

***GRAPHOSOMA LINEATUM* (LINNEAUS, 1758) (HETEROPTERA:
PENTATOMIDAE)’UN SİNDİRİM KANALININ ULTRASTRÜKTÜRÜ**

Damla AMUTKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2012
ANKARA**

Damla AMUTKAN tarafından hazırlanan “*Graphosoma lineatum* (Linneaus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae)’un Sindirim Kanalının Ultrastrüktürü” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Zekiye SULUDERE

.....

Tez Danışmanı, Biyoloji Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zekiye SULUDERE

.....

Biyoloji Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç Dr. Selami CANDAN

.....

Biyoloji Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç Dr. Meltem UZUNHİSARCIKLI

.....

Sağlık Hizmetleri MYO, G.Ü.

Tarih: 02/01/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Damla AMUTKAN

**GRAPHOSOMA LINEATUM (LINNEAUS, 1758) (HETEROPTERA:
PENTATOMIDAE)'UN SİNDİRİM KANALININ ULTRASTRÜKTÜRÜ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Damla AMUTKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2012

ÖZET

Bu çalışmada *Graphosoma lineatum*'un (Linnaeus, 1758) (Heteroptera, Pentatomidae) sindirim kanalının ultrastrüktürü ışık ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. *G. lineatum*'un sindirim kanalı üç farklı bölgeye ayrılır: Ön bağırsak, orta bağırsak, arka bağırsak. Ön bağırsak ve arka bağırsak çok kısadır. Orta bağırsak daha uzundur ve üç bölgeye farklılaşmıştır: Anterior, medyan, posterior. Anterior bölge uzun-geniş kese benzeri bir yapıdadır. Medyan bölge daha dardır ve boru şeklini almıştır. Posterior bölge ise kısa genişlemiş bir bölgedir. Orta bağırsak ve arka bağırsağın birleştiği kısma iki çift Malpighi tüpü bağlanır.

Graphosoma lineatum'un sindirim kanalı genel olarak diğer Heteroptera türlerinin sindirim kanallarıyla benzerlik göstermektedir. Ön bağırsak kesitlerinde epitel tabaka tek katlı ve kübik olarak dizilmiştir. SEM görüntüleri yapının boyuna kaslarla çevrelendiğini ve iç yüzeyinin ise kıvrımlı bir bazal laminaya yerleşmiş hücre gruplarından oluştuğunu göstermiştir. Orta bağırsak yüzeyi dışta boyuna, içte dairesel kaslarla çevrilidir. Orta bağırsak iç yüzeyi tek tabakalı silindirik hücrelerden oluşmuştur. Arka bağırsakta ise, oldukça ince bir epitel hücre tabakası bulunur. Bu hücrelerin yüzeyi mikrovillüssüzdür fakat çok fazla kıvrımlıdır.

Malpighi tüpleri tek katlı kübik epitelden oluşurlar. Hücrelerin lümene bakan kısmı mikrovilluslarla çevrilidir. Malpighi tüplerinin proksimal bölgesi düz boru şeklinde, fakat distal bölgesi boncuk dizisi şeklindedir. Tüplerin yüzeyi oldukça düzdür. Malpighi tüplerinin epitel hücrelerinin sitoplazması yuvarlak granüllerle doludur.

Bilim Kodu : 203
Anahtar Kelimeler : *Graphosoma lineatum*, Orta Bağırsak, Malpighi Tüpleri, Işık Mikroskobu, Taramalı Elektron Mikroskobu
Sayfa Adedi : 106
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Zekiye SULUDURE

**ULTRASTRUCTURE OF DIGESTIVE CANAL OF *GRAPHOSOMA*
LINEATUM (LINNEAUS, 1758) (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)**

(M.Sc. Thesis)

Damla AMUTKAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2012

ABSTRACT

In this study, ultrastructure of digestive canal of *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) was examined with the use of light microscope and scanning electron microscope (SEM). Digestive canal of *G. lineatum* consists of three distinct regions: Foregut, midgut and hindgut. Foregut and hindgut are very short. Midgut is longer and differentiated into three distinct portions: Anterior, median, posterior. Anterior region is similar to a wide elongated sac. Median region is narrower and tubular in shape. Posterior region is a short dilated portion. There are two pairs of Malpighian tubules at the junction of midgut and hindgut.

The alimentary canal of *G. lineatum* is generally similar to other Heteroptera species' digestive system. The epithelial cells of foregut are cubically arranged as a single layer. According to SEM images, foregut is surrounded by a layer of longitudinal muscle and inner surface is formed by cell groups which are located over a folded basal lamina. Midgut surface is surrounded by a layer of inner circular and outer longitudinal muscles. Inner surface of midgut is formed by a single layer of cylindrical cells. Hindgut has an extremely thin epithelial cell layer. The surface of cells in hindgut does not contain microvillus, but they are wrinkled.

Malpighian tubules are consisting of single layer cubical epithelium cells. Apical surface of cells is covered with microvillus. In contrary to proximal parts of Malpighian tubules which are smooth, distal parts are arranged as clustered beads. The surface of Malpighian tubules is smooth. Epithelial cells of Malpighian tubules have rounded granules in their cytoplasm.

Science Code : 203

Key Words : *Graphosoma lineatum*, Midgut, Malpighian Tubules, Light Microscope, Scanning Electron Microscope

Page Number : 106

Adviser : Prof. Dr. Zekiye SULUDERE

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun belirlenmesinde, taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmalarında ve tezimin her aşamasında değerli bilgilerini ve desteğini benden esirgemeyen sevgili danışman hocam Prof. Dr. Zekiye SULUDERE'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim. Işık mikroskobu çalışmalarında bana yardımcı olan ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Selami CANDAN'a, fotoğrafların çekiminde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Demet ÇETİN'e, boyamalar esnasında bana yardım eden Araş. Gör. Irmak YILMAZ'a ve Nurcan ÖZYURT'a, desteklerinden dolayı Mikroteknik Laboratuvarındaki çalışma arkadaşlarıma, benim bugünlere gelmemi sağlayan ve her zaman yanımda olan değerli aileme ve bu araştırmayı 05/2011-31 nolu projeyle destekleyen Gazi Üniversitesi BAP'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. BÖCEK SİNDİRİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	5
3. MATERYAL VE METOT	31
3.1. Materyal Hakkında Genel Bilgi	31
3.2. Örneklerin Toplanması ve Laboratuarda Üretimi	31
3.3. Işık Mikroskobu İçin Örneklerin Hazırlanması	32
3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Örneklerin Hazırlanması	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33
4.1. Tükürük Bezi.....	34
4.2. Proventrikulus ve Mide	46
4.3. Orta Bağırsak Kanalı.....	54
4.4. “Bulb”	62
4.5. Gastrik Çekum	69
4.6. İleum	75

Sayfa

4.7. Malpighi Tüpleri	79
4.8. Rektum	86
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	106

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1 <i>Graphosoma lineatum</i> sindirim kanalının genel görünüşü.....	33
Resim 4.2. Tükürük bezinin genel görünümü-Stereo Mikroskop.....	35
Resim 4.3. Tükürük bezinin genel görünümü-SEM	36
Resim 4.4. Tükürük bezinin parmak benzeri çıkıntıları olan anterior bölgesi-SEM .	37
Resim 4.5. Tükürük bezinin posterior bölgesi-SEM.....	38
Resim 4.6. Tükürük bezinin anterior bölgesinin iç yüzeyi-SEM.....	39
Resim 4.7. Tükürük bezi anterior bölge hücreleri-SEM	40
Resim 4.8. Tükürük bezi genel görünümü	41
Resim 4.9. Tükürük bezinin anterior bölgesi	41
Resim 4.10. Tükürük bezinin anterior bölgesi	42
Resim 4.11. Tükürük bezinin posterior bölgesi	42
Resim 4.12. Tükürük bezi kanalı kıvrımlarının genel görünümü-SEM.....	43
Resim 4.13. Tükürük bezi kanalı genel görünümü-SEM.....	44
Resim 4.14. Tükürük bezi kanalı hücreleri ve açıklığı-SEM.....	45
Resim 4.15. Tükürük bezi kanalı	46
Resim 4.16. Proventrikulus ve midenin genel görünümü-SEM	47
Resim 4.17. Proventrikulus ve midenin dış yüzeyinin görünümü-SEM.....	48
Resim 4.18. Proventrikulus ve midenin dış ve iç yüzeyinden bir kısım-SEM	49
Resim 4.19. Midenin iç yüzeyinin görünümü-SEM	50

Resim	Sayfa
Resim 4.20. Midenin iç yüzeyinde tek tabakalı silindirik epitel apikal yükseltileri ve bazal zar katlanmaları-SEM.....	51
Resim 4.21. Midenin iç yüzeyinde silindirik epitel hücre ve mikrovillüsleri-SEM ..	52
Resim 4.22. Proventrikulus ve midenin görünümü.....	53
Resim 4.23. Proventrikulus	53
Resim 4.24. Mide	54
Resim 4.25. Orta bağırsak kanalı genel görünümü-SEM	55
Resim 4.26. Orta bağırsak kanalı genel görünümü-SEM	56
Resim 4.27. Orta bağırsak kanalı iç yüzeyinin görünümü-SEM	57
Resim 4.28. Orta bağırsak kanalı iç yüzeyinin görünümü-SEM	58
Resim 4.29. Orta bağırsak kanalı hücreleri yüzeyinde mikrovillüsler-SEM	59
Resim 4.30. Orta bağırsak kanalı	60
Resim 4.31. Orta bağırsak kanalı	60
Resim 4.32. Orta bağırsak kanalı	61
Resim 4.33. Orta bağırsak kanalı	61
Resim 4.34. Orta bağırsağın “Bulb” bölgesi, genel görünümü-SEM	63
Resim 4.35. Orta bağırsağın “Bulb” duvarı ve iç yüzeyi-SEM	64
Resim 4.36. Orta bağırsağın “Bulb” duvarı ve iç yüzeyi-SEM	65
Resim 4.37. Orta bağırsağın “Bulb” duvarındaki hücreler ve iç yüzeyi-SEM	66
Resim 4.38. Orta bağırsağın “Bulb” duvarındaki hücrelerin mikrovillüsleri-SEM...	67

Resim	Sayfa
Resim 4.39. “Bulb”	68
Resim 4.40. “Bulb”	68
Resim 4.41. “Bulb”	69
Resim 4.42. Gastrik çekum genel görünümü-SEM	70
Resim 4.43. Gastrik çekumun ileumla bağlantısı-SEM.....	71
Resim 4.44. Gastrik çekum dış yüzeyinin görünümü-SEM.....	72
Resim 4.45. Gastrik çekum iç yüzey kıvrımları-SEM	73
Resim 4.46. Gastrik çekum	74
Resim 4.47. Gastrik çekum	74
Resim 4.48. İleum genel görünümü-Stereo Mikroskop	75
Resim 4.49. İleum genel görünümü-SEM	76
Resim 4.50. İleum iç yüzeyinin görünümü-SEM.....	77
Resim 4.51. İleum iç yüzeyinin görünümü-SEM.....	78
Resim 4.52. Malpighi tüplerinin ileuma bağlanan proksimal bölgesi ve çekum, arka bağırsaktan bir kısım-SEM	80
Resim 4.53. Malpighi tüpleri distal bölgesi genel görünümü-SEM	81
Resim 4.54. Malpighi tüpleri distal bölgesi iç yüzeyinin görünümü-SEM.....	82
Resim 4.55. Malpighi tüpleri proksimal bölgesi iç yüzeyi, mikrovillüs demetleri ve granüller-SEM.....	83
Resim 4.56. Malpighi tüpleri proksimal bölgesinde hücre içinde granüller-SEM	84
Resim 4.57. Malpighi tüpleri proksimal bölgesinde granül dolu hücreler-SEM	85

Resim	Sayfa
Resim 4.58. Malpighi tüpleri	86
Resim 4.59. Rektum genel görünümü-SEM	87
Resim 4.60. Rektum dış yüzeyinin görünümü-SEM	88
Resim 4.61. Rektum iç yüzeyinin görünümü-SEM	89
Resim 4.62. Rektum iç yüzeyinin görünümü-SEM	90

1. GİRİŞ

Canlılar aldıkları besin ve diğer maddeleri ayırmak için sindirim sistemini kullanırlar. Alınan besinlerin çoğu makromolekül ve diğer kompleks maddeler şeklinde alındığından, vücut hücreleri tarafından enerji, büyüme ve üreme gibi faaliyetler için kullanılmadan önce katabolik reaksiyonlarla amino asit, basit şeker vb. gibi daha küçük moleküllere parçalanması gerekir. Bu yıkılma/parçalanma işlemine sindirim denir [Chapman, 1998]. Canlılar yaşayabilmek için beslenmek zorunda olduklarından dolayı sindirim sistemiyle ilgili yapılan çalışmaların önemi büyüktür.

Genellikle böceklerde sindirim sistemi ağızdan anüse kadar devam eden bir tüp şeklindedir. Fakat az katı maddelerle ve sıvı besinlerle beslenen bazı böceklerde, orta bağırsak ve arka bağırsak arasındaki bağlantı kapanmıştır. Benzer değişiklik Hymenoptera larvalarında da görülür. Bu böceklerde dışkı maddesi, larva-pupa deri değişimi sırasında atılır [Chapman, 1998].

Sindirim sistemi böceklerde esas olarak üç bölgeye ayrılmaktadır. Ektodermal kökenli olan ön bağırsak (stomodeum); farinks, özofagus, kursak, proventrikulus ve mide giriş kapağı olmak üzere kısımlara ayrılır. Endodermal kökenli olan orta bağırsak (mezenteron) genelde bölmelere ayrılmaz. Arka bağırsak (proktodeum) ise yine ektodermal kökenli olup; pilorus, pilorik kapak, ileum, kolon ve rektum gibi bölümlerden oluşur.

Ön bağırsak hücreleri genellikle düzdür ve salgı veya absorpsiyon yapmadıklarından dolayı da farklılaşmamışlardır. Fakat kutikül tabakası farklı bölgelerde bulunmaktadır. Bu genellikle sadece endokutikül ve epikutikülden meydana gelmektedir. Bu düzenleme, türden türe ve ön bağırsağın farklı bölgelerinde değişiklik gösterir [Chapman, 1998].

Ön bağırsak; çoğunlukla farinks (yutak), özofagus, kursak (crop) ve proventrikulus olarak ayrılır. Farinks, besinin alınması ve geriye doğru geçişiyle ilgilenir. Özofagus,

genellikle boru şeklinde bir yapıdır ve farinks ve kursak arasında bir bağlantı sağlar. Bu daha çok hemimetabol böceklerde tanımlanmıştır. Özofagus birçok ergin hemimetabol böceklerde, uzun ince bir boru şeklindedir ve kasların zayıf gelişmesi ve boyuna kasların kaybolmasıyla özellik kazanmıştır. Kursak besinlerin depo edildiği organdır. Besinler kursakta sindirim kanalının diğer kısımlarında işlem görene kadar kalırlar. Ayrıca bazı böceklerde sindirim işlevini de yapar. Sindirim olayı tükürük enzimleri ve ön bağırsaktan çıkan enzimlerin karışmasıyla gerçekleşir. Çok zayıf halka ve boyuna kaslarla donatılmıştır. Bu kaslar birbirleriyle anastomoz (kaynaşma) yaparlar ve gevşek bir ağ meydana getirirler. Proventrikulusda halkasal ve boyuna kaslar çok iyi gelişmiştir. Proventrikulusun iç tarafında intimanın diken, dış ve çeşitli şekillerde birçok çıkıntısı, kasların etkisiyle birbirine sürtülür ve bu arada besin parçaları öğütülür. Besinin orta bağırsağa geçişi proventrikulus'un son kısmındaki kasların düzenlemesi ile olur. Besinin gerisin geriye gelmesini de ön bağırsağın son kısmındaki kapakçıklar önler [Chapman, 1998].

Orta bağırsak hücreleri aktif olarak besinlerin absorpsiyonu yanı sıra, enzim üretimi ve salgılama görevlerini de içerir. Esas hücreler olarak adlandırılan hücrelerin çoğunluğu; uzun, silindir şeklinde olup lümen tarafına doğru mikrovillusleri bulunur. Her mikrovillus, aktin filament demetleri tarafından desteklenir [Chapman, 1998]. Mikrovillusların dış yüzeyi, bazı böceklerde glikoprotein yapıda filamentlere sahip olan glikokalikslerle çevrilidir [Silva, 1995].

Birçok böcek, genellikle anterior uçta bulunan ve gastrik çekum olarak bilinen divertiküllere (kolondaki küçük geniş keseler) sahiptir. Gastrik çekum bazı Diptera larvalarında 2, Acrididae'lerde 6, Culicidae larvalarında ve Blattodea'lerde 8 ve Heteroptera ve bazı Coleoptera'da çok sayıda bulunur. Bazı böceklerde gastrik çekum bulunmazken bazılarında gastrik çekumlar sindirim ürünlerinin emildiği asıl yerdir ve bu bölgede sindirim enzimleri de oluşmaktadır. Kara çekirgelerinde kursakta meydana gelen sindirim sonucu oluşan sıvılar ve çözünmüş besin partikülleri gastrik çekumlarda hızlıca emilir [Chapman, 1998].

Böceklerin orta bağırsak epiteli, kaba besin parçalarının yaralayıcı etkilerinden korunmak için mukoz hücrelerine sahip değildir. Özellikle katı besinlerle beslenen böceklerde peritrofik membran (Besin zarı) denilen koruyucu bir yapı salgılanır. Sindirilen besinler ve sindirim enzimleri bu zardan geçerler. Bitki özsuğu ve kan emen böceklerde bu zar oluşmaz. Bazı Hemipterlerde bulunmamasına rağmen çoğu böcekte bu zar oluşur. Bu böcekler peritrofik zara analog olan mikrovillusu örten bir zara sahiptirler. Bu zar, genellikle plazma membranına karışmamış ve ekstrasellüler salgılara sahip birkaç ayrı tabakadan oluşmaktadır. Bazen bu zar, iki farklı tip tabaka içerir. Her biri, mikrofibril ve genelde kitin bir ağdan meydana gelmiştir. Mikrofibriller, glikoprotein ve protein içine yerleşmiş şekildedir [Chapman, 1998]. Deri değiştirme esnasında peritrofik zar yenilenmez, ancak her bir sindirim sonrasında orta bağırsakta yer alan hücrelerce tekrar oluşturulur. Peritrofik zar, besin partiküllerinin aşındırma etkisinden korumanın yanında, virüs, bakteri gibi mikroorganizmalara karşı bir bariyer rolü üstlenir. Sindirim enzimlerinin hızlıca boşalmasını önlemede yardımcıdır [Lehane, 1997; Çakıcı, 2008].

Arka bağırsak, ön bağırsak gibi ektodermal kökenli olduğundan kitinle astarlanmıştır. Kuvvetli yapıdaki halkasal ve boyuna kaslarla donatılmıştır. Boyuna kaslar iç tarafta, halkasal kaslar dış tarafta bulunur. Arka bağırsağın dışını saran kaslar; genellikle rektumun genişlemesi şeklinde görev yapar. Bunlar özellikle yusufçuk böceklerinin (Odonata) larvalarında çok iyi gelişmiştir. Önden arkaya doğru arka bağırsak pilorus, ileum, kolon ve rektum olmak üzere farklı kısımlara ayrılmıştır. Bu bölgede artık maddelerin uzaklaştırılması ile su ve tuz emilimi gerçekleştirilir. Orta bağırsakla arka bağırsağın birleştiği yerde boşaltımdan sorumlu Malpighi tüpleri yer alır. Sayıları 1-150 arasında değişir. Azotlu atıkları (özellikle amonyum iyonları) hemolenften uzaklaştırmakla görevlidir. Toksik amonyum (NH_4) Malpighi tüpleri içinde gerçekleşen bir seri kimyasal reaksiyonla hızlıca, önce üreye sonrada ürik asite dönüştürülür. Sonunda rektuma boşaltılır [Chapman, 1998].

Kan ile beslenen böceklerde besinlerin gideceği yer, besinin kimyasal özelliğine göre belirlenir. Kursağın boşaltılması, hemolenfin ozmotik basıncı tarafından düzenlenir. Hemolenf ozmotik basıncı yüksek olduğunda, besin orta bağırsağa çok yavaş geçer

[Chapman, 1998]. Besinlerin büyük bir kısmı, polisakkarit ve protein makromolekülleri olarak, mideye alınır. Genellikle sadece küçük moleküller, doku içine geçebilir, büyük moleküller ise absorpsiyon meydana gelmeden önce daha küçük parçacıklara halinde yıkılırlar. Besinlerin bu sindirilmeleri bağırsaktaki mikroorganizmalar tarafından da kolaylaştırılır [Chapman, 1998].

Sindirim, kural olarak orta bağırsakta olur; ancak, termitlerde arka bağırsaktadır. Böcek proteazları pH 7'nin üzerindeki ortamlarda etki gösterdiğinden, pepsin çeşidi enzimler (genellikle pH 2.4'de optimal etki gösterirler) azdır. Bağırsak içeriği genellikle nötrdür. Fakat bazı larvalarda pH 9-10'dur. Ön bağırsakta emilme çok azdır; en fazla hamamböceklerinde kursakta yağlar emilir. Orta bağırsak emilmenin esas merkezidir. Buna rağmen arka bağırsak da geçirgendir; suyun büyük bir kısmı buradan emilir. Dışkının şekli bazı türlerde (örneğin, odun güvelerinde ve odun yiyen diğer bazı böceklerde) karakteristiktir. Ona göre tür ya da grup düzeyinde tanımlanabilirler [Chapman, 1998].

Sindirim sisteminin yapısını aydınlatabilmek için laboratuvar koşullarında rahatlıkla çalışılabilen böcekler pek çok araştırmada önemli yer tutmaktadır. *Graphosoma lineatum* laboratuvar koşullarında rahatlıkla yetiştirilebilen bir türdür. Orta Avrupa, Güney Avrupa, Anadolu ve Orta Doğu'da ve Türkiye'de yayılış gösterir ve Apiaceae (Umbelliferae) familyasını içeren çeşitli bitkilerle beslenir. Nimf ve erginleri, konukçu bitkilerinin generatif organlarını tercih etmekte ve olgunlaşmakta olan veya olgunlaşmış tohumları, sokup emerek zarar yapmaktadır. Bu zarar, tohumların kalite ve kantitesinin düşmesine neden olmaktadır. Söz konusu zararlı, tohumluk olarak yetiştirilen Apiaceae familyasına ait kültür bitkilerinde, Türkiye'de özellikle kültürü yapılan anason, pamuk, tütün, pirinç, baklagiller ve meyve ağaçlarına, zarar yapmaktadır, bu sebeple ekonomik olarak önemli bir türdür [Yüce-Örs, 2004]. Daha önce sindirim sistemi üzerinde çalışılmamış bir tür olan *Graphosoma lineatum* (Heteroptera: Pentatomidae)'un sindirim kanalının morfolojik ve histolojik yapısını ışık ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile detaylı olarak aydınlatmak ve bu bilgilerin ileride yapılacak çalışmalar için kullanılabilmesi amaçlanmıştır.

2. BÖCEK SİNDİRİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Böceklerin sindirim sistemleri birçok çalışmanın konusu olmuştur. Farklı böcek takımlarında sindirim kanalının yapısı bir bütün olarak veya her bir bölümü ayrı ayrı çalışmalara konu olmuştur. Bazen sindirim kanalının yapısıyla birlikte sindirime yardımcı olan sistemleri de dikkate alan çalışmalara rastlanmaktadır. Çeşitli böcek takımlarında sindirim kanalı ve sindirimle ilişkili sistemler hakkında yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Pigino ve ark. (2005), *Campodea (Monocampa) quilisi* (Hexapoda: Diplura)'nin orta bağırsağı ile Malpighi tüplerinin yapısını tanımlamışlar ve bu türde Collembola ve Diplopoda'nın orta bağırsak epitelinde görüldüğü gibi sferokristaller bulunduğunu göstermişlerdir. Ayrıca bu sferokristallerin kimyasal bileşimlerini belirlemek için analizler yapmışlardır. Araştırmacılar granüllerin kimyasal bileşiminin, çevredeki ağır metallerin biyoyararlanımı ve varlığıyla etkilendiği göstermişlerdir. Aynı zamanda orta bağırsaktaki granüllerde Fe, Mn, Zn, Pb, Cu gibi ağır metallerin biriktiği ve ağır metal içeren granüllerin vücuttan atıldığını da gözlemişlerdir.

Rost (2006a), *Lepisma saccharina* (Thysanura: Lepismatidae) ve *Thermobia domestica* (Thysanura: Lepismatidae)'nin orta bağırsak epitelinin yenilenmesi ile ilgili karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. *T. domestica*'da bozulan hücreler, yeni hücreler oluşuncaya kadar biçimlerini değiştirmişlerdir. *L. saccharina*'da ise orta bağırsak epiteli tamamen kalktığında, çok sayıda yenileyici hücre yeni epitelden oluşmaya başlamıştır. Tüm yenilenme mekanizmasından sorumlu olan yenileyici hücreler, orta bağırsak epitelindeki primordial hücrelerin tüm görevini yapmaktadırlar. Elde edilen sonuçlar, TEM kullanılarak tanımlanmışlardır.

Rost (2006b), diğer bir çalışmasında *Podura aquatica* (Hexapoda: Collembola: Arthropleona)'nın rejenerasyon süresince orta bağırsak epitelinin ultrastrüktürel değişimini ışık ve TEM ile incelemiştir. *P. aquatica*'nın orta bağırsak epitelinin, epitel ve yenileyici hücrelerden şekil aldığını görmüştür. Epitel hücrelerinin bazal, apikal ve perinükleer bölgesinin ultrastrüktrünü tanımlamıştır. Malpighi tüpü

bulundurmayan böceklerdeki gibi urospherite benzeri yapılar, epitel hücrelerinin sitoplazmasında bulunmuştur. Tüm orta bağırsak epitelinin bozulmasından sonra, yenileyici hücreler tarafından yeni epitel şekillenmeye başlamıştır. Yenilenme süreci boyunca bozulmuş epitel, yeni oluşturulan tabaka aracılığıyla bazal laminadan ayrılmıştır. Sonuçta, ayrılan epitel tabakasının orta bağırsak lümeninde taşındığı görülmüştür. Yenileyici hücreler, epitelin yenilenmesi süresince primordiyal hücreler olarak rol oynamışlardır.

Rost-Roszkowska ve ark. (2007), *Allacma fusca* (Insecta: Collembola: Symphypleona)'nın birinci larva evresindeyken orta bağırsak epitelinin ultrastrüktürel değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu türün yumurtadan yeni çıkan larvalarında orta bağırsak epitelinin tamamen gelişmiş olduğunu ve hemen beslenmeye başladığını, orta bağırsak lümeninin besinle dolduğunu açıklamışlardır. Bu aşamada larvanın orta bağırsak hücrelerinin kübik olduğu, sonra silindirik bir şekil almadığını görmüşlerdir. Buna ek olarak, hücre sitoplazmasında küre biçiminde granüller de gözlemişlerdir. Sonuç olarak; sindirim, emilim ve salgı görevlerine sahip hücreler birinci larva aşamasında bulunmuştur.

Rost-Roszkowska (2008), aynı türle yaptığı diğer bir çalışmasında (*A. fusca*) orta bağırsak epitel hücrelerindeki apoptotik ve nekrotik değişiklikleri ultrastrüktürel düzeyde tanımlamıştır. Yazar mitokondrilerin küçüldüğü hücrelerde apoptotik süreçlerin başladığını, çekirdeklerin loblu bir şekil aldığını ve sonunda parçalandığını belirtmiştir. Ayrıca apoptotik hücreler ve yakınındaki epitel hücreleri arasındaki hücre içi bağlantıların kaybolduğunu, nekrozun apoptoz ile beraber meydana geldiği ve en sonunda da apoptozun yerini aldığını bulmuştur.

Gaino ve Rebora (2000a), *Baetis rhodani* (Ephemeroptera: Baetidae)'nin son evre nimfinin orta bağırsak ve arka bağırsağın birleştiği yerde çok sayıda Malpighi tüplerinin sindirim kanalına katıldığını göstermişler ve ultrastrüktürünü açıklamışlardır. Her bir Malpighi tüpünün distal bölgesinin silindirik, proksimal bölgesinin ise bağırsak içerisine boşalan dar bir kanal olduğu göstermişlerdir.

