



**T.C.**

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI GIDA AMBALAJ MALZEMELERİNİN  
DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI BÖCEKLERE  
KARŞI DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**SONGÜL HENTEŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI GIDA AMBALAJ MALZEMELERİNİN**  
**DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI BÖCEKLERE**  
**KARŞI DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**SONGÜL HENTEŞ**

**Bu tez,**  
**Bitki Koruma Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Songül HENTEŞ



Bu çalışma **KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi** tarafından desteklenmiştir.

Proje No: **2019/6-4 YLS**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# BAZI GIDA AMBALAJ MALZEMELERİNİN DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI BÖCEKLERE KARŞI DİRENÇLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

SONGÜL HENTEŞ

### ÖZET

Bu çalışmada laboratuvar koşullarında 9 adet gıda paket (3 adet kağıt, 3 adet plastik ve 3 adet alüminyum) materyallerinin depolanmış ürün zararlısı; Ekin Kambur biti (*Rhyzopertha dominica* (F.)), Testereli Böcek (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)), Tatlı kurt (*Lasioderma serricorne* (F.))'un erginleri ve Khapra böceği (*Trogoderma granarium* (Everts)), Kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella* (Hübner))'nin larvalarına karşı dirençleri araştırılmıştır. Bu amaçla hücreli plaka ve plastik kutu test yöntemi kullanılmıştır. Hücreli plaka testlerinde her böceğin kendi besini kullanılarak tüm paketler deneme düzeneğinde 1., 3., 5. ve 7. gün sonunda paketlerin üzerinde delik ve aşındırma sayıları kayıt edilmiştir. Araştırmanın ikinci test yönteminde plastik kutular kullanılarak 14. gün sonunda böceklerin paketler üzerinde meydana getirdiği giriş delikleri ve aşındırma sayıları kayıt edilmiştir.

Hücreli plakalarda yürütülen penetrasyon testlerinde 7. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin tüm kâğıt paketleri, plastik paketlerde ise yalnızca polipropilen (PP) plastik paketi delebildiği görülürken alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. *Plodia interpunctella* larvaları kâğıt paketlerden yalnızca Kraft liner (kağıt 2) paketini, plastik paketlerde ise polipropilen (PP- plastik 5) ve polietilen (PE-Plastik 4)) plastik paketi delebildiği belirlenirken alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin kâğıt paketlerden yalnızca fluting (kağıt 3) paketi delebildiği görülürken plastik ve alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. *Trogoderma granarium*'un 3. dönem larvaları ve *L. serricorne* erginlerinin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülmüştür. Aşındırma testlerinde 7. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kuşe liner (kâğıt 1) ve fluting (kağıt 3) paketleri, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi aşındırabildiği görülmüştür. *Plodia interpunctella* larvaları kraft liner (kağıt 2) ve fluting (kağıt 3) paketleri, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi

aşındırabildiği bulunmuştur. *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin kuşe liner (kâğıt 1) ve fluting (kağıt 3) paketleri, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi aşındırabildiği görülmüştür. Test edilen böceklerin alüminyum paketleri ise hiç aşındıramadığı görülmüştür.

Plastik kutularda yürütülen penetrasyon test yönteminde hücreli plakalardakine göre tüm böceklerin paketler üzerinde daha fazla giriş deliği oluşturduğu gözlemlenmiştir. On dördüncü gün sonunda *R. dominica* erginlerinin tüm kağıt paketlerde, polietilen (PE) ve polipropilen (PP) plastik paketlerinde ve ince alüminyum 7 paketlerinde giriş deliği meydana getirmiştir. Ayrıca, polietilen (PE) plastik, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve alüminyum 8 paketleri üzerinde ise ciddi şekilde aşındırma meydana getirdiği gözlemlenmiştir. *Plodia interpunctella* larvaları Kraft liner (kağıt 2) flüting (kağıt 3) kağıt paketlerde, polietilen (PE) ve polipropilen (PP) plastik paketlerinde giriş deliği oluşturabilmiştir. *Oryzaephilus surinamensis* erginleri tüm kağıt paketlerde ve polietilen (PE) plastik paketinde giriş deliği meydana getirmiştir. *Lasioderma serricornis* erginleri ve *T. granarium* larvaları ise test edilen hiçbir pakette giriş deliği meydana getirmemiştir.

Sonuç olarak tüm böceklerin paketler üzerinde meydana getirdiği penetrasyon ve aşındırma oranı üzerinde böcek türlerinin, paket tiplerinin ve maruz kalma süresinin önemli olduğu ve her iki test yönteminde de *R. dominica* erginlerinin test edilen tüm böceklere kıyasla en iyi penetratör olduğu belirlenmiştir. Genel olarak test edilen böceklere en dirençli paketin kalın alüminyum 9 paketi olurken kağıt paketlerin test edilen böceklere karşı dirençlerinin oldukça zayıf ve plastik paketler içerisinde de böceklere karşı en dirençli paketin düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) paket olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda ambalajı, depolanmış ürün zararlısı, penetratör böcek, istilacı böcek

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bitki Koruma Anabilim Dalı,

Temmuz / 2020

Danışman: Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Sayfa sayısı: 59

# COMPARISON OF THE RESISTANCE OF SOME FOOD PACKAGING MATERIALS TO STORED PRODUCT INSECTS

MSc THESIS

SONGÜL HENTEŞ

## ABSTRACT

In this study, the resistance of 9 food packaging materials (3 paper, 3 plastic and 3 aluminum liners) to stored-product insect pests; the adults of the lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* (F.)), the sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)), the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* (F.)) and the larvae of the khapra beetle (*Trogoderma granarium* (Everts)), the Indianmeal moth (*Plodia interpunctella* (Hübner)) were investigated under laboratory conditions. For this purpose, cell plate and plastic box test methods were used. In the cell plate tests, the number of holes and abrasions on the food packing materials were recorded at the end of the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> days in the trial setup the individual food media of each tested insect. In the second test method of the study using plastic boxes, the entrance holes and abrasion numbers created by the insects on the packages were recorded at the end of the 14<sup>th</sup> day.

At the end of the 7<sup>th</sup> day, in penetration tests on cell plates, it was observed that *R. dominica* adults could penetrate all paper packs, and only polypropylene (PP) packaging material within plastic packages, while aluminum packaging materials had no puncture. While *P. interpunctella* larvae were able to penetrate Kraft liner (paper 2) package within the paper packages and polypropylene (PP) and polyethylene (PE) plastic packages within the plastic packages, no puncture was observed in aluminum packages. While *O. surinamensis* adults can only penetrate the fluting (paper 3) paper package from the paper packages, there was no puncture in the plastic and aluminum packaging materials. On the other hand, the 3<sup>rd</sup> instar larvae of *T. granarium* and *L. serricorne* adults could not penetrate any of the paper, plastic and aluminum packaging materials. At the end of the 7<sup>th</sup> day in the abrasion tests, it was observed that *R. dominica* adults can abrade coated liner (paper 1) and fluting (paper 3) packages from paper packaging materials and only polyethylene plastic (PE-Plastic 4) package in plastic packaging materials. *Plodia interpunctella* larvae were able to abrade Kraft liner (paper 2) and fluting (paper 3)

packages and only polyethylene plastic (PE-Plastic 4) package in plastic packaging materials. *Oryzaephilus surinamensis* adults were able to abrade coated liner (paper 1) and fluting (paper 3) packages, and only polyethylene plastic (PE-Plastic 4) package in plastic packaging materials. It was observed that the tested insects did not abrade aluminum packaging materials at all.

In the penetration test method in plastic boxes, it was observed that all tested insects formed more entry holes on the packages compared to those in the cell plate test method. At the end of 14<sup>th</sup> day, *R. dominica* adults made an entry hole in all paper packages, polyethylene (PE) and polypropylene (PP) plastic packages and thin aluminum 7 package. In addition, it was observed that *R. dominica* adults causes serious abrasion on low density polyethylene (LDPE) plastic and aluminum 8 packages. *Plodia interpunctella* larvae were able to form entry holes in Kraft liner (paper 2) and fluting (paper 3) paper packages, polyethylene (PE) and polypropylene (PP) plastic packages. *Oryzaephilus surinamensis* adults formed entrance holes in all paper and polyethylene (PE) plastic packages. *Lasioderma serricornis* adults and *T. granarium* larvae did not create entry holes in any package materials tested.

In conclusion, it was determined that insect species, package types and exposure time had significant effects on the penetration and abrasion rate caused by all insects on the packages, and *R. dominica* adults are the best penetrator in both test methods compared to all tested insects. In general, the most resistant package to the tested insects was the thick aluminum 9 package, while the paper packages were found to have poor resistance to the tested insects and the most resistant package to the insects in plastic packing materials was the low density polyethylene (LDPE) package.

**Key Words:** Food packaging material, stored product insects, penetrator insect, invader insect

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology

Department of Plant Protection

July / 2020

Supervisor: Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Page number: 59

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim süresince, karşılaştığım her zorluğa karşı benden yardımlarını esirgemeyen, beni sürekli teşvik eden ve manevi yönden bana her zaman destek olan, bölümümüzün laboratuvar ve diğer imkânlarını sunan, değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez yazım aşamasında penetrasyon ve aşındırma görüntülerinin alınması konusundaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Özgür SAĞLAM'a minnetle şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında yardımlarından dolayı Dr. İnanç Şafak DOĞANAY'a, Doktora öğrencileri Hüseyin BOZKURT ve Recep ŞEN'e, diğer tüm depolanmış ürün zararlısı çalışma grubu üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana her zaman destek olan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'ndeki hocalarıma, arkadaşlarıma ve asistanlara, hayatta ve eğitim süresince beni her konuda destekleyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                               | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ÖZET.....                                                                                     | i                      |
| ABSTRACT.....                                                                                 | iii                    |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                 | v                      |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                              | vi                     |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                          | viii                   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                        | x                      |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                           | xii                    |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                 | 1                      |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                                                     | 4                      |
| 3. MATERYAL ve METOT.....                                                                     | 9                      |
| 3.1. Materyal.....                                                                            | 9                      |
| 3.1.1. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan böcek türleri .....                     | 9                      |
| 3.1.2. Test edilen gıda ambalaj materyalleri.....                                             | 10                     |
| 3.1.3. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde böcekler için kullanılan besin çeşitleri.....      | 14                     |
| 3.2. Metot.....                                                                               | 15                     |
| 3.2.1. Test edilen depolanmış ürün zararlısı böcek türlerinin yetiştirilmesi.....             | 15                     |
| 3.2.2. Gıda ambalaj materyalleri üzerinde yürütülen penetrasyon ve aşındırma testleri.....    | 17                     |
| 3.2.2.1. Hücreli plakalar üzerinde yürütülen pentrasyon ve aşındırma testleri.....            | 18                     |
| 3.2.2.2. Plastik kutular üzerinde yürütülen pentrasyon ve aşındırma testleri.....             | 19                     |
| 3.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler.....                              | 20                     |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....                                                                   | 22                     |
| 4.1. Hücre Denemelerinin Sonuçları.....                                                       | 22                     |
| 4.1.1. Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerde delik açma oranları..... | 22                     |

|                                                                                                                                 | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 4.1.2.Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları.....                                      | 30                     |
| 4.2. Plastik Kutu Denemelerinin Sonuçları.....                                                                                  | 38                     |
| 4.2.1.Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerde delik açma oranları.....                                    | 38                     |
| 4.2.2.Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerde aşındırma oranları.....                                     | 41                     |
| 4.3.Test Edilen Böceklerin Gıda Paketleri Üzerinde Oluşturdukları Deliklerin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Görüntüleri..... | 42                     |
| 4.4.Test Edilen Böceklerin Gıda Paketleri Üzerinde Oluşturdukları Aşındırmanın Stereo Mikroskop Görüntüleri.....                | 44                     |
| 5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....                                                                                                        | 46                     |
| 6.KAYNAKLAR.....                                                                                                                | 54                     |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                                   | 59                     |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan <i>Rhyzopertha dominica</i> (A), <i>Oryzeaphilus surinamensis</i> (B), <i>Lasioderma serricorne</i> ' nin (C) erginleri, <i>Trogoderma granarium</i> (D) ve <i>Plodia interpunctella</i> ' nin (E) larvaları.....                                                                                                             | 10 |
| Şekil 3.2 | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan kağıt ambalaj materyalleri kağıt paketlerin dış görüntüsü; kâğıt 1 (A), kâğıt 2 (B) ve kâğıt 3 (C). Paketlerin iç görüntüsü; kâğıt 1 (D), kâğıt 2 (E) ve kâğıt 3 (F).....                                                                                                                                                     | 12 |
| Şekil 3.3 | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan plastik paketlerin dış görüntüsü; Plastik 4 (A), plastik 5 (B) ve plastik 6 (C). Paketlerin iç görüntüsü; Plastik 4 (D), plastik 5 (D) ve plastik 6 (F)                                                                                                                                                                       | 12 |
| Şekil 3.4 | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan alüminyum paketlerin dış görüntüsü; Alüminyum 7 (A), alüminyum 8 (B) ve alüminyum 9 (C). Paketlerin iç görüntüsü; Alüminyum 7 (D), alüminyum 8 (E) ve alüminyum 9 (F).....                                                                                                                                                    | 13 |
| Şekil 3.5 | Test edilen nohut paketi üzerinde paketin iç basıncını azaltmak için mekanik olarak oluşturulan deliklerin Stereo Mikroskoptaki görüntüsü.....                                                                                                                                                                                                                                | 13 |
| Şekil 3.6 | Hücreli plaka testlerinde kullanılan besin çeşitleri; <i>Plodia interpunctella</i> (a), <i>Rhyzopertha dominica</i> (b), ve <i>Lasioderma serricorne</i> (c), <i>Oryzeaphilus surinamensis</i> (d) ve <i>Trogoderma granarium</i> besini (e).....                                                                                                                             | 14 |
| Şekil 3.7 | Plastik kutu testlerinde kullanılan besin çeşitleri <i>Rhyzopertha dominica</i> (a), <i>Plodia interpunctella</i> (b), <i>Oryzeaphilus surinamensis</i> (c), <i>Trogoderma granarium</i> (d) ve <i>Lasioderma serricorne</i> besini (e) ve tüm böcek türleri için kullanılan PP plastik paket içerisindeki nohut (f) ve LDPE plastik paket içerisindeki yulaf ezmesi (g)..... | 15 |
| Şekil 3.8 | Hücreli plaka testlerinde kullanılan deneme düzeneği materyali (a) ve mikadan oluşan plakaların görünüşü (b).....                                                                                                                                                                                                                                                             | 19 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.9  | Plastik kutu testlerinde kullanılan ağzı kilitlenebilen saklama kapları.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 20 |
| Şekil 3.10 | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde böcekler tarafından delik ve aşındırma oluşturulan paketlerin hazırlanması (A) ve örneklerin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntülerinin alınması (B)                                                                                                                                     | 21 |
| Şekil 4.1  | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde <i>Rhyzopertha dominica</i> erginlerinin kağıt 1 (A), kağıt 2 (B), kağıt 3 (C), plastik 4 (D), plastik 5 (E) ve alüminyum 7 (F) paketler üzerinde ürettiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri.....                                                               | 42 |
| Şekil 4.2  | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde <i>Plodia interpunctella</i> larvalarının kağıt 2 (A), kağıt 3 (B), plastik 4 (C) ve plastik 5 (D) paketleri üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri .....                                                                                 | 43 |
| Şekil 4.3  | Penetrasyon ve aşındırma testlerinde <i>Oryzaephilus surinamensis</i> erginlerinin kağıt 1 (A), kağıt 2 (B), kağıt 3 (C) ve plastik 4 (D) paketleri üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri.....                                                                                | 43 |
| Şekil 4.4  | Plastik kutu testlerinde <i>Rhyzopertha dominica</i> erginlerinin plastik 4 (A), plastik 6 (B) ve alüminyum 8 (C) paketlere giriş yapmaya çalışırken meydana getirdiği aşındırmanın Stereo Mikroskopta görüntüleri ve plastik 4 (D), plastik 6 (E) ve alüminyum 8 (F) paketlerin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri..... | 45 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                  | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Çizelge 3.1 Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan gıda ambalaj materyalleri ve özellikleri.....                                                         | 11                     |
| Çizelge 4.1 Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlere ve faktörlerin birbiriyle interaksiyona ait ANOVA parametreleri.....             | 22                     |
| Çizelge 4.2 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları.....                | 24                     |
| Çizelge 4.3 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları.....      | 26                     |
| Çizelge 4.4 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları.....      | 28                     |
| Çizelge 4.5 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları.....      | 30                     |
| Çizelge 4.6. Test edilen böceklerin paketleri aşındırma oranları için ana faktörlere ve bu faktörlerin birbiriyle interaksiyona ait ANOVA parametreleri .....    | 31                     |
| Çizelge 4.7 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları .....          | 32                     |
| Çizelge 4.8 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları ..... | 34                     |
| Çizelge 4.9 Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları.....  | 36                     |

|              |                                                                                                                                                      |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.10 | Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları ..... | 38 |
| Çizelge 4.11 | Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlere ve faktörlerin birbiriyle interaksyonuna ait ANOVA parametreleri .....           | 39 |
| Çizelge 4.12 | Plastik kutu denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 14.gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları.....        | 41 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| <b>%</b>              | : Yüzde                       |
| <b>°C</b>             | : Santigrat derece            |
| <b>µm</b>             | : Mikrometre                  |
| <b>cm<sup>2</sup></b> | : Santimetre kare             |
| <b>cm</b>             | : Santimetre                  |
| <b>g</b>              | : Gram                        |
| <b>kg</b>             | : Kilogram                    |
| <b>l</b>              | : Litre                       |
| <b>m<sup>2</sup></b>  | : Metre kare                  |
| <b>mg</b>             | : Miligram                    |
| <b>ml</b>             | : Mililitre                   |
| <b>mm</b>             | : Milimetre                   |
| <b>m<sup>3</sup></b>  | : Metreküp                    |
| <b>ppm</b>            | : Milyonda bir birim          |
| <b>pH</b>             | :Power of Hydrogen            |
| <b>Ark.</b>           | :Arkadaşları                  |
| <b>SEM</b>            | :Taramalı Elektro Mikroskop   |
| <b>PE</b>             | : Polietilen                  |
| <b>PP</b>             | : Polipropilen                |
| <b>LDPE</b>           | : Düşük Yoğunluklu Polietilen |

## 1. GİRİŞ

Ambalajlamanın en önemli amaçlarından birisi, tüm dağıtım kanalı boyunca depolanmış ürün zararlısı böcekler tarafından gıda ürünlerinin istila edilmesini engellemektir. Etkili gıda ambalajları ürünün bozulmasını geciktirir, ürünün raf ömrünü uzatır, ürün bütünlüğünü ve kalitesini korur. Paketleme; ürünleri, hava basıncı, sıcaklık su aktivitesi, pH ve rutubet gibi değişikliklerden meydana gelecek olası etkileri önler. Ayrıca paketleme mikroorganizmalar, böcekler, kemirgenler ve üründe bozulmalar gibi biyolojik tehlikelere karşı ürünü korur. Depolama süresi ile depolanan ürünün böcekler tarafından istila edilme şiddeti arasında doğrudan bir ilişki vardır (Highland, 1991). Paketlenmiş gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak, ürün istilasının oluşma ihtimalini arttırır. Gıda paketlerinin perakende rafta, depolama tesisinde veya uzun süreli depolama yapılan depolarda istila edilme olasılığı yüksektir. Paketlenmiş bir ürünlerdeki potansiyel istila probleminin bir göstergesi, gıdaların depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı çekiciliğidir (Mullen, 1993).

