

***PHLEBOTOMUS PAPTASI* (SCOPOLI, 1786)'NİN FARKLI
KAIROMONLARA YÖNELİMİ**

**ORIENTATION OF *PHLEBOTOMUS PAPTASI* (SCOPOLI,
1786) TO DIFFERENT KAIROMONES**

MERT OKBAY

DOÇ. DR. ÖZGE ERİŞÖZ KASAP

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2024

ÖZET

***PHLEBOTOMUS PAPATASI* (SCOPOLI, 1786)'NİN FARKLI KAIROMONLARA YÖNELİMİ**

Mert OKBAY

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Özge ERİŞÖZ KASAP

Haziran 2024, xiii + 96 sayfa

Omurgalı ve bitkisel konaklar, arthropodalara lokasyonlarını belirlemeye yardım edecek çeşitli uyaranlar sunar. Bu uyaranlardan en önemlileri konakların kokularıyla bulunmasını sağlayan kairomonlardır. Bu tez çalışması kapsamında farklı hematofag arthropodlar üzerinde çekici etkisi olduğu bilinen bazı kairomonların Türkiye'nin de dahil olduğu Palearktik Bölge'de oldukça geniş bir yayılım alanına sahip olan *Phlebotomus papatasi* bireyleri üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmış, farklı kairomonların *P. papatasi* ergin bireyleri üzerindeki çekici etkisi ilk kez bir olfaktometre sistemi içerisinde test edilmiştir.

Bu çalışmada yedi farklı semiokimyasalın (1-octen-3-ol, sulcatone, linalool oxide, 1-hexanol, decanal, m-cresol ve p-cresol) üç farklı konsantrasyonuna (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) ait olfaktometri çalışmaları standart iklim odası koşullarında kolonize edilen 690 dişi, 690 erkek ergin birey kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekicilik testleri sonucunda elde edilen veriler lojistik regresyon modeli ile analiz edilmiştir. Model sonuçlarına göre dişi ve erkek bireyler üzerinde en yüksek çekici etkiye sahip kairomonlar arasından seçilen dört farklı kairomon kullanılarak iki farklı karışım hazırlanmış, bu karışımların *P. papatasi* ergin

bireyleri üzerindeki etkileri de olfaktometre sistemi içerisinde test edilmiştir. Olfaktometre sistemi içerisinde, deneye alınan bireylerin sisteme salınmasından tercih gösterdikleri tuzak şişelerine girene kadar geçen süre her kairomon ve farklı konsantrasyonu için kaydedilmiş, elde edilen veriler Kruskal-Wallis *H* testi ile analiz edilmiştir.

Dişi bireyler için elde edilen sonuçlar, decanal (10^{-4} ve 10^{-3}), hexanol (10^{-4}), sulcatone (10^{-2}), linalool oxide (10^{-4})'in en yüksek çekici etkiye sahip kairomonlar arasında olduğunu, p-cresol 10^{-2} 'nin *P. papatasi* dişilerini çekme olasılığı en düşük kairomon olduğunu göstermiştir. Hexanol (10^{-4}), linalool (10^{-3}), 1-octen-3-ol (10^{-4}), sulcatone (10^{-4}) erkek bireyler üzerinde en yüksek çekici etkiye sahip kairomonlar olarak belirlenmiş, m-cresol (10^{-2})'ün *P. papatasi* erkeklerini çekme olasılığı en düşük kairomon olduğu tespit edilmiştir. Dişi bireyler için en yüksek çekici etki gösteren kairomonlar kullanılarak hazırlanan karışımın, karışımı oluşturan kairomonlarla karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksek bir çekiciliğe sahip olmadığı ortaya konmuş; benzer sonuç erkek bireyler için hazırlanan karışım kullanılarak gerçekleştirilen çekicilik testleri için de elde edilmiştir. Dişi bireylerin en hızlı tercih gösterdikleri kairomonun decanal (10^{-3}), en yavaş tercih gösterdikleri kairomonun 1-octen-3-ol (10^{-2}); erkek bireylerin en hızlı tercih gösterdikleri kairomonun hexanol (10^{-3}), en yavaş tercih gösterdikleri kairomonun ise sulcatone (10^{-2}) olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen bulgular, test edilen kairomonların *P. papatasi* ergin bireyleri üzerindeki çekici etkisinin test edilen kairomona, kairomon konsantrasyonuna ve eşeye bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçların kum sineklerinin ekolojisi ve kum sineği kaynaklı hastalıkların epidemiyolojisi ile ilgili olarak gerçekleştirilecek çalışmalara olduğu kadar sürdürülebilir Entegre Vektör Mücadele stratejilerinin geliştirilmesine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: kum sinekleri, *Phlebotomus papatasi*, olfaktometre, semiokimyasal, çekici etki, uçucu organik bileşik

ABSTRACT

ORIENTATION OF *PHLEBOTOMUS PAPATASI* (SCOPOLI, 1786) TO DIFFERENT KAIROMONES

Mert OKBAY

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özge ERİŞÖZ KASAP

June 2024, xiii + 96 pages

Vertebrate or plant hosts provide numerous stimuli in various forms that aid arthropods in determining their location. Among these stimuli, kairomones, which enable the detection of hosts through their "scents," are of paramount importance. This thesis aims to investigate the effects of certain kairomones, recognized for their attractive influence on various blood-feeding arthropods, on individuals of *Phlebotomus papatasi*, which are widely distributed in the Palearctic region, including Turkey. The study uniquely tests the attractive effects of different kairomones on adult *P. papatasi* within an olfactometer system for the first time.

In the experiments conducted, the attractive effects of seven different kairomones (1-octen-3-ol, sulcatone, linalool oxide, 1-hexanol, decanal, m-cresol, and p-cresol) and three different concentrations (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) of each kairomone were examined. The experiments were performed under standard climate chamber conditions, using 690 female and 690 male adult individuals that were colonized. The data obtained from the attractiveness tests were analyzed using a logistic regression model. Based on

these attraction analyses, two mixtures were prepared with the kairomone concentrations yielding the best results for each sex, and the attractiveness of these mixtures was separately tested on both female and male *P. papatasi* individuals. Within the olfactometer system, the time elapsed from the release of the test subjects into the system to their entry into the preferred trap bottles was examined for each kairomone and its different concentrations. The obtained data were analyzed using the Kruskal-Wallis *H* test.

The results for female individuals indicated that decanal (10^{-4}), hexanol (10^{-4}), sulcatone (10^{-2}), and linalool oxide (10^{-4}) were among the kairomones with the highest attractive effects, while p-cresol (10^{-2}) had the lowest probability of attracting *P. papatasi* females. For male individuals, hexanol (10^{-4}), linalool (10^{-3}), 1-octen-3-ol (10^{-4}), and sulcatone (10^{-4}) were identified as the kairomones with the highest attractive effects, whereas m-cresol (10^{-2}) was the kairomone with the lowest probability of attracting *P. papatasi* males. The mixture prepared using the kairomones with the highest attractive effects for female individuals did not exhibit significantly higher attractiveness compared to the individual kairomones comprising the mixture. Similar results were obtained from the attractiveness tests using the mixture prepared for male individuals. The kairomone most quickly preferred by female individuals was decanal (10^{-3}), and the least quickly preferred was 1-octen-3-ol (10^{-2}). For male individuals, the kairomone most quickly preferred was hexanol (10^{-3}), while the least quickly preferred was sulcatone (10^{-2}).

The findings of this thesis demonstrate that the attractive effects of the tested kairomones on adult *P. papatasi* individuals vary depending on the specific kairomone, its concentration, and the sex of the individuals. These results are expected to contribute not only to studies related to the ecology of sand flies and the epidemiology of sand fly-borne diseases but also to the development of sustainable Integrated Vector Management strategies.

Keywords: sand flies, *Phlebotomus papatasi*, olfactometer, semiochemicals, attraction, volatile organic compounds

TEŞEKKÜR

Tez sürecimdeki en zorlu anlarda bile, bilgi birikimi ve değerli önerileriyle beni aydınlatan; hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, akademik danıőmanım Doç. Dr. Özge Erişöz Kasap'a,

Lisans hayatım boyunca ufkumu genişleten ve rehberlik eden; bilgi ve deneyimleriyle her zaman destek olan hocam Prof. Dr. Bülent Alten'e,

Sevgili ekip arkadaşlarım; Ayda Yılmaz, Dr. Gizem Oğuz Kaskan, Kıvanç Sevim, Zeynel Can Önal ve Wilfrid Sewade'ye,

Doğduğumdan beri yanımda olan, hayatımın her alanında sonsuz destek veren sevgili aileme,

Yüksek lisans tez sürecimde, "2210/A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı" kapsamında bursiyer olarak destek aldığım TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı'na (BİDEB) teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne bağlı FHD-2023-20758 numaralı proje ve Avrupa Birliği HORIZON/101057690 numaralı "CLIMOS Projesi" tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Hematofajinin Evrimi	1
1.2. Hematofag Arthropodların Epidemiyolojik ve Ekonomik Önemi.....	2
1.3. Hematofag Arthropodlarda Konak Tercihi	3
1.4. Hematofag Arthropodlarda Beslenme Süreci ve Konağa Yönelim.....	5
1.5. Hematofag Arthropodlarda Koku Uyarınının Algılanmasının Fizyolojik Temelleri	8
1.6. Vektörlerle Mücadele ve Semiokimyasalların Önemi.....	10
1.7. Kum Sineklerinin Sınıflandırılması ve Yayılımı	15
1.8. Kum Sinekleri Morfolojisi ve Ekolojisi	16
1.9. Kum Sineklerinin Vektöriyel Önemi	18
1.10. Tez Çalışmasının Amacı	21
2. YÖNTEM.....	23
2.1. <i>Phlebotomus papatasi</i> Bireylerinin Temini ve Deney Koşulları.....	23
2.2. Deneylerde Kullanılan Kairomonlar ve Kairomon Çözeltilerinin Hazırlanması	23
2.3. Deneylerde Kullanılan Olfaktometre Sistemi	25
2.4. Farklı Kairomonların <i>Phlebotomus papatasi</i> Bireyleri Üzerindeki Çekicilik Etkilerinin Test Edilmesi	30
2.5. Deney Sonuçlarının Analizi	32
3. SONUÇLAR	35

3.1. <i>P. papatasi</i> Erkek ve Dişi Bireylerinin Test Edilen Kairomonlara Verdikleri Tepkiler	35
3.2. Çekici Etki Analizleri	36
3.2.1. <i>P. papatasi</i> Dişi Bireyleri İçin Elde Edilen Bulgular	36
3.2.2. <i>P. papatasi</i> Erkek Bireyleri İçin Elde Edilen Bulgular	43
3.2.3. Kairomon Karışımlarının <i>P. papatasi</i> Dişi ve Erkek Bireyleri Üzerindeki Çekicilik Etkileri	50
3.3. Çekilim Süresi Analizleri	63
3.4. Farklı Değişkenlerin Çekicilik Üzerindeki Etkisine Ait Sonuçlar	65
4. TARTIŞMA	68
5. KAYNAKLAR	82
6. ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Bir böcekteki davranış paketinin ifade edilmesinin modeli 9
Şekil 1.2	Arthropodlarda hücre içi koku sinyal iletim yollarının gösterimi 10
Şekil 1.3	Semiokimyasalların gruplandırılması 13
Şekil 1.4	<i>Phlebotomus papatasi</i> Batı Paleartik'teki yayılım alanları 20
Şekil 2.1	Deneylerde kullanılan olfaktometre sisteminin genel görünümü..... 25
Şekil 2.2	Olfaktometre sistemine düzgün hava akışı sağlayan hava pompası ve filtre şişeleri. 27
Şekil 2.3	Olfaktometre sistemine gönderilen hava akışının debisini ayarlayan debimetreler..... 27
Şekil 2.4	Olfaktometre sisteminin ana gövdesi ve sistemin çalışma prensiplerinin görseli. 28
Şekil 2.5	Olfaktometre sisteminin ana gövdesine bağlı salma kafesi. 29
Şekil 2.6	Tuzak şişesine girerek tercih göstermiş bir <i>P. papatasi</i> bireyi. 31
Şekil 3.1	1-octen-3-ol (a), sulcatone (b), linalool-oxide (c), 1-hexanol (d) ve DCM'i tercih eden dişi <i>P. papatasi</i> birey sayıları. 38
Şekil 3.2	Decanal (a), m-cresol (b), p-cresol (c) ve DCM'i tercih eden dişi <i>P. papatasi</i> birey sayıları. 40
Şekil 3.3	<i>P. papatasi</i> dişi bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri. 42
Şekil 3.4	1-octen-3-ol (a), sulcatone (b), linalool-oxide (c), 1-hexanol (d) ve DCM'i tercih eden erkek <i>P. papatasi</i> birey sayıları. 44
Şekil 3.5	Decanal (a), m-cresol (b), p-cresol (c) ve DCM'i tercih eden erkek <i>P. papatasi</i> birey sayıları. 46

Şekil 3.6	<i>P. papatasi</i> erkek bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri.	48
Şekil 3.7	<i>P. papatasi</i> erginleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri.	50
Şekil 3.8	Karışım 1, Karışım 2 ve DCM'i tercih eden <i>P. papatasi</i> dişi birey sayıları.	51
Şekil 3.9	<i>P. papatasi</i> dişi bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.	52
Şekil 3.10	Karışım 1, Karışım 2 ve DCM'i tercih eden <i>P. papatasi</i> erkek birey sayıları.	53
Şekil 3.11	<i>P. papatasi</i> erkek bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.	54
Şekil 3.12	<i>P. papatasi</i> erginleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.	56
Şekil 3.13	<i>P. papatasi</i> dişileri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	57
Şekil 3.14	<i>P. papatasi</i> erkekleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	58
Şekil 3.15	<i>P. papatasi</i> erginleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	59

Şekil 3.16	<i>P. papatasi</i> dişileri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	60
Şekil 3.17	<i>P. papatasi</i> erkekleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	61
Şekil 3.18	<i>P. papatasi</i> erginleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.	62
Şekil 3.19	Sapma Analizi için kullanılan verinin, lojistik regresyon model sonuçlarına ait uyum iyiliği analizi.	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1	Yeni Dünya ve Eski Dünya kum sineği türlerinin beslenme davranışı üzerinde kairomonların etkisinin aydınlatılmasına yönelik çalışmalarda kullanılan semiokimyasallar 22
Çizelge 2.1	Tez çalışması kapsamında <i>Phlebotomus papatasi</i> bireyleri üzerindeki çekicilik etkinliği test edilen kairomonlara ait bilgiler. 24
Çizelge 3.1	<i>P. papatasi</i> bireyleriyle gerçekleştirilen deneyler sonucunda her iki eşey için tepki veren ve tepkisiz birey sayıları..... 35
Çizelge 3.2	<i>P. papatasi</i> dişi bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları..... 41
Çizelge 3.3	<i>P. papatasi</i> erkek bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları..... 47
Çizelge 3.4	<i>P. papatasi</i> erginleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları..... 49
Çizelge 3.5	<i>P. papatasi</i> dişi bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları... 52
Çizelge 3.6	<i>P. papatasi</i> erkek bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları... 54
Çizelge 3.7	<i>P. papatasi</i> erginleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları... 55

Çizelge 3.8	<i>P. papatasi</i> dişileri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	57
Çizelge 3.9	<i>P. papatasi</i> erkekleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	58
Çizelge 3.10	<i>P. papatasi</i> erginleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	59
Çizelge 3.11	<i>P. papatasi</i> dişileri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	60
Çizelge 3.12	<i>P. papatasi</i> erkekleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	61
Çizelge 3.13	<i>P. papatasi</i> erginleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları.	62
Çizelge 3.14	<i>P. papatasi</i> bireylerinin farklı konsantrasyonlardaki kairomonlara ve kairomon karışımlarına gösterdikleri tercihin saniye cinsinden ortalama süreleri.....	64
Çizelge 3.15	Sapma Tablosu Analiz Sonuçları	66
Çizelge 4.1	Tez çalışması kapsamında <i>Phlebotomus papatasi</i> bireyleri üzerinde çekici etki göstermiş olan kairomonlar ve konsantrasyonları.	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

DSÖ	:	Dünya Sağlık Örgütü
MSS	:	Merkezi Sinir Sistemi
GTP	:	Guanozin-5'-trifosfat
IP₃	:	Inositol trisphosphate
DDT	:	Dichlorodiphenyltrichloroethane
EVM	:	Entegre Vektör Mücadelesi
VL	:	Visceral leishmaniasis
KL	:	Kutanöz leishmaniasis
MKL	:	Mukokutanöz leishmaniasis
HumL	:	Human leishmaniasis
AniL	:	Animal leishmaniasis
GLM	:	Genelleştirilmiş Lineer Modeller
DCM	:	Dichloromethane
VOC	:	Volatile Organic Compunds (Uçucu Organik Bileşik)

1. GİRİŞ

1.1. Hematofajinin Evrimi

Hematofajinin (kan ile beslenme) bit, pire ve Nematocera alt takımında sınıflandırılan sineklerde Geç Jura – Erken Kretase (200-150 milyon yıl önce) döneminde; güveler ve Brachycera alt takımında sınıflandırılan bazı sineklerde ise Tersiyer (65 – 2.6 milyon yıl önce) süresince, çoğunlukla her bir aile içerisinde birbirinden bağımsız olarak gerçekleşen evrimsel süreçlerde ortaya çıktığı düşünülmektedir. Hematofajinin orijini ile ilgili görüşler farklılık gösterse de hematofag olmayan atasal bir soyun iki olası yoldan birisini izleyerek farklılaştığı düşünülmektedir: İlk görüşe göre hematofaji, omurgalı konak ve hematofag olmayan böceklerin uzun süre bir arada yaşamaları sonucu gelişmiştir. Omurgalı hayvanların yuvaları böceklerin yaşamlarını devam ettirmek için gerekli olan nemli, sıcak ve organik maddece zengin koşulları sağlaması sebebiyle böcekler için uygun mikrohabitatlar arasında yer almakta; omurgalı hayvanların kürk ve tüyleri arasına yerleşerek omurgalı hayvan ile foretik bir etkileşime girmek böceklerle yuvalar arası hareket olanağı tanımaktadır. Bu kommensal yaşam tipi sebebiyle temel olarak yuvalardaki dışkı, mantar ve diğer organik maddeler ile beslenen böceklerin rastlantısal ancak düzenli olarak deri, tüy ve kıl gibi omurgalı hayvan döküntülerini de besin olarak tükettikleri, bunları etkin şekilde sindirebilecek fizyolojik özelliklere sahip bireylerin ise zaman içerisinde seçilimsel olarak avantajlı hale geldiği düşünülmektedir. Zaman içerisinde kazanılan morfolojik ve davranışsal uyarlanımların hematofag böceklerin ataları ile omurgalı hayvanlar arasındaki etkileşim süresini uzattığı, böceklerin zamanla deri ve tüy üzerinden daha etkin bir şekilde beslendiği ileri sürülmektedir. Bu görüşe göre hematofag böceklerin ataları çiğneyici tipte ağız parçalarına sahiptir; çiğneyici ağız parçaları deriyi delmek üzere özelleşmiş olmasa da deri ve tüy üzerinden beslenme sıklığı arttıkça, rastlantısal olarak deriyi delme sıklığı da artmış, bu da atasal böceklerle besin değeri deri ya da tüyden daha yüksek olan kan ile beslenme olanağını sunmuş ve kanı düzenli olarak besin kaynağı olarak kullanabilecek

morfolojik, fizyolojik ve davranışsal uyarlanımlara sahip böceklerin zamanla atasal soydan ayrılmasına, önce fakültatif daha sonra da zorunlu hematofag grupların ortaya çıkmasına neden olmuştur. İkinci görüşe göre hematofag böcekler, ağız parçaları dokuları delmeye uyarlanmış entomofag ya da fitofag böceklerden köken almışlardır. Amfibi, sürüngen ya da memeli yuvalarında yoğun olarak bulunan böcekler üzerinden beslenen ve delici ağız parçalarına ve proteinleri etkin bir şekilde sindirebilecek enzimlere sahip olan entomofag böceklerin omurgalıları ile sık sık ve uzun süren etkileşimleri, hematofag yaşam tarzına geçişlerini kolaylaştırmıştır. Delici-emici ağız parçalarına sahip olan ve bitkiler üzerinden beslenen böceklerin omurgalı hayvanlar ile uzun süre etkileşim koşulunun sağlanması durumunda da başta Diptera olmak üzere bazı hematofag böcek gruplarının atasal soydan ayrılmış olabileceği, ilk görüşte de belirtildiği gibi zorunlu hematofaji için gerekli morfolojik, fizyolojik ve davranışsal uyarlanımları kazanmış olabilecekleri düşünülmektedir [1, 2].

1.2. Hematofag Arthropodların Epidemiyolojik ve Ekonomik Önemi

Çeşitli virüs, bakteri, protozoon ve helmint türlerinin hareketini ve farklı omurgalı konakları bulma ve enfekte etme yeteneğini arttırması sebebi ile hematofaji söz konusu patojenlerin hematofag böceklerin vücudunda hayatta kalma başarısını arttıracak morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri hızla kazanmalarına yol açmıştır. Bu durum günümüz hematofag böceklerin hastalık etkenlerinin taşınmasında ve bulaştırılmasında rol oynayan, insan ve hayvan sağlığı üzerinde önemli etkileri bulunan vektör canlılar arasında sınıflandırılmasına sebep olmuştur [3].

Günümüze kadar tanımlanmış yaklaşık 15.000 böcek, 900 kene türünün omurgalı konaklardan kan emdiği, çok sayıda akar türünün de kan emme ve deri üzerinden beslenmeye uyarlandığı bilinmektedir. İnsanların avcı-toplayıcılıktan, üretim ve yetiştiriciliğe geçmesi ile birlikte insan ve hayvan sağlığını olumsuz yönde etkileyen

faktörlerin başında gelen hematofag arthropodların epidemiyolojik öneminin anlaşılması ise 19. Yüzyılın sonlarına denk gelmektedir [1, 4].

Vektör kaynaklı hastalıkların, bulaşıcı hastalık vakalarının %17'sini oluşturduğu ve yıllık yaklaşık 700.000 insanın hematofag arthropodlarca taşınan patojenlerin sebep olduğu enfeksiyonlar nedeniyle öldüğü bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre en önemli protozoal hastalık olan sıtma için yıllık 219 milyon vaka kaydedilmekte, sıtma sebebiyle her yıl 400.000 insan hayatını kaybetmektedir. Gıda ve Tarım Örgütü'nün verilerine göre ise *Culicoides* cinsine ait sineklerin taşıdığı Mavi Dil Virüsü'nin sebep olduğu Mavi Dil Hastalığı 1998'den bu yana Akdeniz Havzası'ndaki ülkelerde 1,5 milyon koyunun ölümüne sebep olmuştur. Dolayısıyla vektör kaynaklı hastalıkların tedavisi, vektör organizmaların sürveyans çalışmaları ve vektörler ve vektör kaynaklı hastalıklarla mücadele için büyük harcamalar gerçekleştirilmekte bu da küresel ölçekte çok büyük bir ekonomik yük yaratmaktadır. Yalnızca sıtma hastalığının, endemik görüldüğü ülkelerdeki ekonominin büyüme hızını diğer ülkelere göre %0,25 – 1,3 oranında azalttığı tespit edilmiştir; Mavi Dil Hastalığı'nın ise küresel ölçekte yıllık 3 milyon dolar zarara sebep olduğu bildirilmiştir [5–7].

1.3. Hematofag Arthropodlarda Konak Tercih

İnsan da dahil olmak üzere çeşitli memeli türleri, kuşlar, sürüngenler, amfibiler ve balıklar ile diğer eklem bacaklılar hematofag böceklerin beslenebileceği konaklar arasında yer almaktadır. Bir hematofag böceğin besin olarak tükettiği kanı potansiyel kaynaklardan eşit miktarda temin etmemesi, ilgili böcek türünün belirli bir konak tercihinine sahip olması ile açıklanmaktadır. Diğer organizmalarda olduğu gibi hematofag böceklerin de uyum değerlerini en yüksek seviyeye çıkartan besinleri tercih ettikleri, konak tercih aralığının ise optimal besin arama faaliyeti ve besin olarak kullanılabilir konakların tarihsel elverişliliğinin bir ürünü olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir [8].

Belirli bir besine özelleşmenin, organizmanın kullanabileceği farklı kaynaklar mevcutken, sadece belirli bir kaynağı besin olarak tüketmenin o organizmaya kazandıracığı net enerjinin daha fazla olması, genelde bir beslenme tarzının ise farklı kaynaklar arasında net enerji kazanımı bakımından çok belirgin farklılıkların olmaması durumunda evrimleştiği ileri sürülmektedir [9]. Bu görüş doğrultusunda, hematofag arthropodların besin tercihlerinin şekillenmesinde rol oynayan en temel faktörler arasında arthropodun hareket yeteneği gelmektedir; hareket yeteneği arttıkça üzerinden beslenen konak çeşitliliği artış gösterir. Omurgalı konağa ait kanın hematolojik özellikleri ve besinsel değeri hematofag arthropodlar üzerindeki bir diğer seçilimsel baskı kaynağıdır. Kanın sindirimi için gerek duyulan enerji ile sindirim sonrasında elde edilen kazanç arasındaki dengenin farklı olması, hematofag bir böceğin optimal özelliklere sahip belirli bazı omurgalı türlerini konak olarak tercih etmesine sebep olabilir. Bu gibi fizyolojik kısıtlamaların yanı sıra hematofag arthropodun ağız parçaları, ovipozitörleri ya da konağa tutunmasını sağlayan hareketli vücut parçalarına ait morfolojik özelliklerin de konak-arthropod özgülüğünün şekillenmesinde rol oynayan önemli faktörler olduğu bilinmektedir. Konakların koruyucu bir deri ya da kürke sahip olmaları ya da arthropodtan sakınma davranışı göstermeleri de besin tercihi üzerinde etkili olan faktörler arasında değerlendirilmektedir. Konağın yaşama alanı, küresel ve bölgesel ölçekteki yayılım alanı, mevsimsel ve günlük aktiviteleri ise besin tercihi ile ilişkili ekolojik faktörler arasında sıralanabilir. Son araştırmalar, hematofag arthropodlarda öğrenmenin, predatörlerden ve konağın savunma davranışlarından kaçınma, konak ve üreme alanı tercihi gibi birçok etkinlik üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini ve böceğin üreme ve hayatta kalma başarısını etkileyen önemli bir faktör olabileceğini göstermektedir. Hematofag arthropodun fizyolojik durumunun da konak tercih aralığının sınırları üzerinde etkili olabileceği, açlık durumunda hayatta kalmak ve üreme faaliyetinin gerçekleştirilebilmesi için tercih aralığı dışında kalan konaklar üzerinden de beslenilebileceği düşünülmektedir. Omurgalılar üzerinden beslenen arthropodların beslenme faaliyetlerini açık ya da kapalı alanlarda gerçekleştirmeleri ve beslenme saatleri de konak tercihi üzerinde etkili olabilir, dolayısıyla bu davranışların söz konusu canlıya herhangi bir seçilimsel avantaj kazandırması durumunda, konak tercihinin genetik bir alt yapısının olduğundan da söz etmek mümkündür [1, 9–11].

1.4. Hematofag Arthropodlarda Beslenme Süreci ve Konağa Yönelim

Hematofag arthropodların omurgalı bir konak üzerinden beslenmesi potansiyel konağın zamansal ve alansal olarak belirlenmesi, konak üzerindeki en uygun noktanın ve kan damarlarının tespit edilmesi, konak organizmanın derisinin delinmesi ve kanın bulunması basamaklarını içeren bir süreçtir. Hematofag arthropodların sahip oldukları duyu organları, potansiyel konakların zamansal ve alansal olarak tespitinde en önemli rolü oynar. Duyu organları, diğer arthropodlardakine benzer olacak şekilde baş, thorax ve abdomen üzerinde bulunur ve kimyasal ve mekanik uyarılarla, ısı enerjisinin ve nemin algılanmasına olanak tanır. Bileşik gözler, antenler ve setalar sinyallerin algılanmasında görev alan en temel duyu organları arasında yer alır. Ağız parçaları, bacaklar ve dış iskelet çeşitli duyu organlarını taşıyan önemli vücut parçalarıdır. Duyu organlarının vücuttaki yerleşim düzeni, farklı hematofag grupları arasında büyük bir farklılık göstermese de duyu organı sayısı ve konak-arthropod etkileşiminin derecesi arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Larval dönemini ve ergin yaşantısını üzerinden besleneceği konağın yuvasında geçiren kalıcı ektoparazitlerin konağı bulması için çok sayıda duyu organına ihtiyacı bulunmamaktadır. Aksine, konağın lokasyonunu belirlemek için aktif arama yapması gereken bir hematofag arthropodun kullanabileceği bütün uyarıları alması ve işlemesi gerekmektedir. Bu durum, sahip olduğu duyu organı sayısının daha fazla olmasını gerektirir [1, 10, 12].

Üzerinden beslenilecek konağın zamansal ve alansal olarak tespit edilmesi, hematofagların beslenme faaliyetlerinin ilk basamağını oluşturur. Konağın tespit edilmesi, iştahın artması (appetitive search), aktivasyon ve yönelim (activation and orientation) ve çekilim (attraction) olmak üzere dört fazda ilerleyen bir davranışsal süreç sonucunda gerçekleşir. İştahın artması, ilgili arthropodun acıkması ile tetiklenen ve potansiyel konakla temas etme olasılığını arttıran, bekleme ya da yönsüz bir aktif arama sürecini içeren ve sıklıkla konağın sirkadyen ritmi ile düzenlenen bir davranıştır. Konaktan gelen uyarıların, genellikle ilk alınan uyarı kokunun, alınması ile aktive olan arthropod (aktivasyon), yönelimi

başlatmak adına bir karar verir ve konağın genel lokasyonunu bulmak için kokuyu taşıyan rüzgarın yönünde anemotaksis davranışı gösterir. Bu mekanizmada, koku kaybolana kadar kokuyu taşıyan rüzgarın estiği yönün tersi yönüne hareket sağlanır, algılanan koku miktarı azaldığında veya kaybolduğunda koku yeniden algılanana kadar yeni bir oryantasyon yönü belirlenir ve aranan konak görsel veya diğer reseptörlerce yakalana kadar bu işlem tekrarlanır (yönelim). Konağın tespit edilmesi ile ilgili son faz olan çekilim ise konaktan gelen uyarıların arthropodu potansiyel konağa getiren ve konak üzerinden beslenilip beslenilmeyeceğine karar verilen basamaktır [1, 10, 13, 14].