Gaino ve Rebora (2000b), farklı Ephemeroptera familyalarından *Ecdyonurus venosus*, *Ephemerella ignita*, *Choroterpes picteti* ve *Caenis luctuos* türlerinin Malpighi tüpleri ve tüplerin bağırsak ile bağlantısını ultrastrüktürel düzeyde karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bağlantı kanalı, diziliş, sayı, şekil ve uzunluk bakımından çeşitlilik gösteren tüp yapılarının kanal duvarındaki hücre tipleri ve özelliklerini açıklamışlardır.

Bell ve Anstee (1969), *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae)'nın Malpighi tüplerini taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve geçirmeli elektron mikroskobuyla (TEM) çalışmışlardır. Yaklaşık 15 mm uzunluğunda ve 5-8µm kalınlığında olan ve dış yüzeyi trakelerle çevrili olan tüplerin son ucu kapalı olarak görülmüştür. Bütün Malpighi tüpleri bağırsağın içine açılır. Enine kesitlere bakıldığında, her bir tüpün, apikal ve ara zon ve bazal bölge olmak üzere üç farklı bölge içerisinde yerleşmiş üç tip hücreden oluştuğu görülmüştür.

Prado ve ark. (1992), *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) ve *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae)'nın Malpighi tüplerinin ilk segmentindeki salgı yapan hücre tipini, immünohistokimyasal teknikle çalışmışlar ve ultrastrüktürel olarak tanımlamışlardır. Hücredeki granüllü endoplazmik retikulum ve Golgi organellerinin fazlalığı ve apikalde pleomorfik granüllerin yoğun bulunması, tübül lümenine proteinli materyallerin salgılandığını göstermiştir.

Bursalı (1996), *Pezodrymedusa lata* Karadağ (Orthoptera: Tettigoniidae)'nın sindirim kanalının histolojik ve histokimyasal yapısının ışık mikroskobu ve SEM kullanarak yapmıştır. Sindirim sistemi ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç bölgeye ayrılmış ve sindirim sisteminin en kısa bölgesinin ön bağırsak olduğu gözlemlenmiştir. Ön bağırsağın; farinks, özofagus, kursak ve mideyi içerdiği ve dışta bağ doku, halka ve boyuna kaslarla çevrili tek tabakalı bir epitele sahip olduğu bulunmuştur. Mide ve kursakta diken benzeri yapıların olduğu fakat midede kursaktakinden farklı olarak daha uzun ve sık dikenlerin yer aldığı dikkati çekmiştir. Orta bağırsak ise dışta halka içte boyuna kas tabakalarıyla kuşatılmıştır. Arka bağırsak; ileum, kolon ve rektumdan meydana gelmiştir ve kolon ve rektumun

birleştigi yerden ise altı adet Malpighi tüpü sindirim kanalına bağlanmış olarak görülmüştür. Yazar bu bölgede daha ince bir epitel ve kas tabakalarının varlığını göstermiştir.

Marana ve ark. (1997), *Abacris flavolineata* (Orthoptera: Acrididae: Ommatolampinae)'da orta bağırsağın ultrastrüktürünü ve salgı aktivitelerini ışık mikroskobu ve TEM'de incelemişlerdir. Çalışmada orta bağırsağın bir ventrikül ve yapının anterior ve posterior bölgesinde bulunan altı adet çekumdan meydana geldiği görülmüştür. Anterior ventrikül ve çekumdaki hücreler salgı granüllerine sahiptirler. Ergin bireyler bir gün aç bırakılıp, ardından yemek verilip belli saat aralıklarla ventriküldeki hücrelerine bakıldığında, sindirim enzimlerinin aktivitesinin ilk bir saatte azaldığı, ilk üç saatte arttığı ve sonraki saat aralıklarında ise tekrardan azaldığı saptanmıştır. Bu durum, salgı granülleri içerisindeki amilaz miktarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Çekumdaki sindirim enzimleri ise ilk bir saatte azalmış, sonraki 3 saatte artmıştır. Böylece sindirim enzimlerinin sentezlendiği ve beslenmeye cevap olarak ekzositoz yoluyla salgılandığı sonucuna varılmıştır.

Fontanetti ve ark. (2002), *Endecoeus* cinsinin (Orthoptera: Gryllidae: Phalangopsinae) üç türünde proventrikulusun karşılaştırmalı analizini ve morfolojik özelliklerini SEM ile araştırmışlardır. Morfolojik farklılıkların böceğin beslenme şekline bağlı olduğu ve bu sonuca dayanarak ta proventrikulusun genel şeklinin, çalışılan türlerde benzer olduğu, ancak diğ adı verilen yapıların sayısında farklılıkların bulunduğu bildirilmiştir.

Çakıcı (2008), *Melanogryllus desertus* (Orthoptera: Gryllidae)'un sindirim sisteminde histolojik ve ultrastrüktürel araştırmalar konulu doktora tezinde, türün sindirim sisteminin diğ böcek türleriyle benzerlik gösterdiğini belirtmiştir. Üç bölgeye ayrılan sindirim kanalının ön bağırsağının tübüler yapıda bir farinks ve özofagus, kese şeklinde bir kursak ve diğ benzeri yapılara sahip bir proventrikulustan meydana geldiğini göstermiştir. Epitel tabakası ise tek katlı kübiktir. Orta bağırsak iki büyük gastrik çekuma sahiptir ve epiteli basit silindirik tiptedir. İleum, kolon ve

rektumdan oluşan arka bağırsağın ise basit silindirik epitelden meydana geldiği ve dış yüzeyinin kas tabakasıyla çevrili olduğu sonucu elde edilmiştir.

Acar (2009), *Melanogryllus desertus* (Orthoptera: Gryllidae)'ta Malpighi tüpçüklerinin morfoloji ve histolojisini ışık mikroskopuyla incelemiştir. İncelemeler sonunda, Malpighi tüplerinde distal ve proksimal olmak üzere iki bölge ayırt edilmiştir. Bunun yanı sıra tüpçüklerin esnek bir yapıya sahip olduğu, kapalı uçları ile hemolenfte serbest olarak bulundukları ifade edilmiştir. Malpighi tüpçüklerinin histolojik yapısı ise tüpçüklerin tek katlı kübik epitelden meydana geldiğini göstermiştir.

Delakorda ve ark. (2009), *Troglophilus neglectus* (Orthoptera: Rhaphidophoridae: Saltatoria), Malpighi tüplerinin hücrelerinde bulunan granüllerdeki periyodik değişimleri incelemişlerdir. Araştırmalar; ışık mikroskobu, TEM ve X-ray spektroskopisi ile yapılmıştır. Granüller sadece, Tip 1 ve Tip 2 hücreleri içeren Malpighi tüplerinin orta segmentinde bulunmuştur. Kasım ayında dormansi başlangıcında, mineraller granüllerin içerisinde birikmiş ve Mart ayında ise azalmıştır. Mayıs ayındaki larvalarda ise, granüllerdeki mineraller oldukça fazla bulunmuştur ve Temmuzdan sonra ergin bireylerde bu sayı iyice düşmüştür. Granüllerin tamamen yok edilmesi Ekim ayındaki yaşlı bireylerde meydana gelen apoptoz olayıyla beraber başlamaktadır. Bulgular; Malpighi tüplerindeki granüllerde bulunan minerallerin bu türün yaşam döngüsü süresince çok önemli olduğunu belirtmektedir.

Godoy (2004), *Tauritermes* (Isoptera: Kalotermitidae) cinsinin *T. taurocephalus* ve *T. triceromegas* olmak üzere iki türünün bağırsak yapısını araştırmıştır. Son zamanlardaki çalışmalara benzer olmakla beraber bu cins ve diğer Kalotermitidae'ler arasında bazı farklılıklar bulmuştur. Orta bağırsağın uzunluğu, birinci ve ikinci proktodeal segmentin kas tabakaları ve yapısı, üçüncü ve dördüncü proktodeal segmentin birleşim yeri ve rektal kapak farklılık göstermiştir. Bu farklılıklar, termitlerin sistematigi ve filogenisi için kullanılmıştır.

Conti ve ark. (2010), *Aeolothrips intermedius* (Thysanoptera)'ın kozalarının kimyasal bileşimini ve Malpighi tüplerinin utrastrüktürünü çalışmışlardır. *A. intermedius* ikinci larva evresinde iki çift olarak bulunan Malpighi tüplerinin salgı faaliyetleri tanımlanmıştır. Malpighi tüplerinin, bazal membranda çok sayıda katlanma ve uzun mitokondriler içeren, mikrovillüslara sahip bir epiteli olduğu bulunmuştur. Pupa evresinden önceki ikinci evre larvada, Malpighi tüplerinin epitel hücrelerinin çok farklı bir ultrastrüktüre ve sitoplazmasında çok sayıda ve büyük Golgi cisimciklerine rastlanmıştır. Ayrıca bu hücreler, Malpighi tüplerinin lümeninde salgı işlemini de yaparlar. Bu salgı, arka bağırsaktan atılır ve pupa için koruyucu bir koza sağlamak adına ikinci evre larvası tarafından kullanılır.

Tsai ve Perrier (1993), ışık mikroskobu kullanılarak yaptıkları çalışmada *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae)'nın üreme ve sindirim sistemi morfolojisinin tanımlanmasını amaçlamışlardır. İki tane tükürük bezi mezotoraksın içine yerleşmiştir ve her bez asıl ve yardımcı bezleri içermektedir. Özofagus, kasla çevrili dar bir tüptür. Orta bağırsak düzgün bir tüp biçimindedir ve özofagustan rektuma kadar kıvrılarak gitmektedir. İki çift Malpighi tüpü orta bağırsağın posterior ucundan çıkmıştır. Arka bağırsak ise rektum ve rektal keseden oluşmuş bir yapı olarak görülmüştür.

Tsai ve Perrier (1996), başka bir çalışmalarında *Dalbulus maidis* ve *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae)'un sindirim ve üreme sisteminin morfolojisini incelemişlerdir. Her iki türde de, mezotoraks içerisine uzanan iki tükürük bezi bulunmuştur. Her bez; asıl ve yardımcı bezleri içermektedir. Özofagus farinksten çıkan dar bir tüptür. Orta bağırsağın anterior bölgesi, kese benzeri geniş bir yapıdır ve abdomenin uzunluğu boyunca uzanmıştır. Proventrikulusun, *D. maidis*'da daha kompleks olduğu görülmüştür. Her iki türün de iki çift Malpighi tüpü vardır. *G. nigrifrons*'ın orta bağırsağının posterior bölgesinde birbirine paralel uzanan üç tüp bulunmuşken, *D. maidis*'da posterior bölgede uzanan bir merkezi tüp ve ikiye ayrılmış iki tüp daha görülmüştür.

Devetak ve Duelli (2007), *Osmylus fulvicephalus* (Neuroptera: Osmylidae)'un bağırsak içeriğini araştırmışlardır. Sonuçta, çok iyi çiğnenmiş ve kısmen sindirilmiş polen ve mantar sporları, Afid, Heteroptera, Coleoptera, Diptera, Akarlar gibi besinleri belirlemişlerdir. Araştırmacılar; polen parçaları ve mantar sporlarının böcek balla beslenirken yutulduğunu düşünmüşlerdir.

Turanlı ve ark.'nın (2006) yaptığı, *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*'in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarının orta bağırsağına etki sürecinin histolojik yöntemlerle belirlenmesi konulu çalışmada, belli saat aralıklarla fikse edilen örneklerde orta bağırsak hücrelerinin mikrovilluslarının, fiksasyon süresi arttıkça daha çok bozulduğu ve hücreler arası sınırın netliğinin kaybolmaya başladığı saptanmıştır. Bozulmanın olduğu hücrelerde rejenerasyon faaliyetinin hızlandığı ve bazı hücrelerde birden fazla nükleus meydana geldiği belirtilmiştir.

Rubio ve ark.'nın (2008) yaptığı çalışmada, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)'nin dişi ve erkeklerinin sindirim kanalları ve üreme sistemleri çevresel taramalı elektron mikroskopuyla (ESEM) incelenmiştir. *H. hampei*'nin sindirim kanalının çok sayıda diken benzeri çıkıntıları olan bir kursağa sahip olduğunu ve proventrikulusun sekiz tane diş benzeri yapıya sahip küre şeklinde bir organ olduğunu görmüşlerdir. İki eşit bölgeye ayrılan orta bağırsağın posterior bölgesinde iki tane gastrik çekum bulmuşlardır. Arka bağırsağın ise altı adet Malpighi tüpü içeren pilorik kapakla başlayıp rektumla sonlandığını fotoğraflarla göstermişlerdir.

Schaefer ve ark. (1967) yaptıkları çalışmada, *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae)'un orta bağırsağındaki kasların yapısını aydınlatmayı amaçlamışlardır. Türün orta bağırsağındaki kasları dallanmış, ağ şeklinde fibrillerden meydana gelmiştir. Bu kaslarda miyozin miyoflamentleri on iki aktin flamenti ile çevrili olarak görülmüştür.

Jones ve Zeve (1968) yaptıkları çalışmada *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)'nin gastrik çekumunun yapısını incelemişler. Bu türde çekum hücrelerin bazal bölgesinin çok sayıda, düzensiz ve birbirleriyle bağlantıları olan kese benzeri genişliklere sahip olduğu görülmüştür. Hücrelerin alt kısmında kalın ve düzensiz bir lamina bulunduğu, çekumun dışında içte uzunlamasına, dışta halkasal kasların çevrelediği belirtilmiştir. Hücreler, Golgi aygıtı, granüllü endoplazmik retikulum, lizozom ve salgı granüllerinden yoksun olduklarından dolayı, hücrelerin salgı işlevini yapmadıkları, çok sayıdaki ince-uzun mikrovillusler ile sıvı emilimi yaptıkları bilinmektedir.

Brown ve ark. (1985), aynı türün, *A. aegypti*'nin orta bağırsak endokrin hücrelerinin ultrastrüktürünü TEM ile çalışmışlardır. Orta bağırsaktaki endokrin hücreler, silindirik şekilli sindirim hücrelerinden daha küçük ve huni şeklinde hücreler olarak görülmüştür. Endokrin hücrelerinin en önemli özelliği, lateral ve bazal plazma membranı boyunca çok sayıda salgı granülü içermesi olarak bulunmuştur. Bazı endokrin hücreler orta bağırsak lümenine yakın bulunur ve mikrovilluslarla çevrelenmişlerdir. Yaklaşık beş yüz endokrin hücresinin orta bağırsağın hem torasik hem de abdominal bölgesine dağıldığı görülmüştür. Salgı granüllerinin boyutu ve sitoplazmik yoğunluğa göre endokrin hücrelerinin, orta bağırsak içerisinde dağılım gösterdiği bulunmuştur.

Ferreira ve ark. (1981) *Rhynchosciara americana* (Diptera: Sciaridae) larvasının orta bağırsağının yapısını araştırmışlardır. *R. americana*'nın orta bağırsağı; iki gastrik çekume sahip silindirik bir ventrikülden oluşmuştur. Hücrelerin bazal plazma membranında katlanmalar ve bol mitokondriler görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, ışık mikroskobu ve TEM ile desteklenmiştir.

Gartner (1985), *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae)'nın orta bağırsağını elektron mikroskobu kullanarak morfometrik analizlerini yapmıştır. Sonuçlar; benzer fonksiyonlara sahip; bazal hücrelerden farklı parankimal hücreler olduğunu göstermiştir. Parankimal hücreleri çevreleyen çizgili kaslar, bu hücreler arasına yerleşmiş kısa bazal hücrelerle birlikte yer almaktadır. *Drosophila*'daki orta bağırsak hücreleri çalışılan diğer böceklerdekinden daha küçük bulunmuştur. Granüllü

endoplazmik retikulumun daha az olduğu ve diğerk böceklerden daha az protein sentezi gerçekleştirildiği de ayrıca rapor edilmiştir. Morfolojik ve morfometrik bulgular; erkek bireyin orta bağırsağının anteriorunda bulunan tüm parankimal hücrelerin işlev olarak aynı olduğunu, orta bağırsakta goblet hücreleri veya granüler hücrelerin olmadığını, yenileyici hücrelerin bulunduğunu göstermiştir.

Lee ve ark. (1998), *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)'nın ön bağırsağının morfolojisi ve ultrastrüktürünü ışık mikroskobu ve TEM kullanarak incelemiştir. Ön bağırsak, oldukça ince bir tüpten, özofagustan ve kursaktan oluşmuştur. Kursak, özofagusun sonunda düz bir kanalla başlayan ve abdomenin anterior kısmına yerleşmiş kese şeklinde bir yapıdır. Özofagus ve kursak, kalın bir kutükula, ince ve basit bir epitele ve dış yüzeyinde çok iyi gelişmiş halka kaslara sahiptir. Mide, ön bağırsakla orta bağırsak arasına yerleşmiştir. Özofagal epitel, mide giriş kapağından mideye doğru uzanmıştır. Bu epitelin altında bulunan hem boyuna hem de halkasal kaslar, orta bağırsağa besinlerin geçişini kontrol etmek için büzgülü bir form almıştır. Peritrofik membran ise, midenin anterior bölgesindeki orta bağırsağın mikrovilluslarının yüzeyindeki salgılardan şekil almıştır.

Hung ve ark. (2000), aynı türün, *B. dorsalis*'in orta bağırsağının yapısını ışık mikroskobu ve TEM kullanarak incelemiştir. Bu böcekteki orta bağırsak, tüm sindirim kanalının en uzun bölgesini oluşturmuştur. Anterior bölgesi bir tüp şeklini almıştır. Distal kısmı ise ilk üç abdominal segment hizasında kıvrılmıştır. Epitel tabakası, bağırsak lümeni içerisine uzanan iki tabakalı peritrofik membran ve mikrovilluslarla karakterize edilmiştir. İki kas tabakasıyla çevrili epitel; silindirik, goblet, yenileyici ve interstisyel hücreler olmak üzere dört farklı hücre tipi bulundurmaktadır. Silindirik hücreler epitelin ana hücrelerini oluşturmaktadır. Yeni goblet hücrelerinin, orta bağırsağın medyan bölgesinde bulunan interstisyel hücrelerle bağlantılı olduğu görülmüştür. Yenileyici hücreler ise epitel hücrelerinin bazal kısmında bir grup halinde bulunmuştur. Besinlerin emilimi ve sindirim enzimlerinin salgı işlevleri ve yapısı bu türe ayrıca tartışılmıştır.

Andrade-Coêlho ve ark. (2001), *Lutzomyia intermedia* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae)'nın orta bağırsak epitelinin ultrastrüktürel özelliklerini ışık mikroskobu, SEM ve TEM kullanarak araştırmışlardır. Orta bağırsağın dıştaki halkasal ve boyuna kas tabakalarının altındaki bazal laminada bulunan silindirik hücrelerden oluşan bir epitel tabakasıyla çevrili olduğu bulunmuştur. Dişilerin; beslendikten sonraki 12, 24, 48, 72 saat ve 5 günlük süredeki değişimleri çalışmış ve TEM ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Aç dişilerde, orta bağırsağın anterior ve posterior bölgelerinin her ikisindeki epitelde de granüllü endoplazmik retikulum vardır. Posterior bölgede mitokondri gibi çok iyi gelişmiş hücresel yapılar bulunmamıştır. Beslendikten sonraki 12, 24, 48 ve 72 saatlik gözlemler, bu bölgedeki hücresel yapılarda morfolojik değişiklikleri göstermiştir. 72 saatin sonunda sindirim tamamlandığından dolayı atık maddelerin lümende olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, beslendikten sonraki 5 gün içinde, tüm hücresel yapılar canlı açken görünen hücresel yapılara benzerlik göstermiştir. Morfometrik veriler, morfolojik gözlemleri de desteklemiştir. Mitokondri, çekirdek ve orta bağırsak epitel hücrelerinin mikrovillusları canlı açken ve beslendikten sonra farklıdır. Mitokondriler, orta bağırsağın anterior ve posterior bölgesinin epitelinde benzer biçime sahiptir. Dişi açken posterior bölgedeki hücrelerin mikrovillusları, dişi tokken sahip olduğu mikrovillusların boyutundan iki kat daha fazladır. Elde edilen verilere göre araştırmacılar, besin sindirimi süresince *L. intermedia*'nın orta bağırsağının hücresel yapılarının değiştiği sonucuna varmışlardır.

Boonsriwong ve ark. (2007), *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)'nın sindirim kanalının yapısını ışık mikroskobu, SEM ve TEM ile incelemişlerdir. Tükürük bezlerinin yapısının, tek bir kanaldan ve geniş çekirdeklere sahip koni biçiminde epitel hücrelerinden meydana geldiği görülmüştür. Kursak oldukça geniş ve kıvrımlı bir kutikuladan (epikutikula ve endokutikula) oluşmuştur. Özofagus kas tabakalarıyla çevrili düz bir tüptür. Orta bağırsak mikrovilluslara sahip, dört-beş katlı kübik epitelden oluşmuş ve dört tane gastrik çekumdan meydana gelmiştir. Orta bağırsak dokusu, çok sayıda salgı granülüyle dolu epitel hücreleriyle çevrilidir. Peritrofik membran orta bağırsak lümeni içerisini kapsar. Arka bağırsak ise; pilorus, Malpighi tüpleri, ileum, kolon, rektum ve anüsten oluşmuştur. Pilorus, lümeninde

peritrofik membranla örtülü olmasıyla, kas tabakalarıyla çevrili tek katlı epitel hücreleri bulundurmasıyla karakterizedir. Malpighi tüpleri iki tanedir ve kübik hücrelerden meydana gelmiştir. İleum duvarı, periferi çevreleyen çok kalın bir kas tabakası ve geniş oval çekirdeklere sahip kübik epitel hücreleriyle çevrilmiştir.

Coronado-Gonzalez ve ark. (2008), *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)'nın ağız parçalarının morfolojisini anlamak için türüm beslenme mekanizmasını ele almışlardır. *C. capitata*'nın ağız parçaları, diğer Tephritid cinslerle karşılaştırıldığında genel yapı bakımından benzemektedir. Dil, iç yüzeyinde yalancı soluk borusu olarak adlandırılan tüp benzeri birkaç yapıya sahiptir. Her bir yalancı soluk borusu, dilin dış yüzeyini çevreler ve yüzeyinde çok küçük boyutlarda mikropor açıklıkları görülmüştür. Tabanında, ağızdan gelebilecek büyük partiküllerin direk geçişini engellemek üzere bir bariyer görülmüştür. Sadece sıvılar ve 0.5µm'dan daha küçük partiküllerin geçişine izin verilmektedir. Dilin ortasında bulunan *C. capitata*'nın yalancı soluk borusu, jilet benzeri bir çıkıntıya sahiptir. Bu çıkıntının, Tephritid cinslerinde rapor edildiği gibi besinlerin yüzeyini parçalamada kullanıldığı gözlenmemiştir. Sonuçlar SEM ile de desteklenmiştir.

Wu ve ark. (2009), kadmiyum ve bakıra maruz kalan *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae)'nın Malpighi tüpleri ve orta bağırsağındaki ultrastrüktürel değişiklikler konu başlıklı çalışmada, *B. peregrina*'nın Malpighi tüpleri ve orta bağırsağına düşük konsantrasyonda uygulanan kadmiyum ve bakırın etkilerini ışık mikroskobu ve TEM ile incelemişlerdir. Her iki metalede maruz kaldıktan sonra, orta bağırsak koyulaşmaya, kısaltmaya, kontrol grubuna göre daha kalınlaşmaya başladığı görülmüştür. Buna benzer olarak Malpighi tüpleride kısaltmaya ve incelmeye başlamıştır. Orta bağırsaktaki ultrastrüktürel değişiklikler; mitokondriyal artış, büyüme ve liziz olarak dikkatleri çekmiştir. Granüllü endoplazmik retikulum, genişleme ve vezikülasyonu göstermiştir. Mikrovilluslar kısaltmış ve düzensizleşmişlerdir. Depo edilen glikojenlerde artma ve lipit damlacıklarının arasında bulunan birçok mineralde de azalma fark edilmiştir. Ultrastrüktürel değişiklikler, kristallerini kaybetmiş mitokondrilerde ve granüllü endoplazmik

retikulum içeren Malpighi tüplerinde gözlemlenmiştir. Kısalmış ve düzensizleşmiş mikrovilluslar, çeşitli mineral ve kofullardaki artış da ayrıca görülmüştür.

Raes ve Verbeke (1994a), ışık mikroskobu ve TEM ile *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)'nın orta bağırsağındaki endokrin hücreleri incelemişler ve elde ettikleri verilere göre, işçi arının orta bağırsağında bazal granüler ve veziküler olmak üzere iki tip endokrin hücresi olduğunu bulmuşlardır. Her iki hücre de enterosit olarak adlandırılan kök hücreden meydana gelir.

Raes ve ark. (1994b), *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)'nın orta bağırsağındaki yenileyici hücrelerin ultrastrüktürünü ve organizasyonunu TEM ile çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre yenileyici hücreler, kök hücreler ve farklılaşan hücrelerden oluşmuşlardır. Salgı aktivitesi olmadığında hücrelerin açık renkte görüldüğü, buna karşın salgı gerçekleşirken hücrelerdeki elektron yoğunluğuna bağlı olarak hücre renginin koyulaştığı dikkati çekmiştir. Yenileyici hücrelerdeki mikrovillusların, glikozaminglikan salgısının olduğu hücre dışı alanlarda daha fazla olduğu bulunmuştur.

Roche ve Wheeler (1997), *Zacryptocerus rohweri* (Hymenoptera: Formicidae)'nin sindirim sisteminin morfolojik özelleşmeleri konulu çalışmalarında ışık, SEM ve TEM ile inceleme yapmışlardır. Bu türün, karıncalarda pek görülmeyen bir beslenme şekli olan polenle beslenmesinden kaynaklanan, farklı bir proventrikulus yapısı vardır. Proventrikulus içleri dikenlerle kaplı oluklardan oluşmaktadır. Arka bağırsak rektuma doğru incelmış ve rengi koyulaşmıştır. Orta bağırsağın epitel hücrelerinin mikrovillusları arasında ve arka bağırsağın lümeninde işlevi tam olarak bilinmeyen bakteriler bulunmaktadır.

Serrão (2001), elli bir iğnesiz arı türünü (Hymenoptera: Meliponini), bir bal arısı türünü (Hymenoptera: Apini), üç yaban arısı türünü (Hymenoptera: Bombini), yedi orkide arısı türünü (Hymenoptera: Euglossini) grup içi olarak, bir tür Sphecid (Hymenoptera: Sphecidae) ve iki tür Halictid arıları ise grup dışı olarak SEM ile incelenmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre; proventrikular bulb, karıncalar ve eşek

arılarının dahil olduğu diğer Hymenopterlerdekine benzemektedir. Proventrikulus katlanmalarının şekli Meliponini için sinapomorfi, Apini için otapomorfi oluşturur. Proventrikulusu kaplayan kütikulanın kıl gibi uzantılarının şekli Meliponini ve Apini için bir sinapomorfidir. Meliponini'nin proventrikulusunda kütikülün dallara ayrılmamış ve saç benzeri yapıya sahip olması, o gruptaki bütün türler için aynı şekildedir. Apini'de ise üçgen benzeri çıkıntıların ucunda kıl gibi uzantılar bulunmaktadır. Sphecidae ve Halictidae'de ince ve kısa katlanmalar olmasına rağmen Bombini ve Euglossini'de ince ve uzun katlanmalar görülmüştür. İlgili bu bulgulara göre Meliponini ve Apini monofiletik grubu oluştururken, Bombini ve Euglossini diğer monofiletik grubu oluşturmaktadır. Sonuçlar iç morfolojinin böceklerin filogenetik çalışmalarında kullanılabilen bir karakter olduğunu göstermektedir.