Depolanmış ürün zararlısı böcekler perakende mağazalarının depolarında ve tahıl işleyen tesislerde önemli ve kalıcı bir sorun olabilmektedir. Perakende mağazalarında, böcekler açık kapılardan pencerelerden girebilmekte veya üretim esnasında bulaşp paketin içinde olabilmektedir. Tüketiciler genellikle paketin nerede, ne zaman veya nasıl istila edildiğine bakılmaksızın böcek istilasından üreticiyi sorumlu tutarlar. Diğer bir yünden istilanın tespiti ambalaj üreticilerine, ambalajlanan ürüne, ürünün ambalajlandığı ve depolandığı veya nakledildiği koşullara atfedilebilir. Ambalajın kendisinin bir istila kaynağı olup olmadığının belirlenmesinin mümkün olduğu tek aşama imalat ve kullanımdır. Üretim aşamasında böceklerin varlığı hasardan ziyade bir bulaşma sorunudur. Ürünlerin üretimi sırasında böcek bulaşmasının önlenmesi için birçok önlem alınabilirken depolama sırasında, perakende ortamlarında, nakliye esnasında istilayı önlemek biraz daha zor olmaktadır.

Paketlenmiş ürünlerin depo zararlısı böcekler tarafından istilas, ürün kaybına, tüketicinin işletmelere güveninin azalmasına, hassas bireylerde alerjik reaksiyonların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca gıda endüstrisinin yaşadığı ekonomik zararlar arasında, para cezaları devlet kurumlarının cezaları, böceklerle bulaşık ürünü yemekten muzdarip olan tüketicilerin dava açma olasılığı ve sigorta talepleri olabilmektedir. Birçok böcek ve akar pakete bulaştığı zaman üretici için sorun olabileceği kabul edilmektedir.



Paketlenmiş ürünlerin istilası, üretim sürecince, nakliye, depolama, perakende ortamlarında ve tüketicilerin evlerinde depolama nedeniyle oluşabilmektedir. Depolanmış ürün zararlısı böceklerle ilgili olarak gıda paketleri istilaları sadece gelişmekte olan ülkelerle sınırlı olmayıp, gelişmiş ülkelerde bile sık sık karşılaşılan bir sorun olmaktadır (Hubat ve ark., 2011, 2018).

Paketlenmiş ürünleri etkileyen depolanmış ürün zararlısı böcekler tüm dünyada görülebilmektedir (Highland, 1978). Depolanmış ürün zararlısı böceklerden paketlenmiş ürünleri istila edenler ve penetratörler olarak sınıflandırılmaktadır. Gıda paketlerinde penetratör olan böcekler arasında, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *Trogoderma granarium* Everts, *Lasioderma serricorne* (L.) ve *Plodia interpunctella* (Hübner) bulunmaktadır (Morgan ve ark., 2003). Bu böceklerin hepsi gıda paketi penetratörleri olarak sınıflandırılır (Highland, 1991). Gıda paketlerinde istilacı olan böcekler ise *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, *T. castaneum* (Herbst) ve *Sitophilus zeamais* Motschulsky olarak bilinmektedir. *Tribolium castaneum* ve *O. surinamensis* gibi böceklerin larvalarının çenelerinde çinko ve manganez bulunmaz ve bu yüzden paketleri delemeyen ve bunlar gıda paketlerinde istilacılar olarak sınıflandırılırlar (Morgan ve ark., 2003). Depolanmış ürün zararlısı böceklerinin çenelerindeki metal sertleşmesi bu türlerin çeşitli ambalaj malzemelerine nüfus etmesini sağlamaktadır (Morgan ve ark., 2003).

Böceklerle dirençli ambalajlar geliştirmek için paket özellikleri ve böcekler arasındaki ilişkinin bilinmesi kritik önem arz etmektedir. Depolanmış ürün zararlısı böceklerin ambalaj malzemelerine nüfus etme yeteneği zararlının türüne, zararlının biyolojik dönemine, açlık durumuna, zararlının yoğunluğuna, paketin malzeme yapısına, paketin kalınlığına, pakette kırışıklık, çizik ve yırtılmaların varlığına ve çevresel faktörlere bağlıdır (Newton, 1988). Paketlenmiş gıda ürünlerinin çoğu, hava basıncı veya sıcaklık değişimlerinden dolayı şişkinliği önlemek için mekanik olarak üretilmiş deliklere sahiptir. Gıda ambalajlarında oluşturulan iğne delikleri gıda kokularının paketlerden yayılmasına olanak sağlar ve gıda kokuları böcekler tarafından tespit edilebilir ve böcekleri kaynağa yönlendirebilir (Muratore ve ark., 2009). İstilacı böcekler ambalaj istilasının %75'inden fazlasını oluşturmaktadır (Collins, 1963). Penetratör böcekler ağız yapısından dolayı direkt paketi delebilmektedir ancak istilacı böcekler sadece delik, çatlaklar, hasarlı bölgelerden ve ayrıca gıda paketlerindeki basıncı dengelemek için açılan deliklerden

paketlenmiş gıdalara giriş yapabildiklerinden gıda paketlerinin zarar görmesi yırtılması ve mekanik olarak delinmesi böceklerin paketlenmiş gıdalara girişini kolaylaştıracaktır.

Depolanmış ürün zararlısı böceklerin çeşitli ambalaj malzemelerine farklı tip hasarlar meydana getirdiği belirlenmiştir (Riudavets ve ark., 2017). Depolanmış ürün zararlısı böceklerinin paketler üzerinde bulunduğu minimum büyüklükteki delikleri belirlemişlerdir (Cline ve Highland 1981). Türlerine bağlı olarak 0.53 - 2.25 mm arasında değişen delik büyüklüğünden ve tarama yapabilen *Chryptolestes pusillus* (Schunher) 0.53 mm lik en küçük deliklerden geçebilmektedir (Cline ve Highland, 1981). Böceğin biyolojik evresi son derece önemli olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. *Plodia interpunctella* larvaları deliklerden paketlenmiş gıdalara girme yeteneğine sahiptirler. Birinci dönem larvalar 0.293 mm lik bir iğne deliğine girebilirken 0.173 mm' lik bir deliğe giriş yapamadıkları belirlenmiştir (Tsuji, 1998). Bunun gibi bilgiler ambalaj tasarımcılarının ambalajlarında izin verilen delik boyutlarını göz önünde bulundurmaları açısından oldukça önemlidir. Gıda paketlerinde istilanın nerede, ne zaman ve nasıl oluştuğunun tam olarak anlaşılması ve ele alınması, gereken ambalaj malzemelerinin kritik yönlerinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Gıda paket materyalleri üzerinde böcek istilasını önlemenin birinci yöntemi, böceklere dirençli paketler kullanmaktır (Mullen ve Highland, 1988; Mullen ve Mowery, 2000). Gıda paketi imalatçıları koku bariyerleri, böcek büyüme düzenleyicileri, repellentler ve böceklere karşı dayanıklı ambalaj üretimi gibi paketlenmiş ürünleri korumak için alternatif yöntemler kullanmaya başlamışlardır.

Farklı ülkelerde ticari olarak üretilen gıda ambalaj malzemelerinin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençlerinin belirlenmesi ile ilgili bir çok çalışma bulunmasına (Cline, 1978; Schmidt, 1979; Highland, 1984; Bowditch, 1997; Mowery ve ark., 2002; Scheff ve ark., 2018) rağmen ülkemizde üretilen gıda ambalaj malzemelerinin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençlerinin araştırılmasıyla ilgili halihazırda bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada 9 adet farklı tipte (3 adet kâğıt, 3 adet plastik ve 3 adet alüminyum) gıda paketinin depolanmış ürün zararlısı; Ekin kambur biti (*Rhyzopertha dominica*) (F.), Tatlı kurt (*Lasioderma serricornis* (L.)), Testereli böcek (*Oryzaephilus surinamensis*) (L.)'in erginlerine ve Kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella*) (Hübner), Khapra böceği (*Trogoderma granarium*) (Everest)'nin larvalarına karşı dirençleri araştırılmıştır. Bu bağlamda bu çalışmada depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençli veya hassas olan ambalaj malzemelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bowditch (1997) bazı çikolata paketlerinde böcek bulaşmalarıyla ilgili tüketicilerin şikayetlerine cevap olarak *Ephestia cautella* (Walker) ve *P. interpunctella*'nın 1. ve 5. dönem larvalarına ile *T. confusum* erginlerine karşı polipropilen film ve polivinil klorür filmlerin dirençlerini araştırmıştır. Polipropilen filmleri her üç türe karşı dirençli olduğunu bulmuştur. Polvinilklorür filmin ise sadece *E. cautella* larvalarına karşı dirençli olduğunu belirlemiştir.

Mowery ve ark. (2002) çeşitli gıda paketlerine delikli veya deliksiz, besinle veya besinsiz olarak *O. surinamensis* erginlerinin yumurta bırakma ve istila davranışlarını test etmişlerdir. Sonuç olarak 0.4 mm çapında delikler oluşturulan gıda paketlerinde yumurtalar, larvalar ve pupalar görülmüş olup erginlerin yumurtalarını deliklerin kenarına veya içine doğru bıraktığını gözlemlemişlerdir. Birinci dönem larvaların 1 mm çapındaki deliklerden geçebildiğini tespit etmişlerdir. Paketin içerisinde besin olmadığı durumda larva ve erginlerin deliklere cevap vermediğini bulmuşlardır. Ancak besin varlığında da delik olmayan paketlere böceklerin hiçbir alana yumurta bırakmadığını gözlemlemişlerdir.

Riudavets ve ark. (2007) *S. oryzae*, *R. dominica*'nın erginlerini ve *L. serricorne*'nin 3. ve 4. dönem larvalarını kullanarak gıda paketlerindeki zarar şekillerini morfolojik olarak incelemişlerdir. Testlerde üç farklı tipte plastik film (polipropilen, polietilen, poliester) kullanılmış olup sigara kâğıdı ile karşılaştırmışlardır. Üç farklı tipteki paketlerin kalınlıkları ve böceklerin meydana getirdiği delik çaplarını ölçmüşlerdir. Sonuç olarak, her üç türdeki böcekler paketin yüzeyinde delik, çizik veya kıvrımlar meydana getirmişlerdir. *R. dominica* tarafından polietilen pakette üretilen çiziklerin diğer iki türün ürettiği zarardan daha belirgin ve daha derin olduğunu görmüşlerdir. Polyesterde *S. oryzae* ve *R. dominica*'nın ürettiği delikler arasında ayırım yapmanın zor olduğu ancak delik çapları ölçüldüğünde ayırt edilebildiğini gözlemlemişlerdir. *Lasioderma serricorne*'nin larvalarının polyesterde delik üretmediği tespit edilmiştir. Sigara kâğıdında filamentlerin varlığından dolayı *S. oryzae*'nin ürettiği deliklerin diğer her iki türden farklı olduğunu bulmuşlardır. Her üç türün 7 µm kalınlığındaki alüminyum folyoda delik üretmediğini tespit etmişlerdir.

Mikhaïel (2011) buğday unu paketlerinde *Ephesia kuehniella* Zeller ve *T. castaneum*' un erginlerine ve larvalarına karşı Mandalina kabuğu, anason, sarımsak, fesleğen ve zencefil yağlarının repellent etkisini araştırmıştır. Paketler üzerinde test edilen yağlara 24, 48, 72 ve 96 saat maruz bırakarak fumigant toksisitesi ve kontakt etkisini değerlendirmişlerdir. Hem fesleğen hem de zencefil yağları testlerinde *E. kuehniella* erginleri için 32 ml/ L püskürtme dozlarıyla ve *T. castaneum* erginlerinde 128 ml/L püskürtme dozlarıyla 24 saat içinde % 100 ölüm gözlemlemiştir. Dereotu yağının *E. kuehniella* ve *T. castaneum*'un larvalarına karşı sırasıyla 24 saat ve 96 saat maruz bırakıldığında en etkili olduğunu ve ölüm oranının % 100 olduğu bulunmuştur. Test edilen uçucu yağlar içerisinde toksisite kalıcılığının kimyasal bileşenlerine göre en yüksek olanların fesleğen ve dereotu yağı olduğunu ve en düşük olanların ise mandalina kabuğu ve anason yağı olduğunu belirlemiştir. Sonuç olarak test ettikleri uçucu yağların önemli bir şekilde fumigant etki gösterdiğini gözlemlemiştir. *E. kuehniella* ve *T. castaneum* erginlerine karşı dereotu yağı ve sarımsak yağının en düşük fumigant toksisite gösterdiklerini belirtmiştir.

Qasim ve ark. (2013) ambalaj malzemeleri ve gıda türleri ile ilgili olarak *T. castaneum*' un fosfin fümigasyonu ile mücadelesini incelemiştir. Böceklerin penetrasyon yeteneklerini üç ambalaj (polipropilen (PP), polietilen (PE ) ve polivinilklorür (PVC)) için test etmişlerdir. Teneke tipi depolama kullanılarak her paket için 30 birey kullanmışlardır. Üç ambalaj tipinden en hassas olanının polietilen (PE) olduğunu gözlemlemiştir. Dört farklı ambalaj tipinde paketlenen buğday, pirinç, tam buğday unu ve ırmık ürünlerini PE, PP, PVC ve jüte ambalajlar ile test etmişlerdir. *Tribolium castaneum*' un karşılaştırmalı ölüm yüzdelerini hesaplamak için yaptıkları deneylerde fosfin 1.5 g/m<sup>3</sup> doz ile 2 ve 4 gün maruz bırakıldıktan sonra ölüm oranlarını belirlemiştir. Maksimum ölüm oranlarını 4 günlük uygulamadan sonra görmüşlerdir. Ambalaj tipine gıda çeşidine bakılmaksızın fosfin fümigasyon ile uygulamaların *T. castaneum*' un mücadelesi için son derece faydalı olduğunu gözlemlemiştir.

Hou ve ark. (2014) depolanmış ürün zararlısı böceklerin bilinen uzaklaştırıcılarının DEET, neem, protein bakımından zengin bezelye unu, yağsız proteinle zenginleştirilmiş bezelye unu ve bezelye protein özütünü, birçok depolanmış ürün zararlısı böceklerin gıda paketlerine penetrasyon ve istilasını azaltmadaki etkinliğini karşılaştırmışlardır. *Sitophilus oryzae*, *T. castaneum*, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) ve *O. surinamensis* üzerinde

penetrasyon testleri yapmışlardır. Bezelye protein ekstraktının *S. oryzae*'nin penetrasyonunu etkilediğini gözlemlemişlerdir. Proteinle zenginleştirilmiş bezelye unu, DEET ve neem *S. oryzae*'nin penetrasyon oranını azalttığını gözlemlemişlerdir. Ancak yağsız proteinle zenginleştirilmiş bezelye unu ve bezelye proteini özütünün bunu yapamadığını bulmuşlardır. Sonuç olarak DEET ile muamele edilmiş buğday içeren delinmiş kâğıt paketlerine giriş sayısını *S. oryzae*, *T. castaneum*, *C. ferrugineus* ve *O. surinamensis* erginlerinde sırasıyla % 99, % 88, %79 ve % 91 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir.

Trematerra ve ark. (2016) *O. surinamensis*'in aynı markaya ait fakat farklı oranlarda kakao içeren ambalajsız ticari çikolataları üzerinde tercihlerini test etmişlerdir. Test ettikleri 5 çikolata tipi; %30, %50, %70, %85 ve %90 kakaolu çikolatalardır. Bu çalışmada *O. surinamensis* erginlerinin test edilen beş çikolata türü üzerinde farklı istila seviyeleri ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak *O. surinamensis* erginlerinin en yüksek istila oranıyla kakao yüzdesi %30 olan çikolata tipini diğer çikolata tiplerine oranla daha çok tercih ettiğini bulmuşlardır.

Hassan ve ark. (2016) *R. dominica* ve *T. castaneum*'un standart gıda maddesi plastik ambalajlarına penetrasyonunu kontrol etmek için testler yürütmüşlerdir. Üç standart gıda ambalaj malzemesi olan polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polivinilklorür (PVC)'de her iki tür tarafından direnç parametreleri, delinmeler, penetrasyonlar ve kalınlıkları ölçmüşlerdir. Her iki böcek türünde de paketlerdeki delinmeler, penetrasyon ve istilaların polietilen (PE) paketlerde daha fazla olduğunu gözlemlemişler, ancak *R. dominica* erginlerinin polipropilen (PP)'de PE'ye göre daha fazla istila oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. PVC'nin ise her iki böcek türü için en dirençli paketleme malzemesi olduğunu bulmuşlardır. *Rhyzopertha dominica* için süre testlerinde kısa süreli olanlarda daha fazla delinmeler gözlemlemiş ve sürenin delinmeler üzerinde etkisinin olmadığını fakat istila oranlarının zaman geçtikçe daha fazla olduğunu bulmuşlardır. *Tribolium castaneum* için ise süre arttıkça istila ve delme oranlarının da arttığını ve sürenin etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki böceği karşılaştırdıklarında *R. dominica*'nın *T. castaneum*'dan daha fazla penetrasyon yaptığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak ambalajlama ve fümigasyon sonuçlarındaki hasarlar PP'nin bu iki böcek türünün zararlarını kontrol altına almak için üç ambalaj malzemesi içinde en iyisi olduğunu bulmuşlardır.

Kavallieratos ve ark. (2018) gıda paketleri üzerinde *T. granarium*' un ergin ve larvalarının kontrolü için 4 farklı insektisit etkinliğini araştırmışlardır. Alphacypermetrin, chlorfenapyr, deltametrin ve pirimiphos-methyl 'i polipropilen ve Kraft kâğıda çift katlı gerdirerek emdirmişlerdir. Bir, üç ve beş gün maruz bırakarak 7.gün sonunda ölüm oranlarını belirlemişlerdir. Chlorfenapyr ve pirimiphos-methyl 'in diğer insektisitlere oranla her iki döneme karşı daha etkili olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Sonuç olarak çeşitli gıda paketleri üzerinde *T. granarium* 'un larva ve ergin mücadelesi için bu iki insektisit kullanılabileceğini bulmuşlardır.

Scheff ve ark. (2018) *P. interpunctella* larvalarının çok katmanlı polipropilen ambalajlara karşı penetrasyon yeteneğini araştırmışlardır. Üç polipropilen ambalajın 28 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında dirençlerini belirlemek için yumurta ve 1. 3. ve 5.'inci dönem larvalarını kullanmışlardır. Yirmi birinci ve 42. günde paketlerin içindeki larva pupa ve erginleri saymışlardır. Her ambalajdaki deliklerin sayısı ve çapını belirlemişler. Sonuç olarak 5. dönem larvaların tüm ambalajlara penetre olabildiğini gözlemlerken 1. ve 3. dönem larvaların 5. dönem larvalara oranla paketlere daha az penetre olduğunu gözlemlemişlerdir. Test edilen gıda paketleri içindeki en kalın gıda paketinin böceklerin tüm biyolojik dönemlerine dirençli olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca maruz kalma süresinin artmasının hasarın artmasına sebep olduğunu da bulmuşlardır.

Otitodun ve ark. (2019) zeroFly paketlerinde böceklerin penetrasyon yeteneği ve fosfinin etkisini araştırmışlardır. Fosfinin *S. oryzae*, *Prostephanus truncatus* (Horn), *R. dominica* ve *T. castaneum*'un ergin ve ergin öncesi dönemlerine karşı 100 kg'lık polipropilen, jüte ve zeroFly torbalarda saklanan mısırdaki etkinliğini araştırmışlardır. Fosfinin üç torba tipinde de etkili olduğunu görmüşlerdir. Üç torba türünde de hem ergin dönemde hem de ergin öncesi dönemde %100 ölüm oranlarıyla sonuçlandığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, zeroFly torbaların önceden istila edilmemiş ürünleri depolamak için iyi bir teknoloji olduğunu ve ürüne böcek bulaşması gerçekleşirse fosfin kullanılarak fümigasyonla etkin bir mücadelenin gerçekleşeceğini bulmuşlardır.

