uygun olmayabileceği düşünülmektedir. Bu bir çelişki gibi görünse de optimum sıcaklıktan uzaklaştıkça deneysel sonuca yakın sıcaklığı kullanmak teorikle pratik hesaplama arasındaki uyumsuzluğu arttırmaktadır. Bu nedenle yaklaşık 7 günlük bir fark oluşmuştur. 18°C de sonuçlar ise optimum sıcaklığa yaklaştığı için yani veriler doğrusal nitelikte olduğu için teorik ve pratik sonuçlar birbirine yaklaşmaktadır. Teorik toplam gelişim süresi 31,03 gün iken, deney sonucu tespit edilen sonuç 29,39 gündür. Çizelge 3.2.1'e bakıldığında 18°C 'de ortaya çıkan deneysel veriler farklı yorumlara imkan vermektedir. Örneğin yumurta, 1. larva, 2. larva, 3. larva ve pupa dönemleri arasında belirgin farklılıklar oluşurken bu evreleri yumurta, larva ve pupa olarak ele aldığımızda farklılık azalmaktadır. Bu durum özellikle larva dönemlerinde kendini göstermektedir. 3 larva dönemi, toplam larva evresi olarak ele alındığında teorik (331.17 saat) ve deneysel (305.5) veriler birbirine yaklaşmaktadır. Aynı biçimde pupa döneminde ortaya çıkan teorik, deneysel farklılıklar kendinden önceki evrelerdeki eksiklik veya fazlalığın dengelenmesine yol açtığı düşünülmektedir. Toplamda ise her iki veri birbirine yaklaşmaktadır. Grassberger ve Reitter [65] *Lucilia sericata* türünün 22°C'de gelişim sürelerini, aynı türü aynı sıcaklıkta inceleyen Greenberg [10]'in verileri ile karşılaştırmış ve bizim bulgularımızla paralel olacak şekilde pupa ve prepupa öncesi dönemde, özellikle larval evrelerde gelişim sürelerinde meydana gelen uzamanın, prepupa ve pupa dönemlerindeki süre kısalması ile dengelendiğini, bu sayede toplam gelişim sürelerinin birbirlerine yakın çıktığını tespit etmişlerdir. Greenberg ve Tantawi [11]'ye göre 12,5°C ve 23°C ait sıcaklıklarda türlerin ADH değerlerine baktığımız da birbiri ile uyumlu olması gereken bu verilerin arasında büyük bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. 12,5°C'de

yumurtadan ergine toplam gelişim için ADH 16.650 derece gün iken, 23°C'de bu değer 12.144 olarak hesaplanmıştır. Bu durum kısmen yukarıda da ifade edildiği gibi incelenen iki sıcaklık değeri arasındaki farkın çok fazla olması ve biyolojik minimum gelişim sıcaklığına yakın değerlerde sıcaklık-gelişim grafiğinin daha az doğrusal olmasıyla açıklanabilse de bu kadar büyük bir farkın gözlemlenmesi bu verilerin güvenilirliğinin sorgulanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma sonunda elde edilen gelişim verilerine göre *C. vomitoria* türünün ADH değeri 15°C'de 14.241,6 iken (Çizelge 3.1.3), 18°C'de 12.697,02'dir (Çizelge 3.2.3). Bizim bulgularımızdaki farklılığın nedenleri, sıcaklık farkına bağlı olarak düşük sıcaklıkta doğrusallığın azalması, deney koşullarının ise kısmen denetlenememiş olabileceğidir. Bu çalışma iklim odası değil inkübatörlerde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle deneydeki sıcaklıkların kontrolünün inkübatörler nedeni ile tam sağlanamamış olabileceği düşünülmektedir.

