



***HYPERA POSTICA* (GYLLENHAL,1813) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)'DA SİNDİRİM VE BOŞALTIM SİSTEMLERİNİN
ANATOMİK VE HİSTOLOJİK YAPILARININ İNCELENMESİ**

Sema Nur OSMA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2026

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sema Nur OSMA

06/01/2026

HYPERA POSTICA (GYLLENHAL,1813) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'DA
SİNDİRİM VE BOŞALTIM SİSTEMLERİNİN ANATOMİK VE HİSTOLOJİK
YAPILARININ İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sema Nur OSMA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2026

ÖZET

Bu çalışmada *Hypera postica* (Gyllenhal,1813) (Coleoptera: Curculionidae)'nın sindirim ve boşaltım sistemlerinin anatomik ve histolojik yapısı ışık ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak çalışılmıştır. *H. postica* ülkemizde ve dünyada yonca tarımının yapıldığı her yerde yoncada ciddi zarar yapan ekonomik açıdan önemli bir böcektir. Çalışmada kullanılan *H. postica* ergin türleri Mayıs 2022-2024 de Bingöl'den toplanmıştır. Stereomikroskop altında disekte edilen *H. postica*'nın sindirim ve boşaltım sistemine ait organları ışık ve elektron mikroskobunda incelenmiştir. Elde edilen verilere göre sindirim sistemi; ön, orta ve arka bağırsak olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. İncelemeler sonucunda ön bağırsağın farinks, özofagus, kursak ve proventrikulustan oluştuğu görülmüştür. Özofagus boru şeklinde basit yapılıdır ve farinks ile kursak arasında bağlantıyı sağlamaktadır. Kursakta intima, tek tabakalı epitel ve kas tabakası gözlenmektedir. İntimada ikiye çatallanmış uzun dikensi yapılar mevcuttur. Proventrikulus kursak ve orta bağırsak arasında yer almakta olup yüzeyinde enine ve boyuna kaslar iyi gelişmiştir, iç tarafında ise intimada dikenler paralel diziler halinde tabakalar oluşturmuş olup yıldız görünümündedir. Orta bağırsakta anteriör ve posteriör olarak ikiye ayrılmıştır, ayrıca orta bağırsakta silindirik epitel hücrelerinin lümene bakan tarafında ise mikrovillus denen yapılar gözlenmiştir. Orta bağırsak ve arka bağırsak arasında Malpighi tübülleri ve gastrik çekumlar yer almaktadır. Çekum lümeninde yığınlar halinde bakteriler görülmüştür. Arka bağırsak; ileum, kolon ve rektumdan meydana gelmektedir. Malpighi tübüllerinin distal kısmı kolon duvarına bağlanmıştır. Rektumu çevreleyen kas yapısı oldukça kalındır, lümende bakterilere rastlanmıştır. Bu çalışma sonucunda daha önce incelenmemiş olan *H. postica*'nın sindirim ve boşaltım sisteminin anatomisi ve histolojisi detaylı olarak açıklanmış ve diğer türlerle benzerlikleri ve farklılıkları karşılaştırılmıştır. Böylece yapılan çalışmalar sonucu bu konuda yapılacak sistematik çalışmalara ve tarım zararlısı olan bu türlerle mücadelede yapılacak olan çalışmalara temel oluşturarak katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Bilim Kodu : 20313

Anahtar Kelimeler : Ön bağırsak, orta bağırsak, arka bağırsak, malpighi tübülleri, ışık mikroskobu, elektron mikroskobu

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Doç. Dr. Nurcan ÖZYURT KOÇAKOĞLU

THE EXAMINATION OF ANATOMICAL AND HISTOLOGICAL STRUCTURES OF
DIGESTIVE AND EXCRETORY SYSTEMS IN *HYPERA POSTICA*
(GYLLENHAL, 1813) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

(M. Sc. Thesis)

Sema Nur OSMA

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2026

ABSTRACT

In this study, the anatomical and histological structures of the digestive and excretory systems of *Hypera postica* (Gyllenhal, 1813) (Coleoptera: Curculionidae) were studied using light and scanning electron microscopy (SEM). *H. postica* is an economically important insect that causes serious damage to alfalfa wherever alfalfa is cultivated in Turkey and worldwide. The adult *H. postica* species used in this study were collected from Bingöl between May 2022 and 2024. Organs of the digestive and excretory systems of *H. postica*, dissected under a stereomicroscope, were examined under light and electron microscopies. According to the obtained data, the digestive system consists of three main parts: the foregut, midgut, and hindgut. The examinations revealed that the foregut consists of the pharynx, midgut, crop, and proventriculus. The esophagus is a simple, tubular structure that connects the pharynx to the crop. The crop contains an intima, a single-layered epithelium, and a muscular layer. There are long spiny structures in the intima that are bifurcated into two. The surface of proventriculus is located between the crop and midgut, with well-developed annular and longitudinal muscles. On the inner side, parallel rows of spines form layers in the intima, giving it a star-like appearance. The midgut is divided into anterior and posterior parts. In addition, on the luminal side of the columnar epithelial cells in the midgut, structures called microvilli were observed. Malpighian tubules and gastric caeca are located between the midgut and hindgut. Bacteria were observed in clumps within the caecal lumen. The hindgut consists of the ileum, colon, and rectum. The distal portion of the Malpighian tubules is attached to the colon wall. The muscle layer surrounding the rectum is quite thick, and bacteria were found in the lumen. This study provides a detailed description of the anatomy and histology of the digestive and excretory systems of *H. postica*, a species not previously studied, and compares its similarities and differences with other species. The results of this study are intended to contribute to the basis for systematic studies on this topic and future efforts to combat these agricultural pests.

Science Code : 20313
Key Words : Foregut, midgut, hindgut, malpighian tubules, light microscope, electron microscope
Page Number : 55
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nurcan ÖZYURT KOCAKOĞLU

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans çalışmalarım boyunca her zaman varlığını hissettiren, yardımını ve desteğini esirgemeyen her zaman bir hocadan daha fazlası olan öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, sevgimin ve saygımın sonsuz olduğu sayın danışman hocam, Doç. Dr. Nurcan ÖZYURT KOÇAKOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım. Sayın danışman hocam Doç. Dr. Üzeyir ÇAĞLAR'a ve yüksek lisans çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Selami CANDAN'a çok teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca benden sevgisini ve desteğini esirgemeyen canım aileme, her zaman yanımda olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. COLEOPTERA TAKIMI SİNDİRİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	11
3. MATERYAL VE METOD	17
3.1. İncelenen Materyal Hakkında Genel Bilgi.....	17
3.2. Örneklerin Toplanması ve Laboratuvarında Üretimi	17
3.3. Işık Mikroskobu İçin Örneklerin Hazırlanması	17
3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Örneklerin Hazırlanması	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	19
4.1. Ön Bağırsak.....	20
4.1.1. Yutak (Farinks)	20
4.1.2. Özofagus (Yemek borusu)	20
4.1.3. Kursak	20
4.1.4. Proventrikulus (Ön mide).....	21
4.2. Orta Bağırsak	23
4.2.1. Gastrik çekum	25
4.2.2. Malpighi tübülleri	26
4.3. Arka Bağırsak.....	28
4.3.1. İleum	28

	Sayfa
4.3.2. Kolon.....	29
4.3.3. Rektum	31
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	55



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Böceklerde görülen sindirim kanalı.....	7
Şekil 1.2. Böcek sindirim sisteminde son bağırsağın genel yapısı	10



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. <i>Hypera postica</i> 'nın genel şekli	17
Resim 4.1. <i>H. postica</i> 'nın sindirim ve boşaltım sistemlerinin genel görünüşü (SM)	19
Resim 4.2. a. <i>H. postica</i> 'nın baş ve rostrum yapısının genel görünüşü (SEM). b. Baş 40kısmındaki kas demetlerinin SEM görüntüsü	19
Resim 4.3. a, b. <i>H. postica</i> 'da ön bağırsağı oluşturan kısımların genel görünümü (SM, 40 SEM).....	20
Resim 4.4. a. <i>H. postica</i> 'da ön bağırsağın farinks, özofagus ve kursak kısımlarının histolojik kesiti (Mallory 3'lü Boyama) (IM) (x 400) b. Kursak yüzeyinde enine kaslar (SEM). c, d. Kırılmış kursak intimasından uzanan dikensi yapıların ve lümendeki besin maddelerinin SEM görüntüsü (SEM).....	21
Resim 4.5. a-d. <i>H. postica</i> 'da ön bağırsağın son kısmı olan proventrikulusun histolojik kesiti (Mallory 3'lü Boyama) (IM) (x 200, 400, 1000). e, f. Enine kırılmış proventrikulusun SEM fotoğrafı.	22
Resim 4.6. a. <i>H. postica</i> 'da orta bağırsağın anterior bölgesinin histolojik kesiti b. orta bağırsağın posterior bölgesinin histolojik kesiti	23
Resim 4.7. a-d. <i>H. postica</i> 'da orta bağırsağın anterior bölgesinin histolojik kesiti (H&E) (IM) (x400, 1000) ve SEM fotoğrafları	24
Resim 4.8. a-d. <i>H. postica</i> 'da orta bağırsağın posterior bölgesinin histolojik kesiti a-b (H&E) (x 400, 1000) ve SEM fotoğrafları.....	25
Resim 4.9. a-d. <i>H. postica</i> 'da orta bağırsağın posterior bölgesinin son kısmında yer alan gastrik çekumların SEM fotoğrafları.....	26
Resim 4.10. a, b. <i>H. postica</i> 'da boşaltım sistemini oluşturan Malpighi tübüllerinin genel görünümünün SM ve SEM fotoğrafları. c, d. Malpighi tübüllerinin boyuna ve enine kesitleri (IM) (H&E) (x200, 1000). e, f. Malpighi tübüllerini çevreleyen epitel hücrelerinin apikalinden uzanan mikrovillusların SEM fotoğrafları.....	27
Resim 4.11. a, b. <i>H. postica</i> 'da arka bağırsağı oluşturan ileum, kolon ve rektumun genel görünümü (SM, SEM)	28
Resim 4.12. a. <i>H. postica</i> 'da arka bağırsağın ilk kısmı ileumun yüzeyindeki enine kasların SEM fotoğrafı. b. İleumun enine kesiti (H&E) (IM) (x 200). c, d. İleum lümeninde kok şeklinde bakterilerin SEM fotoğrafı	29

Resim	Sayfa
Resim 4.13. a, b. <i>H. postica</i> 'da arka bağırsağın ikinci kısmı kolonun yüzeyinin genel görünümü (SEM). c, d. Kolon duvarının histolojik kesiti (H&E) (IM) (x400). e. Kolon duvarına bağlanan Malpighi tübülleri (SEM). e, f. Enine kırılmış kolonun SEM fotoğrafları	30
Resim 4.14. a, b. <i>H. postica</i> 'da arka bağırsağın son kısmı rektumun enine kesiti (Mallory 3' lü boyama) (IM) (x200, 400). c, d. Rektum lümeninde basil şeklinde bakterilerin SEM fotoğrafları	31



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

Açıklamalar

Ab	Arka bağırsak
Am	Anteriyor midgut
Bk	Bakteri
Çk	Çekirdek
Dk	İntimadan uzanan dikensi yapılar
Ek	Enine kaslar
Ep	Epitel
Fr	Farinks
Fy	Fırçamsı yapılar
Gç	Gastrik çekum
İl	İleum
İn	İntima
Kd	kas demetleri
Ko	Kolon
Kt	Kas tabakası
Ku	Kursak
LM	Işık mikroskobu
Lu	Lümen
Mt	Malpighi tübülleri
Mv	Mikrovilluslar
Ob	Orta bağırsak
Öb	Ön bağırsak
Öz	Özofagus
Pl	Plaklar
Pm	Posteriyor midgut
Pv	Proventrikulus
Pz	Peritrofik zar
Re	Rektum

Kısaltmalar**Açıklamalar****Rk**

Rejeneratif kriptler

Rs

Rostrum

SEM

Taramalı elektron mikroskobu

Sg

Salgı granülleri

SM

Stereomikroskop



1. GİRİŞ

Böcekler (Insecta), dünya üzerinde en fazla tür çeşitliliğine sahip olan hayvan grubunu oluşturur (Gullan ve Cranston, 2020). Yaklaşık 1 milyon tanımlanmış tür ile böcekler, bilinen tüm hayvan türlerinin yaklaşık %75'ini oluşturur (Triplehorn ve Johnson, 2005). Ancak bilim insanları, henüz tanımlanmamış 5 ila 10 milyon arasında böcek türünün daha olabileceğini tahmin etmektedir (Chapman, 2013).

Böcekler Antarktika hariç tüm kıtalarda, çöllerden tropik ormanlara kadar hemen her ekosistemde yaşamlarını sürdürebilir (Grimaldi ve Engel, 2005). Bu yaygın dağılımın temelinde uçabilme yetenekleri, küçük vücut boyutları, dayanıklı dış iskeletleri ve hızlı üreme kapasiteleri yer alır (Gullan ve Cranston, 2020).

Böceklerin biyolojik, ekolojik ve ekonomik önemleri, entomoloji biliminin gelişmesine öncülük etmiştir (Gullan ve Cranston, 2020).

Günümüzde böceklerin hem ekosistem hizmetleri hem de tarımsal zararlılar olarak etkileri, sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (Schowalter, 2016).

Böceklerin sınıflandırılması, entomoloji biliminin temel araştırma konularından biridir (Triplehorn ve Johnson, 2005). Böcekler, hayvanlar âleminin (Animalia) eklembacaklılar (Arthropoda) şubesinde yer alır (Chapman, 2013). Bu şube içinde, çok bacaklılar (Myriapoda), kabuklular (Crustacea) ve örümcekgiller (Chelicerata) gibi gruplarla yakın akrabalık gösterirler (Grimaldi ve Engel, 2005).

Böcek sınıfı (Insecta) yaklaşık 30 kadar takıma ayrılır; bunlardan bazıları Coleoptera (Kırankatlılar), Lepidoptera (Kelebek ve Güveler), Diptera (Sinekler), Hymenoptera (Arılar, Karıncalar, Eşek Arıları) ve Hemiptera (Yarımkanatlılar) takımlarıdır (Gullan ve Cranston, 2020).

Böceklerin ekosistemlerdeki işlevleri oldukça çeşitlidir (Schowalter, 2016). Birçok böcek türü, bitkilerin tozlaşmasını sağlayarak hem doğal ekosistemlerin hem de tarımsal üretimin

devamlılığını destekler (Kevan ve Baker, 1983). Özellikle arılar ve kelebekler, çiçekli bitkilerin tozlaşmasında başlıca rol oynayan canlılardır (Potts ve diğerleri, 2010). Ayrıca böcekler, ölü organizmaların parçalanmasını sağlayarak madde döngüsüne katkı sunar (Schowalter, 2016). Bazı yırtıcı ve parazitoit türler, zararlı böceklerle beslenerek biyolojik mücadelede doğal dengeyi sağlar (Van Emden, 2013). Öte yandan bazı böcek türleri insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Pedigo ve Rice, 2009). Sivrisinekler, pireler ve tahtakuruları, çeşitli hastalıkların taşıyıcısı olarak insan sağlığını tehdit eder (Gratz, 2004).

Entomoloji bilimi sayesinde böceklerin zararlı etkilerinin kontrol altına alınması ve yararlı türlerin korunması mümkün hale gelmiştir (Gullan ve Cranston, 2020). Böceklerin biyolojik, ekolojik ve ekonomik önemi, onları hem bilimsel araştırmalar hem de çevre yönetimi açısından vazgeçilmez bir grup haline getirmiştir (Schowalter, 2016).

Coleoptera takımı, böcekler (Insecta) sınıfı içerisinde yer alan ve tür sayısı bakımından en geniş grubu oluşturan takımdır (Crowson, 1981). Dünya genelinde yaklaşık 400.000 tanımlanmış türü bulunmakta olup, bu sayı bilinen tüm böcek türlerinin yaklaşık %40'ını oluşturur (Gullan ve Cranston, 2020). Bilim insanları, henüz tanımlanmamış çok sayıda Coleoptera türü olduğunu ve gerçek sayının 1 milyona yaklaşabileceğini tahmin etmektedir (Bouchard, 2011).

Coleoptera takımı, karasal ekosistemlerde, ormanlarda, çayırarda, çöllerde ve hatta bazı türleriyle tatlı sularda yaşamlarını sürdürebilir (Lawrence ve Ślipiński, 2013). Bu yaygın dağılım, kınkanatlıların morfolojik çeşitliliği, beslenme esnekliği ve çevresel koşullara yüksek uyum yeteneğiyle ilişkilidir (Crowson, 1981).

Coleoptera, Insecta sınıfı içinde, Endopterygota alt sınıfına ve Holometabola grubuna dahil olup, tam başkalaşım (yumurta–larva–pupa–ergin) geçirir (Lawrence, 2011).

Bu takım, dört alt takıma ayrılır: Archostemata, Myxophaga, Adephaga ve Polyphaga (Bouchard, 2011). Bunlardan Polyphaga, tüm kınkanatlı türlerinin yaklaşık %90'ını kapsayarak en geniş alt takım olma özelliğine sahiptir (Lawrence ve Ślipiński, 2013).

Coleoptera türleri arasında Carabidae (koşucu böcekler), Coccinellidae (uğur böcekleri), Scarabaeidae (gübre böcekleri), Curculionidae (hortumlu böcekler) ve Chrysomelidae (yaprak böcekleri) gibi iyi bilinen familyalar yer alır (Triplehorn ve Johnson, 2005).

Morfolojik Özellikleri incelendiğinde Coleoptera bireyleri genellikle oval ya da silindirik vücut yapısına sahiptir. Vücut; baş (caput), göğüs (thorax) ve karın (abdomen) olmak üzere üç ana kısımdan oluşur. En karakteristik özellikleri şunlardır:

Elytra: Sertleşmiş ön kanatlar uçuş kanatlarını ve karın kısmını korur.

Ağız yapısı: Çiğneyici tiptedir; bu, onların farklı beslenme biçimlerine uyum sağlamasını kolaylaştırır.

Eksoskeleton: Kutikula tabakası gelişmiş olup mekanik ve kimyasal koruma sağlar.

Gelişim tipi: Tam başkalaşım (holometabolous) görülür; yumurta → larva → pupa → ergin evrelerinden oluşur (Chapman, 2013).

Ekolojik açıdan Coleoptera takımı, doğadaki madde döngüsünde önemli roller oynar (Schowalter, 2016). Toprakta yaşayan türler organik maddelerin parçalanmasını sağlayarak toprak verimliliğini artırır (Nichols ve diğerleri, 2008). Tozlaşmaya katkı sunan bazı kınkanatlı türleri, özellikle tropikal ekosistemlerde bitki üremesinde etkili rol oynar (Gottsberger, 2016).

Ayrıca uğur böcekleri gibi yırtıcı türler, yaprak bitleri ve zararlı böceklerle beslenerek biyolojik mücadelede tarım açısından büyük fayda sağlar (Van Emden, 2013). Curculionidae familyasından hortumlu böcekler tahıl, fındık ve orman ağaçlarında ciddi ekonomik kayıplara neden olabilir (Borror ve diğerleri, 2005).

Coleoptera takımı, hem faydalı hem de zararlı türleriyle insan yaşamı ve ekosistem dengesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Gullan ve Cranston, 2020). Bu nedenle, kınkanatlıların sistematigi, ekolojisi ve biyolojik rolleri entomoloji araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır (Lawrence ve Ślipiński, 2013).

Curculionidae familyası, Coleoptera (Kırankatlılar) takımı içerisinde yer alan ve tür sayısı bakımından en büyük böcek familyasıdır (Anderson, 2002). Dünya genelinde yaklaşık 60.000'den fazla tanımlanmış tür ile Curculionidae, hem karasal ekosistemlerde hem de tarımsal alanlarda çok geniş bir yayılım gösterir (Bouchard diğerleri, 2011). Bu familya, yaklaşık 6.000 kadar cins (genus) içermekte olup, sürekli olarak yeni türler tanımlanmaktadır (Oberprieler diğerleri, 2007). Curculionidae'nin taksonomik olarak alt familyalara ayrımı oldukça karmaşıktır; başlıca alt familyalar arasında Curculioninae, Entiminae, Scolytinae ve Dryophthorinae bulunur (Bouchard ve diğerleri, 2011). Özellikle Scolytinae alt familyası (kabuk böcekleri), ağaç kabuklarında yaşayan ve orman ekosistemlerinde önemli etkiler oluşturan türleri içerir (Wood, 1982).

Bu familya, özellikle bitkilerle yakın ilişkili yaşam biçimiyle tanınır ve birçok tür otçul beslenme alışkanlığına sahiptir (Marvaldi ve diğer, 2002). Hortumlu böcekler, adlarını baş kısmında bulunan uzun ve boru şeklindeki hortum (rostrum) yapısından alır (Anderson, 2002). Bu hortum, beslenmede ve dişilerin yumurta bırakacağı bitki dokusunu delmede önemli rol oynar (Kissinger, 1964).