Aulicky ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada polipropilen folyo ambalajlarındaki deliklerin *P. interpunctella* yumurtalarının tahıl ve meyve kurusu istilası üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Otuz santigrat derece sıcaklık ve % 50 bağıl nem ortamında ambalajsız çubuklar, boş paketler, deliksiz çubuklu ambalajlar ve delikli çubuklu ambalajlar üzerinde testler yürütmüşlerdir. Seçenekli ve seçeneksiz testlerde *P.*

*interpunctella* erginlerinin neredeyse yumurtalarının %100' ünü ambalajsız çubukların üzerine bıraktığını gözlemlemişlerdir. Seçeneksiz testlerde 5 mm'lik ambalaj delikleri mevcut olduğunda *P. interpunctella*'nın delikli bölgelere yerleşebildiğini ve çubukları istila edebildiğini bulmuşlardır. Seçenekli testlerde *P. interpunctella*'nın paketlenmiş veya delikli çubuklu ambalajlara göre açık çubuklar üzerinde yumurtlamayı tercih ettiğini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak deliksiz ambalajların *P. interpunctella*'nın yumurta bırakmasına karşı koruma sağladığını, ancak ambalajda küçük deliklerin varlığı *P. interpunctella* erginlerinin ambalajlı ürünü enfekte etmesine neden olduğunu bulmuşlardır.

Vendl ve ark. (2019) depolanmış ürünlerde ikincil zararlı olan *O. surinamensis* ve *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)' un kaygan zeminlere tırmanma yeteneğinde tarsal morfolojilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada farklı iki türün tarsal, iç tırnaklarının yapısını ve yapışma özelliklerini test etmişlerdir. Taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanılarak *O. surinamensis* ve *C. ferrugineus*' un tarsi ve tırnak üzerindeki setal yapılar ve kıskaçların morfolojik olarak tanımı ve karşılaştırmasını yapmışlardır. *Oryzaephilus surinamensis* ve *C. ferrugineus* arasında yapışıcı yapılar, tarsal ve iç tırnakların görünüş ve sayısında önemli farklılıklar görmüşlerdir. Sonuç olarak, *O. surinamensis* erginlerinin tarsilerindeki yapışıcı yapıların varlığı ve yüksek miktardaki derin morfolojik farklılıklar eğimli pürüzsüz yüzeylerde neden *C. ferrugineus*' dan daha iyi bir tırmanıcı olduğunu açıklayabilmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOT

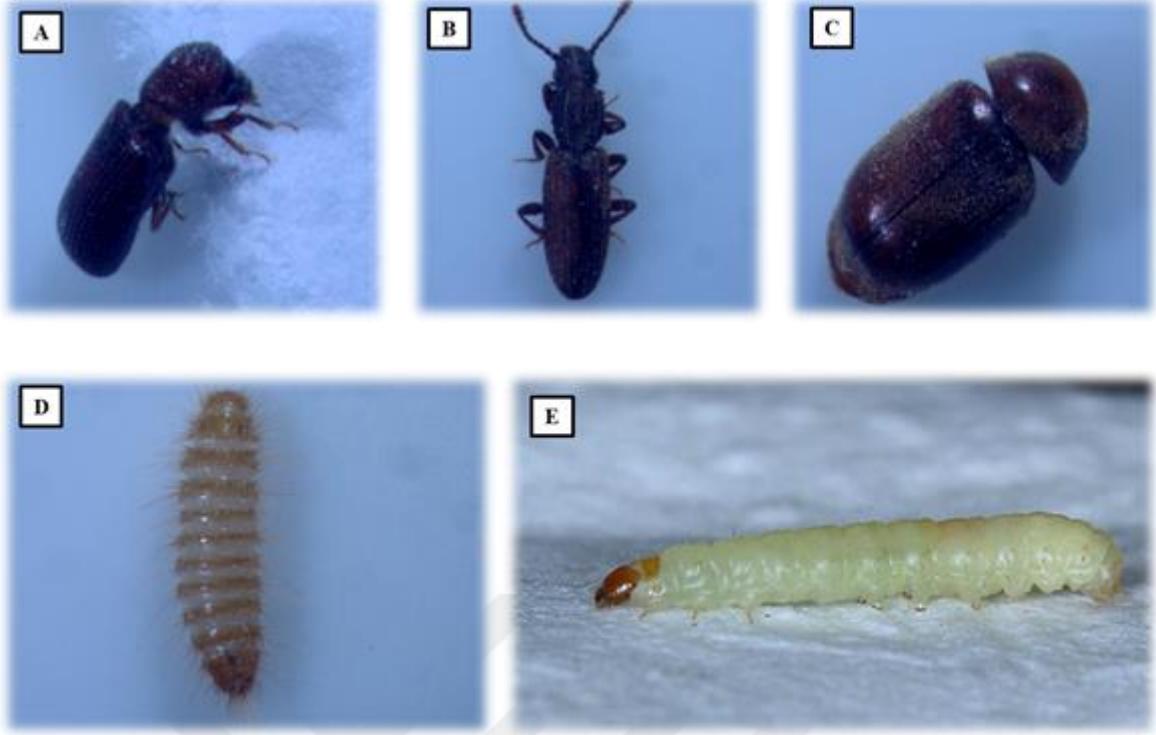
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan böcek türleri

Türkiye’ de ticari olarak üretilen gıda ambalaj materyallerinin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençlerini belirlemek için yürütülen bu çalışmada, ülkemizde depolanmış ürünlerin önemli zararlıları olan Ekin Kambur biti (*Rhyzopertha dominica* (F.)) (Coleoptera: Bostrychidae), Testereli Böcek (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)) (Coleoptera: Silvanidae), Tatlı kurt (*Lasioderma serricorne* (F.)) (Coleoptera: Anobiidae)’un erginleri ve Khapra böceği (*Trogoderma granarium* (Everts)) (Coleoptera: Dermestidae), Kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella* (Hübner)) (Lepidoptera: Pyralidae)’nin ise larvaları kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan böcek türleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’ nde yetiştirilen stok kültürlerden elde edilmiştir. Bu stok kültürlerden *R. dominica*, *O. surinamensis*, ve *P. interpunctella* Adana ve çevresindeki tahıl depolarından elde edilmiştir. *Trogoderma granarium* Şanlıurfa ilindeki buğday depolarından temin edilmiştir. *Lasioderma serricorne* ise Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’ nden temin edilerek kültüre alınmıştır. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde *R. dominica* ve *O. surinamensis*’ in karışık cinsiyette 10 günlük ergin bireyleri, *L. serricorne*’ nin karışık cinsiyette 2 günlük ergin bireyleri ve *T. granarium* ve *P. interpunctella*’ nın ise karışık cinsiyette 3. dönem larvaları kullanılmıştır.





Şekil 3.1. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan *Rhyzopertha dominica* (A), *Oryzaephilus surinamensis* (B), *Lasioderma serricorne*'nin (C) ergin, *Trogoderma granarium* (D) ve *Plodia interpunctella*'nin (E) larva görünümü.

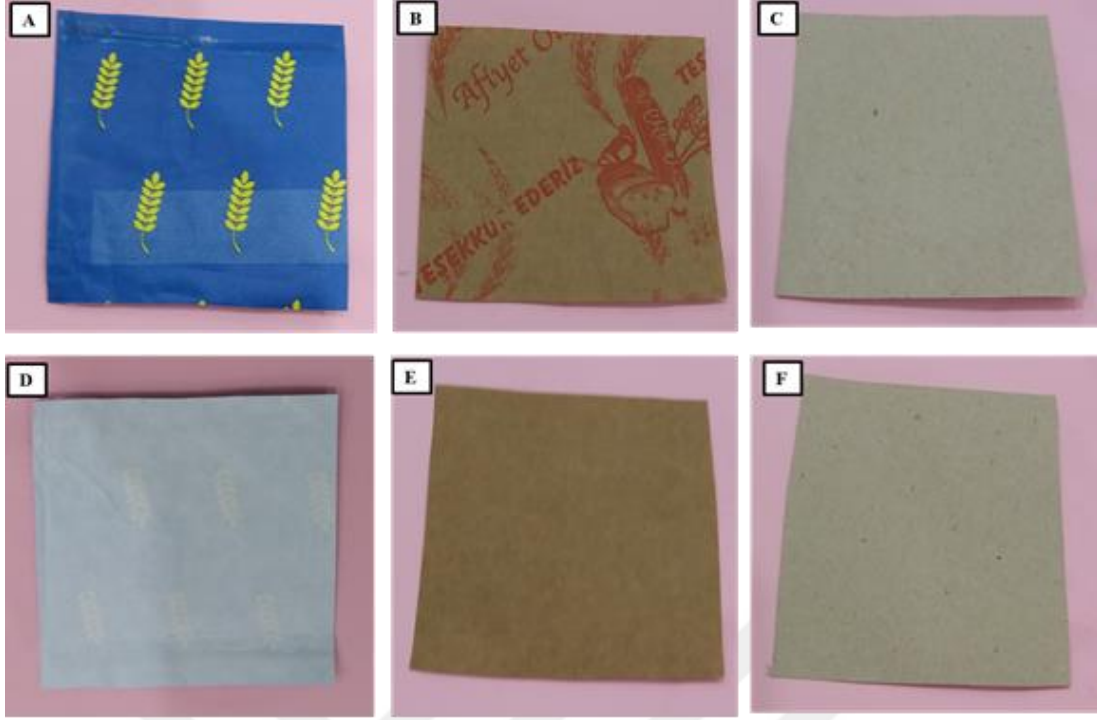
### 3.1.2. Test edilen gıda ambalaj materyalleri

Bu çalışmada farklı tipte 3 adet kâğıt, 3 adet plastik ve 3 adet alüminyum paket olmak üzere her böcek için toplam 9 adet ticari olarak üretilen paket tipi test edilmiştir. Kâğıt paketlerden kâğıt 1 nolu paket ülkemizde ticari olarak üretilip un paketi olarak kullanılan Kuşe liner kâğıdıdır. Kâğıt 2 nolu paket ülkemizde çeşitli çerez ve kuru yemişlerin saklanması için kullanılan Kraft liner kâğıdından yapılmıştır. Kâğıt 3 nolu paket hem çeşitli karton paketlerin ara kısmında kullanılmakta hem de çeşitli çerezlerin saklanması için kullanılan Fluting kâğıdıdır. Plastik paketlerden plastik 4 paketi, yine çeşitli gıdaların taşınması ve saklanması için kullanılan Polietilen (PE) yapısında olup şeffaf naylon poşettir. Plastik 5 paketi ülkemizde ticari olarak üretilen nohut ambalajı olarak kullanılan Polipropilen (PP) gıda paketidir. Plastik 5 (Polipropilen -PP) nolu gıda paketinin dikiş yerlerinde paketin iç basıncını azaltmak için ortalama 3 mm ve 4 mm çaplarında deliklerin mevcut olduğu görülmüştür. Araştırdığımızda piyasadaki tüm nohut paketlerinde deliklerin mevcut olduğunu ve diğer gıda ürünleri paketlerinde de yine paketlerin iç basıncını azaltmak, sıcaklık ve nemden dolayı paket şişkinliğini azaltmak için farklı

boyutlarda delikler oluşturulduğunu gözlemledik. Mevcut çalışmamızda plastik 5 (Polipropilen -PP) nolu gıda paketi üzerinde mevcut bulunan delikler plastik ambalaj bantı yardımıyla kapatıldıktan sonra denemelerde test edilmiştir. Plastik 5 nolu gıda paketinin üreticiler tarafında oluşturulan deliklerin kapatılmadan önce Stereo Mikroskopta çekilen görüntüsü Şekil 3.5’ de verilmiştir. Plastik 6 paketi, yulaf ezmesi ambalajı olarak kullanılan düşük yoğunluklu polietilendir (LDPE). Alüminyum 7, 8 ve 9 paketleri sırasıyla ince, orta ve kalın alüminyum paketler olup yine ülkemizde çeşitli gıdaların ambalajlanmasında kullanılan ambalaj materyalleridir. Çalışmada test edilen üç farklı kağıt tipinin dış ve iç görüntüsü Şekil 3.2’de, farklı tiplerdeki plastik paketlerin dış ve iç görüntüsü Şekil 3.3’de ve farklı kalınlıktaki alüminyum paketlerin dış ve iç görüntüsü Şekil 3.4’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan gıda paketlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3. 1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan gıda ambalaj materyalleri ve özellikleri

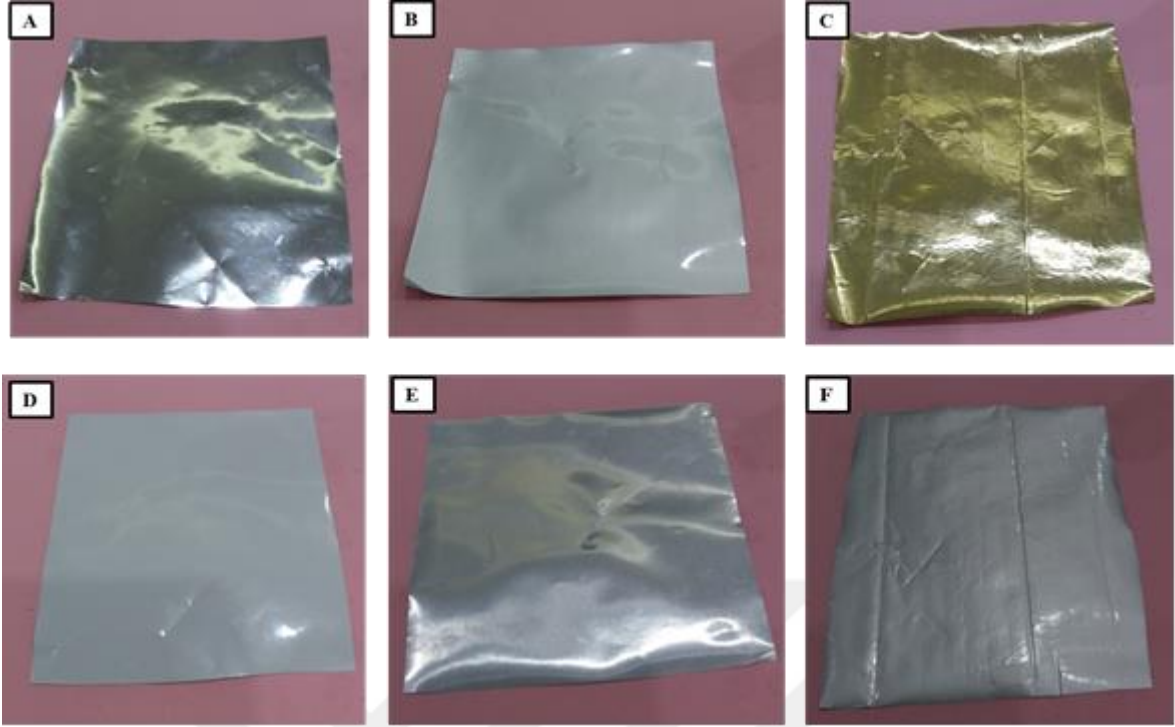
| Ambalajın tipi   |          | Özellikleri                        | Kalınlık (µm) | Renk               |
|------------------|----------|------------------------------------|---------------|--------------------|
| <b>Kâğıt</b>     | <b>1</b> | Kuşe liner                         | 105           | Beyaz              |
|                  | <b>2</b> | Kraft liner                        | 112           | Kahverengi         |
|                  | <b>3</b> | Fluting                            | 175           | Kahverengimsi-krem |
| <b>Plastik</b>   | <b>4</b> | Polietilen (PE)                    | 43            | Şeffaf- renksiz    |
|                  | <b>5</b> | Polipropilen (PP)                  | 65            | Şeffaf- renksiz    |
|                  | <b>6</b> | Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) | 110           | Şeffaf – renksiz   |
| <b>Alüminyum</b> | <b>7</b> | İnce                               | 90            | Gümüşü- beyaz      |
|                  | <b>8</b> | Orta                               | 107           | Gümüşü- beyaz      |
|                  | <b>9</b> | Kalın                              | 109           | Sarı               |



Şekil 3.2. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan kağıt ambalaj materyalleri kağıt paketlerin dış görüntüsü; kâğıt 1 (A), kâğıt 2 (B) ve kâğıt 3 (C). Paketlerin iç görüntüsü; kâğıt 1 (D), kâğıt 2 (E) ve kâğıt 3 (F)

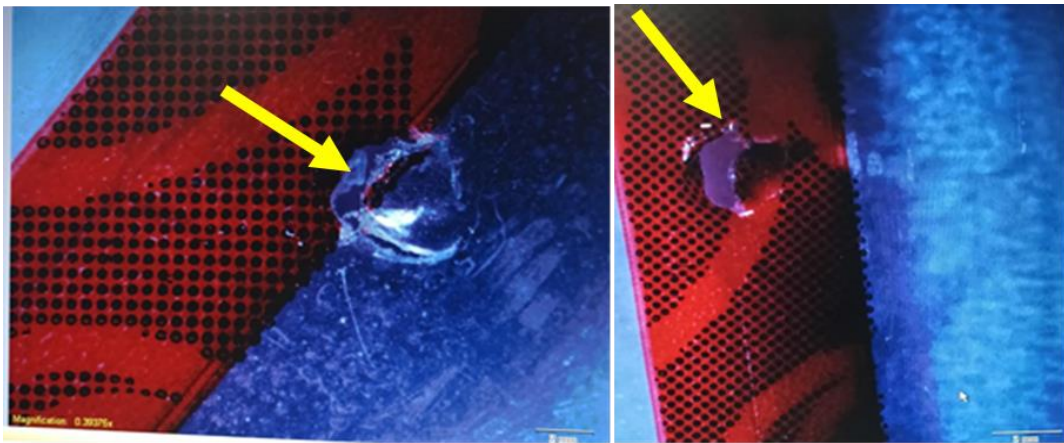


Şekil 3.3. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan plastik paketlerin dış görüntüsü; Plastik 4 (A), plastik 5 (B) ve plastik 6 (C). Paketlerin iç görüntüsü; Plastik 4 (D), plastik 5 (D) ve plastik 6 (F).



Şekil 3.4. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde kullanılan alüminyum paketlerin dış görüntüsü; Alüminyum 7 (A), alüminyum 8 (B) ve alüminyum 9 (C). Paketlerin iç görüntüsü; Alüminyum 7 (D), alüminyum 8 (E) ve alüminyum 9 (F).

Çalışmada kullanılan plastik 5 (Polipropilen (PP)) nolu gıda paketi üzerinde üreticiler tarafından paketlerin iç basıncını azaltmak için oluşturulan delikler ambalaj bandı yardımıyla kapatıldıktan sonra denemelerde test edilmiştir. Plastik paketlerin üzerindeki deliklerin kapatılmadan önce Stereo Mikroskopta çekilen görüntüsü Şekil 3.5’de verilmiştir.