Konaktan gelen çeşitli uyarılar, bu uyarıların arthropod organizmaya ulaşmasını sağlayan hava akımları ile arthropodun başta koku ve görme, nadiren de duyma ile ilgili duyu organları, potansiyel konağın tespit edilmesinde rol oynayan faktörlerdir [1]. Arthropodun potansiyel konak üzerinden beslenmesi için aktive olması, konağa yönelmesi ve çekilimi üzerinde büyük etkisi olan konağa ait uyarılar koku, su buharı, görsel ipuçları ve konaktan yayılan ısı olmak üzere dört grup altında incelenir [10]. Konağa ait koku uyarılarının başında karbondioksit (CO_2) gelmektedir. Omurgalı konakların solunum faaliyeti sonucunda yayılan CO_2 'in, tüm hematofag arthropod gruplarında davranışsal bir değişikliğe sebep olarak, konağa yönelim üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte CO_2 'in belirli aralıklarla ya da sürekli salınması, salınma frekansı ve konsantrasyonundaki farklılıklar, omurgalı konağa yönelim ve çekilim ile ilgili olarak farklı hematofag türlerinin farklı davranışsal cevaplar vermesine neden olur [15, 16]. Bit, pire ve çeçe sinekleri gibi bazı hematofag gruplarda hem dişi hem erkek bireyler yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmek için omurgalı bir konağa ihtiyaç duysalar da çoğu hematofag taksonda sadece dişi bireylerin yumurta gelişiminin tamamlanması için omurgalı kanına ihtiyaç duyduğu, bununla birlikte hem dişi hem erkek bireylerin dispersal, çiftleşme ve kışlama gibi faaliyetler için, dişi bireylerin ise kan emme faaliyetini sergileyebilmek için gerek duydukları enerjiyi nektar, bitki özsuğu, meyve suları gibi çeşitli bitkisel kaynaklardan temin ettikleri bilinmektedir [17–20]. Farklı bitki dokularında bulunan karbohidrat, amino asit ve vitaminler hem dişi hem erkek bireylerin üreme ve

hayatta kalma başarısı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Dolayısıyla farklı bitkisel kaynaklar da hematofag arthropodların diyetleri arasında yer almaktadır. Omurgalı konakların, hematofag arthropodlarca tespitinde önemli bir uyarıcı olarak rol oynayan CO_2 , bitkisel konaklar tarafından da yayılan potansiyel uyarıcılar arasında yer almaktadır. Gün ışığının azaldığı ve fotosentetik aktivitenin yavaşlayıp durduğu süreçte bitkilerin solunum faaliyeti sonucu açığa çıkan CO_2 'in, özellikle krepuskular aktivite gösteren hematofaglar tarafından bitkisel kaynakların tespit edilmesi için önemli olup olmadığı tartışmalı bir konudur [21].

Sadece omurgalılara özgü, sadece bitkilere özgü ya da hem bitki hem de omurgalılarda bulunan çeşitli uçucu kimyasal bileşikler de hematofag arthropodların üzerinden beslenecekleri konakların tespitinde kullandıkları kokuya dayalı uyarıcılar arasında yer almaktadır. Bu bileşikler aldehitler (Örn: Nonanal; omurgalı ve bitkisel konaklar), alkoller (Örn: 1-octen-3-ol; omurgalı ve bitkisel konaklar), esterler (Örn: Metil salisilat; bitkisel konaklar), karboksilik asitler (Örn: Bütirik asit; omurgalı ve bitkisel konaklar), ketonlar (Örn: Sulkaton; omurgalı ve bitkisel konaklar), terpenler [Linalool oksit (LO), bitkisel konaklar] ve yağ asitleri (Örn: Dekanoik asit; omurgalı ve bitkisel konaklar) gibi farklı kimyasal sınıflar içerisinde gruplandırılırlar [11, 22–25]. Bu bileşiklerin farklı konsantrasyonları ve farklı kombinasyonlarının türe özgü olacak şekilde hematofag arthropodların konağa yönelme ve çekilme basamaklarında farklı uyarıcı etkileri olduğu; bazı bileşiklerin sinerjistik, bazılarının ise antagonistik etki yarattığı bilinmektedir [26].

Su buharının hematofag arthropodların konağın alansal ve zamansal olarak tespit edilmesinde kullandıkları ipuçlarından biri olduğu ileri sürülmektedir [27]. Bununla birlikte, su buharının beslenme davranışı ile ilişkisini gösteren az sayıda çalışma gerçekleştirilmiş olması sebebiyle, su buharının yönelim üzerinde doğrudan etkili olup olmadığı, konak arthropod arasındaki mesafenin su buharının arthropodun beslenme davranışı üzerindeki etkisi ile ilişkili olup olmadığı henüz aydınlatılamamıştır.

Beslenme faaliyetini gün içerisinde gerçekleştiren, bileşik gözlere sahip hematofag arthropodlar için görsel ip uçları özellikle hareketli konakların tespit edilmesinde ve böylece konağa yönelimde doğrudan; nokturnal hematofaglarda ise dolaylı olarak rol oynar [10]. Görüş yeteneği, konak organizmanın uzaktan tam konumunun belirlenmesine olanak tanınmasının yanı sıra, konak vücudu üzerinde uygun konumlanma noktasının seçilmesine de katkıda bulunur. Hematofagların farklı dalga boylarındaki ultraviyoleyi algılayabildikleri, algılanan ultraviyole dalga boyu aralığının türlere göre farklılık gösterdiği [1], ultraviyole ışığı absorbe eden petallere sahip bitkilerin, hematofaglar için çekici olduğu bilinmektedir [23].

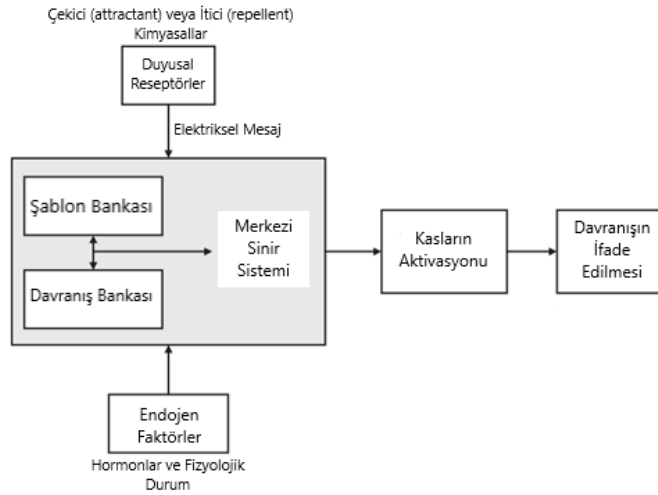
Kuş ve memeli gibi omurgalı hayvanların metabolik aktiviteleri sonucu açığa çıkan ısı, hematofag arthropodlar için bir diğer uyarıcı olarak rol oynar. Vücuttan yayılan ısının yaratmış olduğu konveksiyon akımlarının konağa ait koku uyarıcılarının yayılmasını sağladığı [28] ve özellikle konak-arthropod arasındaki mesafe kısa olduğu durumlarda arthropodun konağa yönelimi ve çekilimi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir [29]. Bitkilerin fizyolojik aktivitesi, çiçek nektarlarındaki mikrobiyal aktivite ve solar radyasyon, çiçeklerin çevre sıcaklığı ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir sıcaklığa sahip olmalarına neden olur. Bu da bitkilerde solunum hızının ve CO_2 üretim hızının artışı ile sonuçlanır; dolayısıyla artan çiçek kaynaklı ısının, bitkiler üzerinden beslenen hematofaglar için yönelim ve çekilimi artırıcı bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir [23].

1.5. Hematofag Arthropodlarda Koku Uyarıcısının Algılanmasının Fizyolojik Temelleri

Davranış, bir organizmanın değişen çevre koşullarına göstereceği tepki ile genomu arasındaki arayüzü oluşturmaktadır. Hayvanlarda görülen davranışsal tepkiler genellikle merkezi sinir sisteminde (MSS) işlenen ve belirli kas gruplarının kasılıp gevşemesiyle oluşan hazır aksiyon paketleridir. Avantaj yaratacak koşullarda kullanılan doğru aksiyon

paketleri hayvanın gelişiminde avantaj sağlayacak olup üreme şansını arttırarak bu davranışı tetikleyen genlerin aktarımına olanak sağlamaktadır [3].

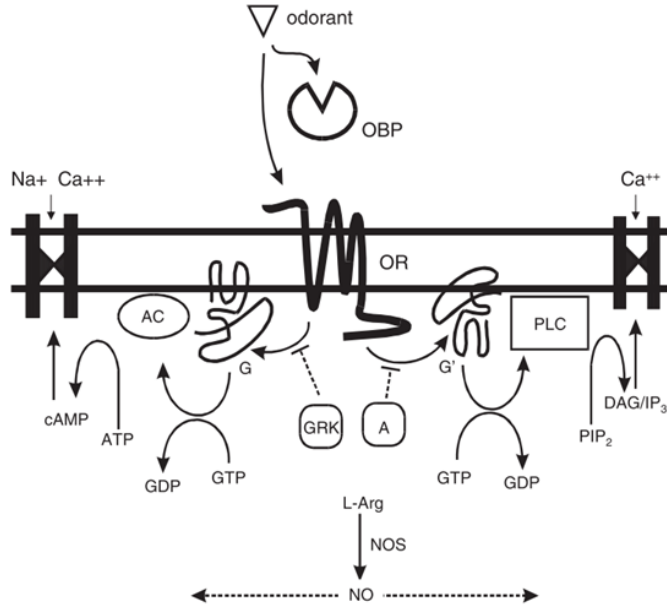
Arthropodlarda, reseptörlere gelen uyarı elektriksel mesajlara dönüştürülerek MSS'ye iletilir. Bu mesaj MSS'deki şablon bankasında uygun şablonla eşleştirilir ve davranış bankasındaki sabit aksiyonu tetikler (Şekil 1.1). Böylelikle tetiklenme, kaslardaki gerekli aksiyonu yaratarak davranışın ifadesini sağlamaktadır. Bu mekanizmada etki sahibi olan bir diğer faktör de endojen etkilere dir. Böceğin hormonları ve bulunduğu fizyolojik durum aksiyon paketlerinin çalışmasını farklı yönlerde etkileyebilmektedir [3].



Şekil 1.1 Bir böcekteki davranış paketinin ifade edilmesinin modeli [3].

Koku alma, konak arayışındaki hematofag arthropodlar için kritik önem taşıdığından dolayı arthropodlarda dış kaynaklı kimyasal uyarılar ağırlıklı olarak antenlerle ve görece az derecede maxillary palpus'un üzerinde bulunan sensillalar ile algılanmaktadır. Farklı sensillalar da bu organların koku algılanmasında görev aldığını düşündürmektedir. Arthropodların olfaktör sistemlerinde kokunun reseptörler tarafından algılanması ve MSS'ye gönderilmesi için işlenmesi, antenlerde ve palpuslarda yoğunlukla bulunan özelleşmiş kıl benzeri yapıların varlığıyla gerçekleşmektedir. Hedef molekülün reseptörlere bağlanmasıyla reseptör yapısında çeşitli konformasyonel değişiklikler oluşur.

Temelde, reseptörde bulunan G protein kompleksinin aktive olmasıyla hızla $G\alpha$ ve GTP alt birimleri sentezlenir. Bu birimler de cAMP, inositol 1,4,5-trifosfat (IP_3) gibi ikincil mesajcıları sentezleyen enzimleri indükler. Bu moleküller reseptörlerin membranında bulunan ikincil mesajcılarla çalışan katyon kanallarını aktive ederek Ca^{2+} veya Na^{2+} iyonlarının reseptör membranından içeriye akın etmesini sağlar (Şekil 1.2). Reseptör sitoplazmasının içinde yeterli iyon birikmesi de bölgenin depolarize olmasına ve reseptörün bir aksiyon potansiyeli üretmesine yol açar. Aksiyon potansiyeli, MSS'nin iletim dili olan elektrik akımın üretilmesine sebep olup reseptörün oluşturduğu bilginin MSS'de işlenmek üzere iletilmesini sağlamaktadır [3].



Şekil 1.2 Arthropodlarda hücre içi koku sinyal iletim yollarının gösterimi [3].

1.6. Vektörlerle Mücadele ve Semiokimyasalların Önemi

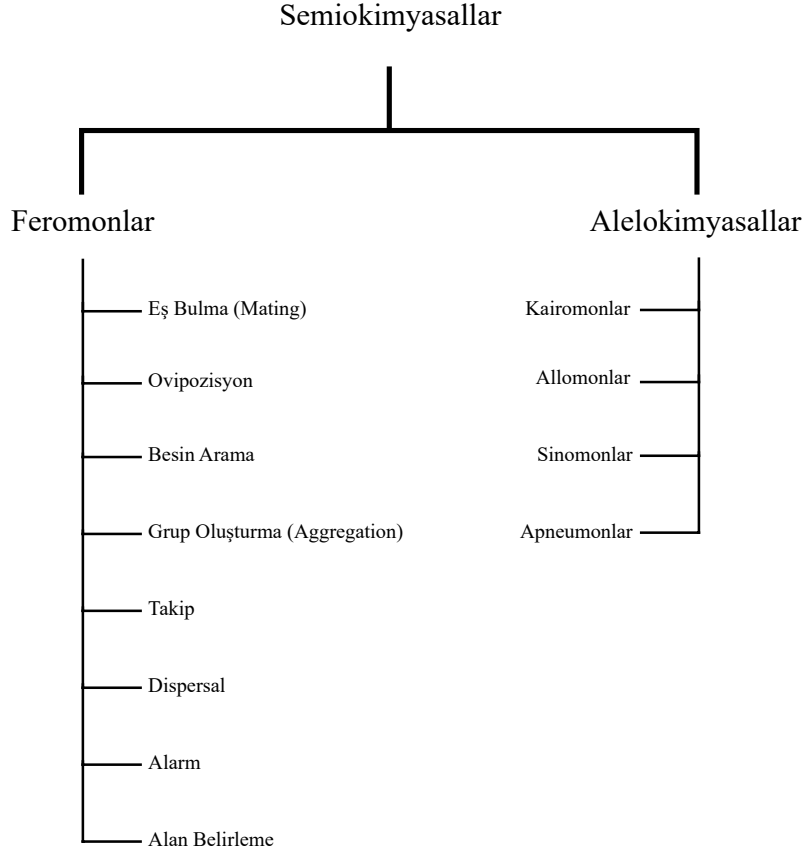
Günümüzde halen yüksek morbidite ve mortaliteye sebep olan vektör kaynaklı hastalıklar, yoksulluğun ve geri kalmışlığın önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Vektör kaynaklı hastalıkların taşınmasından sorumlu canlılarla mücadele, bu hastalıkların yayılmasını önlemek ile ilgili en etkili yöntemlerin başında gelmektedir. Etkin vektör mücadele programlarının, özellikle sıtma gibi hastalıklara ait vaka sayılarında ve

bu gibi hastalıklardan kaynaklı ölüm oranlarında belirgin bir azalmayla sonuçlandığı bilinmektedir. Sıtmada olduğu gibi yüksek yıllık vaka sayısının kaydedildiği veya etkili bir tedavinin mevcut olmadığı ya da tedaviye kolaylıkla ulaşılamayan hastalıklarda, hastalık etkenini taşıyan vektörlerin popülasyon büyüklüğünü ve yayılım alanlarını kontrol altında tutmak, bu gibi hastalıkların önlenmesi ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalarda ilk basamakta yer alır. İdeal vektör mücadele programları çevresel, mekanik, biyolojik ve kimyasal yöntemlerin kullanımını içerse de vektör popülasyonlarının kontrol altına alınması uygulamada sıklıkla kimyasal yöntemlerle sağlanmaktadır. Bununla birlikte vektörlerde hızla gelişen insektisit direnci, kimyasal mücadele yöntemlerinin etkinliğini giderek azaltmakta, insektisitlerin hedef olmayan organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri ise çevre sağlığını tehdit etmektedir. Bu durum, vektör kaynaklı hastalıkların yönetiminde daha sürdürülebilir alternatif stratejilerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Entegre Vektör Mücadele yöntemleri (EVM), vektör kontrolü için kaynakların optimal kullanımını sağlayan akılcı bir karar alma süreci olarak tanımlanır. EVM, farklı vektör mücadele yöntemlerinin, insan-vektör temasını azaltmak için tek başına veya bir arada kullanılmasını amaçlarken, aynı zamanda sürdürülebilirlik sorunlarını da ele alır. Buna ek olarak, EVM, sorunların yerel analizine ve kanıta dayalı karar alma prensibine dayanmaktadır ve genellikle disiplinler arası iş birliğini ve toplumsal katılımı gerektirir. Böylece vektör mücadele çalışmalarının nerede, ne zaman ve nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya koyabilmektedir. Mevcut veriler, EVM yaklaşımının, bulaş oranı ve vaka sayılarında önemli azalmalar sağladığını göstermektedir. Bu sebeple birçok ülkede EVM yaklaşımını benimseyen ulusal eylem planları ve projeler geliştirilmektedir [30, 31].

Vektör kontrolünde kimyasal insektisitlerin yanı sıra, entegre vektör mücadelesi stratejilerini destekleyecek önemli alternatiflerden biri semiokimyasalların kullanımınıdır. Bu yöntem, vektör popülasyonlarını kontrol altında tutmanın sürdürülebilir ve etkili bir yolunu sunmaktadır. Semiokimyasallar, tarım zararlılarının sürveyansı ve mücadelesinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, vektör mücadelesi çalışmalarında nispeten daha az kullanılmaktadır [32].

Arthropodlarda türler arası ve tür içi iletişimi sağlayan organik bileşiklere **semiokimyasal** adı verilmektedir. Semiokimyasallar, çeşitli biyotik ve abiyotik kaynaklardan yayılabilen, ancak çoğunlukla bitkilerin metabolik aktiviteleri sonucu oluşan sekonder metabolitler, çeşitli omurgalı kaynakların salgıladığı sekresyonlar, ter, solunum veya sindirim gazları yoluyla yayılan kimyasallardır [33]. Bu kimyasallarla aktarılan bilgi, duyu sistemleri aracılığıyla fizyolojik ve davranışsal aktiviteleri düzenlemek için kullanılır. Farklı etkilere sahip semiokimyasalların sınıflandırıldığı temel gruplar Şekil 1.3 üzerinden gösterilmektedir. Aynı türe ait bireylerin arasındaki iletişimi düzenleyen semiokimyasallar **feromon**; farklı türler arasındaki iletişimi düzenleyen semiokimyasallar **alelokimyasal** olarak adlandırılır. Tür içi iletişimde işlev gören semiokimyasallar, çiftleşme (mating), ovipozisyon, besin arama, grup oluşturma, takip, dispersal, alarm verme, alan belirleme gibi amaçlarla kullanılırken; farklı türler arasında işlev gören semiokimyasallar, kimyasal yayan organizmaya yararlı olan **allomonları**, alıcıya yararlı ancak yayan için bir avantaj sağlamayan **kairomonları**, hem yayıcıya hem de alıcıya yararlı olan **sinomonları** ve abiyotik materyaller tarafından salınan, alıcıya yararlı ancak abiyotik materyalin üzerinde bulunan veya ilişkili başka bir organizma için zararlı olan **apneumonları** içerir [32, 34].

Semiokimyasallar, zararlı arthropodlar ve vektörlerin kontrolünde dört temel yöntemle kullanılmaktadır. Bu yöntemler; kitle tuzaklama, çiftleşme bozma, yemleme ve öldürme, itme-çekme yöntemleridir. **Kitle tuzaklama** yönteminde, hedef popülasyonun büyük bir kısmı, görsel, işitsel ve/veya çekici semiokimyasal ipuçları kullanılarak belirli alanlara çekilir ve ardından öldürülür. Bu yöntem, insektisitlerin alan genelinde uygulanmasına alternatif olarak kullanılabilmesiyle birlikte, düşük popülasyon yoğunluklarında veya mevsimin başında uygulandığında daha etkilidir. Ancak, tuzaklar, çalışma yöntemi ve sürdürülebilirlik açısından maliyetlidir. **Çiftleşmeyi bozma** yönteminde, kabul gören başlıca mekanizmalar, rekabetçi ve rekabet dışı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Rekabetçi kategori, rakip uyarılar arasındaki çekim gücünün yanıltıcı bir iz takibi yaratarak çiftleşmeyi engellemesini ifade eder. Rekabet dışı kategori ise kamuflaj, duyarsızlaştırma ve duyusal dengesizlik gibi faktörlerin çiftleşmeyi bozduğu durumları



Şekil 1.3 Semiokimyasalların gruplandırılması [32].

kapsar. Bu faktörler, çiftleşme sürecini karmaşıklaştırarak ve zorlaştırarak, bireylerin birbirlerini bulmasını ve çiftleşmesini engeller. Bu durum, çiftleşme sürecinin doğal akışını bozar ve sonuç olarak popülasyonun genel üreme başarısını düşürür. **Yemleme ve öldürme** yöntemi, büyük miktarda hedef arthropodu, bir dinlenme yüzeyine veya bir tuzağa emdirilmiş toksik, sterilize edici veya patojenik ajanlarla temas halinde getirmek için çekicilerin kullanılmasıdır. Bu yöntem, insektisitlerin, hedef olmayan organizmalar üzerindeki etkisini azaltan önemli bir yaklaşımdır. **İtme-çekme** stratejisi, çeçe sinekleri, sivrisinekler ve kum sinekleri gibi hematofag dipterlerin hareketini yönlendirmek ve yönetmek için repellentler (itici semiokimyasallar) ve çekicilerin (çekici semiokimyasallar)

entegrasyonunu içerir. Hedef böcek, korunmak istenen kaynaktan itilir ve alternatif bir kaynağa veya tuzak alanlara çekilir. Sentetik repellentler, hedef organizmanın potansiyel konakları arasında olmayan konak kairomonları, grup oluşturmayı engelleyen feromonlar (anti-aggregation), ovipozisyondan caydırıcı feromonlar, alarm feromonları, itme bileşenleri olarak kullanılabilirken, potansiyel konak kairomonları, eşeyssel ve toplanma feromonları, ovipozisyon uyarıcıları semiokimyasallar çekici bileşenler olarak kullanılabilir [32, 34, 35].

Semiokimyasal uyarıcılar, EVM programlarında ve vektör kaynaklı hastalıkların kontrolünde kullanılacak yeni nesil araçlar için oldukça uygun bir seçenek sunarlar [32]:

- Çok düşük konsantrasyonlarda bile biyolojik olarak etkilidirler.
- Vektör arthropodlarda davranışsal değişikliklere yol açan diğer kontrol araçlarına göre semiokimyasallar nispeten daha uzun mesafelerde etki gösterebilirler.
- Özellikle feromonlar, spesifik ve seçici bir etkiye sahip olabilirler, böylece düşük birey sayılarına sahip popülasyonlarda bile etkili olabilirler.
- İnsektisitlere kıyasla direnç, hedef dışı organizma veya çevresel zarar ile ilişkilendirilmemişlerdir.
- Semiokimyasal uygulamaları, vektör arthropodlarla mücadelede hem iç hem dış mekanlarda geniş bir yelpazede kullanılabilir. Böylece, vektörlerin beslenme ve dinlenme alışkanlıklarını hedef alarak bu aktiviteleri etkili bir şekilde kontrol edilebilir.
- Fizyolojik duruma bağlı olarak yalnızca bir veya her iki eşeyi etkileyebilirler.

1.7. Kum Sineklerinin Sınıflandırılması ve Yayılımı

Kum sinekleri, Diptera takımı, Nematocera alt takımı, Psychodidae ailesi, Phlebotominae alt ailesi içerisinde sınıflandırılırlar. Günümüze kadar Eski Dünya’da *Chinius*, *Phlebotomus* ve *Sergentomyia*; Yeni Dünya’da ise *Brumptomyia*, *Lutzomyia* ve *Warileya* cinslerine ait 900’den fazla türü tanımlanmıştır. Kum sineklerinin dişi bireyleri yumurta gelişiminin tamamlanması amacıyla omurgalı konaklar üzerinden kan emme davranışı gösterirler. Bu yolla protozoal, viral ve bakteriyel hastalık etkenlerinin taşınması ve bulaşmasından sorumlu oldukları için vektör canlılar sınıfı içerisinde incelenmektedirler [36].

Kum sinekleri ağırlıklı olarak Asya, Afrika, Avustralya, Güney Avrupa ve Amerika’nın tropik ve subtropik bölgeleri olmak üzere, 50° Kuzey enlemi ile 40° Güney enlemi arasında yayılım gösterirler. Ancak değişen iklim koşulları ile bu yüzyıl sonuna kadar Orta Avrupa’da aşırı sıcak gün sayılarının, yüksek şiddetli yaz yağmurlarının Güney Avrupa’da gözlenen kadar artacağı yapılan projeksiyonlarla ortaya konmaktadır. Böylece kum sineği türleri için yakın gelecekte uygun habitat sayılarının artması ve yayılımını arttırması öngörülmektedir. Son çalışmalar da Avrupa’nın 50° Kuzey enlemi boyunca Güney Almanya, Slovakya ve Avusturya’da bazı *Phlebotomus* türlerinin ilk kez kaydedildiğini belirtmektedir. Bu verilere dayanarak yapılan projeksiyonlar, gelecekte bu türlerin Avrupa’nın kuzeyine doğru ilerleyebileceğini göstermektedir [36–40].

Subtropik ve ılıman iklim bölgeleri arasında yer alan Türkiye; Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz olmak üzere üç biyocoğrafik bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgelerin her biri kum sinekleri ve hastalık etmeni patojenler için uygun habitat koşullarını sağlamaktadır. Güncel çalışmalar ülkemizin üç farklı biyocoğrafik bölgesinde 15 farklı tür ve 4 farklı tür kompleksinin bulunduğunu göstermiştir [41, 42].

1.8. Kum Sinekleri Morfolojisi ve Ekolojisi

Kum sinekleri, yumurta, dört larval evre ve pupa evresine sahip holometabol canlılardır. Hareketli larvalar, çiğneyici ağız yapısına sahiptirler ve saprofit olarak beslenirler. Dördüncü larval evre tamamlandığında sesil olan pupa evresine geçilir. Pupadan ergin çıkana kadar organizma beslenmez ve larval evrelerinde topladığı enerjiyi kullanır. Yumurtanın bırakılmasından ergin çıkışına kadar geçen süre yaklaşık 6-8 hafta arasındadır ancak bu süre çevresel koşulların etkilerine göre farklılık göstermektedir [43, 44].

Kum sineği erginleri genellikle 2-4 mm boyutlarında küçük vücut büyüklüğüne sahip organizmalardır. Karakteristik özellikleri ile diğer sineklerden ayırt edilebilmektedir. Örnek olarak; dinlenme esnasında kanatları toraks üzerinde V şeklinde konum alır, bütün vücut kıllarla kaplıdır, genellikle uzun mesafeli uçuş davranışı göstermez ve zıplamaya benzer kısa süreli uçuşlar ile hareketlerini sağlarlar. Altı iğneli sokucu-emici ağız yapısına sahiplerdir. Baş kısmında sensör görevi gören bir çift anten ve bir çift palpus bulunmaktadır. Diğer dipterler gibi bir çift kanada sahiplerdir ve ikinci çift kanat indirgenerek "halter organı" isimli denge organına modifiye edilmiştir. Kanatlarında, altı paralel damar bulunması ve pul bulunmaması kum sinekleri için ayırt edici özelliktedir. Erkek bireylerde abdomenin son iki segmenti kanca şeklinde genital organa dönüşmüşken dişi bireylerin abdomenleri yuvarlak şekilde sonlanmaktadır. Bu belirgin özellikler sayesinde eşey ayrımı kolayca yapılabilmektedir [1, 43].

Kum sinekleri, genellikle nokturnal veya krepuskular aktivite gösterirler. Gün içinde, dinlenme alanlarını genellikle güneşten uzak, serin, nemli, organik maddece zengin alanlarda seçerler. Ahırlar, evler, duvar çatlakları, ağaç kovukları ve benzer alanlar bu dinlenme noktalarına örnek verilebilir. Dipterlerde, çiftleşme genellikle "swarming" adı verilen bir davranışla gerçekleşir. Özellikle Culicidae familyasına ait sivrisineklerde, bu davranış, yumurtadan çıkışın görüldüğü sulak alanlarda veya bu alanlara yakın bölgelerde, çiftleşmeye hazır bireylerin bir araya gelmesiyle olur. Bu durumda, genellikle uçuş

halinde olan bireyler, çiftleşme için gerekli kur davranışlarını sergilerler. Bu süreç, uygun eşlerin seçimini sağlar. Öte yandan, Psychodidae familyasına ait kum sineklerinde, çiftleşme genellikle "lekking" olarak adlandırılan bir davranışla gerçekleşir. Bu durumda, swarming'den farklı olarak, çiftleşme alanları genellikle konak organizmanın üzeridir. Lekking davranışında konak üzerine ilk varan eşey erkeklerdir, kendine belirlediği uygun bir alana yerleşen erkekler dişinin bu alana ulaşmasını bekler. Bu aşamada konak organizmanın yaydığı semiokimyasallar hem beslenme hem de potansiyel çiftleşme alanı için çekici etki oluştursa da bazı kum sineği türleri erkeklerin dişiyi çekici çeşitli feromonlar salgılayarak çiftleşme çağrısı için ekstra çekicilik sağladığı bilinmektedir. *Lutzomyia* cinsi için bu feromon bezleri keşfedilmiş olsa da *Phlebotomus* cinsi erkekler için bu tip feromon bezleri keşfedilmemiştir. Dişinin çiftleşme alanına ulaşmasıyla hem kur davranışları hem kopulasyon konak üzerinde gerçekleşir. Dişilerin eşleşme zamanlaması türler arasında farklılık göstermektedir. Bazı türler, kan emme işleminden önce çiftleşirken, bazıları kan emmeden sonra çiftleşir. Ayrıca, bazı türlerin kan emme sırasında da çiftleşebileceği bilinmektedir. [1, 43, 45, 46].

Kum sineklerinin hem erkek hem dişi bireyleri, yaşamsal aktivitelerini sürdürebilmek için genellikle çeşitli bitki öz suları ve bitkiler üzerindeki afidlerin sekresyonlarından gelen enerjiyi kullanırlar. Dünya genelinde farklı familya ve cinslerle oldukça geniş bir yayılım gösteren kum sinekleri, bu geniş yayılımın yarattığı zengin bir bitki beslenme tercihinin sahibidirler. Yeni Dünya'da *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) türü, Fabaceae, Oxalidaceae, Malpighiaceae gibi familyalardan beslenebilirken, Eski Dünya'da *Phlebotomus papatasi* (Scopoli, 1786) türü, Chenopodiaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae gibi familyalara ait bitkilerden beslenebildiği belirtilmiştir [20, 43, 47, 48].

Yalnızca dişi bireyler, yumurta üretilmesinde gerekli nütrientleri toplamak için omurgalı konaklar üzerinden kan emerler. Çok az sayıda kum sineği türünde kan emme ihtiyacı olmadan yumurtlama yeteneği olan otogeni davranışının olduğu bilinmektedir. Kum sineklerinin, yayıldığı geniş coğrafi alan içerisinde çok çeşitli konak organizmadan

beslenme yeteneğini geliştirdiği görülmüştür. Eski Dünya’da, Hindistan’dan Afrika’ya kadar uzanan alanda, çeşitli kemirgen türleri, kirpiller, yarasalar, primatlar, köpekler ve çiftlik hayvanları gibi konaklar üzerinden beslenebildikleri belirlenmiştir. Yeni Dünya’da ise, tilki ve kokarca gibi yırtıcılar, yarasalar, keseliler, çeşitli primatlar, karıncayıyen ve tembel hayvan gibi memeliler, kum sineklerinin beslendiği konaklar arasında yer alır. Kum sinekleri genel olarak fırsatçı türler olarak bilinse de çeşitli kum sineği türleri ile yapılan güncel çalışmalar bu türlerin fırsatçı konak tercihi yerine gösterdikleri geniş konak tercihi aralığı içinde kümeli (aggregated) bir konak ağını tercih ettiği yönündedir. Türkiye’nin 21 ilinden toplanmış örneklerle gerçekleştirilen çalışmalarda, 14 taksona ait kum sineklerinin, üzerinden beslendiği konaklar arasında ağırlıklı olarak *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (inek), *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758) (tavuk), *Capra hircus* Linnaeus, 1758 (keçi) gibi çiftlik hayvanları üzerinden beslendiği ortaya konulmuştur [1, 43, 49, 50].

1.9. Kum Sineklerinin Vektöriyel Önemi

Kum sineklerinin omurgalı konaklar üzerinden beslenen vektör arthropodlar olması ve dünya genelinde geniş yayılım alanlarına sahip olması bu arthropodları çeşitli hastalık etmenlerinin yayılmasında önemli bir vektör türü haline gelmelerini sağlamıştır. Eski Dünya’da *Phlebotomus* cinsine ait 42; Yeni Dünya’da ise *Lutzomyia* cinsine ait 56 türün leishmaniasis hastalığının taşınmasından sorumlu oldukları bilinmektedir. Ayrıca Carrion’s hastalığına sebep olan *Bartonella* cinsi bakterilerin ve *Phlebovirus*, *Vesiculovirus*, *Orbivirus* cinsi virüslerin de taşıyıcılığını yapmaktadırlar [36, 51, 52].