Neves ve ark. (2002), *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae)'in metamorfoz öncesi, sonrası ve metamorfoz süresince orta bağırsağındaki endokrin hücrelerde meydana gelen olayları ve farklılıkları immunofloresan tekniği kullanılarak araştırmışlardır. Martins ve ark. (2006) da yapmış oldukları çalışmada, aynı türün metamorfozu boyunca orta bağırsak epitelindeki değişimleri ve yenileyici hücrelerde meydana gelen farklılıkları ışık mikroskobu ve TEM ile açıklamaya çalışmışlardır. Neves ve ark. (2003a), diğer çalışmalarında bu türün sindirim kanalında immunoreaktif hücrelerin dağılımları, morfolojileri ve dağılımını da immunofloresan tekniğiyle incelemişlerdir. Yazarlar (Neves ve ark., 2003b), diğer bir çalışmalarında aynı türün orta bağırsak endokrin hücrelerinin ultrastrüktürünü incelemişlerdir. Gözlemler sonucunda bu türde iki tip endokrin hücresi olduğunu ve her iki hücrenin de orta bağırsağın posteriorunda sayıca fazla olduğu bulunmuştur. Santos ve ark.'nın (2009), aynı türle, *M. q. anthidioides* ve *M. scutellaris*'in postembriyonik gelişimi sırasında yaptıkları çalışmada da beyaz, pembe, kahverengi ve siyah gözlü pupalar ve ergin bireylerde rektal padlerin yapısını ve gelişimini incelemişlerdir. Nekrotik ve apoptotik hücre ölümleri, pupal gelişim boyunca tüm rektumda hücre sayılarının artışı, farklılaşması ışık mikroskobu ve SEM ile gösterilmiştir.

Arab ve Caetano (2002) yaptıkları çalışmada, *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae)'nın Malpighi tüplerini SEM ve TEM ile incelemişlerdir. Morfolojik ve yapısal farklılığı bulunan üç segmente ayrılmış altı tane Malpighi tüpü bulunmuştur. Proksimal segment uzun, orta segment uzun ve dalgalı, rektum duvarına bağlanan distal segment ise kısa ve düz olarak görülmüştür. Bu segmentteki hücreler; rektumun duvarıyla birleşmiş bir bazal laminaya sahip olarak bulunmuştur. Bundan dolayı, dışkıdaki suyun ve iyonun geri alınımında rol oynadığı düşünülmektedir.

Bution ve ark. (2006), *Dolichoderus* (=Monacis) *bispinosus* (Hymenoptera: Formicidae)'un ventrikülünün histolojik yapısını ve histokimyasını tanımlamışlardır. Epitelin, sindirim hücreleri ve bazofilik generatif hücreler olmak üzere iki ana hücre tipinden oluştuğu, protein, doğal polisakkarit ve asitçe zengin çok sayıda sitoplazmik granüllere sahip olduğu da belirtilmiştir. Ayrıca, bu hücrelerin apokrin salgı yaptıkları da bulunmuştur. Epitelin yüzeyinde ipliksi yapılar gözlenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

Bution ve Caetano (2008), *Cephalotes atratus*, *C. clypeatus* ve *C. pusillus* (Hymenoptera: Formicidae)'un sindirim kanalının morfolojisini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Sindirim kanalının içeriği ve duvarının histolojik, enzimatik ve morfolojik farklılıkları histolojik boyama teknikleri ve SEM ile açıklanmıştır. Alınan kesitler ve SEM görüntüleri üç türünde proventrikuluslarındaki epitel ve kas tabakalarının farklı olduğunu, orta bağırsaktaki goblet hücreler, silindirik hücreler ve yenileyici hücrelerin şekil ve büyüklük bakımından birbirlerine benzemediğini ve arka bağırsaktaki bazal membranın ve lümenin kalınlıklarını ve hücrelerdeki değişiklikleri göstermiştir.

Liu ve Hua (2009), sekiz tane Panorpidae (Mecoptera) türü ve bir tane Bittacidae (Mecoptera) türünün sindirim kanallarının ön bağırsak bölgesinde bulunan proventrikulusunun morfolojisini ışık mikroskobu ve SEM kullanarak açıklamışlardır. Proventrikulusun dışta halkasal içte boyuna kas tabakaları bulunan, sert bir intimadan oluşmuş ve epitelle çevrili özelleşmiş bir yapı olduğu görülmüştür. Panorpidae'de yapının ağız bölgesini saran uzun ve kısa tüylerin varlığı bulunmuştur.

Proventrikulusun iç yüzeyi; yoğun, düzenli ve içi boş üçgen şeklinde yapılarla kaplıdır. Her bir boşluğun tabanı huni şeklindedir. Bittacidae’de ise, kütikular kalınlık halka şeklindedir. Panorpidae’de altı tane, Bittacidae’de on tane kardiyak kapak gözlenmiştir.

Flower ve Filshie (1976), Lepidoptera larvalarında orta bağırsakta bulunan goblet hücrelerinin, zar farklılaşmasını açıklamışlardır. Villus benzeri sitoplazmik çıkıntılarının goblet hücrelerinin apikalinde bulunduğu ve bu çıkıntılar bir kapak gibi görev yaptıklarını belirtmişlerdir.

Santos ve ark. (1984), *Erinnyis elio* (Lepidoptera: Sphingidae)’nın orta bağırsağının ultrastrüktürünü ve salgı aktivitelerini incelemişlerdir. Orta bağırsakta bulunan silindirik hücrelerin bazal zar katlanmaları, posterior bölgede çok sayıda birbirine paralel aralıklara sahipken, anterior ve mediyon bölgelerde az sayıda aralığa sahip olacak şekilde organize olmuşlardır. Sonuçlar; orta bağırsağın anterior ve mediyon bölgelerinde suyun emiliminin gerçekleştiğini, posterior bölgede ise salgı işlevinin meydana geldiğini ifade etmektedir. Ayrıca besinlerin sindiriminin, silindirik hücrelerde meydana geldiği de belirtilmiştir.

Uwo ve ark. (2002), *Galleria mellonella* (Lepidoptera)’nın orta bağırsak epitelini, canlılığın gelişim sürecini on bir aşamaya bölerek; genel yapısı ve goblet hücrelerinin yerleşimini incelemişlerdir. Işık mikroskobu görüntüleri, hücre ölümlerinin canlı gelişiminin erken evrelerinde meydana geldiğini göstermiştir. Yenilenme başlamadan önce goblet boşluklarındaki sitoplazmik çıkıntılar değişmiştir. Canlı pupa evresine geldiğinde orta bağırsak epiteli tamamen gelişmiştir. Silindirik hücrelerinin elektron mikroskobu görüntüleri, mikrovillusların ve mitokondrilerin normal görüldüğünü, apoptotik çekirdeklere benzeyen koyu heterokromatinlere sahip çekirdeklerin bulunduğu belirtmiştir.

Eberhard ve Krenn (2003), ergin Nymphalidae’nin (Lepidoptera) tükürük bezlerini incelemişler ve morfolojisinin bir çift tüp şeklinde yapı olduğunu bulmuşlardır. Epitel, tek hücre tabakasından meydana gelmektedir. Her tükürük bezi, anatomik ve

histolojik olarak farklı beş bölgeye ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlar tükürük bezinin anatomisinin ve histolojik yapısının diğer Lepidoptera türleriyle benzer olduğunu göstermiştir.

Pinheiro ve ark. (2003a), *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)'in orta bağırsağındaki goblet hücrelerini SEM'de incelemişlerdir. Goblet hücreleri, apikal plazma membranının invajinasyonu ile şekil almış oyuklarla karakterize edilmiştir. Bu oyukların morfolojisinin, Lepidoptera larvalarının orta bağırsağı boyunca değişebildiği bulunmuştur. Goblet hücrelerinin oyuklarının dış yüzeyinde mikrovillus benzeri yapılar görülmüştür. Bu yapıların, oyuğun apikal bölgesinde daha küçük ve ince, fakat bazal bölgesinde daha kalın ve uzun olduğu dikkati çekmiştir. Yazarlar (Pinheiro ve ark., 2003b), diğer çalışmalarında bu türün orta bağırsak epitelinin morfolojik çalışmasını yapmışlardır. Birinci larva evresinde anterior, medyan ve posterior olmak üzere üç bölgeye ayrılan orta bağırsak ışık mikroskopu ile incelenmiştir. Histolojik bölgeler, orta bağırsak lümeni, buradaki hücreler, epitel genişliği ve uzunluğu bilgisayarlı sistemle analiz edilmiştir. Sonuçlar; orta bağırsağın anterior ve posterior olarak iki farklı bölgeye ayrıldığını, medyan bölgenin anterior ve posterior bölgelerinden biriyle birleştiğini göstermiştir. Orta bağırsağın farklı bölgelerindeki epitel hücrelerde (silindirik, goblet yenileyici hücreler) önemli bir morfolojik değişiklikler olmadığı bildirilmiştir.

Levy ve ark. (2004a), *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae)'in larvasının orta bağırsağının epitel hücrelerini ışık mikroskopu ve TEM ile incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; *A. gemmatilis*'in orta bağırsağı, sindirim kanalının en geniş bölgesi olup proksimal, media ve distal olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Hücre duvarı; silindirik, goblet, yenileyici ve endokrin hücreler olarak dört farklı hücre tipine sahip, uzun bir epitel tabakasından oluşmuştur. Buradaki silindirik hücreler çok sayıda ve uzundur ve çok sayıda uzun mikrovillusları vardır. Goblet hücreleri, mitokondrilerle dolu, sitoplazmik çıkıntılarla sınırlanmış, kadeh benzeri geniş hücrelerdir. Yenileyici hücreler, çok sayıda organel ve yoğun bir sitoplazmaya sahiptir. Endokrin hücreler ise yoğun salgı granülleriyle diğer hücre tiplerinden ayrılmaktadır. Araştırmacılar diğer bir çalışmada ise (Levy ve ark., 2004b), aynı

türün arka bağırsağını araştırmışlardır. Bu çalışmada *A. gemmatalis* sindirim sisteminde arka bağırsak pilorus, ileum, kolon ve rektumdan oluştuğu, kitinöz bir intima tabakası, basit bir epitel tabakası ve kas tabakası arka bağırsak duvarını meydana getirdiğini göstermişlerdir. Levy ve ark. (2008), diğer bir çalışmalarında aynı türün sindirim kanalının morfolojik analizini SEM ile yapmışlardır.

Perić-Mataruga ve ark. (2006), *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae)'ın orta bağırsak ve peritrofik membranının histolojisini çalışmışlardır. Orta bağırsakta bulunan silindirik hücrelerinin küçük çekirdeklere ve az sayıda mikrovillusa sahip olduğu bulunmuştur. Goblet hücrelerinin sayısı daha fazla; yüksekliği ve çekirdekleri daha büyük görülmüştür. Peritrofik membran ise orta bağırsağın lümenini çevreleyen ince bir tabakadan oluşmuştur.

Hossain ve ark. (2007) tarafından, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)'nin orta bağırsak epiteline *Bacillus thuringiensis*'in etkisine bakmışlardır. Bu insektisidal toksinlerin apikal membrana bağlandıkları, ayrıca, orta bağırsağın tabanına ve bazolateral membranına da yerleşebildiğini göstermişlerdir.

Rost-Roszkowska ve ark. (2008), *Spodoptera exiqua* (Lepidoptera: Noctuidae)'nın orta bağırsak epitelini çalışmışlar, silindirik hücreler, goblet hücreleri, endokrin ve yenileyici hücreler TEM ile ultrastrüktürel olarak incelemişlerdir

Pinheiro ve ark. (2008a), *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)'in orta bağırsağındaki epitel hücrelerinde bulunan “spherite” adındaki küre biçimindeki sitoplazmik granülleri TEM ile açıklamışlardır. Yapısında magnezyum bulunduran ve kalsiyum depoları şeklinde görev yapan bu granüller bütün orta bağırsak epitel hücrelerinde bulunduğunu, parazit larvalarda, parazit olmayan larvalara oranla daha fazla bu granüllere rastlandığını belirtmişlerdir. Aynı yazarlar (Pinheiro ve ark., 2008b), diğer bir çalışmalarında bu türün larvalarının orta bağırsaklarındaki epitel hücrelerinin bölgesel olarak değişimini belirlemişler, orta bağırsağın tüm kısımlarını ışık ve SEM ile incelemişlerdir.

Correia ve ark. (2009), böceklerle karşı kullanılan *Azadirachta indica* ile beslenen *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)'nın sindirim kanalının morfolojisini çalışmışlardır. Besinin morfolojik yapıya etkisinin zaman ve konsantrasyona bağlı olarak sadece orta bağırsakta görüldüğü, epitel yapısında bozulma, yenileyici hücrelerin azalması ve bu bölgedeki salgı aktivitesinin düşmesi gibi değişikliklerin gözlemlendiği belirtilmiştir.

Silva ve ark. (2004), farklı takımlardaki birçok böcek türünün bağırsak hücreleri kitin ve protein içeren yapıda bir zar olan peritrofik zarını incelemişlerdir. Peritrofik zar orta bağırsağın anteriyöründe yer alan hücreler tarafından oluşturuluyorsa Tip I peritrofik zar, orta bağırsaktaki bütün hücreler zar oluşumuna katılıyorsa Tip II peritrofik zar olarak gruplandırılmıştır.

Heteroptera sindirim sistemi ve sindirimle ilgili organlar hakkında yapılan en eski çalışmalardan biri Glasgow (1914) tarafından ait bazı türlerin gastrik çekumları ve çekumda bulunan bakteriler ile ilgili ışık mikroskopuyla yapmış olduğu çalışmadır. Glasgow (1914) Heteroptera türlerinin gastrik çekumlarının yapısını diğer böceklerle karşılaştırdığında, bağırsağın sindirimle alakalı bölgesinin posterior sonunda bulunan çok iyi gelişmiş çekal uzantıların varlığını görmüştür. Bu uzantıların filogenetik öneme sahip olduğunu da belirtmiştir. Gastrik çekumun içi her zaman bakterilerle dolu bulunmuştur. Bu bakterilerin sadece böceklerin çekumlarında değil aynı zamanda organizmaların embriyo gelişirken sindirim kanallarında da görülmüştür. Farklı canlılardaki bakterilerin yapısının, dakikalar içerisinde değişebilen özellikte olduğu, bir kısmının 1 mikrondan daha az olarak ölçülmüş kok benzeri basiller şeklinde, bazılarının ise 30 mikron veya daha fazla uzunlukta büyük spiroketa benzeri forma sahip olduklarını belirtmiştir.

Cecil (1930), *Philaenus leucophthalmus* (Heteroptera: Aphrophoridae)'un sindirim kanalıyla ilgili yaptığı morfolojik ve histolojik çalışmada, özofagusa paralel uzanan iki çift tükürük bezinin olduğunu, bunlardan birinin özofagusun üstünde ve diğerinin ise özofagusun altında yerleştiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, farinks ön bağırsağın en geniş bölgesidir ve baklava dilimi şeklindedir. Özofagus, farinksle

bağlantılı ve uzun bir boru biçimindedir. Orta bağırsağın anterior ucu iki büyük kese benzeri yapıdan oluşur. Ardından iki çift Malpighi tüpünün de bağlandığı kanal gelir. Bu kanal arka bağırsağa açılır. Arka bağırsak ta boru şeklinde devam eder ve rektuma bağlanır. Cecil (1930), özofagusun altında bulunan tükürük bezlerinin üstte bulunanlara oranla daha geniş hücrelere sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca özofagusun silindirik hücrelerden meydana geldiğini, orta bağırsakta epiteli çevreleyen bir kutikül bulunmadığı ve şekil ve boyut olarak farklı olan kübik ve silindirik hücrelerin yer aldığını, Malpighi tüplerinin tek katlı kübik epitelden oluştuğunu ve arka bağırsakta ise kitinle çevrili, sindirim kanalının en geniş hücrelerinin bulunduğunu göstermiştir

Hamner (1936), *Solubea pugnax* (Heteroptera: Pentatomidae)'in sindirim kanalının anatomisini incelediğinde, bir çift tükürük bezinin ince ve uzun, boru şeklinde olan özofagusa açıldığını bulmuştur. Hamner'e göre *S. pugnax*'da özofagus orta bağırsağın mide olarak adlandırılan bölgesine bağlanmaktadır. Bu türde midayı, ince bir boru takip eder ve ardından gelen kese benzeri bir yapı, orta bağırsağın sonundaki gastrik çekum olarak adlandırılan yapıyla birleşir. Arka bağırsağın başlangıcında iki çift Malpighi tüpü bulunmaktadır. İleum rektumun anterior sonunda yer alan torba şeklinde küçük geniş bir yapıdır. Rektum ise zarsı geniş bir organ olarak görülmüştür.

Hood (1937), *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae)'un sindirim kanalının anatomisini çalışmış ve ön bağırsağın genişlemiş bölgesi olan farinksin, dar ve tübüler yapıda olan özofagusla birleştiğini bulmuştur. Bu türde bir çift tükürük bezinin özofagusa paralel uzandığı ve her parçanın dört bölge içerdiği görülmüştür. Orta bağırsak geniş bir mideye, dar tübüler bir boruya ve en uçta da kese benzeri bir yapıya sahiptir. İki çift Malpighi tüpü ise arka bağırsağın anteriorunda bulunan pilorus bölgesinden çıkmaktadır. *O. fasciatus*'da genel yapının histolojisine bakıldığında ise kübik ve silindirik hücrelerin tek tabakalı olarak dizildiği, orta bağırsaktaki epitel tabakasının diğer bölgelere göre daha ince olduğu, epitel tabakasının altında halka ve dairesel kas tabakalarının olduğu belirtilmiştir.

Harris (1938), *Murgantia histrionica* (Hemiptera: Pentatomidae)'nın sindirim sisteminin anatomisi ve histolojisi ile ilgili yaptığı çalışmada; üç bölge ön bağırsağa, üç bölge orta bağırsağa ve üç bölge arka bağırsağa ait olacak şekilde sindirim sisteminin dokuz farklı bölgeye ayrıldığını belirtmiştir. Harris (1938) birçok Hemiptera türlerinde olduğu gibi orta bağırsağın sindirim kanalının en uzun bölgesi olduğunu, sindirim kanalının dıştan halkasal ve boyuna kaslarla çevrildiğini, bölgesel olarak kalınlığı değişen kübik ve silindirik epitel hücrelerinden meydana geldiğini göstermiştir.

Srivastava ve Bahadur (1961), *Dysdercus koenigi* (Hemiptera: Pyrrhocoridae)'nin yaklaşık iki hafta boyunca embriyonik gelişim sırasında Malpighi tüplerinin gelişimini incelemişlerdir. Nimf halindeyken tüpler benzer şekildedirler, fakat daha sonra proksimal ve distal bölgelerde farklılaşma başlar.

Barber ve ark. (1980), *Brochymena quadripustulata* (Hemiptera: Pentatomidae)'nın sindirim kanalının anatomisiyle ilgili yaptıkları çalışmada tükürük bezi, tükürük bezi kanalları, özofagus, ventrikül, pilorus, rektum bölgelerini tanımlamışlardır. Araştırmacılar göre tükürük bezleri; ana bezler, yardımcı bezler ve kanallardan oluşur. İki ana tükürük bezi eşit olmayan iki loba sahiptir ve toraks içerisinde dorsal olarak ventriküllere doğru uzanır, posterior loblar abdomen içerisinde uzanır. Ana tükürük bezlerinin her ikisi, lateralde uzanan yardımcı bir bez bulundurmaz. Kanal; abdomen içerisinde geri döner, anterior bölgeye yönelir, üst üste katlanmalar yapar ve son olarak ana tükürük bezinin iki lobunun birleştiği yerde açılır. Özofagusun anterior bölgesi ise genişlemiş yarı geçirgen uzun bir tüpten oluşur ve ventrikülün içerisine açılır. Ventrikül ise dört farklı bölgeye ayrılır. Her bölge uzunluk ve şekil olarak farklıdır. Birinci ventrikül kıvrımlı bir yüzeyi olan ince bir duvara sahip geniş bir kese şeklinde görülür. İkinci ventrikül, birinci ventrikülün posterior bölgesi altından ventrale doğru geçer ve dorsalde ince uzun bir tüp şeklinde devam eder. Genişleme, *Brochymena quadripustulata'* nın sindirim kanalının en kısa bölgesi olarak görünen üçüncü ventrikül içerisinde meydana gelir. Dördüncü ventrikül abdominal boşluk içerisinde kıvrılır ve pilorik bölge üzerinde uzanır. Pilorus, Malpighi tüplerinin eklenmesini hem de dördüncü ventrikülün bağlanması sağlar. Malpighi tüpleri,

ventrikül bölgeler etrafında birbirine dolanmış olup abdomende serbest olarak bulunur. Pilonun posterior sonunda düz bir şekilde daralır. Rektal kese, ortada genişleyen ve sonra anüs içerisinde gittikçe incelen zarımsı bir yapıdır.

Cheung ve Marshall (1982), yaptıkları çalışmada *Pyrops candelaria* (Hemiptera: Fulgoridae)'nın orta bağırsağının ultra strüktürünü ve işlevsel farklılaşmasını ışık mikroskobu ve TEM kullanarak göstermişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre orta bağırsak tübüler bir yapıda olup yaklaşık 120-140 mm uzunluğundadır. Genç ve yaşlı türlerde morfolojik olarak orta bağırsak uzunluğu boyunca genişlikte herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Tüm orta bağırsak; anterior, orta ve posterior bölge olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Yaklaşık aynı uzunlukta olan bu bölgeler histolojik, ultrastrüktürel ve sitokimyasal özellikleri bakımından farklılıklar göstermişlerdir. Anterior bölge tek hücreli kalın bir epitelden meydana gelmiştir. Çok iyi gelişmiş endoplazmik retikulum, Golgi aygıtı ve mitokondrilerden oluşmuştur. Orta bölge ise anterior bölgeye nazaran daha az sayıda endoplazmik retikuluma sahiptir ve çok sayıda lizozom bulundurur. Posterior bölgede ise çok sayıda mitokondri ve mikrotübüllerle birlikte, daha az sayıda endoplazmik retikulum bulunmuştur. Ayrıca, sindirim olayının anterior bölgede, emilim ve enzimlerin üretimi ve iletimi görevlerinin orta bölgede ve iyon düzenlenmesinin de posterior bölgede gerçekleştiği de bildirilmiştir.

Postle ve Woodward (1988), Anthocoridae familyasına (Hemiptera: Heteroptera) ait on bir türün sindirim sistemini ve erkek üreme sistemini tanımlamışlardır. Sindirim kanalı ve tükürük bezleri yapı bakımından bazı farklılıkları göstermiştir.

Ghanim ve ark. (2001), ergin *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nın sindirim, tükürük ve üreme sisteminin ultrastrüktürü ve morfolojisinin mikroskopik analizini ışık mikroskobu, SEM ve TEM kullanarak yapmışlardır.

Rakitov (2002), *Tibicen* (Hemiptera: Cicadidae) ve *Magicicada* (Hemiptera: Cicadidae) cinslerinin Malpighi tüplerinin anatomik ve histolojik çalışmasında,

canlılar nimf aşamasındayken, bu organların boncuk tanesi şeklinde bir değişim gösterdiğini kanıtlamıştır. Bu tüplerde salgı ürünlerinin üretimi, ergin faza gelinde durmuştur. Bu çalışmada tüplerdeki bölgesel farklılaşma, her bir segmentin hücresel yapısı ve salgı ürünleri bu nimflerde benzer olarak bulunmuştur.

Guedes ve ark. (2003), *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae)'nin orta bağırsağının morfolojisini çalışmışlardır. Tütün orta bağırsağı; kısa bir anterior bölge, posterior bölge ve posterior bölgeye açılan basit bir tüp şeklinde olan uzun bir medyan bölge olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Orta bağırsak epiteli; yenileyici hücreleri içeren, tek tabakalı sindirim hücrelerinden oluşmuştur. Anterior bölgede bulunan sindirim hücreleri, renksiz granülleri içeren silindirik hücrelerdir. Histokimyasal testler, içeriğinde demir ve kalsiyum olduğunu göstermiştir. Medyan bölgede sindirim hücreleri çok sayıda sitoplazmik granül içermektedir. Kısa bir fırça kenar yapısı vardır. Posterior bölgede ise, hücreler kübik ve az sayıda sitoplazmik granül içermektedir. Çok iyi gelişmiş bir fırça kenar yapısı da bulunmuştur. Tüm sonuçlar, orta bağırsakta sindirim enzimlerinin rol oynadığını ve besin emiliminin gerçekleştiğini göstermiştir.

Kikuchi ve ark. (2005), *Riptortus clavatus* ve *Leptocoris chinensis* (Heteroptera: Alydidae)'in orta bağırsaklarının posterior bölgesindeki simbiyotik bakterileri bulmuşlar ve bunların ışık mikroskobu, TEM, in-situ hibridizasyon, PCR ve moleküler filogenetik analizlerini yapmışlardır.

Hirose ve ark. (2006), *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) ile yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, midede mikroorganizma içeriğini çalışmışlardır.

Swart ve ark. (2006), *Lethocerus uhleri* (Heteroptera: Belostomatidae: Lethocerinae) ve *Belostoma lutarium* (Heteroptera: Belostomatidae: Belostomatinae)'un tükürük bezi ve tükürük enzimleri ile ilgili yaptıkları çalışmada sindirim enzimlerinin içeriğindeki farklılıkları tanımlamışlardır. *L. uhleri*'nin tükürüğünde 3 proteolitik enzim varken amilaz enzimi bulunmamıştır. Buna karşın *B. lutarium*'un tükürük bezinin 2 proteolitik enzim ve amilaz enzimini üretebildiği görülmüştür. Sindirim enzimlerinin içeriğindeki bu önemli farklılık iki alt familya arasındaki besin

tercihlerinin farklılığı ile bağlantılı bulunmuştur. Aynı zamanda araştırmacılar, *B. lutarium*'un tükürük bezinin ultrastrüktürünü de tanımlamışlardır ve yapıda miyoid hücrelerin bulunduğu görülmüştür.

Pires ve ark. (2007), *Platyscytus decempunctatus* (Heteroptera: Miridae)'nın hem sindirim sistemini hem de dişi ve erkek bireylerin üreme sistemlerinin morfolojisini araştırmışlardır. Diğer Heteroptera türlerinde olduğu gibi bu canlının da sindirim kanalının üç bölgeye ayrıldığı bulunmuştur. Bitkiyle beslendiğinden dolayı, bağırsağında klorofil pigmentleri gözlenmiştir. Toraksta bulunan tübüler tükürük bezleri ve orta bağırsakla arka bağırsağın birleştiği bölgede yer alan Malpighi tüpleri de tartışılmıştır.

Martini ve ark. (2007), *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae)'un Malpighi tüplerini ve tüplerde meydana gelen sıvı iletiminin hormonal düzenlenmesinin nasıl gerçekleştiğini tartışmışlardır. Albuquerque-Cunha ve ark. (2009)'nın bu türle yaptıkları orta bağırsak epitelindeki mikrovillüsler ve perimikrovillar membranın sitokimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada, TEM kullanılmıştır. Bu zarların karbohidrat zincirlerindeki şekerleri belirlemişlerdir.

Lygus hesperus (Heteroptera: Cimicomorpha: Miridae)'un sindirim kanalının hücresel yapıları ve morfolojisi Habibi ve ark. (2008) tarafından ışık mikroskopuyla incelenmiş ve diğer Hemiptera türleri ile karşılaştırıldığında düz bir tüpten meydana geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, bağırsaktaki epitel hücrelerinin oldukça karmaşık olduğu bulunmuştur. Orta bağırsakta, yenileyici hücreler, endokrin hücreler ve silindirik hücreler fazladır. Bu hücre tipleri, bağırsak lümenindeki hücre yüzeyinin geometrisi, boyut, şekil ve fırça benzeri mikrovillusların yoğunluğuna bağlı olarak birbirlerinden farklılık göstermektedirler.

Azevedo ve ark. (2009), *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae)'un orta bağırsak hücrelerinin ultrastrüktürünü çalışmışlardır. Ergin böceğin orta bağırsağı kan emdikten sonra farklı günlerde analiz edilmiş ve farklı sindirim işlevleri gösteren üç anatomik bölge görülmüştür. Anterior bölgedeki sindirim hücrelerinde; çok sayıda

sferokristaller, lipit kalıntıları ve glikojen depoları bulunmuştur. Bunların; lipitlerin ve yağların depolanmasında, sindiriminde, iyon düzenlenmesinde ve su emiliminde rol oynadığı düşünülmüştür. Medijan bölgedeki sindirim hücreleri çok sayıda granüllü endoplazmik retikulum, lizozom ve apikal sitoplazmada salgı granüllerini barındırmaktadır. Bundan dolayı bu bölgenin aktif sindirimi gerçekleştirdiği bulunmuştur. Sindirim ve su/iyon emiliminin gerçekleştiği posterior bölge ise, sferokristaller, granüllü endoplazmik retikulum, lizozom ve salgı granüllerine sahip sindirim hücrelerini içermektedir. Ayrıca, posterior bölgenin besinlerin emiliminde rol oynadığı ile ilgili bulgulara bildirilmiştir.