Marchenko [43], Rusya'da yaptığı çalışmada *C. vomitoria* türü için en düşük gelişim eşik sıcaklığını (bazal sıcaklık) 3°C olarak hesaplamış ve 11°C ve 27°C arası sıcaklıklarda toplam gelişim evresini ve pupaya kadar olan evrelerin toplamını tespit etmiş ancak hayat evrelerinin hepsinin ayrı ayrı sürelerini belirtmemiştir. Bu çalışma kapsamında ele aldığımız iki sıcaklığın (15°C ve 18°C) verileri, Marchenko [43]'nun verileri ile karşılaştırıldığında, sonuçların birbirleriyle paralel olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1.3 ve Çizelge 3.2.3). 15°C'de Marchenko [43] bu türün toplam gelişim süresini 39,3 gün bulurken, çalışma sonucunda toplam gelişim süresi bu veriyle paralel biçimde 39,56 gün olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Marchenko [43] yumurta, 1. larva, 2. larva ve 3. larvanın toplam süresini 17,7 gün olarak tespit ederken, bu süre mevcut çalışmamızda 18,99 gündür. Marchenko [43]'ya göre 3°C olarak aldığımız minimum gelişim eşiği sıcaklığında türün termal gereksinimi 11.393,4 ADH olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızın bulgularının, tür için 15°C'de 11.318,4 ADH tespit eden Marchenko [43]'nun bulgularıyla önemli sayılabilecek oranda benzerlik göstermektedir.

18°C için benzer bir durumdan söz edilebilir. Marchenko [43], bu sıcaklık için türün toplam gelişim süresini 31,5 gün bulurken, çalışmamızın sonuçlarına göre bu süre 29,39 gün olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde bu süre yumurta, 1. larva, 2. larva ve 3. larvanın toplamı için Marchenko [43]'da 14,2 gün, çalışmamız

sonucunda ise 14,1 gün olarak tespit edilmiştir. En düşük gelişim sıcaklığı olarak 3°C alındığında türün termal gereksinimi, deney sonucunda tespit ettiğimiz gelişim verilerini kullandığımızda 10.580,85, Marchenko'nun [43] kendi verilerini kullandığımızda ise 11.340 ADH olarak tespit edilmiştir. Veriler birbirleriyle uyumlu olmakla birlikte 15°C'deki kadar yakın görünmemektedir. Bu verilerin büyük oranda bizim verilerimizle yakınlık gösterdiği aradaki küçük farklılıklarında populasyonların coğrafi farklılığa bağlı tepkilerinden ortaya çıkmış olabileceği düşünülmektedir.

Bulgularımız, Greenberg ve Tantawi [11] ve Marchenko [43]'nin çalışmaları ile karşılaştırıldığında, Marchenko'nun bulgularıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bunun temel nedeninin her iki çalışmanın da Paleartik Bölge içerisinde bulunan populasyonlardan yapılmış olması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Marchenko [43]'nin 11-27°C aralığında 1'er °C farkla yürüttüğü çalışmasının verilerinin-literatür verisi kullanılırken çalışılan sıcaklığın aynısı ya da en yakınının kullanılması gerekliliği görüşlerine göre [57, 64] karşılaştırma yapmak için daha uygun olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda en düşük sıcaklık olarak seçilen 8°C'de yumurtlama meydana gelmiş fakat yumurtalar açılmamıştır. Bu değer, yapılan çalışma kapsamında biyolojik minimum gelişim eşiği olarak görülebilir. Ancak benzer bir çalışmanın kontrollü olarak tekrar yürütülmesi ve elde edilen verilerin bu çalışmada tespit edilen verilerle beraber değerlendirilerek istatistiksel olarak da analiz edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Minimum gelişim eşik sıcaklığının biyolojik olarak tespit edilmesi türün gelişim-sıcaklık eğrilerinin doğru biçimde yorumlanması, dolayısıyla doğru bir ÖSZ tayini yapılması için son derece yararlıdır. ADD/ADH hesaplamalarında linear regresyon sonucu x-intercept metodu ile tespit edilen matematiksel bazal sıcaklık değerleri kullanılmaktadır [62, 63]. Bu sıcaklık değeri her tür için farklı coğrafi bölgelerde farklı olabildiği gibi [64] her bir gelişim evresi için de farklıdır [63]. Bu çalışmada *Calliphora vomitoria* türünün gelişiminin yumurtadan ergine kadar incelenebildiği iki sıcaklık değeri için gelişim hızı (gün⁻¹)-sıcaklık grafiği yapılarak linear regresyon analizi ve x-intercept metodu kullanılarak ADD/ADH hesaplamalarında kullanılan matematiksel bazal sıcaklık değeri hesaplanmış ancak literatür karşılaştırmalarında kullanılmamıştır. 2000'de Ikemoto ve Takai ile 1995'te Sokal