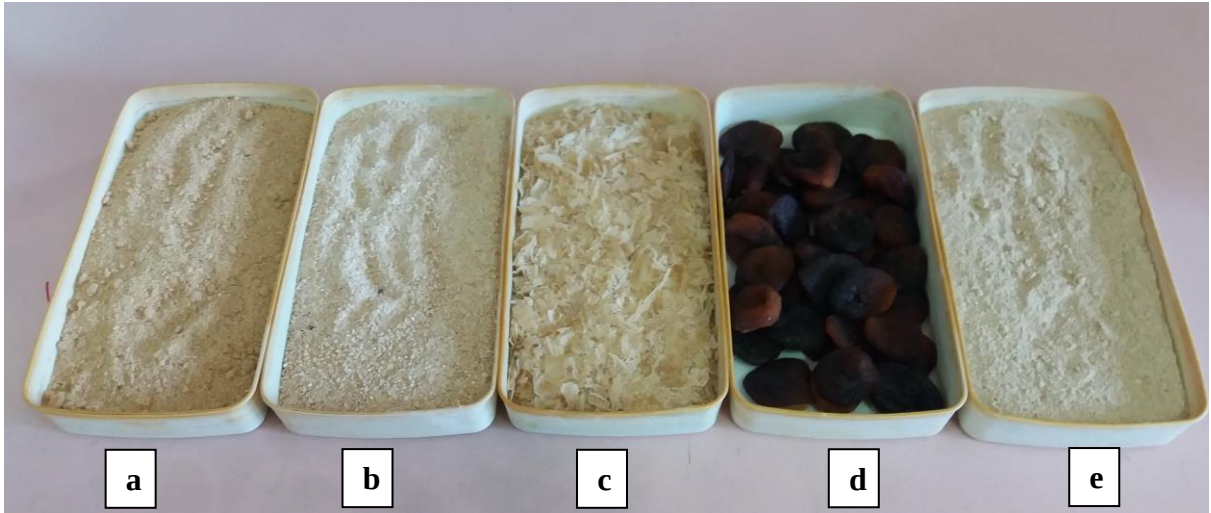
Şekil 3.5. Test edilen nohut paketi üzerinde paketin iç basıncını azaltmak için mekanik olarak oluşturulan deliklerin Stereo Mikroskoptaki görüntüsü



### 3.1.3. Pentrasyon ve aşındırma testlerinde böcekler için kullanılan besin çeşitleri

Hücre testlerinde *O. surinamensis* erginleri hariç her böcek türü için kendi kültür besinleri kullanılmıştır. *Plodia interpunctella* larvaları için buğday kepeği, mısır unu, gliserin, glikoz şurubu ve mayadan oluşan karışım (a), *R. dominica* erginleri için buğday kırmısı (b), *L. serricorne* erginleri için buğday kırmısı ve tarhana karışımı (c), *O. surinamensis* erginleri için kuru kayısı (d) ve *T. granarium* larvaları için köpek maması, yulaf ezmesi ve buğday ruşeymi karışımı (e) kullanılmıştır. Hücreli plaka testlerinde böcekler için kullanılan besin çeşitleri Şekil 3.6' da verilmiştir.

Plastik kutu testlerinde ise *R. dominica* erginleri, *P. interpunctella* larvaları, *T. granarium* larvaları, *L. serricorne* erginleri için hücreli plaka testlerinde kullanılan besinler kullanılmıştır *Oryzaephilus surinamensis* erginleri için ise buğday kırmısı ve yulaf ezmesi karışımı kullanılmıştır. Yulaf ezmesi paketleri ve nohut paketleri marketten alındığı gibi ambalajı bozulmadan kutuya yerleştirilip çalışmada kullanılan tüm böcekler için test edilmiştir. Yulaf ezmesi paketi ve nohut paketleri tüm böcekler için test edilmiştir. Diğer gıda paketleri ise her böceğin kendi besini ile doldurulup ağzı kapatıldıktan sonra test edilmiştir. Plastik kutu testlerinde her böcek için ayrı ayrı kullanılan besin çeşitleri Şekil 3.7' de verilmiştir.



Şekil 3.6. Hücreli plaka testlerinde kullanılan besin çeşitleri; *Plodia interpunctella* besini (a), *Rhyzopertha dominica* besini (b), ve *Lasioderma serricorne* besini (c), *Oryzaephilus surinamensis* besini (d) ve *Trogoderma granarium* besini (e).



Şekil 3.7. Plastik kutu testlerinde kullanılan besin çeşitleri *Rhyzopertha dominica* besini (a), *Plodia interpunctella* besini (b), *Oryzaephilus surinamensis* besini (c), *Trogoderma granarium* besini (d) ve *Lasioderma serricorne* besini (e) ve tüm böcek türleri için kullanılan PP plastik paket içerisindeki nohut (f) ve LDPE plastik paket içerisindeki yulaf ezmesi (g)

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Test edilen depolanmış ürün zararlısı böcek türlerinin yetiştirilmesi

*Rhyzopertha dominica*'nın yetiştirilmesinde besin olarak Elbistan Yazlığı yumuşak ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Kültürün yetiştirilmesinde kullanılan buğdayın herhangi bir böcek ile bulaşık olabilme ihtimaline karşı bir hafta süre ile -20 °C'de derin dondurucuda tutulmuştur. Hazırlanan kültür şişelerine 400-500 gr buğday ilave edildikten sonra yumurtalar ilave edilmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginleri yumurtalarını dane üzerine yapıştırmakta ancak bu yumurtalar eleme işlemleri sırasında daneler üzerinden kolay bir şekilde düşmektedir. Bu nedenle *R. dominica* erginleri % 5 kuru maya içeren buğday unu içerisinde 2 gün tutulmuş ve yumurta bırakması sağlanmıştır. İçerisinde ergin bulunan kavanozlar 2. gün sonunda 500 µm ve 212 µm 'lik elek kombinasyonu ile elenmiştir. Bu eleme işlemi sonucunda böcekler 500 µm' lik elekte, yumurtalar 212 µm'lik elekte ve un ise toplama kabında birikmiştir. 212 µm' lik elekte biriken yumurtalar elekten alınıp daha önce hazırlanmış olan içerisinde buğdayın bulunduğu 3 litrelik şişelerinin içerisine alınmıştır. Hazırlanan kültür kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılmıştır. Kültürler 30±1 °C ve % 65±5 nem koşullarında böcek üretim odasında karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.

*Oryzaephilus surinamensis*'in yetiştirilmesinde besin olarak yumuşak ekmeklik buğday, yulaf ezmesi ve kuru mayadan oluşan 100-200 g karışım kullanılmıştır.

Hazırlanan karışım herhangi bir böcek ile bulaşık olabilme ihtimaline karşı bir hafta süre ile -20°C’de derin dondurucuda tutulmuştur. *O. surinamensis*’in yumurtalarını elde etmek amacıyla yumuşak ekmeklik buğday ile yulaf ezmesi karışımı kullanılmıştır. Bu karışım içerisine 500–1000 adet *O. surinamensis* ergini konulmuş ve 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Beşinci gün sonunda buğday-yulaf ezmesi karışımı 2 mm, 500 µm ve toplama kabı kullanılarak elenmiş ve tahıl danelerinin 2 mm’lik elekte, böceklerin 500 µm ’lik elekte ve yumurtaların da toplama kabında toplanması sağlanmıştır. Elde edilen yumurtalar yulaf ezmesi, yumuşak ekmeklik buğday ve kuru mayadan oluşan besin karışımına eklenmiş ve hazırlanan 1 litrelik kültür kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılıp 30±1 °C ve % 65±5 nem koşullarında böcek üretim odası içerisinde karanlık ortamda kültüre alınmıştır.

*Lasioderma serricorne*’ nin yetiştirilmesinde besin olarak buğday kırması ve tarhanadan oluşan 200-300 g karışım hazırlanmıştır. Kültürün yetiştirilmesinde kullanılan Elbistan Yazlığı yumuşak ekmeklik buğday çeşidi kırma makinesinde kaba irilikte öğütülmüş ve 2 mm’lik elekte elenip herhangi bir böcek ile bulaşık olabilme ihtimaline karşı bir hafta süre ile -20 °C’de derin dondurucuda tutulmuştur. *Lasioderma serricorne*’ nin yumurtalarını elde etmek için erginleri % 5 kuru maya içeren buğday unu içerisinde 2 gün tutulmuş ve yumurta bırakması sağlanmıştır. İçerisinde *L. serricorne* erginlerinin bulunduğu kavanozlar 2. gün sonunda 500 µm ve 212 µm ’lik elek kombinasyonu ile elenmiştir. Bu eleme işlemi sonucunda erginler 500 µm’ lik elekte, yumurtalar 212 µm’ lik elekte ve un ise toplama kabında birikmiştir. 212 µm’ lik elekte biriken yumurtalar elekten alınıp daha önce hazırlanmış olan buğday kırması ve tarhana karışımının bulunduğu 1 litrelik şişelerin içerisine alınıp hazırlanan kültür kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılıp 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında böcek üretim odasında karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.

*Trogoderma granarium*’ un yetiştirilmesinde besin olarak köpek maması, yulaf ezmesi ve buğday ruşeymi kullanılmıştır. İki yüz gram köpek maması, 100 g yulaf ezmesi ve 100 g buğday ruşeymi karışımı mikserden geçirilmiştir. Hazırlanan bu karışım herhangi bir böcek ile bulaşık olabilme ihtimaline karşı bir hafta süre ile -20°C’de derin dondurucuda tutulmuştur. *Trogoderma granarium*’ un yumurtalarını elde etmek için % 5 kuru maya içeren buğday unu içerisine 100 veya 200 ergin bırakılmıştır ve 2 gün tutulup

yumurta bırakması sağlanmıştır. İçerisinde *T. granarium* erginlerinin bulunduğu kavanozlar 2. gün sonunda 500 µm ve 212 µm 'lik elek kombinasyonu ile elenmiştir. Bu eleme işlemi sonucunda böcekler 500 µm' lik elekte, yumurtalar 212 µm' lik elekte ve un ise toplama kabında birikmiştir. 212 µm' lik elekte biriken yumurtalar elekten alınıp daha önce hazırlanmış olan köpek maması, yulaf ezmesi ve buğday ruşeymi karışımının bulunduğu 1 litrelik şişelerin içerisine alınmıştır. Hazırlanan kültür kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılıp ve 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında böcek iklim odalarında karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.

*Plodia interpunctella*' nın yetiştirilmesinde besin olarak buğday unu kepeği, mısır unu, gliserin, glikoz şurubu ve maya kullanılmıştır. Alınan mısır unu ve buğday unu kepeğinin herhangi bir böcek bulaşması ihtimaline karşı bir hafta süre ile - 20°C'de derin dondurucuda tutulmuştur. İki kg un kepeği, 350 g mısır unu, 350 ve 400 ml gliserin, 450-500 ml glikoz şurubu ve bir çay kaşığı maya karıştırılarak iyice yoğrulmuş ve yumurtaların ilavesi için besin kültürü hazır bulundurulmuştur. *Plodia interpunctella* erginlerinin yumurtalarını elde etmek için erginler vakum pompası ile çekilip 1 litrelik şişelere bırakılıp kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılmıştır. Bir gün boyunca kültür odasında bekletilmiştir. Ertesi gün, yumurtaların geçebileceği delikli bir tül şişenin ağzına kapatılıp ters çevrilerek yumurtalar elde edilmiştir. Elde edilen bu yumurtalar daha önceden hazırlanmış olan 3 litrelik besin şişelerine ilave edilip hazırlanan kültür kavanozlarının ağızları kavanozların içerisine hava girişini engellemeyecek genişlikteki tül ile kapatılıp 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında böcek iklim odasında karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.

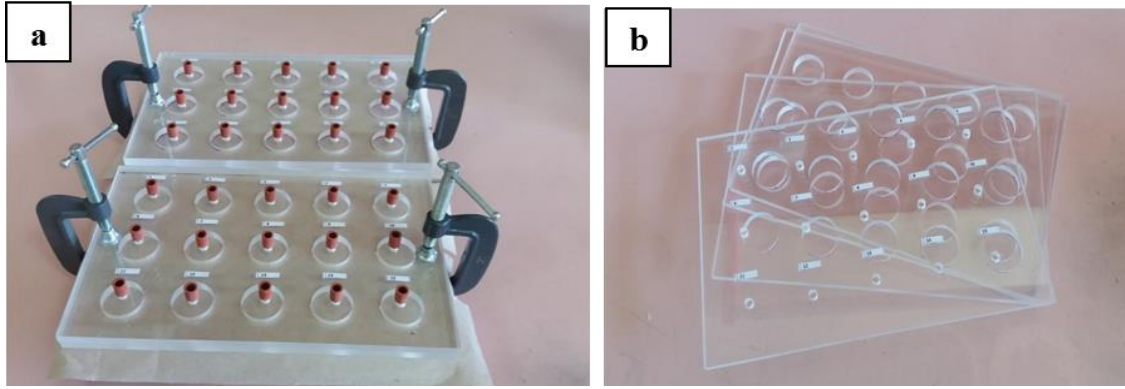
### **3.2.2. Gıda ambalaj materyalleri üzerinde yürütülen penetrasyon ve aşındırma testleri**

Bu çalışmada 5 böcek türü ve her böcek türü için 9 adet (3 adet kâğıt, 3 adet plastik ve 3 adet alüminyum) gıda paketi test edilmiş olup iki farklı penetrasyon ve aşındırma test yöntemi kullanılmıştır.



### 3.2.2.1. Hücreli plakalar üzerinde yürütülen pentrasyon ve aşındırma testleri

Hücreli plakalar üzerinde yürütülen pentrasyon ve aşındırma testlerinde Kim ve ark. (2013) tarafından tanımlanan hücreli plaka deneme düzeneği modifiye edilerek kullanılmıştır. Hücreli plaka deneme düzeneği 15 hücreden oluşan şeffaf plastik mikadan yapılmış levhalardan oluşmaktadır. En alt kısımda düz deliksiz plaka ve onun üstüne hücreli plaka yerleştirilip hücreler test edilen böceklerin besinleriyle doldurulmuştur (Şekil 3.8). Her paket ve deneme için 3 tekerrür ve her tekerrür için 10 hücre olmak üzere toplam 30 hücre kullanılmıştır. *O. surinamensis* hariç (*O. surinamensis* erginlerinin hücre testlerinde besin olarak kayısı kullanılmıştır) diğer böcek türlerinin kendi kültür besinlerinde kullanılan besinler ile doldurulmuş ve üzerine test edilecek paket yerleştirilip paketin üzeri alttaki hücrelere denk gelen hücrelere bölünmüş plakayla kapatılmıştır ve paketin üzerindeki her hücreye fırça yardımıyla bir böcek bırakılmıştır ve onun üstüne de böceklerin hava almasını sağlamak için küçük deliklerin bulunduğu plaka yerleştirilip plakaların her iki tarafından kısıkaçlarla iyice sıkılmıştır en üsteki plakalarda böceklerin hava alması için oluşturulan delikler iki günde bir açıp tekrar kapatmak için plastik bir tıkaç kullanılarak kapatılmıştır (Şekil 3.8). Karanlık ortam oluşturmak için karton kutulara yerleştirdikten sonra  $30\pm1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm5$  nem koşullarında karanlık ortamda 1 hafta boyunca muhafaza edilmiştir ve iki günde bir böceklerin hava alması için tıkaçlar çıkartılıp tekrar yerleştirilmiştir. Denemelerde 1., 3., 5. ve 7. günlerde her hücre için paketi delme, aşındırma ve böcek ölüm oranları kontrol edilerek not edilmiştir. Böceklerin paketler üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin sayısı ve yine böceklerin paketlere giriş deliği oluşturmak için uğraşıp meydana getirdiği çizik ve çiğneme izlerinin sayısı Stereo Mikroskop yardımıyla belirlenmiştir. Paketlerde penetrasyon (delme); çalışmada kullanılan böcek türlerinin test edilen paketlerin üzerinde giriş deliği oluşturarak ürün içerisine penetre olma durumudur. Paketlerdeki aşındırma ise; böcek türlerinin paketler üzerinde delik oluşturmaya çalışırken meydana getirdikleri çizik, kesik ve çiğneme izleridir..Ayrıca, ambalaj malzemelerinin zarar gören yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüleri alınarak ambalaj üzerinde açılan deliklerin şekilleri de analiz edilmiştir.



Şekil 3.8. Hücreli plaka testlerinde kullanılan deneme düzeneği materyali (a) ve mikadan oluşan plakaların görünüşü (b).

### 3.2.2.2. Plastik kutular üzerinde yürütülen penetrasyon ve aşındırma testleri

Bu test yöntemi test edilen böcek türlere market tipi benzeri ve tamamen doğal bir ortam oluşturmak için kullanılmıştır. Plastik kutular üzerinde yürütülen penetrasyon ve aşındırma testlerinde ağzı kilitlenebilen 28 x 41 x 14 cm ölçüsündeki plastik saklama kutuları kullanılmıştır (Şekil 3.9). Plastik kutu denemelerinde test edilen tüm paketler, her böceğin kendi kültür besinleri ile doldurulup plastik ve alüminyum paketlerin ısıtıcı makinesiyle ağızları kapatılmıştır kâğıt paketlerde ise kapatmak için yapıştırıcı kullanılmıştır. Plastik 6 (Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)) ve plastik 5 (Polipropilen (PP)) paketleri ise marketten alındığı gibi hiçbir müdahale yapılmadan deneme kutularına yerleştirilmiş ve her böcek için penetrasyon ve aşındırma oranları belirlenmiştir. LDPE ve PP paketlerinde bulunan besin sırasıyla yulaf ezmesi ve nohut. Kutulara yerleştirilen gıda paketlerinin üzerine böcekler bırakılmıştır. *Rhyzopertha dominica*, *O. surinamensis* ve *L. serricornis*' nin ergin testlerinde gıda paketleri üzerine 100 adet karışık cinsiyette 7-10 günlük ergin bireyler bırakılmıştır. *Plodia interpunctella* ve *T. granarium*' un larva testlerinde ise her bir kutudaki paket üzerine 50 adet karışık cinsiyette 3. dönem larva bırakılmıştır ve kapakları kapatılıp kenarlardaki kısıcılarla sıkıştırılmıştır.

Plastik kutuların iç kısmında böceklerin çıkışını engellemek için paketin yerleştiği kısmın biraz yukarisından bir parmak kalınlığında gres yağıyla bir şerit çizilmiştir ve yine böceklerin çıkışını engellemek için kapakların kenarları süngerlerle sıkıştırılıp bantlanmıştır. Böceklerin hava alması için plastik kapaklarda iğne ile küçük delikler açılmıştır (Şekil 3.9). Plastik test kutuları 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında

karanlık ortamda 2 hafta boyunca muhafaza edilmiştir. Test edilen her paket ve her böcek için bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. On dördüncü gün sonunda kutular açılıp penetrasyon, aşındırma ve paketlerin içindeki veya dışındaki ölü canlı böcek sayısı incelenerek not edilmiştir. Test edilen her bir böcek türü ve ambalaj malzemesi için paketlerde penetrasyon oranları veya zedelenme oranları Stereo Mikroskop yardımıyla belirlenmiştir. Ambalaj malzemelerinin zarar gören yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüleri alınarak ambalaj üzerinde açılan deliklerin şekilleri analiz edilmiştir.