DSÖ tarafından ‘İhmal Edilmiş Tropik Hastalıklar’ listesinde sınıflandırılan ve her yıl 1 milyondan fazla insanı etkileyen leishmaniasisin bilinen tek vektörleri kum sinekleridir. Leishmaniasis üç farklı formda görülmektedir. En tehlikeli formu olan Visceral leishmaniasis (VL) iç organları etkileyerek ciddi komplikasyonlar oluşturmaktadır ve tedavi edilmediğinde ölüme sonuçlanabilmektedir. Genellikle vakalar Brezilya, Doğu Afrika ve Hindistan’da görülmekte olup yıllık bildirilen vaka sayısı 100.000 civarındadır.

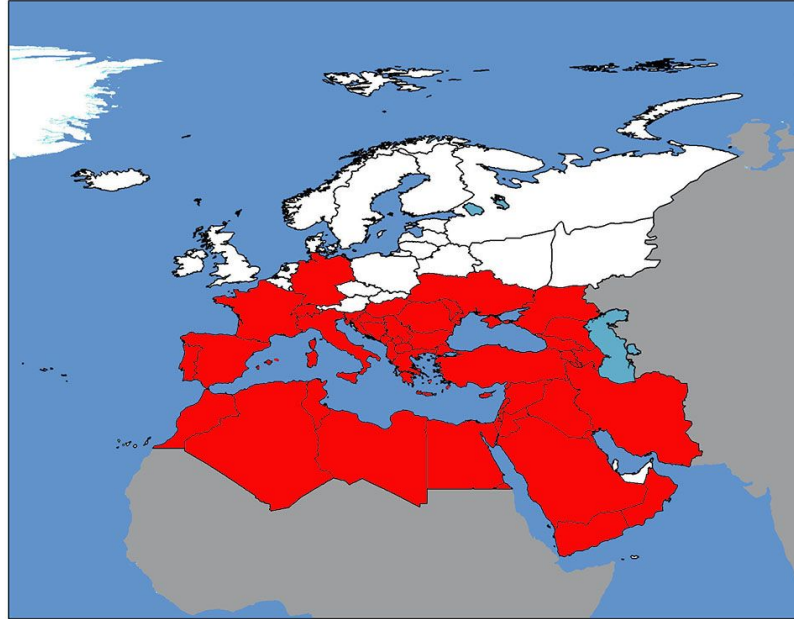
Kutanöz leishmaniasis (KL) leishmaniasisin en sık görülen formudur. Genellikle ciltte kalıcı lezyonlar oluşturmasıyla karakteristiktir. Vakalar çoğunlukla Akdeniz havzası, Orta Doğu, Amerika, Orta Asya'da görülmektedir. Yalnızca bu formun yıllık bir milyona yakın kişiyi etkilediği tahmin edilmektedir. Üçüncü formu olan Mukokutanöz leishmaniasis (MKL) genellikle Bolivya, Brezilya, Etiyopya ve Peru'da görülmektedir. Burun, boğaz ve ağızda oluşturduğu lezyonlarla mukus tabakasına ciddi zararlar vermektedir [42].

KL ve VL'nin endemik olduğu Türkiye'deki vakaların çoğunluğu Anadolu ve Akdeniz biyocoğrafik bölgelerinde kaydedilmektedir. Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalarla *Leishmania infantum* Nicolle, 1908, *Leishmania donovani* s.s. Laveran et Mesnil, 1903, *Leishmania tropica* Wright, 1903 ve *Leishmania major* Yakimoff and Schokhor, 1914 türü *Leishmania* parazitlerinin varlığı ortaya konulmuştur. "Tek Sağlık" programı kapsamında insanlarda görülen leishmaniasis (HumL), bildirilmesi zorunlu hastalıklar arasında yer alıp, hasatlığın endemik olduğu bölgelerde taraması gerçekleştirilmektedir ancak hayvanlarda görülen leishmaniasisin (AniL) taraması veya tedavisi program kapsamında yer almamaktadır. Gerçekleştirilen taramalar sonucunda Türkiye'nin 81 ilinin 32'sinde KL, 28'inde VL vakaları rapor edilmiştir. Bu vakalar çoğunlukla Şanlıurfa, Adana, Antalya, Diyarbakır, Hatay, Gaziantep şehirlerinde gözlenmiştir. DSÖ'nün 2014, 2016 yıllarında yaptığı çalışmalar ile Türkiye'de 2014 yılı için; 22 VL, 3977 KL, 2016 yılı için 37 VL, 2563 KL vakasının gözlemlendiği bildirilmiştir. Ancak sağlık kurumları tarafından yapılan bildirimlerin gerçek vaka sayılarından daha az oluşu tahmin edilmektedir. Yayınlanan 2016 bildiri içinde toplam nüfusun (2016 yılı için bildirilen toplam nüfus 79,512,426) %9'unun VL için, %52'sinin KL için risk altında olduğu belirtilmiştir [53, 54].

Kutanöz leishmaniasisin en önemli vektörlerinden biri olarak kabul edilen *P. papatasi*, Avrasya, Kuzey Afrika ve Hindistan'ı içeren Palearktik Bölge'de ve Avrupa'da, özellikle Balkanlar ve Akdeniz coğrafyasında geniş bir yayılıma sahiptir (Şekil 1.4). *L. major*'ün kanıtlanmış tek vektörleri olan, başta *P. papatasi*, *Phlebotomus duboscqi* Neveu-Lemaire,

1906, *Phlebotomus salehi* Mesghali, 1965, *Phlebotomus caucasicus* Marzinovsky, 1917'u barındıran *Phlebotomus* cinsi kum sinekleri İran, Suudi Arabistan, Kuzey Afrika, Türkiye'yi de kapsayacak şekilde Orta Doğu, Orta Asya ve Batı Afrika'da yıllık 230.000-430.000 KL vakası ortaya koymaktadır. Türkiye'de *Phlebotomus* alt cinsinin tek temsilcisi olan *P. papatasi*, Türkiye'de *L. major* için henüz vektörlüğü kanıtlanmış olmasa da *L. major*'ü taşıyabilecek en önemli olası vektör olarak kabul edilmektedir. 2019'da Türkiye genelinde gerçekleştirilen en güncel tür kompozisyonu çalışmasında, *P. papatasi* türünün 29 ilde ve bu illerdeki 101 lokasyonun 56'sında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu tür Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yaygınken, Karadeniz bölgesinde tespit edilmemiştir. *P. papatasi*'nin Türkiye'deki yayılımı ve potansiyel vektörlüğü, ülkemiz için KL'nin kontrolü ve önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır [36, 41, 55, 56].

Sonuç olarak, *P. papatasi*'nin Türkiye'deki yayılımı ve potansiyel vektörlüğü, ülkemiz için KL'nin kontrolü ve önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu türün geniş yayılımı ve çeşitli konaklar üzerindeki etkinliği, hastalığın yayılmasında kritik bir rol oynar ve bu durum, halk sağlığı açısından önemli bir sorun oluşturur.



Şekil 1.4 *Phlebotomus papatasi* Batı Palearktık'teki yayılım alanları. *Kırmızı ile işaretli bölgeler, *P. papatasi*'nin yayılımının kaydedildiği bölgeleri temsil etmektedir. [57].

1.10. Tez Çalışmasının Amacı

Hematofag arthropodlar, kan emerek beslendikleri insanlar da dahil çeşitli omurgalı konaklar üzerinden viral, protozoal ve bakteriyel hastalık etkenlerini taşıyarak vektör rolü oynamaktadır. Başarılı vektör mücadele programları, vektör türlerinin tanımlanması, biyolojilerinin ve çevresel etkenlerle etkileşimlerinin laboratuvar ve arazi çalışmalarıyla aydınlatılması, elde edilen sonuçlara uygun sürveyans ve kontrol çalışmalarının planlanmasına bağlıdır. Semiokimyasallar, vektör arthropodların çiftleşme, konaklar üzerinden beslenme ve ovipozisyon davranışlarını etkileyen dolayısıyla bu türlerin biyolojilerinde hayati önem taşıyan bileşiklerdir. Bu nedenle, arthropod, bitki ve omurgalı türlerden elde edilen etkili semiokimyasal bileşenlerin incelenmesi ve vektör davranışları üzerindeki etkilerinin belirlenmesiyle, vektörlerin biyolojisi, tür içi etkileşimler ve türler arası ilişkilerin anlaşılması mümkündür. Bu bilgiler ışığında, türe özgü izleme ve mücadele stratejileri geliştirilebilir.

Kum sineklerinde, davranışsal değişiklikler yaratan kimyasalları inceleyen araştırmalar, çeşitli alanlara odaklanmaktadır. Bu araştırmalar, çiftleşme ile ilişkili eşeysel feromonların tespit edilmesi, dişi bireylerin yumurtalarını bırakacakları alanların belirlenmesinde etkili olan kimyasalların araştırılması ve bu kimyasalların ovipozisyon davranışlarını nasıl etkilediğini incelemeyi amaçlamaktadır [58]. Bunun yanı sıra, bitkisel ve omurgalı konakların belirlenmesine yardımcı olan, konaklar tarafından salınan çekici kimyasalların tanımlanması da bu çalışmaların kapsamındadır. Bu araştırmalar, kum sineklerinin davranışlarını etkileyen semiokimyasalların anlaşılmasına ve ekosistemdeki etkileşimlerin aydınlatılmasında katkıda bulunmayı amaçlamaktadır [59].

Çeşitli semiokimyasalların, tarım zararlıları ve bazı vektör organizmaların davranışlarını etkileme potansiyeli üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, *Leishmania spp.* gibi hastalık etmenlerinin vektörlüğünü yapan kum sineklerinde, özellikle *P. papatasi* türünün semiokimyasal tercihlerini belirlemeye yönelik araştırma sayısı oldukça sınırlıdır.

Gerçekleştirilen araştırmaların çoğu, Yeni Dünya kum sineği türlerinin davranışları üzerindeki etkilerini incelemiştir [60–62]. Öte yandan, Eski Dünya kum sineği türlerinin ovipozisyon ve beslenme davranışlarını etkileyen semiokimyasalların etkilerini aydınlatmaya yönelik daha az sayıda çalışma yürütölmüştür (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Yeni Dünya ve Eski Dünya kum sineği türlerinin beslenme davranışı üzerinde kairomonların etkisinin aydınlatılmasına yönelik çalışmalarda kullanılan semiokimyasallar ("+" ile gösterim ilgili tür ile çalışma yapıldığını belirtmektedir. [60, 63–68].

Kimyasallar	Kimyasal sınıfı	Yeni Dünya Türleri				Eski Dünya Türleri			
		<i>Lutzomyia</i>		<i>Nyssomyia</i>		<i>Phlebotomus</i>		<i>Sergentomyia</i>	
		<i>L. longipalpis</i>	<i>L. cruciata</i>	<i>N. intermedia</i>	<i>N. neivai</i>	<i>P. dubosqi</i>	<i>P. papatasi</i>	<i>P. martini</i>	<i>S. schwetzi</i>
decanal	Aldehit	+							+
hexanal		+							
octanal		+							+
phenylacetaldehyde				+					
1-decanol	Alkol				+				
1-heptanol		+			+				
1-hexanol		+			+				
1-nonanol		+			+				
1-octanol		+			+				
1-octen-3-ol		+	+	+	+	+		+	+
1-pentanol		+			+				
m-cresol						+		+	+
methylsalicylat	Benzenoid					+		+	+
p-cresol						+		+	+
eicosane	Hidrokarbon			+					
amonyak	İnorganik	+		+			+		
6-methyl-5-hepten-2-one (sulcatone)	Keton			+					
aseton	Keton	+							
linalool oxide	Monoterpen					+		+	+
ocimene						+		+	+
p-cymene						+		+	+
α -pinene									
caproic acid	Organik Asit	+	+	+			+		
L-(+)-lactic acid		+	+	+	+		+		

Bu tez çalışması, daha önce farklı vektör arthropod türlerinde çekicilik etkisi göstermiş olan semiokimyasalların, Palearktık Bölge’de geniş bir yayılım alanına sahip olan *P. papatasi* üzerindeki etkilerini incelemeyi hedeflemektedir. Çalışma, standart iklim odası koşullarında yetiştirilmiş dişi ve erkek bireyler üzerinde, bu semiokimyasalların çekicilik etkisini değerlendirmiş olup elde edilen bulgular, kum sineği ekolojisi ve hastalık yayılımıyla ilgili mücadele stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışma kapsamında, *P. papatasi* laboratuvar kolonisi dişi ve erkek bireylerinin, farklı bitkisel ve hayvansal kairomonlar ile bu kairomonların değişen konsantrasyonlarından oluşturulan karışımlara olan ilgileri, bir olfaktometre sistemi içerisinde ilk kez test edilmiştir [36, 39].

2. YÖNTEM

2.1. *Phlebotomus papatasi* Bireylerinin Temini ve Deney Koşulları

Tez çalışmasında kullanılmış dişi ve erkek ergin bireyler, Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Vektör Ekolojisi Araştırma Grubu'na ait laboratuvarlarda bulunan *Phlebotomus papatasi* kolonisinden temin edilmiştir. *P. papatasi* kolonisi, 26 °C sıcaklık, %60-%65 orantılı nem (%RH), 14 saat aydınlık ve 10 saat karanlık koşullarında kolonize edilmektedir. Çalışmada, pupadan 2-4 gün önce çıkmış bireyler kullanılmıştır. Deneyler için kullanılacak bireylerin, deney gününden en az 12 saat önce, günlük beslenmelerini sağladıkları şekerli su çözeltilerine olan erişimleri kesilerek aç kalmaları sağlanmıştır [68]. Deneyler her gün 09:00-19:00 saatleri arasında, standart iklim odası koşullarında, beyaz floresan ışık altında gerçekleştirilmiştir [68].

2.2. Deneylerde Kullanılan Kairomonlar ve Kairomon Çözeltilerinin Hazırlanması

Çeşitli kum sineği türleri ve diğer vektör arthropodların beslenme davranışlarını etkileyen semiokimyasallar, literatür taraması ile tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılacak semiokimyasallar belirlenirken gruplandırıldıkları kimyasal sınıfı ve doğada hangi organizmalar tarafından salındıkları göz önünde bulundurulmuş, mümkün olduğunca farklı kimyasal sınıfını temsil eden ve mümkün olduğunca çeşitli konaklar tarafından salınan kimyasallar, deneylerde kullanılmak üzere seçilmiştir. Kimyasallara ait söz konusu bilgilere PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>) veri tabanı kullanılarak ulaşılmıştır. Buna göre aldehit (decanal), alkol (1-hexanol ve 1-octen-3-ol), benzenoid (m-cresol ve p-cresol), keton (sulcatone) ve monotерpen (linalool oxide, LO) sınıflarına ait yedi kimyasalın *P. papatasi* ergin bireyleri üzerindeki çekici etkisi laboratuvar koşullarında

araştırılmıştır (Çizelge 2.1). Test edilecek kimyasalların farklı konsantrasyondaki çözeltileri, bu kimyasalların omurgalı ya da bitkisel konaklardan salınma hızlarını göz önünde bulunduran çalışmalar ve farklı semiokimyasalların vektör arthropodlar üzerindeki çekici etkisini değerlendiren çalışmalar dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada test edilen yedi farklı kimyasalın 10^{-2} , 10^{-3} ve 10^{-4} 'lük konsantrasyonlarındaki çözeltileri hazırlanırken dichloromethane (DCM) (CAS: 75-09-2, Sigma-Aldrich Katalog Numarası: 24233, Safılık: %99) çözücü olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan tüm kimyasallar, Sigma-Aldrich (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) tarafından, en az %97 safılıkta olacak şekilde temin edilmiştir [25, 68].

Çizelge 2.1 Tez çalışması kapsamında *Phlebotomus papatasi* bireyleri üzerindeki çekicilik etkinliği test edilen kairomonlara ait bilgiler. (B = Bitkisel konaklar, O = Omurgalı konaklar)

Kimyasal İsmi	Kaynak Organizma Grubu	Kimyasal Sınıfı	CAS Numarası	Minimum Safılık	Sigma-Aldrich Katalog Numarası
decanal	B, O	Aldehit	112-31-2	%98	D7384
1-hexanol	B, O	Alkol	111-27-3	%98	H13303
1-octen-3-ol	B, O	Alkol	3391-86-4	%98	O5284
p-cresol	B, O	Benzenoid	106-44-5	%99	C85751
m-cresol	B, O	Benzenoid	108-39-4	%99	C85727
6-methyl-5-hepten-2-one (sulcatone)	B, O	Keton	110-93-0	%99	M48805
linalool oxide	B	Monoterpen	60047-17-8	%97	62141

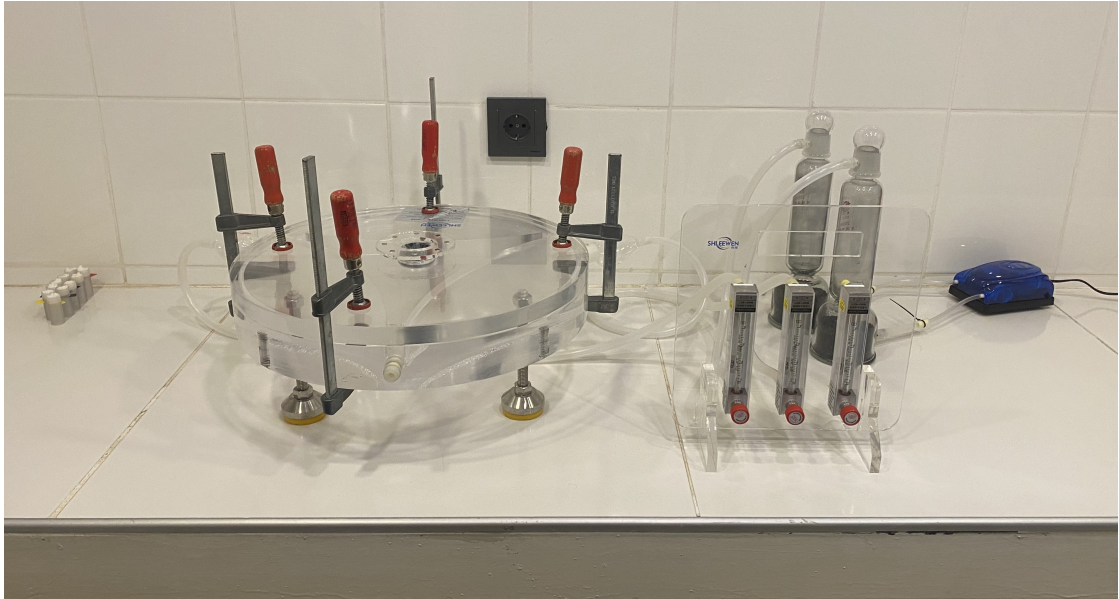
Çekicilik etkisi test edilen kimyasalların (%0.01; 10^{-2}), (%0.001; 10^{-3}) ve (%0.0001; 10^{-4})'lük çözeltileri 15 mL'lik falkon tüp içerisinde, seri seyreltme yöntemi ile çeker ocağa hazırlanmıştır [25]. Her bir çözelti en fazla iki gün süreyle kullanılmış; iki gün sonunda kullanımına devam edilecek kimyasal var ise yeni bir çözelti hazırlanmıştır.

Olfaktometre sistemi içerisinde kairomon kaynağı ve negatif kontrol kaynağı olarak 5 cm çapında daire şeklinde kesilmiş Whatman No.1 (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) filtre kağıtları kullanılmıştır. Negatif kontrol tuzağı içerisindeki filtre kağıtları (Bu filtre kağıtlarına bundan sonra "negatif kontrol kağıtları" olarak atıfta bulunulacaktır) için 200 µL DCM, mikropipet yardımıyla filtre kağıdına emdirilmiştir. Kairomon kaynağını sağlayacak filtre kağıtları (Bu filtre kağıtlarına bundan sonra "kairomon kağıtları" olarak

atıfta bulunulacaktır) için aynı yöntemle 200 µL kairomon çözeltisi, filtre kağıtlarına emdirilmiştir. Daha sonra bu kağıtlar çeker ocak içerisinde, tam güçteki fan hızında, 30 saniye boyunca bekletilerek kağıtlardaki DCM'in uçması sağlanmıştır [68]. Hazırlanan filtre kağıtları, kairomon kağıtları ve negatif kontrol kağıtları için ayrılmış petri kaplarında deneylerin gerçekleştirileceği iklim odalarına taşınmıştır.

2.3. Deneylerde Kullanılan Olfaktometre Sistemi

Farklı kairomonların *P. papatasi* bireyleri üzerindeki çekicilik etkilerini incelemek amacıyla bir olfaktometre sistemi kullanılmıştır (Şekil 2.1). Bu projede kullanılan olfaktometre sistemi, Çin kökenli, Shanghai Leewen Scientific Instrument Co., Ltd. firmasının Y-400 modelinin modifiye edilmiş bir versiyonudur. Olfaktometre, dıştan dışa 400 mm, iç derinliği 30 mm olan daire şeklinde bir ana gövde ile 50 ml'lik armut şeklindeki tuzak şişelerinden, hava filtre şişelerinden ve 30-300 mL/dak aralığında çalışabilen şamandıralı debimetrelerden oluşmaktadır. Sistem içinde düzgün hava akışını sağlamak için Venusaqua AP-408A (Venusaqua, Zhongshan, Çin) hava pompası kullanılmıştır.



Şekil 2.1 Deneylerde kullanılan olfaktometre sisteminin genel görünümü.

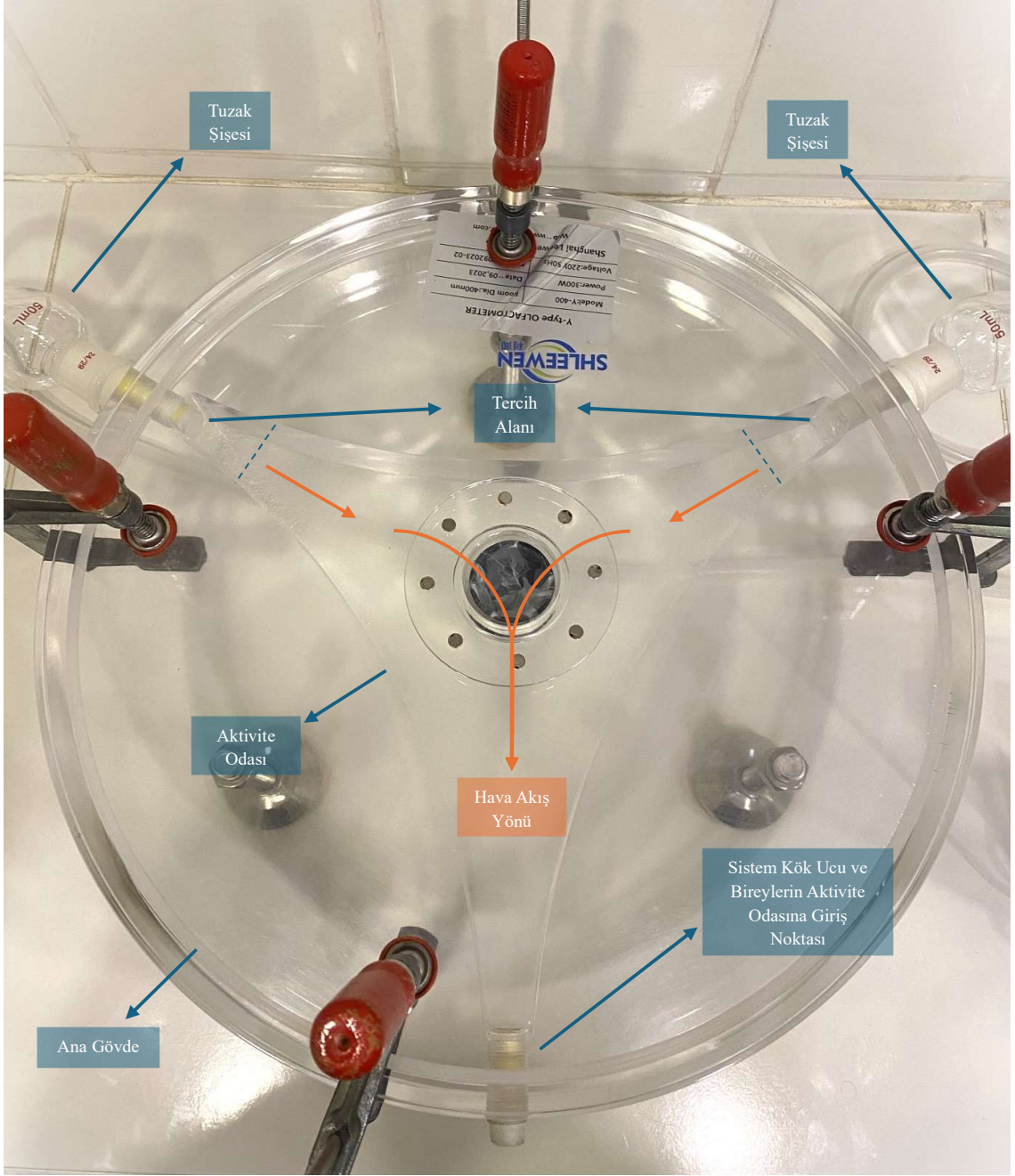
Bu çalışmada kullanılan olfaktometre, fabrika çıkışı düzeninde, bir vakum pompası aracılığıyla sistem içerisinde hava akışı sağlaması prensibine dayanmaktadır. Ancak, bu çalışmada kullanılan deney düzenine uygunluk sağlamak amacıyla sistem, daha yaygın olarak kullanılan basit Y tipi, iki kanallı bir olfaktometre şekline modifiye edilmiştir. Aktivite odasının ortasındaki vakum pompası bağlantı noktası, hava geçirmez bir kauçuk tıpa ile kapatılarak sistem iki kanallı bir Y tipi olfaktometreye dönüştürülmüştür. Ana gövdedeki üç kanaldan biri, deney boyunca kullanılacak bireylerin salınacağı sisteme giriş noktası olacak şekilde modifiye edilmiştir. Diğer iki kanala ise tuzak şişeleri bağlanmış ve bu şişeler silikon hortumlarla debimetrelerin hava çıkış uçlarına bağlanmıştır. Kullanılan hava pompasının iki çıkış hortumu ise her bir kanal için granül aktif karbon içeren filtre şişelerine bağlanmıştır (Şekil 2.2). Bu filtre şişeleri, havadaki uçucu organik bileşikleri filtreleyerek sisteme verilen havanın, tercihi etkileyebilecek bir kontaminasyonu engellemesi için kullanılmıştır. Filtre şişelerinin hava çıkış uçları debimetrelerin hava giriş ağzına bağlanmıştır (Şekil 2.3). Böylece, hava pompasından çıkan hava öncelikle filtre şişeleri içindeki aktif karbondan geçerek filtrelenmiş, 200 ml/dak değerine ayarlanmış debimetrelerden geçerek regüle edilmiş ve son olarak tuzak şişeleri içerisine yerleştirilmiş kairomon veya negatif kontrol kağıtları üzerinden geçerek aktivite odasına girmiş ve aktivite odasının hava çıkış noktasını oluşturan kök kısmından sistemden çıkış sağlamıştır (Şekil 2.4) [68]. Ana gövdenin kapağı ve ana gövde, metal işkenceler ile sıkıca sabitlenerek sistemin içinde oluşabilecek hava kaçakları engellenmiştir. Deneylerin hazırlık aşamasında, debimetreler kullanılarak verilen hava debisi ile sistemden çıkan hava debisi karşılaştırılmış ve böylece sistemin içinde kaçak olmayan düzgün bir hava akışının sağlandığı doğrulanmıştır.



Şekil 2.2 Olfaktometre sistemine düzgün hava akışı sağlayan hava pompası ve filtre şişeleri.

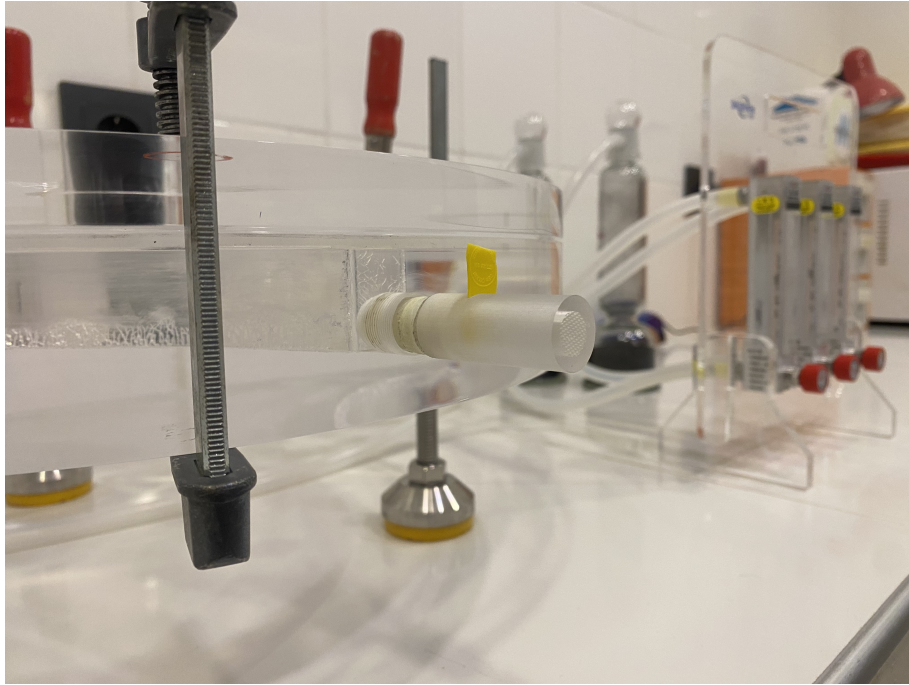


Şekil 2.3 Olfaktometre sistemine gönderilen hava akışının debisini ayarlayan debimetreler.



Şekil 2.4 Olfaktometre sisteminin ana gövdesi ve sistemin çalışma prensiplerinin görseli.

Olfaktometrenin kök kısmından bireylerin aktivite odasına salınması amacıyla 10 adet salma kafesi tasarlanmıştır (Şekil 2.5). Bu kafesler, Anycubic Photon S (Anycubic, Londra, BK) model üç boyutlu yazıcıda Anycubic UV Şeffaf Reçine kullanılarak üretilmiştir. Salma kafesleri, 40 mm uzunluğunda ve 10 mm iç çapında silindirik şekilde tasarlanmıştır. Ağız kısmı, ana gövdenin kök ucuna bağlanabilecek şekilde, arka tarafı ise deney sırasında hava çıkışına izin verecek şekilde bal peteği düzeninde delikli olacak şekilde FreeCad (v0.21.2) programında çizilmiş ve Chitubox Basic (v2.1.0) programında üç boyutlu yazıma hazırlanmıştır. Üretilen parçanın sistem giriş noktasında uygun boyutta plastik kapaklar yerleştirilerek tuzak kafesinin kapak kısmı oluşturulmuştur. Böylece, deneylerde kullanılacak bireyler, ağız aspiratörleri yardımıyla koloni kafeslerinden alınarak bu salma kafeslerine tek tek yerleştirilmiş ve kapağı kapatılmıştır. Deneye alınan her birey, salma kafeslerine alındıktan sonra en az 30 dakika boyunca bekletilmiş ve bireyin aktarımı sırasında oluşabilecek stresin giderilmesi sağlanmıştır.



Şekil 2.5 Olfaktometre sisteminin ana gövdesine bağlı salma kafesi.