ve Rohlf iyi bir doğrusal regresyon modeli için en az 6 noktadan doğrusal ilişkiyi gösteren veri alınması gerektiğini belirtmişlerdir [69]. Bu sebeple daha kesin bir hesaplama için yakın sıcaklıklarda, daha geniş bir sıcaklık aralığında deneylerin yapılmasının, dolayısıyla hem yumurtadan ergine toplam gelişim için, hem de her bir larva evresi için ayrı ayrı minimum gelişim eşik sıcaklıklarının matematiksel olarak tespit edilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın temelini oluşturan soru diğer araştırmacıların verilerinden yararlanılarak yapılan teorik hesaplamaların doğru sonuç verip vermesinin tespitine yöneliktir. Çalışma sonunda kimi verilerde çok, kimi verilerde az olsa da, genel olarak arada dikkat edilmesi gereken bir fark olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç aslında ülkemizdeki davaların çözümünde çok dikkatli hareket edilmesini ve zaman geçirilmeksizin ülkemizin her bir farklı coğrafi bölgesindeki populasyonlar üzerinde ADH tespit çalışmalarının yapılmasının zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Her ülke kendi populasyonlarındaki farklılığa bağlı olarak ortaya çıkan sapmaları tespit edecek veri setini mutlaka yapmalıdır. Bu yapılmadığı takdirde diğer araştırmalardan elde edilen veriler, belki de bir kişinin hayatına mal olabilecek önemli bir hataya neden olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Benecke, M., A brief history of forensic entomology, *Forensic Science International*, 120, 2-14, **2001**.
- [2] Demirsoy, A., *Yaşamın Temel Kuralları Cilt 2 Kısım 2: Omurgasızlar/Böcekler*, 9. Baskı, Meteksan A. Ş., **2006**.
- [3] Triplehorn, C. A., Norman F. J., *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*, 7th Edition, Brooks/Cole: Cengage Learning, **2005**.
- [4] Smith, K. G. V., *A Manual of Forensic Entomology*, The Trustees of the British Museum (Natural History), **1986**.
- [5] Amendt, J., Krettek, R., Zehner R., Forensic entomology, *Springer-Verlag*, 91:51-65, **2004**.
- [6] Hall, R. D., Hundington, T. E., Introduction: Perception and status of forensic entomology. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC Press, 1-16, **2010**.
- [7] Anderson, G. S., Cervenka, V. J., Insects associated with the body: their uses and analyses. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*, (eds: Haglund, W. D., Sorg, M. H.), CRC Press, 173-200, **2002**.
- [8] Byrd, J. H., Castner, J. L., Insect of forensic importance. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC Press, 39-126, **2010**.
- [9] Gennard, D. E., *Forensic Entomology: An Introduction*, John Wiley and Sons Ltd, **2012**.
- [10] Greenberg, B., Flies as forensic indicators, *Journal of Medical Entomology*, 28(5): 565-577, **1991**.
- [11] Greenberg, B., Tantawi T. I., Different developmental strategies in two boreal blow flies (Diptera: Calliphoridae), *Journal of Medical Entomology*, 30(2); 481-484, **1993**.
- [12] Sert, O., Kabalak, M., Şabanoğlu B., Determination of forensically important Coleoptera and Calliphoridae (Diptera) species on decomposing dog (*Canis lupus familiaris* L.) carcass at Ankara province, *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 40(1), 99-103, **2012**.
- [13] Şabanoğlu, B., *Ankara İli'nde (Merkez İlçe) Leş Üzerindeki Calliphoridae (Diptera) Faunasının Belirlenmesi Ve Morfolojilerini Sistemik Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2007**.
- [14] Özdemir, S., *Ankara İli'nde (Merkez İlçe) Leş Üzerindeki Coleoptera Faunasının Belirlenmesi ve Morfolojilerinin Sistemik Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2007**.
- [15] Ergil, C., *Adli Bakımdan Önemli Olan Böcek Gruplarından, Calliphoridae Familyasına Ait Calliphora vomitoria (Linnaeus, 1758) ve Chrysomya albiceps (Wieddemann, 1819) Türlerinin Pupa Dönemindeki Gelişimlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.
- [16] Karabey, T., *Adli Önemi Olan Böcek Türlerinden Lucilia sericata'nın (Diptera: Calliphoridae) Pupa Gelişim Sürecinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.