Nardi ve ark. (2009), Hemiptera-Aradidae familyasının üyelerinden biri olan *Mezira granulata*'nın bağırsak epitelinin ayırt edici özelliklerini bu çalışmada tanımlamışlardır. Bu familyanın türlerinin, birçok Hemiptera gibi bitki veya hayvan materyalleri yerine funguslarla beslendikleri düşünülmektedir. Orta bağırsak lümeni, birçok böcekte ön bağırsak-orta bağırsak arasında peritrofik membran yerine perimikrovillar membran ile çevrelendiği, bazı orta bağırsak epitel hücrelerinin salgı için özelleşmiş olan bu bölgede yerleştiğini bildirmişlerdir.

Fialho ve ark. (2009), *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) ile yaptıkları çalışmada türün farklı beslenme periyotlarından sonra orta bağırsağındaki sindirim hücrelerinin ultrastrüktürünü açıklamışlardır. Üç bölgeye ayrılan orta bağırsak ışık mikroskobu ve TEM ile incelenmiştir. Orta bağırsağın bu üç bölgesindeki sindirim hücrelerinin ultrastrüktürel özellikleri, onların sindirim enzimi sentezinde, iyon ve besin emilimi ve depolanmasında ve atık maddelerin atılımında rolleri açıklanmıştır.

Rocha ve ark. (2010), farklı açlık periyotlarında *Triatoma vitticeps* (Hemiptera: Reduviidae)'in orta bağırsağındaki sindirim hücrelerinin farklılaşmasını tanımlamışlardır. TEM ile elde edilen verilere göre *T. vitticeps*'in orta bağırsağının, farklı beslenme periyotlarıyla ilişkili olarak sindirim hücrelerinin de farklılaştığını, uzun açlık sürelerinde enzim depoladığı düşünülen koful miktarlarında da artma meydana geldiği gösterilmiştir.

Bandani ve ark. (2010), *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Pentatomidae)'in bağırsak pH'ı ve α -D-glukosidaz sindirim enziminin özelliği ve izolasyonu ile ilgili çalışmalarında; dört bölgeye ayırdıkları orta bağırsağın ilk üç bölgesinin çok asidik (pH: 5-5.2), son bölgesinin kısmen asidik (6.2-6.4), arka bağırsağın ise az miktarda asidik (6.5-6.8) olduğunu bulmuşlardır. Enzim analizleri, ergin türlerin tükürük bezi ve orta bağırsağında α -glukosidaz aktivitesinin olduğunu göstermiştir, fakat bu aktivitenin orta bağırsakta daha fazla olduğu da belirtilmiştir. α -D-glukosidaz enzimin, optimum 40-45°C sıcaklıkta ve pH:5'te etkinliğini gösterdiği bulunmuştur.

Coast ve ark. (2011), *Podisus maculiventris* (Heteroptera, Pentatomidae)'in Malpighi tüplerinde salgı kontrolü ile ilgili yaptıkları çalışmada, serotoninin Malpighi tüplerinin cevabı ve diüretik ve antidiüretik peptitler araştırılmış ve *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) ve *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae)'nin Malpighi tüpleriyle karşılaştırılmıştır.

Cunha ve ark. (2011), parazit canlılarda bulunan *Bacillus thuringiensis* (Bt) proteininin toksik etkisini açıklayabilmek için bu parazit canlıyı yiyen *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae)'nin sindirim hücrelerinin ultrastrüktürünü ve histokimyasını incelemişlerdir. Mikrovilluslarda uzama, sferokristallerin ve farklı elektron yoğunluğundaki granüllerin artışı gibi sindirim hücrelerinde değişiklikleri, orta bağırsağın mediyan bölgesindeki hücrelerin glikojen, lipit ve kalsiyum dağılımlarında değişiklikleri de gözlemişlerdir.

Xie ve ark. (2011), *Ceroplastes japonicus* (Hemiptera: Coccidae)'un dişilerinin sindirim kanalının ultrastrüktürünü ve morfolojisini ışık mikroskobu, SEM ve TEM kullanarak açıklamışlardır. Sonuçlar, ön bağırsağın, farinks ve özofagusa ayrıldığını göstermiştir. Bir çift tükürük bezi ön bağırsağın ortasında yer almaktadır. Orta bağırsak dar ve ön bağırsaktan daha uzundur ve kalın bir epitel tabakasıyla çevrilmiştir. Arka bağırsak; dar bir ileum ve geniş bir rektum olmak üzere iki bölgeye ayrılmıştır. Dış yüzeyinde kalın bir kas tabakası vardır. Malpighi tüpleri, üzerinde porlar bulunan kahverengimsi-sarımsı renkte tüplerden oluşmaktadır. Tüplerin içlerinde çok sayıda kristal ve uzun mikrovilluslar bulunmuştur.

Heteroptera türlerinin sindirim sistemleriyle ilgili çalışmalar arasında *Graphosoma lineatum*'un sindirim kanalının kısımları ve hücresel yapısıyla ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çeşitli kültür bitkileriyle beslenen ve ekonomik olarak büyük zararlara sebep olan bu türün *G. lineatumun* sindirim sisteminin yapısını ultrastrüktürel seviyede aydınlatmak bu çalışmanın amacıdır. Aynı zamanda gelecekte yapılacak filogenetik çalışmalar için yarar sağlayacağı da şüphesizdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal Hakkında Genel Bilgi

Graphosoma lineatum; Heteroptera alttakımı, Hemiptera takımı, Pentatomidae üstfamilyası ve Pentatomidae familyasına ait bir türdür. Orta Avrupa, Güney Avrupa, Anadolu ve Orta Doğu’da yayılış göstermektedir. Ergin *Graphosoma lineatum* 8-12 mm vücut uzunluğuna sahip olabilmektedir. Renkleri çok dikkat çekici özelliktedir. Vücudunun bütün üst yüzeyi, boyuna siyah çizgilere sahip olup kırmızı renktedir. Abdomen tarafı ise siyah noktalı ve kırmızı renktedir. Türlerin baş kısmı oldukça küçüktür. Pronotum geniştir ve 6 siyah çizgiye sahiptir. Abdomenin sonuna kadar ulaşan büyük bir scutellum ile devam eder. Antenler ve bacaklar siyahtır. Nimflerde vücut deseni oluşmuştur fakat kırmızı renk henüz belirmemiştir. *Graphosoma lineatum* sıcak yerleri tercih eder ve yeşil alanlara yayılmıştır. Bu tür, Apiaceae (Umbelliferae) familyasını içeren çeşitli bitkilerle beslenir. Nimf ve erginleri, konukçu bitkilerinin generatif organlarını tercih etmekte ve olgunlaşmakta olan veya olgunlaşmış tohumları, sokup emerek zarar yapmaktadır. Bu zarar, tohumların kalite ve kantitesinin düşmesine neden olmaktadır. Çiftleşmeleri genellikle ilkbaharda meydana gelmesine rağmen zaman zaman yaz aylarında da gerçekleşebilmektedir. Dişiler, yaprak ve dallar üzerine küçük gruplar halinde yüzeye yapışacak şekilde yumurtalarını bırakırlar. 8-10 gün sonra larvalar gelişir. Tüm kışı ergin olarak geçirirler.

3.2. Örneklerin Toplanması ve Laboratuarda Üretimi

Bu çalışmada, *Graphosoma lineatum* (Heteroptera: Pentatomidae)’un erginleri kullanılmıştır. Bu türün erginleri; Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında Ankara civarındaki çeşitli tarım alanları ve yabancı bitkilerin bulunduğu alanlardan toplanarak laboratuvar ortamına getirilmiştir. *G. lineatum* erkek ve dişileri 1-1,5 litrelik pet kaplar içerisinde her gün taze bitkiler konarak laboratuvarda 24 ± 2 °C’de beslenmiştir.

3.3. Işık Mikroskobu İçin Örneklerin Hazırlanması

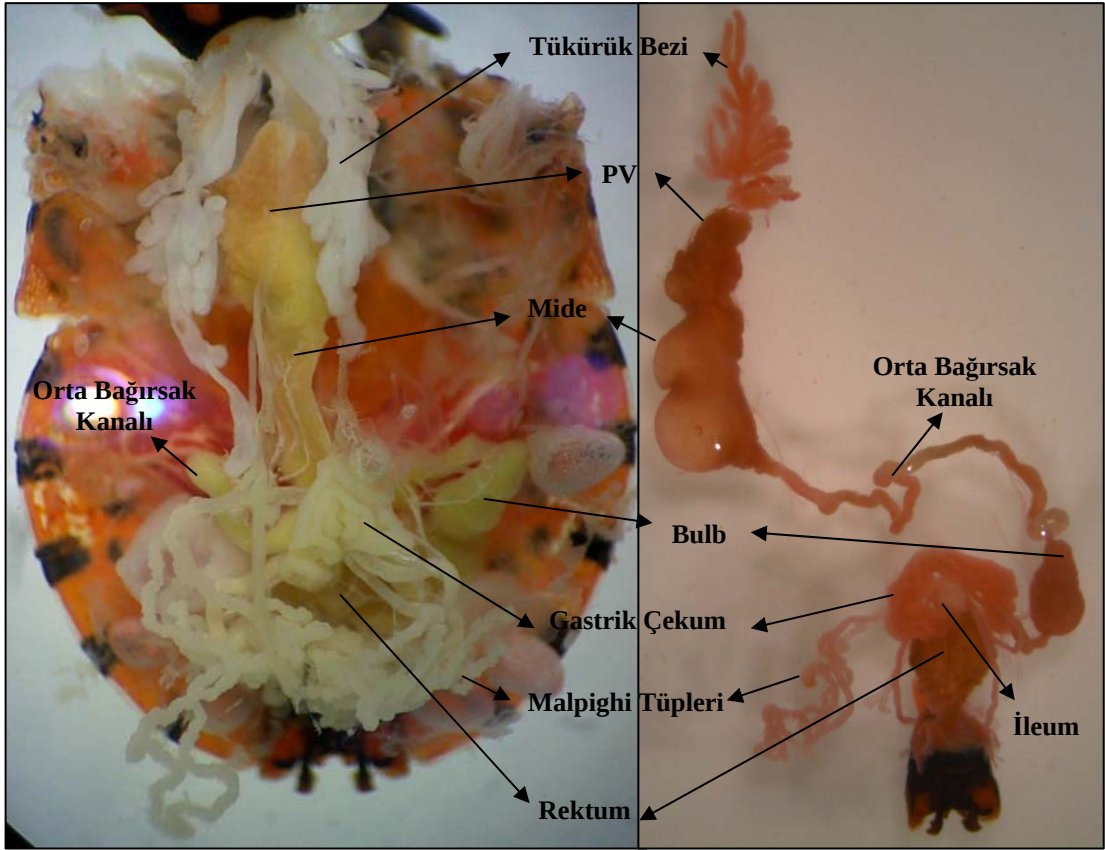
Laboratuar şartlarında beslenen *Graphosoma lineatum* örneklerinin sindirim kanalları fizyolojik çözelti içerisinde ve stereomikroskop altında disekte edilmiş, sistemin genel yapısı fotoğraflandıktan sonra Bouin tespit sıvısında en az 24 saat bekletilmişlerdir. Tespit edilen örnekler, %70 etil alkol ile yaklaşık 10 gün süreyle yıkanmış ve yükselen etil alkol serileriyle dehidrasyon işleminin ardından da parafinde bloklanmışlardır. Bloklardan alınan yaklaşık 6-8 µm kalınlığındaki kesitler, Hematoksilen-Eozin ve Mallory 3'lü boyaması yapıp entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirilmiştir. Sindirim kanalının çeşitli kısımlarına ait kesitler Olympus BX51 marka ışık mikroskobunda incelendikten sonra fotoğrafları çekilmiştir.

3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Örneklerin Hazırlanması

pH: 7,2 olan 0,1M fosfat tamponu ile hazırlanmış %2,5'luk Glutaraldehitte en az 1 gün tespit edilen örnekler 15 dakikalık iki değişme yapılarak fosfat tamponuyla (pH: 7,2) yıkanmıştır. Ardından 15'er dakikalık %70, %80, %96, %100 ve %100'lük alkol serilerinden geçirilmiştir. 2 kez 15 dakika amil asetatta tutulan örnekler kritik noktada kurutma yapıldıktan sonra bütün haliyle veya çeşitli bölgelerinden kırılarak çift taraflı yapışkan bantlarla staplara yapıştırılmışlardır. Polaron SC 502 kaplama cihazında altınla kaplanan sindirim kanalları JEOL JSM6060 marka taramalı elektron mikroskobunda (SEM) 5-10 KV'de incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Garphosoma lineatum'un sindirim sistemi ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç bölgeye ayrılır (Resim 4.1). Ön bağırsağın farinks ve özofagus kısmı kafanın sert kitin yapısından ayrılamadığı için burada incelenmemiştir. Ön bağırsağın proventrikulusu ve ön bağırsağa açılan tükürük bezi belirgin bir şekilde görülmektedir (Resim 4.1). Arka bağırsak, ileum ve rektumdan oluşur.



Resim 4.1 *Graphosoma lineatum* sindirim kanalının genel görünüşü

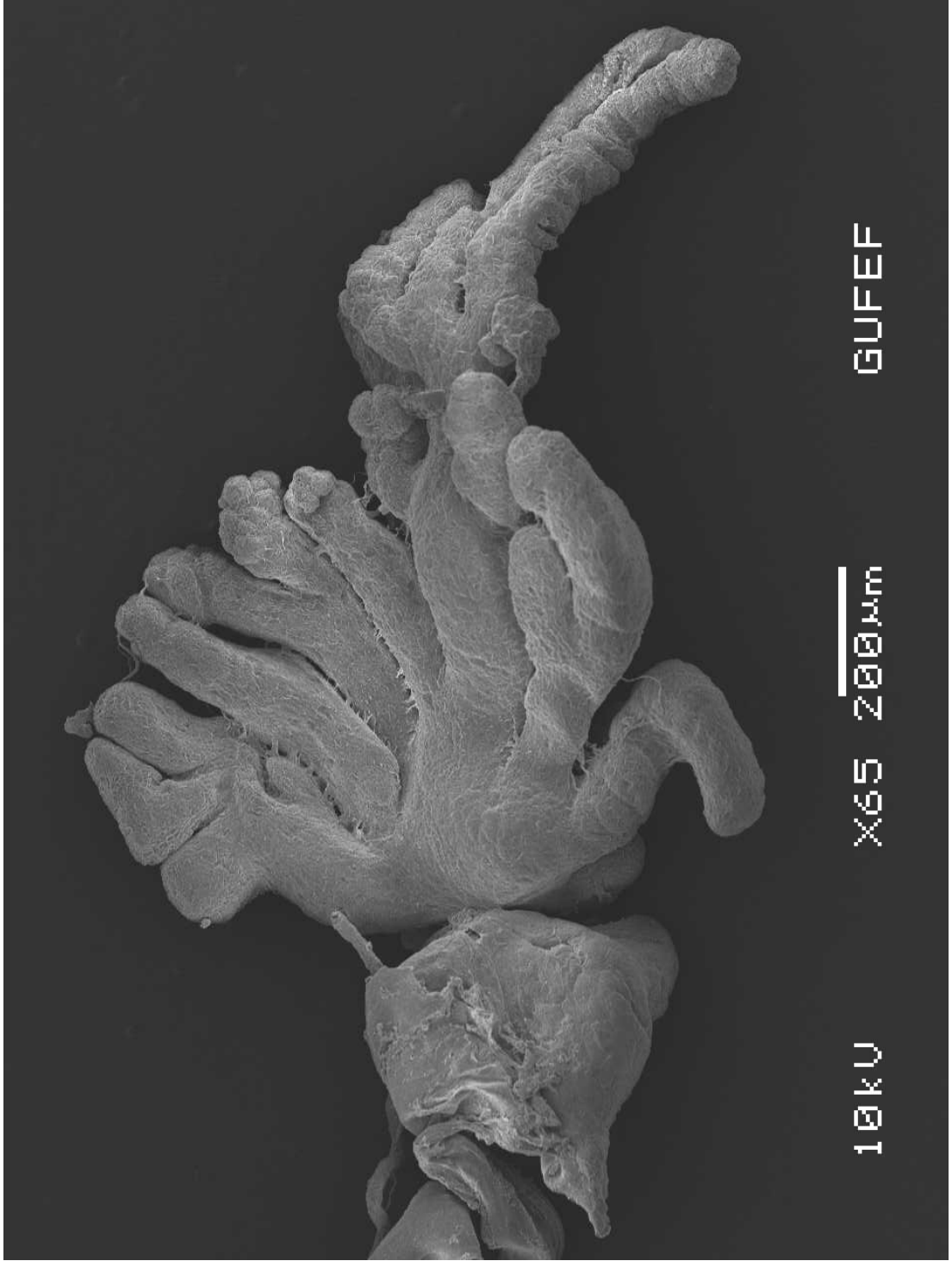
4.1. Tükürük Bezi

Garphosoma lineatum, ön bağırsağın her iki tarafta da dorsa-lateral uzanan iki çift tükürük bezi içerir (Resim 4.1-4.15). Her bir tükürük bezi ise iki bölgeden meydana gelir. Anterior bölge tek bir kanal içerisinde dallanmış, birbiriyle bağlantılı kanallardan oluşan, ucunda çok sayıda parmak benzeri çıkıntıları bulunan el şeklinde bir yapıdır (Resim 4.1-4.4, 4.8-4.9). Ön bağırsağa yakın olan posterior bölge ise tek bir lobtan meydana gelir (Resim 4.2, 4.4, 4.5, 4.8, 4.11). SEM görüntülerinde tükürük bezi yüzeyinin düz olduğu görülür. Her iki tükürük bezi ayrıca bir kanal içerir. Bu kanal, abdomen içerisinde katlanma serileri geçirir ve son olarak ana tükürük bezinin iki lobunun birleştiği yere bağlanır (Resim 4.5, 4.12, 4.13). Bu noktadan tükürük kanalı yukarı doğru döner ve başın içerisine girer ve sonra ağız boşluğunun içerisine boşalır.

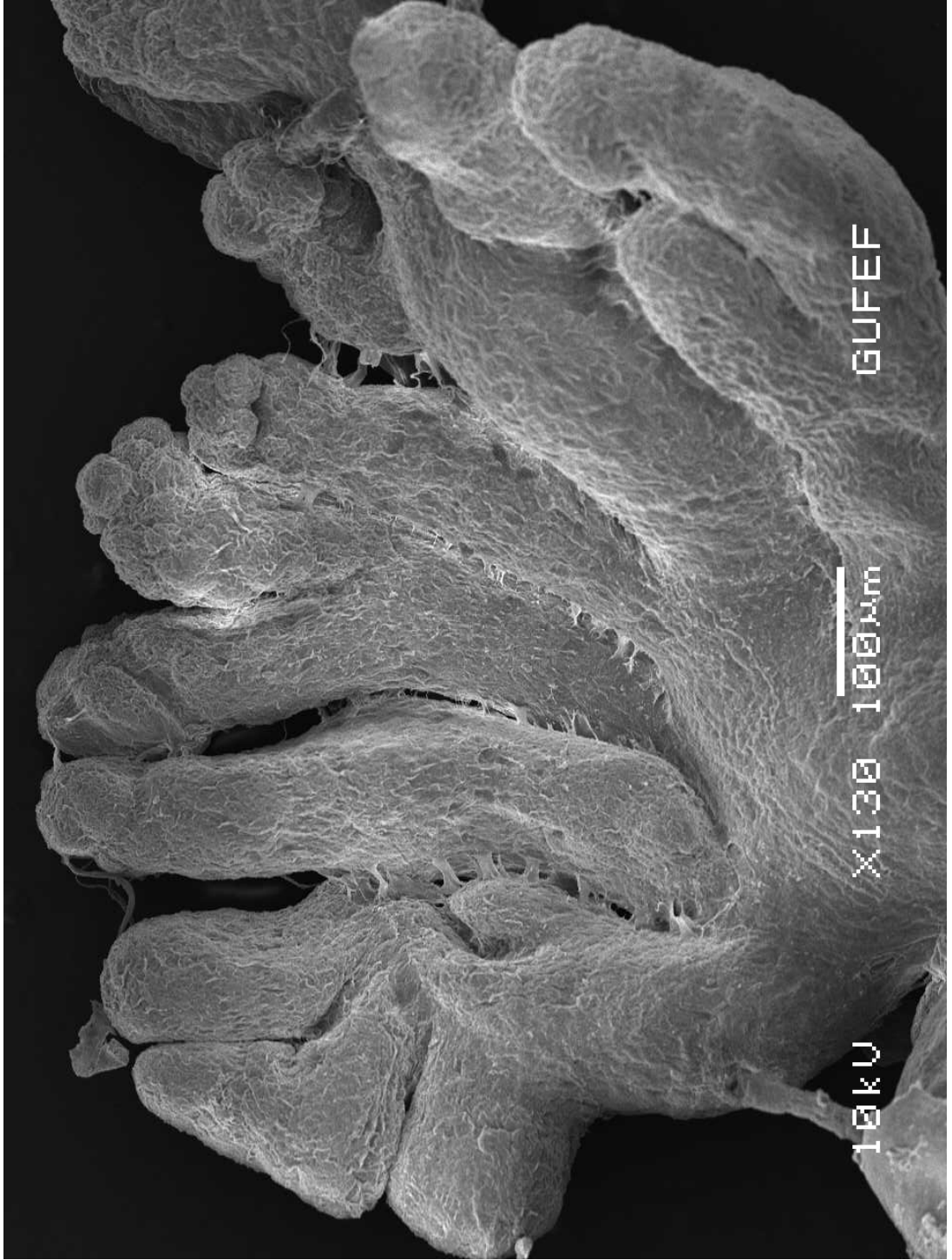
Tükürük bezi her iki bölgede de dışta ince tek tabakalı bir epitel ile çevrili olup çok sayıda kübik hücreden meydana gelir. Hücrelerin çekirdekleri hücrenin tabanına yakın olarak bulunur (Resim 4.6-4.11). Tükürük bezi kanalı ise ortada muntazam dar bir açıklık ve onu çevreleyen geniş bir hücre tabakasından oluşur (Resim 4.14-4.15). Tükürük bezi kanalının muntazam derin S şeklindeki kıvrımı ince bağlarla sağlamlaştırılmıştır ve kanal yüzeyi oldukça düzdür (Resim 4.12-4.14). Tükürük bezinden gelen tükürük salgısı kanal aracılığı ile özofagusa iletilir. Ardından besin üzerine akar. Böylece besin ve diğer maddeler için çözücü etki sağlanır, aynı zamanda ağız parçalarını nemlendirir.



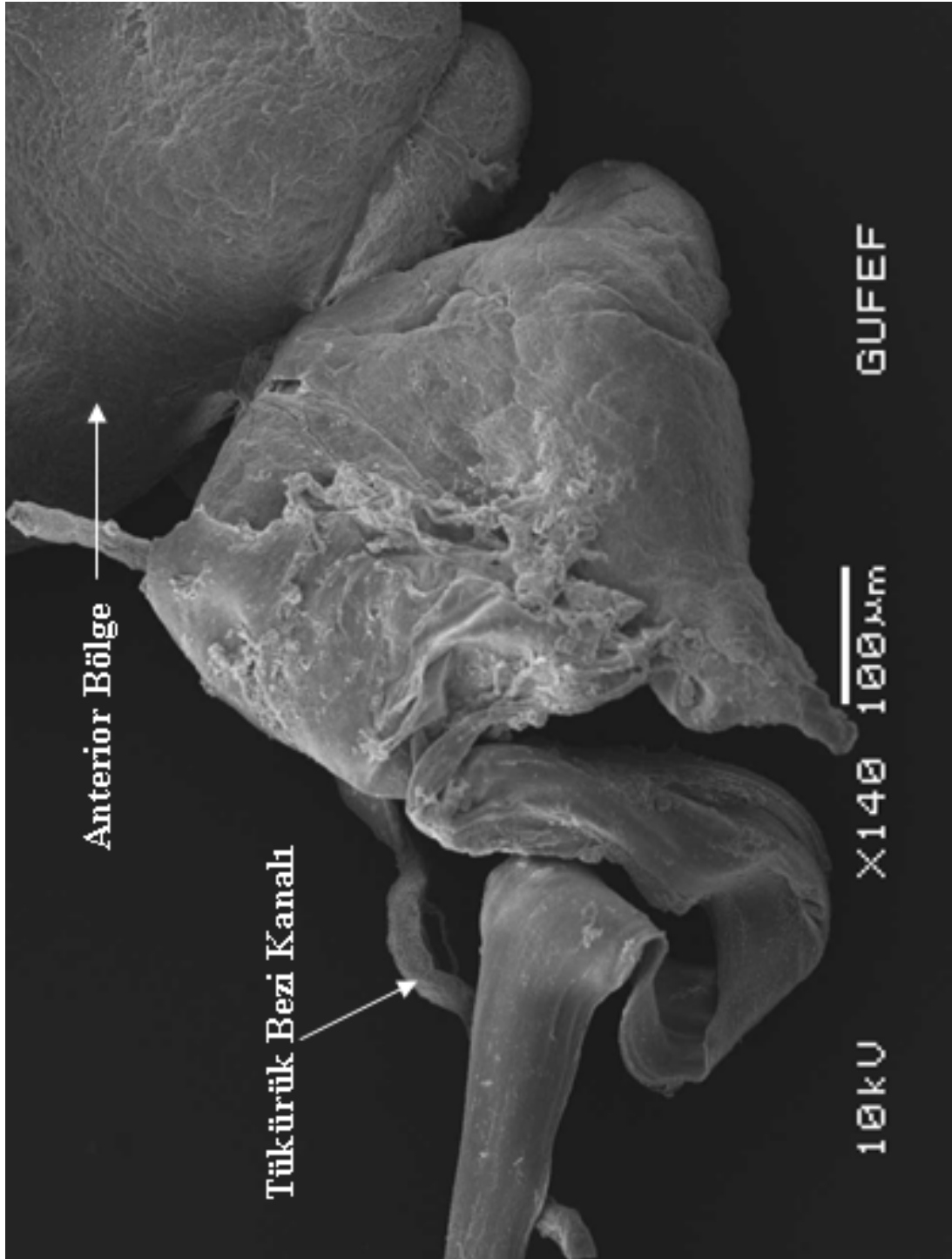
Resim 4.2. Tükürük bezinin genel görünümü-Stereo Mikroskop



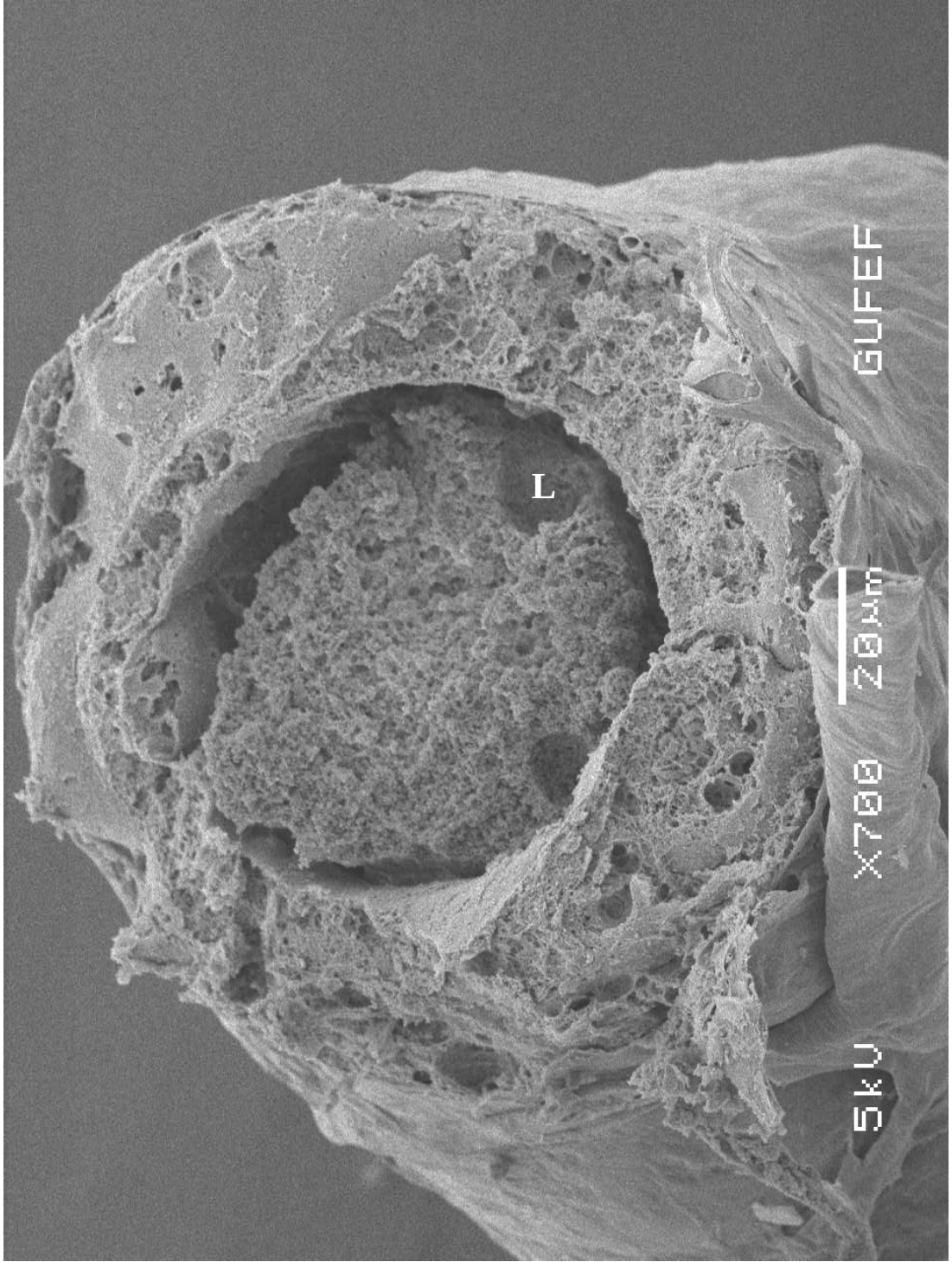
Resim 4.3. Tükürük bezinin genel görünümü-SEM