2.4. Farklı Kairomonların *Phlebotomus papatasi* Bireyleri Üzerindeki Çekicilik Etkilerinin Test Edilmesi

Çekici etki deneyleri başlatılmadan önce, olfaktometre sistemine ait tüm parçalar, deneylerin gerçekleştirileceği iklim odasında aklimatize edilmiştir. Ardından, test edilecek *P. papatasi* erginleri tek tek salma kafeslerine aktarılıp bekletilmiş, çözeltiler hazırlanmış ve sistem kurularak hava akışı başlatılmıştır. Kairomon ve negatif kontrol kağıtları tuzak şişelerine yerleştirildikten sonra salma kafesleri ana gövdenin kök ucuna bağlanarak kapağı açılmış ve tercih deneyleri başlatılmıştır.

Salma kafeslerinin kapağı açıldıktan sonra kronometre başlatılmış ve bireyin hareketleri izlenmiştir. Salma kafesinden çıkan bireyler kaydedilmiş ve ardından aktivite odası içindeki yönelimleri takip edilmiştir. Her deneyde bireyin tercih yapması için beş dakika süre verilmiştir. Bu süre içinde, deneye alınan birey iki tuzak şişesinden birine girmişse, bu giriş zamanı kaydedilmiş ve tuzak şişesi içerisinde 30 saniyeden uzun süre kalan birey tercih yapmış olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.6). Eğer birey, 30 saniye içinde tuzağı terk edip aktivite odasına dönüş yapmışsa, kalan süre boyunca bireyin hareketlerine olan takibe devam edilmiştir. Salma kafesini beş dakika boyunca terk etmeyen veya aktivite odası içinde beş dakika boyunca dolanan ve bir tuzağa tercih göstermeyen bireyler tepkisiz bireyler adı altında kaydedilmiştir. Verilen süre içinde bir tuzağa girmeyen ancak tercih kanalının 2/3'ünü katedip burada beş dakikalık süresini tamamlayan bireyler de o kanala bağlı kairomon veya negatif kontrol tuzağı için tercih yapmış olarak kabul edilmiştir [68].

Her bir kairomon ve farklı konsantrasyonu için 30 dişi ve 30 erkek birey ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Her deney için, uygun yaştaki bireyler, koloni kafesi içerisinden rastgele bir şekilde seçilmiştir. Her beş tekrarda bir, tuzak şişeleri içerisindeki filtre kağıtları yenilenmiştir. Ayrıca, her 10 tekrarda bir olfaktometre ana gövdesindeki negatif kontrol kanalı ve kök ucunun yerleri değiştirilerek gövde kendi etrafında döndürülmüştür. Böylece, sistem içerisinde olabilecek konumsal yanlılığın önüne geçilmiştir [68].



Şekil 2.6 Tuzak şişesine girerek tercih göstermiş bir *P. papatasi* bireyi.

Herhangi bir kairomon konsantrasyonu veya farklı bir kairomonun test edilmesinden önce, sistemin kairomonlara temas edebilecek tüm parçaları ilk olarak kokusuz deterjan ile temizlenmiş, ardından distile su ile durulanmış, ana gövde %70'lik EtOH çözeltisiyle, diğer cam parçalar %96'lık EtOH ile temizlenmiştir [25, 68]. Her deney günü başlangıcında ve her temizlikten sonra, ana gövdenin içi (aktivite odası) distile su ile nemlendirilmiş mikrofiber bir bez ile silinmiştir. Bu işlem, gövdenin akrilik yapısından kaynaklanan ve bireylerin hareketini zorlaştırabilen statik elektriklenmeyi önlemek amaçlıdır. Bu aşamalardan sonra, sistem bir süre filtre kağıtları eklenmeden boş şekilde çalıştırılmış, aktivite odasının ve diğer parçaların havalanması sağlanmıştır.

P. papatasi'nin hem dişi hem erkek bireyleriyle gerçekleştirilen deneyler sonucunda ortaya çıkan bulgular; Genelleştirilmiş Lineer Modeller (GLM) analizi sonuçları ve ham veri üzerinden yapılan çıkarımlarla her eşey için en yüksek çekici etkiye sahip olan dört kairomon, en yüksek çekici etkiyi sağladıkları konsantrasyonlarla (1:1:1:1) oranında karıştırılarak iki adet kairomon karışımı hazırlanmıştır. "Karışım 1", dişi bireyler ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda en iyi sonuç veren dört kairomon konsantrasyonu; "Karışım 2" ise erkek bireylerle gerçekleştirilen deneyler sonucunda en iyi sonuç veren dört kairomon konsantrasyonu seçilerek hazırlanmıştır. Hem Karışım 1'in hem de Karışım 2'nin erkek ve dişi bireyler üzerindeki çekici etkileri yukarıda detayları verildiği şekilde ayrı ayrı test edilmiştir.

2.5. Deney Sonuçlarının Analizi

Gerçekleştirilen deneylerden alınan sonuçlar, kullanılan olfaktometre sisteminin çalışma prensibi üzerinden çeşitli tanımlar yapılarak anlamlandırılmıştır. Bu bağlamda deney sonuçlarını analiz etmek için gerekli tanımlar aşağıdaki gibidir;

- Çekici etki: Deneylerin gerçekleştirildiği olfaktometre sistemi içerisinde kairomon tercihleri gözlenen bireyin kairomon kağıdının bulunduğu tuzak şişesine girmesi çekici etki olarak kabul edilmiştir.
- Çekilmiş birey sayısı: Kairomon kağıdının bulunduğu tuzak şişesine giren birey sayıları toplamı.
- Çekilmemiş birey sayısı: Kairomon kağıdının bulunduğu tuzak şişesine girmemiş olan birey sayıları toplamı (Negatif kontrol kağıdının bulunduğu tuzak şişesine giren birey ve tepkisiz birey sayılarının toplamı).

- Çekici semiokimyasal: Analizler sonucunda, çekici olmayan bir semiokimyasala kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla sayıda bireyi çekmiş olan semiokimyasal, çekici semiokimyasal olarak kabul edilmiştir.
- Çekici olmayan semiokimyasal: Çekilmiş birey sayısının sıfır, çekilmemiş birey sayısının 30 olduğu semiokimyasal, çekici olmayan semiokimyasal olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda herhangi bir semiokimyasalın çekiciliğinin test edilmesinde karşılaştırma olarak kullanılacak referans bu özelliklere en yakın özellikleri taşıyan (en az sayıda bireyi çeken) semiokimyasal olarak belirlenmiştir.

Bu yapılan tanımların ışığında gerçekleştirilen deneylerin sonuçları dört kategori içerisinde analiz edilmiştir.

- Çekici Etki Analizi: Her kairomon ve her konsantrasyonunun; dişi bireyler, erkek bireyler ve eşey gözetilmeksizin bütün bireyler üzerindeki çekici etkisi ayrı ayrı incelenmiştir.
- Karışım Deneyleri Sonuçlarının Analizi: Hazırlanan karışımlar ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda alınan veriler, çekici etkinin izlendiği bütün deney sonuçlarıyla oluşturulan veri setine eklenerek incelenmiştir. Aynı zamanda karışımların, karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonları ile çekici etki farkları analiz edilmiştir.
- Çekilim Süresi Analizi: Bireylerin aktivite odasına salınmasından tercih gösterdikleri kairomon kağıtlarının bulunduğu tuzaklara giriş yapana kadar geçen sürenin ilgili kairomon konsantrasyonu ile ilişkisi incelenmiştir.
- Farklı Değişkenlerin Çekicilik Üzerindeki Etkisinin Analizi: Elde edilen veride gözlenen varyasyon kaynağının belirlenmesi amacı ile kairomon, konsantrasyon, eşey ve bu değişkenlerin karma etkilerinin çekicilik üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

Çekicilik analizleri test edilen kairomona, çekilmiş bireylerin '1', çekilmemiş bireylerin '0' olarak kodlandığı bir 'ikili değişken' veri seti için, Genelleştirilmiş Lineer Modeller (GLM) sınıfına ait, bağımlı değişkenin binomial dağılım gösterdiği varsayımı ile lojistik regresyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Artıkların tekdüzelik analizi (uniformity), yayılım analizi (dispersion) ve modelde aykırı değerlerin varlığının araştırılması yoluyla, modelin veriye uyumlu olup olmadığı ve model varsayımlarının geçerli olup olmadığı test edilmiştir.

Çekilim süresi analizleri için, bireylerin aktivite odasına salınmasından, tercih gösterdiği kairomon kağıtlarının bulunduğu tuzağa girmelerine kadar geçen süre saniye cinsinden kaydedilmiştir. Her bir kairomon ve konsantrasyonu için tepki sürelerinin diğer gruplarla karşılaştırılması amacıyla Kruskal-Wallis H testi kullanılarak, ilgili kairomon konsantrasyonuna çekilim süresinde anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir.

Kairomon, konsantrasyon ve eşey değişkenlerinin ve bu bağımsız değişkenlerin etkileşimlerinin, bağımlı değişken 'çekilim' üzerindeki etkileri Sapma Tablosu Analizi ile incelenmiştir. Bütün analizler R istatistik programında (v4.4.0) gerçekleştirilmiştir [69, 70].

3. SONUÇLAR

3.1. *P. papatasi* Erkek ve Dişi Bireylerinin Test Edilen Kairomonlara Verdikleri Tepkiler

Çizelge 2.1’de bahsedilen kairomonlar ve bunların konsantrasyonları için hem dişi hem erkek bireylerle deneyler tamamlanmış ve toplamda 1380 bireyin tercihleri kaydedilmiştir. Her kairomon ve her konsantrasyonu için gerçekleştirilen deneylerin sonucunda iki tuzaktan birine tercih gösteren bireyler ”Tepki Veren Bireyler”, tercih göstermeyen bireyler ”Tepkisiz Bireyler” adı altında kaydedilmiştir ve Çizelge 3.1 üzerinden bu veriler tablo halinde verilmiştir. Deney sonuçlarına göre, her iki eşey için de tepkisiz birey oranlarının benzer olduğu gözlemlenmiştir. Dişi bireyler arasında tepkisiz bireylerin oranı %8,84 iken, erkek bireyler için bu oran %13,3 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyler sonucunda her iki eşey için tepki veren ve tepkisiz birey sayıları.

Kairomon	<i>P. papatasi</i> Dişi Bireyleri için		<i>P. papatasi</i> Erkek Bireyleri için	
	Tepki Veren Birey Sayısı	Tepkisiz Birey Sayısı	Tepki Veren Birey Sayısı	Tepkisiz Birey Sayısı
1-octen-3-ol 10 ⁻²	29	1	28	2
1-octen-3-ol 10 ⁻³	28	2	25	5
1-octen-3-ol 10 ⁻⁴	27	3	28	2
sulcatone 10 ⁻²	28	2	26	4
sulcatone 10 ⁻³	27	3	27	3
sulcatone 10 ⁻⁴	24	6	26	4
linalool oxide 10 ⁻²	24	6	24	6
linalool oxide 10 ⁻³	26	4	25	5
linalool oxide 10 ⁻⁴	29	1	27	3
1-hexanol 10 ⁻²	28	2	19	11
1-hexanol 10 ⁻³	29	1	25	5
1-hexanol 10 ⁻⁴	28	2	28	2
decanal 10 ⁻²	27	3	18	12
decanal 10 ⁻³	30	0	26	4
decanal 10 ⁻⁴	28	2	28	2
m-cresol 10 ⁻²	27	3	28	2
m-cresol 10 ⁻³	27	3	27	3
m-cresol 10 ⁻⁴	22	8	27	3
p-cresol 10 ⁻²	29	1	22	8
p-cresol 10 ⁻³	28	2	28	2
p-cresol 10 ⁻⁴	29	1	29	1

3.2. Çekici Etki Analizleri

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda her kairomon ve her farklı konsantrasyonunun oluşturduğu çekici etki, dişi bireyler, erkek bireyler ve eşey gözetilmeksizin bütün bireyler üzerinden analiz edilmiştir.

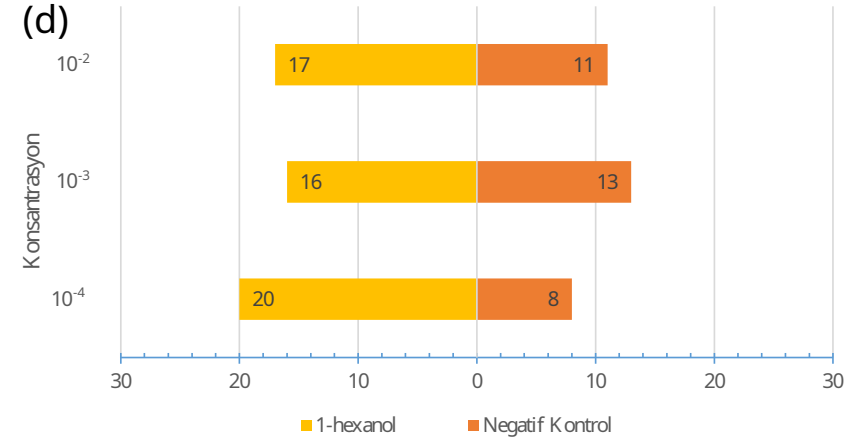
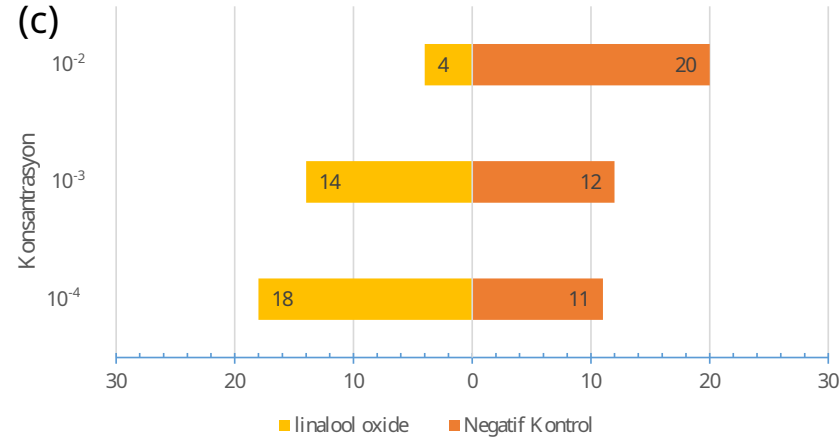
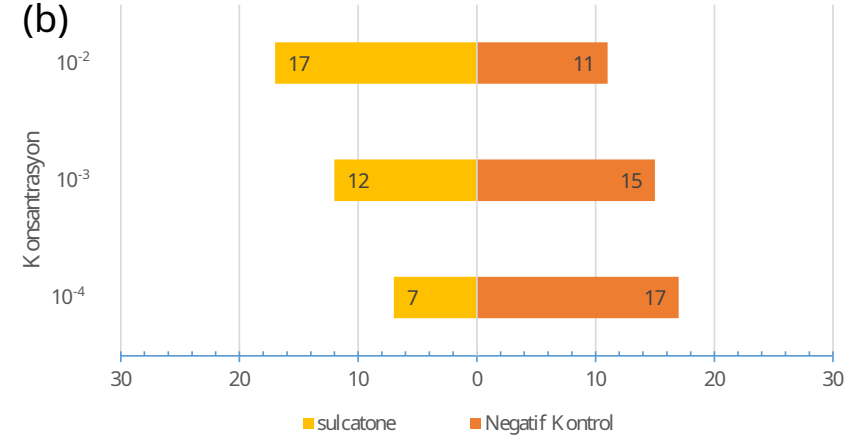
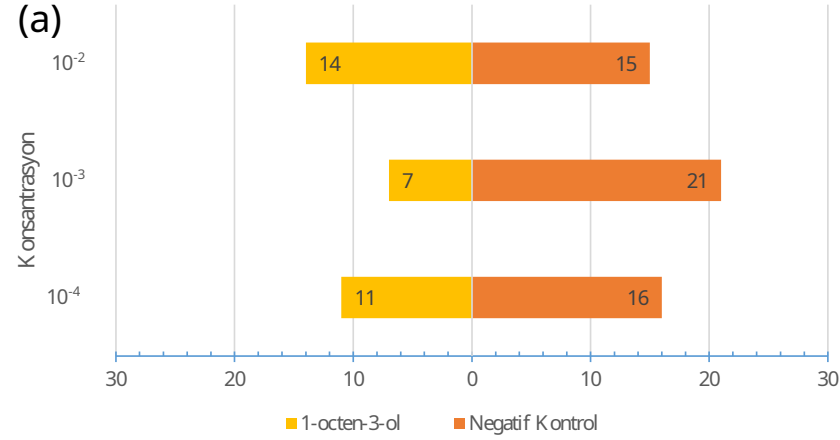
3.2.1. *P. papatasi* Dişi Bireyleri İçin Elde Edilen Bulgular

1-octen-3-ol'ün (Bundan sonra octenol olarak atıfta bulunulacaktır) dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon kağıtlarının bulunduğu tuzağa (Bundan sonra bu tuzaklara kairomon tuzakları olarak atıfta bulunulacaktır.) 14 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol kağıtlarının bulunduğu tuzağa (Bundan sonra bu tuzaklara negatif kontrol tuzakları olarak atıfta bulunulacaktır.) 15 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 7 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 21 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 11 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. (Şekil 3.1 (a)).

6-methyl-5-hepten-2-one'un (Bundan sonra sulcatone olarak atıfta bulunulacaktır) dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 17 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 11 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 15 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 7 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 17 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.1 (b)).

Linalool oxide'in (Bundan sonra LO olarak atıfta bulunulacaktır) dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 4 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 20 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 14 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 12 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 18 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 11 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.1 (c)).

1-hexanol'ün (Bundan sonra hexanol olarak atıfta bulunulacaktır) dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 17 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 11 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 16 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 13 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 20 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 8 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.1 (d)).

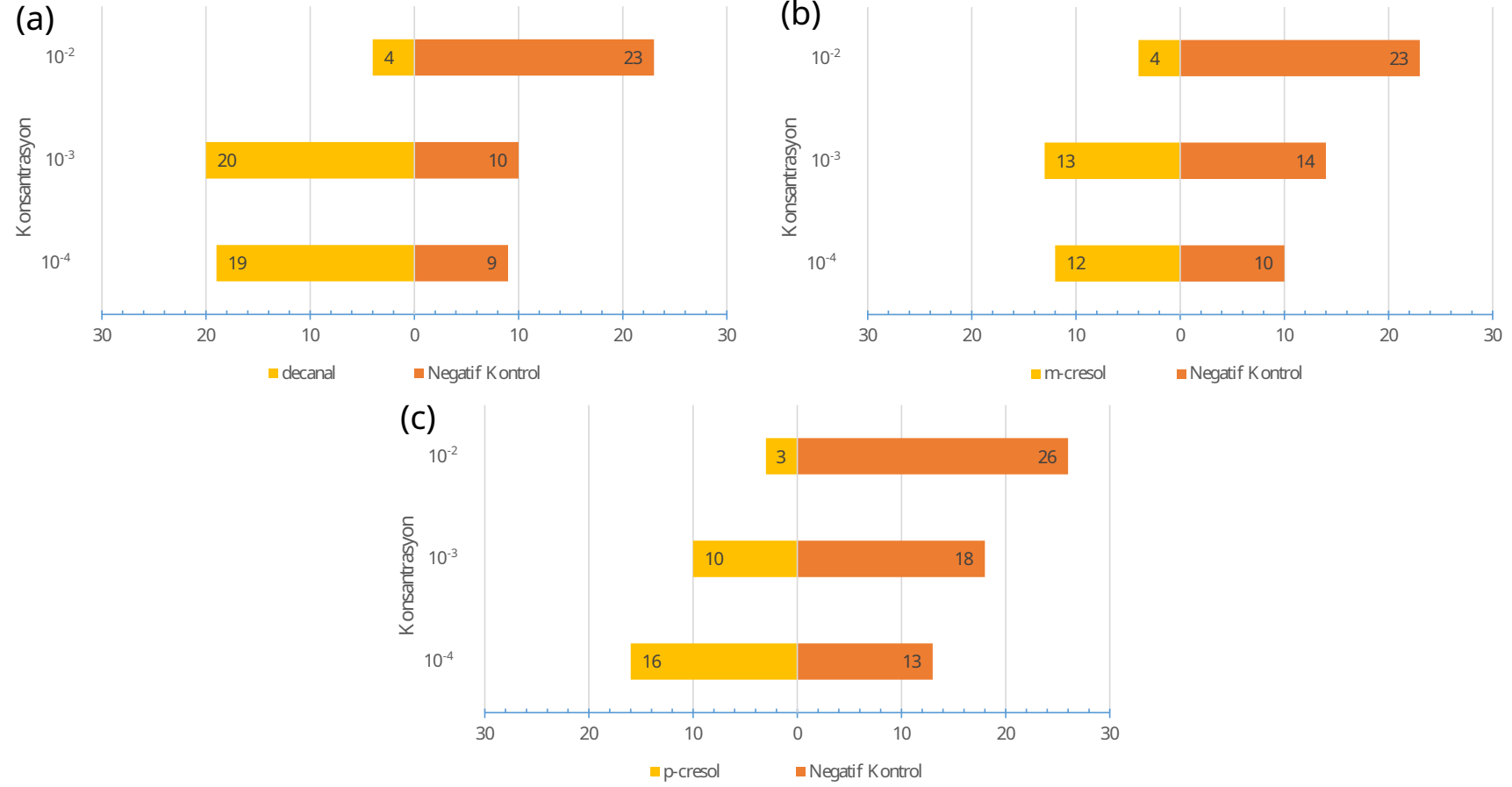


Şekil 3.1 1-octen-3-ol (a), sulcatone (b), linalool-oxide (c), 1-hexanol (d) ve DCM'i tercih eden dişi *P. papatasi* birey sayıları.

Decanal'ın dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 4 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 23 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 20 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 10 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 19 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 9 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.2 (a)).

M-cresol'n dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 4 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 23 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 13 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 14 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 12 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 10 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.2 (b)).

P-cresol'n dişi *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 3 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 26 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 10 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 18 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 16 bireyin tercih gosterdiği, negatif kontrol tuzağına 13 bireyin tercih gosterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.2 (c)).



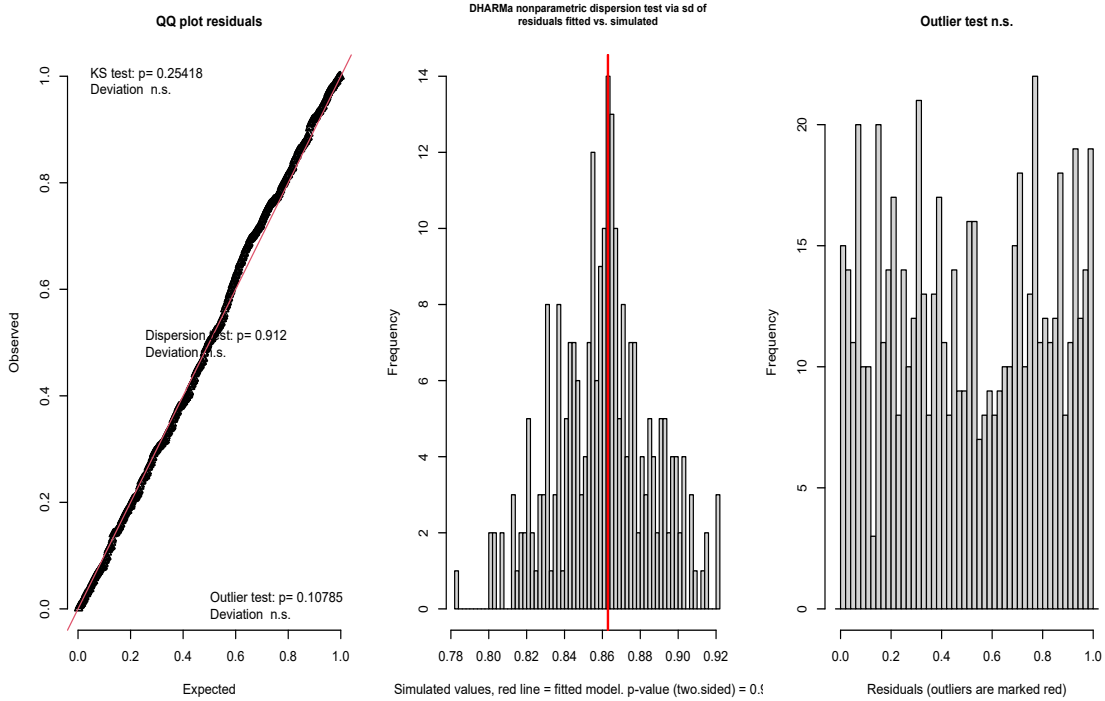
Şekil 3.2 Decanal (a), m-cresol (b), p-cresol (c) ve DCM'i tercih eden dişi *P. papatasi* birey sayıları.

P. papatasi dişileri üzerinde en az çekici etki gösteren p-cresol'ün 10^{-2} 'lik konsantrasyonu referans alınarak gerçekleştirilen lojistik regresyon analizi sonucunda, söz konusu kimyasalın diş bireyleri çekme olasılığının istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu, bununla birlikte p-cresol 10^{-2} ile karşılaştırıldığında decanal'in 10^{-3} , hexanol'ün 10^{-3} ve 10^{-4} , LO'nun 10^{-4} ve sulcatone'un 10^{-2} 'lik konsantrasyonlarının diş bireyler üzerinde en yüksek çekiciliğe sahip kairomonlar olduğu belirlenmiştir. Octenol (10^{-3}), sulcatone (10^{-4}), LO (10^{-4}), decanal (10^{-2}) ve m-cresol (10^{-2})'ün , p-cresol (10^{-2}) ile karşılaştırıldığında diş bireyler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı çekici etkisi bulunmayan kimyasallar olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada test edilen bütün kairomonların farklı konsantrasyonlarının *P. papatasi* diş bireyleri üzerindeki çekici etkisini özetleyen analiz sonuçları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 *P. papatasi* diş bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları. (**Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1).**

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
p-cresol 10^{-2} (Sabit)	-2,1972	0,6085	-3,611	0,000305	***
octenol 10^{-2}	2,0637	0,7101	2,906	0,003658	**
octenol 10^{-3}	1,0076	0,7461	1,351	0,176834	
octenol 10^{-4}	1,6507	0,7168	2,303	0,021293	*
sulcatone 10^{-2}	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***
sulcatone 10^{-3}	1,7918	0,7136	2,511	0,012041	*
sulcatone 10^{-4}	1,0076	0,7461	1,351	0,176834	
LO 10^{-2}	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
LO 10^{-3}	2,0637	0,7101	2,906	0,003658	**
LO 10^{-4}	2,6027	0,7136	3,647	0,000265	***
hexanol 10^{-2}	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***
hexanol 10^{-3}	2,3308	0,7101	3,282	0,001030	**
hexanol 10^{-4}	2,8904	0,7213	4,007	6,15e-05	***
decanal 10^{-2}	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
decanal 10^{-3}	2,8904	0,7213	4,007	6,15e-05	***
decanal 10^{-4}	2,7438	0,7168	3,828	0,000129	***
m-cresol 10^{-2}	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
m-cresol 10^{-3}	1,9290	0,7114	2,712	0,006696	**
m-cresol 10^{-4}	1,7918	0,7136	2,511	0,012041	*
p-cresol 10^{-3}	1,5041	0,7213	2,085	0,037055	*
p-cresol 10^{-4}	2,3308	0,7101	3,282	0,001030	**

Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri, artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,2542$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=0,9120$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,1078$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 *P. papatasi* dişi bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri.

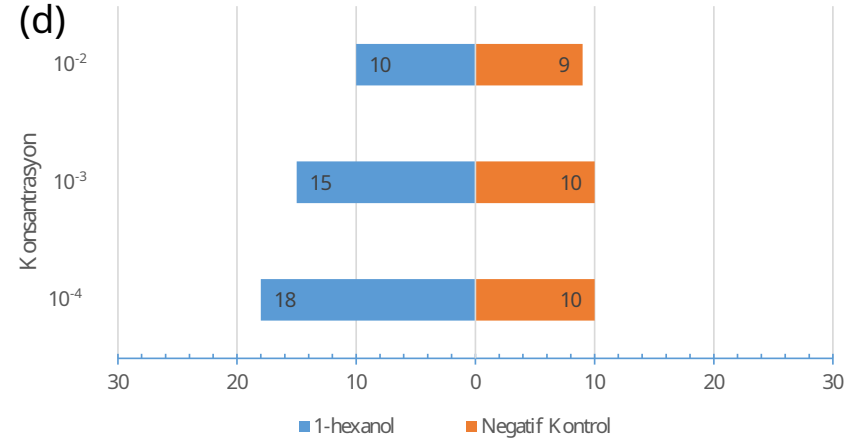
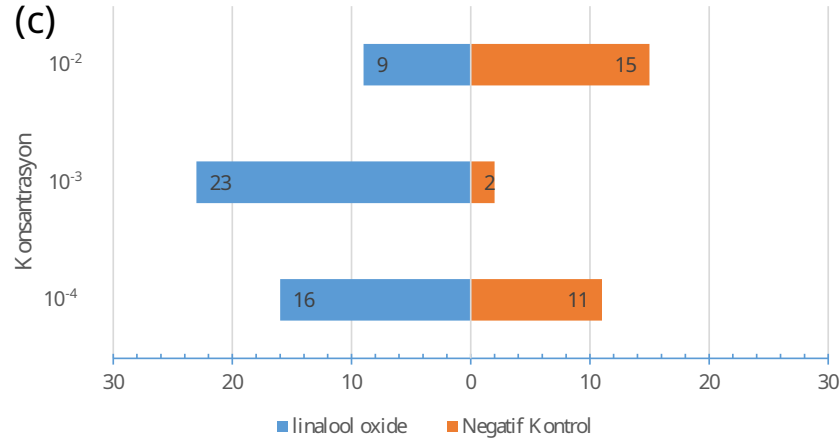
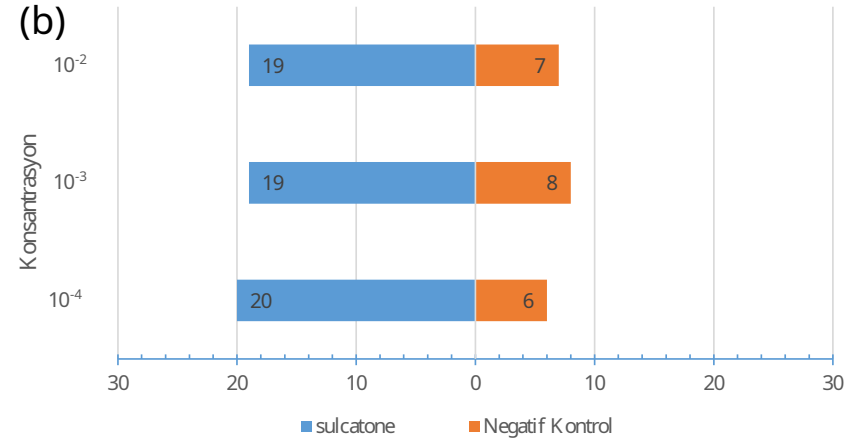
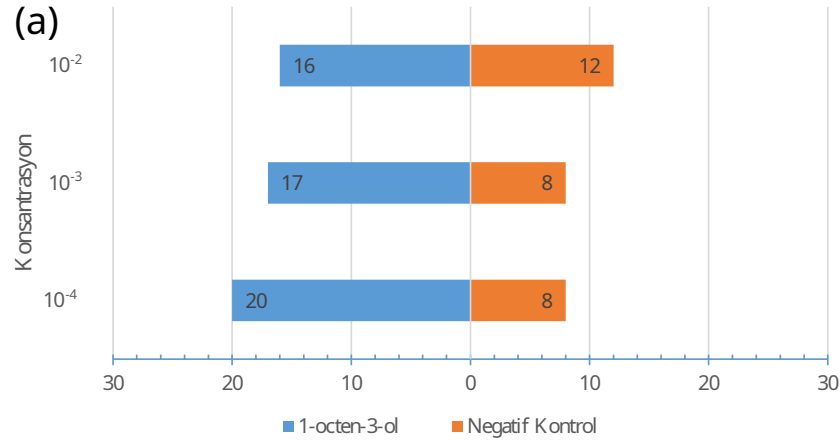
3.2.2. *P. papatasi* Erkek Bireyleri İçin Elde Edilen Bulgular

Octenol'ün erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 17 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 8 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 20 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 8 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.4 (a)).