Curculionidae türleri genellikle bitki parazitleri olarak bilinir (Marvaldi ve diğerleri, 2002). Bu nedenle tarımsal ürünlerde ciddi ekonomik kayıplara neden olabilirler (Pedigo ve Rice, 2009). Örneğin *Rhynchophorus ferrugineus* (kırmızı palmye böceği), hurma ve palmye ağaçlarının dokularına zarar vererek Akdeniz bölgesinde önemli bir zararlı haline gelmiştir (Faleiro, 2006). *Otiorhynchus sulcatus* (siyah asma hortumlusu) ise süs bitkileri ve bağlarda ciddi zararlar oluşturur (Moorhouse, 1992).

Bununla birlikte bazı Curculionidae türleri, ekosistem işleyişine katkı sağlayan ayrıştırıcı veya biyolojik dengeyi koruyan canlılardır (Schowalter, 2016). Orman ekosistemlerinde ölü bitki materyallerini parçalayarak madde döngüsüne katkı sunarlar (Wood, 1982). Ayrıca bu familyaya ait bazı türler, doğal ekosistemlerde bitki popülasyonlarının düzenlenmesinde rol oynar (Anderson, 2002). Biyolojik çeşitliliğin korunması açısından Curculionidae familyası, bitki-böcek etkileşimleri çalışmalarında model organizma olarak da kullanılmaktadır (Marvaldi, 2002).

Sonuç olarak, Curculionidae familyası hem ekonomik zarar potansiyeli hem de ekolojik önemi nedeniyle entomoloji araştırmalarında büyük önem taşımaktadır (Bouchard, 2011).

Bu grubun morfolojik çeşitliliği, adaptasyon kabiliyeti ve evrimsel başarısı, böceklerin ekolojik baskılara nasıl uyum sağladığını anlamada önemli ipuçları sunmaktadır (Lawrence ve Ślipiński, 2013).

Böcekler, dünya üzerindeki en çeşitli hayvan grubunu oluşturarak farklı ekosistemlerde önemli roller üstlenmiş canlılardır (Chapman, 2013). Bu kadar geniş bir ekolojik başarı, büyük ölçüde onların farklı beslenme biçimlerine ve adaptasyon yeteneklerine bağlıdır (Nation, 2015). Beslenme, böceklerin enerji elde etmesi, büyümesi, gelişmesi, üremesi ve yaşam döngüsünü sürdürebilmesi için temel bir fizyolojik gereksinimdir (Gillott, 2005).

Böcekler, yaşamlarını sürdürebilmek için karbonhidrat, protein, lipid, vitamin ve mineral gibi organik ve inorganik besin maddelerine ihtiyaç duyarlar (Nation, 2015). Bu besin maddeleri, hücresel solunumda enerji üretimi, dokuların onarımı ve metabolik faaliyetlerin yürütülmesinde görev alır (Chapman, 2013). Besin alımı, böceklerin çevresel koşullara, tür özelliklerine ve gelişim evrelerine göre farklılık gösterebilir (Douglas, 2015).

Böceklerin beslenme şekilleri, temelde fitofag (bitkiyle beslenen), zoofag (hayvanla beslenen), saprofit (çürükçül), parazitik ve omnivor (hepçil) olmak üzere beş ana grupta incelenir (Gillott, 2005). Fitofag türler, yaprak, kök, tohum veya nektar gibi bitkisel dokularla beslenirken; zoofag türler diğer böcekleri veya küçük omurgasızları avlarlar (Chapman, 2013). Parazitik türler konak organizmanın vücut sıvılarını emerken, saprofit türler ölü organik maddeleri ayrıştırarak doğadaki madde döngüsüne katkıda bulunurlar (Douglas, 2015).

Böceklerin ağız yapıları da beslenme şekillerine göre farklılık göstermektedir (Snodgrass, 1993). Örneğin çiğneyici ağız yapısına sahip çekirgelerde (*Locusta migratoria*) güçlü mandibulalar bitki dokularını parçalar (Chapman, 2013). Emici-sokucu ağız yapısına sahip tahta kurularında (*Cimex lectularius*) uzun iğne benzeri styletler kullanılarak konak kanı emilir (Douglas, 2015). Kelebeklerde (*Pieris brassicae*) ise uzun hortum şeklindeki proboscis, nektar emilimi için özelleşmiştir (Gillott, 2005).

Sindirim sistemi yapısı da böceğin beslenme tipine göre değişiklik gösterir (Nation, 2015). Katı besinle beslenen türlerde öğütücü mide (proventriculus) gelişmişken, sıvı besinle beslenen türlerde bu yapı gerilemiştir (Chapman, 2013). Ayrıca simbiyotik

mikroorganizmalar, bazı bitkisel beslenen türlerde (örneğin yaprak bitleri, *Aphis fabae*) sindirimde gerekli olan enzimlerin üretiminde rol oynar (Douglas, 2015).

Böceklerde beslenme davranışları yalnızca fizyolojik bir süreç değil, aynı zamanda ekolojik bir stratejidir (Gillott, 2005). Bazı türler belirli bitki veya konaklara bağımlıyken, bazıları çok geniş bir beslenme yelpazesine sahiptir (Nation, 2015). Bu çeşitlilik, böceklerin hemen her yaşam alanında var olabilmelerine ve ekosistemlerin enerji döngüsünde merkezi bir konuma gelmelerine olanak sağlamıştır (Chapman, 2013).

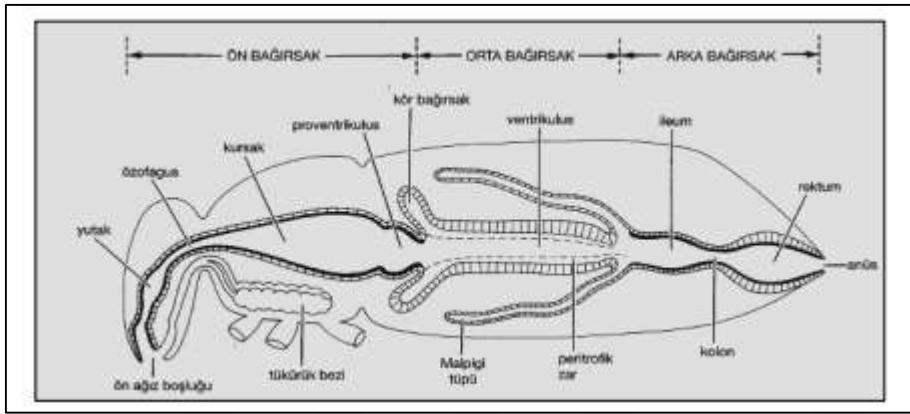
Sonuç olarak, böceklerin beslenme ihtiyacı yalnızca yaşamsal gereksinimlerini karşılamakla kalmaz, aynı zamanda türlerin evrimsel başarısını ve ekolojik dengesini de şekillendirir (Douglas, 2015). Bu nedenle böceklerin beslenme biyolojisinin incelenmesi, hem ekolojik hem de tarımsal açıdan büyük önem taşımaktadır (Nation, 2015).

Sindirim sistemi, böceklerin ekolojik çeşitliliğinin temel nedenlerinden biridir. Farklı beslenme tiplerine (otçul, etçil, çürükçül, parazitik vb.) sahip böcekler, sindirim sistemlerinin yapısal farklılıkları sayesinde çok çeşitli besin kaynaklarından yararlanabilirler (Gillott, 2005). Örneğin, bitki özsuğu ile beslenen Hemiptera türlerinde emici ağız yapısı ve sıvı sindirime uygun bir bağırsak sistemi bulunurken, katı besinlerle beslenen Coleoptera türlerinde mekanik sindirimi kolaylaştıran güçlü proventrikulus yapıları gelişmiştir (Chapman, 2013).

Sindirim sisteminin bir diğer önemli yönü, mikroorganizma simbiyozu ile ilişkilidir. Pek çok böcek türü, özellikle odunla veya selüloz açısından zengin materyallerle beslenen türler, bağırsaklarında yaşayan bakteriler ve mantarlar sayesinde sindirim yeteneklerini artırır (Engel ve Moran, 2013). Örneğin, termitlerde ve bazı Curculionidae türlerinde simbiyotik mikroorganizmalar, selüloz ve lignini parçalayan enzimleri üreterek böceğin enerji elde etmesini sağlar (Brune, 2014).

Ayrıca sindirim sistemi, biyolojik kontrol, tarımsal zararlılarla mücadele ve toksikoloji çalışmalarında da merkezi öneme sahiptir. Böceklerin sindirim enzimleri, pestisitlerin biyotransformasyonunda ve direnç gelişiminde rol oynar (Yu, 2014). Bu nedenle sindirim sisteminin yapısı ve işlevi, zararlı böceklerle mücadele yöntemlerinin geliştirilmesinde kritik bir araştırma alanıdır.

Böceklerde sindirim sistemi, besinlerin alınması, parçalanması, sindirilmesi, emilmesi ve atıkların uzaklaştırılmasından sorumlu karmaşık bir yapıdır (Nation, 2015). Sistem genel olarak üç ana bölümden oluşur: ön bağırsak (foregut), orta bağırsak (midgut) ve arka bağırsak (hindgut) (Chapman, 2013). Sindirim sistemine ayrıca Malpighi tüpleri adı verilen boşaltım yapıları da bağlıdır ve sistemin işlevsel bütünlüğünü sağlar (Snodgrass, 1993). Bu bölümlerin yapı ve fonksiyon farklılıkları, böceklerin beslenme tipine (çiğneyici, emici, sokucu-emici vb.), yaşam evresine ve ekolojik yaşama bağlı olarak büyük çeşitlilik gösterir (Gillott, 2005).



Şekil 1.1. Böceklerde görülen sindirim kanalı (Gök, 2012)

Ön bağırsak, ağızdan gelen besinin ilk temas ettiği bölüm olup mekanik parçalanma, geçici depolama ve besinin orta bağırsaklara kontrollü aktarımından sorumludur (Chapman, 2013).

Ön bağırsak ektoderm kökenlidir ve iç yüzeyi kitinli bir intima ile kaplı olduğundan kimyasal sindirim enzimlerinin etkisinden korunur (Snodgrass, 1993).

Yutak kaslı bir yapı olup besini kursağa itmeye yarar ve bazı türlerde yutakta görevini gören bezler mukus veya enzime benzeyen salgılar üretir (Gillott, 2005).

Yemek borusu kursağa giden kısa bir iletim kanalıdır; *Musca domestica* gibi Diptera türlerinde bu kanal sıvı besinlerin hızlı iletimi için genişleyebilme özelliği gösterir (Lehane, 1997).

Kursak, birçok türde besinin geçici depolandığı ve gerektiğinde geri regürjitasyon (örneğin arılarda bal geri çıkarma) yoluyla kullanıldığı genişlemiş bir ön bağırsak bölgesidir; *Apis mellifera*'da kursak bal taşıma ve geçici depolamada kritik bir organ görevindedir (Chapman, 2013).

Proventriculus, özellikle Orthoptera ve birçok Coleoptera türünde gelişmiş kitin dişçiklere sahip mekanik öğütme organıdır ve lifli veya sert materyali fiziksel olarak parçalar; örneğin çekirgelerde bu yapı selüloz açısından zengin bitki dokularını küçültür (Snodgrass, 1993).

Bazı etçil kınkanatlılarda proventriculus, avın dış iskeletini parçalayacak şekilde sertleşmiş ve dişli bir yapı gösterir (Gillott, 2005).

Ön bağırsakta yer alan valfler (örneğin proventriküler valf) besinin orta bağırsaklara girişini düzenleyerek sindirim zamanlamasını kontrol eder; bu, şeker bakımından zengin besinlerle beslenen böceklerde emilimin optimize edilmesine yardımcı olur (Chapman, 2013).

Kursak ve proventriculusun boyutu ve yapı farklılıkları, böceğin beslenme stratejisini (süngerleyici/sıvı-emici vs. çiğneyici) yansıtır ve türler arası ekolojik niş farklılaşmasına katkıda bulunur (Nation, 2015).

Orta bağırsak, kimyasal sindirim ve besin maddelerinin emiliminin ana merkezidir ve endoderm kökenli olması nedeniyle kitin kaplaması yoktur; bu yapı enzimlerin aktif şekilde çalışmasına olanak tanır (Chapman, 2013). Orta bağırsağın iç yüzeyi mikrovilluslarla kaplı epitel hücreleri içerir ve bu mikrovilluslar emilim yüzeyini artırır (Gillott, 2005).

Bazı böceklerde orta bağırsak duvarından çıkan gastrik çekumlar bulunur ve bunlar hem enzim salgılar hem de yüzeyi artırarak absorpsiyonu iyileştirir; örneğin *Tenebrio molitor* larvalarında güçlü gastrik çeka gelişimi gözlenir (Gillott, 2005). Gastrik çekumların varlığı özellikle katı besinleri sindiren türlerde besin parçacıklarının daha uzun süre temas etmesini sağlayarak sindirim verimliliğini artırır (Nation, 2015).

Peritrofik zar, orta bağırsak içinde besini çevreleyen yarı geçirgen protein-polimer matrikstir ve sindirim enzimlerinin etkisini düzenleyerek besin parçacıklarının kontrollü sindirimini sağlar; ayrıca epitel hücrelerini mekanik aşınmadan ve patojenlerden korur (Lehane, 1997).

Peritrofik zarın tipi ve kalınlığı tür ve yaşam evresine göre değişir; örneğin herbivor larvalarda zar daha belirgindir ve selüloz sindirimini kolaylaştırır (Douglas, 2015).

Arka bağırsak, ileum, kolon ve rektumdan oluşur ve esas olarak su/iyon emilimi, mikrobiyal fermentasyon (bazı türlerde) ve dışkı formasyonundan sorumludur (Chapman, 2013). Arka bağırsak da ektoderm kökenli olduğundan iç yüzeyi genellikle kitinle kaplıdır ve bu nedenle mikrovillus benzeri emilim yüzeyleri sınırlıdır; su ve iyonların geri kazanımı özel epitelyal hücreler tarafından gerçekleştirilir (Snodgrass, 1993).

Rektum, suyun geri emilmesinde ana işleve sahiptir ve özellikle kurak ortamlarda yaşayan böceklerde suyun maksimum geri kazanımı için özelleşmiştir; *Schistocerca gregaria* gibi göçmen çekirgelerde rektal emilim son derece etkilidir (Nation, 2015).

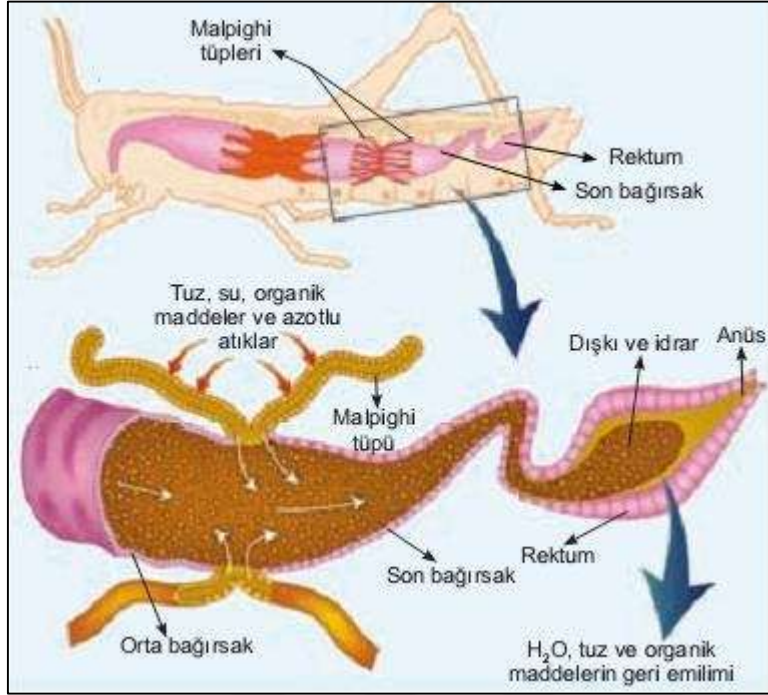
Arka bağırsakta ayrıca iyon pompaları ve transport proteinleri bulunur; bunlar hem osmoregülasyona hem de atıkların yoğunlaştırılmasına katkı sağlar (Chapman, 2013).

Bazı böceklerde (örneğin bazı termitler ve belirli saprofit böceklerde) arka bağırsak mikrobiyal topluluklarca selüloz ve diğer polisakkaritlerin fermentasyonuna izin vererek ek besin kazancı sağlar (Douglas, 2015). Lepidoptera larvalarında arka bağırsak, katı atıkları (frass) biriktirir ve gerektiğinde suyun geri emilmesiyle dışkının sertleşip atılmasını sağlar (Gillott, 2005).

Malpighi tüpleri, böceklerin böbrek benzeri yapıları olup hemolenfteki azotlu atıkları (genellikle ürik asit veya amonyak türevleri) alıp bağırsak lumenine aktararak atılımı sağlarlar; bu işlem arka bağırsakta suyun yeniden geri emilimi ile kombinlenir (Snodgrass, 1993). Tüplerin sayısı, uzunluğu ve yapısı türlere göre değişir; kurak ortam böcekleri genellikle daha uzun ve çok sayıdaki Malpighi tüplerine sahip olup suyun geri kazanımını maksimize ederler (Nation, 2015).

Malpighi tüpleri aktif taşıma mekanizmaları ile iyon ve atıkları tüp hücrelerine alır ve bunları tüpten bağırsak boşluğuna sekrete eder; sonra arka bağırsakta suyun geri emilimi sonucunda atık yoğun bir şekilde dışarı atılır (Chapman, 2013). Bazı böceklerde Malpighi tüpleri ve rektum arasındaki ilişkiler, nitrojenin ve suyun verimli geri dönüşümünü sağlayacak şekilde

düzenlenmiştir; bu, özellikle kurak ortamlarda hayatta kalmayı mümkün kılar (Gillott, 2005).



Şekil 1.2. Böcek sindirim sisteminde son bağırsağın genel yapısı

2. COLEOPTERA (KINKANATLILAR) TAKIMININ SİNDİRİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Böceklerde sindirim sistemi, besinlerin parçalanarak enerjiye dönüştürülmesini sağlayan temel biyolojik yapıdır. Böceklerin hayatta kalması, gelişmesi, üremesi ve davranışlarını sürdürebilmesi, doğrudan bu sistemin etkin çalışmasına bağlıdır (Chapman, 2013).

Sindirim sistemi sayesinde böcekler, çevrelerinden aldıkları besinleri biyokimyasal olarak parçalayarak vücut dokularının yenilenmesi ve enerji üretimi için gerekli besin maddelerine dönüştürürler (Nation, 2016). Özellikle karbonhidrat, yağ ve proteinlerin enzimatik sindirimi sonucu elde edilen enerji, böceklerin uçuş, savunma ve üreme gibi yüksek enerji gerektiren aktivitelerini destekler (Terra ve Ferreira, 2012).

Coleoptera (kinkanatlı böcekler) takımı, dünyadaki en geniş böcek grubunu oluşturmakta olup yaklaşık 400.000 tür ile büyük bir ekolojik ve morfolojik çeşitlilik göstermektedir (Chapman, 2013). Bu çeşitliliğin en belirgin yansıması, türlerin sindirim sistemlerinde ve beslenme adaptasyonlarında görülmektedir. Coleoptera türlerinin sindirim sistemi genellikle üç ana bölümden oluşur: ön bağırsak (foregut), orta bağırsak (midgut) ve arka bağırsak (hindgut). Bu yapı, beslenme biçimlerine göre önemli morfolojik farklılıklar gösterir (Terra, 2020).

Bitkisel materyallerle beslenen türlerde orta bağırsak genellikle genişlemiş, mide kesecikleri (gastric caeca) çok sayıda ve dallanmış yapıdadır. Buna karşılık, yırtıcı veya çürükçül türlerde ön bağırsak daha gelişmiş, proventriculus kısmı sert kitin plakalarla desteklenmiştir (Ekis, 1971).

Çiçek poleniyle beslenen *Meligethes chinensis* (Nitidulidae) türü üzerinde yapılan çalışmalarda, sindirim kanalının kısa bir ön bağırsak, geniş bir orta bağırsak ve uzun bir arka bağırsaktan oluştuğu; mide keseciklerinin bol miktarda bulunduğu belirlenmiştir (Chen ve diğerleri, 2023). Bu kesecikler, polen taneciklerinin parçalanmasında enzimatik yüzey alanını artırmaktadır. Ayrıca Malpighi tübüllerinin arka bağırsakla birleştiği kısımda bir kriptonefridal sistem bulunarak suyun geri kazanımı sağlanmaktadır (Chen ve diğerleri, 2023).

Yaprakla beslenen *Chrysomela populi* (Chrysomelidae) türünde yapılan histolojik analizlerde, orta bağırsak epiteli mikrovilluslarla kaplı olup, sindirim yüzeyinin oldukça geniş olduğu tespit edilmiştir. Dört adet Malpighi tübülünün arka bağırsak geçişine açıldığı ve iyon dengesinin bu bölgede korunduğu bildirilmiştir (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2022).