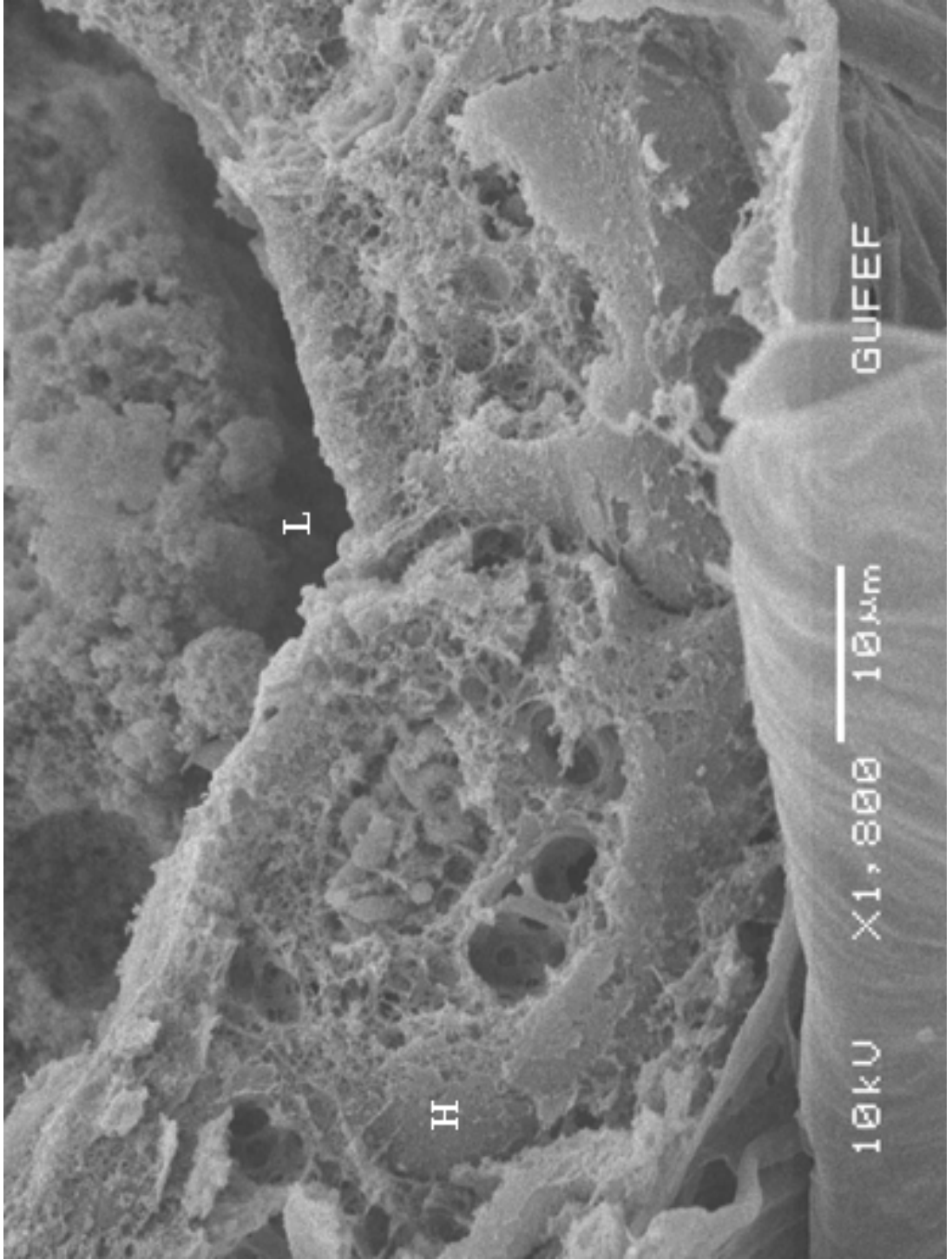
Resim 4.4. Tükürük bezinin parmak benzeri çıkıntıları olan anterior bölgesi-SEM



Resim 4.5. Tükürük bezinin posterior bölgesi-SEM



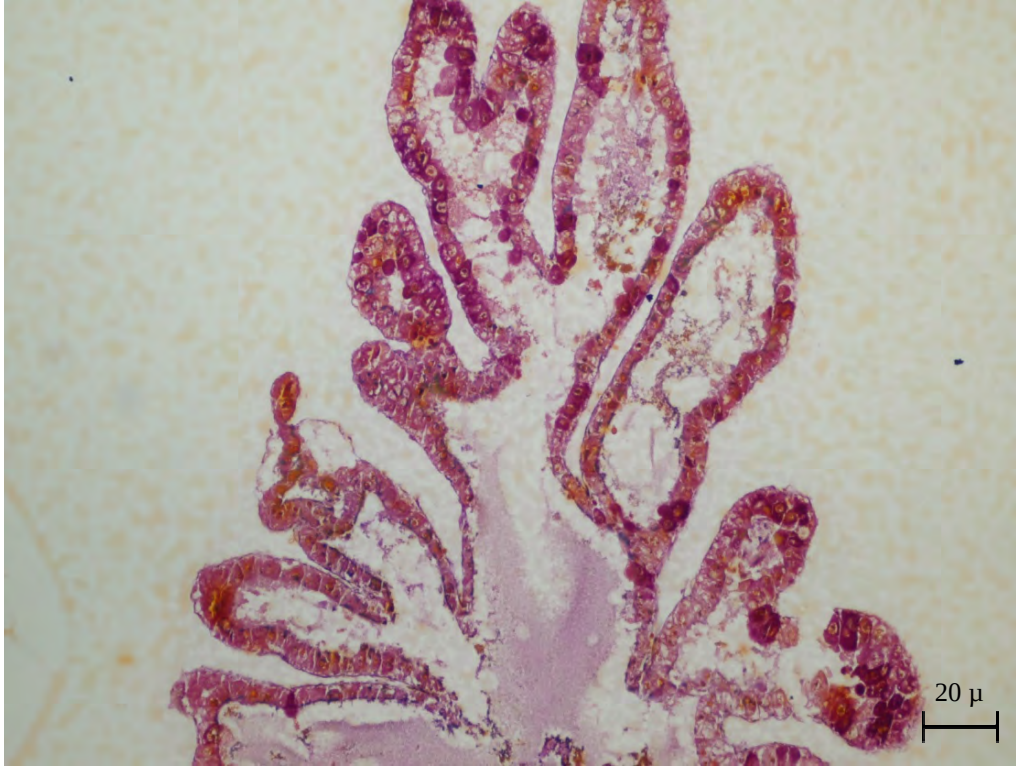
Resim 4.6. Tükürük bezinin anterior bölgesinin iç yüzeyi, Lümen (L)-SEM



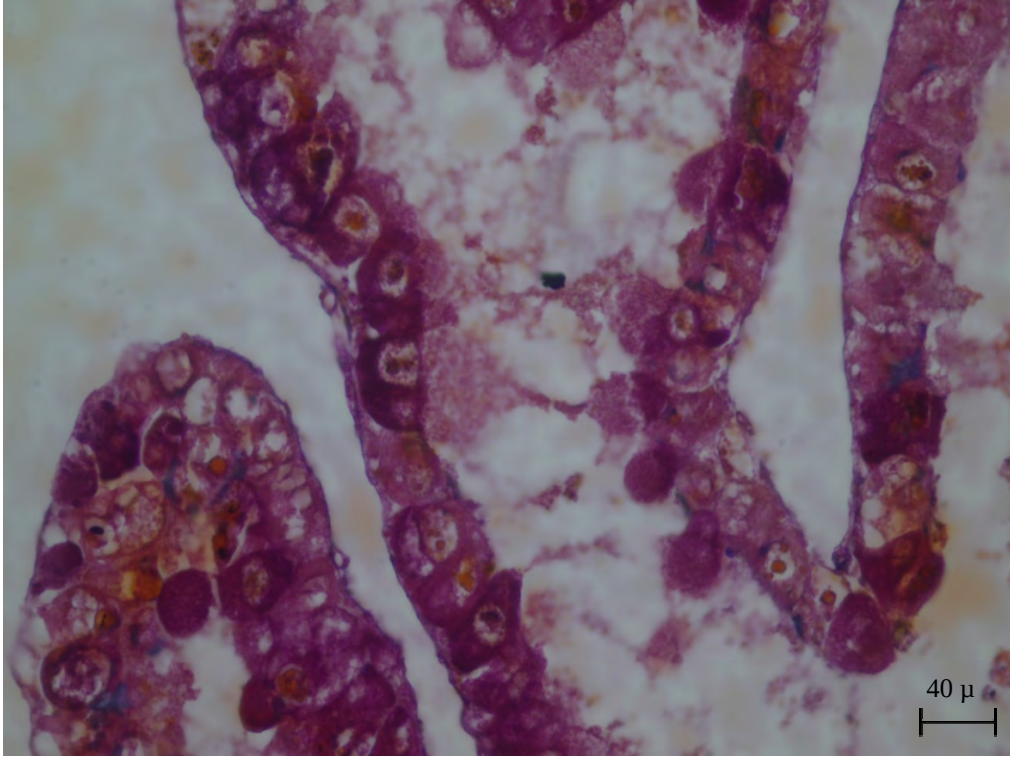
Resim 4.7. Tükürük bezi anterior bölge hücreleri, Lümen (L), Kübik hücre (H)-SEM



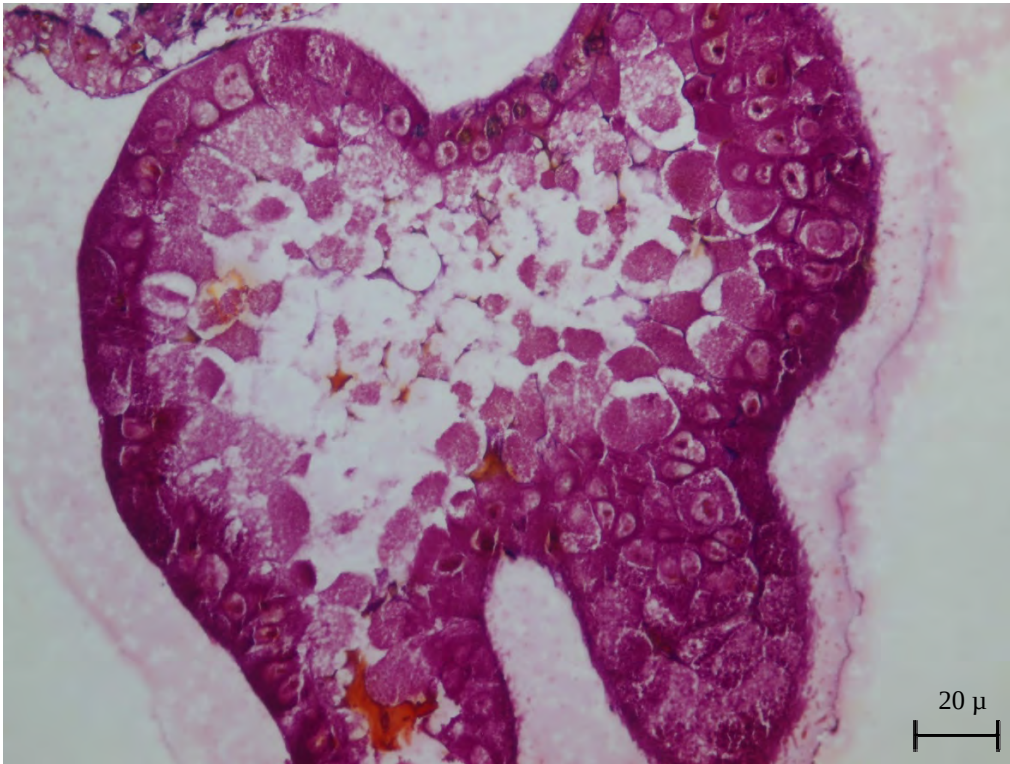
Resim 4.8. Tükürük bezi genel görünümü (Boyuna kesit; Mallory 3'lü boyama)



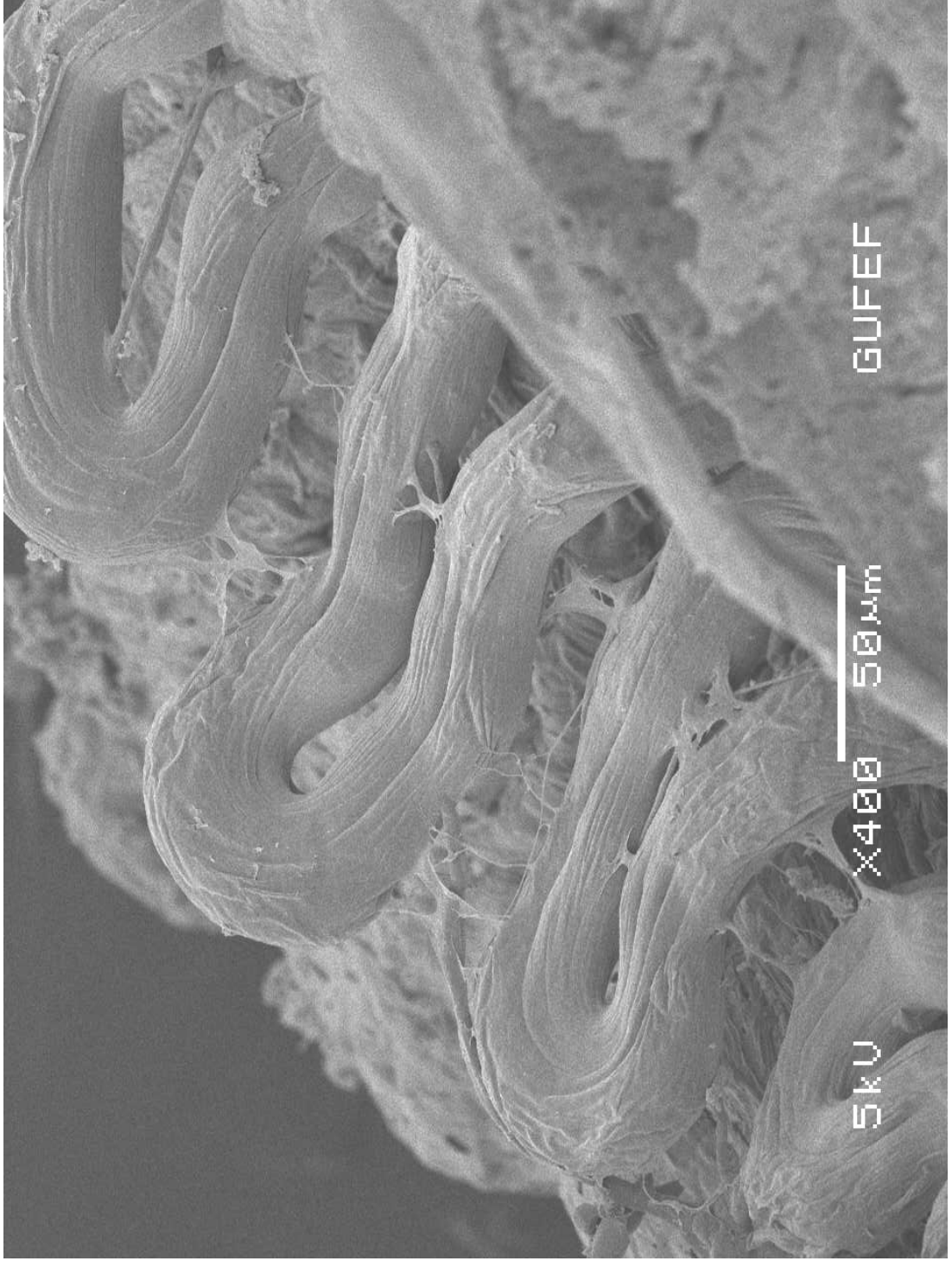
Resim 4.9. Tükürük bezinin anterior bölgesi (Boyuna kesit; Mallory 3'lü boyama)



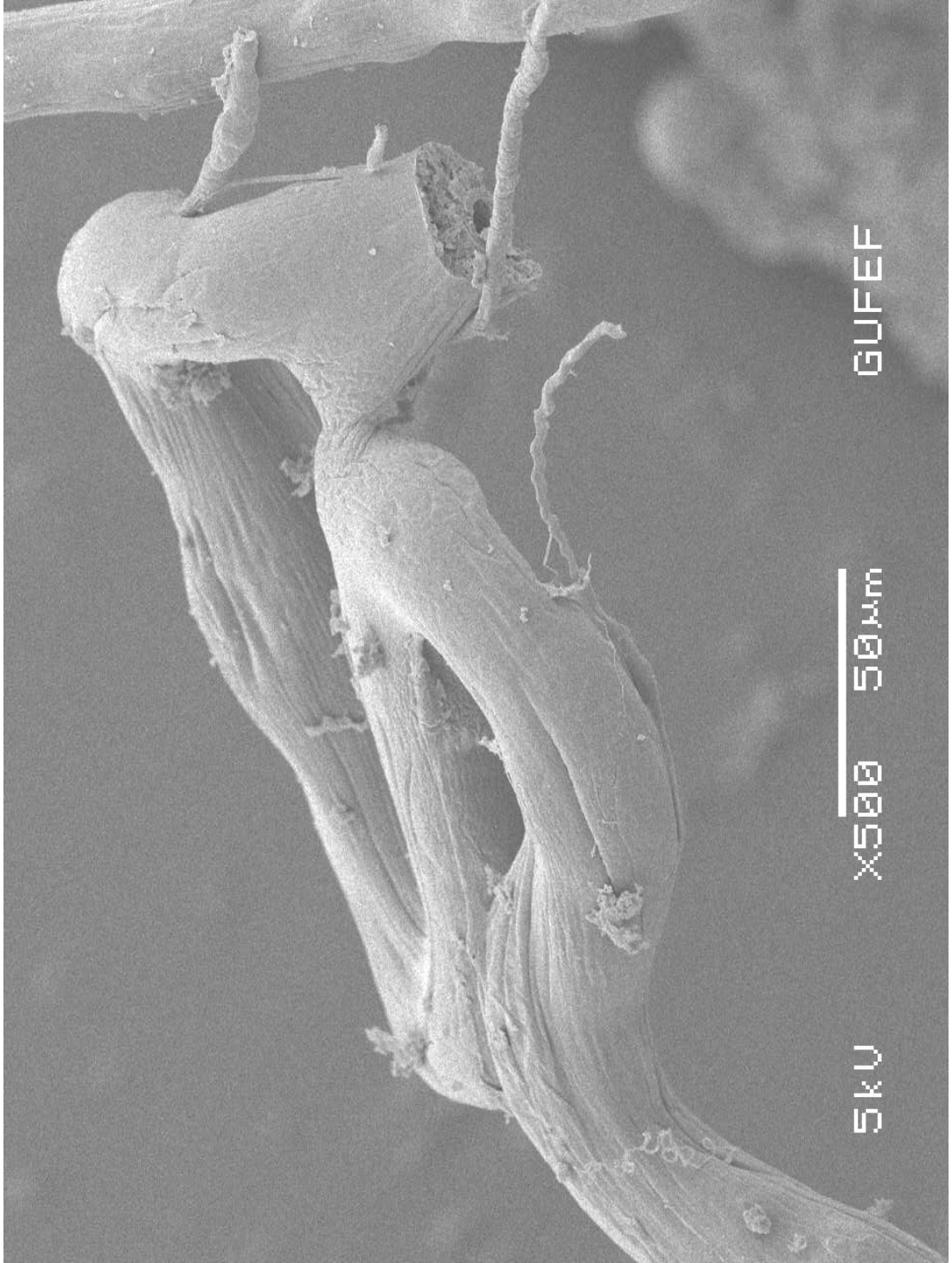
Resim 4.10. Tükürük bezinin anterior bölgesi (Boyuna kesit; Mallory 3'lü boyama)



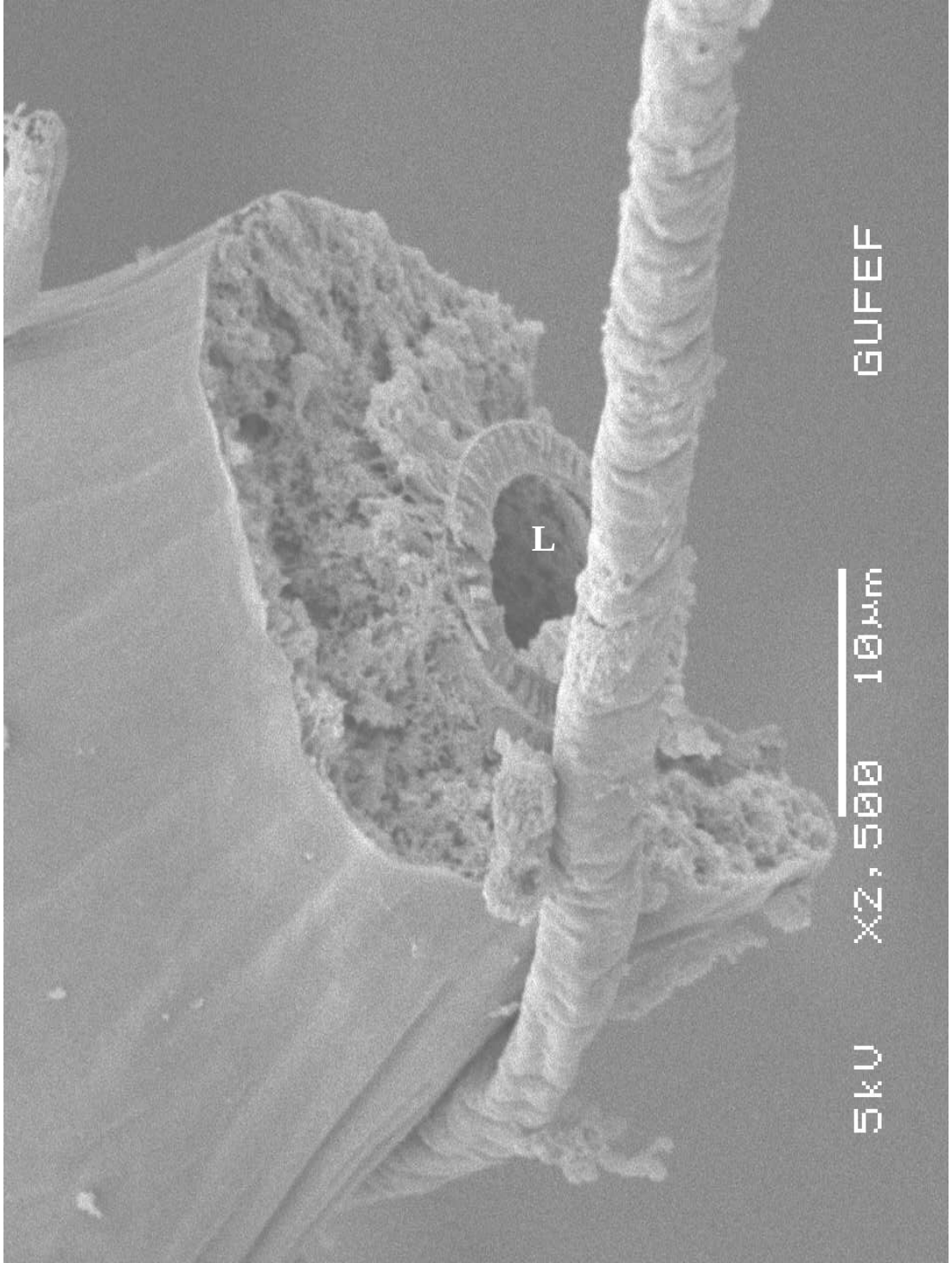
Resim 4.11. Tükürük bezinin posterior bölgesi (Boyuna kesit; Mallory 3'lü boyama)



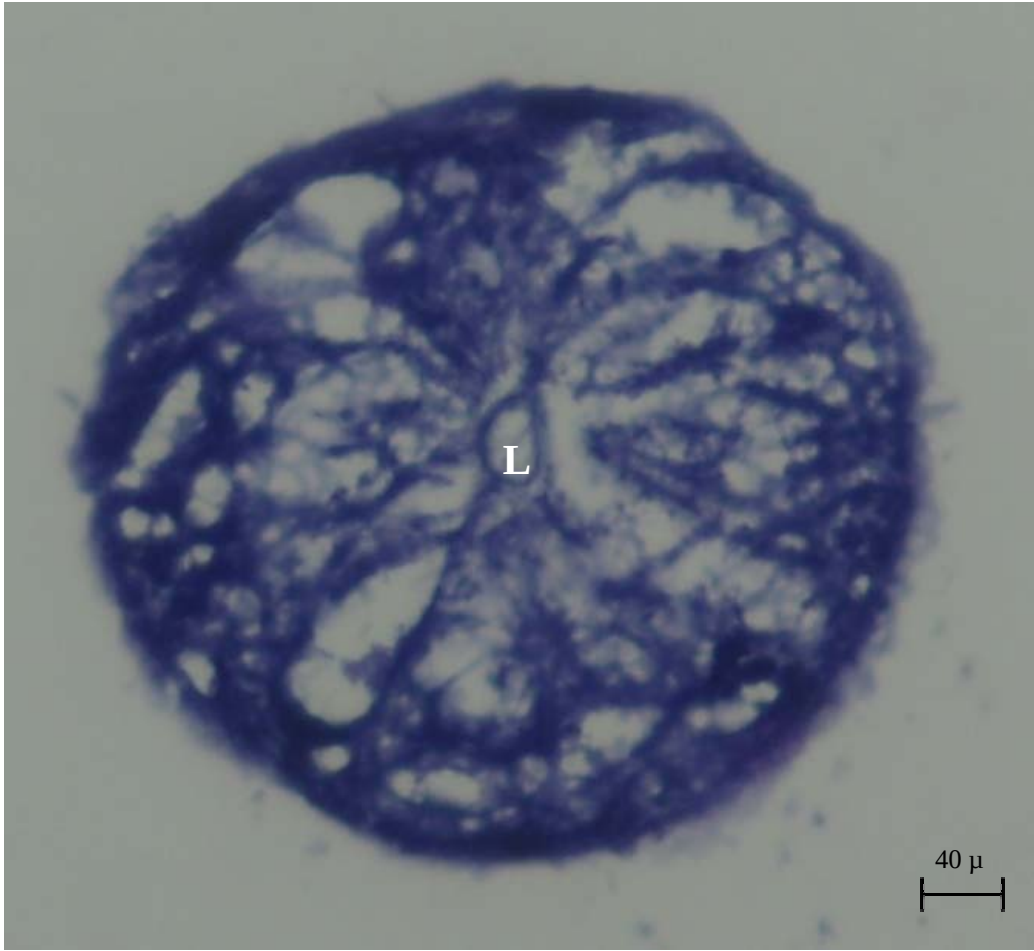
Resim 4.12. Tükürük bezi kanalı kıvrımlarının genel görünümü-SEM