Sulcatone'un erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 19 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 7 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 19 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 8 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 20 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 6 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.4 (b)).

LO'nun erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 9 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 15 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 23 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 2 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 11 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. (Şekil 3.4 (c)).

Hexanol'ün erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 10 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 9 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 15 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 10 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 18 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 10 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. (Şekil 3.4 (d)).

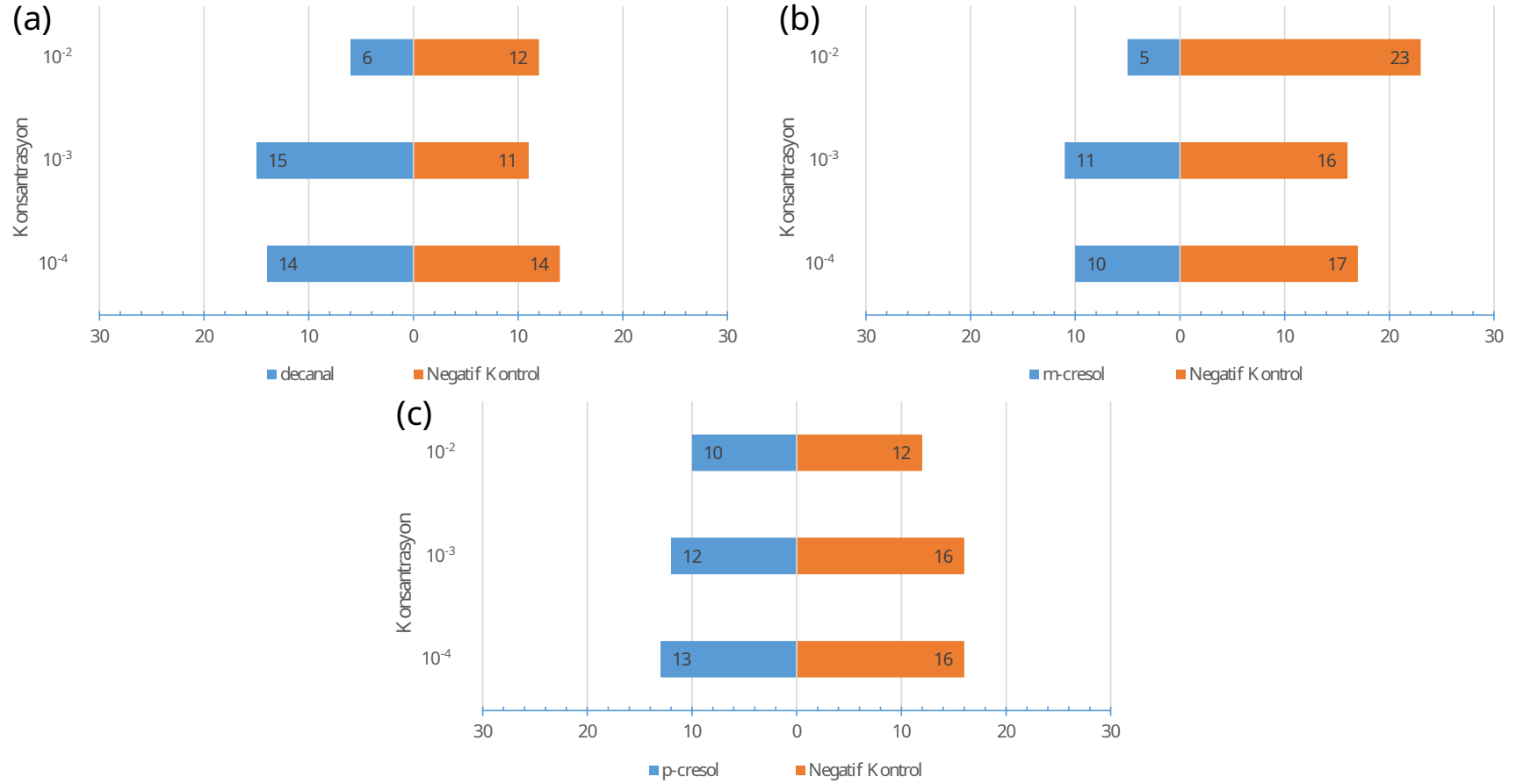


Şekil 3.4 1-octen-3-ol (a), sulcatone (b), linalool-oxide (c), 1-hexanol (d) ve DCM'i tercih eden erkek *P. papatasi* birey sayıları.

Decanal'ın erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 6 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 15 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 11 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 14 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 14 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.5 (a)).

M-cresol'ün erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 5 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 23 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 11 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 10 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 17 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. (Şekil 3.5 (b)).

P-cresol'ün erkek *P. papatasi* bireyleriyle gerçekleştirilen deneyleri sonucunda 10^{-2} konsantrasyonunda kairomon tuzağına 10 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-3} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir. 10^{-4} konsantrasyonu için kairomon tuzağına 13 bireyin tercih gösterdiği, negatif kontrol tuzağına 16 bireyin tercih gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.5 (c)).



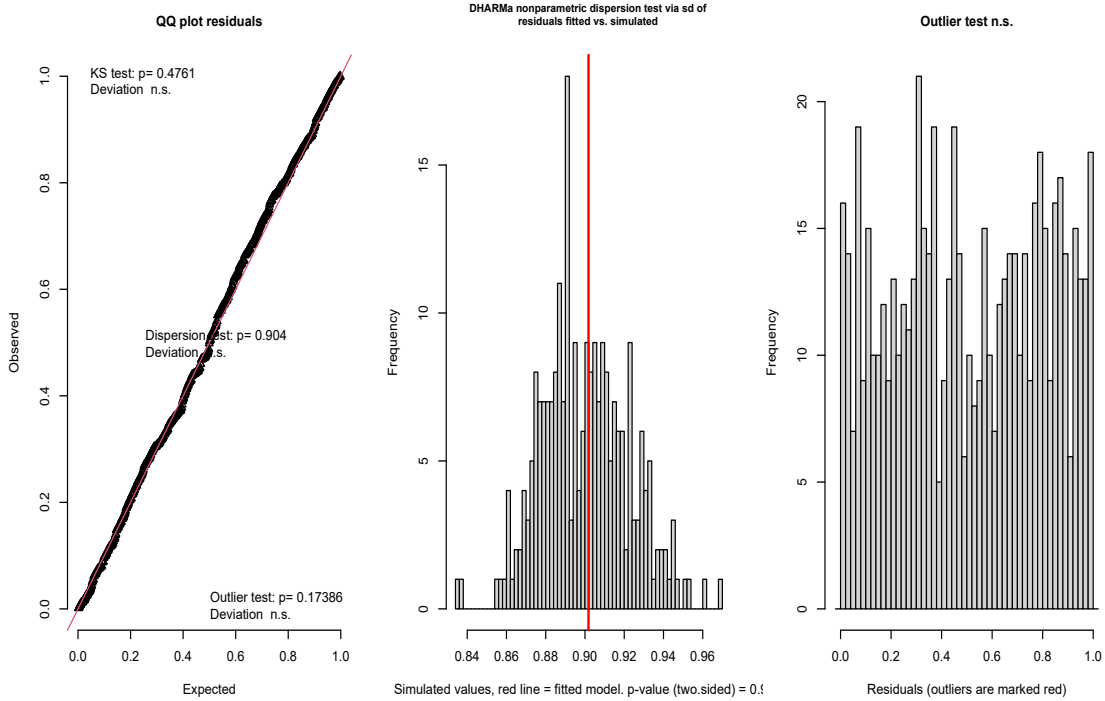
Şekil 3.5 Decanal (a), m-cresol (b), p-cresol (c) ve DCM'i tercih eden erkek *P. papatasi* birey sayıları.

P. papatasi erkek bireyleri üzerinde en az çekici etki gösteren m-cresol'un 10^{-2} 'lik konsantrasyonu referans alınarak gerçekleştirilen lojistik regresyon analizi sonucunda, söz konusu kimyasalın erkek bireyleri çekme olasılığının istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu, bununla birlikte p-cresol ile karşılaştırıldığında LO'nun 10^{-3} , octenol'un 10^{-4} , sulcatone'un 10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} 'lik konsantrasyonlarının erkek bireyler üzerinde en yüksek çekiciliğe sahip kairomonlar olduğu belirlenmiştir. LO (10^{-2}), decanal (10^{-2}), hexanol (10^{-2}), m-cresol (10^{-4}), m-cresol (10^{-3}), p-cresol (10^{-2}) ve p-cresol (10^{-3})'ün, m-cresol (10^{-2}) ile karşılaştırıldığında erkek bireyler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı çekici etkisi bulunmayan kimyasallar olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada test edilen bütün kairomonların farklı konsantrasyonlarının *P. papatasi* erkek bireyleri üzerindeki çekici etkisini özetleyen analiz sonuçları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 *P. papatasi* erkek bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 ',' 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
m-cresol 10^{-2} (Sabit)	-1,6094	0,4899	-3,285	0,001019	**
octenol 10^{-2}	1,7430	0,6115	2,850	0,004367	**
octenol 10^{-3}	1,8777	0,6130	3,063	0,002190	**
octenol 10^{-4}	2,3026	0,6245	3,687	0,000227	***
sulcatone 10^{-2}	2,1560	0,6193	3,481	0,000499	***
sulcatone 10^{-3}	2,1560	0,6193	3,481	0,000499	***
sulcatone 10^{-4}	2,3026	0,6245	3,687	0,000227	***
LO 10^{-2}	0,7621	0,6315	1,207	0,227445	
LO 10^{-3}	2,7990	0,6529	4,287	1,81e-05	***
LO 10^{-4}	1,7430	0,6115	2,850	0,004367	**
hexanol 10^{-2}	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	
hexanol 10^{-3}	1,6094	0,6110	2,634	0,008437	**
hexanol 10^{-4}	2,0149	0,6155	3,273	0,001063	**
decanal 10^{-2}	0,2231	0,6696	0,333	0,738938	
decanal 10^{-3}	1,6094	0,6110	2,634	0,008437	**
decanal 10^{-4}	1,4759	0,6115	2,414	0,015796	*
m-cresol 10^{-3}	1,0629	0,6193	1,716	0,086114	.
m-cresol 10^{-4}	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	
p-cresol 10^{-2}	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	
p-cresol 10^{-3}	1,2040	0,6155	1,956	0,050469	.
p-cresol 10^{-4}	1,3412	0,6130	2,188	0,028673	*

Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri, artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,4761$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=0,9040$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,1738$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.6).

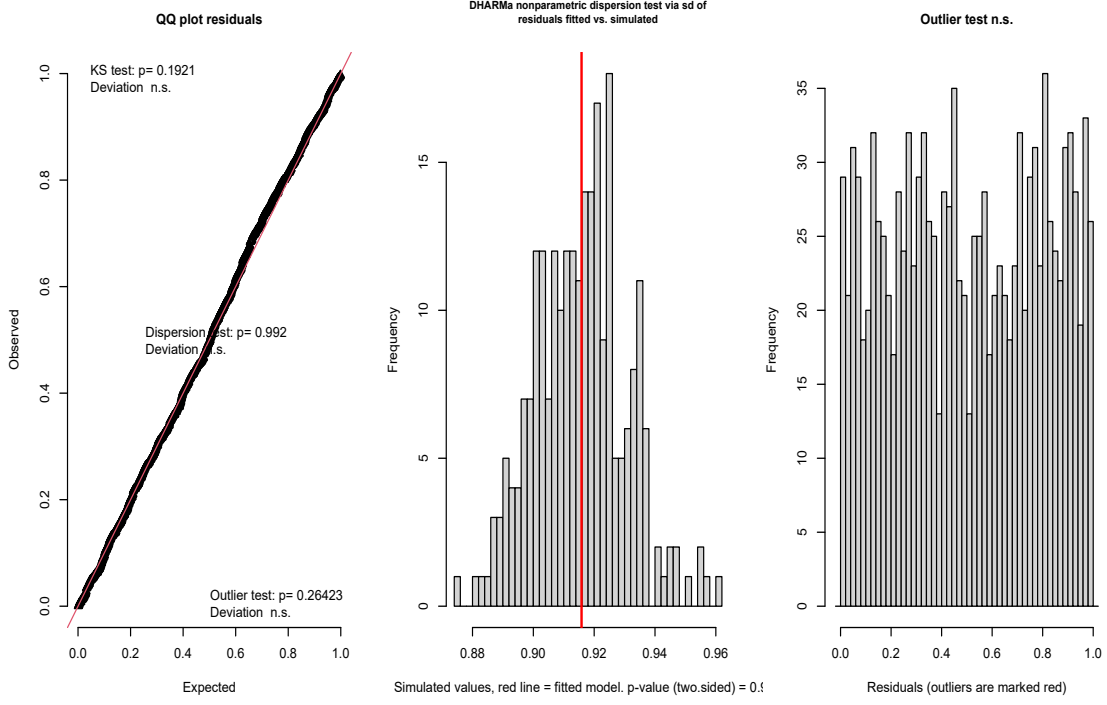


Şekil 3.6 *P. papatasi* erkek bireyleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri.

Çalışma kapsamında çekicilik etkisi test edilen tüm kairomonların farklı konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen deneyler sonucunda hem dişi hem de erkek bireyler için elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, m-cresol'ün 10^{-2} 'lik konsantrasyonunun *P. papatasi* erginlerini çekme olasılığının istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu, söz konusu kimyasalla karşılaştırıldığında LO (10^{-2}), decanal (10^{-2}) ve p-cresol (10^{-2}) dışındaki diğer kairomonların *P. papatasi* erginleri üzerinde farklı derecelerde daha yüksek çekici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Octenol'ün 10^{-4} , 10^{-2} ve 10^{-3} ; sulcatone'un 10^{-2} , 10^{-3} ve 10^{-4} ; hexanol'ün 10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} ; LO, decanal ve m-cresol'ün 10^{-3} ve 10^{-4} konsantrasyonlarında sırasıyla azalan çekici etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3.4). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,1921$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=0,9920$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,26423$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.7).

Çizelge 3.4 *P. papatasi* erginleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
m-cresol 10^{-2} (Sabit)	-1,7346	0,3616	-4,798	1,61e-06	***
octenol 10^{-2}	1,7346	0,4443	3,904	9,45e-05	***
octenol 10^{-3}	1,3291	0,4474	2,971	0,002970	**
octenol 10^{-4}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
sulcatone 10^{-2}	2,1401	0,4474	4,783	1,72e-06	***
sulcatone 10^{-3}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
sulcatone 10^{-4}	1,5339	0,4450	3,447	0,000567	***
LO 10^{-2}	0,4494	0,4785	0,939	0,347587	
LO 10^{-3}	2,2100	0,4486	4,927	8,36e-07	***
LO 10^{-4}	2,0029	0,4456	4,494	6,98e-06	***
hexanol 10^{-2}	1,5339	0,4450	3,447	0,000567	***
hexanol 10^{-3}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
hexanol 10^{-4}	2,2811	0,4500	5,069	3,99e-07	***
decanal 10^{-2}	0,1252	0,5007	0,250	0,802613	
decanal 10^{-3}	2,0711	0,4464	4,639	3,50e-06	***
decanal 10^{-4}	1,9353	0,4450	4,349	1,37e-05	***
m-cresol 10^{-3}	1,3291	0,4474	2,971	0,002970	**
m-cresol 10^{-4}	1,1881	0,4500	2,640	0,008286	**
p-cresol 10^{-2}	0,4494	0,4785	0,939	0,347587	
p-cresol 10^{-3}	1,1881	0,4500	2,640	0,008286	**
p-cresol 10^{-4}	1,6679	0,4444	3,753	0,000174	***

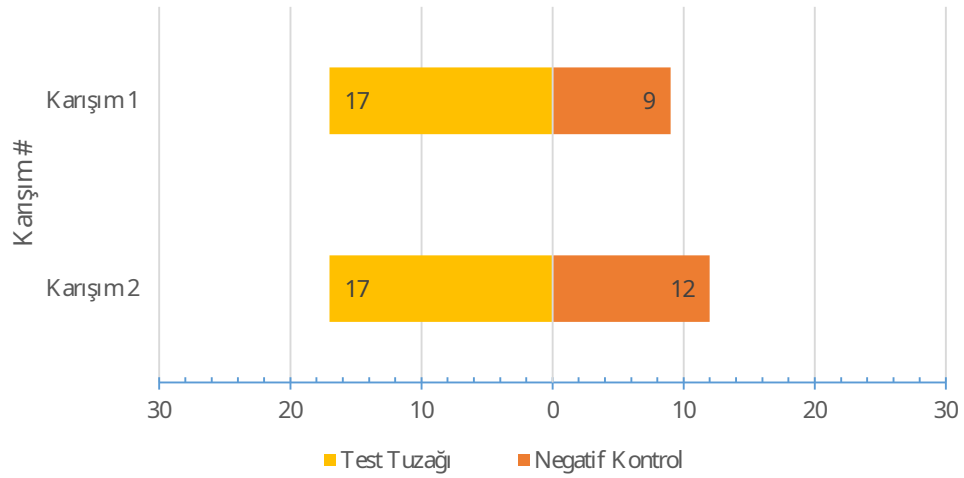


Şekil 3.7 *P. papatasi* erginleri ve farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizleri.

3.2.3. Kairomon Karışımlarının *P. papatasi* Dişi ve Erkek Bireyleri Üzerindeki Çekicilik Etkileri

Dişi bireyler ile gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarına göre en yüksek çekiciliğe sahip kairomonların decanal (10^{-3} ve 10^{-4}), hexanol (10^{-4}) ve LO (10^{-4}) olduğu belirlenmiş, Karışım 1 hazırlanırken decanal'in benzer çekici etkiye sahip iki konsantrasyonu yerine bu kairomonlardan sonra en yüksek çekici etkinliğe sahip kairomon olan sulcatone (10^{-2}) kullanılmıştır. Deneyler sonucunda erkek bireyler üzerinde en yüksek çekiciliğe sahip kairomonların LO (10^{-3}), octenol (10^{-4}) ve sulcatone (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2}) olduğu tespit edilmişse de Karışım 2 hazırlanırken, sulcatone'un benzer çekici etkiye sahip 10^{-2} ve 10^{-3} 'lük konsantrasyonları yerine bu kairomonlardan sonra en yüksek çekici etkinliğe sahip kairomon olan hexanol (10^{-4}) kullanılmıştır.

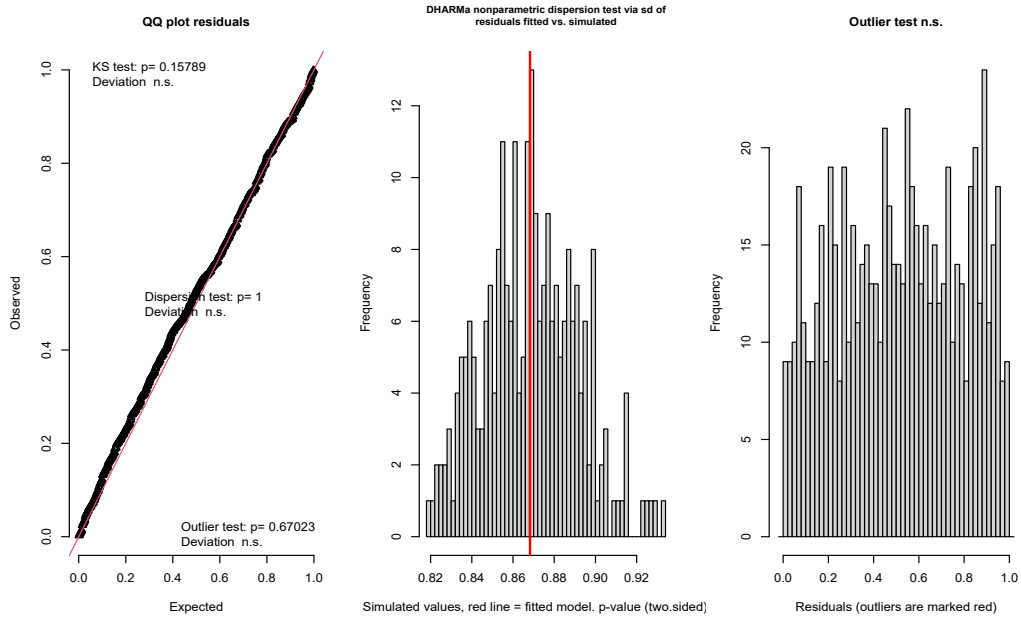
Karışımların dişi bireyler üzerindeki çekici etkisi test edildiğinde, Karışım 1 ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda, kairomon tuzağına 17 bireyin, negatif kontrol tuzağına 9 bireyin tercih gösterdiği gözlemlenmiştir. Karışım 2 ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda, kairomon tuzağına 17 bireyin, negatif kontrol tuzağına 12 bireyin tercih gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.8). Karışım 1, Karışım 2 ve bu çalışma kapsamında etkinlikleri test edilen farklı konsantrasyonlardaki tüm kairomonların *P. papatasi* dişi bireyleri üzerindeki çekici etkisinin değerlendirildiği lojistik regresyon analizi sonucunda her iki karışımın da dişi bireyler üzerinde anlamlı derecede çekici olduğu, bununla birlikte decanal (10^{-4} ve 10^{-3}) ve hexanol (10^{-4})'ün referans kairomona göre dişi bireyleri çekme olasılığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.5). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,1578$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=1,000$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,6702$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.8 Karışım 1, Karışım 2 ve DCM'i tercih eden *P. papatasi* dişi birey sayıları.

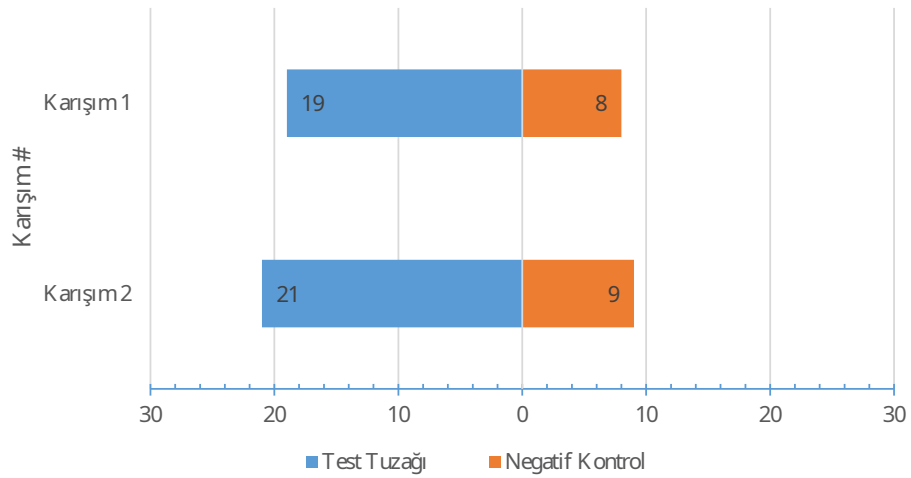
Çizelge 3.5 *P. papatasi* dişi bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
p-cresol 10 ⁻² (Sabit)	-2,1972	0,6085	-3,611	0,000305	***
octenol 10 ⁻²	2,0637	0,7101	2,906	0,003658	**
octenol 10 ⁻³	1,0076	0,7461	1,351	0,176834	
octenol 10 ⁻⁴	1,6507	0,7168	2,303	0,021293	*
sulcatone 10 ⁻²	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***
sulcatone 10 ⁻³	1,7918	0,7136	2,511	0,012041	*
sulcatone 10 ⁻⁴	1,0076	0,7461	1,351	0,176834	
LO 10 ⁻²	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
LO 10 ⁻³	2,0637	0,7101	2,906	0,003658	**
LO 10 ⁻⁴	2,6027	0,7136	3,647	0,000265	***
hexanol 10 ⁻²	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***
hexanol 10 ⁻³	2,3308	0,7101	3,282	0,001030	**
hexanol 10 ⁻⁴	2,8904	0,7213	4,007	6,15e-05	***
decanal 10 ⁻²	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
decanal 10 ⁻³	2,8904	0,7213	4,007	6,15e-05	***
decanal 10 ⁻⁴	2,7438	0,7168	3,828	0,000129	***
m-cresol 10 ⁻²	0,3254	0,8116	0,401	0,688464	
m-cresol 10 ⁻³	1,9290	0,7114	2,712	0,006696	**
m-cresol 10 ⁻⁴	1,7918	0,7136	2,511	0,012041	*
p-cresol 10 ⁻³	1,5041	0,7213	2,085	0,037055	*
p-cresol 10 ⁻⁴	2,3308	0,7101	3,282	0,001030	**
Karışım 1	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***
Karışım 2	2,4655	0,7114	3,466	0,000529	***



Şekil 3.9 *P. papatasi* dişi bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.

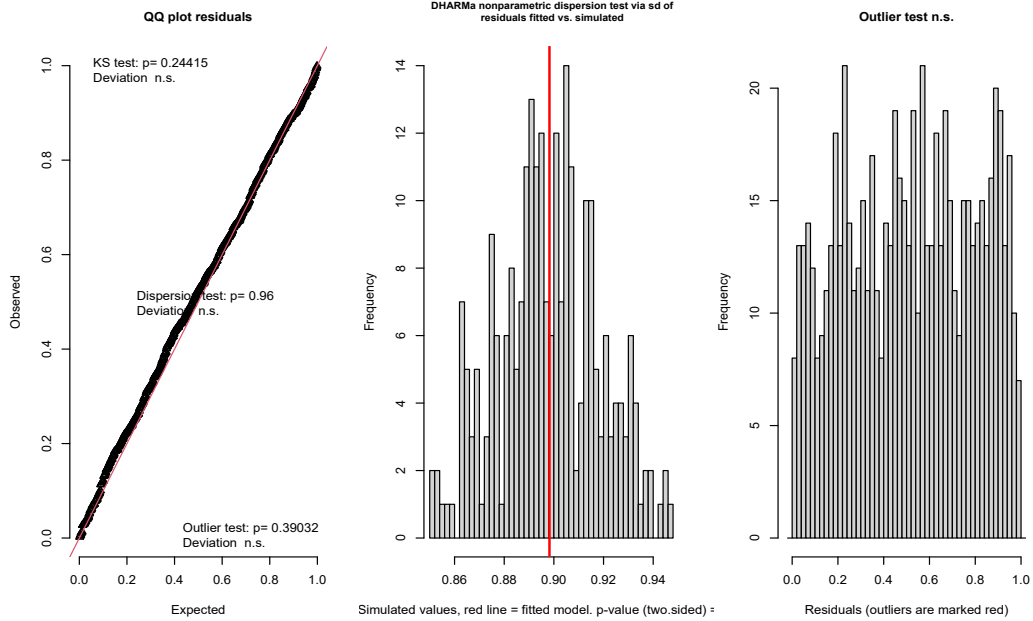
Karışımların erkek bireyler üzerindeki çekici etkisi test edildiğinde, Karışım 1 ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda, kairomon tuzağına 19 bireyin, negatif kontrol tuzağına 8 bireyin tercih gösterdiği gözlemlenmiştir. Karışım 2 ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda, kairomon tuzağına 21 bireyin, negatif kontrol tuzağına 9 bireyin tercih gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.10). Karışım 1, Karışım 2 ve bu çalışma kapsamında etkinlikleri test edilen farklı konsantrasyonlardaki tüm kairomonların *P. papatasi* erkek bireyleri üzerindeki çekici etkisinin değerlendirildiği lojistik regresyon analizi sonucunda her iki karışımın da erkek bireyler üzerinde anlamlı derecede çekici olduğu, Karışım 2'nin Karışım 1'e göre daha çekici olduğu, bununla birlikte referans kairomonla karşılaştırıldığında LO (10^{-3})'ün Karışım 2'ye göre ve octenol (10^{-3}) ve LO (10^{-3})'ün ise Karışım 1'e göre erkek bireyleri çekme olasılığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.6). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,2441$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=0,9600$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,3903$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 Karışım 1, Karışım 2 ve DCM'i tercih eden *P. papatasi* erkek birey sayıları.

Çizelge 3.6 *P. papatasi* erkek bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
m-cresol 10 ⁻² (Sabit)	-1,6094	0,4899	-3,285	0,001019	**
octenol 10 ⁻²	1,7430	0,6115	2,850	0,004367	**
octenol 10 ⁻³	1,8777	0,6130	3,063	0,002190	**
octenol 10 ⁻⁴	2,3026	0,6245	3,687	0,000227	***
sulcatone 10 ⁻²	2,1560	0,6193	3,481	0,000499	***
sulcatone 10 ⁻³	2,1560	0,6193	3,481	0,000499	***
sulcatone 10 ⁻⁴	2,3026	0,6245	3,687	0,000227	***
LO 10 ⁻²	0,7621	0,6315	1,207	0,227445	.
LO 10 ⁻³	2,7990	0,6529	4,287	1,81e-05	***
LO 10 ⁻⁴	1,7430	0,6115	2,850	0,004367	**
hexanol 10 ⁻²	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	.
hexanol 10 ⁻³	1,6094	0,6110	2,634	0,008437	**
hexanol 10 ⁻⁴	2,0149	0,6155	3,273	0,001063	**
decanal 10 ⁻²	0,2231	0,6696	0,333	0,738938	.
decanal 10 ⁻³	1,6094	0,6110	2,634	0,008437	**
decanal 10 ⁻⁴	1,4759	0,6115	2,414	0,015796	*
m-cresol 10 ⁻³	1,0629	0,6193	1,716	0,086114	.
m-cresol 10 ⁻⁴	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	.
p-cresol 10 ⁻²	0,9163	0,6245	1,467	0,142311	.
p-cresol 10 ⁻³	1,2040	0,6155	1,956	0,050469	.
p-cresol 10 ⁻⁴	1,3412	0,6130	2,188	0,028673	*
Karışım 1	2,1560	0,6193	3,481	0,000499	***
Karışım 2	2,4567	0,6315	3,891	0,000100	***

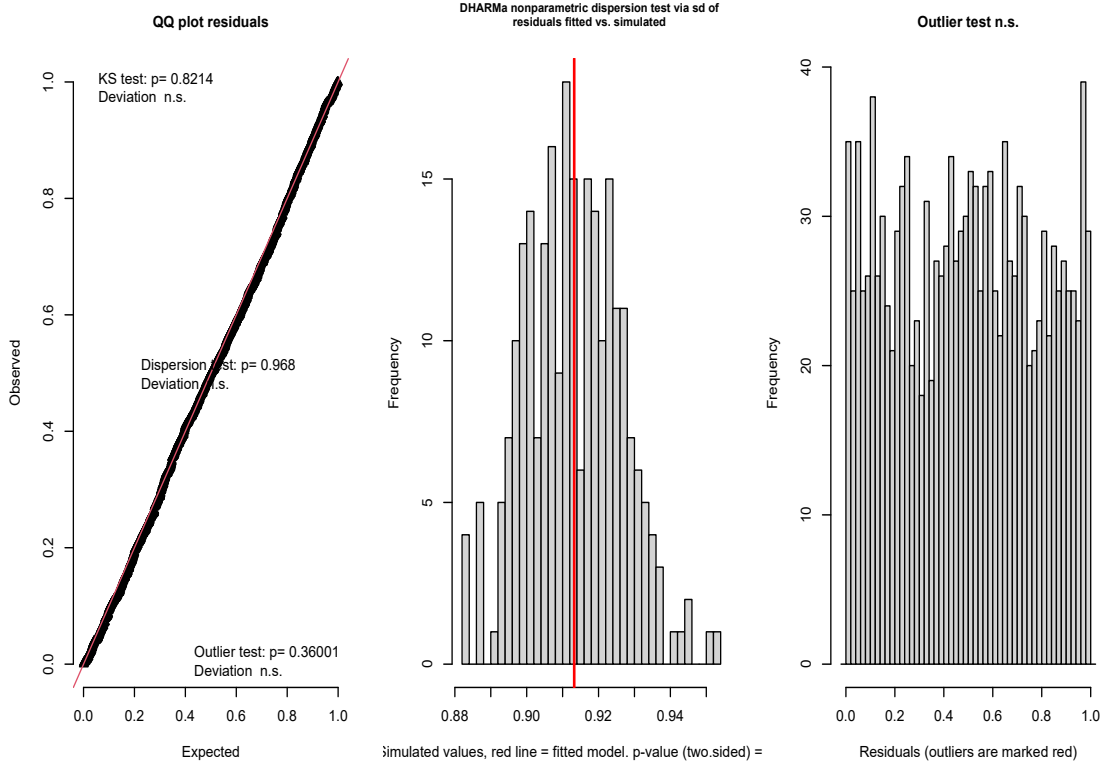


Şekil 3.11 *P. papatasi* erkek bireyleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.