Çürükçül beslenme özelliği gösteren *Cotinis nitida* (Scarabaeidae) türünde, larva ve ergin dönemler arasında mikrobiyota farklılıkları gözlenmiştir. Larval evrede selülitik bakteriler baskınken, ergin evrede proteolitik bakteriler çoğunluktadır (Kucuk ve diğerleri, 2023).

Avcı türlerden Cleridae familyasında ise Ekis (1971) tarafından yapılan morfolojik incelemeler, sindirim sistemi uzunluk oranlarının beslenme tipine göre farklılaştığını göstermiştir. Avcı türlerde ön bağırsak ve proventrikulus gelişmiş olup, güçlü kitin plakalarla desteklenmiştir. Bu sayede sert vücutlu avların mekanik olarak parçalanması mümkün hale gelmiştir.

Chrysolina herbacea (Coleoptera: Chrysomelidae)'nın sindirim kanalı ve Malpigi tüplerinin anatomik ve histolojik yapısı ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. *Chrysolina herbacea*'nın sindirim kanalı üç ana kısımdan oluşur ve bu kısımlar ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmaz üzere gözlemlenmiştir. Ön bağırsak; farinks, yemek borusu, kursak ve proventrikulus kısımlarından oluşmaktadır. Malpigi tübüllerinin proksimal kısmı pilorik kapakla birleşmiştir distal kısımları ise hemosölde bulunmaktadır. Malpigi tübülleri dalgalı bir görünüme ve düz bir yüzeye sahiptir, fırça kenarlı ve kılıfı olan tek tabakalı kübik epitel ile çevrelenmiştir. Arka bağırsak pilorik kapak, ileum, kolon ve rektum kısımlarından meydana geldiği raporlanmıştır. (Özyurt Koçakoğlu ve Candan, 2021).

Güney Amerika kökenli bir Curculionidae türü olan *Compsus sp.* üzerinde yapılan çalışmalarda, ön bağırsakta belirgin bir besin kesesi (kursak) ve orta bağırsakta çok sayıda mide keseciği bulunduğu saptanmıştır. Bu yapılar, nişasta ve selüloz temelli besinlerin enzimatik sindiriminde görev yapmaktadır (Rubio-G. ve Acuña-Z., 2007).

Kabuk böceği *Dendroctonus rhizophagus* (Curculionidae: Scolytinae) üzerinde yapılan moleküler analizlerde, sindirim sisteminde nişasta parçalayıcı α -amilaz enziminin yüksek oranda sentezlendiği tespit edilmiştir (Soto-Robles ve diğerleri, 2021).

Çürükçül bir tür olan *Oxelytrum discicolle* (Silphidae) türünde ise, larval evrelerde kısa ve dar bir ön bağırsak, geniş ve uzun bir orta bağırsak, dar ve uzamış bir arka bağırsak yapısı belirlenmiştir. Arka bağırsakta bulunan lateral çıkıntıların, suyun geri emiliminde işlevsel olduğu düşünülmektedir (Cerva, 2022).

Meligethes (Odonthogethes) chinensis (Coleoptera: Nitidulidae: Meligethinae)'in sindirim kanalı ve Malpigi tübüllerinin yapısal morfolojisi ışık, floresans ve taramalı elektron mikroskoplarında incelenmiştir. Yetişkin *Meligethes (Odonthogethes) chinensis*'in sindirim kanalı ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç kısımdan oluşur. Ön bağırsak diğer iki bağırsak yapısından daha kısadır. Farinks, yemek borusu, proventrikulus ve kardiyak kapak kısımlarından meydana gelmiştir. Ön bağırsakta kursak bulunmamaktadır. Orta bağırsak düz, şişkin, silindirik ve ince duvarlı bir tüp şeklinde olmakla birlikte çok sayıda küt parmak şeklinde gastrik çekum düzensiz olarak dağılım göstermiştir ve orta bağırsağı çevrelediği gözlenmektedir. Arka bağırsakta ileum, kolon ve rektum olmak üzere üç kısım gözlenir. İleum kıvrılmış şekilde görülmüştür. Kolon arkaya doğru genişleme gösterir. Rektum kalın ve kaslı bir yapıya sahiptir ve bunu membranöz bir yapı izlemektedir. Altı Malpigi tübülünün bulunduğu ve tübüllerin kriptonefridal sistem oluşturmak için kolona bağlandığı gözlenmiştir (Chen ve diğerleri, 2023).

Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae)'in erginlerinin orta bağırsak yapısı ışık mikroskobu, taramalı ve geçirmeli elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Aynı zamanda protein ve enzimatik aktiviteleri belirlenmiş, nişasta hidroliz ürünlerinin analizleri yapılmıştır. *S. zeamais*'te orta bağırsak yapısı iki kısımdan oluşmaktadır, ön orta bağırsak ve arka orta bağırsak olarak farklılaşmıştır rejeneratif, endokrin ve sindirim hücrelerini içermektedir. Ön orta bağırsakta rejeneratif kriptlerin oldukça yoğun olarak bulunmaktadır. Protein sentezi ile ilişkili organelleri içeren hücreler ve amilaz ve lipazların varlığı sindirimin büyük kısmının ön orta bağırsakta gerçekleştiğini gösterir. Arka orta bağırsakta ise peritrofik membran ve çok sayıda gastrik çekum bulunur. Az farklılaşmış hücrelerde düşük enzimatik aktivitelere sahip sitoplazmik organeller ve uzun mikrovilluslar arka orta bağırsağın esas görevinin emilim olduğunu gösterir bir yapıdadır (De Sousa ve Conte, 2013).

Curculionidae familyasına ait *Dendroctonus rhizophagus* türünde, sindirim sisteminde nişasta parçalayıcı α -amilaz enziminin sentezlenmesinden sorumlu genlerin aktif olduğu ve bu sayede odun dokusu içindeki karbonhidratların parçalanabildiği belirlenmiştir (Soto-Robles ve diğerleri, 2021). Bu özellik, kabuk böceklerinin bitkisel dokulardan enerji elde etmesini sağlayan biyokimyasal bir adaptasyondur (Soto-Robles ve diğerleri, 2021).

Yine Curculionidae familyasından *Tanymecus dilaticollis* türü üzerine yapılan anatomik çalışmalarda, ön bağırsakta geniş bir besin kesesi (crop) bulunduğu, orta bağırsakta sekiz adet mide keseciği (gastric çeka) yer aldığı ve arka bağırsakta kas tabakalarının oldukça gelişmiş olduğu saptanmıştır (Popescu ve diğerleri, 2020). Bu yapıların, nişasta ve selüloz gibi kompleks bitkisel bileşenlerin sindiriminde işlevsel olduğu bildirilmiştir (Popescu ve diğerleri, 2020).

Acalymma vittata (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae)'da sindirim kanalının morfolojisi incelenmiştir. Ön bağırsakta, ağız boşluğu, farinks, yemek borusu ve kursak kısımları bulunmaktadır. İyi gelişmiş bir proventrikulus gözlenmemiştir. Orta bağırsak, sindirim sisteminin en uzun kısmı olup bağırsak uzunluğunun %65'ini kapsar ve uzunluğu boyunca kendine özgü ventriküler kriptalar içerir. Bununla birlikte, peritrofik bir zarla çevrilidir ancak simbiyontları barındıracak çekadan yoksundur. Arka bağırsak kolon, rektum ve dört tane Malpigi tübülünden meydana gelmektedir. Ön ve arka bağırsağın kütiküler intiması sıra dikenler içerir ve çok sayıda kıvrımlı bir yapıya sahiptir (Garcia-Salazar ve diğerleri, 2000).

Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)'nin erkek ve dişilerinin sindirim kanalı ve üreme yolları açıklanmıştır. Sindirim kanalı ön, orta ve arka bağırsak üç kısımdan oluşmaktadır. Ön bağırsak farinks, yemek borusu, kursak, proventrikulus ve kardiyak kapak kısımlarından oluşmaktadır. Orta bağırsak anterior ve posterior olmak üzere iki kısımdan meydana gelmiştir. Orta bağırsak lümenindeki besin ise peritrofik bir zarla çevrilidir. Posterior orta bağırsakta ise iki gastrik çekumun varlığı gözlemlenmiştir. Arka bağırsak, altı adet Malpigi tübülü içeren pilorik kapakla başlamaktadır. Hemen sonrasında ise ileum, genişlemiş bir kolon ve rektum kısımları bulunmaktadır (Rubio ve diğerleri, 2008).

Lucanidae familyasından *Dorcus hopei* türünde yapılan moleküler çalışmalarda, larva döneminde çürük odun ve mantarla beslenen bireylerin bağırsak mikrobiyotasında

karbonhidrat ve amino asit metabolizmasında görevli bakterilerin baskın olduğu belirlenmiştir (Zhang, 2022). Bu durum, simbiyotik bakterilerin sindirimde aktif rol aldığını ve konak böceğin beslenme başarısını artırdığını göstermektedir (Zhang, 2022).

Curculionidae familyasından *Compsus sp.* üzerinde yapılan çalışmalarda, ön bağırsakta diken benzeri yapılar, orta bağırsakta ise çok sayıda mide keseciği (gastric çeka) tespit edilmiştir (Rubio-G. ve Acuña-Z., 2007). Bu yapılar, bitkisel kökenli besinlerin mekanik ve kimyasal sindiriminde yüzey alanını artırmak amacıyla gelişmiş yapılardır (Rubio-G. ve Acuña-Z., 2007).

Silphidae familyasından *O. discicolle* türü üzerinde yapılan histomorfolojik çalışmalarda, larva evresinde ön bağırsak kısmının kısa ve dar, orta bağırsağın geniş ve düz yüzeyli, arka bağırsağın ise uzun ve dar olduğu gözlemlenmiştir (Cerva ve diğerleri, 2022). Arka bağırsakta suyun geri emilimini kolaylaştıran küçük yan çıkıntıların bulunduğu bildirilmiştir (Cerva, 2022).

Bu türlerin tamamı değerlendirildiğinde, Coleoptera takımında sindirim sisteminin beslenme şekline göre evrimsel bir farklılaşma gösterdiği anlaşılmaktadır. Bitkisel beslenen türlerde orta bağırsak ve mide kesecikleri gelişmişken, avcı ve çürükçül türlerde ön bağırsak ve proventrikulus kısmı daha belirgin bir yapıya sahiptir (Terra, 2020). Ayrıca simbiyotik mikroorganizmalar, özellikle çürükçül ve odunla beslenen türlerde sindirimin ayrılmaz bir parçası olarak görev yapmaktadır (Zhang, 2022).



3. MATERYAL VE METOD

3.1. İncelenen Materyal Hakkında Genel Bilgi



Resim 3.1. *Hypera postica*'nın genel şekli

3.2. Örneklerin Toplanması ve Laboratuvarda Üretimi

Bu çalışmada kullanılan ergin *H. postica* (Coleoptera: Curculionidae) örnekleri Mayıs 2022, 2023 ve 2024 mayıs aylarında Bingöl'de yonca bitkisi üzerinden toplanmıştır. Araziden toplanıp laboratuvara getirilen ergin dişi ve erkek *H. postica* 1-1,5 litrelik pet kapların içerisinde her gün taze bitkiler konarak 24 ± 2 °C'de beslenmiştir.

3.3. Işık Mikroskobu İçin Örneklerin Hazırlanması

Laboratuvarda tutulan *H. postica* örnekleri sindirim ve boşaltım kanalının görüntülenmesi için %70'lik alkol ortamında stereomikroskop altında disekte edilmiştir. Çıkarılan sindirim ve boşaltım sisteminin genel yapısı stereomikroskopla fotoğraflandıktan sonra ışık mikroskobunda histolojik değerlendirmelerin yapılması amacıyla sindirim ve boşaltım sistemine ait örnekler %10'luk Formaldehitte tespit edilmiştir. Tespit maddesinden kurtarılacak için çeşme suyu altında bir gece yıkanmıştır. Ardından yükselen alkol serilerinin (%50, %70, %80, %90, %99) herbirinde birer saat bekletilerek dehidrasyon işlemi gerçekleştirilen örnekler, sırayla 15 dakika oda sıcaklığında ve 15 dakika 65 °C'de etüvdeki

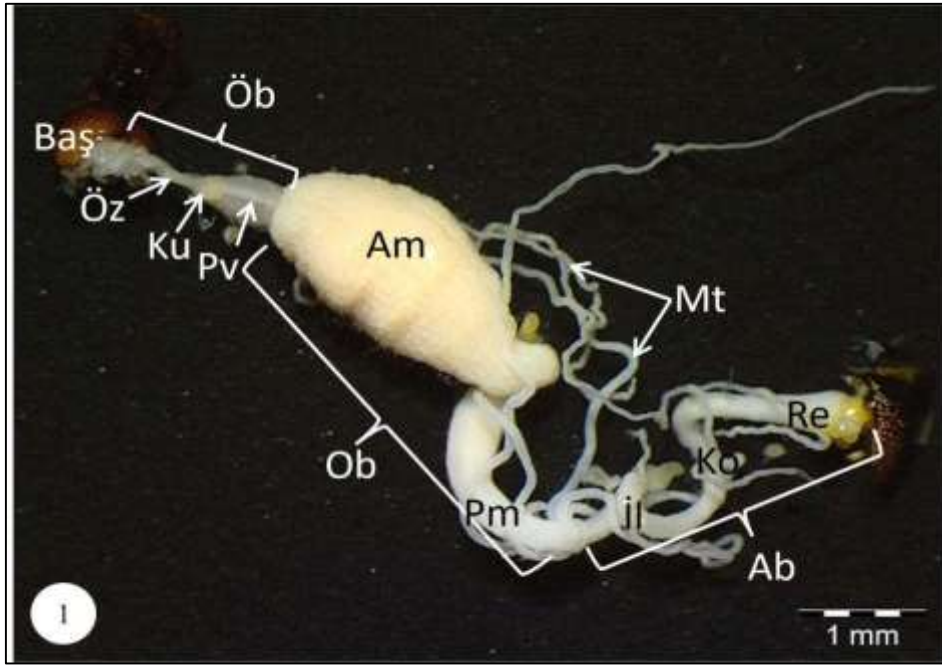
ksilolde tutulmuştur. Sonrasında parafine doyurması hedeflenerek organlar ksilol-parafin serilerinin herbirinden 15 dakika bekletilmiş, ardından saf parafinde 1 gün bekletilmiştir. Parafine doymuş olan organlar parafin bloklara dik ve yatay olarak gömülmüştür. Trimlenen bloklardan mikrotom aracılığıyla 6-7 µm kalınlığında kesitler alınmıştır. Mikrotomda alınan kesitlerin ışık mikroskobunda incelemeleri için Hematoksilen-Eozin ve Mallory 3' lü boyaması yapıp entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirilmiştir. Sindirim ve boşaltım sistemine ait olan bu kesitler Olympus BX51 marka ışık mikroskobunda (4X, 10X, 20X, 40X ve 100X) büyötmelerinde incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Örneklerin Hazırlanması

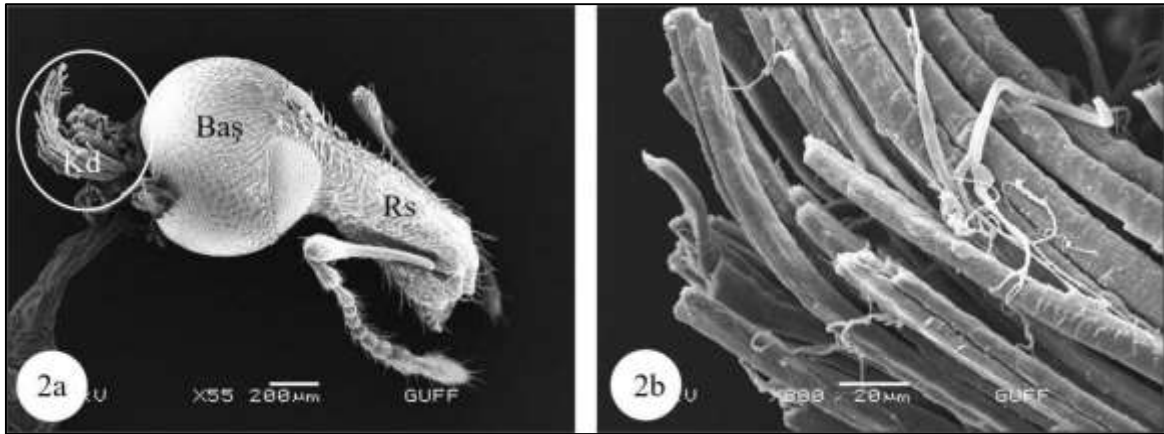
Taramalı Elektron Mikroskobu için örnekler; pH: 7,2 olan 0,1M sodyum fosfat tamponu ile hazırlanmış %2,5'luk Glutaraldehitte en az 1 gün tespit edildikten sonra 15 dakikalık iki değışme yapılarak sodyum fosfat tamponuyla yıkanmıştır. Ardından 15'er dakika %70, %80, %96, %99 alkol serilerinden geçirilmiştir. Daha sonra alkol-Heksametildisilazan (HMDS) serilerinin (2:1; 1:2; 0:3) herbirinde 15 dk bekletilen örnekler havada kurutulmuştur. Kurutulan örnekler çift taraflı yapışkan bantlar ile bütün haliyle veya belirli bölgelerden kırılarak staplara tutturulmuştur. Polaron SC 502 kaplama cihazında altınla kaplanan sindirim ve boşaltım sistemine ait organlar JEOL JSM6060 LV marka taramalı elektron mikroskobunda (SEM) 5-10 KV'de incelenmiş ve fotoğraflandırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Hypera postica'da sindirim sistemi ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır (Resim 1). Sindirim ağızda başlamakta olup çiğneyici tipte ağıza sahiptir ve ağız rostrumun uç kısmında yer almaktadır. Baş kısmının arkasında dilatör kaslar demetler halinde uzanmaktadır (Resim 4.2a, b). Tütün baş kısmından anüse kadar uzanan bir sindirim kanalı yapısı gözlenmiştir (Resim 4.1).



Resim 4.1. *H. postica*'nın sindirim ve boşaltım sistemlerinin genel görünüşü (SM)



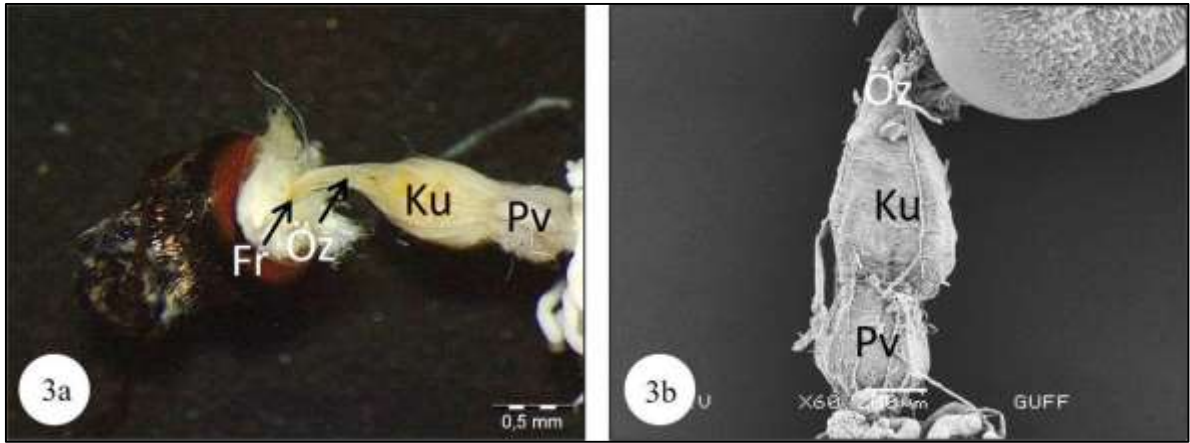
Resim 4.2. a. *H. postica*'nın baş ve rostrum yapısının genel görünüşü (SEM). b. Baş kısmındaki kas demetlerinin SEM görüntüsü

4.1. Ön bağırsak

Ön bağırsak farinks (yutak), özofagus (yemek borusu), kursak ve proventrikulus kısımlarından oluşmaktadır (Resim 4.1, 4.3a, 4.3b).

4.1.1. Farinks (Yutak)

Ön bağırsağın ilk kısmıdır. Besinin alınması ve geriye doğru geçişini sağlar. Ağız özofagusa bağlar. Ağız boşluğunun hemen arkasında yer alır. Kaslı bir tüp şeklindedir (Resim 3a).