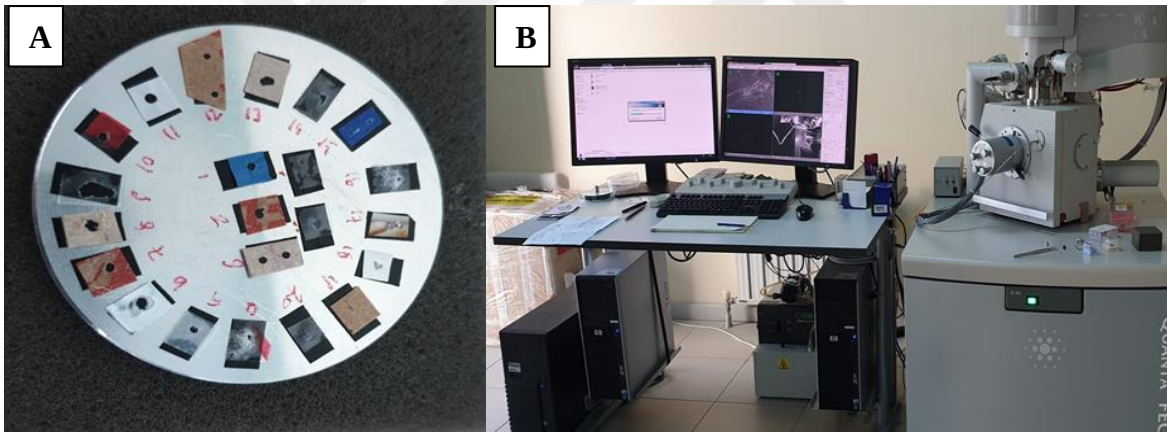
Şekil 3.9. Plastik kutu testlerinde kullanılan ağzı kilitlenebilen saklama kapları

### 3.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizi

Biyolojik hücre testlerinde her böcek için 1., 3., 5. ve 7. günlerdeki test edilen paketlerin delme oranları ve aşındırma oranlarını içeren EXCEL tabloları oluşturulmuştur. Hücre testlerinde her bir paket için 1., 3., 5. ve 7. günlerde paketler üzerinde üretilen delik ve aşındırma sayısı denemede kullanılan böcek sayısına bölünerek ayrı ayrı kümülatif delme ve aşındırma oranları (%) hesaplandıktan sonra SAS 9 (SAS Ins., 2009) istatistik programı kullanılarak üç faktörlü (ana faktörler; böcek türü , paket tipi ve süre) varyans analizine (ANOVA) (Proc GLM;SAS Ins., 2009) tabi tutulmuştur. Paket delme ve aşındırma oranları arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir. Kümülatif delme ve aşındırma oranları 1. günden 7. güne kadar her gözlem

süresinde elde edilen böceklerin paketleri delme ve aşındırma oranlarını üst üste toplayarak hesaplanmıştır.

Plastik kutu testlerinde 5 böcek türü için 14. günde paket delme oranlarını ve aşındırma oranlarını içeren EXCEL tablosu oluşturulmuştur. Paket delme oranı (%) ve aşındırma oranları (%) hesaplandıktan sonra SAS 9 (SAS Ins. 2009) istatistik programı kullanılarak çift yönlü (faktörler; böcek türü ve paket tipi) varyans analizine (ANOVA) (Proc GLM SAS Ins., 2009) tabi tutulmuştur. Paket delme ve aşındırma oranları arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir. Test edilen her bir böcek türü ve ambalaj materyalleri için paketlerde penetrasyon oranları veya aşındırma oranları Stereo Mikroskop yardımıyla belirlenmiştir. Ambalaj malzemelerinin zarar gören yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüleri alınarak ambalaj üzerinde açılan şekilleri analiz edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Penetrasyon ve aşındırma testlerinde böcekler tarafından delik ve aşındırma oluşturulan paketlerin hazırlanması (A) ve örneklerin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntülerinin alınması (B) (NABİLTEM/Namık Kemal Üniversitesi-Tekirdağ).

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Hücre Denemelerinin Sonuçları

#### 4.1.1. Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerde delik açma oranları

Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlerin ve faktörlerin birbiriyle etkileşimini için ANOVA parametreleri Çizelge 4. 1’ de verilmektedir. Yapılan üç faktörlü varyans analizleri sonucunda böcek türünün, paket tipinin ve maruz bırakma süresinin paketleri delme oranı üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkiye sahip olduğu bulunmuştur ( $P<0.0001$ ). Benzer şekilde böcek türü  $\times$  paket tipi ( $P<0.0001$ ), böcek türü  $\times$  maruz bırakma süresi ( $P<0.0001$ ), paket  $\times$  maruz bırakma süresi ( $P=0.003$ ) ve böcek türü  $\times$  paket tipi  $\times$  maruz bırakma süresi ( $P<0.0001$ ) etkileşimlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlere ve faktörlerin birbiriyle etkileşimlerine ait ANOVA parametreleri (Hatanın serbestlik derecesi: 360)

| Faktörler ve etkileşimler                                    | s.d.* | <i>F</i> | <i>P</i> |
|--------------------------------------------------------------|-------|----------|----------|
| Böcek türü                                                   | 4     | 55.0     | <0.0001  |
| Paket tipi                                                   | 8     | 28.79    | <0.0001  |
| Maruz bırakma süresi                                         | 3     | 13.64    | <0.0001  |
| Böcek türü $\times$ paket tipi                               | 32    | 33.44    | <0.0001  |
| Böcek türü $\times$ maruz bırakma süresi                     | 12    | 4.10     | <0.0001  |
| Paket tipi $\times$ maruz bırakma süresi                     | 24    | 2.07     | 0.003    |
| Böcek türü $\times$ paket tipi $\times$ maruz bırakma süresi | 96    | 2.18     | <0.0001  |

\*s.d.: Serbestlik derecesi

Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları Çizelge 4.2’de verilmektedir. Hücre denemelerinde 1. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *P. interpunctella* larvaları, *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1 ve kâğıt 2 ve *O. surinamensis* erginlerinin ise yalnızca kâğıt 3 paketini delebildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=8.00$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerin kâğıt 1’i delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.2). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1’de *R. dominica* erginlerinin paketi delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 1. gün sonunda *R. dominica* ve *O. surinamensis* erginlerinin yalnızca kâğıt paketleri delebildiği tespit edilmiştir ve tüm böcek türlerinin paketleri delme oranlarının çok düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları

| Paket tipi    |      | Paketi delme oranı (%) $\pm$ Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                       |
|---------------|------|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|               |      | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)        | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                     |
| Kâğıt         | 1    | 13.3 $\pm$ 3.3<br><b>Aa</b>                | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                    | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>               | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | F <sub>4,10</sub> =16.0<br>P<0.0001 |
|               | 2    | 3.3 $\pm$ 3.3<br><b>b</b>                  | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | F <sub>4,10</sub> =1.0<br>P=0.452   |
|               | 3    | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                      | 0 $\pm$ 0                            | 6.6 $\pm$ 6.6                            | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | F <sub>4,10</sub> =1.0<br>P=0.452   |
| Plastik       | PE   | 4                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
|               | PP   | 5                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
|               | LDPE | 6                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
| Alüminyum     |      | 7                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
|               |      | 8                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
|               |      | 9                                          | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                   |
| F ve P değeri |      | F <sub>8,18</sub> =8.00<br>P<0.0001        | -                                    | F <sub>8,18</sub> =1.00<br>P=0.469       | -                                   | -                                    |                                     |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre testlerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları Çizelge 4.3’de verilmektedir. Hücre denemelerinde 3. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne*’nin erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1, kâğıt 2 ve kâğıt 3, *P. interpunctella* larvalarının plastik paketlerden plastik 4 ve plastik 5’i ve *O. surinamensis*’in erginlerinin ise yalnızca kâğıt 3 paketini delebildiği belirlenmiştir.

*Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=23.60$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. *O. surinamensis*' erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasından istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=4.00$ ,  $P<0.05$ ). *Oryzaephilus surinamensis*' erginlerinin kâğıt 3'ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri delme oranları arasından istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1 ve kâğıt 2'de *R. dominica* erginlerinin delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur ve delme oranı en yüksek ve önemli olan kâğıt 1 iken ondan sonra kâğıt 2 gelmektedir. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 3. gün sonunda *R. dominica* ve *O. surinamensis* erginlerinin yalnızca kâğıt paketleri ve *P. interpunctella* larvalarının ise yalnızca plastik paketleri delebildiği tespit edilmiştir.



Çizelge 4.3. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları

| Paket tipi    |      | Kümülatif delme oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                        |
|---------------|------|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|               |      | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)       | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                      |
| Kâğıt         | 1    | 33.3±3.3<br>Aa                            | 0±0<br>B                             | 0±0<br>Bb                                | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =100.0<br>P<0.0001 |
|               | 2    | 20±5.7<br>Ab                              | 0±0<br>B                             | 0±0<br>Bb                                | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =12.0<br>P<0.001   |
|               | 3    | 3.3±3.3<br>c                              | 0±0                                  | 20±10<br>a                               | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =3.4<br>P=0.053    |
| Plastik       | PE   | 4                                         | 0±0<br>c                             | 10±5.7                                   | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =3.0<br>P=0.072    |
|               | PP   | 5                                         | 0±0<br>c                             | 3.3±3.3                                  | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =1.0<br>P=0.452    |
|               | LDPE | 6                                         | 0±0<br>c                             | 0±0                                      | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | -                                    |
| Alüminyum     |      | 7                                         | 0±0<br>c                             | 0±0                                      | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | -                                    |
|               |      | 8                                         | 0±0<br>c                             | 0±0                                      | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | -                                    |
|               |      | 9                                         | 0±0<br>c                             | 0±0                                      | 0±0<br>b                            | 0±0                                  | -                                    |
| F ve P Değeri |      | F <sub>8,18</sub> =23.60<br>P<0.0001      | F <sub>8,18</sub> =2.31<br>P=0.067   | F <sub>8,18</sub> =4.00<br>P<0.05        | -                                   | -                                    |                                      |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre denemelerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları Çizelge 4.4' de verilmektedir. Hücre denemelerinde 5. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1, kâğıt 2, kâğıt 3 ve plastik paketlerden sadece plastik 5'i, *P. interpunctella* larvaları kâğıt 2, plastik 4 ve plastik 5'i ve *O. surinamensis* erginlerinin ise sadece kâğıt 3 paketini delebildiği

belirlenmiştir. *R. dominica* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=12.18$ ,  $P<0.0001$ ). *R. dominica* erginlerinin kâğıt 1 ve kâğıt 2'yi delme oranı diğer paket materyallerini delme oranları arasında istatistiki olarak önemli farklılığın olduğu bulunmuştur. *Plodia interpunctella* larvalarının test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=3.60$ ,  $P<0.05$ ). *Plodia interpunctella* larvalarının plastik 4'ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu ve ikinci olarak kâğıt 2'nde diğer paket materyallerine oranla önemli seviyede yüksek olduğu bulunmuştur.

*Oryzaephilus surinamensis* erginlerinde test edilen paketlerin delme oranları arasında istatistiki olarak önemli farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=16.00$ ,  $P<0.0001$ ). *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin kâğıt 3'ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.4). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1 ve kâğıt 2'de *R. dominica* erginlerinin, kâğıt 3'de *O. surinamensis* erginlerinin ve plastik 4'te ise *P. interpunctella* larvalarının delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 5. gün sonunda *R. dominica* erginleri ve *P. interpunctella* larvalarının kâğıt ve plastik paketleri, *O. surinamensis* erginlerinin ise yalnızca kâğıt paketleri delebildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları

| Paket tipi    |           | Kümülatif delme oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                       |
|---------------|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)       | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                     |
| Kâğıt         | 1         | 46.6±8.8<br><b>Aa</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =28.0<br>P<0.0001 |
|               | 2         | 26.6±8.8<br><b>Aab</b>                    | 6.6±6.6<br><b>ABab</b>               | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =5.5<br>P<0.05    |
|               | 3         | 10±5.7<br><b>ABbc</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                     | 26.6±6.6<br><b>Aa</b>                    | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =8.71<br>P<0.005  |
| Plastik       | PE<br>4   | 0±0<br><b>Bc</b>                          | 13.3±3.3<br><b>Aa</b>                | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =16.0<br>P<0.0001 |
|               | PP<br>5   | 3.3±3.3<br><b>bc</b>                      | 3.3±3.3<br><b>b</b>                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =0.8<br>P=0.452   |
|               | LDPE<br>6 | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
| Alüminyum     | 7         | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
|               | 8         | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
|               | 9         | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
| F ve P değeri |           | F <sub>8,18</sub> =12.18<br>P<0.0001      | F <sub>8,18</sub> =3.60<br>P<0.05    | F <sub>8,18</sub> =16.00<br>P<0.0001     | -                                   | -                                    |                                     |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre denemelerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları Çizelge 4.5’de verilmektedir. Hücre denemelerinde 7. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1, kâğıt 2, kâğıt 3 ve plastik 5’i, *P. interpunctella* larvaları kâğıt 2, plastik 4 ve plastik 5’i ve *O. surinamensis* erginlerinin ise sadece kâğıt 3 paketini delebildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica*

erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=16.55$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1 ve kâğıt 2'yi delme oranı diğer paket materyallerini delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu bulunmuştur. *Plodia interpunctella* larvalarının test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=4.29$ ,  $P<0.05$ ). *P. interpunctella* larvalarının plastik 4'ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur.

*Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=16.00$ ,  $P<0.0001$ ). *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin kâğıt 3'ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.5). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1 ve kâğıt 2'de *R. dominica* erginlerinin, kâğıt 3'de *O. surinamensis* erginlerinin ve plastik 4'te ise *P. interpunctella* larvalarının delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 7. gün sonunda *R. dominica* erginleri ve *P. interpunctella* larvaları kâğıt ve plastik paketleri, *O. surinamensis* erginlerinin ise yalnızca kâğıt paketleri delebildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif delme oranları

| Paket tipi    |      | Kümülatif delme oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                       |
|---------------|------|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|               |      | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)       | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                     |
| Kâğıt         | 1    | 46.6±8.8<br><b>Aa</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =28.0<br>P<0.0001 |
|               | 2    | 30±5.7<br><b>Aab</b>                      | 6.6±6.6<br><b>Bab</b>                | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =10.9<br>P<0.01   |
|               | 3    | 10±5.7<br><b>ABbc</b>                     | 0±0<br><b>Bb</b>                     | 26.6±6.6<br><b>Aa</b>                    | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =8.7<br>P<0.05    |
| Plastik       | PE   | 4                                         | 0±0<br><b>Bc</b>                     | 16.6±3.3<br><b>Aa</b>                    | 0±0<br><b>Bb</b>                    | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =25.0<br>P<0.0001 |
|               | PP   | 5                                         | 3.3±3.3<br><b>c</b>                  | 3.3±3.3<br><b>ab</b>                     | 0±0<br><b>b</b>                     | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =0.75<br>P=0.580  |
|               | LDPE | 6                                         | 0±0<br><b>c</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0<br><b>b</b>                     | 0±0                                  | -                                   |
| Alüminyum     | 7    | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
|               | 8    | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
|               | 9    | 0±0<br><b>c</b>                           | 0±0<br><b>b</b>                      | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                   |
| F ve P değeri |      | F <sub>8,18</sub> =16.55<br>P<0.0001      | F <sub>8,18</sub> =4.29<br>P<0.005   | F <sub>8,18</sub> =16.00<br>P<0.0001     | -                                   | -                                    |                                     |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

#### 4.1.2. Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları

Test edilen böceklerin paketleri aşındırma oranları için ana faktörlere ve bu faktörlerin birbiriyle interaksyonuna ait ANOVA parametreleri Çizelge 4.6'da verilmektedir. Yapılan üç faktörlü varyans analizleri sonucunda böcek türünün, paket tipinin ve maruz bırakma süresinin paketleri aşındırma oranı üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkiye sahip olduğu bulunmuştur (P<0.0001). Böcek türü × maruz

bırakma süresi ( $P=0.093$ ) interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmazken böcek türü  $\times$  paket tipi ( $P<0.0001$ ), paket tipi  $\times$  maruz bırakma süresi ( $P<0.0001$ ) ve böcek türü  $\times$  paket tipi  $\times$  maruz bırakma süresi ( $P=0.024$ ) interaksyonlarının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.6. Test edilen böceklerin paketleri aşındırma oranları için ana faktörlere ve faktörlerin birbiriyle interaksyonuna ait ANOVA parametreleri (Hatanın serbestlik derecesi: 360)

| Faktörler ve interaksyonlar                    | s.d. | F     | P       |
|------------------------------------------------|------|-------|---------|
| Böcek türü                                     | 4    | 14.80 | <0.0001 |
| Paket tipi                                     | 8    | 24.81 | <0.0001 |
| Maruz bırakma süresi                           | 3    | 15.18 | <0.0001 |
| Böcek türü x paket tipi                        | 32   | 10.62 | <0.0001 |
| Böcek türü x maruz bırakma süresi              | 12   | 1.58  | =0.093  |
| Paket tipi x maruz bırakma süresi              | 24   | 4.33  | <0.0001 |
| Böcek türü x paket tipi x maruz bırakma süresi | 96   | 1.36  | =0.024  |

\*s.d.: Serbestlik derecesi

Hücre testlerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1. gün sonunda kağıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları Çizelge 4.7’de verilmektedir. Hücre denemelerinde 1. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *P. interpunctella* larvaları, *T. granarium* larvaları, *O. surinamensis* erginleri ve *L. serricorne* erginleri test edilen kağıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini aşındırmadığı görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kağıt 1 paketini aşındırabildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=4.00$ ,  $P<0.05$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1’i aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.7). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1’de *R. dominica* erginlerinin paketi aşındırma oranı diğer test edilen böcek türlerinin

paketi aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri aşındırma oranları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 1. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin yalnızca kâğıt paketleri aşındırabildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 1. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları

| Paket tipi    |           | Paketi aşındırma oranı (%) $\pm$ Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                    |
|---------------|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)            | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                  |
| Kâğıt         | 1         | 6.6 $\pm$ 3.3<br><b>Aa</b>                     | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                    | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>               | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | F <sub>4,10</sub> =4.0<br>P<0.05 |
|               | 2         | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
|               | 3         | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
| Plastik       | PE<br>4   | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
|               | PP<br>5   | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
|               | LDPE<br>6 | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
| Alüminyum     | 7         | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
|               | 8         | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
|               | 9         | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                          | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0                           | 0 $\pm$ 0                            | -                                |
| F ve P değeri |           | F <sub>8,18</sub> =4.0<br>P<0.05               | -                                    | -                                        | -                                   | -                                    |                                  |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre denemelerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3. gün sonunda kağıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları Çizelge 4.8’de verilmektedir. Hücre denemelerinde 3. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini aşındırmadığı görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1 ve kâğıt 3 paketlerini, *P. interpunctella* larvalarının kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini ve *O. surinamensis* erginlerinin ise sadece kâğıt 3 paketini aşındırabildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=6.70$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1’i aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. *Oryzeaphilus surinamensis* erginlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=3.00$ ,  $P<0.05$ ). *Oryzeaphilus surinamensis* erginlerinin kâğıt 3’ü aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.8). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1’de *R. dominica* erginlerinin paketi aşındırma oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri aşındırma oranları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 3. gün sonunda *R. dominica* ve *O. surinamensis* erginlerinin yalnızca kâğıt paketleri ve *P. interpunctella* larvalarının ise hem kâğıt hem de plastik paketleri aşındırabildiği tespit edilmiştir.