- [17] Catts, E. P., Goff, M. L., Forensic entomology in criminal investigations, *Annual Reviews of Entomology*, 37, 253-72, **1992**.
- [18] Rodriguez, W. C., Bass, W. M., Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee, *Journal of Forensic Science*, 28, 423-32, **1983**.
- [19] Galloway A., Birkby, W. H., Jones, A. M., Henry, T. E., Parks, B. O., Decay Rates of human remains in an arid environment, *Journal of Forensic Science*, 34, 607-616, **1989**.
- [20] Carvalho, L. M. L., Thyssen P., J., Linhares, A. X., Palheres, F. A. B., A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in southeastern Brazil, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95(1), 135-138, **2000**.
- [21] Abell, D. H., Wasti, S. S., Hartmann, G. C., Saprophagous arthropod fauna associated with turtle carrion, *Applied Entomology and Zoology*, 17(3), 301-307, **1982**.
- [22] Blackit R. E., Blackit R. M., Insects infestations of small corpses, *Journal of Natural History*, 24, 699- 709, **1990**.
- [23] Denno, R. F., Cothren, W. R., Competitive interactions and ecological strategies of sarcophagid and calliphorid flies inhabiting rabbit carrion, *Annals of the Entomological Society of America*, 69(1), 109-113, **1976**.
- [24] Kuusela, S., Hanski, I., The structure of carrion fly communities: the size and the type of carrion, *Holarctic Ecology*, 5, 337-348, **1982**.
- [25] Payne, J. A., A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus, *Ecological Society of America*, 46(5), 592-602, **1965**.
- [26] Anderson, G. S., VanLaerhoven S. L., Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia, *Journal of Forensic Sciences*, 41(4): 617-625, **1996**.
- [27] Reed, H. B., A study of dog carcass communities in Tennessee with special reference to the insects, *American Midland Naturalist*, 59(1): 213-245, **1958**.
- [28] Tomberlin, J. K., Mohr, R., Benbow, M. E., Tarone A. M., VanLaerhoven, S., A roadmap for bridging basic and applied research in forensic entomology, *Annual Review of Entomology*, 56: 401-21, **2011**.
- [29] Anderson, G. S., Factors that influence insect succession on carrion. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC Press, 201-250, **2010**.
- [30] Anton, E., Niederegger, S., Beutel, R. G., Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in thuringia and their forensic implications, *Medical and Veterinary Entomology*, 25, 353–364, **2011**.
- [31] Archer, M. S., Elgar, M. A., Yearly activity patterns in Southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects, *Forensic Science International*, 132(3):173-6, **2003**.
- [32] Centeno, N., Maldonado, M., Oliva, A., Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina), *Forensic Science International*, 126, 63-70, **2002**.
- [33] Joy, J. E., Liette, N. L., Harrah, H. L., Carrion fly (Diptera: Calliphoridae) larval colonization of sunlit and shaded pig carcasses in West Virginia, Usa, *Forensic Science International*, 164, 183-192, **2006**.
- [34] Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A., Duque, P., A preliminary study of forensic entomology in Medellin, Colombia, *Forensic Science International*, 120, 53-59, **2001**.