Resim 4.3. a, b. *H. postica*'da ön bağırsağı oluşturan kısımların genel görünümü (SM, SEM)

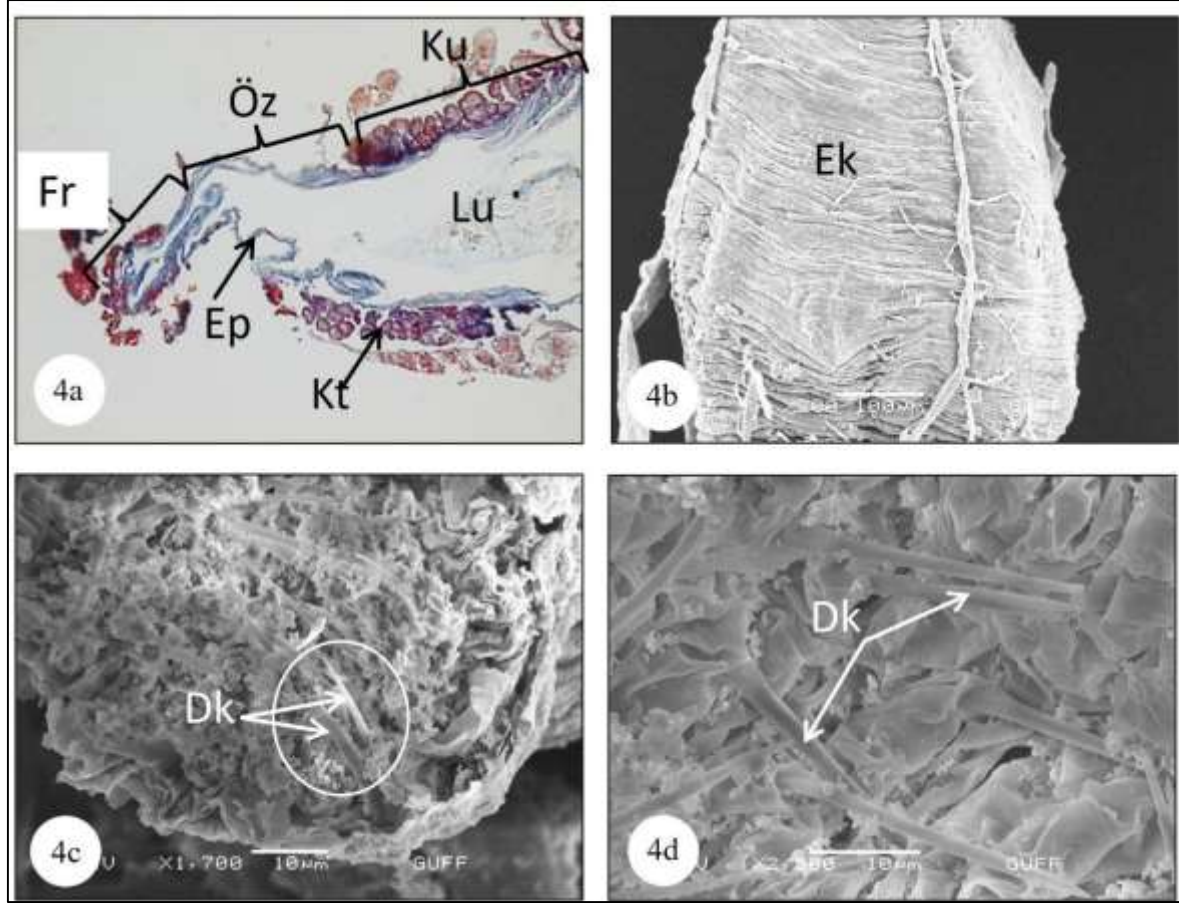
4.1.2. Özofagus (Yemek Borusu)

Farinks ile kursak arasında yer alan dar ve uzun bir borudur (Resim 4.3a, 4.3b). Özofagus duvarı dıştan enine kaslarla çevrelenmiştir (Resim 4.3b) ve esnek bir yapıya sahiptir. Besinleri kursak kısmına taşır. Peristaltik hareketlerle (kas dalgalarıyla) besin akışını sağlar. Bazı türlerde genişleyebilir yapıdadır, ancak sindirim burada gerçekleşmez. Histolojik kesitte özofagusun tek tabakalı yassı epitelle çevrelendiği görülmüştür.

4.1.3. Kursak

Ön bağırsağın üçüncü kısmı olan kursak, özofagus ile proventrikülüs arasında bulunan kese şeklinde bir yapıya sahiptir (Resim 4.3a, 4.3b). Kursak, besinleri geçici süre tutar ve depolar. Sindirim başlamadan önce besinler burada yumuşar ve ön işlemden geçer. Gerektiğinde

besinler proventrikulusa aktarılır. Kursak kaslı bir yapıdır ve genişleyebilir. Kursak yüzeyinde enine kaslar görülmüştür (Resim 4.4b). Kursak yapısını incelediğimizde kursağın boyuna histolojik kesitinde ince bir intima tabakası, tek tabakalı yassı epitel ve kalın bir kas tabakası ayırt edilmektedir (Resim 4.4a). Resim 4.4c ve 4.4d’ de kursak lümeninde besin maddeleri ve intimadan lümene uzanan uzun dikensi yapılara rastlanmıştır.

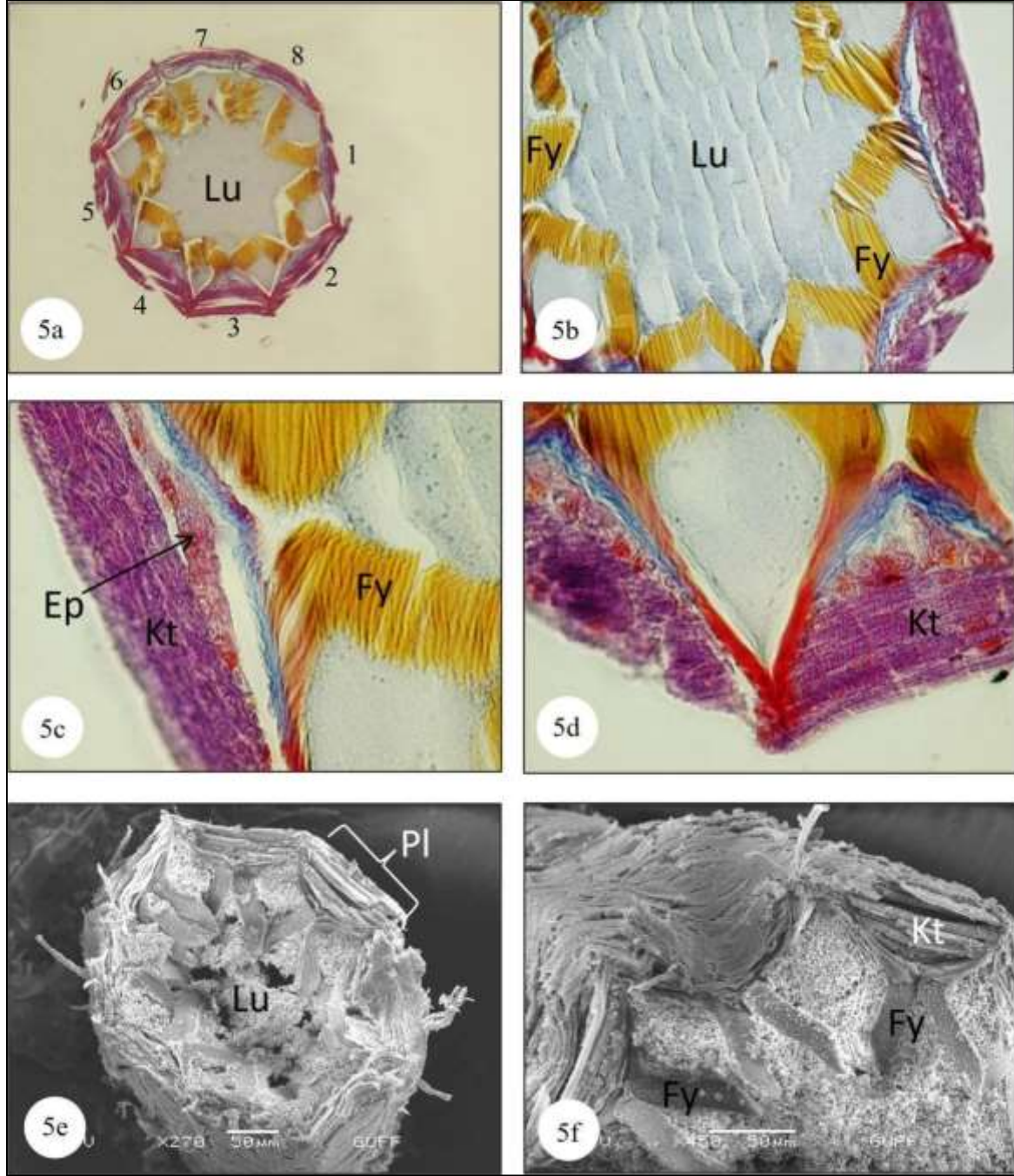


Resim 4.4. a. *H. postica*'da ön bağırsağın farinks, özofagus ve kursak kısımlarının histolojik kesiti (Mallory 3'lü Boyama) (IM) (x 400) b. Kursak yüzeyinde enine kaslar (SEM). c, d. Kırılmış kursak intimasından uzanan dikensi yapıların ve lümendeki besin maddelerinin SEM görüntüsü (SEM)

4.1.4. Proventrikulus (Proventriculus)

Kursağın hemen devamında yer almakta olup ön bağırsağın son kısmıdır (Resim 4.3a). Besinlerin mekanik olarak öğütülmesini ve parçalanmasını sağlar. Proventrikulusun yapısında dişler gözlenir ve bu öğütücü dişler aracılığıyla katı besinler parçalanır. İncelenen türde de enine kesitlerde proventrikulusun dişlerinin yıldız şeklinde bir görünüme sahip ve sekiz plaktan oluştuğu gözlenmiştir (Resim 4.5a, 4.5e). Lümen yapısı ve bunu hemen

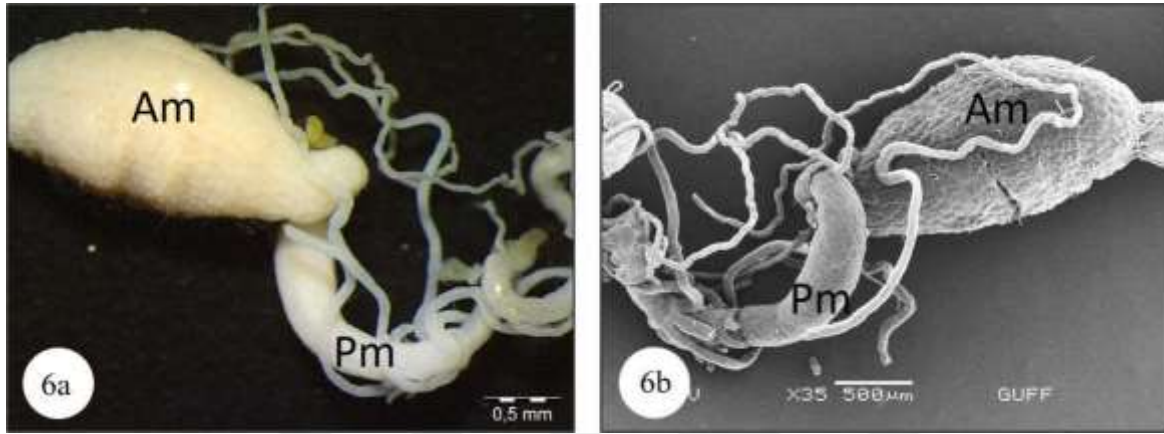
çevreleyen yıldız şeklinde fırçamsı yapılar düzenli lamellar yapıda dişlere sahiptir, dişlerin etrafını çevreleyen tek tabakalı epitel ve kalın bir kas tabakası gözlenmektedir Resim (4.5a, 4.5f). Turuncu yapıli kısımlar öğütücü dişler olarak bilinir ve katı besinleri parçalamaya yarar. Mavi yapı intimate tabakasıdır ve bu tabaka ektoderm kökenlidir dişlerlerde bu tabakadan çıkarlar.



Resim 4.5. a-d. *H. postica*'da ön bağırsağın son kısmı olan proventrikulusun histolojik kesiti (Mallory 3'lü Boyama) (IM) (x 200, 400, 1000). e, f. Enine kırılmış proventrikulusun SEM fotoğrafı.

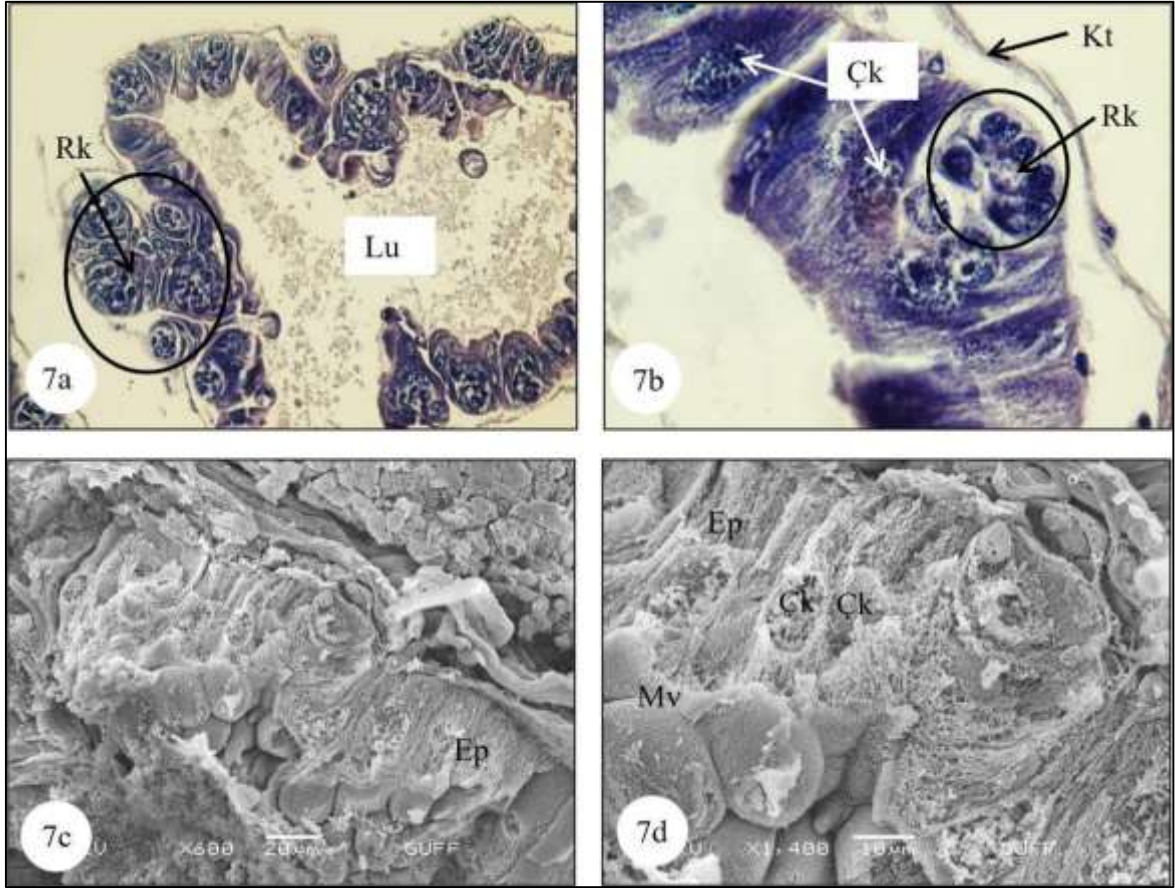
4.2. Orta Bağırsak

Sindirim sisteminin ikinci kısmı orta bağırsaktan meydana gelmektedir. Orta bağırsağın ise şişkin kese şeklinde anterior midgut (orta bağırsağın ön kısmı) ve ilkinin neredeyse üçte biri genişliğinde tübüler yapıda posterior midgut (orta bağırsağın arka kısmı)’tan oluştuğu gözlenmiştir (Resim 4.6a, 4.6b).



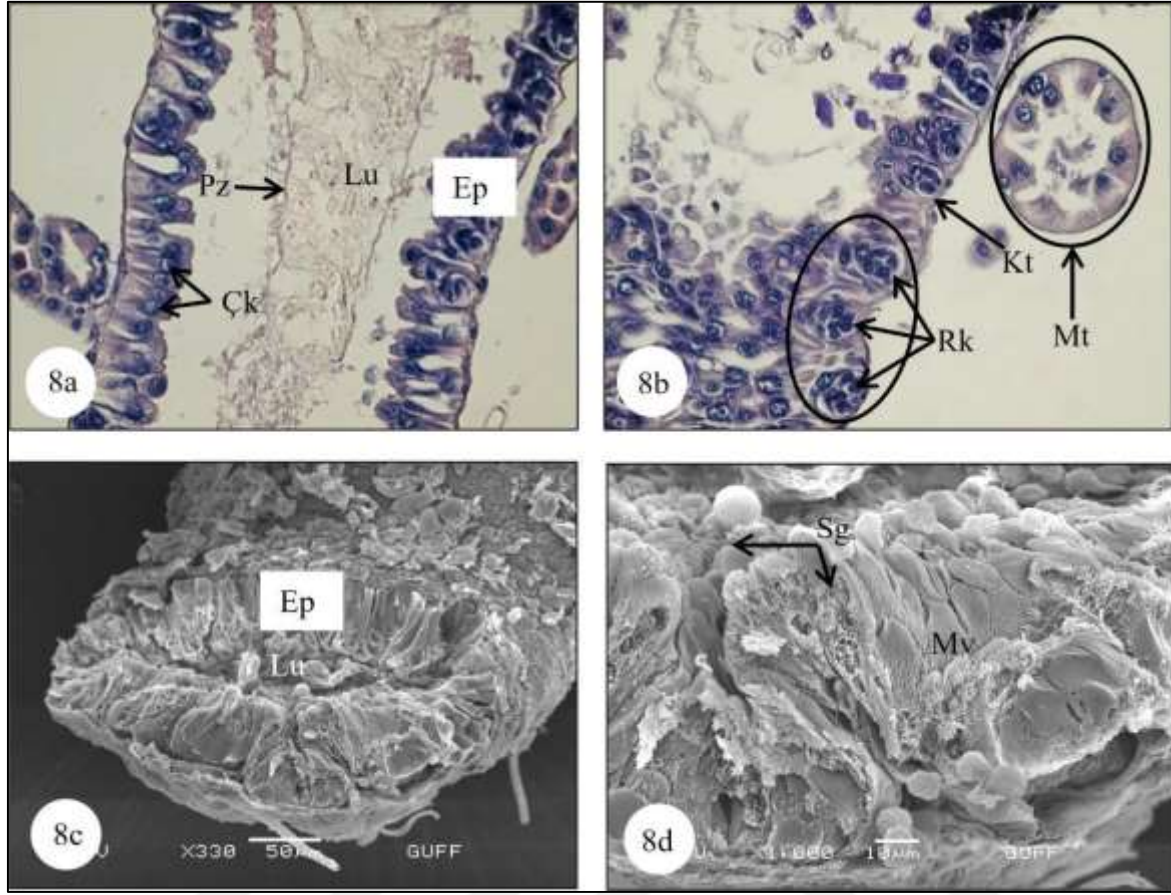
Resim 4.6. *H. postica*’da orta bağırsağın anterior midgut ve posterior midgut’ ın SM ve SEM fotoğrafı

H. postica’ da anterior midgut heterokromatin öbekleri olan oval çekirdeklere sahip tek tabakalı silindirik epitel ve ince bir kas tabakası ile çevrelenmiştir ve epitel hücrelerinin bazalinde rejeneratif kriptler gözlenmektedir (Resim 4.7a-4.7d). Rejeneratif kriptler; yenileyici hücreler olarak bilinir ve hasar gören hücrelerin yenilenmesi ile ilgilidir. Epitel lümene doğru derin kıvrımlara sahiptir (Resim 4.7a).