Karışım 1 ve Karışım 2'nin *P. papatasi* dişi ve erkek bireyleri üzerindeki çekicilik etkisi için elde edilmiş veriler birlikte analiz edildiğinde, her iki karışımın da referans kairomona göre daha çekici etki gösterdiği; bununla birlikte LO (10^{-4}), hexanol (10^{-4}) ve decanal (10^{-3} ve 10^{-4})'in çekicilik etkisinin referans kairomonla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.7). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri artıkların tekdüze bir dağılım gösterdiğini ($p=0,8214$), yaygınlık değerinin bire yakın olduğunu ($p=0,9680$) ve artıklar arasında modeli etkileyecek kadar aykırı değer bulunmadığını ($p=0,3600$); dolayısıyla modelin veriye uyumlu olduğu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.12).

Çizelge 3.7 *P. papatasi* erginleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
m-cresol 10^{-2} (Sabit)	-1,7346	0,3616	-4,798	1,61e-06	***
octenol 10^{-2}	1,7346	0,4443	3,904	9,45e-05	***
octenol 10^{-3}	1,3291	0,4474	2,971	0,002970	**
octenol 10^{-4}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
sulcatone 10^{-2}	2,1401	0,4474	4,783	1,72e-06	***
sulcatone 10^{-3}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
sulcatone 10^{-4}	1,5339	0,4450	3,447	0,000567	***
LO 10^{-2}	0,4494	0,4785	0,939	0,347587	
LO 10^{-3}	2,2100	0,4486	4,927	8,36e-07	***
LO 10^{-4}	2,0029	0,4456	4,494	6,98e-06	***
hexanol 10^{-2}	1,5339	0,4450	3,447	0,000567	***
hexanol 10^{-3}	1,8013	0,4444	4,054	5,04e-05	***
hexanol 10^{-4}	2,2811	0,4500	5,069	3,99e-07	***
decanal 10^{-2}	0,1252	0,5007	0,250	0,802613	
decanal 10^{-3}	2,0711	0,4464	4,639	3,50e-06	***
decanal 10^{-4}	1,9353	0,4450	4,349	1,37e-05	***
m-cresol 10^{-3}	1,3291	0,4474	2,971	0,002970	**
m-cresol 10^{-4}	1,1881	0,4500	2,640	0,008286	**
p-cresol 10^{-2}	0,4494	0,4785	0,939	0,347587	
p-cresol 10^{-3}	1,1881	0,4500	2,640	0,008286	**
p-cresol 10^{-4}	1,6679	0,4444	3,753	0,000174	***
Karışım 1	2,1401	0,4474	4,783	1,72e-06	***
Karışım 2	2,2811	0,4500	5,069	3,99e-07	***

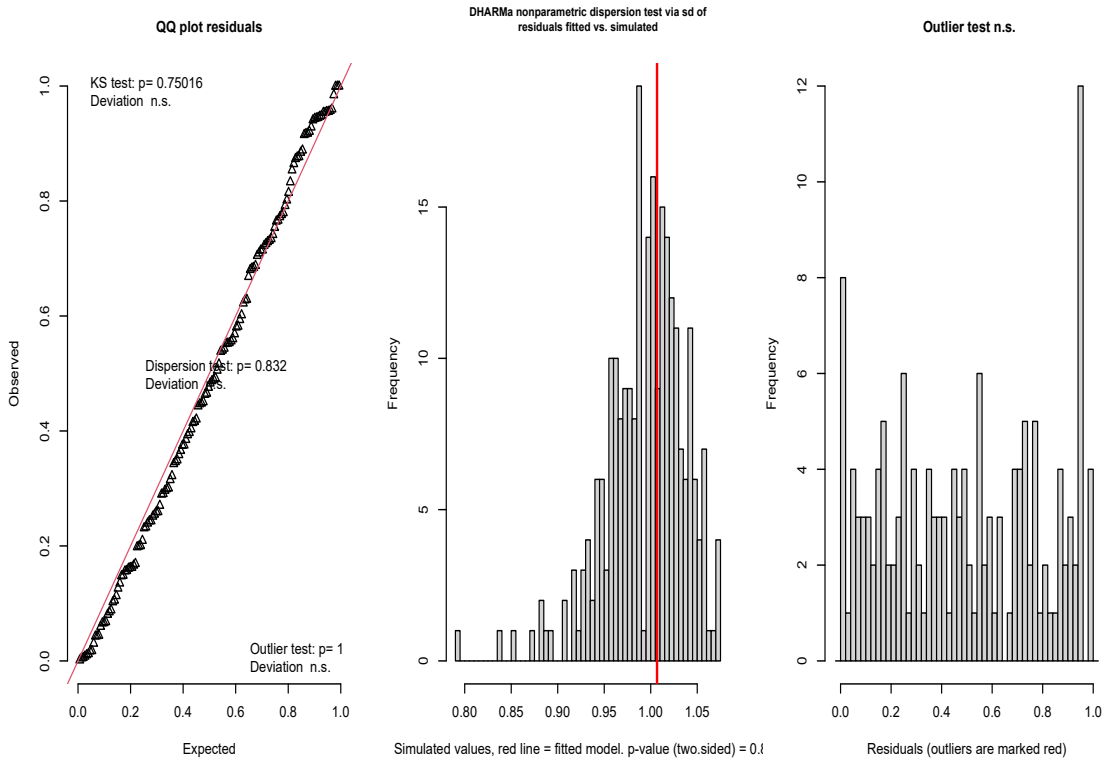


Şekil 3.12 *P. papatasi* erginleri ile farklı konsantrasyonlara sahip kairomonların, Karışım 1 ve Karışım 2'nin çekici etkisi arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi.

Hazırlanan karışımların, karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonlarının tekil sonuçlarına göre daha çekici etki gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla her iki karışımın; dişi bireyler, erkek bireyler ve eşey gözetilmeksizin bütün bireyler üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Karışım 1'in, hem dişi bireylerin hem erkek bireylerin hem de eşey gözetilmeksizin yapılan analizlerle karışımı oluşturan kairomonlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha çekici etki göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 3.8 - Çizelge 3.10). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri modelin veriye uyumlu olduğunu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.13 - Şekil 3.15).

Çizelge 3.8 *P. papatasi* dişileri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1).

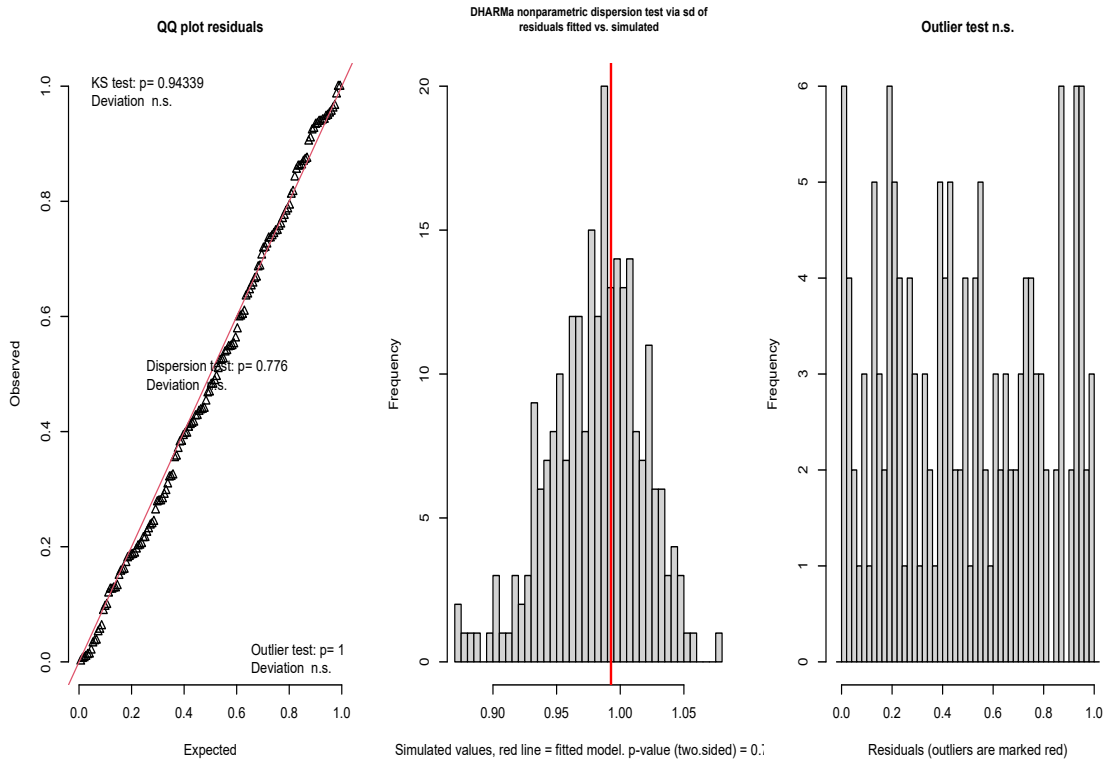
Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 1 (Sabit)	2,683e-01	3,684e-01	0,728	0,467	
decanal 10 ⁻⁴	2,783e-01	5,285e-01	0,527	0,598	
hexanol 10 ⁻⁴	4,249e-01	5,346e-01	0,795	0,427	
LO 10 ⁻⁴	1,372e-01	5,241e-01	0,262	0,793	
sulcatone 10 ⁻²	-5,206e-16	5,211e-01	0,000	1,000	



Şekil 3.13 *P. papatasi* dişileri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

Çizelge 3.9 *P. papatasi* erkekleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘.’ 1).

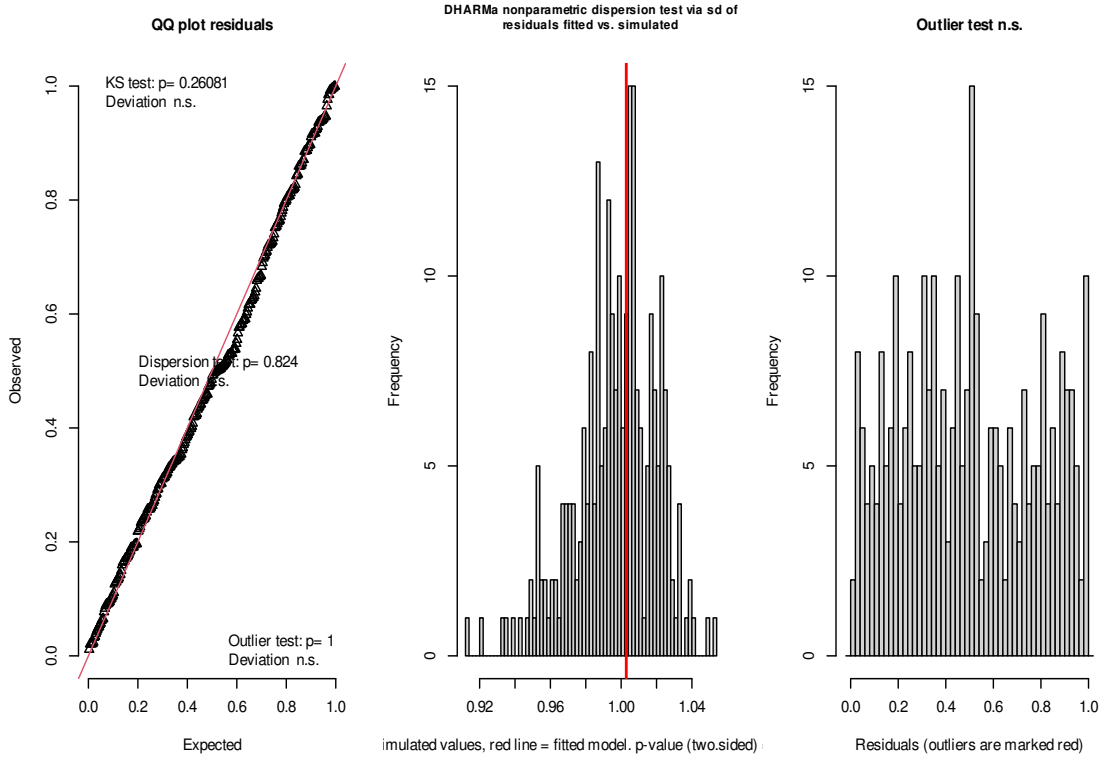
Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 1 (Sabit)	5,465e-01	3,789e-01	1,443	0,149	
decanal 10 ⁻⁴	-6,801e-01	5,268e-01	-1,291	0,197	
hexanol 10 ⁻⁴	-1,411e-01	5,314e-01	-0,265	0,791	
LO 10 ⁻⁴	-4,130e-01	5,268e-01	-0,784	0,433	
sulcatone 10 ⁻²	8,923e-16	5,358e-01	0,000	1,000	



Şekil 3.14 *P. papatasi* erkekleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

Çizelge 3.10 *P. papatasi* erginleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 1 (Sabit)	4,055e-01	2,635e-01	1,539	0,124	
decanal 10 ⁻⁴	-2,048e-01	3,698e-01	-0,554	0,580	
hexanol 10 ⁻⁴	1,411e-01	3,758e-01	0,375	0,707	
LO 10 ⁻⁴	-1,372e-01	3,706e-01	-0,370	0,711	
sulcatone 10 ⁻²	-2,483e-15	3,727e-01	0,000	1,000	

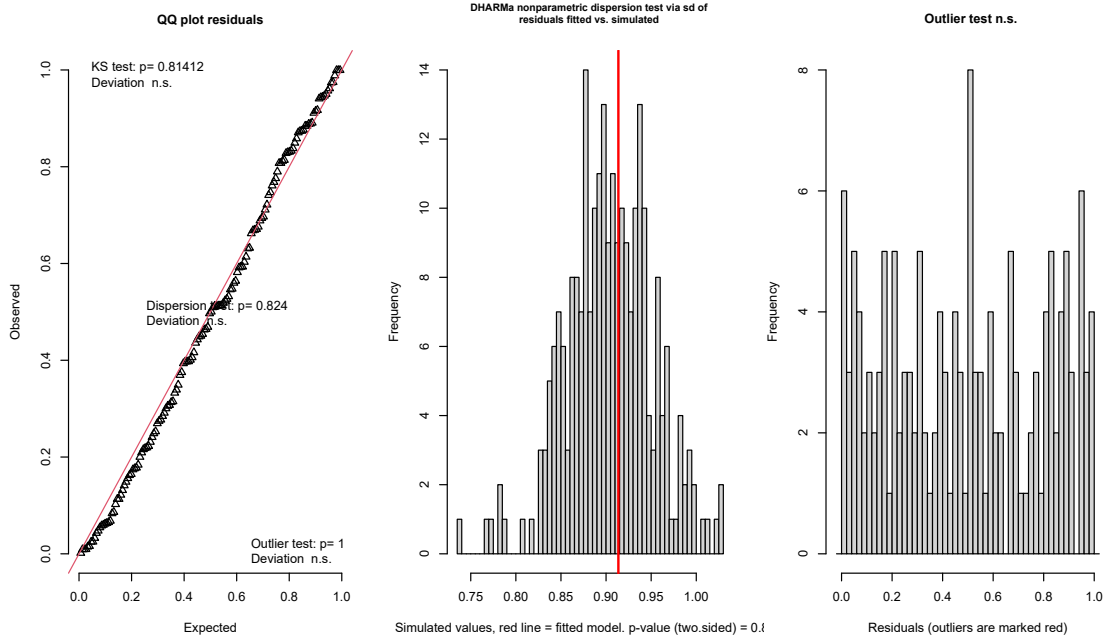


Şekil 3.15 *P. papatasi* erginleri ile Karışım 1 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

Karışım 2'nin, dişi bireylerde karışımın sulcatone (10^{-4})'a göre daha çekici etki gösterdiği, erkek bireylerde ise karışımı oluşturan kairomonlarla göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha çekici etki göstermediği belirlenmiştir Eşey gözetmeksizin yapılan analizler sonucunda Karışım 2'nin sulcatone (10^{-4})'a göre daha çekici etki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.11 - Çizelge 3.13). Lojistik regresyon modelinin uyum iyiliği testleri modelin veriye uyumlu olduğunu ve veride gözlenen varyasyonu açıklamak için uygun olduğunu göstermiştir (Şekil 3.16 - Şekil 3.18).

Çizelge 3.11 *P. papatasi* dişileri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1).

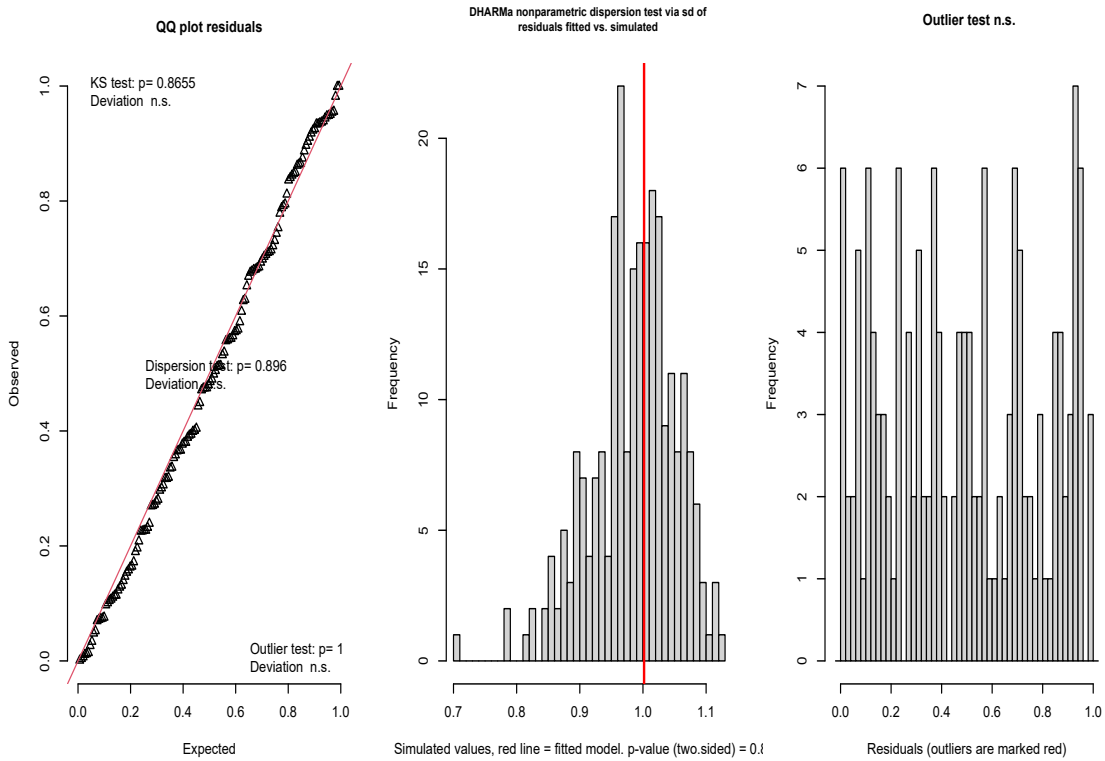
Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 2 (Sabit)	2,683e-01	3,684e-01	0,728	0,467	
hexanol 10^{-4}	4,249e-01	5,346e-01	0,795	0,427	
LO 10^{-3}	-4,018e-01	5,193e-01	-0,774	0,439	
octenol 10^{-4}	-8,148e-01	5,285e-01	-1,542	0,123	
sulcatone 10^{-4}	-1,457e+00	5,675e-01	-2,569	0,010	*



Şekil 3.16 *P. papatasi* dişileri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

Çizelge 3.12 *P. papatasi* erkekleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1).

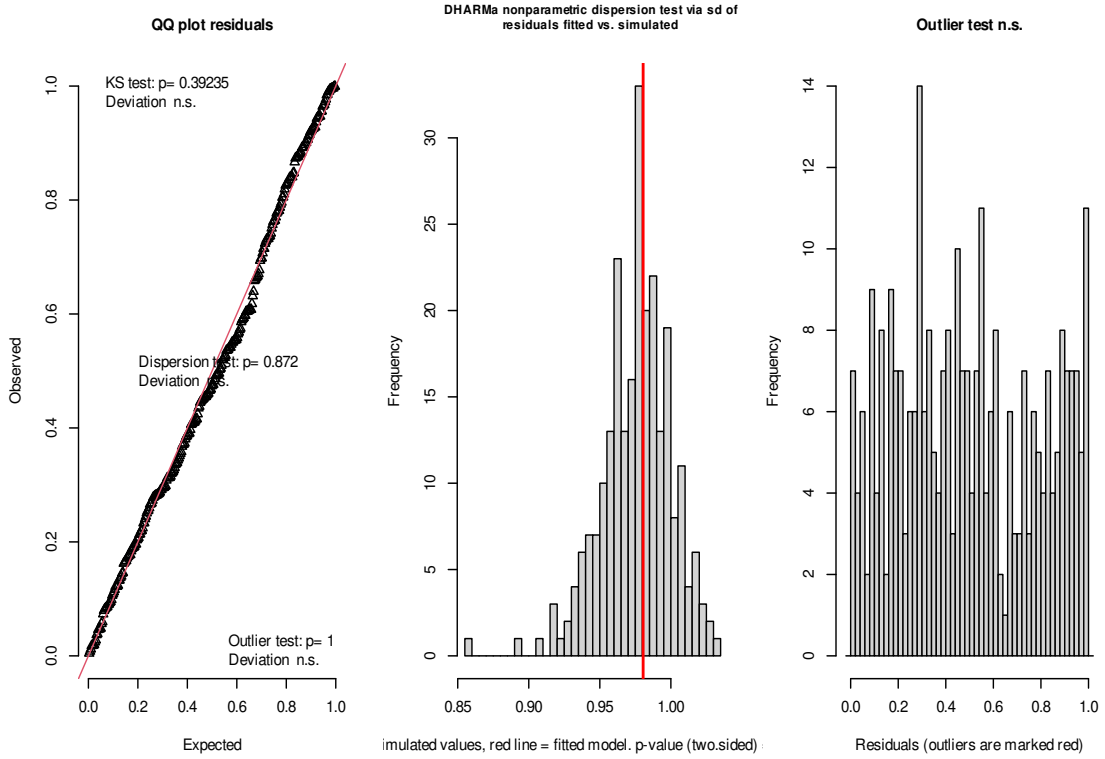
Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 2 (Sabit)	8,473e-01	3,984e-01	2,127	0,033	*
hexanol 10 ⁻⁴	-4,418e-01	5,455e-01	-0,810	0,418	
LO 10 ⁻³	3,423e-01	5,874e-01	0,583	0,560	
octenol 10 ⁻⁴	-1,542e-01	5,556e-01	-0,277	0,781	
sulcatone 10 ⁻⁴	-1,542e-01	5,556e-01	-0,277	0,781	



Şekil 3.17 *P. papatasi* erkekleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

Çizelge 3.13 *P. papatasi* erginleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon analiz sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1).

Konsantrasyon	Tahmin	Std. Hata	z Değeri	Pr(> z)	Anlamlılık Düzeyi
Karışım 2 (Sabit)	5,465e-01	2,679e-01	2,040	0,041	*
hexanol 10 ⁻⁴	4,969e-17	3,789e-01	0,000	1,000	
LO 10 ⁻³	-7,112e-02	3,772e-01	-0,189	0,850	
octenol 10 ⁻⁴	-4,799e-01	3,722e-01	-1,289	0,197	
sulcatone 10 ⁻⁴	-7,472e-01	3,730e-01	-2,003	0,045	*



Şekil 3.18 *P. papatasi* erginleri ile Karışım 2 ve karışımı oluşturan kairomonlar arasındaki ilişkiyi özetleyen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analiz sonuçları.

3.3. Çekilim Süresi Analizleri

Bireylerin aktivite odasına salınmasından itibaren tercih gösterdikleri kairomon kağıtlarının bulunduğu tuzaklara giriş yapana kadar geçen süre değerlendirildiğinde, dişi bireylerin en hızlı tercih gösterdiği kairomon konsantrasyonunun decanal (10^{-3}) (61,65 sn), en yavaş tepki gösterdiği kairomon konsantrasyonunun ise octenol (10^{-2}) (121,21 sn) olduğu, Kruskal-Wallis H testi sonuçlarına göre farklı konsantrasyonlardaki kairomonlara ortalama çekilim süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p = 0,2715$). Erkek bireylerin en hızlı tercih gösterdiği kairomon konsantrasyonunun hexanol (10^{-3}) (57,67 sn), en yavaş tercih gösterdiği kairomon konsantrasyonunun ise sulcatone (10^{-2}) (141,32 sn) olduğu, ancak dişi bireylerde olduğu gibi farklı kairomon konsantrasyonlarına ortalama çekilim süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p = 0,0786$). Dişi ve erkek bireyler için elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, *P. papatasi* erginlerinin en hızlı tercih gösterdiği kairomon konsantrasyonunun sulcatone (10^{-3}) (68,10 sn), en yavaş tercih gösterdiği kairomon konsantrasyonunun ise decanal (10^{-2}) (126,10 sn) olduğu, ancak ortalama çekilim süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p = 0,5165$). Farklı konsantrasyonlardaki kairomonlara ve kairomon karışımlarına gösterilen tercihin ortalama süreleri Çizelge 3.14 üzerinden sunulmuştur.

Çizelge 3.14 *P. papatasi* bireylerinin farklı konsantrasyonlardaki kairomonlara ve kairomon karışımlarına gösterdikleri tercihin saniye cinsinden ortalama süreleri.

Kairomon	Zaman (sn) ♀		Zaman (sn) ♂		Zaman (sn) ♀ + ♂	
	ortalama	standart sapma	ortalama	standart sapma	ortalama	standart sapma
decanal 10 ⁻²	64,75	86,77	167,00	110,10	126,10	109,69
decanal 10 ⁻³	61,65	42,59	94,40	66,69	75,69	55,82
decanal 10 ⁻⁴	82	63,22	118,29	89,56	97,39	76,41
hexanol 10 ⁻²	64,64	58,17	139,90	99,56	92,52	82,98
hexanol 10 ⁻³	101,81	87,84	57,67	43,86	80,45	72,52
hexanol 10 ⁻⁴	97,95	69,15	71,94	50,69	85,63	61,72
LO 10 ⁻²	102,75	39,74	105,00	89,43	104,31	75,69
LO 10 ⁻³	90,21	70,18	91,04	69,38	90,73	68,70
LO 10 ⁻⁴	70,61	70,25	79,69	43,43	74,88	58,49
m-cresol 10 ⁻²	90	92,10	71,00	45,77	79,44	65,79
m-cresol 10 ⁻³	92,61	84,59	91,04	69,38	91,61	74,03
m-cresol 10 ⁻⁴	79,75	81,16	93,30	109,39	85,91	92,88
Karışım 1	70,53	56,37	78,58	61,39	74,78	58,37
Karışım 2	85,18	61,25	66,19	55,45	74,68	58,10
octenol 10 ⁻²	121,21	58,85	90,00	46,92	104,57	54,24
octenol 10 ⁻³	85,57	57,68	111,94	103,97	104,25	92,40
octenol 10 ⁻⁴	52,64	40,66	116,10	98,54	93,58	87,48
p-cresol 10 ⁻²	37,67	7,02	136,90	89,15	114,00	88,67
p-cresol 10 ⁻³	74,40	90,04	110,33	93,01	94,00	91,33
p-cresol 10 ⁻⁴	67,56	68,40	95,77	72,50	80,21	70,45
sulcatone 10 ⁻²	76,94	58,31	141,32	102,90	110,92	89,79
sulcatone 10 ⁻³	83,58	69,63	58,32	49,85	68,10	58,53
sulcatone 10 ⁻⁴	81,00	68,67	108,05	86,59	101,04	81,93

3.4. Farklı Değişkenlerin Çekicilik Üzerindeki Etkisine Ait Sonuçlar

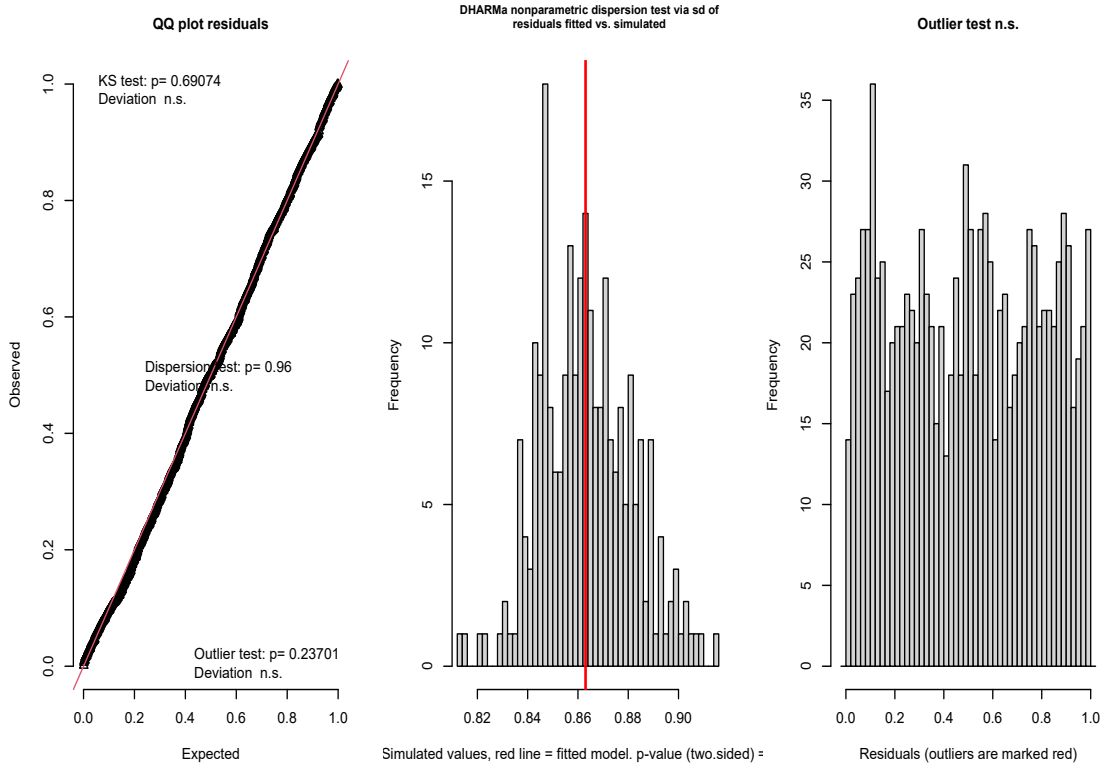
Kairomon, konsantrasyon ve eşey değişkenlerinin ve bu bağımsız değişkenlerin etkileşimlerinin, bağımlı değişken 'çekilim' üzerindeki etkileri, lojistik regresyon analizi sonrasında gerçekleştirilen Sapma Tablosu Analizi ile incelenmiştir. Analizin sonuçlarını özetleyen tablo Çizelge 3.15'de, gerçekleştirilen lojistik regresyon modeline ait uyum iyiliği analizi Şekil 3.19 üzerinden sunulmuştur. Buna göre:

- Kairomon etkisi: Alınan sonuçlar doğrultusunda farklı kairomonların bireylerde farklı çekilim etkileri gösterdiği belirlenmiştir ($X^2(6) = 37,267, p < 0,001$).
- Konsantrasyonun Etkisi: Konsantrasyonun da bireylerin tercihlerini etkilediği belirlenmiştir ($X^2(2) = 26,711, p < 0,001$). Bu sonuç, bir kairomonun etkisinin yoğunluğuna bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.
- Eşey Etkisi: Eşeylerin de kairomonlara olan tercihleri etkilediği tespit edilmiştir ($X^2(1) = 11,246, p < 0,001$). Bu sonuç, her iki eşeyin de kairomonlara farklı tepkiler verdiğini göstermektedir.
- Kairomon x Konsantrasyon Etkileşimi: Kairomonlar ile konsantrasyonları arasında etkileşim olduğu belirlenmiştir ($X^2(12) = 42,403, p < 0,001$). Bu sonuç, farklı kairomonların farklı konsantrasyonlarda farklı etkilere sahip olabileceğini göstermektedir.
- Kairomon x Eşey Etkileşimi: Kairomonlar ile bireylerin eşeyi arasında da bir etkileşim olduğu belirlenmiştir ($X^2(6) = 22,079, p < 0,01$). Bu sonuç, bir kairomonun etkisinin, bireylerin eşeyine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

- Konsantrasyon x Eşey Etkileşimi: Bu etkileşim testinde konsantrasyon ile bireylerin eşeyi arasında belirgin bir etkileşim bulunmamıştır ($X^2(2) = 3,843, p = 0,146$). Bu sonuç, konsantrasyonun bireylerin eşeyine bağlı olarak farklı bir etki göstermediğini göstermektedir.
- Kairomon x Konsantrasyon x Eşey Etkileşimi: Kairomonlar, konsantrasyonları ve eşeyler arasında üçlü bir etkileşim olduğu bulunmuştur ($X^2(12) = 22,332, p = 0,034$). Bu durum, belirli kairomonların belirli konsantrasyonlarda, belirli bir eşeydeki bireyler üzerinde farklı etki gösterebileceğini göstermektedir.