Çizelge 4.8. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 3. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları

| Paket tipi    |           | Kümülatif aşındırma oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                      |
|---------------|-----------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)           | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                    |
| Kâğıt         | 1         | 26.6±8.8<br><b>Aa</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                      | 0±0<br><b>Bb</b>                         | 0±0<br><b>B</b>                     | 0±0<br><b>B</b>                      | F <sub>4,10</sub> =9.14<br>P<0.005 |
|               | 2         | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
|               | 3         | 10±5.7<br><b>ab</b>                           | 3.3±3.3                              | 10±5.7<br><b>a</b>                       | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =1.64<br>P=0.239 |
| Plastik       | PE<br>4   | 0±0<br><b>b</b>                               | 6.6±3.3                              | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =4.00<br>P<0.05  |
|               | PP<br>5   | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
|               | LDPE<br>6 | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
| Alüminyum     | 7         | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
|               | 8         | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
|               | 9         | 0±0<br><b>b</b>                               | 0±0                                  | 0±0<br><b>b</b>                          | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                  |
| F ve P Değeri |           | F <sub>8,18</sub> =6.70<br>P<0.0001           | F <sub>8,18</sub> =2.25<br>P=0.073   | F <sub>8,18</sub> =3.00<br>P<0.05        | -                                   | -                                    |                                    |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre denemelerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları Çizelge 4.9’da verilmektedir. Hücre denemelerinde 5. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1, kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini, *P. interpunctella* larvalarının kâğıt 2, kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini, *O. surinamensis* erginlerinin kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini ve *L. serricorne* erginlerinin ve *T. granarium* larvaları ise sadece plastik 4

paketini aşındırabildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=48.58$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1'i aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek iken kâğıt 3 ise diğer paket materyallerine oranla ikinci önemli aşındırma oranına sahip olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.9). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1'de *R. dominica* erginlerinin paketi aşındırma oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri aşındırma oranları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 5. gün sonunda *P. interpunctella*'nın larvaları ve *R. dominica* ile *O. surinamensis* erginlerinin kâğıt ve plastik paketleri ve *L. serricorne* erginleri ile *T. granarium* larvalarının ise sadece plastik paketleri aşındırabildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 5. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları

| Paket tipi    |           | Kümülatif aşındırma oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                        |
|---------------|-----------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)           | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                      |
| Kâğıt         | 1         | 36.6±3.3<br>Aa                                | 0±0<br>B                             | 3.3±3.3<br>B                             | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =58.25<br>P<0.0001 |
|               | 2         | 0±0<br>c                                      | 3.3±3.3                              | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =1.00<br>P=0.452   |
|               | 3         | 23.3±3.3<br>b                                 | 20±15.2                              | 20±11.5                                  | 0±0                                 | 0±0                                  | F <sub>4,10</sub> =1.79<br>P=0.207   |
| Plastik       | PE<br>4   | 6.6±3.3<br>c                                  | 10±5.7                               | 10±5.7                                   | 13.3±8.8                            | 3.3±3.3                              | F <sub>4,10</sub> =0.43<br>P=0.782   |
|               | PP<br>5   | 0±0<br>c                                      | 0±0                                  | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
|               | LDPE<br>6 | 0±0<br>c                                      | 0±0                                  | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
| Alüminyum     | 7         | 0±0<br>c                                      | 0±0                                  | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
|               | 8         | 0±0<br>c                                      | 0±0                                  | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
|               | 9         | 0±0<br>c                                      | 0±0                                  | 0±0                                      | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
| F ve P değeri |           | F <sub>8,18</sub> =48.58<br>P<0.0001          | F <sub>8,18</sub> =1.57<br>P=0.203   | F <sub>8,18</sub> =2.45<br>P=0.054       | F <sub>8,18</sub> =2.29<br>P=0.069  | F <sub>8,18</sub> =1.00<br>P=0.469   |                                      |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Hücre denemelerinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları Çizelge 4.10'da verilmektedir. Hücre denemelerinde 7. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketlerden kâğıt 1, kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini, *P. interpunctella* larvalarının kâğıt 2, kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini, *O. surinamensis* erginlerinin kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini ve *L. serricorne* erginlerinin ve *T. granarium* larvalarının ise sadece plastik 4 paketini aşındırabildiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerin test edilen

paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=48.58$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1'i aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek iken kâğıt 3 ise diğer paket materyallerine oranla ikinci önemli aşındırma oranına sahip olduğu bulunmuştur. *Trogoderma granarium* larvalarının test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=49.00$ ,  $P<0.0001$ ). *Trogoderma granarium* larvalarının plastik 4'ü aşındırma oranı diğer paket materyallerini aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri aşındırma oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.10). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1'de *R. dominica* erginlerinin paketi aşındırma oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi aşındırma oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri aşındırma oranları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre hücre denemelerinin 7. gün sonunda *P. interpunctella*'nın larvaları ve *R. dominica* ile *O. surinamensis*'in erginlerinin kâğıt ve plastik paketleri ve *L. serricorne* erginleri ile *T. granarium*' un larvalarının ise sadece plastik paketleri aşındırabildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Hücre denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 7. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri kümülatif aşındırma oranları

| Paket tipi    |           | Kümülatif aşındırma oranı (%) $\pm$ Standart hata |                                      |                                          |                                      |                                      | F ve P değeri                        |
|---------------|-----------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)               | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva)  | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                      |
| Kâğıt         | 1         | 36,6 $\pm$ 3.3<br><b>Aa</b>                       | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | 6.6 $\pm$ 3.3<br><b>B</b>                | 0 $\pm$ 0<br><b>Bb</b>               | 0 $\pm$ 0<br><b>B</b>                | F <sub>4,10</sub> =57.00<br>P<0.0001 |
|               | 2         | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 3.3 $\pm$ 3.3                        | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | F <sub>4,10</sub> =1.00<br>P=0.452   |
|               | 3         | 23.3 $\pm$ 3.3<br><b>b</b>                        | 20 $\pm$ 15.2                        | 20 $\pm$ 11.5                            | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | F <sub>4,10</sub> =179<br>P=0.207    |
| Plastik       | PE<br>4   | 6.6 $\pm$ 3.3<br><b>c</b>                         | 10 $\pm$ 5.7                         | 10 $\pm$ 5.7                             | 23.3 $\pm$ 3.3<br><b>a</b>           | 3.3 $\pm$ 3.3                        | F <sub>4,10</sub> =2.89<br>P=0.079   |
|               | PP<br>5   | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | -                                    |
|               | LDPE<br>6 | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | -                                    |
| Alüminyum     | 7         | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | -                                    |
|               | 8         | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | -                                    |
|               | 9         | 0 $\pm$ 0<br><b>c</b>                             | 0 $\pm$ 0                            | 0 $\pm$ 0                                | 0 $\pm$ 0<br><b>b</b>                | 0 $\pm$ 0                            | -                                    |
| F ve P değeri |           | F <sub>8,18</sub> =48.58<br>P<0.0001              | F <sub>8,18</sub> =1.57<br>P=0.203   | F <sub>8,18</sub> =2.50<br>P=0.051       | F <sub>8,18</sub> =49.00<br>P<0.0001 | F <sub>8,18</sub> =1.00<br>P=0.469   |                                      |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

## 4.2. Plastik Kutu Denemelerinin Sonuçları

### 4.2.1. Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerde delik açma oranları

Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlere ve bu faktörlerin birbiriyle etkileşimlerine ait ANOVA parametreleri Çizelge 4. 11’de verilmektedir. Yapılan

iki faktörlü varyans analizleri sonucunda böcek türünün ve paket tipinin böceklerin paketleri delme oranı üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkiye sahip olduğu bulunmuştur ( $P<0.0001$ ). Böcek türü x paket tipi interaksiyonunun da istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P<0.0001$ ).

Çizelge 4.11. Test edilen böceklerin paketleri delme oranları için ana faktörlerin ve faktörlerin birbiriyle interaksiyonu için ANOVA parametreleri (Hatanın serbestlik derecesi: 90).

| Faktörler ve interaksiyonlar | s.d. | <i>F</i> | <i>P</i> |
|------------------------------|------|----------|----------|
| Böcek türü                   | 4    | 1008.88  | <0.0001  |
| Paket tipi                   | 8    | 521.42   | <0.0001  |
| Böcek türü x paket tipi      | 32   | 550.88   | <0.0001  |

\*s.d.: Serbestlik derecesi

Plastik kutu denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 14. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları Çizelge 4.12’de verilmektedir. Plastik kutu denemelerinde 14. gün sonunda test edilen böcek türlerinden *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginleri test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirini delemeyişi görülürken *R. dominica* erginlerinin kâğıt paket tiplerinin hepsini, plastik 4 ve plastik 5’i ve alüminyum paketlerden alüminyum 7 paketini, *P. interpunctella*’nın larvaları kâğıt 2, kâğıt 3 ve plastik 4 paketlerini ve *O. surinamensis* erginlerinin ise kâğıt paket tiplerinin hepsini ve plastik 4 paketini deldiği belirlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=229.3$ ,  $P<0.0001$ ). *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kâğıt 1’i delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. *P. interpunctella* larvalarının test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=206.3$ ,  $P<0.0001$ ). *P. interpunctella* larvalarının kâğıt 3’ü delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. *Oryzaphilus surinamensis* erginlerinin test edilen paketleri delme oranları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılıkların olduğu görülmüştür ( $F_{8,18}=29.8$ ,  $P<0.0001$ ). *Oryzaphilus surinamensis* erginlerinin kâğıt 3’ü

delme oranı diğer paket materyallerini delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer böcek türlerinin test edilen paketleri delme oranları arasından istatistiki olarak önemli seviyede farklılığın olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.12). Her paket materyalleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde kâğıt 1, kâğıt 2, plastik 4, plastik 5 ve alüminyum 7’de *R. dominica* erginlerinin paketi delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kâğıt 3’te ise *O. surinamensis* erginlerinin paketi delme oranı diğer test edilen böcek türlerinin paketi delme oranlarından önemli seviyede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer tüm paket materyallerinde test edilen böcek türlerinin paketleri delme oranları arasından önemli farklılığın olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre plastik kutu denemelerinin 14. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin test edilen kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delebildiğini ve *P. interpunctella* larvaları ile *O. surinamensis* erginlerinin yalnızca kâğıt ve plastik paketleri delebildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Plastik kutu denemelerinde bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerin 14. gün sonunda kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri delme oranları

| Paket tipi    |           | Paketi delme oranı (%) ± Standart hata |                                      |                                          |                                     |                                      | F ve P değeri                        |
|---------------|-----------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|               |           | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Ergin)    | <i>Plodia interpunctella</i> (Larva) | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Ergin) | <i>Trogoderma granarium</i> (Larva) | <i>Lasioderma serricorne</i> (Ergin) |                                      |
| Kâğıt         | 1         | 30±1.1<br>Aa                           | 0±0<br>Bc                            | 1.3±0.3<br>Bbc                           | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =610.5<br>P<0.0001 |
|               | 2         | 22±1.1<br>Ab                           | 5.6±0.8<br>Bb                        | 2±0.5<br>Cb                              | 0±0<br>C                            | 0±0<br>C                             | F <sub>4,10</sub> =175.9<br>P<0.0001 |
|               | 3         | 2±0.5<br>BCef                          | 27±1.5<br>Aa                         | 4.3±0.3<br>Ba                            | 0±0<br>C                            | 0±0<br>C                             | F <sub>4,10</sub> =238.3<br>P<0.0001 |
| Plastik       | PE<br>4   | 16±1.1<br>Ac                           | 2±0.5<br>Bc                          | 1.6±0.3<br>Bb                            | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =130.4<br>P<0.0001 |
|               | PP<br>5   | 7±0.5<br>Ad                            | 0±0<br>Bc                            | 0±0<br>Bc                                | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =147.0<br>P<0.0001 |
|               | LDPE<br>6 | 0±0<br>f                               | 0±0<br>c                             | 0±0<br>c                                 | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
| Alüminyum     | 7         | 4.6±0.3<br>Ade                         | 0±0<br>Bc                            | 0±0<br>Bc                                | 0±0<br>B                            | 0±0<br>B                             | F <sub>4,10</sub> =196.0<br>P<0.0001 |
|               | 8         | 0±0<br>f                               | 0±0<br>c                             | 0±0<br>c                                 | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
|               | 9         | 0±0<br>f                               | 0±0<br>c                             | 0±0<br>c                                 | 0±0                                 | 0±0                                  | -                                    |
| F ve P değeri |           | F <sub>8,18</sub> =229.3<br>P<0.0001   | F <sub>8,18</sub> =206.3<br>P<0.0001 | F <sub>8,18</sub> =29.8<br>P<0.0001      | -                                   | -                                    |                                      |

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı küçük harfler ve aynı satırda bulunan farklı büyük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

#### 4.2.2. Test edilen böceklerin kâğıt, plastik ve alüminyum paketleri aşındırma oranları

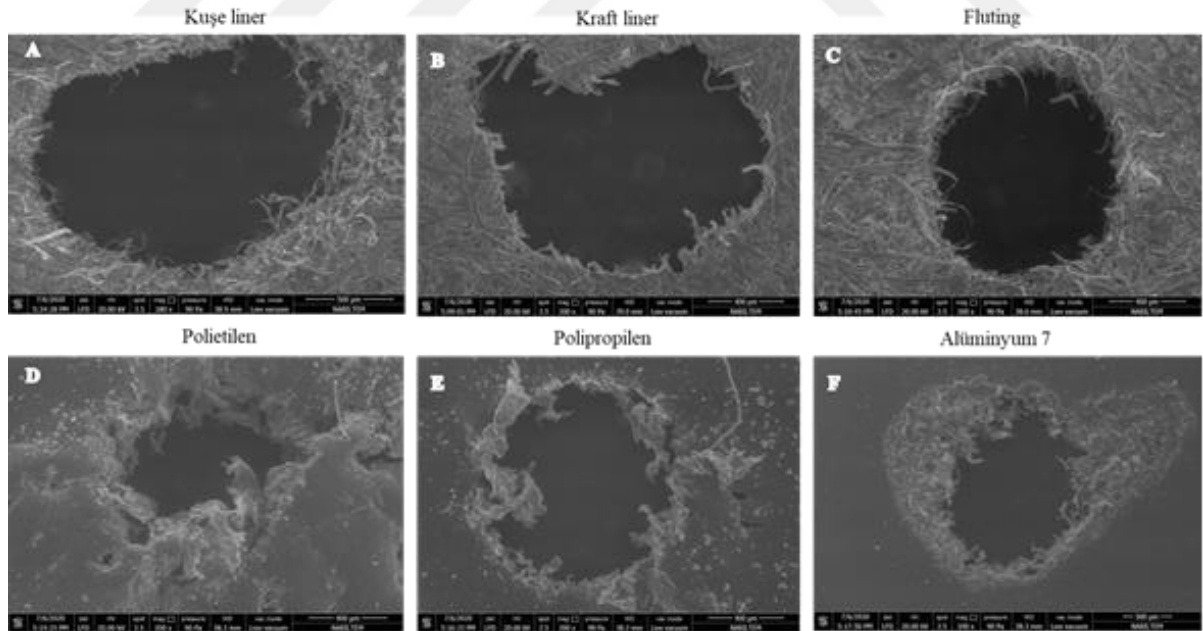
Yapılan plastik kutu testlerinde 14. gün sonunda test edilen böceklerin gıda paketlerini aşındırma sayısı belirlenmiştir. Tüm paketlerin aşındırma sayısı stereo mikroskop ve taramalı elektro mikroskop (SEM) yardımıyla tespit edilmiştir. Test edilen gıda paketleri üzerinde *R. dominica* erginleri dışındaki diğer böcek türlerinde paketleri aşındırma görülmemiştir. *Rhyzopertha dominica* erginleri plastik 6 (düşük yoğunluklu



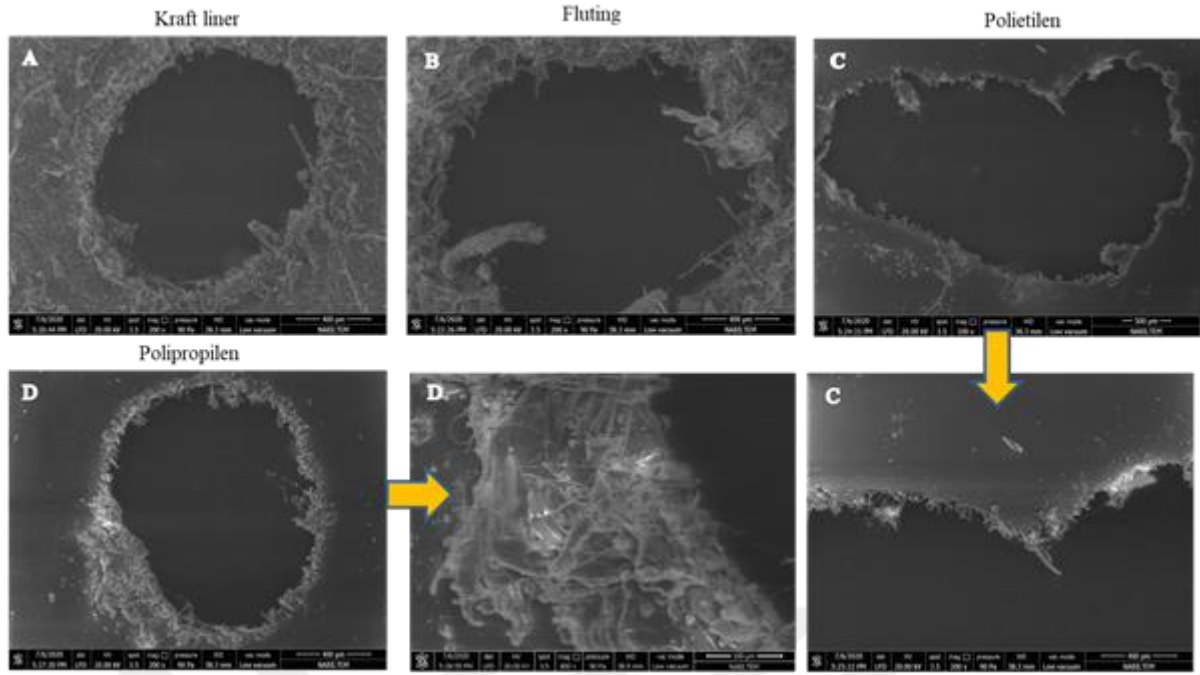
polietilen (LDPE)), plastik 4 (Polipropilen (PE) ve alüminyum 8 (Orta kalınlıkta alüminyum) paketlerinde aşındırma görülmüştür. Plastik kutu testlerinde plastik 4 (Polietilen (PE)), plastik 6 (düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)) ve alüminyum 8 (orta kalınlıkta alüminyum) ambalajı malzemeleri üzerinde *R. dominica* erginlerinin meydana getirdiği aşındırmanın stereo mikroskopta ve SEM görüntüleri Şekil 4.4’de verilmiştir.

#### 4.3. Test Edilen Böceklerin Paketler Üzerinde Oluşturduğu Deliklerin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Görüntüleri

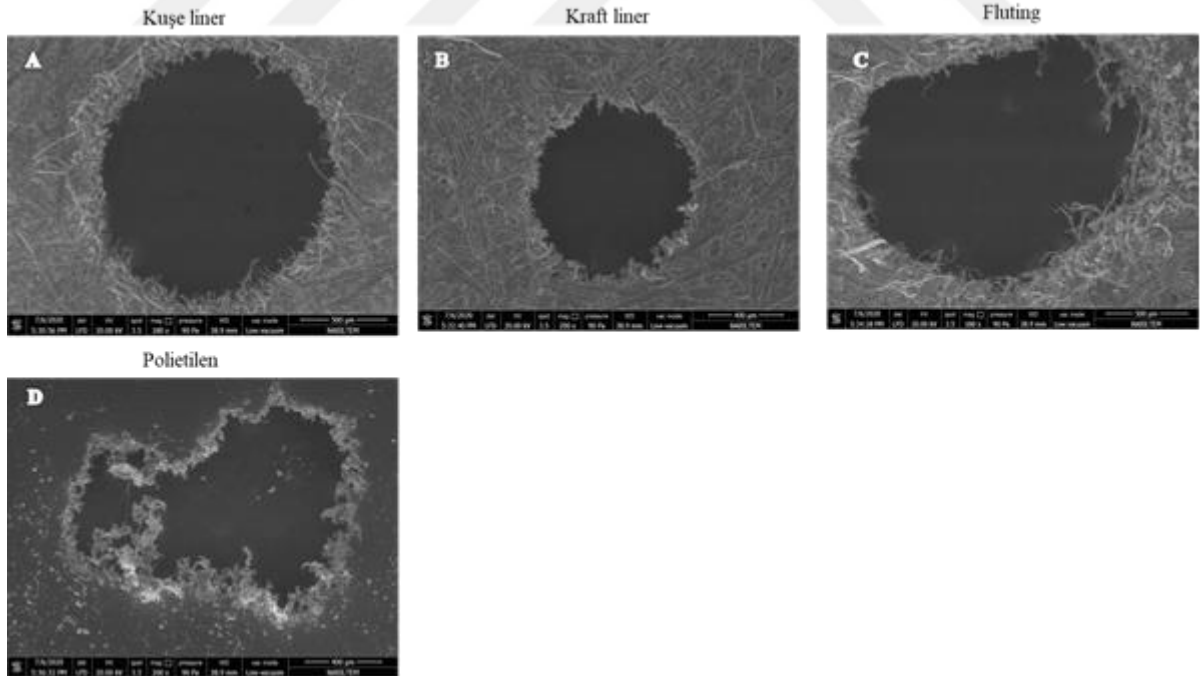
Yapılan biyolojik testler sonucunda *Rhyzopertha dominica* erginlerinin kağıt 1, kağıt 2, kağıt 3, plastik 4, plastik 5 ve alüminyum 7 paketleri üzerinde giriş delikleri meydana getirmiştir. *R. dominica* erginlerinin meydana getirdiği deliklerin SEM görüntüleri Şekil 4.1’de verilmiştir. *Plodia interpunctella* larvarı kağıt 2, kağıt 3, plastik 4 ve plastik 5 paketleri üzerinde giriş delikleri meydana getirmiştir. *P. interpunctella* larvalarının meydana getirdiği deliklerin SEM görüntüleri Şekil 4.2’de verilmiştir. *Oryzaephilus surinamensis* erginleri kağıt 1, kağıt 2, kağıt 3 ve plastik 4 paketleri üzerinde giriş delikleri meydana getirmiştir. *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin meydana getirdiği deliklerin SEM görüntüleri Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Penetrasyon ve aşındırma testlerinde *Rhyzopertha dominica* erginlerinin paketler üzerinde ürettiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüsü. Kağıt 1 (A), kağıt 2 (B), kağıt 3 (C), plastik 4 (D), plastik 5 (E) ve alüminyum 7 (F).