Resim 4.7. a-d. *H. postica*'da orta bağırsağın anterior bölgesinin histolojik kesiti (H&E) (IM) (x400, 1000) ve SEM fotoğrafları

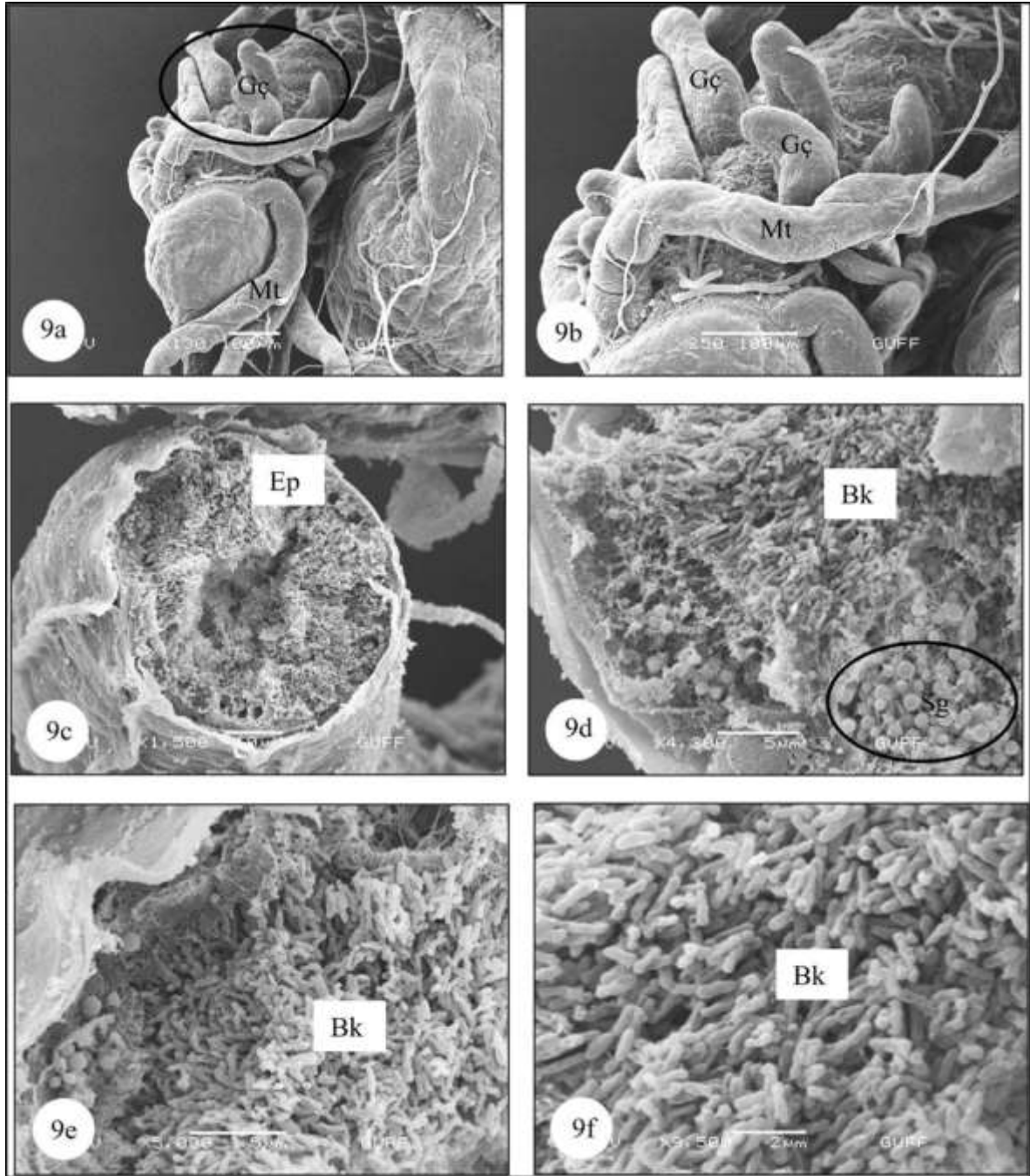
Posteriyor midgut'ın histolojik kesitlerinde anterior midgut'a benzer şekilde heterokromatin öbekleri olan oval çekirdeklere sahip tek tabakalı silindirik epitel ve ince bir kas tabakası ile çevrelenmiştir (Resim 48a-4.8c). Resim 8a'da lümende besinleri çevreleyen peritrofik zar ayırt edilmiştir. Bu zar katı besin parçacıklarının epitel hücrelerine zararını engellemektedir. Resim 8b'de epitel hücrelerinin bazalinde rejeneratif hücreler görülmüştür. Epitel hücrelerinin apikalinden uzanan mikrovillus denen emilimden sorumlu yapılar gözlenmektedir (Resim8d). Lümende salgı granüllerine rastlanmıştır (Resim 8d).



Resim 4.8. a-d. *H. postica*'da orta bağırsağın posteriyor bölgesinin histolojik kesiti a-b (H&E) (x 400, 1000) ve SEM fotoğrafları

4.2.1. Gastrik çekum

H. postica'da gastrik çekumlar, posteriyor midgut'ın son kısmında yer almakta olup, 8 adet parmak şeklinde uzanan tüpsü yapılardır (Resim 4.9a, 4.9b). SEM fotoğraflarına bakıldığında Malpighi tübüllerine yakın kısımdan çıktığı onlarla aynı genişlikte olduğu, ancak onlardan oldukça kısa olduğu görülmüştür (Resim 4.9a, 4.9b). Gastrik çekumlar orta bağırsak yüzeyinin genişletilmesini sağlayarak emilimin artırılmasını sağlarlar. Gastrik çekumu enine kıldığımızda tek tabaklı kübik epitel yapısı ile çevrili olduğunu hücrelerin içinde salgı granüllerine (Resim 4.9c, 4.9d), lümeninde de yığınlar halinde basil şeklinde bakterilere rastlanmıştır (Resim 4.9d-4.9f).

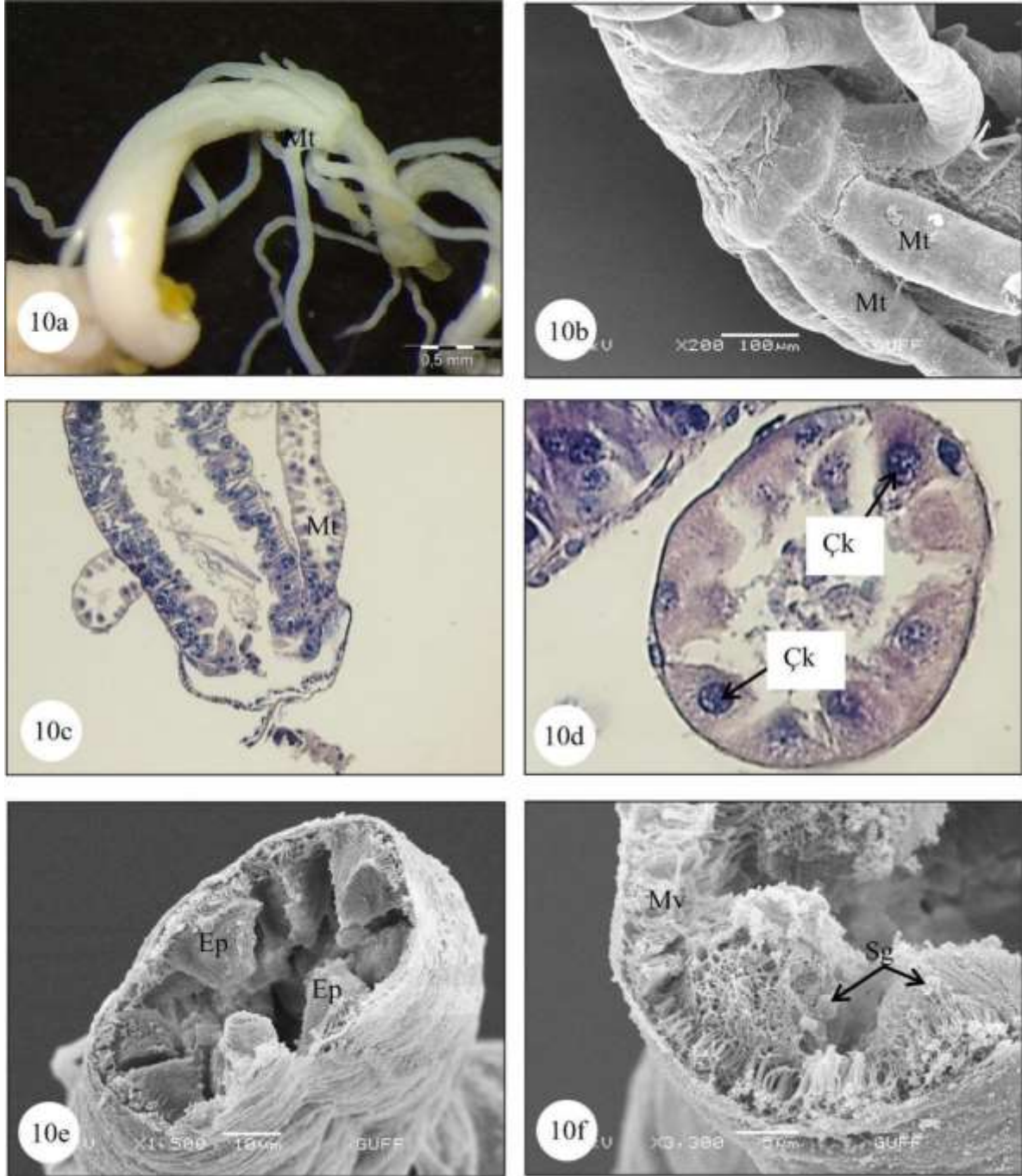


Resim 4.9. a-d. *H. postica*'da orta bağırsağın posteriyor bölgesinin son kısmında yer alan gastrik çekumların SEM fotoğrafları

4.2.2. Malpighi tübülleri

H. postica'da Malpighi tübülleri orta bağırsak ile arka bağırsak birleşim yerinden çıkan 6 adet düz yüzeyle uzun tüpsü yapılardır (Resim 4.10a, 4.10b). Malpighi tübülleri boşaltım organı olarak görev yapmakta olup hemolenften atık maddeleri süzmektedir. Malpighi tübüllerinin histolojik kesitlerine bakıldığında heterokromatince zengin yuvarlak

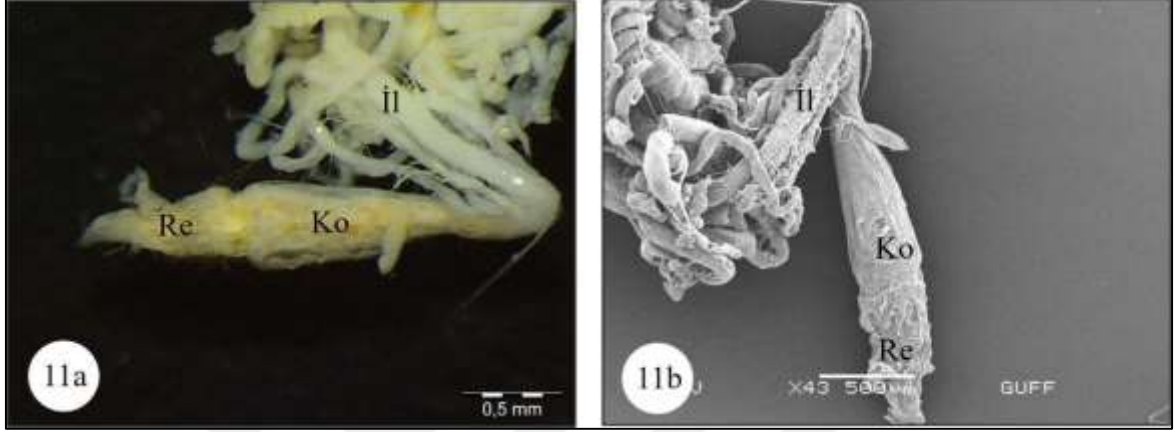
çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitel yapısına sahip olduğu, komşu epitel hücrelerinin lateral zarları arasında geniş boşluklar ayırt edilmiştir (Resim 4.10d, 4.10e). Epitel hücrelerinin apikalinden mikrovillusların uzandığı görülmüştür (Resim 4.10f). İlaveten lümende salgı garnüllerine rastlanmıştır (Resim 4.10f).



Resim 4.10. a, b. *H. postica*'da boşaltım sistemini oluşturan Malpighi tübüllerinin genel görünümünün SM ve SEM fotoğrafları. c, d. Malpighi tübüllerinin boyuna ve enine kesitleri (IM) (H&E) (x200, 1000). e, f. Malpighi tübüllerini çevreleyen epitel hücrelerinin apikalinden uzanan mikrovillusların SEM fotoğrafları.

4.3. Arka Bağırsak

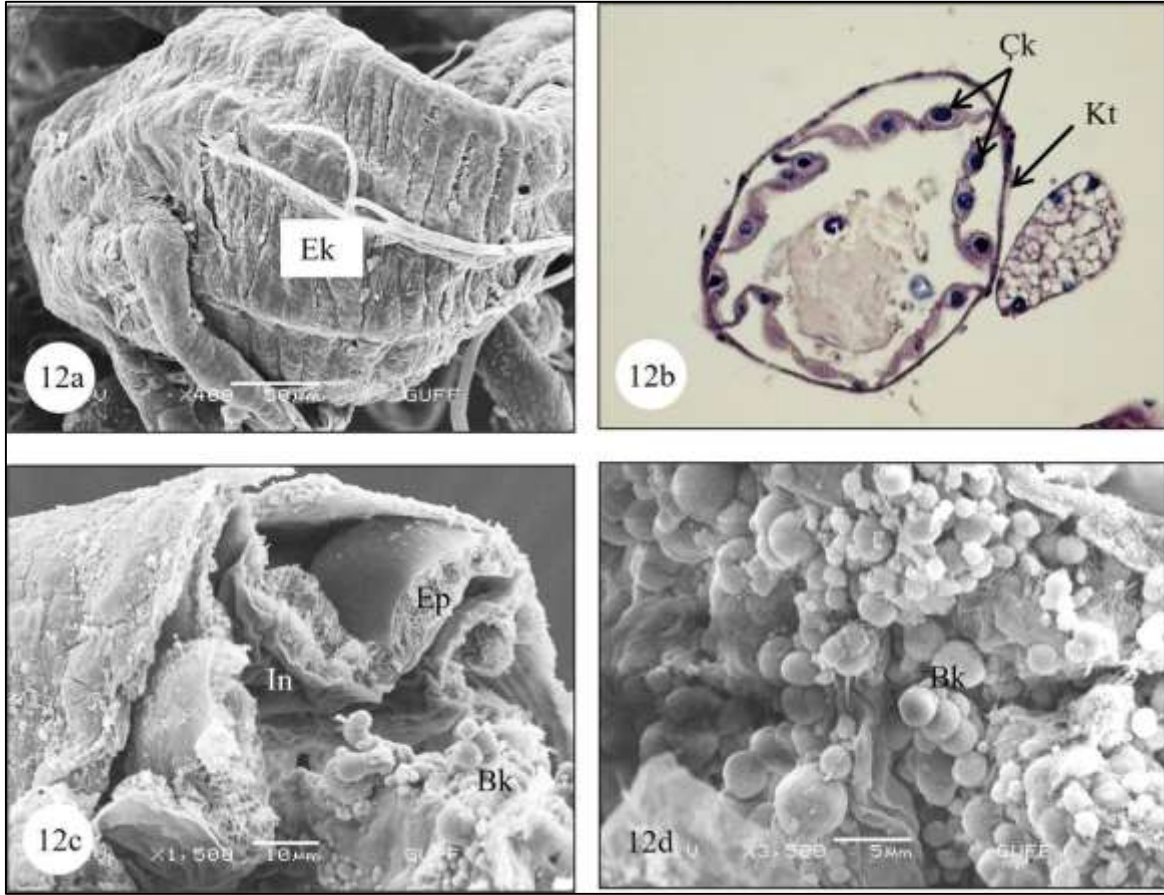
Arka bağırsak ileum, kolon ve rektum kısımlarından meydana gelmektedir (Resim 4.11a, 4.11b).



Resim 4.11. a, b. *H. postica*'da arka bağırsakı oluşturan ileum, kolon ve rektumun genel görünümü (SM, SEM)

4.3.1. İleum

İleum orta bağırsak ile kolon arasında yer alır, arka bağırsakın ilk kısmıdır. Genellikle uzun ve tüp şeklindedir (Resim 4.11a, 4.11b). Midgut'tan gelen sindirilmiş besin artıklarını kolona iletir. Malpighi tübüllerinden gelen boşaltım ürünlerinden su ve iyon emiliminin ilk aşamasını başlatır. İleum yüzeyinin SEM fotoğrafında enine kaslar görülmektedir (Resim 4.12a). İleumun histolojik kesitinde heterokromatince yoğun oval çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitel ve ince bir kas tabakasıyla çevrelendiği, epitelin lümene doğru kıvrımlar oluşturduğu ayırt edilmiştir (Resim 4.12b). (Resim 4.12c, 4.12d) İleum lümeninde farklı büyüklüklerde kok şeklinde bakterilere rastlanmıştır.



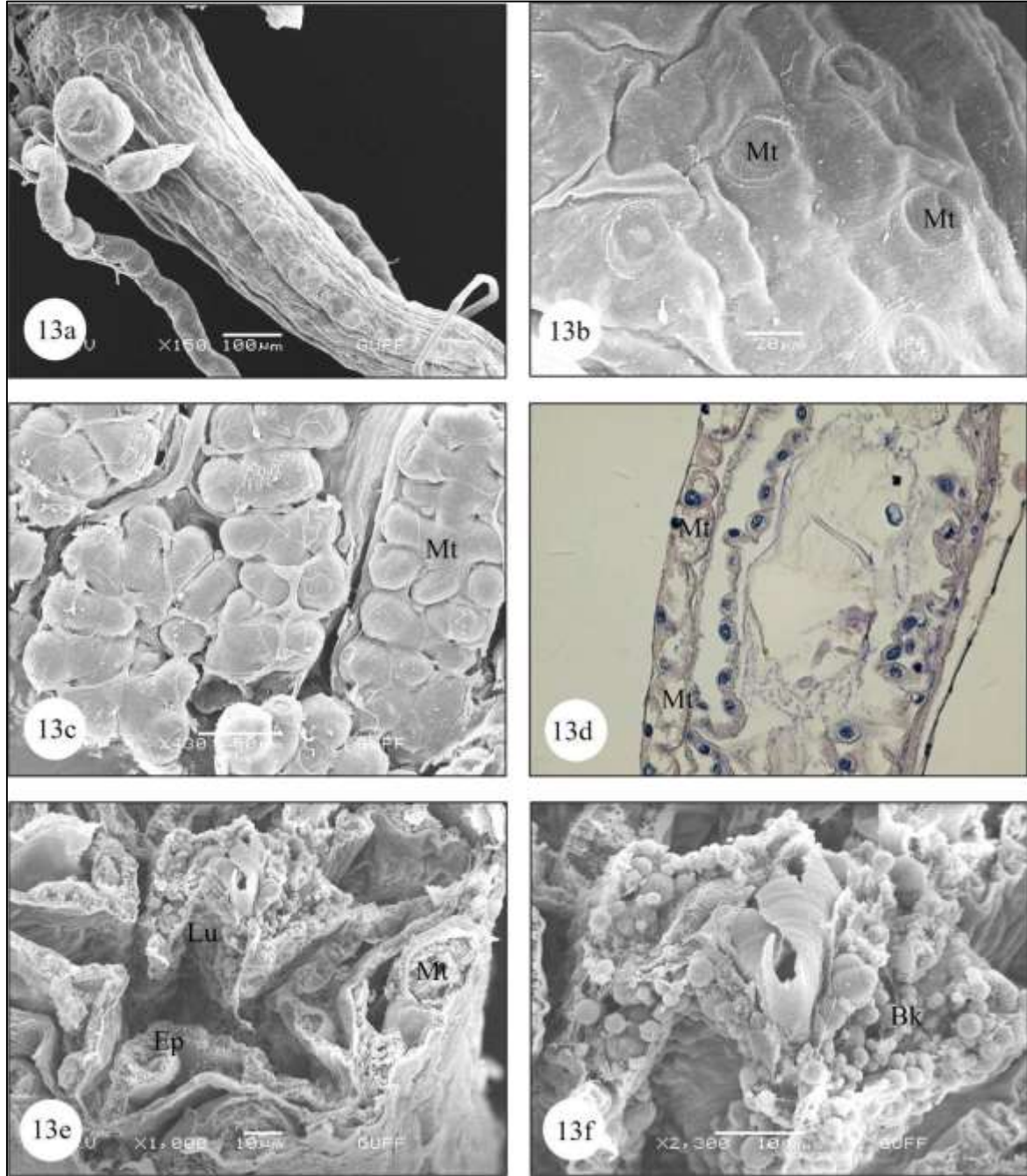
Resim 4.12. a. *H. postica*'da arka bağırsağın ilk kısmı ileumun yüzeyindeki enine kasların SEM fotoğrafı. b. İleumun enine kesiti (H&E) (IM) (x 200). c, d. İleum lümeninde kok şeklinde bakterilerin SEM fotoğrafı.

4.3.2. Kolon

Kolon ileum ile rektum arasında bulunmakta olup arka bağırsağın ikinci kısmıdır (Resim 4.11a, 4.11b). Sindirim artıklarından su, iyon (özellikle potasyum, sodyum, kalsiyum) ve bazı besin maddelerinin geri emilimini sürdürür. (Resim 4.13a, 4.13 b) Kolon duvarının dış yüzeyinde Malpighi tübüllerinin bağlantı kısımları görülmektedir. Resim 4.13c'de kolon yüzeyi ile kılıf arasında Malpighi tübüllerinin distal uçlarının boncuk dizisi şeklinde bileşik alveolar bezler görünümünde olduğu, kriptonefridal sisteme uygun olarak kolon duvarına bağlandığı ayırt edilmiştir (Resim 4.13c).