Resim 4.13. Tükürük bezi kanalı genel görünümü-SEM



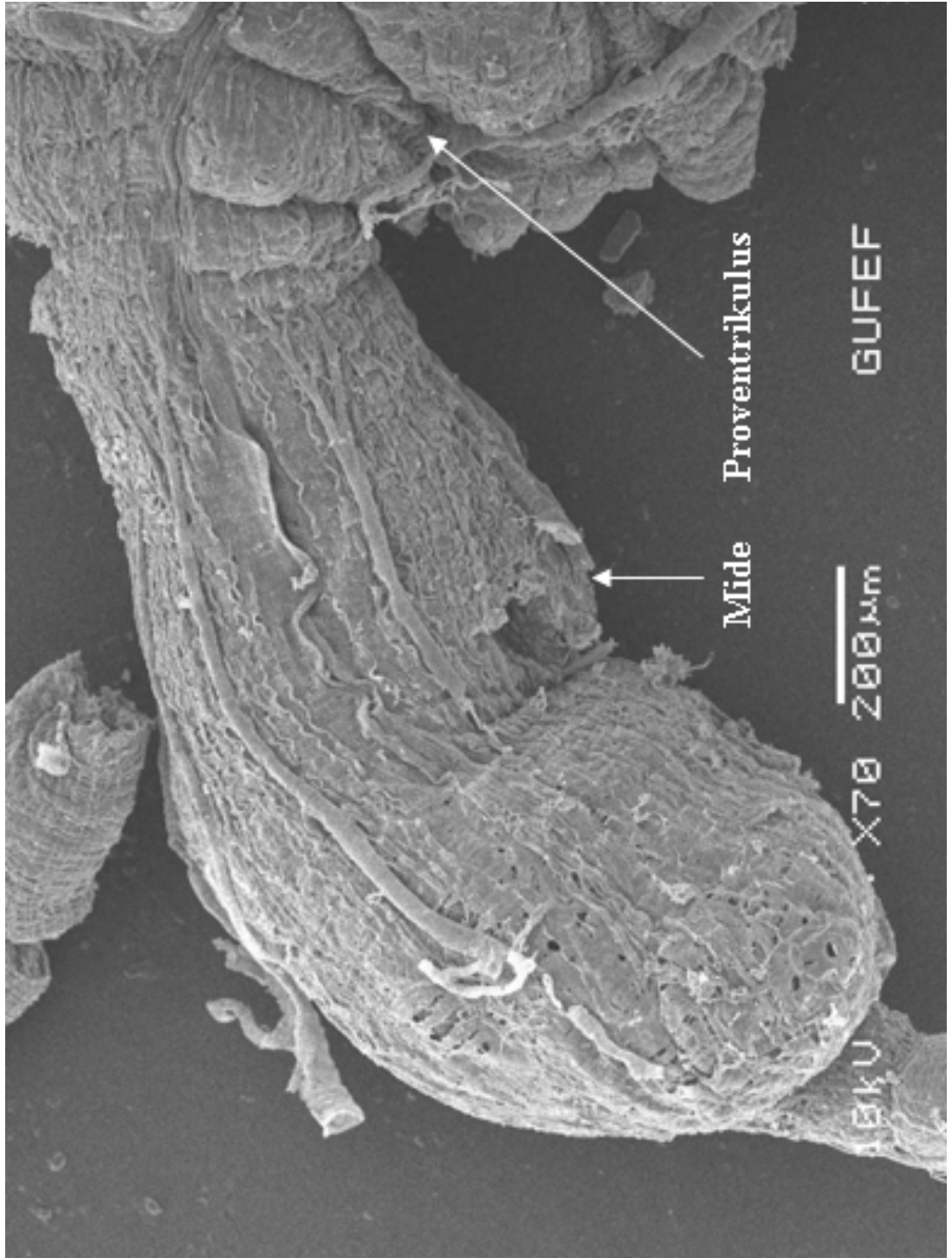
Resim 4.14. Tükürük bezi kanalı hücreleri ve açıklığı, Lümen (L)-SEM



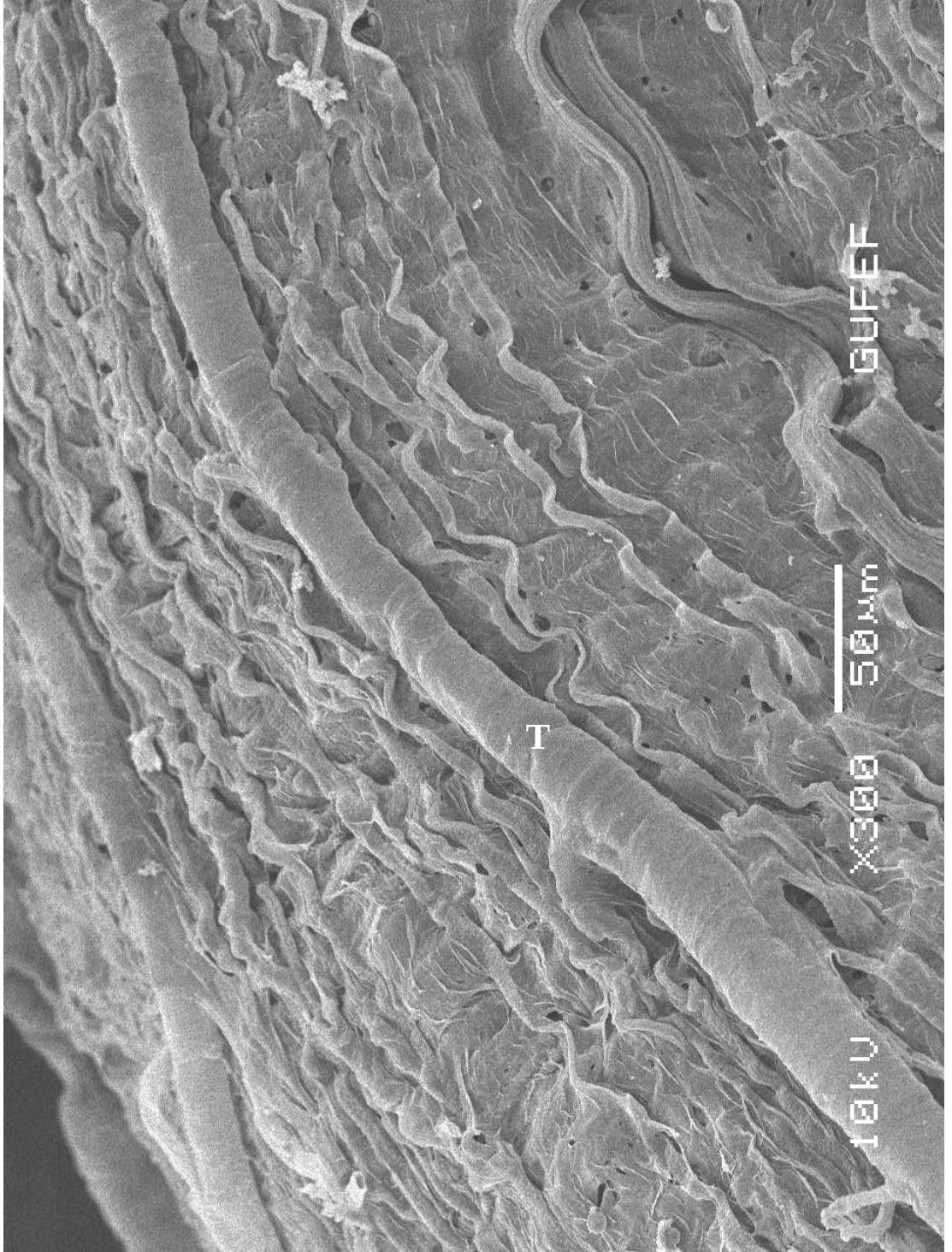
Resim 4.15. Tükürük bezi kanalı, Lümen (L)-(Enine kesit; HE)

4.2. Proventrikulus ve Mide

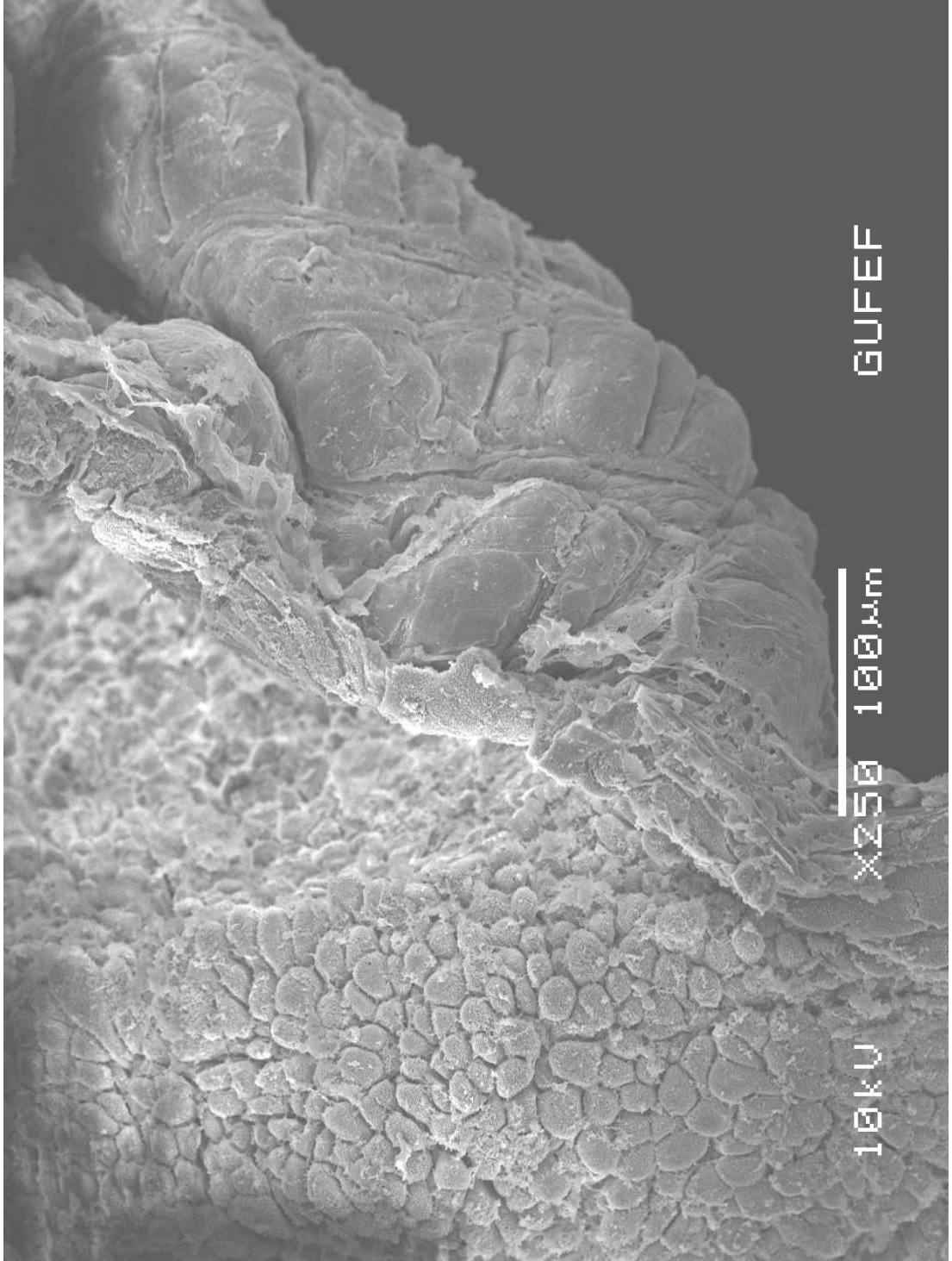
Proventrikulus ve orta bağırsağın ön kısmı olan mide, besinlerin parçalanmasına yardımcı olan sindirim sisteminin bölümleridir (Resim 4.1). Bu iki bölge de dıştan yoğun bir trake ağı ve boyuna kaslarla çevrelenmiştir (Resim 4.16-4.17). Gerek SEM görüntülerinde gerekse kesitlerde proventrikulus ve midenin iç yüzeyinin girintili çıkıntılı olduğu görülür (Resim 4.18-4.24). Bu görüntüyü tek tabakalı hücrelerin birleşme yerlerinin çukurda, merkezi kısımlarının apikalde yükselmiş olmaları sağlar (Resim 4.19-4.21). Bu tek katlı silindirik epitel tabakası hücrelerinin apikal zarları bol mikrovillüslü, bazal kısımları ise içeri doğru girintili bir yapıdadır (Resim 4.20-4.24).



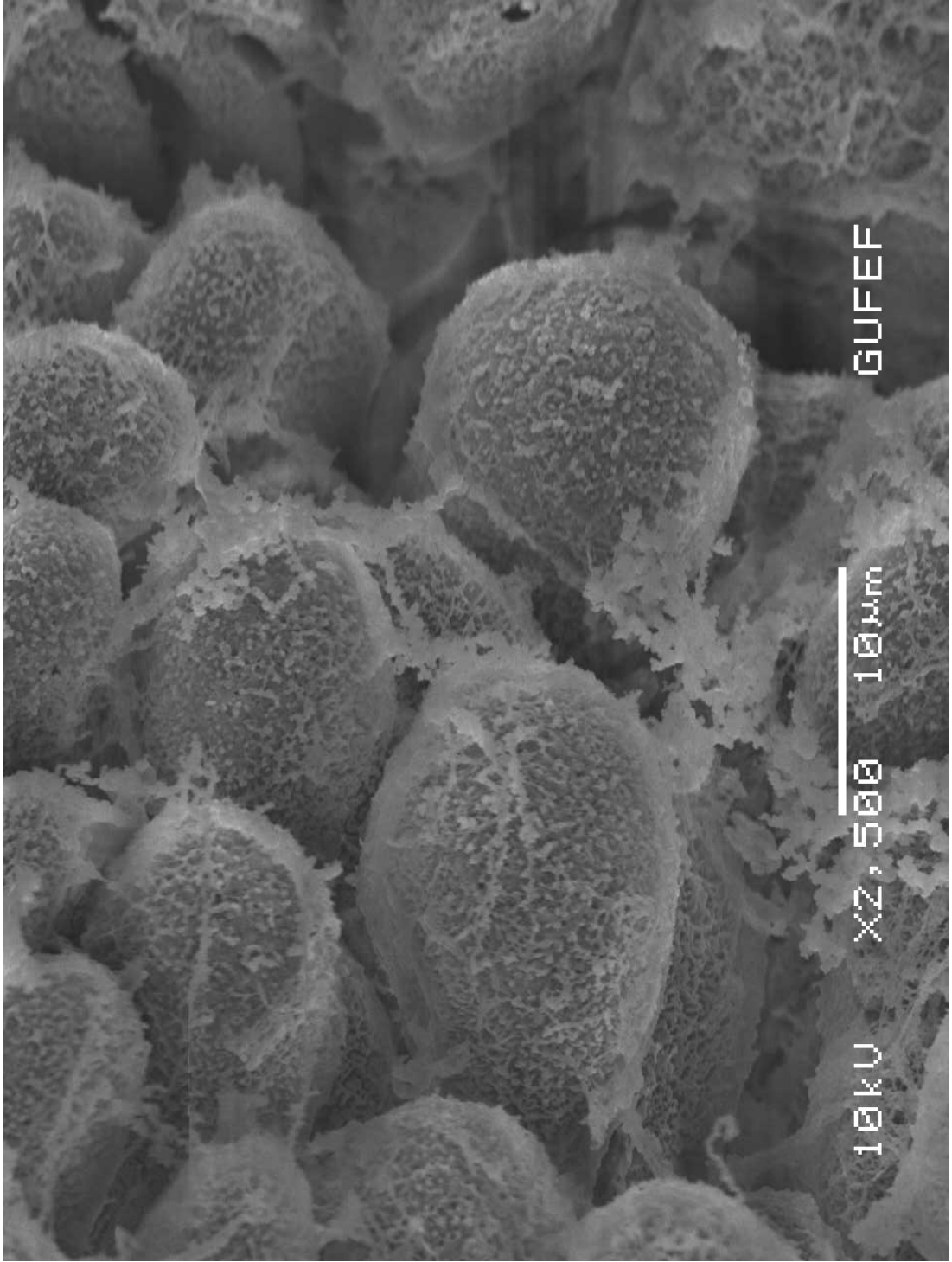
Resim 4.16. Proventrikulus ve midenin genel görünümü-SEM



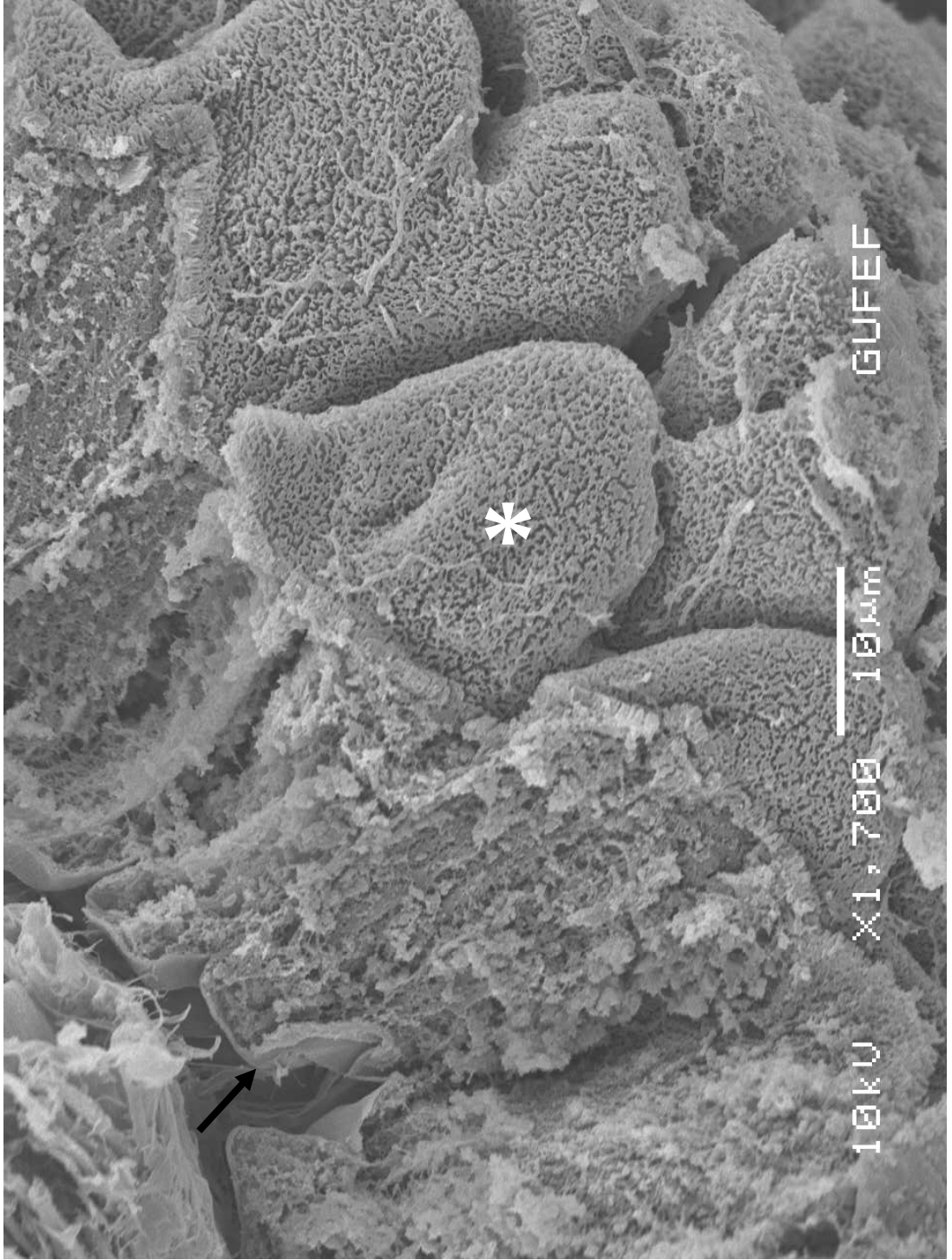
Resim 4.17. Proventrikulus ve midenin dış yüzeyinin görünümü, Trake (T)-SEM



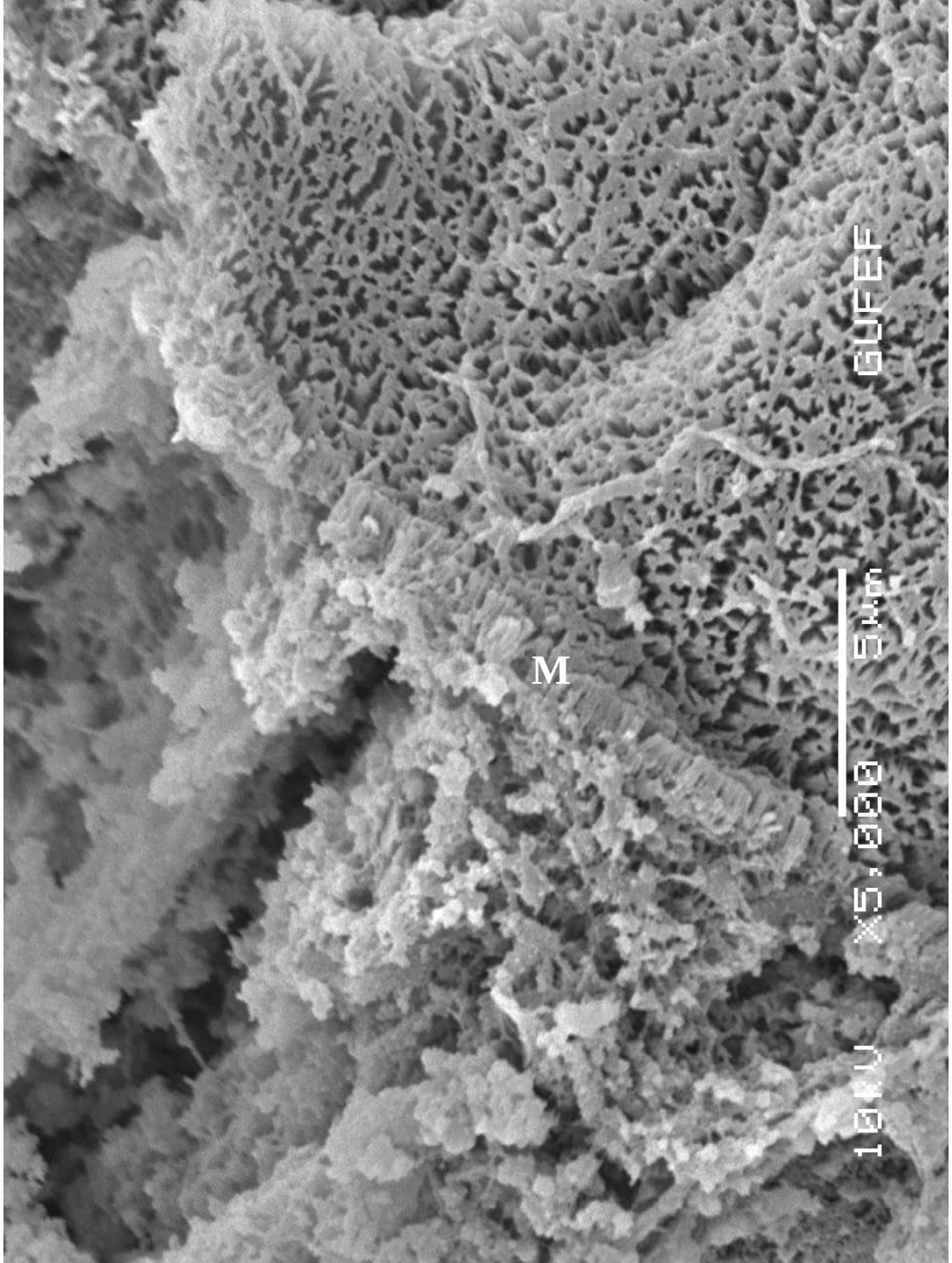
Resim 4.18. Proventrikulus ve midenin dış ve iç yüzeyinden bir kısım-SEM



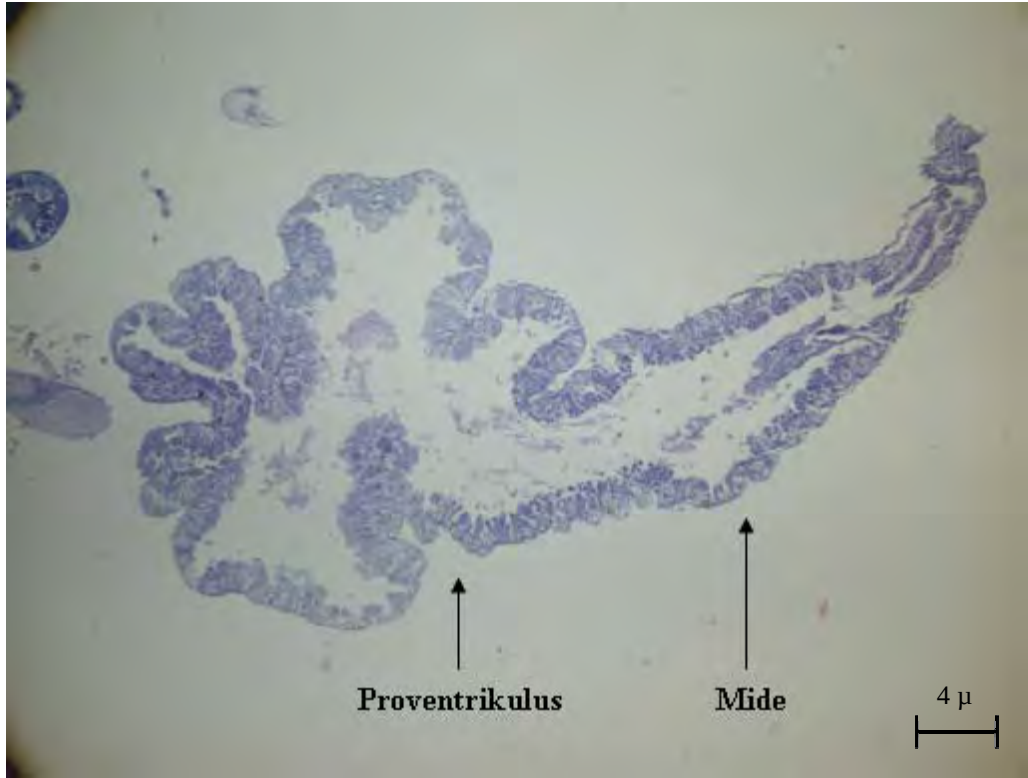
Resim 4.19. Midenin iç yüzeyinin görünümü-SEM



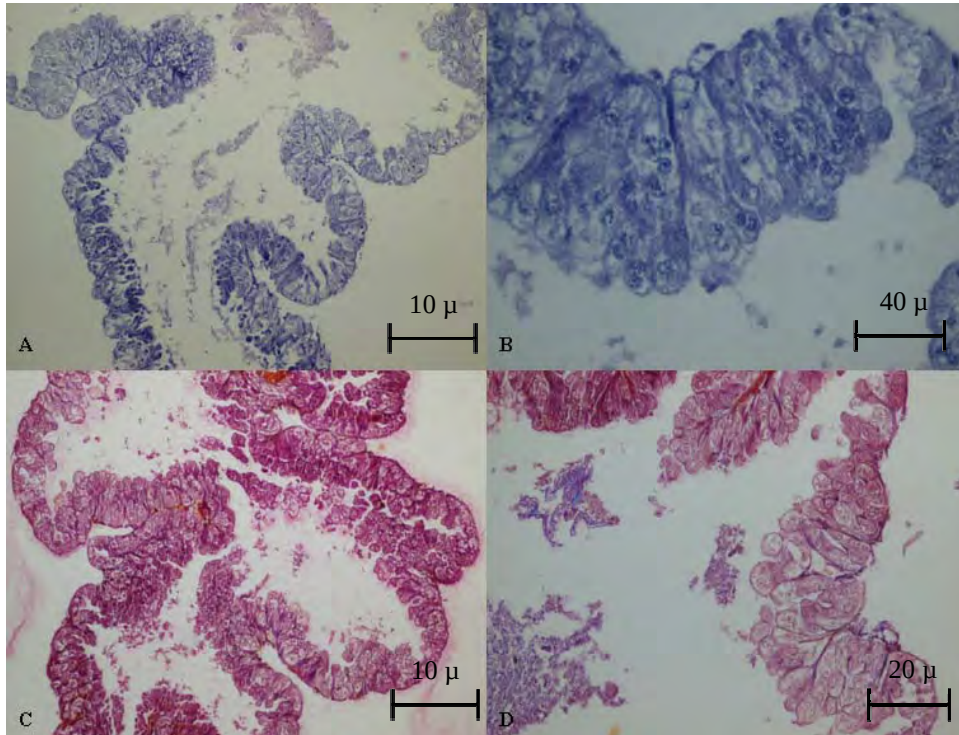
Resim 4.20. Midenin iç yüzeyinde tek tabakalı silindirik epitel apikal yükseltileri (*) ve bazal zar katlanmaları (→)-SEM