Çizelge 3.15 Sapma Tablosu Analiz Sonuçları (Anlamlılık düzeyleri: 0 ‘****’ 0,001 ‘***’ 0,01 ‘**’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘.’ 1).

Değişken	Df	X^2 (Sapma)	Pr(>Chi)	Anlamlılık Düzeyi
Kairomon	6	37,267	1,562e-06	***
Konsantrasyon	2	26,711	1,584e-06	***
Eşey	1	11,246	0,0007982	***
Kairomon:Konsantrasyon	12	42,403	2,848e-05	***
Kairomon:Eşey	6	22,079	0,0011714	**
Konsantrasyon:Eşey	2	3,843	0,1464029	
Kairomon:Konsantrasyon:Eşey	12	22,332	0,0339668	*



Şekil 3.19 Sapma Analizi için kullanılan verinin, lojistik regresyon model sonuçlarına ait uyum iyiliği analizi.

4. TARTIŞMA

Hematofag arthropodlarda beslenmenin başarıyla tamamlanabilmesi için ilk olarak konağın lokasyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Omurgalı ve bitkisel konaklar, hematofag arthropodlara lokasyonlarını belirlemeye yardım edecek çok sayıda ve formda uyarıcılar sunmaktadır. Yalnızca insan vücudu, deri yoluyla bilinen 350 civarı semiokimyasal salmaktadır. Nefes ile ayrıca verilen semiokimyasallarla birlikte vücuttan yayılan ısı ve görsel uyartılar da hematofag arthropodlar tarafından konak lokasyonunu belirlemek amacıyla kullanılmaktadır [1].

Semiokimyasalların algılanması ve konak lokasyonunu bulmak için bu ipuçlarının kullanılması hematofag arthropodların neredeyse hepsinde görülen bir davranıştır. Omurgalı konakların belirlenmesinde; karbondioksit, laktik asit, amonyak, aseton, metil-etil ketonlar, yağ asitleri, idrar, dışkı ve ter bileşenleri algılanan kairomonların temelini oluşturmaktadır. Aynı zamanda gerçekleştirilen çalışmalar, yalnızca tekil kairomonların değil kairomonların karışımlarının da konak lokasyonunun belirlenmesinde önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. Özellikle belirli konaklar üzerinden beslenmeye özelleşmiş hematofag arthropodların konağa özgü koku karışımlarını algılaması, konağa oryantasyon için harcayacağı enerjiyi garanti altına almasını sağlamaktadır [1, 68].

Semiokimyasalların önemi, 1950'li yıllarda sıtma ile mücadele kapsamında DSÖ tarafından başlatılan çalışmalarla anlaşılmaya başlanmıştır [71]. Gelişen teknolojik yenilikler, günümüzde birçok önemli vektör artropodun konak tercihleri üzerinde daha detaylı bilgi sahibi olmamızı sağlamıştır. Moleküler yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen dizileme çalışmaları, elektrofizyoloji ve davranış çalışmaları bu vektör türlerinin konak tercihlerini aydınlatmada önemli katkılar sunmaktadır. Aynı zamanda bu çalışma alanları, vektör kontrol stratejilerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında büyük önem taşımaktadır [49, 72].

Batı Palearktik'te geniş bir yayılım gösteren ve Türkiye'deki *Phlebotomus* cinsinin tek temsilcisi olan *P. papatasi* türünün semiokimyasallarla etkileşimlerini açıklamayı hedefleyen çalışmalar, Yeni Dünya kum sineği türleri veya sivrisineklerle yapılan çalışmalara oranla oldukça azdır. Günümüze kadar, *P. papatasi* üzerinde yapılan araştırmalar arasında; repellent etki gösteren semiokimyasalların arazi çalışmalarıyla incelendiği bazı çalışmalar [73, 74], ovipozisyonu artırıcı semiokimyasalların araştırıldığı bazı çalışmalar [58, 75] ve *P. papatasi* bireylerinin bazı semiokimyasal karışımlara olan çekiliminin arazi çalışması üzerinden incelendiği bir çalışma bulunmaktadır [64]. Ancak, çeşitli bitkisel ve omurgalı konaklara ait kairomonların çekici etkilerinin bir olfaktometre sistemi içerisinde incelendiği bir çalışma, bizim taramalarımıza göre mevcut değildir. Bu eksikliğin, *P. papatasi*'nin konak tercihlerini ve bu tercihlerde rol oynayan semiokimyasalları daha iyi anlamaya yönelik gelecekteki araştırmalar için önemli bir kaynak sunacağı düşünülmektedir [47, 76].

Kum sineklerinin doğada ovipozisyon için tercih ettikleri alanlar ile larval gelişim alanları hakkında sınırlı bilgi mevcuttur. Bu nedenle, vektör kontrol çalışmalarına önemli katkı sağlayabilecek araştırma alanlarından biri, ovipozisyon üzerine etkili semiokimyasallarının incelenmesidir. Bu alanda, *P. papatasi* türü üzerinde bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan en dikkat çekicisi, Kakumanu ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı araştırmadır [58]. Bu çalışmada, *P. papatasi* bireylerinin rutin koloni bakımlarının yapıldığı ve larval dönemlerini geçirdiği kaplarda biriken larval artıklarında bulunan bakterilerin ürettiği uçucu kimyasalların, gravid *P. papatasi* dişilerinin ovipozisyon davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmanın temeli, Marayati ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı bir çalışmaya dayanmaktadır. Bu çalışmada, L2 ve L3 larval dönemdeki *P. papatasi* larvalarının ürettiği artık materyalin dişiler tarafından bırakılan yumurta sayısında artışa ve ovipozisyonu teşvik edici bir etki gösterdiği belirlenmiştir [58, 75]. Bu sonuçlar kullanılarak çekici etki gösteren larval artıklar içerisindeki bakteri kolonileri izole edilmiş ve bu bakterilerin yaydığı uçucu bileşiklerin ovipozisyonu etkileyebilecek çekici etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu gibi benzer

çalışmaların gerçekleştirilmesi, doğada olası ovipozisyon alanlarının belirlenebilmesi için kaynak sağlayarak vektör mücadele stratejilerine önemli katkılar sunmaktadır [58].

1-octen-3-ol (octenol), hematofag artropodlar için yaygın olarak "evrensel" çekici olarak tanımlanan ve olfaktometri çalışmalarında sıklıkla pozitif kontrol olarak kullanılan önemli bir semiokimyasaldır [68]. Vektör artropodların konak lokasyonunu bulmasında kritik rol oynayan octenol, omurgalılarının nefesinde, terinde ve aynı zamanda çok sayıda bitkisel konakta yaygın olarak bulunmaktadır. DEET (N,N-Diethyl-meta-toluamide) gibi yaygın böcek repellentlerinin, octenol ve diğer çekici semiokimyasalların algılandığı reseptörleri bloke ederek çalıştığı düşünülmektedir [73]. Octenol'ün de incelendiği, *P. papatasi* ile gerçekleştirilen ve semiokimyasal karışımların çekici etkisinin araştırıldığı, Müller ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptığı çalışmada, arazide örnekleme için kullanılan tuzaklarda çekiciliği artırıcı faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada, sivrisinek türlerinin örneklenmesi için geliştirilen ve içeriğinde %13 laktik asit, %1 kaproik asit, %14 amonyum bikarbonat bulunan BG-Lure (Biogents, Regensburg, Almanya); içeriğinde %6,531 1-octen-3-ol bulunan Octenol lure (AgriSense BCS Ltd., Pontypridd, BK) ve %5,331 laktik asit ile %6,531 oranında 1-octen-3-ol içeren 2-in-1 Power Bait (Kaz-Inc., Southborough, ABD) isimli ticari çekici preparatlar ile modifiye edilmiş tuzaklar kullanılmıştır. Ancak çalışma sonucunda bu karışımların tuzaklar üzerinden çekici etkiyi artırdığına dair kesin bir kanıya varılamamıştır [64]. Bu tez çalışması kapsamında, hem dişi hem de erkek bireylerle gerçekleştirilen deneylerde referans kairomon ile karşılaştırıldığında octenol'ün, dişi bireylerde çekici etki gösterdiği, erkek bireylerde ise görece daha yüksek çekici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Dişi bireylerde octenol'ün 10^{-2} 'lik konsantrasyonunun bütün kairomon ve konsantrasyonları arasında onuncu sırada yer almışken, erkek bireylerde octenol 10^{-4} 'ün en çekici üçüncü kairomon konsantrasyonu olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, *P. papatasi*'ye yakın türler ve çeşitli Yeni Dünya kum sineği türleri ile yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir [63, 77].

6-methyl-5-hepten-2-one (sulcatone), 200'den fazla bitki türü ile ilişkilendirilmiş, aynı zamanda timsah, domuz, geyik, kuş türleri, tavuk, inek, koyun gibi pek çok omurgalı konağın derisinden de yayılabilen bir semiokimyasaldır [78]. Sulcatone'un önemini vurgulayan çalışmalardan biri, 33 gönüllü insan ile 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, insan saçının yaydığı semiokimyasallar incelenmiş ve tespit edilen 42 uçucu organik bileşik (Volatile Organic Compounds, VOC) arasında sulcatone, *Lutzomyia longipalpis* için çekici dört kairomondan biri olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, sulcatone'un sivrisinekler, keneler, karasinekler ve bazı diğer kum sineği türleri için de çekici olduğu bilinmektedir [79]. Çalışmamızda, sulcatone'un *P. papatasi* için hem dişi hem de erkek bireylerde farklı seviyelerde çekici olduğu tespit edilmiştir. Dişi bireylerde sulcatone 10^{-2} konsantrasyonu referans kairomon ile karşılaştırıldığında bütün kairomon konsantrasyonları arasında altıncı sırada iken, erkek bireylerde sulcatone 10^{-4} konsantrasyonu ikinci en çekici kairomon konsantrasyonu olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, sulcatone'un vektör kontrol çalışmalarında kullanılabilecek potansiyel bir çekici semiokimyasal olabileceğini göstermektedir [59, 65].

Linalool oksit (LO), literatürde genellikle "genel bitkisel çekici" olarak tanımlanan [80] ve Rift Vadisi ateşi (Rift Valley fever, RVF) ile dengue vektörleri gibi çeşitli sivrisinek türlerinde, arılarda, güvelerde ve çeşitli diğer polinatörlerde etkinliği kanıtlanmış bir semiokimyasaldır [81]. Afrika'da kutanöz leishmaniasis'in vektörlerinden biri olan *Phlebotomus duboscqi* türüne ait bireylerle gerçekleştirilen çalışmada, bireylerin %80'i için LO'nun en çok çekici etki gösteren semiokimyasal olduğu belirtilmiştir [68]. 2015 yılında Kenya'da *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) üzerinde yapılan benzer bir çalışmada, LO'nun çekici etkileri ışık tuzakları kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmada; CDC ışık tuzakları, "BG lure" isimli ticari sivrisinek çekicisi, yalnızca CO_2 eklenmiş ışık tuzakları ve LO eklenmiş ışık tuzakları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, LO ve CO_2 'in birlikte kullanımının dişi bireylerde BG lure + CO_2 ile benzer çekici özellik gösterdiğini, ancak erkek bireylerde LO + CO_2 kombinasyonunun önemli ölçüde daha fazla çekicilik sağladığını ortaya koymuştur [81]. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneyler

sonucunda, erkek bireylerde en çekici kairomon ve konsantrasyonu LO 10^{-3} olarak tespit edilmişken, dişi bireyler için 21 kairomon konsantrasyonu arasında LO 10^{-4} dördüncü sırada yer almıştır [59, 82].

1-hexanol, 300'den fazla bitki türü ile ilişkilendirilmiş, aynı zamanda; domuz, tavuk, geyik, ördek, tavşan, çeşitli kuş türleri, inek gibi omurgalı konak semiokimyasalları arasında da yer alan parfüm ve gıda sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir semiokimyasaldır [83]. Hexanol'ün, kum sineklerinin üzerinden beslendiği birçok bitki grubu tarafından salgılanabilen, aynı zamanda insan vücudunun yaydığı semiokimyasallardan biri olduğu bilinmektedir. 2015 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, Yeni Dünya kum sineği türlerinden *Nyssomyia neivai* (Pinto, 1926) bireylerinin dokuz farklı bitkisel alkole olan tercihleri incelendiğinde, en yüksek aktivasyonu hexanol'ün gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmamızda, referans kairomon ile karşılaştırıldığında test edilen tüm kairomon ve konsantrasyonları arasında, dişi bireylerde hexanol 10^{-4} konsantrasyonunun en çekici etkiyi gösterdiği tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise hexanol 10^{-4} konsantrasyonu altıncı sırada yer almıştır [60, 84].

Decanal, hem bitkisel hem de omurgalı kaynaklardan salınan, vektör artropodların kairomon tercihlerini inceleyen çalışmalarda sıklıkla araştırılan bir semiokimyasaldır [85]. *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae), *Aedes aegypti*, *Lutzomyia longipalpis* ve *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) gibi çeşitli vektör organizmalar üzerinde çekici etkisi kanıtlanmıştır [79, 86]. Decanal'in vektör artropodların çekilmesinde kullanılabileceği gibi, vektör kontrol çalışmalarında farklı uygulama alanları da olabileceği belirlenmiştir. *Leishmania infantum* ile enfekte olmuş köpeklerin, enfekte olmamış köpeklere göre vücutlarından daha fazla decanal saldı ve böylece enfeksiyonun teşhisinde kullanılabilecek bir semiokimyasal işaret olabileceği belirtilmiştir [87]. İnsan vücudunun saldıği semiokimyasallar arasında da yer alan decanal, çalışmalarımız sonucunda hem dişi hem de erkek bireylerde çekici etkiye sahip olabileceği belirlenmiştir. Dişi bireylerde en çekici dördüncü kairomon konsantrasyonu decanal 10^{-4} iken, erkek bireylerde çekici

etkinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Erkek bireylerle gerçekleştirilen deneylerde, decanal'ın en iyi sonuç verdiği konsantrasyonun tüm kairomon konsantrasyonları arasında decanal 10^{-3} ile onuncu sırada yer aldığı tespit edilmiştir [26, 88].

M-cresol ve p-cresol, hem bitkisel hem de domuz, at, inek, koyun gibi çiftlik hayvanları, yabani omurgalılar ve insanlarda rastlanabilen monoterpen kimyasal grubuna dahil kairomonlardır. 200'ün üzerinde bitki türü ile ilişkilendirilmiş olmalarına rağmen, vektör artropodlarının kairomon tercihleri çalışmalarında ağırlıklı olarak omurgalı kaynaklı kairomonlar arasında incelenmektedir [89, 90]. Büyükbaş hayvan dışkısı, insan vücudu ve termit yuvaları bu kairomonların kaynakları arasında yer almaktadır. Bu kimyasalların, birçok sivrisinek türünde ovipozisyonu tetikleyen semiokimyasallar arasında yer aldığı belirlenmiş ve kum sineklerinin habitat seçimlerinde de rol alıyor olabileceği bildirilmiştir. *Phlebotomus* cinsi içerisinde, *P. duboscqi* ile yapılan çalışmalar, bu iki kairomonun her iki eşey için de çekici etki gösterebileceğini ortaya koymuştur [68]. Çalışmamızda, hem dişi hem de erkek bireyler için farklı seviyelerde çekici etki gösterdikleri belirlenmiştir. Ancak, özellikle en yüksek konsantrasyonlarda her iki kairomonun da çekici etkisinin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Dişi bireylerde, p-cresol 10^{-2} konsantrasyonu istatistiksel olarak anlamlı bir çekici etki göstermemiş olup, çekilmemiş birey sayısının fazla olması repellent etki gösterebileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, erkek bireylerde hiçbir m-cresol konsantrasyonu çekici etki göstermemekle birlikte m-cresol 10^{-2} konsantrasyonunda çok yüksek sayıda çekilmemiş birey gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, bu iki kairomonun olası repellent etkiler için detaylı incelenmesi gerektiğini göstermektedir [21, 26, 67].

Bir omurgalı vücudundan çok fazla sayıda uçucu organik bileşik yayılabilir ancak bunlardan yalnızca bazıları omurgalı konaklar üzerinden beslenen vektör arthropodları aktivasyona itecek semiokimyasallardır. Özellikle belirli konaklara özelleşmiş hematofag arthropodlarda uygun konağın bulunması için enerjinin en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle çoğu zaman bir vektör arthropodun konağını bulması için tekil kairomonlardan çok, kairomon karışımlarının oluşturduğu tanımlayıcı kokuların

çekilimde daha etkili olabileceği literatürde sıkça tartışılmaktadır [25, 59]. Dolayısıyla bu tez çalışması kapsamında *P. papatasi* bireylerinin farklı kairomonlara olan çekimlerini belirledikten sonra en yüksek çekici etki gösteren kairomon ve konsantrasyonlarıyla hazırlanan karışımlar her iki eşey üzerinden test edilmiştir.

Dişi bireylerin en çok çekim gösterdikleri kairomon konsantrasyonlarıyla hazırlanan Karışım 1'in (decanal (10^{-4}), hexanol (10^{-4}), LO (10^{-4}), sulcatone (10^{-2})) dişi bireyler üzerindeki çekici etkisi incelendiğinde; dişi bireyler üzerinde çekici etkileri izlenen bütün 21 kairomon konsantrasyonunun %80'inden daha yüksek çekici etki gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak karışım sonuçları, karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonları ile karşılaştırılarak analiz edildiğinde, Karışım 1'in karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek bir çekim etkisi göstermediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde Karışım 1'in erkek bireyler üzerindeki çekici etkisi incelendiğinde, erkek bireyler üzerinde çekici etkileri izlenen bütün 21 kairomon konsantrasyonunun %85'inden daha yüksek çekici etki gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonları ile karşılaştırılarak analiz edildiğinde bu kairomon konsantrasyonlarından, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek bir çekim etkisi göstermediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak Karışım 1'in hem dişi bireylerde hem erkek bireylerde çekici bir kairomon karışımı olarak kullanılabilir; ancak, bu karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonlarının tekil kullanımına göre daha çekici etki göstereceği analiz sonuçlarımıza göre belirlenmemiştir.

Erkek bireylerin en çok çekim gösterdikleri kairomon konsantrasyonlarıyla hazırlanan Karışım 2'nin (hexanol (10^{-4}), LO (10^{-3}), octenol (10^{-4}), sulcatone (10^{-4})) dişi bireyler üzerindeki çekici etkisi incelendiğinde; dişi bireyler üzerinde çekici etkileri izlenen bütün 21 kairomon konsantrasyonunun %80'inden daha yüksek çekici etki gösterdiği tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda sulcatone 10^{-4} konsantrasyonuna göre Karışım 2'nin daha çekici etki göstermesi sebebiyle Karışım 2'nin dişi bireyler üzerinde,

amaçlanan, kairomonların tekil kullanımlarına göre çekici etkinin artırılması hedefini bir miktar sağladığı görülmüştür. Benzer şekilde Karışım 2'nin erkek bireyler üzerindeki çekici etkisi incelendiğinde, 21 kairomon konsantrasyonunun %95'inden daha fazla çekici etki gösterdiği görülmektedir. Her ne kadar bu karışım da karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek bir çekilim etkisi yaratmamış olsa da çekici etkileri izlenmiş bütün kairomon konsantrasyonları arasında ikinci sırada olması bu karışımın erkek bireyler üzerindeki çekici etkisinin daha detaylı incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Aynı zamanda, dişi bireyler için özel olarak hazırlanan Karışım 1'in, dişi bireyler üzerinde, Karışım 2 ile eşit derecede çekici etki yarattığı; ancak erkek bireyler için özel olarak hazırlanan Karışım 2'nin, erkek bireylerde, Karışım 1'e göre daha çekici etki yarattığı görülmektedir. Karışım 2'nin erkek bireylerde daha çekici etki göstermiş olması, benzer yöntemlerle elde edilen karışımların çekicilik etkilerinin izlediği çalışmalarla benzerlik göstermektedir [68].

Hem Karışım 1'in hem de Karışım 2'nin, karışımı oluşturan kairomon konsantrasyonları ile karşılaştırılması sonucunda, karışımlar, her ne kadar beklenen çekicilik etkisi artışını yakalayamamış olsa da çekici etkileri izlenmiş bütün kairomonlar ve farklı konsantrasyonları içerisindeki yerleri incelendiği zaman görülen yüksek çekici etki bu karışımların daha fazla çalışılması gerektiğini göstermektedir. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda bu karışımların optimize edilmesi ile çekicilik seviyelerinin daha da artırılabilmesi öngörülmektedir.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda her iki eşey için de ayrı ayrı çekici etki gösteren kairomon ve konsantrasyonlarını incelendiğinde; çoğu kairomon konsantrasyonunun her iki eşey için de çekici etki gösterdiği görülmektedir. Çekici etki göstermeyen kairomon konsantrasyonları incelendiğinde; LO, decanal, m-cresol, p-cresol'ün 10^{-2} konsantrasyonlarının her iki eşey için de çekici etki göstermediği görülmektedir. Bu sonuçlar 10^{-2} konsantrasyonunun diğer konsantrasyonlara göre daha az çekilim etkisi gösteriyor olabileceğini düşündürmektedir. Ancak octenol, sulcatone gibi kairomonların

10^{-2} konsantrasyonlarının her iki eşey için de çekici etki göstermiş olması, *P. papatasi* bireyelerinin kairomonlara doza bağlı tepki veriyor olabileceğini düşündürmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Tez çalışması kapsamında *Phlebotomus papatasi* bireyleri üzerinde çekici etki göstermiş olan kairomonlar ve konsantrasyonları.

Kairomon & Konsantrasyon	Dişi Bireylerde Çekici Etki	Erkek Bireylerde Çekici Etki
octenol 10^{-2}	+	+
octenol 10^{-3}		+
octenol 10^{-4}	+	+
sulcatone 10^{-2}	+	+
sulcatone 10^{-3}	+	+
sulcatone 10^{-4}		+
LO 10^{-2}		
LO 10^{-3}	+	+
LO 10^{-4}	+	+
hexanol 10^{-2}	+	
hexanol 10^{-3}	+	+
hexanol 10^{-4}	+	+
decanal 10^{-2}		
decanal 10^{-3}	+	+
decanal 10^{-4}	+	+
m-cresol 10^{-2}		
m-cresol 10^{-3}	+	
m-cresol 10^{-4}	+	
p-cresol 10^{-2}		
p-cresol 10^{-3}	+	
p-cresol 10^{-4}	+	+
Karışım 1	+	+
Karışım 2	+	+

Deneye alınan bireylerin aktivite odasına salınmasından tercih gösterdikleri tuzak şişelerine girene kadar geçen zaman, her kairomon ve farklı konsantrasyonu için incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlara göre kairomon konsantrasyonlarının çekilim sürelerinde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu durum, hem dişi hem erkek bireyler hem de tüm *P. papatasi* bireyleri için çalışılan kairomonlar ve farklı konsantrasyonları

göz önünde bulundurulduğunda, çekicilik etkisi ve çekicilik süresi arasında herhangi bir örüntü olmadığını göstermiştir.

Kurulan deney metodolojisi için *P. papatasi* bireylerinin farklı kairomonlara çekilimi üzerinde etkili olan bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, kairomon, konsantrasyon, eşey ve bu değişkenlerin karma etkileri analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kairomon farklılıklarının farklı çekici etkiler oluşturulduğu görülmektedir. Bu sonuç beklenen bir sonuç olmakla beraber *P. papatasi* bireylerinin farklı kairomonlara farklı seviyelerde tercih gösterdikleri görülmektedir.

Konsantrasyon parametresi ve Kairomon:Konsantrasyon parametresinin ortak etkisi incelendiğinde çekilimin, konsantrasyona son derece bağlı olduğunu ve *P. papatasi* bireyleri için konsantrasyonun bir kairomonun çekici etkisi üzerinde önemli farklar yarattığı görülmektedir. Bu iki parametre birlikte incelendiğinde bireylerin farklı kairomonlara doza bağlı tepki (“dose dependent response”) gösterdikleri söylenebilir. Bu sonuçlar, özellikle kum sinekleri ve sivrisinekler ile yapılmış çalışmalar ile uyum göstermektedir [60, 68, 81]. *P. papatasi* bireylerinin bulunduğu habitat içerisinde, üzerinden beslendikleri konakların kokularını oluşturan kairomon karışımlarının, çeşitli kairomonların farklı oranlarda birleşmesiyle meydana geldiği düşünüldüğünde [1, 59], bu bireylerin farklı kairomonlara olan çekilimlerinin konsantrasyonlara göre değişiklik göstermesi beklenebilir. Bu sonuçlara göre, kairomonların konsantrasyon farklılıklarına duyarlılık gösteren *P. papatasi* bireylerinin, konak seçiminde dinamik bir strateji izliyor olabileceği sonucuna varılabilir.

Eşey parametresi ve Kairomon:Eşey parametresi incelendiğinde, her iki eşeyin farklı kairomonlara farklı seviyelerde cevaplar verdiği görülmektedir. Eşeylerin kairomonlara farklı tepkiler gösterebildiğini ortaya koyan çalışmalar daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır. Ancak bu farklılıkları oluşturabilecek faktörler kesin olarak bilinmemektedir [68, 81]. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, farklı ekolojik nişlere sahip

iki eŖeyin farklı kairomonlara farklı tepkiler göstermeleri beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir. DiŖi *P. papatasi* bireyleri, yumurta üretimi için gerekli proteini karŖılamak amacıyla omurgalı konaklar üzerinden beslenmek zorundadır [43]. Benzer Ŗekilde kum sineklerinde çiftleşme genellikle "lekking" davranıŖı ile gerçekteŖtięi için, erkek bireylerin de diŖilerle çiftleşmek için omurgalı konakların lokasyonunu belirlemeye ihtiyaçları vardır [43]. Bu sebeple iki eŖeyin de benzer kairomon tercihleri olması beklenebilir ancak, erkek bireylerin hematofag aktivite göstermemesi, diŖilere göre farklılaşan çekilim tercihleri göstermelerine neden oluyor olabileceği düşünölmektedir.

Konsantrasyon:EŖey parametresi incelendiğinde konsantrasyonun eŖeye bağlı olarak farklılık göstermediği görölmektedir. Her ne kadar hem konsantrasyon parametresi tek başına etkili bir faktör olsa da eŖey farklılıkları gözetildiğinde diŖi veya erkek bireylerin kendilerine özgü, konsantrasyon tercihleri olmadığı görölmektedir. Ancak Kairomon:Konsantrasyon:EŖey parametrelerinin ortak etkisi incelendiğinde, bir kairomonun çekici etkisinin, konsantrasyonu ve sineklerin eŖeyi ile birlikte değerlendirilerek fark yarattığı görölmektedir. Bu durum, belirli kairomonların belirli konsantrasyonlarda, belirli bir eŖeydeki bireyler üzerinde daha fazla veya daha az etkili olabileceğini göstermektedir. Bu sonuç da önceki parametre sonuçlarını özetleyecek Ŗekilde, eŖeylerin farklı tercihleri olduğunu ve kairomonlara doza bağlı tepki gösterebilecekleri Ŗeklinde yorumlanabilir.

GerçekteŖtirilen deneyler ve analizlerin, *P. papatasi* bireylerinin farklı bitkisel ve omurgalı kaynaklı kairomonlara olan tercihlerini anlamak ve ileri çalıŖmalar için bir temel oluşturmak adına önemli bir zemin hazırladığı düşünölmektedir. Laboratuvar ortamında gerçekteŖtirilen kontrollü deneyler ile bu türün kairomon tercihlerinin anlaşılmasına yönelik bazı veriler saęlamıŖtır. Ancak daha kapsamlı sonuçlara varılabilmesi için daha detaylı çalıŖmalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle EVM stratejilerini geliŖtirmek amacıyla kullanılabilir bu çalıŖmanın bulguların, arazi koŖullarında çeŖitli tuzak sistemleri içinde gerçekteŖtirilecek deneylerle test edilmesi gerekmektedir. Bu

şekilde, laboratuvar sonuçlarının arazide elde edilen sonuçlarla birleştirilmesiyle daha kapsamlı ve uygulanabilir sonuçlar elde edilebilecektir. Bu tür arazi uygulamalarıyla, *P. papatasi* türünün doğal habitatında kairomonları algılama ve kullanma yeteneğini daha iyi anlamamıza ve vektör kontrol stratejilerini geliştirmemize yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Hematofag arthropodlar, konak belirleme sürecinde farklı davranışsal modeller kullanmalarına rağmen, bu hareketlerin belirli bir hiyerarşik düzende gerçekleşmediği, bunun yerine birbirlerini etkileyen ve iç içe geçmiş karmaşık bir davranış ağı içinde gerçekleştiği düşünülmektedir [1]. Örneğin, normalde tepki verilmeyen bir görsel uyarana, karbondioksit varlığında bir yanıt gözlemlenebilir. Gerçekleştirilen çalışmalar, konak arayışında olan *Aedes aegypti* türü sivrisineklerde karbondioksit varlığının bazı uyaranlara karşı görsel dikkati artırdığını ve kontrast hassasiyetini geliştirdiğini göstermektedir [24]. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda farklı bitkisel ve omurgalı kaynaklı kairomonların *P. papatasi* bireyleri üzerindeki çekici etkilerini etkileyen faktörlerden en önemlisi olan CO_2 varlığının etkisi incelenmelidir. Birçok çalışma hem kum sinekleri, hem sivrisinekler için CO_2 'in kairomonlara olan cevabını kritik şekilde değiştirebileceği göstermiştir [1, 64, 81]. Aynı zamanda; sıcaklığın tercihlere olan etkisi, sirkadyen ritim içerisinde hangi zaman aralığında deneylerin gerçekleştirildiği, aydınlık-karanlık koşullarının etkisi de kairomonlara olan tercihleri etkileyebilecek önemli faktörler olarak kabul edilmektedir [1] ve gelecekteki çalışmalarda detaylı olarak incelenmelidir [59].