Şekil 4.2. Penetrasyon ve aşındırma testlerinde *Plodia interpunctella* larvalarının paketler üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri kağıt 2 (A), kağıt 3 (B), plastik 4 (C), plastik 5 (D) de verilmektedir okla gösterilen plastik 4 (C) ve plastik 5 (D) görüntüleri ise daha yakın büyütme görüntüleridir.

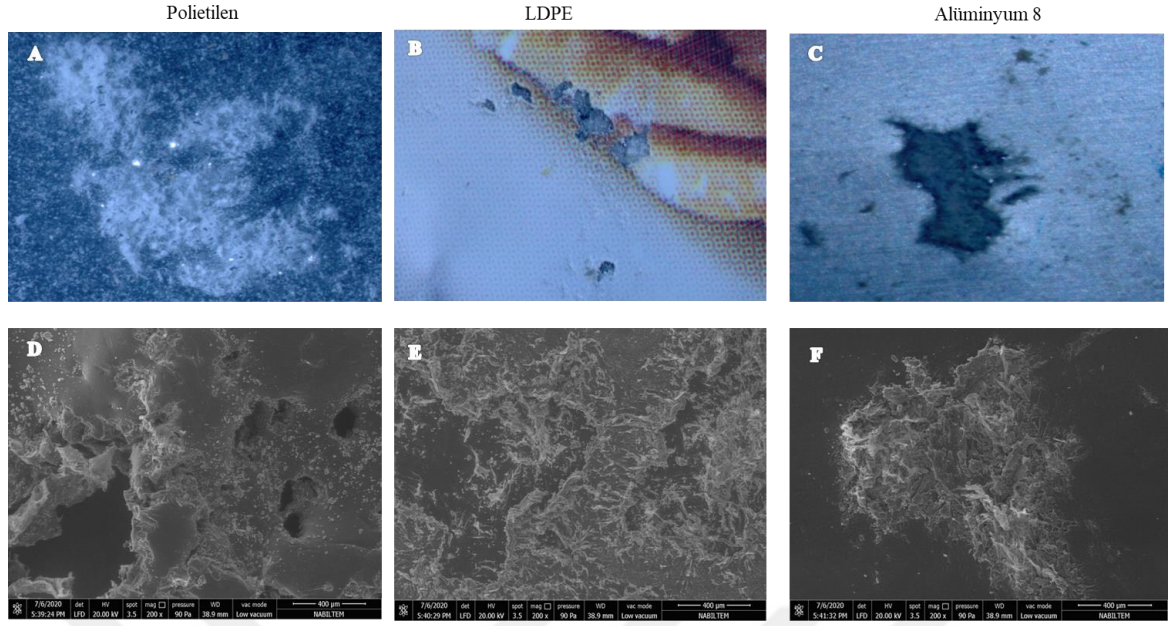


Şekil 4.3. Penetrasyon ve aşındırma testlerinde *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin kağıt 1 (A), kağıt 2 (B), kağıt 3 (C) ve plastik 4 (D) paketleri üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri

Yapılan çalışmada *R. dominica* ve *O. surinamensis* erginleri ile *P. interpunctella* larvalarının test edilen kağıt paketler üzerinde meydana getirdikleri giriş deliklerinin her üç türün meydana getirdiği deliklerin düzenli ve etrafındaki parçacıklara bakılarak birbirine benzer olduğu düşünülmektedir. Plastik ve alüminyum paketleri üzerinde meydana getirilen giriş deliklerine bakılarak her üç tür böceğin birbirinden farklı karakteristik giriş delikleri meydana getirdiği görülmüştür. Plastik ve alüminyum paketlerde *R. dominica* erginlerinin meydana getirdiği giriş deliklerinin dış tarafında diğer her iki böcek türüne oranla çok fazla parçacık, çiğneme ve aşındırma görülmüştür. *P. interpunctella* larvalarının plastik paketler üzerinde meydana getirdiği giriş deliklerinin etrafındaki çiğneme parçacıklarının fazla olmadığı görülmektedir. *O. surinamensis* erginlerinin plastik paketlerde meydana getirdiği giriş deliklerinin düzensiz olduğu ve deliklerin etrafında çok fazla küçük çiğneme parçacıklarının olduğu görülmektedir.

#### **4.4. Test Edilen Böceklerin Paketler Üzerinde Meydana Getirdiği Aşındırmaların Stereo Mikroskop Ve Taramalı Elektron Mikroskop Görüntüleri**

Yapılan biyolojik testler sonucunda *Rhyzopertha dominica* erginlerinin plastik kutu testlerinde tüm kâğıt paketlerde ve plastik 4 (polietilen), plastik 5 (Polietilen PP) ve alüminyum 7 (ince kalınlıkta alüminyum) paketlerinde delikler meydana getirdiği ve plastik 4, plastik 6 ve alüminyum 8 paketlerinde ise aşındırma meydana getirdiği gözlemlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* erginlerinin plastik 4 plastik 6 ve alüminyum 8 paketlerinde meydana getirdiği aşındırmaların görüntüleri Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Plastik kutu testlerinde *Rhizopertha dominica* erginlerinin plastik 4 (A), plastik 6 (B) ve alüminyum 8 (C) paketlere giriş yapmaya çalışırken meydana getirdiği aşındırmanın Stereo Mikroskopta görüntüleri ve plastik 4 (D), plastik 6 (E) ve alüminyum 8 (F) paketlerin Taramalı Elektron Mikroskopta (SEM) görüntüleri

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Paketlenmiş ürünlerin depo zararlısı böcekler tarafından istilas, ürün kaybına, tüketicinin işletmelere güveninin azalmasına, hassas bireylerde alerjik reaksiyonların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca gıda endüstrisinin yaşadığı ekonomik zararlar arasında, para cezaları, devlet kurumlarının cezaları, böcek bulaşık ürünü yemekten muzdarip olan tüketicilerin dava açma olasılığı ve sigorta talepleri olabilmektedir. Birçok böcek ve akarın pakete bulaştığı zaman üretici için sorun olacağı kabul edilmektedir. Böceklerle dirençli ambalajlar geliştirmek için böceklerin ürün ambalajlarına nüfus etme mekanizmalarını bilmek gerekir. Paketlenmiş ürünlerde istilanın nerede, ne zaman ve nasıl gerçekleştiğinin tam olarak anlaşılması ve ele alınması paketleme malzemelerinin kritik yönlerinin belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Farklı ülkelerde ticari olarak üretilen gıda ambalaj malzemelerinin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençlerinin belirlenmesi ile ilgili bir çok çalışma bulunmasına (Scheff ve ark., 2018; Highland, 1984; Bowditch, 1997; Mowery ve ark., 2002; Cline, 1978; Schmidt, 1979) rağmen ülkemizde üretilen gıda ambalaj malzemelerinin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı dirençlerinin araştırılmasıyla ilgili halihazırda bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada ticari olarak üretilen çeşitli gıda paketleri materyallerinin depolanmış ürün zararlısı *R. dominica*, *O. surinamensis* ve *L. serricorne*'nin erginleri ile *P. interpunctella* ve *T. granarium*'un larvalarına karşı dirençleri araştırılmıştır.

Hücreli plakalarda *R. dominica* erginleri ile yürütülen penetrasyon testlerinde 7. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin tüm kâğıt paketleri delebildiği görülürken plastik paketlerde ise yalnızca polipropilen (PP) plastik paketi delebildiği belirlenmiştir. Alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *R. dominica* erginlerin kâğıt paketleri kümülatif delme oranı %10 ila %46.6 arasında değişirken polipropilen (PP) plastik paketi kümülatif delme oranı %3.3 olarak belirlenmiştir. Yürütülen aşındırma testlerinde 7. gün sonunda *R. dominica* erginlerinin kuşe liner (kâğıt 1) ve fluting (kağıt 3) paketleri aşındırabildiği, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi aşındırabildiği görülmüştür. Alüminyum paketlerde ise hiç aşınma görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *R. dominica* erginlerinin kâğıt paketleri kümülatif aşındırma oranı %0 ila %36.6 arasında değişirken polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi kümülatif aşındırma oranı %6.6 olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak Highland (1978) kraft kağıdı ve selofan böceklerin

penetrasyonuna en az dirençli olan ambalaj malzemeler olduğunu bildirmiştir. Wohlgemuth (1979) 50 µm kalınlığında selofan, PVDV kaplı selofan, düşük yoğunluklu polietilen ve nitroselüloz kaplı selofan (ambalaj örneklerinde % 10'dan yüksek penetrasyon) *R. dominica* ve *Stegobium paniceum*'un erginleri; *T. castaneum* ve *P. interpunctella*'nın larvalarına karşı tam koruma sağlamadığını bulmuşlardır. Bu çalışmada test edilen plastik malzemelerde elde edilen sonuçlara benzer olarak Riudavets ve ark.(2007) *R. dominica* erginlerinin polietilen (50 µm kalınlığında), polipropilen (25 µm kalınlığında) ve polyester (12 µm kalınlığında) paketlerde penetratör olduğunu bildirmişlerdir.

Hücreli plakalarda *P. interpunctella*'nın 3. dönem larvaları ile yürütülen penetrasyon testlerinde 7. gün sonunda *P. interpunctella* larvaları kağıt paketlerden yalnızca Kraft liner (kağıt 2) paketini delebildiği görülürken plastik paketlerde ise polipropilen (PP-plastik 5) ve polietilen (PE-Plastik 4) paketi delebildiği belirlenmiştir. Alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *P. interpunctella* larvaları Kraft liner (kağıt 2) paketini kümülatif delme oranı %6.6 olarak belirlenirken polietilen (PE) ve polipropilen (PP) plastik paketi kümülatif delme oranı sırasıyla %16.6 ve %3.3 olarak belirlenmiştir. Yürütülen aşındırma testlerinde 7. gün sonunda *P. interpunctella* larvaları Kraft liner (kağıt 2) ve fluting (kağıt 3) paketleri aşındırabildiği, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi aşındırabildiği görülmüştür. Alüminyum paketlerde ise hiç aşınma görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *P. interpunctella* larvaları Kraft liner (kağıt 2) ve fluting (kağıt 3) paketlerinde kümülatif aşındırma oranı sırasıyla %3.3 ve %20 olarak belirlenirken polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi kümülatif aşındırma oranı %10 olarak belirlenmiştir. Böcek penetrasyonuna dayanıklı bir ambalaj malzemesi olarak polietilenin (PE) etkinliği filmin kalınlığı ile doğru orantılıdır (Collins, 1963). Elli mikron kalınlığındaki polietilen (PE) ambalaj malzemesi *P. interpunctella* larvalar tarafından penetre edilebileceği görülmüştür (ambalaj malzemelerinin % 10'u penetre etmiş) (Wohlgemuth, 1979). Cline (1978) *P. interpunctella*'nın beşinci ve ikinci dönem larvaları 25.4 µm kalınlığında PE paketlerini sırasıyla % 60 ve % 33 oranında penetre edebildiğini bildirmiştir. Chung ve ark. (2011) 40 ve 50 µm kalınlığında doğrusal düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalaj malzemesi, *P. interpunctella*'nın üçüncü dönem larvaların penetrasyonuna karşı dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Tüm bu sonuçlar mevcut çalışmamızda *P. interpunctella* larvalarının polietilenin (PE) ve düşük yoğunluklu

polietilen (LDPE) ambalaj malzemesine penetrasyonu ile ilgili elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Hücreli plakalarda *O. surinamensis* erginleri ile yürütülen penetrasyon testlerinde 7. gün sonunda *O. surinamensis* erginlerinin kağıt paketlerden yalnızca fluting (kağıt 3) paketini delebildiği görülürken plastik ve alüminyum paketlerde ise hiç delinme görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *O. surinamensis* erginlerinin fluting (kağıt 3) paketi kümülatif delme oranı %26.6 olarak belirlenmiştir. Yürütülen aşındırma testlerinde 7. gün sonunda *O. surinamensis* erginlerinin kuşe liner (kâğıt 1) ve fluting (kağıt 3) paketleri aşındırabildiği, plastik paketlerde ise yalnızca polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi aşındırabildiği görülmüştür. Alüminyum paketlerde ise hiç aşınma görülmemiştir. Yedinci gün sonunda *O. surinamensis* erginlerinin kâğıt 1 ve kağıt 3 paketlerini kümülatif aşındırma oranı sırasıyla %6.6 ve %20 olarak belirlenirken polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi kümülatif aşındırma oranı %10 olarak belirlenmiştir. *O. surinamensis* erginleri genellikle plastik ambalaj malzemesi üzerinde delik oluşturmak için plastiği çiğnemezler, ancak ambalajda var olan deliklerden girerler (Adler, 2008). Mevcut çalışmamızda da plastik ve alüminyum ambalaj malzemeleri üzerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Hücreli plakalarda *T. granarium* 3. dönem larvaları ve *L. serricorne* erginleri ile yürütülen penetrasyon testlerinde 7. gün sonunda kağıt, plastik ve alüminyum paketlerin hiçbirisinde delinme görülmemiştir. Yürütülen aşındırma testlerinde 7. gün sonunda *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginlerinin kağıt ve alüminyum paketlerin hiçbirinde aşındırma yapmazken plastik paketlerden polietilen plastik (PE-Plastik 4) pakette aşındırma görülmüştür. Yedinci gün sonunda *T. granarium* larvaları ve *L. serricorne* erginlerinin polietilen plastik (PE-Plastik 4) paketi kümülatif aşındırma oranı sırasıyla %23.3 ve %3.3 olarak belirlenmiştir. Riudavets ve ark. (2007a) *L. serricorne* larvalarının polietilen (50 µm kalınlığında), polipropilen (25 µm kalınlığında) ve polyester (12 µm kalınlığında) paketlerde penetratör olduğunu, genellikle *R. dominica* ve *L. serricorne* erginlerinin plastik filmleri *S. oryzae* erginlerine göre daha iyi delebildiği bildirmişlerdir. Ayrıca, *L. serricorne* larvalarının polyesterde delik oluşturamadığını ve ambalaj malzemesinin kalınlığındaki artışın böcek türlerinin penetre kabiliyetinin azalmasına neden olduğunu bildirilmiştir (Riudavets ve ark., 2007). Bu sonuçlar mevcut çalışmamızdan elde edilen sonuçlardan farklılık göstermektedir. Bunun nedenin test edilen plastik ambalaj malzemelerinin kalınlıklarının farklılığından olabileceği düşünülmektedir.

Plastik kutular içerisinde *R. dominica* erginleri ile yürütülen penetrasyon testlerinde 14. gün sonunda *R. dominica* erginleri kâğıt paketlerin hepsinde, plastik paketlerden polietilen (PE- Plastik 4) ve polipropilen (PP- Plastik 5) plastik paketlerde ve alüminyum paketlerden ise ince alüminyum (Alüminyum 7) paketinde giriş delikleri meydana getirmiştir. On dördüncü gün sonunda *R. dominica* erginleri kuşe liner (kâğıt 1), kraft liner (kâğıt 2) ve fluting (kâğıt 3) paketlerini kümülatif delme oranı sırasıyla %30, %22 ve %2 olarak belirlenirken polietilen (PE) ve polipropilen (PP) plastik paketi kümülatif delme oranı sırasıyla %16 ve %7 olarak belirlenmiştir. İnce alüminyum (Alüminyum 7) paketi kümülatif delme oranı ise %4.6 olarak bulunmuştur. Ayrıca düşük yoğunluklu polietilen (LDPE- Plastik 6) plastik ve orta kalınlıkta alüminyum (Alüminyum 8) paketinde ciddi bir şekilde aşındırma oluşmuştur. Delik üretmesine çok ince bir tabakanın kaldığı görülmüştür. Test edilen 9 paket içerisinden sadece kalın alüminyum (Alüminyum 9) paketinde hem delik hem de aşındırma oluşmamıştır. Kalın alüminyum (Alüminyum 9) paketinde aşınma ve delik oluşmamasının sebebi paketin kimyasal özelliğinden ve paket kalınlığından kaynaklanmış olabilir.

Plastik kutu denemelerinde *O. surinamensis* erginleri ile yürütülen biyolojik testler sonucunda 14. gün sonunda *O. surinamensis* erginleri tüm kâğıt paketlerinde ve polietilen plastik (PE- Plastik 4) paketinde delikler meydana getirmiştir. Diğer paketlerin hiçbirinde delik ve aşındırma oluşturmamıştır. On dördüncü gün sonunda *O. surinamensis* erginleri kâğıt 1, 2 ve 3 paketlerini kümülatif delme oranı sırasıyla %1.3, %2 ve %4.3 olarak belirlenirken polietilen (PE-paket 4) plastik paketi kümülatif delme oranı %1.6 olarak belirlenmiştir. Plastik kutu denemelerinde *Plodia interpunctella* larvaları ile yürütülen biyolojik testler sonucunda 14. gün sonunda *P. interpunctella* larvaları kâğıt 2 kâğıt 3 ve polietilen (PE-Plastik 4) plastik paketlerinde çok sayıda delikler meydana getirmiştir. Hiçbir pakette aşındırma görülmemiştir. On dördüncü gün sonunda *P. interpunctella* larvaları kraft liner (kâğıt 2) ve fluting (kâğıt 3) paketlerini kümülatif delme oranı sırasıyla %5.6 ve %27 olarak belirlenirken polietilen (PE-Plastik 4) plastik paketi kümülatif delme oranı %2 olarak belirlenmiştir.