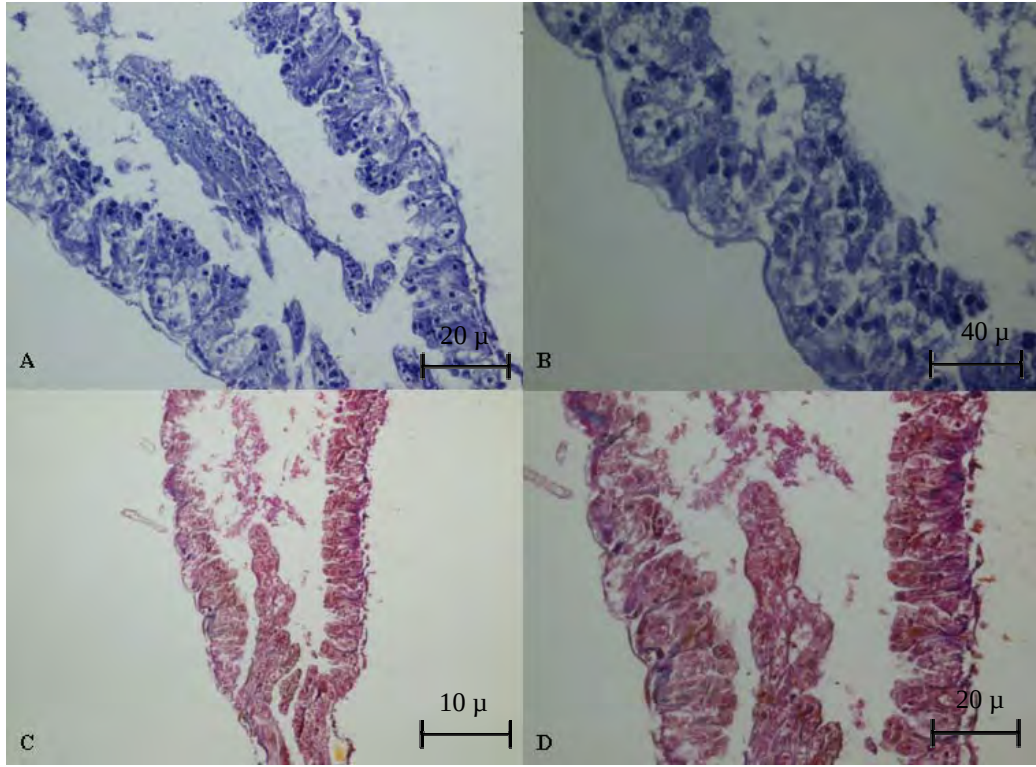
Resim 4.21. Midenin iç yüzeyinde silindirik epitel hücre ve mikrovillüsleri (M)-SEM



Resim 4.22. Proventrikulus ve midenin görünümü (Boyuna Kesit; HE)



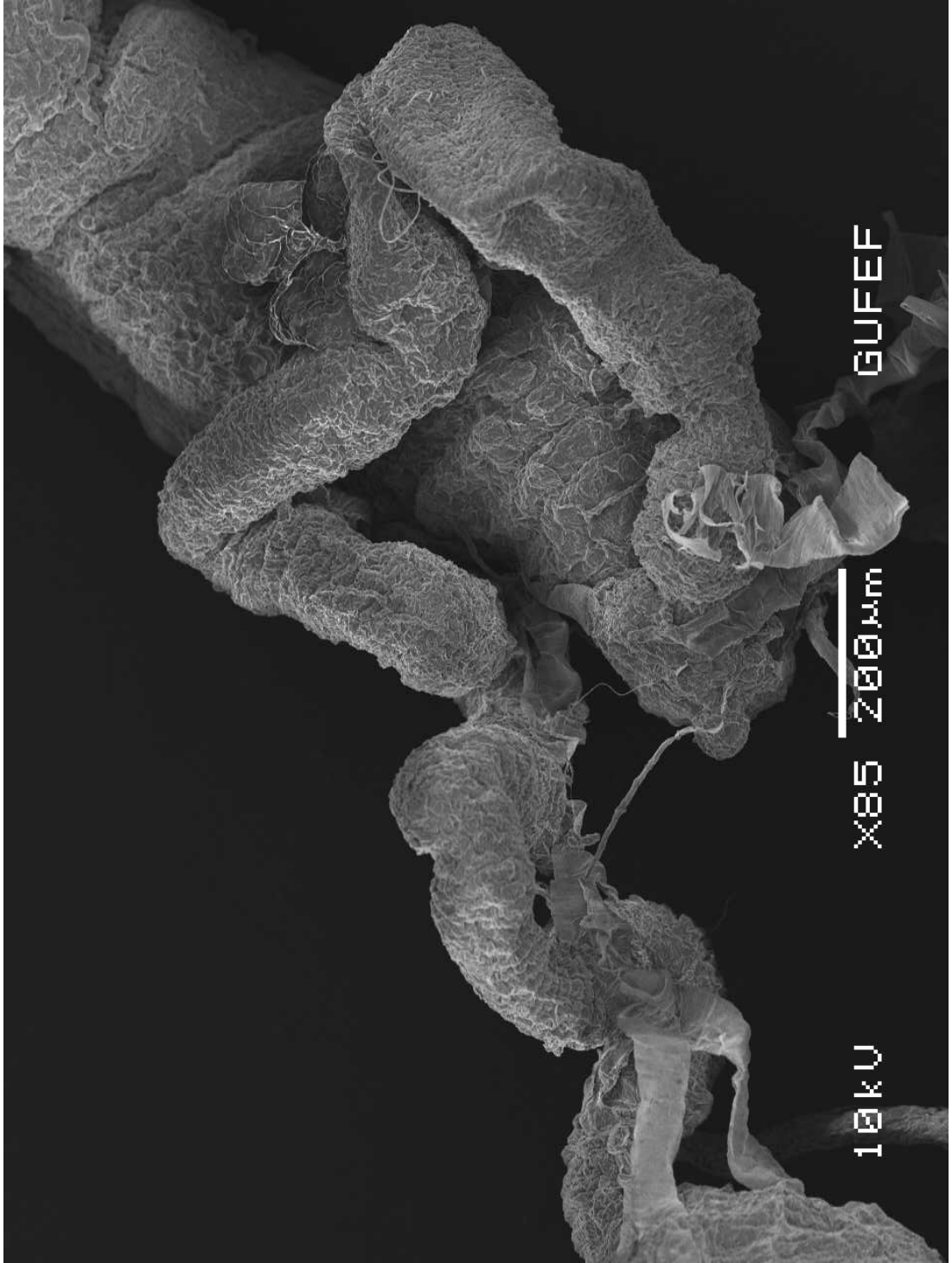
Resim 4.23. Proventrikulus (Boyuna Kesit; A), B) HE; C), D) Mallory 3'lü Boyama)



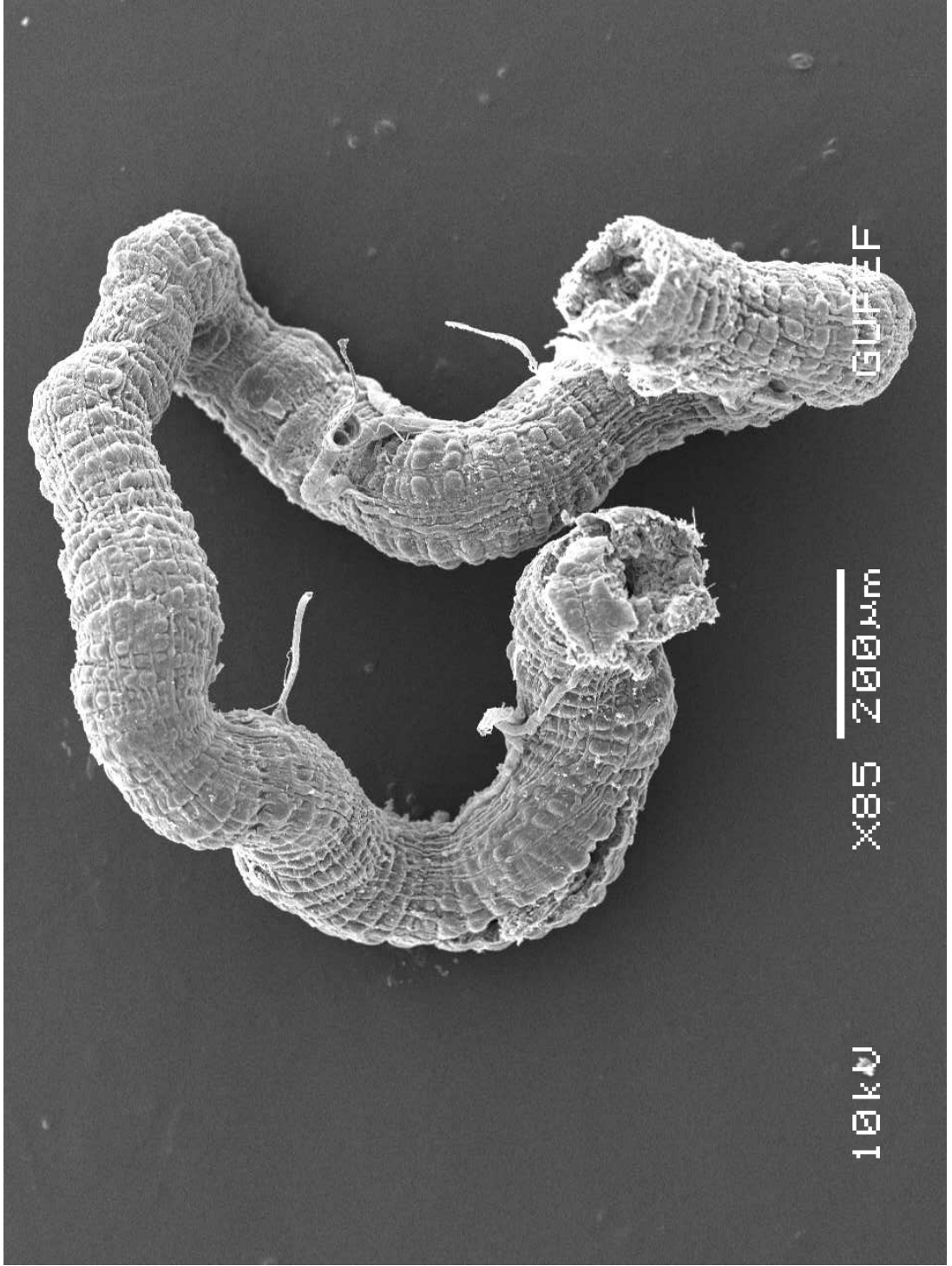
Resim 4.24. Mide (Boyuna Kesit; A), B) HE; C), D) Mallory 3'lü Boyama)

4.3. Orta Bağırsak Kanalı

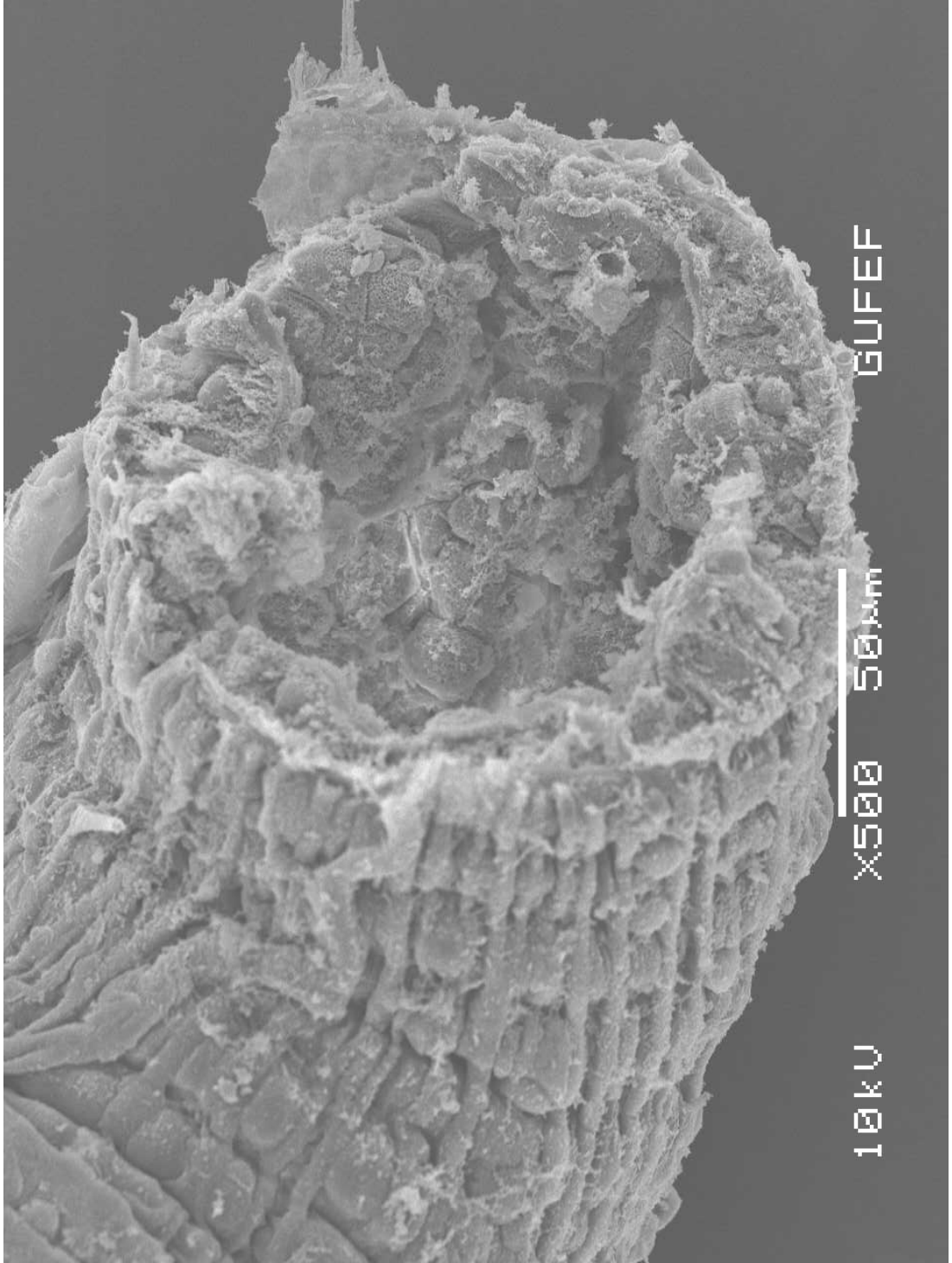
Orta bağırsağın yaklaşık 2/3'sini oluşturan ve sindirimin gerçekleştiği kısım olan orta bağırsak kanalı uzun bir tüp şeklindedir (Resim 4.1, 4.25-4.33). Duvarı, içte halkasal dışta boyuna kas tabakalarıyla çevrili, bol trakeli, ince bir bazal laminaya sahip tek tabakalı, farklı yüksekliklerde silindirik bağırsak epitel hücrelerinden meydana gelir (Resim 4.25-4.33). Hücreler lümen tarafına doğru mikrovilluslara sahiptir (Resim 4.27-4.29). Mallory ve Hematoksilenle boyanmış kesitlerde epitelde farklı boyanma özelliklerine sahip hücreler bir arada görülmektedir (Resim 4.30-4.33).



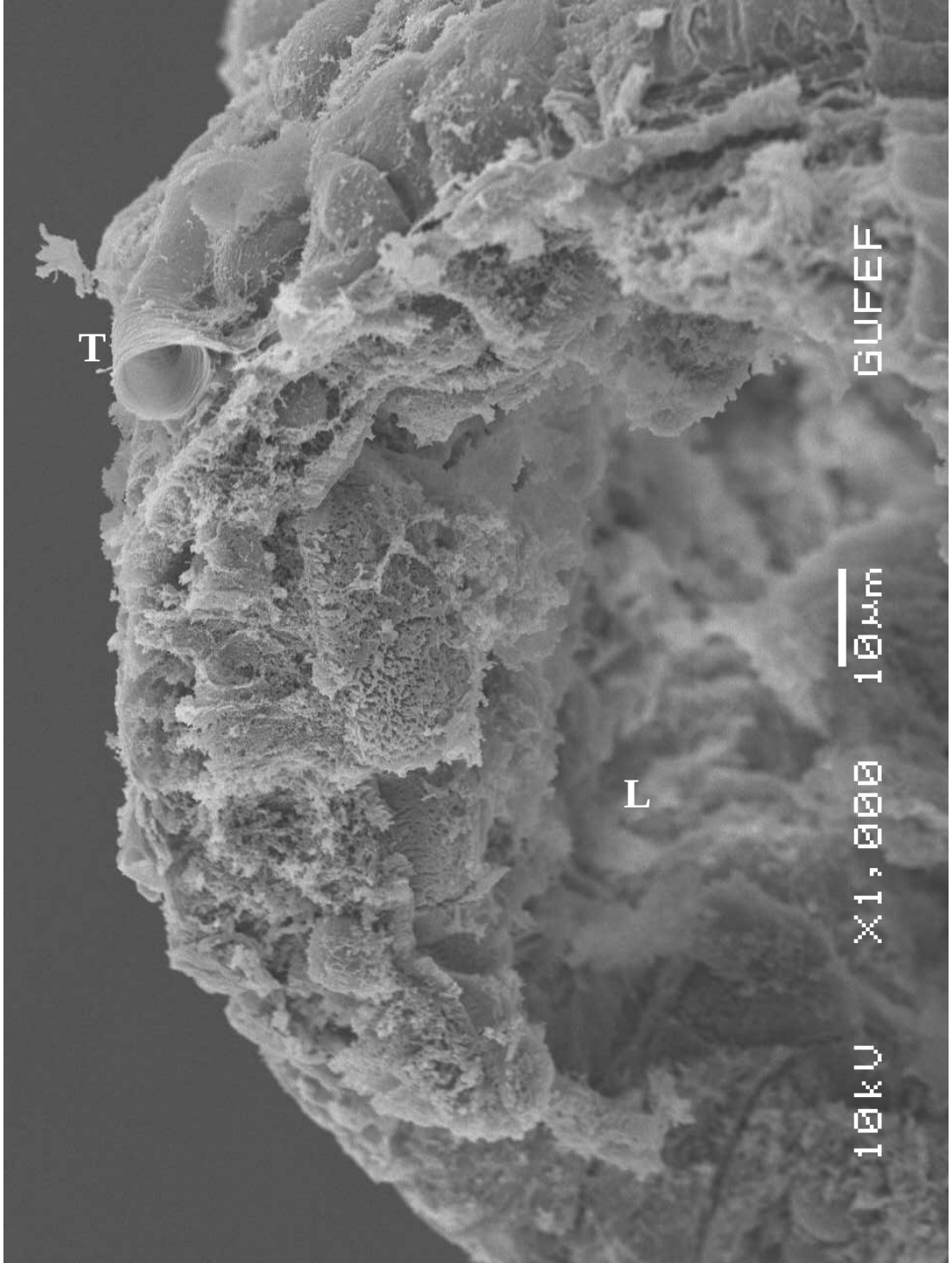
Resim 4.25. Orta bağırsak kanalı genel görünümü-SEM



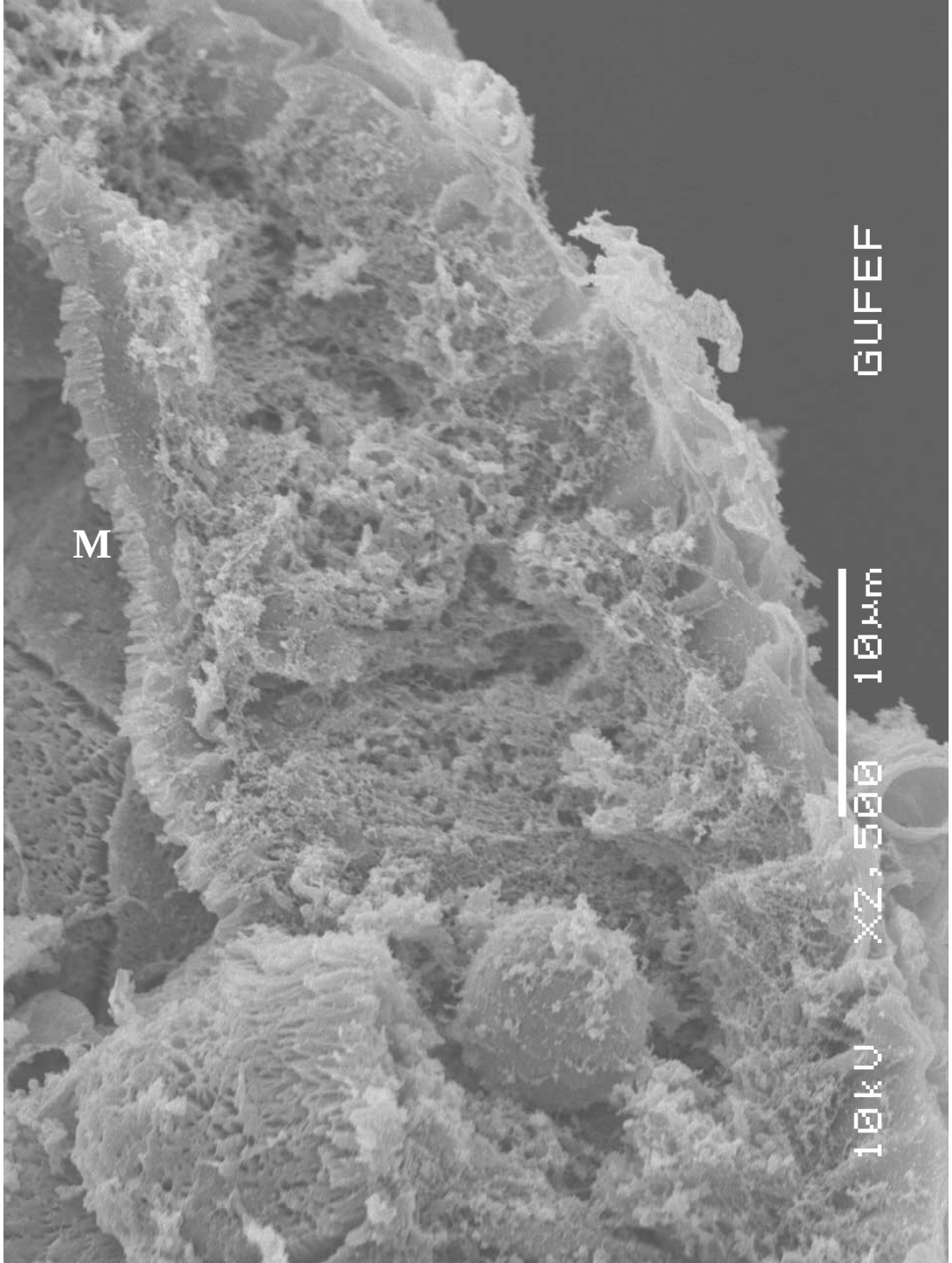
Resim 4.26. Orta bağırsak kanalı genel görünümü-SEM



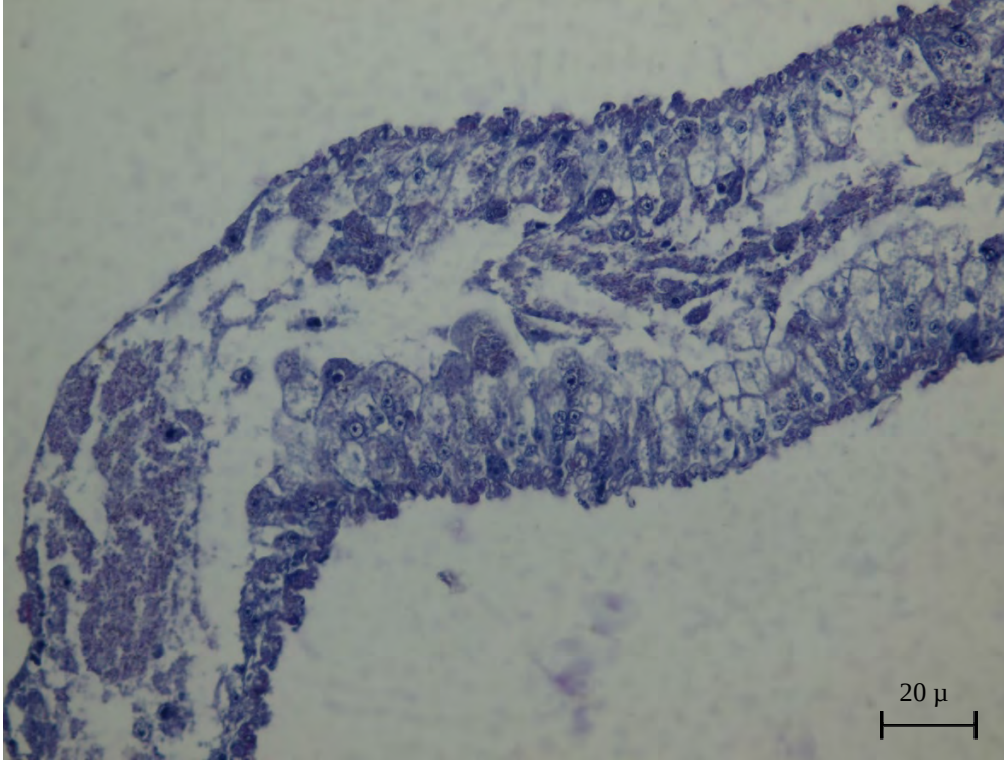
Resim 4.27. Orta bağırsak kanalı iç yüzeyinin görünümü-SEM



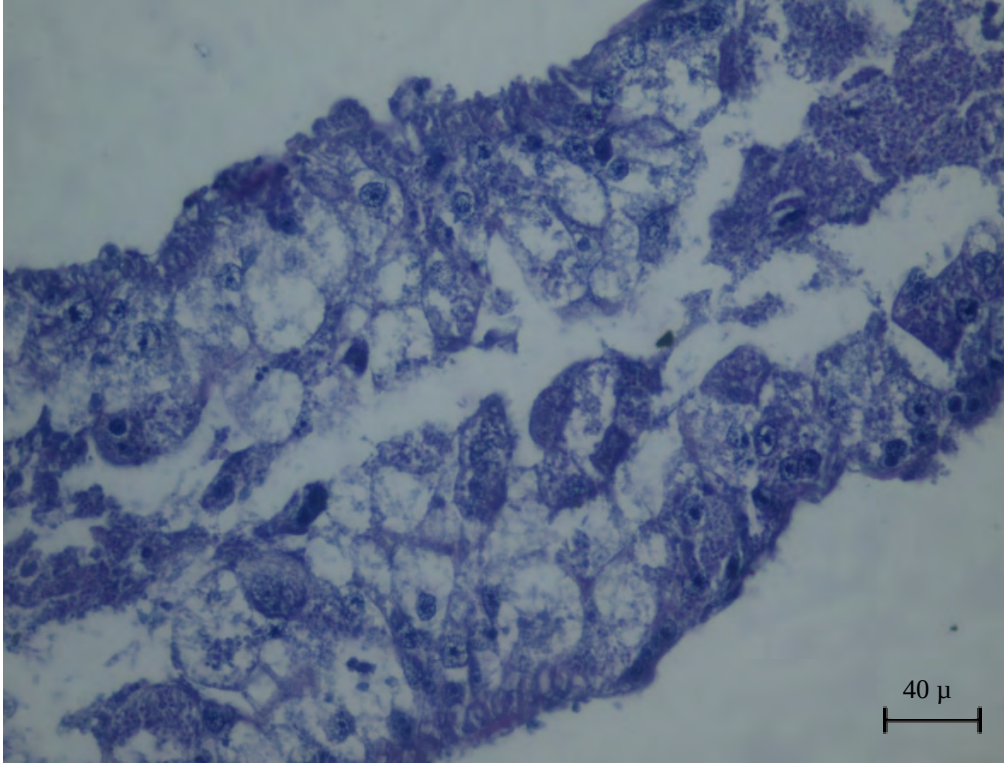
Resim 4.28. Orta bağırsak kanalı iç yüzeyinin görünümü, Lümen (L), Trake (T)-SEM