- [35] Koçarek, P., Decomposition and coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic, *European Journal of Soil Biology*, 39, 31-45, **2003**.
- [36] Goff, M. L., *A Fly for the Prosecution*, Harvard University Press, **2000**.
- [37] Nuorteva, P., Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. *Forensic Medicine: A Study in Trauma and Environmental Hazards*, (eds: Tedeschi, C. G., Eckert, W. G., Tedeschi, L. G.), Vol 2, W. B. Saundersr Company, 1072-1095, **1977**.
- [38] Şabanoğlu, B., Sert, O., Determination of Calliphoridae (Diptera) fauna and seasonal distribution on carrion in Ankara Province, *Journal of Forensic Science*, doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01366.x, **2010**.
- [39] Özdemir, S., Sert, O., Determination of Coleoptera fauna on carcasses in Ankara Province, Turkey, *Forensic Science International*, 183, 24-32, **2009**.
- [40] Early, M., Goff, M. L., Arthropod succession patterns in exposed carrion on the Island of O'ahu, Hawaiian Islands, Usa, *Journal of Medical Entomology*, 23, 520-531, **1986**.
- [41] Donovan, S. E., Hall, M. J. R., Turner, B. D., Moncrieff, C. B., Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina* over a range of temperatures, *Medical and Veterinary Entomology*, 20,106-114, **2006**.
- [42] Haskell N. H., Williams R. E., *Collection of Entomological Evidence at the Death Scene. Entomology and Death: A Procedural Guide*, (eds: Catts, E. P., Haskell N. H.), Joyce's Print Shop Inc., **1990**.
- [43] Marchenko, M. I., Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death, *Forensic Science International*, 120, 89-109, **2001**.
- [44] Ames, C., Turner, B., Low Temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation, *Medical and Veterinary Entomology*, 17, 178-186, **2003**.
- [45] Turner, B., Howard T., Metabolic heat generation in dipteran larval aggregations: a consideration for forensic entomology, *Medical and Veterinary Entomology*, 6, 179-181, **1992**.
- [46] Scala, J. R., Wallace J. R., Forensic meteorology: the application of weather and climate. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC Press, 519-538, **2010**.
- [47] Greenberg, B., Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Diptera: Calliphoridae), *Journal of Medical Entomology*, 27(5): 807-810, **1990**.
- [48] Singh, D., Bharti, M., Further observations on the nocturnal oviposition behaviour of blow flies (Diptera: Calliphoridae), *Forensic Science International*, 120: 124-126, **2001**.
- [49] Amendt, J., Zehner, R., Reckel F., The nocturnal oviposition behaviour of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in central Europe and its forensic implications, *Forensic Science International*, 175: 61-64, **2008**.
- [50] Baldridge R. S., Wallace S. G., Kirkpatrick R., Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in central Texas, *Journal of Forensic Science*, 51(1): 125-126, **2006**.
- [51] Wooldridge J., Scrase L., Wall, R., Flight activity of the blowflies, *Calliphora vomitoria* and *Lucilia sericata*, in the dark, *Forensic Science International*, 172: 94-97, **2007**.