Kolonun boyuna kesitinde ve elektron mikroskobu görüntülerinde enine kırılmış kolon duvarını heterokromatince yoğun oval çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitelle çevrelendiği gözlenmiştir (Resim 4.13d). Epitel lümenine doğru sivri ve derin girintiler oluşturmuş, yıldızimsı bir görünüme sahiptir (Resim 4.13e). Ayrıca kolonun duvarı ile kılıf

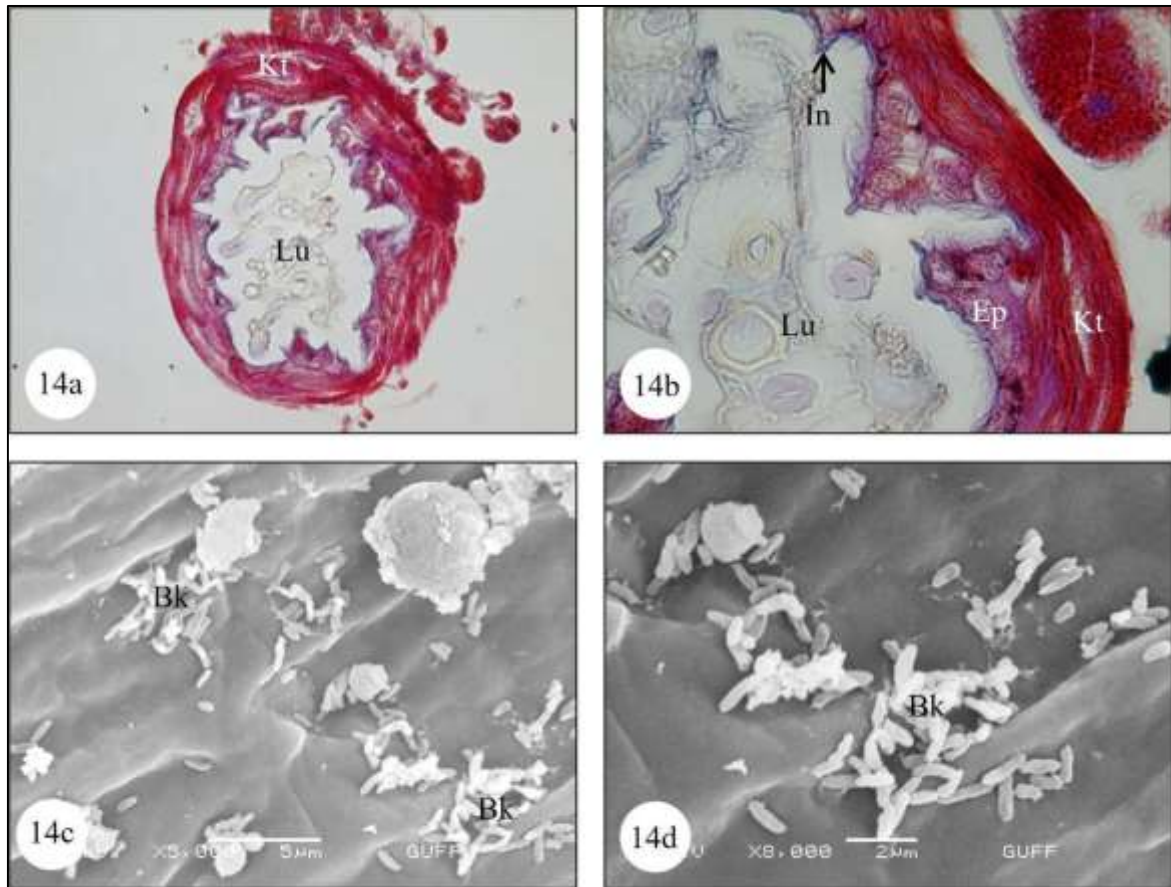
arasında Malpighi tübüllerinin son ucu görülmüştür (Resim 4.13e). Kolon lümeninde farklı büyüklüklerde kok şeklinde bakterilere rastlanmıştır (Resim 4.13f).



Resim 4.13. a, b. *H. postica*'da arka bağırsağın ikinci kısmı kolonun yüzeyinin genel görünümü (SEM). c, d. Kolon duvarının histolojik kesiti (H&E) (IM) (x400). e. Kolon duvarına bağlanan Malpighi tübülleri (SEM). e, f. Enine kırılmış kolonun SEM fotoğrafları.

4.3.3. Rektum

Rektum arka bağırsağın son kısmıdır; kolonun sonunda, anüsün hemen önündedir (Resim 4.11a, 4.11b). Su ve iyonların büyük bir kısmı buradan geri emilir. Bu emilim sayesinde böcek vücutu su kaybını minimuma indirir. Kalan katı atıklar anüsten dışarı atılır. Rektumun enine kesitlerine bakıldığında diğer kısımlara göre daha kalın bir kas tabakasına sahip olduğu görülmüştür (Resim 4.14a, 4.14b). Resim 14b’de mavi renkte intima tabakası, tek tabakalı kübik epitel yapısı ve kalın bir kas tabakası ayırt edilmektedir. SEM fotoğraflarında rektumun lümeninde basil şeklinde bakterilere rastlanmıştır.



Resim 4.14. a, b. *H. postica*'da arka bağırsağın son kısmı rektumun enine kesiti (Mallory 3' lü boyama) (IM) (x200, 400). c, d. Rektum lümeninde basil şeklinde bakterilerin SEM fotoğrafları.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Böceklerde sindirim sistemi, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli enerji ve yapı maddelerinin elde edilmesini sağlayarak temel fizyolojik süreçlerin merkezini oluşturmaktadır (Nation, 2015). Sindirim kanalında gerçekleşen mekanik ve kimyasal sindirim, karbonhidrat, lipit ve protein gibi makromoleküllerin hücreler tarafından kullanılabilir hâle dönüştürülmesi açısından önemlidir (Gillott, 2005). Bu besin maddelerinin hücrelere taşınması, büyüme, gömlek değiştirme, metamorfoz gibi süreçlerinin düzenli bir biçimde ilerlemesi için zorunludur (Chapman, 1998).

Böceklerde beslenme; katı besinle beslenme, sıvı besinle beslenme ve hem katı hem sıvı besinle beslenme olarak gözlenebilir. Katı besinle beslenen böcekler, özellikle yaprak, dal, kök, tohum veya diğer bitki dokularını doğrudan çiğneyerek tüketen türlerden oluşmaktadır. Bu grupta yer alan türler güçlü mandibulalara sahip olup besinlerini parçalayarak sindirim kanalına iletirler. Çoğu fitofag olan katı besin tüketicileri, sindirimi kolaylaştırmak için simbiyotik mikroorganizmaların enzimlerinden yararlanmaktadır. Sıvı besinle beslenen böcekler bitki özsuğu, hayvansal sıvılar, nektar veya kısmen sindirilmiş materyal gibi akışkan besinleri emerek beslenmektedir. Bu böceklerde ağız parçaları delici-emici veya yalayıcı-emici yapıdadır (Nation, 2015; Chapman, 2013; Dow, 1986). Sıvı beslenme, hızlı sindirim ve hızlı enerji dönüşümü sağladığı için uçucu böceklerde yaygındır. Diptera'nın birçok türü ön sindirilmiş dokuları veya kan gibi protein içeriği yüksek sıvıları emer ve bu mekanizma enzimatik tükürük salgısı ile desteklenir (Schoonhoven ve diğerleri, 2005; Lehane, 2005). Bizim çalıştığımız tür olan *H. postica* katı besin ile beslenir ve bu nedenle bu türde kesici çiğneyici ağız yapısı görülmektedir.

Böceklerde sindirim kanalı, besinlerin ağız yoluyla alınmasından başlayarak mekanik ve kimyasal olarak parçalanmasını sağlayan özel bölümlerden oluşmaktadır (Chapman, 1998).

Sindirim kanalı, besinlerin sırasıyla ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak boyunca ilerlemesini sağlayarak her bölümde farklı işlem basamaklarından geçmesine sebep olur (Nation, 2015).

Sindirim kanalının tüm kısımlarında genellikle tek katlı epitel hücreler bulunmaktadır. Sindirim kanalının uzunluğu ve ağız tiplerinin çeşitliliği böceklerin besin tiplerine göre değişiklik gösterir (Chapman, 1998; Demirsoy, 2003; Kansu, 2012)

Bu çalışmada *H. postica*'nın sindirim sistemi diğer Coleoptera türlerinin sindirim sisteminin genel yapısıyla büyük oranda benzerlik gösterir ve bağırsak ön, orta ve arka olmak üzere üç kısımdan kolayca ayırt edilmektedir (Sinha, 1958; Díaz ve diğerleri, 1998, 2000, 2003; Rubio ve diğerleri, 2008; Bu ve Chen, 2009; Aldiagil ve diğerleri, 2013; Sarwade ve Bhawane, 2013; Sing ve Prasad, 2013).

H. postica'nın ön bağırsağı diğer Coleoptera türlerinin çoğunda olduğu gibi genellikle kısa, düz ve boru şeklinde olup, kısa bir farinks, dar bir boru şeklinde yemek borusu, kursak ve proventrikulustan oluşur (Ekis ve Gupta, 1971; De Sousa ve diğerleri, 2013; Sarwade ve Bhawane, 2013).

H. postica'da özofagus, farinks ile kursak arasında yer alan dar ve uzun bir borudur. Özofagus duvarı dıştan enine kaslarla çevrelenmiştir ve esnek bir yapıya sahiptir. Besinleri kursak kısmına taşır. Peristaltik hareketlerle (kas dalgalarıyla) besin akışını sağlar.

García-Carreño ve diğerleri (2008), *T. molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)'da sindirim sistemi ağızda başlayıp anüse kadar uzanan tipik bir tüp şeklindedir. Ağız parçaları çiğneyici tiptedir ve besin farinkste yoğun kas tabakaları yardımıyla özofagusa iletilir. Özofagus ince bir tüp olup kutikula yapılı intima içerir ve besin maddelerini kursağa iletmekle görevlidir. Özofagus duvarı hem dairesel hem de boyuna kaslardan oluşur ve bu yapı besinin kontrollü şekilde kursağa geçmesini sağlar.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'te özofagus, dar ve uzun bir tüp şeklindedir ve foregut'un ilk gerçek tüpü olarak besini kursağa iletir. İç yüzeyi kutikula yapılı intima ile kaplıdır; bu tabaka besin parçacıklarına ve mekanik aşınmaya karşı koruma sağlar. Epitel hücre tabakası nispeten ince olup, dış kısmında hem dairesel hem de longitudinal kas tabakaları bulunur. Bu kas tabakası sayesinde özofagus, besini ritmik şekilde kursağa gönderir. Besin henüz kimyasal sindirime başlamadığı için özofagus daha çok bir iletim kanalı olarak görev yapar.

H. postica’ da özofagus genel olarak diğer coleoptera türleriyle benzerdir. *T. molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)’ te özofagus ince bir tüp şeklindedir duvarı dıştan enine kaslarla çevrelenmiştir ve esnek bir yapıya sahiptir (García-Carreño ve diğerleri, 2008; Candan ve diğerleri, 2020).

Çoğu yetişkin Coleoptera’ da kursak vardır, ancak genelde larvalarda daha az gelişmiş olduğu bilinmektedir (Crowson, 1981). Kursağın yokluğu, sürekli bir beslenme alışkanlığını gösterir, çünkü kursak esas olarak bir besin depolama bölgesidir (Ru ve Kloft, 1976).

Candan ve diğerleri (2020) *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)’ te sindirim kanalının; ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç bölge halinde incelendiğini ön bağırsakta bulunan kursak bölümünde genişleme olduğunu yani ön bağırsak içindeki kursak kısmının diğer foregut bölümlerine göre daha hacimli olmasının, bu türün beslenme biçimi ile ilişkili olduğunu ve ön bağırsakta besin geçişi öncesi bir depolama aşamasının olduğunu göstermiştir. Kursakta iç duvar histolojik olarak intima (kutikula) tabakası, epitel ve kas tabakalarıyla karakterize edilmiştir.

Chen ve diğerleri (2023) *M. chinensis* (Coleoptera; Nitidulidae)’ in polenle beslenen bir böcek türü olduğunu sindirim kanalında diğer böceklerde olduğu gibi üç ana bölümden oluştuğunu ancak ön bağırsakta kursak yapısının bulunmadığını, özofagusu takiben doğrudan proventrikulus ve kardiyak valf’ in yer aldığı gözlemlenmiştir.

Singh ve Prasad (2013), *Odoiporus longicollis* (Coleoptera: Curculionidae)’ te kursakta çift katmanlı intima bulunur. Burada yer alan birçok çıkıntı dişli bir görünüme sahiptir. Bunlar lümenin içine doğru çıkıntı yapan dişli dikenler olarak bilinir. İntima tabakanın yanında epitel tabaka yer alır. Hücreleri düzdür ve epitel hücrelerinin bazal kısmında çekirdekler kübik yapıdadır. Kas sistemi içte boyuna ve dışta daireseldir.

Garcia-Salazar ve diğerleri (2000), *A. vittata* (Coleoptera: Chrysomelidae)’ da kursak büyük bir yapıda olduğunu ön bağırsağın neredeyse %50’sini kapsadığını göstermiştir. Kursak duvarı boyunca devam eden ve kursağın orta bağırsağa girişinde sona eren yaklaşık sekiz uzunlamasına kas bulunmaktadır. Kursak lümeni, kitin tabakası olan bir intima ile kaplıdır. Çok sayıda uzunlamasına ve enine kıvrımlar ve seyrek dağılım gösteren dikenler görülmüştür.

De Sousa ve diğerleri (2013), *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)' te kursak dışta dar bir dairesel kas tabakasından ve içte kalın bir uzunlamasına kas tabakasından oluşan kas sisteminden oluştuğunu belirtmişlerdir, şekli kübikten yassıya kadar değişen basit epitel içerdiğini ve çekirdeklerin, hücrenin büyük kısmını kapladığı ifade etmişlerdir. Yoğun bir epikütikülden oluşan intima ile kaplandığı ve intimada besin ile etkileşime giren dikenler bulunduğu belirtilmiştir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2020), *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae)'te kursağın, lümen, intima, tek tabakalı epitel ve kas tabakasından oluştuğunu belirtmişlerdir. Kursak ve proventrikulus arasında belirgin bir sınır yoktur kursağın dış yüzeyinde belirgin çizgiler bulunan enine bir kas tabakası görülmüştür. İntima tabakasının iç yüzeyinde ise kalın dikenler bulunduğunu göstermişlerdir.

Rubio ve diğerleri (2008), *H. hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)'de kursağın iç yüzeyinin birkaç diken benzeri yapı gösterdiğini belirtmişlerdir.

H. postica' da kursak genel olarak coleoptera türleriyle benzerlik göstermektedir. *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae), *O. longicollis* (Coleoptera: Curculionidae), *A. vittata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *H. hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae) gibi farklı böcek türlerine bakıldığında, kursak yapısının lümen, intima tabakası ve kas tabakasına sahip olduğu belirlenmiştir (Candan ve diğerleri , 2020; Singh ve Prasad, 2013; Garcia-Salazar ve diğerleri, 2000; Rubio ve diğerleri, 2008; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri 2020). İlaveten *H. postica*' da *O. longicollis* (Coleoptera: Curculionidae), *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *H. hampei* (Coleoptera: Curculionidae), *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae) türlerinde olduğu kursak intimasında dikensi yapılar gözlenmiştir, bu dikenlerin uzunluğu, şekli türler arasında farklılık gösterebilir (Singh ve Prasad, 2013; De Sousa ve diğerleri, 2013; Rubio ve diğerleri, 2008; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2020). Ancak *M. chinensis* (Coleoptera; Nitidulidae)' te kursak yapısının olmadığı gözlenmiştir (Chen ve diğerleri, 2023).

H. postica' da proventrikulusun yapısında dişler gözlenmiştir ve bu öğütücü dişler aracılığıyla katı besinler parçalanmaktadır. Enine kesitlerde proventrikulusun dişlerinin yıldız şeklinde bir görünüme sahip ve sekiz plaktan oluştuğu gözlenmiştir. Lümen yapısı ve bunu hemen çevreleyen yıldız şeklinde fırçamsı yapılar halinde düzenli lamellar oluşturmuş

dişlere sahiptir, dişlerin etrafını çevreleyen tek tabakalı epitel ve kalın bir kas tabakası gözlenmektedir ve intima tabakası ektoderm kökenlidir dişlerde bu tabakadan çıkarlar.

Crowson (1981), proventrikulusun tüm Adephaga'ların ve çoğu Curculionoidea'nin karakteristik özelliği olduğunu ve buna karşın zayıf gelişmiş bir proventrikulus yapısı diğer birçok Polyphaga'da görülmektedir.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'ta proventrikulusun eşit çapta sekiz adet kitinli bazal plaktan oluştuğunu, her plağın düzenli ve paralel iki uzunlamasına fırçanın olduğunu belirtmişlerdir. Bu yapılar besin maddelerinin parçalanmasında rol oynar. Tek katlı bir epitel ve kas tabakasının, plakaları oluşturan bu intima tabakasını çevrelediğini, proventrikulusu çevreleyen kas tabakasının aynı zamanda kasılma ve gevşeme işlevini de yerine getirdiğini, diş benzeri ve düzenli olarak dizilmiş sklerotize olukların kas tabakasına nüfuz ettiğini ifade etmişlerdir.

Chen ve diğerleri (2023), *M. chinensis* (Coleoptera: Nitidulidae: Meligethinae)'te ön bağırsağın en geniş kısmının proventrikulus olduğunu, kalın duvarlı ve soğan biçiminde bir organ olduğunu belirtmişlerdir. Yüzeyinde uzunlamasına kaslar ve enine kasların yanı sıra sekiz proventriküler plaka ayırt etmişlerdir. Ayrıca tüylü kıllara benzer şekilde bazı uzun kıllarla kaplı olduğunu ve bunun da büyük yiyecek parçacıklarının kıllar tarafından filtrelenmesine olanak tanıdığını belirtmişlerdir.

Rubio ve diğerleri (2008), *H. hampei* (Coleoptera: Curculionidae)'de proventrikulusta sekiz adet diş benzeri çıkıntı bulunduğunu belirtmişlerdir.

Toni ve diğerleri (2022), *O. discicolle* (Coleoptera: Silphidae)'de proventrikulusun diken benzeri çıkıntılara sahip bir kütikül ile kaplı düz bir epitel tabakasının ve iyi gelişmiş dairesel ve uzunlamasına kas tabakalarının bulunduğuna değinmişlerdir.

Herve ve diğerleri (2011), *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae)'de proventrikulusun proksimal, orta ve distal olmak üzere üç bölgeye ayrıldığını, proksimal bölgenin kısa dikenli bir yapıya sahip olduğunu bazılarında ise sklerotize lamelli geniş kıvrımlar bulunduğunu göstermişlerdir. Sklerotize lamellerin sayısında ve boyutunda artışla işaretlenmiş olan orta bölgenin kütiküler kıvrımları gösterdiğini, epitel hücreleri tarafından

yapılan kıvrımların boyutlarının distal proventrikulusta farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2020), *Eusomus ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da proventrikulusun, güçlü bir sklerotize intima'ya sahip olduğunu ve ön bağırsağın en geniş kısmı olduğunu ifade etmişlerdir. Histolojik olarak proventrikulus katmanlarının sırasıyla lümen, intima, tek katlı epitel ve dairesel ve uzunlamasına kaslar olduğunu, proventrikulusun her biri iki uzunlamasına fırça taşıyan sekiz sklerotize plakadan oluşan küresel bir organ olduğunu, dış yüzeyinin çok sayıda trake ve trakeol ile kaplı olduğunu belirtmişlerdir.

McAllister ve diğerleri (1995), leşçil *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae)'un proventrikulusa sahip olmadığını belirtmişlerdir.

H. postica'da proventrikulus genel olarak diğer Curculionidae türleriyle benzerlik göstermektedir. Proventrikulus'un yapısında dişler gözlenir ve bu öğütücü dişler aracılığıyla katı besinler parçalanır. Orthoptera, Coleoptera ve Hymenoptera gibi katı besinlerle beslenen takımlarda diş benzeri kitin çıkıntılar bulunmaktadır. Proventrikulus ile ilgili yapılan bu çalışmalar sonucunda katı ve sıvı beslenme alışkanlığına bağlı olarak yapının değişiklik gösterdiği gözlenmektedir.

Asıl sindirimin gerçekleştiği bölge orta bağırsaktır ve bu konu hakkında yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır.

H. postica'da orta bağırsak şişkin kese şeklinde anterior midgut (orta bağırsağın ön kısmı) ve ilkinin neredeyse üçte biri genişliğinde tübüler yapıda posterior midgut (orta bağırsağın arka kısmı)'tan oluştuğu gözlenmiştir. *H. postica*'da anterior midgut heterokromatin öbekleri olan oval çekirdeklere sahip tek tabakalı silindirik epitel ve ince bir kas tabakası ile çevrelenmiştir ve epitel hücrelerinin bazalinde rejeneratif kriptler gözlenmektedir. Epitel lümene doğru derin kıvrımlara sahiptir. Posterior midgut'ın histolojik kesitlerinde anterior midgut'a benzer şekilde heterokromatin öbekleri olan oval çekirdeklere sahip tek tabakalı silindirik epitel ve ince bir kas tabakası ile çevrelenmiştir. Lümeninde besinleri çevreleyen peritrofik zar ayırt edilmiştir. Epitel hücrelerinin bazalinde rejeneratif hücreler görülmüştür. Epitel hücrelerinin apikalinden uzanan mikrovillus denen emilimden sorumlu yapılar gözlenmektedir.