Plastik kutular içerisinde *T. granarium*'un larvaları ve *L. serricorne*'nin erginleri ile yürütülen penetrasyon testlerinde 14. gün sonunda her iki böcek türünün test edilen paketlerde delik ve aşındırma oluşturmadığı görülmüştür. *Trogoderma granarium* larvalarının hepsinin paketlerin ağız veya köşe kısımlarında toplandığı gözlemlenmiştir. *L.*



*serricorne* erginleri ise plastik kutunun kapağının iç kısmına yapışmış oldukları gözlemlenmiştir. *Lasioderma serricorne* erginlerinin yukarıya doğru uçup konma eğiliminde olduğu ve hücre testlerinde de yine üst kısımdaki plakada gezindikleri görülmüştür. *Lasioderma serricorne* erginlerinin hiç bir paketi delememesinin sebeplerinden biri paketlerin üzerinde fazla gezmediği ve hep yukarı doğru uçup konma eğiliminde olduğu ve besin kokusunu alamadığı için olabilir.

Penetrasyon ve aşındırma testlerinin sonucunda test edilen depolanmış ürün zararlısı böceklerin gıda paketi materyallerine penetre olma oranlarına baktığımızda test ettiğimiz böcekler içinde en önemli penetratör böceğin *R. dominica* erginleri olduğu görülmüştür. Bu sonuç birçok araştırmacı tarafından yürütülen çalışmalarda da bildirilmektedir (Gerhardt ve Lindgren, 1955; Wohlgemuth, 1979; Shukla ve ark., 1993; Riudavets ve ark., 2007) Test edilen gıda paketleri materyallerinin kalın alüminyum (Alüminyum 9) paketi dışındaki tüm gıda paketlerinde ciddi zarar meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Plastik kutu testlerinde Plastik 5 paketinde *R. dominica* erginlerinin paketin içerisine girip nohutta ciddi zararlar meydana getirdiği de görülmüştür. *Plodia interpunctella* larvalarının da kâğıt ve plastik paketlere penetre olabildiği gözlemlenmiştir. *Oryzaephilus surinamensis* erginleri ise kâğıt paketlerde ve plastik 4 (Polipropilen, PE) paketinde delik oluşturabilmiştir. Genel olarak *O. surinamensis* erginleri literatürde istilacı böcekler grubundadır ve gıda paketlerinin üzerinde bulunan açıklıklardan, kusurlu kısımlardan basıncı azaltmak için açılan deliklerden giriş yapıp zararlar meydana getirdiği bildirilmiştir (Adler, 2004; Athanassiou ve ark., 2011). Ancak mevcut çalışmamızda yürütülen penetrasyon testleri sonucunda gıda paketlerine penetre olabildiğini ve paketler üzerinde delikler meydana getirdiğini gözlemledik. *Trogoderma granarium* larvaları ile *L. serricorne* erginlerinin hiçbir pakette delik oluşturamazken sadece polipropilen plastik (PE- Plastik 4) paketinde aşındırma meydana getirmiştir. *Trogoderma granarium* larvalarının zarar oluşturamamasının sebeplerinden biri larva aç kaldığı için besin arayışına girmeden diyapoza girmiş olma ihtimali düşünülmektedir. Plastik kutu denemeleri sonuçları incelendiğinde larvalar paketin belli bir yerinde toplanmış halde bulunmuşlardır. *Lasioderma serricorne* erginlerinin zarar oluşturamamasının nedenlerinden birinin ise erginlerin hep uçma eğiliminde olduğu ve hem hücre hem de plastik kutu testlerinde erginlerin her zaman üst kısımlarında oldukları gözlemlenmiştir.

Yapılan birçok çalışmada böceklerin ambalaj malzemelerine nüfus etme yeteneği zararlının türüne, zararlının biyolojik dönemine, zararlının ağız yapısına, yoğunluğuna, paket materyalinin malzeme yapısına, paket materyalinin kalınlığına ve paketlerdeki kırışıklık, çizik ve yırtılmaların varlığına ve çevresel faktörlere bağlıdır (Newton, 1988; Athanassiou ve ark., 2011). Mevcut çalışmamızda depolanmış ürün zararlısı böceklerin çeşitli ambalaj malzemesinde farklı tipte hasar üretebildiği görülmüştür. Bunun en önemli nedeni test edilen polimer filmlerin genel fiziksel özelliklerinin farklılıklarıdır. Yüksek uzama (%) ve düşük çekme direncine (MPa) sahip ambalaj filmleri genellikle böcek penetrasyonuna karşı daha dirençlidir (Chung ve ark., 2011). PE ve PP gibi daha sert malzemeler yıpranmaya karşı daha az dirençlidir ve böcekler temiz kesimli veya girişin yakınında çizikler bulunan delikler oluşturur (Riudavets ve ark., 2007). Paketleme malzemeleri birçok farklı şekilde sıralanabilir, ancak sonuçta belirli bir filmin direnci, filmlerin kalınlığı ile ilgilidir ve daha kalın filmler böcek penetrasyonuna karşı daha dirençlidir.

Ticari olarak üretilen gıda paketleri üzerinde paketin iç basıncını azaltmak için dikiş yerlerinde delikler oluşturulmaktadır. Test ettiğimiz nohut paketlerinde (Plastik 5: Polipropilen (PP) plastik) dikiş kısımlarında ortalama 4 mm çapında delikler mevcut olduğu ve araştırdığımızda piyasadaki nohut veya çeşitli gıda paketlerinin hemen hemen hepsinde buna benzer deliklerin olduğu görülmüştür. Üzerinde delik bulunan nohut paketlerini test ettiğimizde tüm böceklerin bu deliklerden paketin içerisine giriş yapabildiğini gözlemledik. *Rhyzopertha dominica* erginleri ve *P. interpunctella* larvaları için nohut paketlerinde (Plastik 5: Polipropilen (PP) plastik) önceden var olan delikler plastik ambalaj bant yardımıyla kapatılıp test edildiğinde bu iki böcek türünün paketler üzerinde yeni delikler oluşturabildiğini gözlemledik, fakat diğer böcek türleri için delikleri kapattığımızda hiçbir böcek polipropilen plastik (PP-Plastik 5) paketinde delik oluşturamamıştır. Bu sonuçlar gösteriyor ki penetratör ve istilacı olan depolanmış ürün zararlısı böcekler paketler üzerinde paketin iç basıncını azaltmak için mekanik olarak oluşturulan deliklerden paketlere giriş yapabilmektedirler. Ticari ambalajlarda oluşturulan deliklerin çapı büyüktür ve 0.71 mm çapından daha büyük delikler larvaların girişine izin verebilmektedir (Cline ve Highland, 1981).

Ticari olarak üretilen paketlerde iç basıncı azaltmak için büyük veya çok küçük deliklerin bulunması ambalajlarda bulunan besin maddesinin kokusunun yayılmasına ve

böceklerin besini bulup paketleri istila etmesine sebebiyet verebilir. *Oryzaephilus surinamensis* erginlerinin besin kokularına tepki gösterdiği belirlenmiştir (White ve ark. 1989). Dişi böceklerin erginlerinin gıda ambalajlarından çıkan gıda kokusuna konsantre olarak arama gösterdiği bulunmuştur (Mowery ve ark., 2004). Paketlenmiş ürünlerden veya işleme tesislerinden kaynaklanan gıda kokusu *P. interpunctella*'nın yumurtlama davranışını önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur (Philips ve Strand, 1994). Ergin güveler kendilerini gıda kokularına doğru yönlendirerek ve substratlara daha fazla yumurta bıraktığı belirtilmiştir (Philips ve Strand, 1994). Dişi böcekler küçük deliklerin giriş kısımlarına yumurta bırakabilmektedirler. Yumurtadan yeni çıkan larvaların çok daha küçük deliklerden paketlere giriş yapabildikleri belirtilmektedir (Wohlgemuth, 1979). *Plodia interpunctella* larvaları deliklerden paketlere girme yeteneğine sahiptir. Birinci dönem larvalar 0.293 mm'lik bir iğne deliğine girebilirken 0.173 mm'lik bir deliğe giriş yapamadıkları belirlenmiştir (Tsuji, 1998). Bunun gibi bilgiler ambalaj tasarımcılarının ambalajlarında izin verilen delik boyutlarını göz önünde bulundurmaları açısından oldukça önemlidir. Dişi böcekler küçük deliklerin giriş kısımlarına yumurta bırakabilmektedirler. Yumurtadan yeni çıkan larvaların çok daha küçük deliklerden paketlere giriş yapabildikleri bildirilmektedir (Wohlgemuth, 1979).

Böceklerin çoğu kaygan film paketlerine tutunamazlar mandibulalarıyla filmi tutması ve zarar vermesi için yeterli güce sahip değildirler. Ancak böcekler çiğneyecek yüzey ile yakındaki herhangi bir yüzey arasında kendisini sıkıştırıp paketlere penetre olabildikleri görülmüştür (Wohlgemuth ve ark., 1979). Çalışmamızda elde edilen önemli sonuçlardan biri de bazı böcek türlerinin gıda paketlerini çiğnemek için kendini bir yere yaslayıp destek alarak güçlü mandibulalarıyla paketleri kolay çiğneyebildiği gözlemlenmiştir. *Rhyzopertha dominica* ergin testlerinde bunu çok net bir şekilde gözlemledik. Yapılan plaka hücre testlerinde *R. dominica* erginleri tarafından paket materyalleri üzerinde oluşturulan tüm delikler hücrenin kenarında bulunmaktaydı. Ergin böceğin kendini hücrenin kenarına yaslayarak destek aldığı anda paketleri çiğnemesinin daha kolay olduğu düşünülmektedir. Plastik kutu testlerinde test edilen tüm böcekler gıda paketlerini alt kısımdan deldikleri gözlemdir. Hiçbir böcek türü gıda paketlerinin üst tarafında delik oluşturmamıştır. Paketlerin pürüzlü veya kaygan olması böceklerin paketlere tutunabilme ve penetrasyonu etkilediği düşünülmektedir (Vendl ve ark., 2019). Daha önce yapılan bir çalışmada bazı depolanmış ürün zararlısı böceklerinin genellikle erginlerin larvalara oranla daha iyi

tırmanıcı olduğu, ancak gıda paketlerine tutunmada ise larvaların erginlerden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (Cline, 1978).

Sonuç olarak tüm böceklerin paketler üzerinde meydana getirdiği penetrasyon ve aşındırma oranı üzerinde böcek türlerinin, paket tiplerinin ve maruz kalma süresinin önemli olduğu ve her iki test yönteminde de *R. dominica* erginlerinin test edilen tüm böceklere kıyasla en iyi penetratör olduğu belirlenmiştir. Genel olarak test edilen böceklere en dirençli paketin kalın alüminyum 9 paketi olurken kağıt paketlerin test edilen böceklere karşı dirençlerinin oldukça zayıf ve plastik paketler içerisinde de böceklere karşı en dirençli paketin düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) paket olduğu belirlenmiştir. Gıda endüstrisi için bu çalışmanın sonucunda önerilerimiz; Böcek istilalarını önlemek için paket kalınlığının ayarlanması gerektiği, paketlerin iç basıncını azaltmak için oluşturulan delik çapının daha küçük olması, gıda paketlerini depolarken veya taşıma esnasında yerleştirildikleri konumların önemli olduğu böceklerin yaslanıp paketleri çiğneyebilmek için destek alabileceği bir mekanizmanın olmaması gerektiği paketlerin ızgaralı delikli bir mekanizmanın üzerine yerleştirilmeleri böceklerin paketlere penetrasyonunu etkileyebilir, hasar görmüş veya dikiş hatası bulunan gıda paketlerinin olası bir böcek bulaşmasında diğerk paketlere de yayılmasını engellemek için depolama alanından çıkarılması ve depolamada çevre koşullarının iyi ayarlanması gerektiğidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Adler, C., (2004). Significance of hermetic seals, controlled ventilation, and wiremesh screens to prevent the immigration of stored product pests. *IOBC/WPRS Bulletin*, 27, 13–16.
- Adler, C., (2008). Insect-proof packaging to avoid stored product insects. *IOBC/Wprs Bulletin*, 40, 363-369.
- Athanassiou, C.G., Riudavets, J., Kavallieratos, G., (2011). Preventing stored-product insect infestations in packaged-food products. *Stewart Postharvest Review*, 3(8), 1-5.
- Aulicky, R., Vendl, T., Stejskal, V., (2019). Evaluation of contamination of packages containing cereal-fruit bars by eggs of the pest Indian meal moth (*Plodia interpunctella*, Lepidoptera) due to perforations in their polypropylene foil *Journal of Food Science and Technology* volume 56, pages3293–3299(2019)
- Bowditch, G.,T., (1997). Penetration of polyvinyl chloride and polypropylene packaging films by *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae, and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. *Journal of Economic Entomology*, 90(4), 1028-1031.
- Chung, S.K., Seo, J.Y., Lim, J.H., Kim, Y.T., Song, K.H., Park, S.J., Han, S.S., Park, Y.S., Park, H.J., (201). Barrier property and penetration traces in packaging films against *Plodia interpunctella* (Hübner) larvae and *Tribolium castaneum* (Herbst) adults. *Journal of Stored Products Research*, 47, 101-105.
- Cline, L.D., (1978). Penetration of seven common flexible packaging materials by larvae and adults of eleven species of stored-product insects. *Journal of Economic Entomology*, 71, 726-729.
- Cline, L.D., Highland, H.A., (1981). Minimum size holes allowing passage of adults of stored- product Coleoptera. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 16, 525-531.
- Collins, L.D., (1963). How food packaging affects insect invasion. *Pest Control*, 31, 26-29.
- Gerhardt, P.D, Lindgren, D.L., (1955). Penetration of additional packaging films by common stored-product insects. *Journal of Economic Entomology*, 48, 108-109.
- Hou, X., Fields, P., Taylor, W., (2004). The effect of repellents on penetration into packaging by stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 40(1), 47-54.
- Hassan, M.W., Ali, U., Ur Rehman, F., Najeeb, H., Sohail, M., Irsa, B., Chaudhry, M.S. (2016). Evaluation of standard loose plastic packaging for the management of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Science*, 16(1), 91. doi: 10.1093/jisesa/iew075

- Highland, H.A., (1978). Insect resistance of food packages-A Review. *Journal of Food Protection and Preservation*, 2, 123-130.
- Highland, H.A., (1984). Insect infestation of packages. In: *Insect Management for Food Storage and Processing* (Editör: Baur F.J.) American Association of Cereal Chemists., s. 309-320.
- Highland, H.A., (1991). Protecting packages against insects. In: *Ecology and Management of Food-Industry Pests.*, (Editör: Gorham, J.R.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, s. 345-350.
- Highland, H.A. (1984). Insect infestation of packages,. In: *Insect Management for Food Storage and Processing*, (Editör: F. J. Baur) American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. pp. 309–320.
- Kim, I.H., Han, J., Na, J.H., Chang, P.S., Chung, M.S., Park, K.H., Min, S.C. (2013). Insect-resistant food packaging film development using cinnamon oil and microencapsulation technologies. *Journal of Food Science*, 78, 229–237.
- Mikhael, A.A.. (2011). Potential of some volatile oils in protecting packages of irradiated wheat flour against *Ephestia kuehniella* and *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 47 (4), 357-364.
- Morgan, T.D., Baker, P., Kramer, K.J., Basibuyuk, H.H., Quicke, D.L.J., (2003). Metals in mandibles of stored product insects: Do zinc and manganese enhance the ability of larvae to infest seeds? *Journal of Stored Products Research*, 39, 65-75.
- Mowery, S.V., Mullen, M.A., Campbell, J.F., Broce, A.B., (2002). Mechanisms underlying sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* [L.]) (Coleoptera: Silvanidae) infestation of consumer food packaging materials. *Journal of Economic Entomology*, 95, 1333-1336.
- Mowery S.V., Campbell, J.F., Mullen, M.A., Broce, A.B., (2004). Response of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) to food odor emanating through consumer packaging films, *Environmental Entomology*, 33(1), 75–80.
- Mullen, M.A., (1993). Rapid determination of the effectiveness of insect resistant packaging. *Journal of Stored Products Research*, 30, 95-97.
- Mullen, M.A., Highland, H.A., (1988). Package defects and their effect on insect infestation of instant non-fat dry milk. *Journal of Packaging Technology* 2, 266-267.
- Mullen, M.A., Mowery, S.V. (2000). Insect-resistant packaging. *International Food Hygiene*, 11: 13-14.
- Muratore, G., Licciardello, F., Virone, G., Russo, A., (2009). Susceptibility of plastic packages to insect pests attacks. *Italian Journal of Food Science*, 21, 233-236.
- Newton, J., (1988). Insects and packaging - A review. *International biodeterioration*, 24, 175-187.

- Qasim, M.U., Muhammad, W.H., Jin-Jun, W., Jamil, M., Iqbal, J. (2013). Management of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) with phosphine fumigation in relation to packaging materials and food types. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(6), 1639-1645.
- Otitodun, G.O., Ogundare, M.O., Ajao, S.K., Nwaubani, S.I., Abel, G.I., Opit, G.P., Omobowale, M.O. (2019). Efficacy of phosphine and insect penetration ability in ZeroFly® bags. *Journal of Stored Products Research*, 82, 81-90.
- Philips, T.W., Strand, M.R., (1994). Larval secretions and food odors affect orientation in female *Plodia interpunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 71, 185-192.
- Riudavets, J., Salas, I., Pons, M.J. (2007). Damage characteristics produced by insect pests in packaging film. *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 564-570.
- SAS Institute Inc. (2009). SAS / STAT<sup>®</sup> User's Guide, Version 6, 4<sup>th</sup> Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schmidt, H.U., (1979). Packaging and protection during storage. Resistance of packs and packaging materials to storage pests. *Süßwaren*, 23, 34–36.
- Scheff, D.S., Sehgal, B., Subramanyam, B., (2018). Evaluating penetration ability of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae into multilayer polypropylene packages. *Insects*, 9(2), 42. doi: 10.3390/insects9020042.
- Shukla, R.M., Chand G., Chandra M., Saini M.L., (1993). Comparative resistance of different packaging materials to stored grain insects. *Plant Protection Bulletin*, 45, 21–23.
- Trematerra, P., Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., (2016). Laboratory tests on the ability of *Oryzaephilus surinamensis* adults to locate different types of chocolate varying in quantity of cocoa. *Bulletin of Insectology*, 69(1), 21-24.
- Tsuji, H., (1998). Experimental invasion of a food container by first-instar larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner, through pinholes. *The Japan Society of Medical Entomology and Zoology*, 49, 99-104.
- Vendl, T., Stejskal, V., Aulicky, R., (2019). Comparative tarsal morphology of two secondary stored product beetle pests, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), that vary in their climbing ability on smooth surfaces. *Journal of Stored Products Research*, 82, 116-122.
- White, P.R., (1989). Factors affecting the antennal and behavioural responses of the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* to food odour and aggregation pheromone. *Physiological Entomology*, 14: 349-359.
- Wohlgemuth, R., (1979). Protection of stored foodstuffs against insect infestation by packaging. *Chemistry and Industry*, 10, 330-334.

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Songül HENTEŞ

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1989

Medeni hali : Bekâr

e-posta :hentessongul@gmail.com

### **Eğitim**

#### **DereceEğitim Birimi**

#### **Mezuniyet tarihi**

|               |                                  |      |
|---------------|----------------------------------|------|
| Yüksek lisans | KSÜ / Bitki Koruma Anabilim Dalı | 2020 |
| Lisans        | KSÜ / Bitki Koruma Bölümü        | 2018 |
| Lise          | Açık Öğretim Lisesi              | 2014 |

### **Yabancı Dil**

İngilizce

### **Yayınlar**

Işıkber A.A., Sağlam Ö., **Henteş S.**, Altaş N. 2019. Residual contact toxicity of spinetoram against granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) and confused flour beetle (*Tribolium confusum* Du val.). Conference Of The Iobc/ Wprs Working Group On “Integrated Protection Of Stored Products” 3- 6 september 2019 Pisa (Italy).

### **Hobiler**

Kitap okumak, Doğayı incelemek, Böcekleri araştırmak ve müzik dinlemek