- [52] Greenberg, B., Kunich, J. C., *Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators*, Cambridge University Press, **2002**.
- [53] Erzinçlioğlu, Y. Z., Immature stages of British *Calliphora* and *Cynomya*, with a re-evaluation of the taxonomic characters of larval Calliphoridae (Diptera), *Journal of Natural History*, 19, 69-96, **1985**.
- [54] Haskell, N. H., Hall, R. D., Cervenka, V. J., Clark M. A., On the body: insects' life stage presence, their postmortem artifacts. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*, (eds: Haglund, W. D., Sorg, M. H.), CRC Press, 415-448, **2006**.
- [55] Gullan, P. J., Cranston P. S., *The Insects: An Outline of Entomology*, Blackwell Publishing, **2005**.
- [56] Nedved, O., Temperature, effects on development and growth. *Encyclopedia of Insects*, (eds: Resh, V. H., Carde, R. T.), 2nd Edition, Elsevier, 990- 993, **2009**.
- [57] Anderson, G. S., Minimum and maximum development rates of some forensically important Calliphoridae (Diptera), *Journal of Forensic Science*, 45, 824-832, **2000**.
- [58] Dourel, L., Pasquerault, T., Gaudry, E., Vincent, B., Using estimated on-site ambient temperatures has uncertain benefit when estimating postmortem interval, *Psyche*, doi:10.1155/2010/610639, **2010**.
- [59] Nava, D. E., Gomez-Torres, M. L., Rodrigues, M. D., Bento, J. M. S., Haddad, M. L., Parra, J. R. P., The effects of host, geographic origin, and gender on the thermal requirements of *Diaphorinacitri* (Hemiptera:Psyllidae), *Environmental Entomology*, 39, 678–684, **2010**.
- [60] Damos, P., Savopoulou-Soultani, M., Temperature-driven models for insect development and vital thermal requirements, *Psyche*, doi: 10.1155/2012/123405, **2012**.
- [61] Reibe, S., Von Doetinchem, P., Madea, B., A new simulation-based model for calculating post-mortem intervals using developmental data for *Lucilia sericata* (Dipt.:Calliphoridae), *Parasitology Research*, 107(1), 9-16, **2010**.
- [62] Higley, L. G., Haskell, N. H., *Insect Development and Forensic Entomology. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC, Press, 389-405, **2010**.
- [63] Nability, P. D., Higley, L. G., Heng-Moss, T. M., Effects of temperature on development of *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae) and use of developmental data in determining time intervals in forensic entomology, *Journal of Medical Entomology*, 43(6),1276-1286, **2006**.
- [64] Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaundry, E., Reiter, C., LeBlance, H., Hall, M., Best practice in forensic entomology:standards and guidelines, *International Journal of Legal Medicine*, 121, 90-104, **2007**.
- [65] Grassberger, M., Reiter, C., Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera:Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen and isomorphen-diagram, *Forensic Science of International*, 120, 32-36, **2001**.
- [66] Warren, J. A., Anderson, G. S., The development of *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy) at constant temperatures and its minimum temperature threshold, *Forensic Science International*, 233: 374-379, **2013**.

- [67] Niederegger S., Pastuschek J., Mall G., Preliminary studies of the influence of fluctuating temperatures on the development of various forensically relevant flies, *Forensic Science International*, 199: 72-78, **2010**.
- [68] Byrd, J. H., Tomberlin, J. K., Laboratory rearing of forensic insects. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, (eds: Byrd, J. H., Castner, J. L.), 2nd Edition, CRC Press, 177-200, **2010**.
- [69] Richards, C. S., Villet, M. H., Data quality in thermal summation development models for forensically important blowflies, *Medical and Veterinary Entomology*, 23, 269-276, **2009**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Melike Topçular

Doğum Yeri: 20.05.1987

Medeni Hali: Bekar

E-posta: meliketopcular@gmail.com

Adresi: Abay Kunanbay Cad. 47/11 Kavaklıdere / ANKARA

Eğitim

Lise: 2001-2005 Kocatepe Mimar Kemal Lisesi (Süper Lise)

Lisans: 2005-2010 Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Yabancı Dil

İngilizce

İş Deneyimi

Nisan 2014- (Halen) Vem İlaç San. ve Tic. Ltd. Şti.

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-