Candan ve diğerkleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)' te sindirim kanalının ikinci kısmı olan orta bağırsağın, ön ve arka olmak üzere iki belirgin alana sahip olduğunu, ön bölgenin düz, silindirik bir yapıda olduğu, arka bölgenin ise kıvrımlı bir yapıda olduğunu, orta bağırsağın enine kesitinde, apikalinde çok sayıda mikrovilluslara sahip tek katlı silindirik hücrelere sahip olduğunu göstermişlerdir. Orta bağırsak epitel hücrelerinde salgı granüllerinin görüldüğünü ve epitel hücreleri bazalinde rejeneratif hücrelerin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerkleri (2020), *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae)'te orta bağırsağının dış yüzeyinin, rejeneratif kriptler denilen düzenli aralıklı yuvarlak yapılarla kaplandığını gözlemlemişlerdir. Orta bağırsağın peritrofik bir zara sahip olduğunu, dış muskuler ve iç kolumnar epitelden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Epitel hücrelerinin ortasında çekirdeğe, apikalinde ise uzun mikrovilluslara rastlamışlardır.

Candan ve diğerkleri (2021), *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae)'da orta bağırsak epitelinde parmak şeklinde kriptler olduğunu ve bu yapıların orta bağırsağın yüzey alanını artırdığını belirtmişlerdir. Epitel hücreleri silindirik formda olduğunu ve etrafında kas tabakası bulunduğunu göstermişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerkleri (2025), *Copris felschei* (Coleoptera: Scarabaeidae)'de orta bağırsağın, sindirim kanalının en büyük bölümünü oluşturduğunu, midgut duvarının peritrofik membran, tek sıralı silindirik epitel hücreleriyle çevrili olduğunu, epitel hücrelerinin bazal tarafında yoğun kas tabakası yer aldığını ifade etmişlerdir. Lümeninde kristaller görüldüğünü, bu yapının sindirilen materyal ya da metabolik artıklarla ilişkili olabileceğini söylemişlerdir. İlâveten midgut yüzeyinde rejeneratif kriptlere ve trake ağlarına ratlamışlardır.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerkleri (2021), *Melanophila (Trachypteris) picta decastigma* (Coleoptera: Buprestidae)'nın orta bağırsak yapısının tek katmanlı silindirik kısa çizgili kenarlı epitele sahip olduğunu, epitel astarının büyük oranda katlandığını ve lümenine kıvrımlı bir görünüm kazandırdığı belirtmişlerdir.

Borges ve diğeri (2015), *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da orta bağırsakta epitelin, goblet ve rejeneratif hücreleri içeren basit sütunlu bir yapıya sahip olduğunu ve orta bağırsakta sıklıkla peritrofik membran gözlemlediklerini ifade etmişlerdir.

H. postica'da orta bağırsak diğeri Coleoptera türleriyle benzerlik göstermektedir. *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da orta bağırsak *H. postica*'da olduğu gibi ön ve arka olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur (Candan ve diğeri, 2020; Özyurt Koçakoğlu ve diğeri, 2021). *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da orta bağırsak tek bir kısımdan oluşmaktadır (Borges ve diğeri, 2015). *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae), *C. sycophanta* (Coleoptera: Carabidae), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae), *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) gibi türlerde dış yüzey rejeneratif kriptler denilen yapılar ile kaplanmıştır ve bu yapılar *H. postica*'da da bulunmaktadır (Candan ve diğeri, 2020; Candan ve diğeri, 2021; Özyurt Koçakoğlu ve diğeri, 2021; Borges ve diğeri, 2015). *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae), *Copris felschei* (Coleoptera: Scarabaeidae), *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) peritrofik membran *H. postica*'da olduğu gibi bulunmaktadır (Özyurt Koçakoğlu ve diğeri, 2020; Özyurt Koçakoğlu ve diğeri, 2025; Borges, 2015).

Coleoptera'nın da içinde bulunduğu birçok böcek grubunda orta bağırsakta bulunan gastrik çekum ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur.

H. postica'da gastrik çekumlar, posteriyor midgut'ın son kısmında yer almakta olup, 8 adet parmak şeklinde uzanan tüpsü yapılardan oluşmaktadır. Malpigi tübüllerine yakın kısımdan çıkar onlarla aynı genişlikte olduğu, ancak onlardan oldukça kısa olduğu görülmüştür. Gastrik çekum enine kırıldığında tek tabakalı kübik epitel yapısı ile çevrili olduğunu hücrelerin içinde salgı granüllerine, lümeninde de yığınlar halinde basil şeklinde bakterilere rastlanmıştır.

Gastrik çekumda bulunan çok sayıda papilla düzen, sayı ve konum açısından Coleoptera türleri arasında farklılık göstermektedir (Calder, 1989; Rubio, 2008).

Candan (2019), *Epiphaneus malachiticus*'un (Coleoptera, Curculionidae) posterior midgut'ın orta bölümünün her iki tarafında olduğunu, kısa parmak benzeri papillalar olan çok sayıda gastrik çekum bulunduğunu ve emilim verimliliğini artırmaya yardımcı

olduklarını belirtmişlerdir. Gastrik çekumların mikrovilluslu basit kübik bir epitelle çevrelendiğini ifade etmişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu (2021), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)' da orta bağırsağın arka kısmına doğru yer alan gastrik çekumların kısa, tübüler, silindirik şekilli ve yüzeyleri pürüzsüz olduğunu, histolojik incelemelerde, her gastrik çekumun apikal uçlarında mikrovillusları olan tek katlı kübik epitel ile çevrili olduğunu göstermişlerdir.

Aldigail ve diğerleri (2013), *Epilachna chrysomelina* (Coleoptera: Coccinellidae) orta bağırsağında belirgin bir gastrik çekum bulunmadığını belirtmişlerdir.

Bu ve Chen (2009), *Dendroctonus armandi* Tsai ve Li (Curculionidae)'nin orta bağırsağının ortasında ortalama 160 gastrik çekumun bulunduğunu açıklamışlardır.

Holtzhausen ve Nicolson, (2007), *T. molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)'da gastrik çekum sayısı türler arasında değiştiğini; *Tenebrio*'da genelde 4–6 parmak şeklinde çekum olduğunu rapor etmişlerdir. Çekumların emilim yüzeyini artırdığını, epitelinde bol mikrovillus, sekretuar hücreler ve yoğun enzimatik aktivite bulunduğunu, özellikle kuru ortamda beslenmeye uyumlu olarak su ve iyon geri kazanımı işlevinin öne çıktığını belirtmişlerdir.

Koyama (2021), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)'da gastrik çekumlar genelde orta-az sayıda, kısa ve geniş tabanlı olduğunu, çekum epitelinin enzim üretimi ve emilim için zengin olup, özellikle nişasta/parçalanmış polisakkaritleri sindirmede işlevsel olduğu söylemişlerdir.

Toni (2022), *O. discicollis* (Coleoptera: Silphidae)'de dar lümenli kısa gastrik çekumlar olduğu, her gastrik çekumun kör ucunda ise küresel yapılı ve yoğunlaştırılmış kromatin açısından zengin bir çekirdeğe sahip, farklılaşmamış rejeneratif hücrelerden oluştuğunu, gastrik çekumun kolumnar sindirim hücrelerinin, yoğunlaşmamış kromatin açısından zengin çekirdeklere ve belirgin nükleollere sahip olduğu göstermişlerdir.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)' te posterior orta bağırsağın distalinde sekiz adet gastrik çekum bulunduğunu, gastrik çekumların konumu, sayısı ve diziliminin coleoptera türleri arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Malpigi tübülleri böceklerde orta bağırsak ile arka bağırsağın birleştiği yerde bulunur ve boşaltımdan sorumludur. Malpigi tübülleriyle ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

H. postica'da Malpighi tübülleri orta bağırsak ile arka bağırsağın birleşim yerinden çıkan 6 adet, düz yüzeyle uzun tüpsü yapılardır. Malpighi tübüllerinin histolojik kesitlerine bakıldığında heterokromatince zengin yuvarlak çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitel yapısına sahiptir, komşu epitel hücrelerinin lateral zarları arasında geniş boşluklar ayırt edilmiştir. Epitel hücrelerinin apikalinden mikrovillusların uzandığı görülmüştür. İlaveten lümende salgı granüllerine rastlanmıştır.

Holtzhausen ve Nicolson, (2007), *T. molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) erginlerinde genellikle 6–8 adet uzun, ince ipliksi Malpigi tübülü gözlemlemişlerdir. Tübüllerin orta bağırsak-arka bağırsak sınırı çevresinde serbestçe yerleşmiş olduğunu, lümenlerinin göreceli olarak dar olduğunu, epitelin tek katlı olup çoğunlukla küboidal-prizmatik hücrelerden oluştuğunu; hücre sitoplazmasında ürik asit ve lipid/ detoksifikasyonla ilişkili granüller bulunduğunu, bazal membranın belirgin ve apikal yüzeyde mikrovillus bulunduğunu belirtmişlerdir.

McAllister ve diğerleri (1995), *A. diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae)'ta hem larva hem yetişkin evrede kriptonefridal düzende altı Malpigi tübülü bulunduğu gözlemlenmiştir. Larvalarda tübüller arka bağırsağın etrafında eşit aralıklı bulunurken yetişkinlerde iki tübülün ventralde dördünün ise dorsalde bulunduğu açıklanmıştır.

Candan ve diğerleri (2019), *E. malachiticus* (Coleoptera, Curculionidae)' ta Pilor, orta bağırsak ile arka bağırsağın birleşim noktasındadır. Pilor, iki set halinde düzenlenmiş, uzun ve tübüler yapılar olan ve yüzeyleri düz olan altı Malpighi tübülü içerir; yüzeylerinde çok sayıda trake ve trakeol görülür, ilki ikincisinden daha küçük olan iki set halinde düzenlenmiş 6 Malpigi tübülünün aynı boyutta olduğu bulunmuştur. Malpigi tübülleri, oval çekirdekli kübik hücrelerden ve mikrovilluslardan oluşmaktadır. Bu tübüller genellikle uzun ve dardır. Malpighi tübüllerinin distal uçları tamamen kolon ve rektum duvarı ile çevrilidir. Malpighi tübülleri, periton kılıfının hemen altında bulunur kolonun sonuna kadar uzanır; arka bağırsak duvarı ile kriptonefridiyal sistemi oluştururlar.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2021), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da altı adet Malpigi tübülü, posterior midgut'ın ve pilorun birleşim noktasından sindirim kanalına katılmaktadır. Her Malpigi tübülü, çapı tek tip olan dallanmış bir tüptür. Bir Malpigi tübülü kırıldığında, tek katlı kübik epitel tabakası görülebilir, dışında ise ince bir bağ doku bulunur. Yüzeyinde çok sayıda trake ve trakeol görülür. Malpigi tübüllerinin uçları, kolon ve rektumun dış yüzeylerine paralel uzanır. Bu bölgede bulunan Malpigi tübülleri kriptonefrik bir düzene sahiptir.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'te Kriptonefrik malpighi tübüllerinin dizilimi türler arasında değişiklik göstermektedir. Pilora bir tarafta dört, diğer tarafta iki olmak üzere altı kriptonefridiyal malpighi tübülü bağlıdır. Malpigi tübülleri çok düz bir yüzeye sahiptir ve uzun ve nodüler bir yapı göstermektedir. Yüzeylerinde yer yer trakea ve trakeollere rastlanmıştır. Histolojik ve anatomik olarak, Malpigi tübülleri oval çekirdekli ve mikrovilluslu tek katlı kübik epitel ile çevrili olup, lümeni oldukça geniştir ve salgı granülleri bulunmaktadır. Histolojik ve anatomik olarak incelendiğinde Malpigi tübüllerinin kolon duvarı ve onu çevreleyen kılıf arasında bulunduğu açıklanmıştır.

Sarwade ve Bhawane (2013), *Platynotus belli* F. (Coleoptera: Tenebrionidae)'de altı adet Malpigi tübülü bulunmuştur ve Malpigi tübüllerinin üç gruba ayrılmış olup her grubun iki tübül içerdiği görülmüştür. Malpigi tübüllerinin tek tabakalı kübik epitel hücreleri içerdiği belirtilmiştir.

Chen ve diğerleri (2023), *M. chinensis* (Coleoptera: Nitidulidae)'te altı tane Malpigi tübülü bulunmaktadır. Proksimal Malpigi tübüllerinin açıklıkları, orta bağırsak ve arka bağırsağın birleşim noktasına eşit bir şekilde yerleşirken distal Malpigi tübüllerinin, kriptonefridal sistemde kolona eşit şekilde bağlandığı açıklamışlardır.

Borges ve diğerleri (2015), *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da rektumu çevreleyen kriptonefrik sistemde gözlemlenmiş Malpigi tübülleri bulunmaktadır ve bu tübüller arka bağırsağın başlangıç kısmını ve arka uçta dış tarafa bağlanmış rektal kanalı oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Malpigi tübüllerinin yapısı ve sayısı farklı böcek takımlarında farklılık göstermektedir. Genellikle Malpigi tübülleri vücut boşluğunda serbest olarak bulunmaktadır, Coleoptera takımına ait türlerde ise diğer takımlardan farklı olarak kriptonefridal sisteme uygun bir biçimde Malpigi tübülleri son bağırsak duvarına bağlanmış bir yapıda bulunmaktadır. Malpigi tübülleri, rektal pedlerle yakından ilişkilidir, böylece iki su emici sistem seri olarak yerleşmektedir. Coleoptera türlerinde Malpigi tübüllerinin temel olarak uzun, tüpsü ve tek tabakalı kübik epitelle çevrili olduğu görülmektedir. Ancak türler arasında tübül sayısı, dizilim düzeni, kriptonefridiyal yapıların varlığı, epitel yapısının ayrıntıları ve trakeal yoğunluk gibi özelliklerde belirgin farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Dizilim ve yerleşim açısından türler belirgin farklılıklar göstermektedir. *H. postica*'da tübüller orta–arka bağırsak birleşim yerinden çıkar ve bu benzerlik *T. molitor* (Tenebrionidae)' da gözlenmiştir (Holtzhausen ve Nicolson, 2007). *H. postica*, *A. bipunctata* (Coccinellidae), *M. chinensis* (Nitidulidae), *E. malachiticus* (Curculionidae), *E. ovulum* (Curculionidae), *T. dilaticollis* (Curculionidae)'te Malpigi tübülleri kriptonefrik sistemle ilişkilendirilmektedir (Borges ve diğerleri, 2015; Chen ve diğerleri, 2023; Candan ve diğerleri, 2019; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Candan ve diğerleri, 2020). Malpighi tübüllerinin sayısına bakıldığında *E. malachiticus* (Curculionidae), *E. ovulum* (Curculionidae), *T. dilaticollis* (Curculionidae), *M. chinensis* (Nitidulidae), *A. bipunctata* (Coccinellidae), *P. belli* (Tenebrionidae)' de Malpigi tübüllerinin çoğunlukla altı adet olmasıdır (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Candan ve diğerleri, 2020; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Chen ve diğerleri, 2023; Borges ve diğerleri, 2015). Yalnızca *T. molitor* (Tenebrionidae)' da 6–8 adet arasında değiştiği bildirilmiştir (Holtzhausen ve Nicolson, 2007). Bu durum Tenebrionidae içinde daha değişken bir tübül sayısı olduğunu göstermektedir.

H. postica'da ileum orta bağırsak ile kolon arasında yer alır, arka bağırsağın ilk kısmıdır. Genellikle uzun ve tüp şeklindedir. Orta bağırsaktan gelen sindirilmiş besin artıklarını kolona iletir. Malpigi tübüllerinden gelen boşaltım ürünlerinden su ve iyon emiliminin ilk aşamasını başlatır. İleum yüzeyinde enine kaslar görülmektedir. İleumun histolojik kesitinde heterokromatince yoğun oval çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitel ve ince bir kas tabakasıyla çevrelendiği, epitelin lümenine doğru kıvrımlar oluşturduğu ayırt edilmiştir. İleum lümeninde farklı büyüklüklerde kok şeklinde bakterilere rastlanmıştır.

Candan ve diğerleri (2019), *E. malachiticus* (Coleoptera, Curculionidae)'un ileumu sarımsı renkte ve uzun bir tüp şeklinde olduğu ve pilor ile kolon arasında yer aldığı, ileum duvarının

dışarıdan içeriye doğru kaslardan, düzensiz kıvrımlar oluşturan kübik epitel hücrelerinden ve intimadan oluştuğunu, lümende çok sayıda bakteri kümesi bulunduğunu ve ileumun intimasında spiniform yapılar gözlemlendiğini ifade etmişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2021), *M. decastigma* (Coleoptera: Buprestidae)'da ileumun bazı bölümlerinde oldukça katlanmış kütiküler astar, tek katmanlı kübik epitel ve çok kaslı bir duvar bulunduğunu, epitel hücrelerinde hücrenin merkezinde çekirdekler gözlemlendiğini, bu bölgedeki intima tabakasında gruplar halinde dikenler görüldüğünü belirtmişlerdir.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'te ileumun anatomik olarak enine ve boyuna kas tabakasıyla çevrili olduğunu, içten dışa doğru lümen, intima, tek katlı kübik epitel ve kas tabakasından oluştuğu göstermişlerdir. İleumu çevreleyen epitel hücrelerinin, arka bağırsağın diğer kısımlarını çevreleyen epitel hücrelerinden daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2021), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da ileumun, pilorun arkasında bulunduğunu, histolojik ve morfolojik olarak, ileumun epitelinin kübik hücrelerden oluştuğunu, epitel hücrelerinin çekirdeklerinin yuvarlak olduğunu, intimanın ince ve skleroze olduğunu ayırt etmişlerdir.

Borges ve diğerleri (2015), *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da ileumun kübik epitel hücrelerinden oluştuğunu, ileumda altı uzunlamasına kıvrım ve ince bir dairesel kas tabakası bulunduğunu belirtmişlerdir.

H. postica'da ileumu arka bağırsağın başlangıcında yer almakta olup, tüp şeklinde bir yapıya sahiptir ve tek sıralı kübik epitel ile kütiküler bir intima tabakasından oluşmaktadır, bu benzerlik *E. malachiticus* (Curculionidae), *M. decastigma* (Buprestidae), *T. dilaticollis* (Curculionidae) ve *E. ovulum* (Curculionidae)'da gözlenmiştir (Candan ve diğerleri, 2019; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Candan ve diğerleri, 2020; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021). Morfolojik ve histolojik açıdan bakıldığında çeşitli Coleoptera türlerinde farklılıklar olduğu ortaya konmuştur. İntima tabakasındaki farklılıklar türler arasında en belirgin ayırım noktalarından biridir. *M. decastigma* (Buprestidae)'da yoğun şekilde katlanmış kütiküler astar (intima) üzerinde yer alan diken grupları bulunması, bu türün ileumunun diğer türlere kıyasla daha güçlü bir kütiküler koruma mekanizmasına sahip

olduğunu göstermektedir (Özyurt Koçakoğlu, 2021). *T. dilaticollis* (Curculionidae)' te geniş intima kıvrımlarının bulunması ve epitel hücrelerinin arka bağırsağın diğer segmentlerindeki gibi daha büyük olması, bu türde ileumun hem yapısal hem de işlevsel açıdan daha gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir (Candan ve diğerleri, 2020). Buna karşılık *E. ovulum* (Curculionidae)'da intima tabakasının ince ve sklerozeli olması, diğer türlerdeki kadar belirgin kıvrım veya diken yapılarına sahip olmaması, daha sade bir ileum organizasyonunun varlığını ortaya koymaktadır (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021). Kas tabakası bakımından türler arasında önemli farklılıklar dikkat çekmektedir. *H. postica*'da kas tabakası ince yapıdayken, *T. dilaticollis* (Curculionidae)'te hem enine hem boyuna kas tabakaları daha belirgindir (Candan ve diğerleri, 2020). *M. decastigma* (Buprestidae)'da duvarın çok kaslı bir yapıdadır (Özyurt Koçakoğlu, 2021).