Vektör mücadeleleri çalışmaları için çekici semiokimyasallar kadar itici (repellent) semiokimyasalların da önemi vardır. Bu alansal iticilerin (spatial repellents) temel kullanım amacı, korunmak istenen organizma ve vektör arasındaki teması önleyerek, hastalık etmenlerinin bulaşmasını engelleyen vektörsüz bir alan yaratmaktır. Bu alansal iticilerin kullanımlarının etkinliği, gerçekleştirilen çalışmalarla kanıtlanmış olsa da bir hastalık kontrol stratejisinin parçası olarak çoğu zaman tanınmamaktadır. Bu kontrol yöntemi üzerinde çalışmalar yapan araştırmacılar, alansal repellentlerin kullanımının

vektör kontrol politikalarına katılması gerektiğini savunan bazı gerekçeler sunmaktadırlar. Bu gerekçeler şöyle sıralanmıştır; 1) Semiokimyasalların kullanılmasının vektör-insan etkileşimini azaltarak, insektisit emdirilmiş cibinlikler veya kapalı alan ilaçlama yöntemlerinde kullanılan insektisitlere karşı direnç gelişimini geciktirebileceği tahmin edilmektedir. 2) İnsektisit kullanılan yöntemlere göre dış alanda çok daha etkilidirler. 3) Korunmak istenen organizmanın yaydığı kairomonlarla rekabete girerek aktivasyon veya konağa oryantasyon aşamalarında vektör organizmanın kan emme davranışını bozabilirler ve bu sebeple entegre vektör kontrol stratejilerinin etkinliğini artırmak için kullanılabilirler. 4) Yalnızca ev içine giren ve buradan beslenen vektör arthropod davranışını üzerinde etkili olmamakla beraber dış alan kullanımında, kullanılan semiokimyasal iticilerle birden fazla vektör ve farklı davranışlara sahip vektör arthropod türleri üzerinde etkili olabilirler. 5) İtici veya çekici semiokimyasalların ekonomik öneme sahip tarım zararlıları üzerinde etkili olabileceği de gösterilmiştir. Çiftleşmeyi bozma veya tuzaklama gibi farklı kullanım alanlarıyla it-çek stratejilerinin entegre edilmesi, tarım zararlıları üzerindeki kontrol çalışmalarında sıklıkla araştırılmıştır. Bu ve bunun gibi stratejiler, vektör arthropodlar için de giderek önem kazanan bir araştırma alanı haline gelmektedir [91, 92].

Semiokimyasalların kontrol stratejilerine dahil edilebilmesi için, politika yapıcılarının dikkatini çekmek amacıyla daha fazla epidemiyolojik, ekolojik ve fizyolojik veri üretilmesi gerekmektedir. Ancak, semiokimyasalların kullanıldığı kontrol stratejilerini geliştirmenin en kritik noktası, çeşitli bitkisel ve omurgalı konakların yaydığı semiokimyasalların belirlenmesi ve bu kimyasalların hedef tür üzerindeki çekici veya itici etkilerinin incelenmesidir [93].

Bu semiokimyasalların belirlenebilmesi için ilk adım, doğadan bu kimyasalların örneklenmesidir. Semiokimyasalların etkili olduğundan şüphelenilen bir alanın veya potansiyel konak organizmanın çevresindeki hava, uçucu organik bileşikler toplama yöntemleriyle ("VOC capturing") toplanmalı ve ileri araştırmalar için saklanmalıdır. Toplanan bu örnekler, hava karışımının doğrudan çözelti haline getirilmesi veya gaz

kromatografisi gibi yöntemlerle içeriği belirlendikten sonra kimyasalların izole edilmesi ile analiz edilmelidir. Sonrasında, bu kimyasalların çekici etki testleri gerçekleştirilir. Ancak bu süreçlerin başarıyla tamamlanmasıyla vektör arthropodlar üzerinde çekici veya itici etkisi olabilecek semiokimyasalların tespiti mümkün olup, uzmanlık gerektiren ve birçok altyapı gereksinimi olan zahmetli bir çalışma konusudur [93].

Literatürde, bu konular üzerinde çalışan araştırmacılar, sürveyans ve kontrol programlarının kapasitelerinin güçlendirilmesi ve yeni vektör kontrol araçlarının geliştirilmesine yönelik yatırımların acilen artırılması gerektiğini vurgulanmaktadır. Geçmişteki başarılı programların yeniden değerlendirilmesi ve mevcut kontrol araçları içerisinde bulunan insektisit veya insektisit dışı kontrol yöntemlerinin kullanılarak, özel, vektör kontrol çözümlerini uygulayan bir problem çözme yaklaşımının benimsenmesi gerektiği önerilmektedir. Bu sebeple mevcut araçları en iyi şekilde kullanmanın yanı sıra, yeni araçların da geliştirilmesi gerekmektedir [91].

Araştırmacılar, vektörlerin insanlara ulaşmasını semiokimyasallar kullanılarak engellemenin hem faydalı hem de maliyet etkin olduğunu, yeni semiokimyasal araçlar ve stratejiler geliştirme çabalarının artırılması gerektiğini savunmaktadır. Hastalıkların kontrolünde vektör davranışının değiştirilmesiyle gerçekleştirilen kontrol çalışmalarının etkinliği, uzun zamandır yayınlanan çalışmalarla kanıtlanmış olmakla birlikte, politika üreticileri tarafından yeterince takdir edilmediği düşünülmektedir. Sonuç olarak, EVM stratejilerinde kullanılacak itici veya çekici semiokimyasalların araştırılmaya devam edilmesi ve daha fazla öneminin vurgulanması gerekmektedir [30, 91, 92].

5. KAYNAKLAR

- [1] M. J. Lehane. *The biology of blood-sucking in insects, second edition*. Cambridge University Press, **2005**. ISBN 978-0-511-61049-3. doi:10.1017/CBO9780511610493.
- [2] Ben J. Mans. Evolution of vertebrate hemostatic and inflammatory control mechanisms in blood-feeding arthropods. *Journal of Innate Immunity*, 3(1):41–51, **2011**. doi:10.1159/000321599.
- [3] William C. Marquardt, William C. Black, Jerome E. Freier, Henry Hagedorn, Chester Moore, Janet Hemingway, Stephen Higgs, Anthony James, and Boris Kondratieff. *Biology of disease vectors, 2 ed.pdf*. Elsevier Academic Press, **2005**. ISBN 0-12-473276-3.
- [4] T. S. Adams. Hematophagy and hormone release. *Annals of the Entomological Society of America*, 92(1):1–13, **1999**. ISSN 1938-2901, 0013-8746. doi:10.1093/aesa/92.1.1.
- [5] WHO. Vector-borne diseases, **2023**. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>, (Erişim tarihi: 15/9/2023).
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Bluetongue in europe, **2006**. <https://openknowledge.fao.org/items/239694b8-e972-44d8-9ddf-5a3a451e0998>, (Erişim tarihi: 10/5/2024).
- [7] WHO, UNICEF, UNDP, and World Bank. *Global vector control response 2017-2030*. World Health Organization, Geneva, **2017**. ISBN 978-92-4-151297-8.

- [8] Issa N. Lyimo and Heather M. Ferguson. Ecological and evolutionary determinants of host species choice in mosquito vectors. *Trends in Parasitology*, 25(4):189–196, **2009**. ISSN 14714922. doi:10.1016/j.pt.2009.01.005.
- [9] Martijn Egas, Ulf Dieckmann, and Maurice W. Sabelis. Evolution restricts the coexistence of specialists and generalists: The role of trade-off structure. *The American Naturalist*, 163(4):518–531, **2004**. ISSN 0003-0147, 1537-5323. doi:10.1086/382599.
- [10] Claudio R. Lazzari. Orientation towards hosts in haematophagous insects. *Advances in Insect Physiology*, 37:1–58, **2009**. doi:https://doi.org/10.1016/S0065-2806(09)37001-0. DOI: 10.1016/S0065-2806(09)37001-0.
- [11] Willem Takken and Niels O. Verhulst. Host preferences of blood-feeding mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, 58(1):433–453, **2013**. ISSN 0066-4170, 1545-4487. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153618.
- [12] Penny J. Gullan and Peter S. Cranston. *The insects: an outline of entomology*. Blackwell Publ, Malden, Mass., 3. ed., [nachdr.] edition, **2008**. ISBN 978-1-4051-1113-3.
- [13] F. E. Kellogg and R. H. Wright. The guidance of flying insects. v. mosquito attraction. *The Canadian Entomologist*, 94(10):1009–1016, **1962**. ISSN 0008-347X, 1918-3240. doi:10.4039/Ent941009-10.
- [14] James F Sutcliffe. Distance orientation of biting flies to their hosts. *International Journal of Tropical Insect Science*, 8(4-5-6):611–616, **1987**. doi:https://doi.org/10.1017/S1742758400022682.
- [15] Romina B. Barrozo, Sebastián A. Minoli, and Claudio R. Lazzari. Circadian rhythm of behavioural responsiveness to carbon dioxide in the blood-sucking bug *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Journal of Insect Physiology*, 50(2–3):249–254, **2004**. ISSN 00221910. doi:10.1016/j.jinsphys.2004.01.001.

- [16] Ring T. Cardé. Multi-cue integration: How female mosquitoes locate a human host. *Current Biology*, 25(18):R793–R795, **2015**. ISSN 09609822. doi:10.1016/j.cub.2015.07.057.
- [17] W A Foster. Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Annu. Rev. Entomol.*, **1995**.
- [18] Y Schlein, R L Jacobson, and G C Müller. Sand fly feeding on noxious plants: a potential method for the control of leishmaniasis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65(4):300–303, **2001**. ISSN 0002-9637, 1476-1645. doi:10.4269/ajtmh.2001.65.300.
- [19] Heather M. Ferguson, Anna Dornhaus, Arlyne Beeche, Christian Borgemeister, Michael Gottlieb, Mir S. Mulla, John E. Gimnig, Durland Fish, and Gerry F. Killeen. Ecology: A prerequisite for malaria elimination and eradication. *PLoS Medicine*, 7(8):e1000303, **2010**. ISSN 1549-1676. doi:10.1371/journal.pmed.1000303.
- [20] Paul D. Ready. Biology of Phlebotomine sand flies as vectors of disease agents. *Annual Review of Entomology*, 58(1):227–250, **2013**. ISSN 0066-4170, 1545-4487. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153557.
- [21] A.N. Clements. *The Biology of Mosquitoes, Volume 2: Sensory Reception and Behaviour*. CABI, GB, 1 edition, **1999**. ISBN 978-0-85199-313-3. doi:10.1079/9780851993133.0000.
- [22] R. B. Barrozo and Claudio R. Lazzari. The response of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* to carbon dioxide and other host odours. *Chemical Senses*, 29(4):319–329, **2004**. ISSN 1464-3553. doi:10.1093/chemse/bjh035.
- [23] Daniel A. H. Peach, Regine Gries, Huimin Zhai, Nathan Young, and Gerhard Gries. Multimodal floral cues guide mosquitoes to tansy inflorescences. *Scientific Reports*, 9(1):3908, **2019**. ISSN 2045-2322. doi:10.1038/s41598-019-39748-4.

- [24] Elina Barredo and Matthew DeGennaro. Not just from blood: Mosquito nutrient acquisition from nectar sources. *Trends in Parasitology*, 36(5):473–484, **2020**. ISSN 14714922. doi:10.1016/j.pt.2020.02.003.
- [25] Davide Carraretto, Laura Soresinetti, Irene Rossi, Anna R. Malacrida, Giuliano Gasperi, and Ludvik M. Gomulski. Behavioural responses of male *Aedes albopictus* to different volatile chemical compounds. *Insects*, 13(3):290, **2022**. ISSN 2075-4450. doi:10.3390/insects13030290.
- [26] Madelien Wooding, Yvette Naudé, Egmont Rohwer, and Marc Bower. Controlling mosquitoes with semiochemicals: a review. *Parasites & Vectors*, 13(1):80, **2020**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-020-3960-3.
- [27] H Altner and Richard Loftus. Ultrastructure and function of insect thermo- and hygroreceptors. *Annu. Rev. Entomol.*, **1985**.
- [28] Evelyn A Olanga, Michael N Okal, Phoebe A Mbadi, Elizabeth D Kokwaro, and Wolfgang R Mukabana. Attraction of *Anopheles gambiae* to odour baits augmented with heat and moisture. *Malaria Journal*, 9(1):6, **2010**. ISSN 1475-2875. doi:10.1186/1475-2875-9-6.
- [29] Zachary C. DeVries, Russell Mick, and Coby Schal. Feel the heat: Activation, orientation, and feeding responses of bed bugs to targets at different temperatures. *Journal of Experimental Biology*, page jeb.143487, **2016**. ISSN 1477-9145, 0022-0949. doi:10.1242/jeb.143487.
- [30] Henk Van Den Berg and Willem Takken. Evaluation of integrated vector management. *Trends in Parasitology*, 25(2):71–76, **2009**. ISSN 14714922. doi:10.1016/j.pt.2008.11.005.
- [31] WHO. Integrating vector management, **2024**. <https://www.who.int/westernpacific/activities/integrating-vector-management>, (Erişim tarihi: 12/5/2024).

- [32] Collins K. Mweresa, W. R. Mukabana, J. J. A. Van Loon, M. Dicke, and W. Takken. Use of semiochemicals for surveillance and control of hematophagous insects. *Chemoecology*, 30(6):277–286, **2020**. ISSN 0937-7409, 1423-0445. doi:10.1007/s00049-020-00317-1.
- [33] Alex Córdoba-Aguilar, Daniel González-Tokman, and Isaac González-Santoyo. *Insect Behavior*. Oxford University Press, **2018**. doi:10.1093/oso/9780198797500.001.0001.
- [34] Anamika Sharma, Ramandeep Kaur Sandhi, and Gadi V. P. Reddy. A review of interactions between insect biological control agents and semiochemicals. *Insects*, 10(12):439, **2019**. ISSN 2075-4450. doi:10.3390/insects10120439.
- [35] J. R. Miller, L. J. Gut, F. M. De Lame, and L. L. Stelinski. Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (part i): Theory1. *Journal of Chemical Ecology*, 32(10):2089–2114, **2006**. ISSN 0098-0331, 1573-1561. doi:10.1007/s10886-006-9134-8.
- [36] M. Maroli, M. D. Feliciangeli, L. Bichaud, R. N. Charrel, and L. Gradoni. Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniases and other diseases of public health concern. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(2):123–147, **2013**. ISSN 0269283X. doi:10.1111/j.1365-2915.2012.01034.x.
- [37] Vit Dvorak, Kristyna Hlavackova, Alica Kocisova, and Petr Volf. First record of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* in Slovakia. *Parasite*, 23:48, **2016**. ISSN 1776-1042. doi:10.1051/parasite/2016061.
- [38] Edwin Kniha, Vít Dvořák, Markus Milchram, Adelheid G. Obwaller, Martina Köhler, Wolfgang Poepl, Maria Antoniou, Alexandra Chaskopoulou, Lusine Paronyan, Jovana Stefanovski, Gerhard Mooseder, Petr Volf, and Julia Walochnik. *Phlebotomus (Adlerius) simici* Nitzulescu, 1931: first record in

- Austria and phylogenetic relationship with other *Adlerius* species. *Parasites & Vectors*, 14(1):20, **2021**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-020-04482-8.
- [39] Jolyon M. Medlock, Kayleigh M. Hansford, Wim Van Bortel, Herve Zeller, and Bulent Alten. A summary of the evidence for the change in European distribution of Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of public health importance. *Journal of Vector Ecology*, 39(1):72–77, **2014**. ISSN 10811710. doi:10.1111/j.1948-7134.2014.12072.x.
- [40] Sandra Oerther, Hanna Jöst, Anna Heitmann, Renke Lühken, Andreas Krüger, Irmgard Steinhausen, Christine Brinker, Susanne Lorentz, Michael Marx, Jonas Schmidt-Chanasit, Torsten Naucke, and Norbert Becker. Phlebotomine sand flies in Southwest Germany: an update with records in new locations. *Parasites & Vectors*, 13(1):173, **2020**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-020-04058-6.
- [41] Ozge Erisoz Kasap, Yvonne-Marie Linton, Mehmet Karakus, Yusuf Ozbel, and Bulent Alten. Revision of the species composition and distribution of Turkish sand flies using DNA barcodes. *Parasites & Vectors*, 12(1):410, **2019**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-019-3669-3.
- [42] WHO. Leishmaniasis, **2023**. https://www.who.int/health-topics/leishmaniasis#tab=tab_1, (Erişim tarihi: 1/6/2023).
- [43] R Killick-Kendrick. The biology and control of Phlebotomine sand flies. *Clinics in Dermatology*, 17(3):279–289, **1999**. ISSN 0738081X. doi:10.1016/S0738-081X(99)00046-2.
- [44] P. Volf and V. Volfova. Establishment and maintenance of sand fly colonies. *Journal of Vector Ecology*, 36(SUPPL.1):1–9, **2011**. ISSN 10811710. doi:10.1111/j.1948-7134.2011.00106.x.

- [45] Thérésa M Jones and J.G.C Hamilton. A role for pheromones in mate choice in a lekking sandfly. *Animal Behaviour*, 56(4):891–898, **1998**. ISSN 00033472. doi:10.1006/anbe.1998.0857.
- [46] Boaz Yuval. Mating systems of blood-feeding flies. *Annual Review of Entomology*, 51(1):413–440, **2006**. ISSN 0066-4170, 1545-4487. doi:10.1146/annurev.ento.51.110104.151058.
- [47] Amy Junnila, Gunter C. Müller, and Yosef Schlein. Identification of plant tissues from the gut of *Phlebotomus papatasi* by DNA analysis. *Acta Tropica*, 117(1):14–18, **2011**. ISSN 0001706X. doi:10.1016/j.actatropica.2010.08.019.
- [48] Leonardo H. G. De M. Lima, Marcelo R. Mesquita, Laura Skrip, Moisés T. De Souza Freitas, Vladimir C. Silva, Oscar D. Kirstein, Ibrahim Abassi, Alon Warburg, Valdir De Q. Balbino, and Carlos H. N. Costa. DNA barcode for the identification of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* plant feeding preferences in a tropical urban environment. *Scientific Reports*, 6(1):29742, **2016**. ISSN 2045-2322. doi:10.1038/srep29742.
- [49] Sevilay Karagul and Ozge Erisoz Kasap. Blood meal analysis reveals an aggregated feeding pattern for sand flies (Diptera: Psychodidae) in Turkey. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44(1):253–264, **2024**. ISSN 1742-7592. doi:10.1007/s42690-024-01166-z.
- [50] Fabrizio Bruschi and Luigi Gradoni. *The Leishmaniases: Old Neglected Tropical Diseases*. Springer International Publishing, Cham, **2018**. ISBN 978-3-319-72385-3. doi:10.1007/978-3-319-72386-0.
- [51] J Depaquit, M Grandadam, F Fouque, Pe Andry, and C Peyrefitte. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: a review. *Eurosurveillance*, 15(10), **2010**. ISSN 1560-7917. doi:10.2807/ese.15.10.19507-en.

- [52] Maria J. Pons, Cláudia Gomes, Juana Del Valle-Mendoza, and Joaquim Ruiz. Carrion's disease: More than a sand fly–vectored illness. *PLOS Pathogens*, 12(10):e1005863, **2016**. ISSN 1553-7374. doi:10.1371/journal.ppat.1005863.
- [53] Yusuf Özbel, Seray Töz, Clara Muñoz, Maria Ortuño, Zarima Jumakanova, Pedro Pérez-Cutillas, Carla Maia, Cláudia Conceição, Gad Baneth, André Pereira, Yves Van der Stede, Céline M. Gossner, and Eduardo Berriatua. The current epidemiology of leishmaniasis in Turkey, Azerbaijan and Georgia and implications for disease emergence in European countries. *Zoonoses and Public Health*, 69(5):395–407, **2022**. ISSN 1863-2378. doi:10.1111/zph.12977.
- [54] WHO. Leishmaniasis country profile - Turkey 2016, **2018**. https://leishinforwho-cc55.es/wp-content/uploads/2022/07/pdfs/country-profiles/Turkey/LEISHMANIASIS_CP_TUR_2016.pdf, (Erişim tarihi: 7/9/2023).
- [55] European Centre for Disease Prevention, Control, and European Food Safety Authority. *Phlebotomus papatasi* - current known distribution: October 2023, **2023**. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/phlebotomus-papatasi-current-known-distribution-october-2023>, (Erişim tarihi: 14/5/2024).
- [56] Pedro Cecílio, Anabela Cordeiro-da Silva, and Fabiano Oliveira. Sand flies: Basic information on the vectors of leishmaniasis and their interactions with *Leishmania* parasites. *Communications Biology*, 5(1):305, **2022**. ISSN 2399-3642. doi:10.1038/s42003-022-03240-z.
- [57] Özge Erişöz Kasap, Jérôme Depaquit, Nil Rahola, Nabil Haddad, Filiz Gunay, and Mohammad Akhoundi. PhlebKeyTool. identification of Phlebotomine sandfly species in Europe, Mediterranean area and Middle-East, version 1, **2021**.
- [58] Madhavi L Kakumanu, Bahjat F Marayati, Coby Schal, Charles S Apperson, Gideon Wasserberg, and Loganathan Ponnusamy. Oviposition-site selection

- of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) sand flies: Attraction to bacterial isolates from an attractive rearing medium. *Journal of Medical Entomology*, 58(2):518–527, **2021**. ISSN 0022-2585, 1938-2928. doi:10.1093/jme/tjaa198.
- [59] Willem Takken and Bart G J Knols. *Olfaction in vector-host interactions*, volume 2 of *Ecology and Control of Vector-borne Diseases*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, **2010**. ISBN 978-90-8686-091-3. doi:10.3920/978-90-8686-698-4.
- [60] Vicente Estevam Machado, Arlene Gonçalves Corrêa, Thais Marchi Goulart, Flávia Benini Da Rocha Silva, Dennys Ghenry Samillan Ortiz, and Mara Cristina Pinto. Attraction of the sand fly *Nyssomyia neivai* (Diptera: Psychodidae) to chemical compounds in a wind tunnel. *Parasites and Vectors*, 8(1):1–4, **2015**. ISSN 17563305. doi:10.1186/s13071-015-0748-y.
- [61] M. A. Oshaghi, P. J. McCall, and R. D. Ward. Response of adult sandflies, *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae), to sticky traps baited with host odour and tested in the laboratory. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 88(4):439–444, **1994**. ISSN 0003-4983, 1364-8594. doi:10.1080/00034983.1994.11812886.
- [62] M C Pinto, D H Campbell-Lendrum, and A L Lozovei. Phlebotomine sandfly responses to carbon dioxide and human odour in the field. *Medical and Veterinary Entomology*, **2001**. doi:https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2001.00294.x.
- [63] Mara C. Pinto, Daniel P. Bray, Alvaro E. Eiras, Henrique P. Carvalheira, and Camila P. Puertas. Attraction of the cutaneous leishmaniasis vector *Nyssomyia neivai* (Diptera: Psychodidae) to host odour components in a wind tunnel. *Parasites and Vectors*, 5(1):1–8, **2012**. ISSN 17563305. doi:10.1186/1756-3305-5-210.

- [64] Günter C. Müller, Jerome A. Hogsette, Daniel L. Kline, John C. Beier, Edita E. Revay, and Rui-De Xue. Response of the sand fly *Phlebotomus papatasi* to visual, physical and chemical attraction features in the field. *Acta Tropica*, 141:32–36, **2014**. ISSN 0001706X. doi:10.1016/j.actatropica.2014.06.007.
- [65] Diva Da Silva Tavares, Vanessa Riesz Salgado, Jose Carlos Miranda, Paulo R.R. Mesquita, Frederico De Medeiros Rodrigues, Manoel Barral-Netto, Jailson Bittencourt De Andrade, and Aldina Barral. Attraction of Phlebotomine sandflies to volatiles from skin odors of individuals residing in an endemic area of tegumentary leishmaniasis. *PLoS ONE*, 13(9):1–14, **2018**. ISSN 19326203. doi:10.1371/journal.pone.0203989.
- [66] J. T. Magalhães-Junior, A. De A. Oliva-Filho, H. O. Novais, P. R.R. Mesquita, F. M. Rodrigues, M. C. Pinto, and S. M. Barrouin-Melo. Attraction of the sandfly *Lutzomyia longipalpis* to possible biomarker compounds from dogs infected with *Leishmania infantum*. *Medical and Veterinary Entomology*, 33(2):322–325, **2019**. ISSN 13652915. doi:10.1111/MVE.12357.
- [67] Iman B. Hassaballa, Baldwyn Torto, Catherine L. Sole, and David P. Tchouassi. Exploring the influence of different habitats and their volatile chemistry in modulating sand fly population structure in a leishmaniasis endemic Foci, Kenya. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 15(2):1–19, **2021**. ISSN 19352735. doi:10.1371/journal.pntd.0009062.
- [68] I. B. Hassaballa, D. Matoke-Muhia, D. K. Masiga, C. L. Sole, B. Torto, and D. P. Tchouassi. Behavioural responses of *Phlebotomus duboscqi* to plant-derived volatile organic compounds. *Medical and Veterinary Entomology*, 35(4):625–632, **2021**. ISSN 13652915. doi:10.1111/mve.12541.
- [69] R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, **2024**. R version 4.4.0.

- [70] Florian Hartig. *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*, **2022**. R package version 0.4.6.
- [71] C. Garrett-Jones. The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assessment. *Bulletin of the World Health Organization*, 30(2):241–261, **1964**. ISSN 0042-9686.
- [72] Ana Cristina Bahia, Ana Beatriz F Barletta, Luciana Conceição Pinto, Alessandra S Orfanó, Rafael Nacif-Pimenta, Vera Volfova, Petr Volf, Nágila Francinete Costa Secundino, Fernando De Freitas Fernandes, and Paulo Filemon P Pimenta. Morphological characterization of the antennal sensilla of the afrotropical sand fly, *Phlebotomus duboscqi* (Diptera: Psychodidae). *Journal of Medical Entomology*, 58(2):634–645, **2021**. ISSN 0022-2585, 1938-2928. doi:10.1093/jme/tjaa247.
- [73] Kevin B. Temeyer, Kristie G. Schlechte, Joel R. Coats, Charles L. Cantrell, Rodrigo Rosario-Cruz, Kimberly H. Lohmeyer, Adalberto A. Pérez De León, and Andrew Y. Li. In vitro evaluation of essential oils and saturated fatty acids for repellency against the old-world sand fly, *Phlebotomus papatasi* (Scopoli) (Diptera: Psychodidae). *Insects*, 15(3):155, **2024**. ISSN 2075-4450. doi:10.3390/insects15030155.
- [74] Bulent Alten, Selim S. Caglar, Fatih M. Simsek, Sinan Kaynas, and Michael J. Perich. Field evaluation of an area repellent system (Thermacell) against *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) and *Ochlerotatus caspius* (Diptera: Culicidae) in Sanliurfa province, Turkey. *Journal of Medical Entomology*, 40(6):930–934, **2003**. doi:10.1603/0022-2585-40.6.930.
- [75] Bahjat Fadi Marayati, Coby Schal, Loganathan Ponnusamy, Charles S. Apperson, Tobin E. Rowland, and Gideon Wasserberg. Attraction and oviposition preferences of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae), vector of Old-World cutaneous leishmaniasis, to larval rearing media.

- Parasites and Vectors*, 8(1):663, **2015**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-015-1261-z.
- [76] G. Wasserberg, P. Kirsch, and E. D. Rowton. Orientation of colonized sand flies *Phlebotomus papatasi*, *P. duboscqi*, and *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) to diverse honeys using a 3-chamber in-line olfactometer. *Journal of Vector Ecology*, 39(1):94–102, **2014**. ISSN 10811710. doi:10.1111/j.1948-7134.2014.12075.x.
- [77] Jairo Torres Magalhães-Junior, Stella Maria Barrouin-Melo, Arlene Gonçalves Corrêa, Flavia Benini Da Rocha Silva, Vicente Estevam Machado, José Silvio Govone, and Mara Cristina Pinto. A laboratory evaluation of alcohols as attractants for the sandfly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Parasites and Vectors*, 7(1):2–6, **2014**. ISSN 17563305. doi:10.1186/1756-3305-7-60.
- [78] PubChem. 6-methyl-5-hepten-2-one. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9862>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).
- [79] Marcos Antonio Bezerra-Santos, Giovanni Benelli, Giacinto Salvatore Germinara, Petr Volf, and Domenico Otranto. Smelly interactions: host-borne volatile organic compounds triggering behavioural responses in mosquitoes, sand flies, and ticks. *Parasites and Vectors*, 17(1):227, **2024**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-024-06299-1.
- [80] PubChem. Linalool, oxide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/102611>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).
- [81] Vincent O. Nyasembe, David P. Tchouassi, Charles M. Mbogo, Catherine L. Sole, Christian Pirk, and Baldwyn Torto. Linalool oxide: generalist plant based lure for mosquito disease vectors. *Parasites and Vectors*, 8(1):581, **2015**. ISSN 1756-3305. doi:10.1186/s13071-015-1184-8.

- [82] A M El-Sayed, J A Byers, L M Manning, A Ju Rgens, V J Mitchell, and D M Suckling. Floral scent of Canada Thistle and its potential as a generic insect attractant. *Journal of Economic Entomology*, 101(3), **2008**.
- [83] PubChem. 1-hexanol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8103>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).
- [84] Vicente Estevam Machado, Flávia Benini Da Rocha Silva, Thais Marchi Goulart, and Mara Cristina Pinto. Behavioral responses of sand fly *Nyssomyia neivai* (Psychodidae: Phlebotominae) to 1-hexanol and light. *Acta Tropica*, 236:106680, **2022**. ISSN 0001706X. doi:10.1016/j.actatropica.2022.106680.
- [85] PubChem. Decanal. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8175>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).
- [86] Joshua I. Raji, Nadia Melo, John S. Castillo, Sheyla Gonzalez, Valeria Saldana, Marcus C. Stensmyr, and Matthew DeGennaro. *Aedes aegypti* mosquitoes detect acidic volatiles found in human odor using the IR8a pathway. *Current Biology*, 29(8):1253–1262.e7, **2019**. ISSN 09609822. doi:10.1016/j.cub.2019.02.045.
- [87] Monica E. Staniek and James G. C. Hamilton. Odour of domestic dogs infected with *Leishmania infantum* is attractive to female but not male sand flies: Evidence for parasite manipulation. *PLOS Pathogens*, 17(3):e1009354, **2021**. doi:10.1371/journal.ppat.1009354.
- [88] Yu Tong Qiu, Renate C Smallegange, Hans Smid, Maarten A Posthumus, Teris van Beek, and Willem Takken. GC-EAG analysis of human odours that attract the malaria mosquito *Anopheles gambiae* sensu stricto. *Medical Entomology*, **2004**.
- [89] PubChem. m-cresol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/342>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).

- [90] PubChem. P-cresol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2879>, (Erişim tarihi: 25/05/2024).
- [91] Nicole L Achee, Michael J Bangs, Robert Farlow, Gerry F Killeen, Steve Lindsay, James G Logan, Sarah J Moore, Mark Rowland, Kevin Sweeney, Steve J Torr, Laurence J Zwiebel, and John P Grieco. Spatial repellents: from discovery and development to evidence-based validation. *Malaria Journal*, 11(1):164, **2012**. ISSN 1475-2875. doi:10.1186/1475-2875-11-164.
- [92] Anne L. Wilson, Orin Courtenay, Louise A. Kelly-Hope, Thomas W. Scott, Willem Takken, Steve J. Torr, and Steve W. Lindsay. The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(1):e0007831, **2020**. doi:10.1371/journal.pntd.0007831.
- [93] Ricardo Barbosa-Cornelio, Fernando Cantor, Ericsson Coy-Barrera, and Daniel Rodríguez. Tools in the investigation of volatile semiochemicals on insects: From sampling to statistical analysis. *Insects*, 10(8):241, **2019**. doi:10.3390/insects10080241.