H. postica'da kolon ileum ile rektum arasında bulunmakta olup arka bağırsağın ikinci kısmıdır. Kolon duvarının dış yüzeyinde Malpigi tübüllerinin bağlantı kısımları görülmektedir. Kolon yüzeyi ile kılıf arasında Malpigi tübüllerinin distal uçlarının boncuk dizisi şeklinde bileşik alveolar bezler görünümünde olduğu, kriptonefridal sisteme uygun olarak kolon duvarına bağlandığı ayırt edilmiştir. Kolonun boyuna kesitinde ve elektron mikroskobu görüntülerinde enine kırılmış kolon duvarını heterokromatince yoğun oval çekirdeklere sahip tek tabakalı kübik epitelle çevrelendiği gözlenmiştir. Kolon epiteli lümenine doğru sivri ve derin girintiler oluşturmuş, yıldızimsı bir görünüme sahiptir. Ayrıca kolonun duvarı ile kılıf arasında Malpigi tübüllerinin son ucu görülmüştür. Kolon lümeninde farklı büyüklüklerde kok şeklinde bakterilere rastlanmıştır.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'te kolon, ileum ve rektum arasında yer aldığını, rektuma doğru kademeli olarak genişlediğini, histolojik olarak bakıldığında kolonun lümen, intima, tek katlı epitel ve kas tabakasından oluştuğunu, kolon epitelinde çekirdek, hücrenin neredeyse tamamını kaplayacak kadar yoğun ve büyüktü olduğunu, kolonda altı büyük kıvrım bulunduğunu söylemişlerdir.

Garcia-Salazar ve diğerleri (2000), *A. vittata* (Coleoptera: Chrysomelidae)' da kolonun Malpigi tübüllerinin tabanından başladığını ve rektumda son bulduğunu belirtmişlerdir. Posterior olarak rektal bölgeye uzanan bir dairesel kas tabakası ile çevrili olduğu belirtilmiştir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2021), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da kolon'un kaslı bir yapıda olduğu ve iç kısmında kalın bir kütiküler intima tabakasıyla kaplı olduğu belirtilmiştir. Epitel, kübik hücrelerden oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Sarwade ve Bhawane (2013), *P. belli* F. (Coleoptera: Tenebrionidae)'de kolonun kalın dairesel ve uzunlamasına kasların ve içte ise kalın bir intima tabakası ile kaplandığını belirtmişlerdir. Kübik epitel hücreleri çok büyük oval belirgin çekirdeklere sahip olup iyi tanımlanmış hücre sınırları bulunduğunu ve kalın kitinöz intima tabakası ile kaplanmış olduğu açıklamışlardır.

Chen ve diğerleri (2023), *M. chinensis* (Coleoptera: Nitidulidae)'te arka bağırsağın en geniş kısmı kolon olarak gözlemlenmiştir. Kolonun düz bir yapıya sahip olup arkaya doğru giderek genişlediği görülmüştür. Malpigi tübüllerinin kriptonefridal bölgesinin kolona tamamen yapışık olduğunu, düzensiz derin uzunlamasına girintiler oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Coleoptera takımında kolonun ileum ile rektum arasında yer aldığı ve arka bağırsağın ikinci segmentini oluşturduğu görülmektedir. Kolonun temel yapısal iskeletinin kütiküler bir intima tabakası, tek katlı epitel ve onu çevreleyen kas tabakalarından oluştuğu belirlenmiş olup, bu durum Coleoptera'lar da kolonun genel yapısının korunduğunu göstermektedir. Kolon yapısının kıvrımları açısından türler arasında farklılıklar dikkat çekmektedir. *T. dilaticollis* (Curculionidae)'te kolonun rektuma doğru kademeli olarak genişlediği ve histolojik olarak altı büyük kıvrıma sahip olduğu belirtilmiştir (Candan ve diğerleri, 2020). Bu yapı, *H. postica*'daki sivri ve derin girintilerle karşılaştırıldığında daha düzenli ve belirgin bir kıvrım sisteminin varlığına işaret etmektedir. *M. chinensis* (Nitidulidae)'te kolonun arka bağırsağın en geniş kısmını oluşturması ve uzunlamasına düzensiz derin girintilerin bulunması, bu türün kolonunun yapısal olarak diğerlerinden daha geniş bir lümene ve daha yoğun bir kıvrım sistemine sahip olduğunu göstermektedir (Chen ve diğerleri, 2023). Kas tabakası bakımından türler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. *H. postica*'da kas yapısı detaylandırılmamış olsa da *A. vittata* (Chrysomelidae), *E. ovulum* (Curculionidae) ve *P. belli* F. (Tenebrionidae)'de kolonun kalın dairesel ve/veya uzunlamasına kas tabakalarıyla çevrelendiği bildirilmiştir. Özellikle *P. belli* F. (Tenebrionidae)'de kas tabakasının belirgin şekilde kalın olması, kolonun mekanik sindirim ve peristaltik hareketler yönünden daha güçlü bir yapıya sahip olabileceğini düşündürmektedir (Garcia-Salazar ve diğerleri, 2000; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021;

Sarwade ve Bhawane, 2013). İntima tabakası açısından da belirgin çeşitlilik mevcuttur. *H. postica*'da intima yapısı yıldızimsı lümen görünümünü desteklerken, *E. ovulum* (Curculionidae) ve *P. belli* F. (Tenebrionidae)'de kalın ve belirgin kütiküler bir intima tabakası bulunduğu belirtilmiştir. Bu durum, bu türlerde kolonun daha güçlü bir kütiküler koruma ile çevrili olduğunu göstermektedir (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Sarwade ve Bhawane, 2013). *M. chinensis* (Nitidulidae)'te ise kriptonefridal sistemle ilişkili olarak Malpighi tübüllerinin kolona sıkı bir biçimde yapıştığı ve uzunlamasına düzensiz girintiler oluşturduğu görülmektedir; bu özellik diğer türlerde bu kadar belirgin değildir (Chen ve diğerleri, 2023).

H. postica'da rektum arka bağırsağın son kısmıdır; kolonun sonunda, anüsün hemen önündedir. Rektumun enine kesitlerine bakıldığında diğer kısımlara göre daha kalın bir kas tabakasına sahip olduğu görülmüştür. İntima tabakası, tek tabakalı kübik epitel yapısı ve kalın bir kas tabakası ayırt edilmektedir. Lümeninde basil şeklinde bakterilere rastlanmıştır.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2021), *E. ovulum* (Coleoptera: Curculionidae)'da rektumun dış yüzeyinde rektal pedler bulunduğu, histolojik ve morfolojik olarak rektumun epiteli büyük kübik hücrelerden oluştuğu, epitel iç kısımda intima, dış kısımda ise kaslarla kaplı olduğu belirtilmiştir.

Candan ve diğerleri (2020), *T. dilaticollis* (Coleoptera: Curculionidae)'te rektumun, oldukça kaslı bir yapıya sahip olduğunu, aistolojik ve anatomik incelemelerde, lümenin oldukça geniş olduğu ve rektum duvarının intima, tek katlı epitel ve kas tabakasıyla çevrili olduğu göstermişlerdir.

Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri (2020), *C. tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae)'de basit bir epitel olan rektum altı adet kalınlaşmış pedlerden oluştuğunu, histolojik incelemelerde rektum duvarının lümen, tek tabakalı epitel ve oldukça kalın bir kas tabakasından oluştuğunu, rektumun lümeninde ise oval ve kübik kristal yapılara rastlandığı göstermişlerdir.

Borges ve diğerleri (2015), *A. bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da rektumda kübik epitel hücreleri bulunurken rektal kanalda skuamöz epitel hücreleri bulunduğunu, ayrıca

rektumu çevreleyen kriptonefrik sistemde Malpigi tübüleri gözlemlendiğini ifade etmişlerdir.

Medel ve diğerleri (2013), *Aegorhinus superciliosus* (Coleoptera: Curculionidae)' da rektumun iç duvarının oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olduğunu göstermişlerdir. Rektum gelişmiş dairesel ve uzunlamasına kas tabakası ile çevrelendiği, diğer böceklerde yaygın olarak görülen rektal pedlerin bu türde bulunmadığı ifade edilmiştir.

H. postica'da rektumun, arka bağırsağın diğer segmentlerine kıyasla belirgin şekilde daha kalın bir kas tabakasına sahip olması, önceki çalışmalarla genel olarak uyumludur. Curculionidae ve diğer Coleoptera türlerinde rektumun yoğun kas tabakasıyla çevrili olduğu; bunun da defekasyonun kontrolü ve su geri alımı açısından önemli olduğu birçok araştırmada belirtilmiştir (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Candan ve diğerleri, 2020; Candan ve diğerleri, 2019). *H. postica*'da gözlenen bu kaslı yapı, özellikle *T. dilaticollis* (Curculionidae)' te rapor edilen gelişmiş kas demetleri ve fibrillerin belirginliğiyle paralellik göstermektedir (Candan, 2020).

H. postica'da rektumun tek tabakalı kübik epitelle çevrili olması ve bunun üzerinde belirgin bir intima tabakasının bulunması da literatürdeki pek çok türle örtüşmektedir. *E. ovulum* (Curculionidae), *T. dilaticollis* (Curculionidae) ve *C. tenebrionis* (Buprestidae) türlerinde de rektumun tek katlı epitel ve intima ile çevrelendiği belirtilmiştir (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2021; Candan ve diğerleri, 2020; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2020). Ancak *H. postica*'nın epitel yapısı, *A. bipunctata* (Coccinellida)'da rektum ve rektal kanal arasında görülen farklı epitel tiplerinin (kübik ve skuamöz) ayrışmasıyla karşılaştırıldığında daha homojen bir görünüm sunmaktadır. Bu durum, türler arasında rektal kanalın yapısal çeşitliliğinin oldukça geniş olduğunu göstermektedir (Borges ve diğerleri, 2015). Bazı türlerde rektal pedlerin bulunması, su geri kazanımının yapısal destekçisi olarak değerlendirilmektedir. *E. ovulum* (Curculionidae) ve *C. tenebrionis* (Buprestidae)' te rektal pedlerin rapor edilmesine karşın, *A. Superciliosus* (Curculionidae)'ta bu yapıların bulunmadığı belirtilmiştir (Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri 2021; Özyurt Koçakoğlu ve diğerleri, 2020). *H. postica* için rektal pedlerin gözlenmemesi bu türün rektum yapısının *A. superciliosus* (Curculionidae)'a daha yakın olabileceğini düşündürmektedir (Medel ve diğerleri, 2013). *H. postica*'da rektum lümeninde basil şeklindeki bakterilerin gözlenmesi, bağırsak mikrobiyotasının arka bağırsakta da varlığını sürdürdüğünü göstermekte olup, bu

bulgu özellikle ileum ve kolon segmentlerinde bildirilen bakteri varlığıyla uyumludur. Çalışmada diğer türlerin mikrobiyotasına ilişkin detaylar sınırlı olmakla birlikte, *H. postica*'da rektumda bakteri tespiti, sindirim sisteminin tüm arka bağırsak boyunca mikroorganizma barındırdığını ve bu bakterilerin lifli besinlerin parçalanması, azot geri dönüşümü ve osmoregülasyon gibi süreçlerde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmada *H. postica*'nın sindirim ve boşaltım sistemi detaylı olarak incelenmiş olup genel olarak Coleoptera türleriyle karşılaştırılmış, benzerlik ve farklılıkları tespit edilmiştir. Ayrıca *H. postica*'nın sindirim kanalının ve boşaltım sisteminin yapısıyla ilgili daha önce yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Böceklerin sindirim ve boşaltım sistemiyle ilgili yapısal ve morfolojik benzerlikler ve farklılıklar dikkate alındığında yapılan bu çalışma gelecekte bu konularla ilgili yapılan diğer çalışmalarla birlikte taksonomik, sistematik ve zirai mücadele açısından böcek kontrolü çalışmalarına temel oluşturacağı ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aldigail, S. A., Alsaggaff, A. I., Al-Azab, A. M. (2013). Anatomical and histological study on the digestive canal of *Epilachna chrysomelina* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 10(1), 183–192.
- Anderson, R. S. Curculionidae. R. H. Arnett, M. C. Thomas, P. E. (2002). *American beetles*, (2. Edition). New York: CRC Press. 815.
- Borges, I., Nória, M., Camarinho, R., Rodrigues, A. S., Soares, A. O. (2015). Characterization of the alimentary canal of the aphidophagous ladybird, *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): Anatomical and histological approaches. *Entomological Science*, 18(2), 66–73.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., Johnson, N. F. (2005). *An introduction to the study of insects*. (7. Edition). Australia: Thomson Brooks/Cole, 415.
- Brune, A. (2014). Symbiotic digestion of lignocellulose in termite guts. *Nature Reviews Microbiology*, 12(3), 168–180.
- Bu, Y., Chen, X. (2009). Morphology and ultrastructure of the alimentary canal of Coleoptera. *Acta Entomologica Sinica*, 52(3), 123–131.
- Calder, A.A. (1989). The alimentary canal and nervous system of Curculionoidea (Coleoptera): Gross morphology and systematic significance. *Journal of Natural History*, 23(6), 1205–1265.
- Candan, S., Özyurt Koçakoğlu, N., Erbey, M. (2019). Morphology and histology of the alimentary canal of epiphaneus malachiticus boheman, 1842 (Coleoptera: Curculionidae). *Entomological Review*, 99(3), 326–336.
- Candan, S., Özyurt Koçakoğlu, N., Erbey, M. (2021). Morphology and histology of the alimentary canal of hypera postica. *Microscopy Research and Technique*, 84(8), 1805–1816.
- Candan, S., Özyurt Koçakoğlu, N., Serttaş, A. (2021). Histoanatomy of malpighian tubules and the digestive tract of adult calosoma sycophanta L. (Coleoptera: Carabidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(2), 1373–1386.
- Candan, S., Özyurt Koçakoğlu, N., Güllü, M., Çağlar, Ü. (2020). Anatomical and histological studies of the alimentary canal of adult maize leaf weevil, tanymericus dilaticollis gyllenhal, 1834 (Coleoptera: Curculionidae). *Microscopy Research & Technique*, 83(1), 1153–1162.
- Chapman, R.F. (1998). *The insects: structure and function*. (4. Edition). Cambridge: Cambridge University Press, 330.
- Chen, L., Liu, M., Di Giulio, A., Audisio, P. (2023). Morphological study of the alimentary canal and malpighian tubules in the adult of the pollen beetle meligethes (odonothogethes) chinensis (Coleoptera: Nitidulidae: Meligethinae). *Insects*, 14(3), 298–327.

- Crowson, R.A. (1981). *The biology of the coleoptera*. (1. Edition). New York: Academic Press.
- De Sousa, G., Scudeler, E. L., Abrahão, J., Conte, H. (2013). Functional morphology of the crop and proventriculus of sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 106(6), 846–852.
- Demirsoy, A. (2003). *Yaşamın temel kuralları: omurgasızlar (Böcekler)*. (1. Baskı). Ankara: Meteksan Yayınları, 183.
- Douglas, A.E. (2015). Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annual Review of Entomology*, 60(2), 17–34.
- Dow, J.A.T. (1986). Insect midgut function. *Advances in Insect Physiology*, 19(1), 187–328.
- Garcia-Salazar, C., Gildow, F.E., Fleischer, S.J., Cox-Foster, D., Lukezic, F.L. (2000). Alimentary canal of adult acalymma vittata (Coleoptera: chrysomelidae): morphology and potential role in survival of erwinia tracheiphila (Enterobacteriaceae). *The Canadian Entomologist*, 132(1), 1–13.
- Genç, Ş. (2017). *Aelia Rostrata'nın (Fabricius, 1803) (Heteroptera, Pentatomidae) Sindirim Kanalının Ultrastrüktürü*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 97.
- Gillott, C. (2005). *Entomology*. (3. Edition). New York: Springer, 832.
- Grimaldi, D., Engel, M.S. (2005). *Evolution of the insects*. (2. Edition). Cambridge: Cambridge University Press, 510.
- Gullan, P.J., Cranston, P.S. (2020). *The insects: An outline of entomology* (6. Edition). New York: Wiley-Blackwell, 487.
- Hervé, K.K., Heat, H.S. (2011). Mouthpart morphology, anatomical and histological study of the alimentary canal of Coelaenomenodera lameensis (Coleoptera: Chrysomelidae), leaf miner of oil palm. *Journal of Asian Scientific Research*, 1(4), 159–175.
- Holtzhausen, W.D., Nicolson, S.W. (2007). Beetle diuretic peptides: The response of mealworm (Tenebrio molitor) malpighian tubules to synthetic peptides, and cross-reactivity studies with a dung beetle. *Journal of Insect Physiology*, 53(4), 361–369.
- İnternet: Böcek sindirim sisteminde son bağırsağın genel yapısı URL: <https://www.biyolojidefteri.com/index.php/bosaltim-sistemi/17-12-sinif/162-bosaltim-yapilar> Son Erişim Tarihi: 07.11.2024.
- İnternet: Hypera postica'nın genel şekli URL: <https://www.britannica.com/animal/alfalfa-weevil> Son Erişim Tarihi: 07.11.2024.
- İnternet: Alfalfa weevil. URL: <https://www.britannica.com/animal/alfalfa-weevil> Son Erişim Tarihi: 14.10.2025.

- Kansu, İ. A. (2012). *Genel entomoloji*. (1. Baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları, 158.
- Koyama, T., Naseem, M.T., Kolosov, D., Vo, C.T., Mahon, D., Jakobsen, A. S., Jensen, R. L., Denholm, B., O'Donnell, M., Halberg, K.V. (2021). A unique malpighian tubule architecture in *tribolium castaneum* informs the evolutionary origins of systemic osmoregulation in beetles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(14), e2023314118.
- Lehane, M.J. (1997). Peritrophic matrix structure and function. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 525–550.
- Marvaldi, A. E., Sequeira, A. S., O'Brien, C. W., Farrell, B. D. (2002). Molecular and morphological phylogenetics of weevils. *Systematic Entomology*, 27(1), 41–58.
- McAllister, J.C., Steelman, C. D., Carlton, C.E. (1995). Histomorphology of the larval and adult digestive systems of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 68(2), 195–205.
- Medel, V., Molina, B., Seguel, J., Rebolledo, R., Quiroz, A. (2013). Morphology and histology of the digestive system of raspberry weevil *Aegorhinus superciliosus* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 260–266.
- Nation, J. L. (2015). *Insect physiology and biochemistry*. (3. Edition). New York: CRC Press, 561.
- Nation, J. L. (2016). *Insect physiology and biochemistry*. (4. Edition). New York: CRC Press, 586.
- Özyurt Koçakoğlu, N., Candan, S. (2021). Comparative morphology of insect alimentary canals. *Turkish Journal of Zoology*, 45(3), 210–224.
- Özyurt Koçakoğlu, N., Candan, S., Çağlar, Ü. (2021). Anatomy and histology of digestive tract in *Melanophila (Trachypteris) picta decastigma* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Buprestidae). *European Journal of Biology*, 80(1), 1–8.
- Özyurt Koçakoğlu, N., Candan, S., Erbey, M. (2020). structure of the mouthparts and alimentary canal of *eusomus ovulum germar*, 1824 (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 64(3), 255–266.
- Özyurt Koçakoğlu, N., Ersoy, D.E., Arslan, H., Candan, S. (2025). The anatomy and histology of the midgut and malpighian tubules of *Copris felschei* Reitter, 1892 (Coleoptera: Scarabaeidae). *Protoplasma*, 262(29), 683–693.
- Özyurt Koçakoğlu, N., Çağlar, Ü., Candan, S. (2021). Anatomy and histology of digestive tract in *melanophila (Trachypteris) picta decastigma* (Fabricius, 1787)(Coleoptera: Buprestidae). *European Journal of Biology*, 80(1), 1-8.
- Popescu, I.E., Stoica, I., Dinu, M. (2020). Histological adaptations of beetle midgut. *Zoomorphology*, 139(3), 351–362.

- Prasad, B., Singh, O.L. (2013). Histomorphology of the alimentary tract of adult *Odoiporus longicollis* (Oliv.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1(4), 109–115.
- Rubio, G. J. D., Bustillo, P. A. E., Vallejo, E. L. F., Acuña, Z. J. R., Benavides, M. P. (2008). Alimentary canal and reproductive tract of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Neotropical Entomology*, 37(2), 143–151.
- Sarwade, A. B., Bhawane, G. P. (2013). Anatomical and histological structure of digestive tract of adult *Platynotus belli* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biological Forum — An International Journal*, 5(2), 47–55.
- Snodgrass, R. E. (1993). *Principles of insect morphology*. (1. Edition). New York: Cornell University Press. 293.
- Terra, W. R., Ferreira, C. (2012). *Biochemistry and molecular biology of digestion*. (4. Edition). New York: Academic Press, 35.
- Toni, A. S. B., Fialho, V. S., Cossolin, J. F. S., Serrão, J. E. (2022). Larval and adult digestive tract of the carrion beetle *Oxelytrum discicolle* (Brullé, 1840) (Coleoptera: Silphidae). *Arthropod Structure & Development*, 71(1), 1–10.
- Van Emden, H. F. (2013). *Handbook of agricultural entomology*. (4. Edition). New York: Wiley-Blackwell, 249.
- Yu, Y., Ślipiński, A., Leschen, R. A., Ren, D., Pang, H. (2014). Enigmatic mesozoic bark-gnawing beetles (coleoptera: trogossitidae) from the jiulongshan formation in china. *Annales Zoologici*, 64(4), 667–676.



Gazili olmak ayrıcalıktır