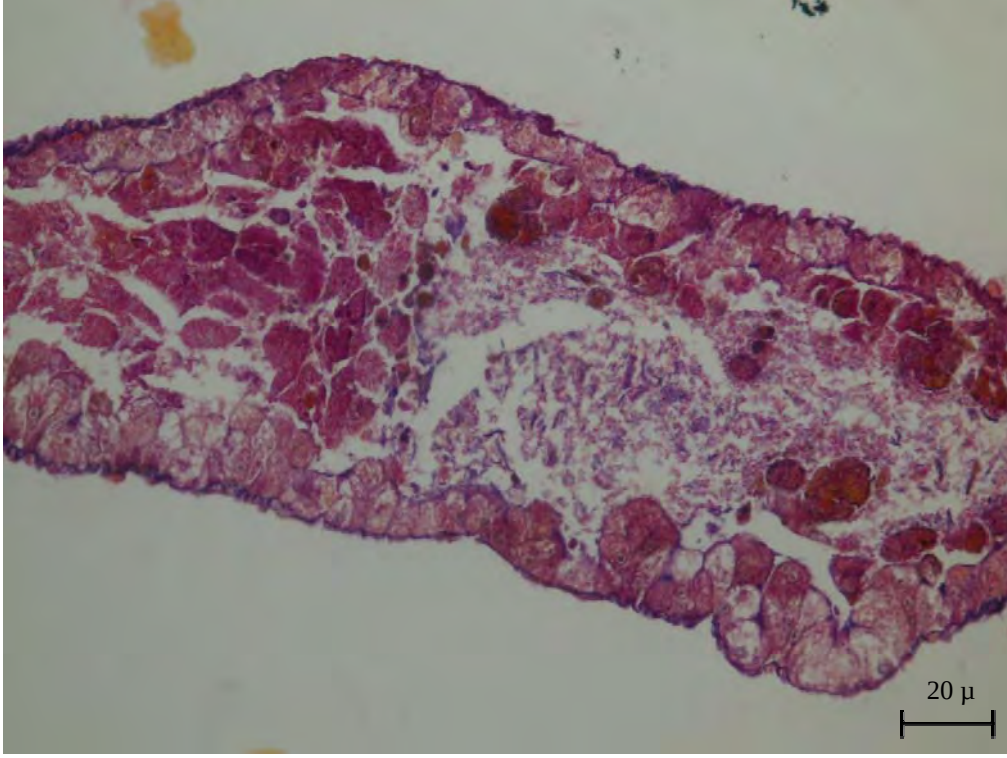
Resim 4.29. Orta bağırsak kanalı hücreleri yüzeyinde mikrovillüsler (M)-SEM



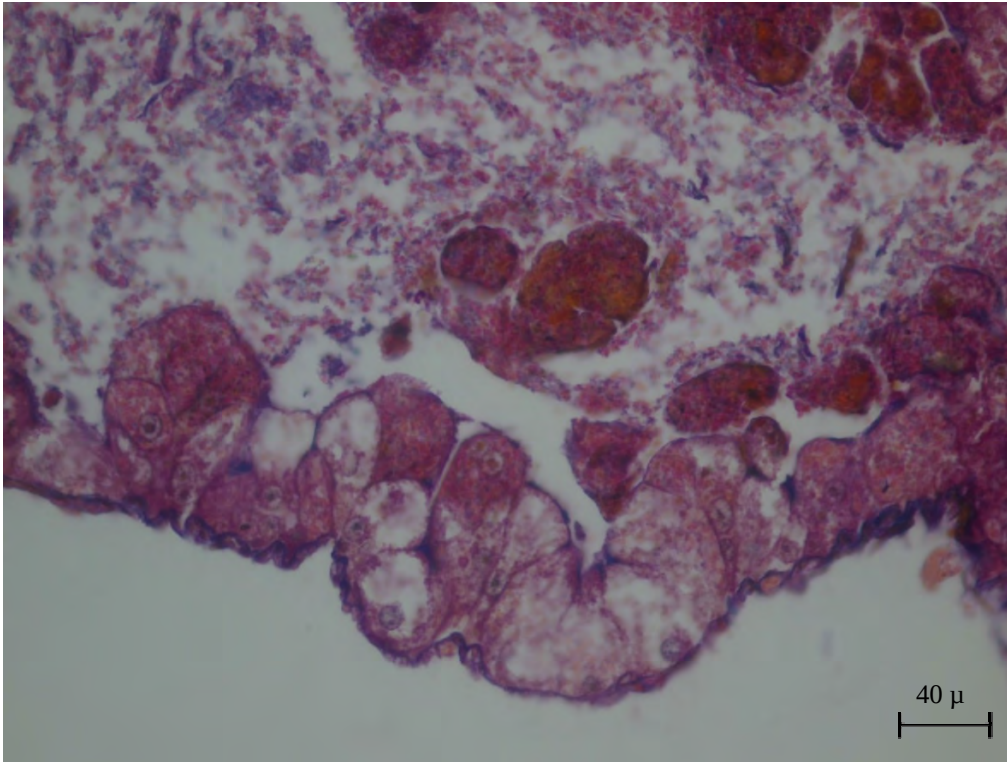
Resim 4.30. Orta bağırsak kanalı (Boyuna Kesit; HE)



Resim 4.31. Orta bağırsak kanalı (Boyuna Kesit; HE)



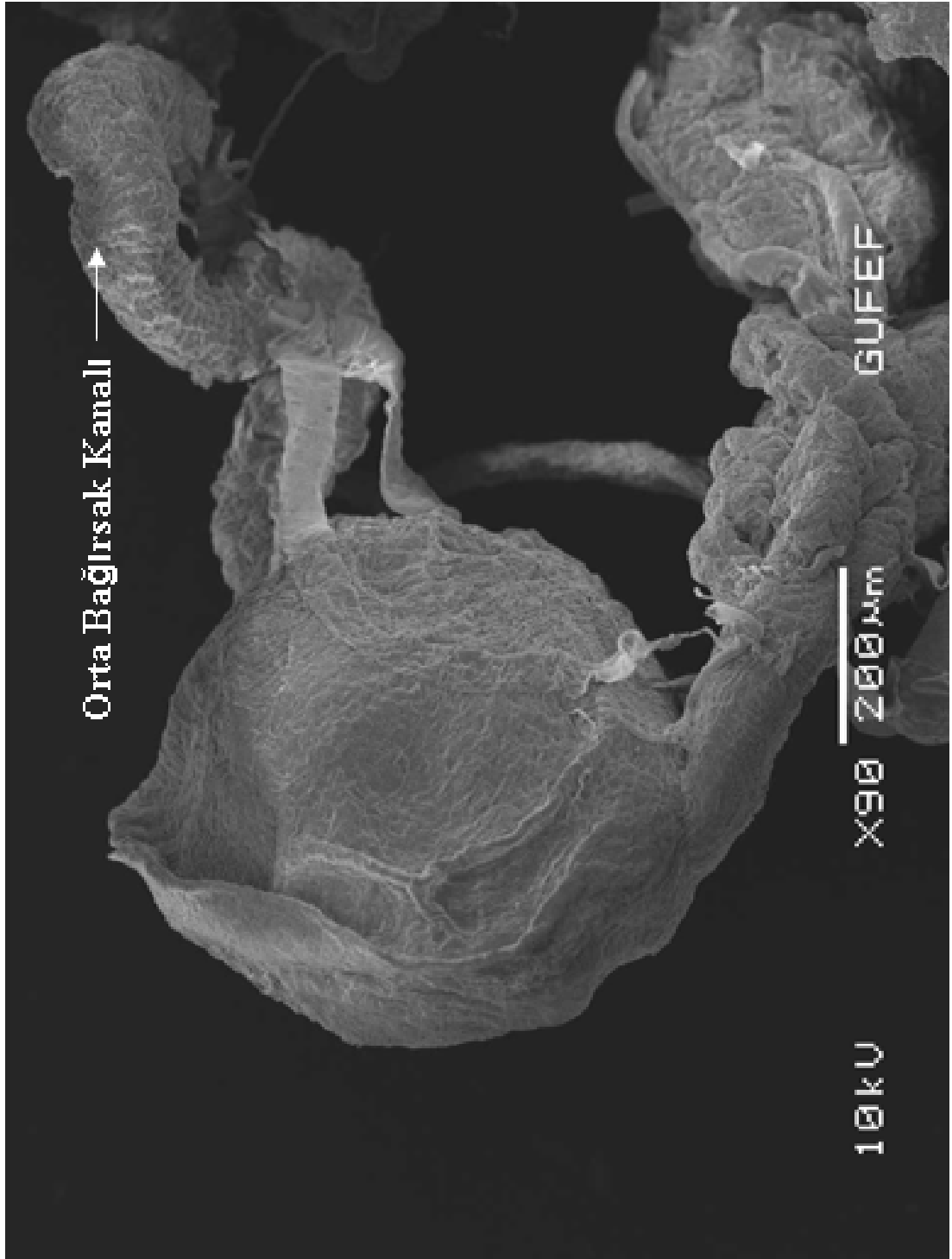
Resim 4.32. Orta bağırsak kanalı (Boyuna Kesit; Mallory 3'lü Boyama)



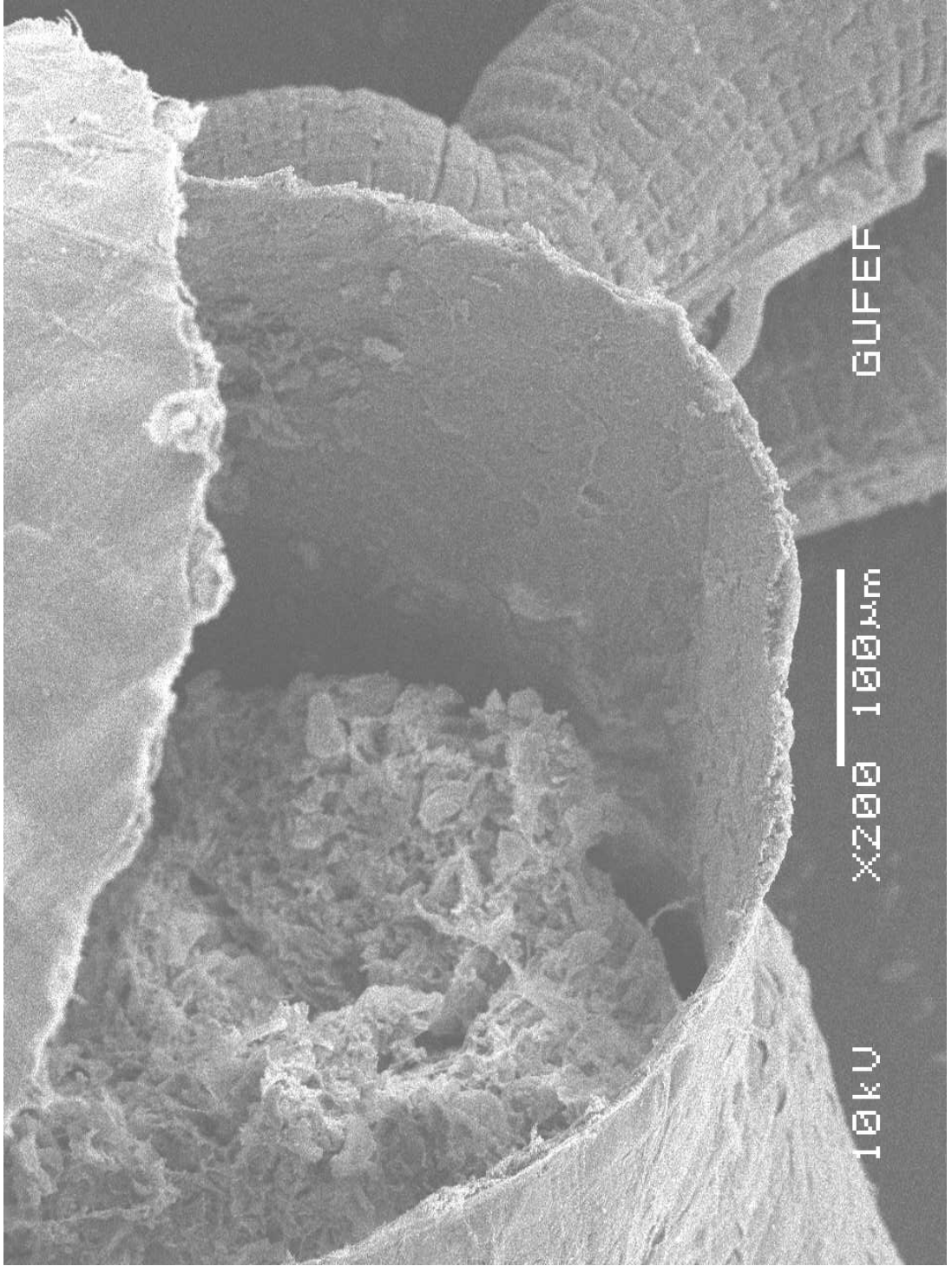
Resim 4.33. Orta bağırsak kanalı (Boyuna Kesit; Mallory 3'lü Boyama)

4.4. “Bulb”

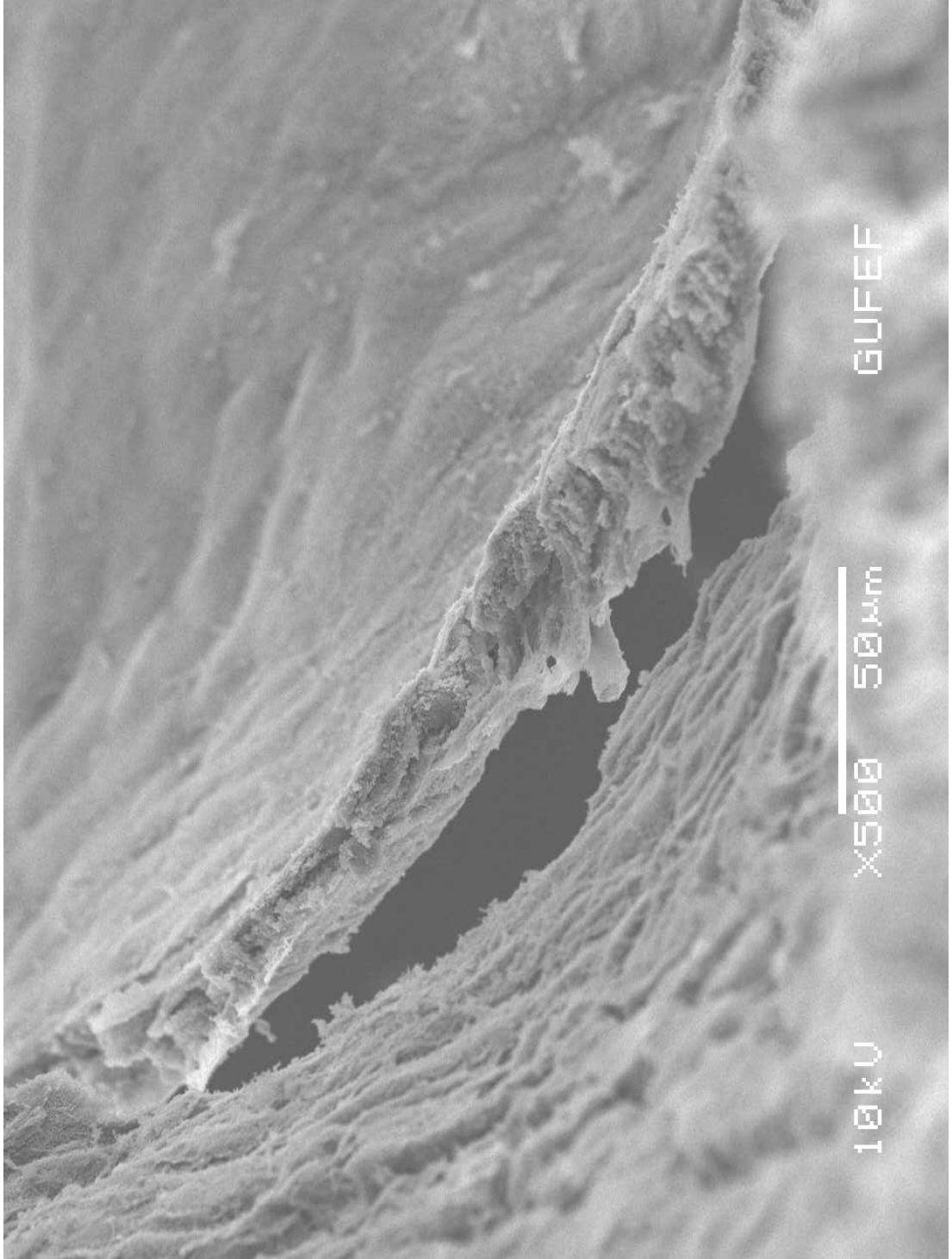
Orta bağırsağın posterior bölgesi “bulb” adı verilen kısa genişlemiş bir bölgedir. Bir ucu orta bağırsak kanalına diğer ucu ise gastrik çekuma bağlanmaktadır (Resim 4.1, 4.34-4.41). Bu kısım, alınan besinlerdeki fazla suyun arka bağırsağa geçmeden önce emilmesine yardımcı olmaktadır. SEM görüntülerine göre dıştan yüzeyi düz ve kaslarla çevrilidir (Resim 4.34-4.35). İç kısmı sindirim ürünleri içeren geniş bir boşluk şeklindedir. Duvar yapısı oldukça incedir (Resim 4.35). Duvar yapısındaki epitel hücrelerin boyları kısalmıştır, boylarında farklılık görülür, yer yer kübik hatta yassı hücre görünümündedir (Resim 4.36-4.37, 4.39-4.41). Hücre yüzeyi bulb içinden bakıldığında oldukça düz görülür, fakat yüksek büyütmelelerde mikrovillüslü olduğu seçilir (Resim 4.38).



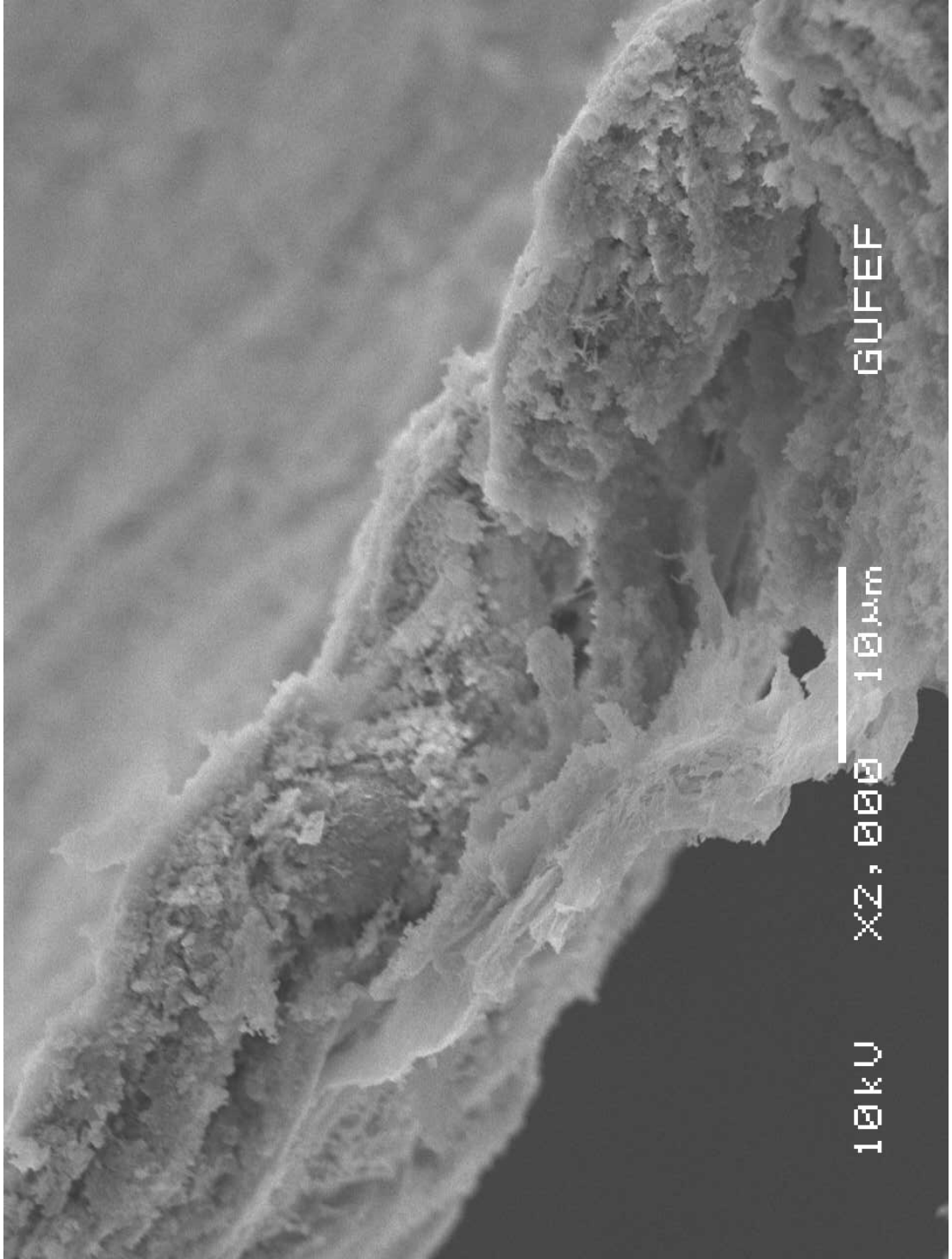
Resim 4.34. Orta bağırsağın “Bulb” bölgesi, genel görünümü-SEM



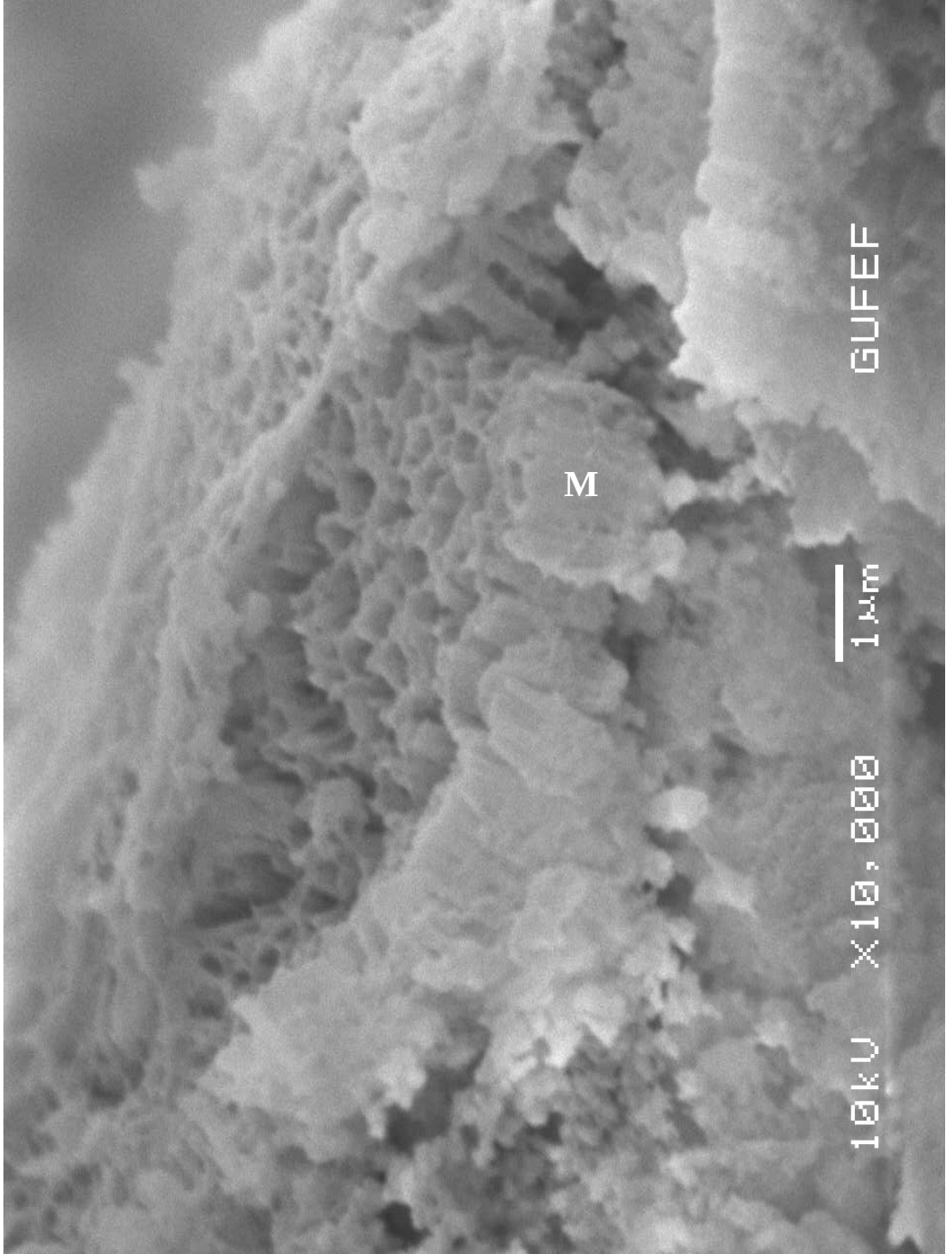
Resim 4.35. Orta bağırsağın “Bulb” duvarı ve iç yüzeyi-SEM



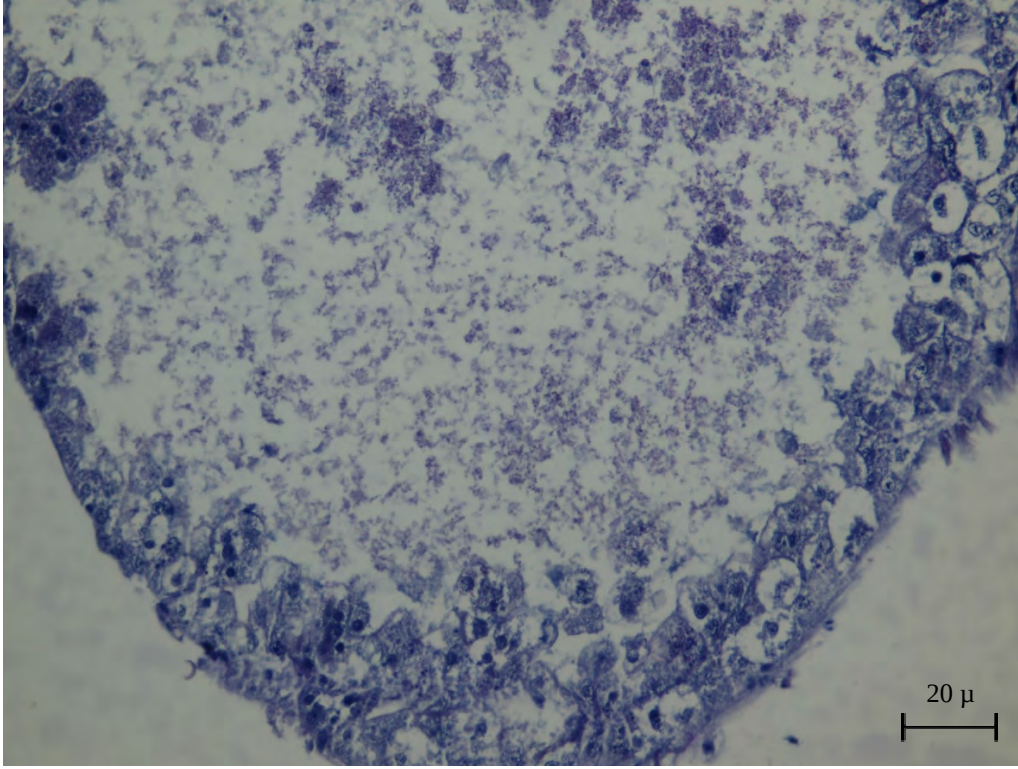
Resim 4.36. Orta bağırsağın “Bulb” duvarı ve iç yüzeyi-SEM



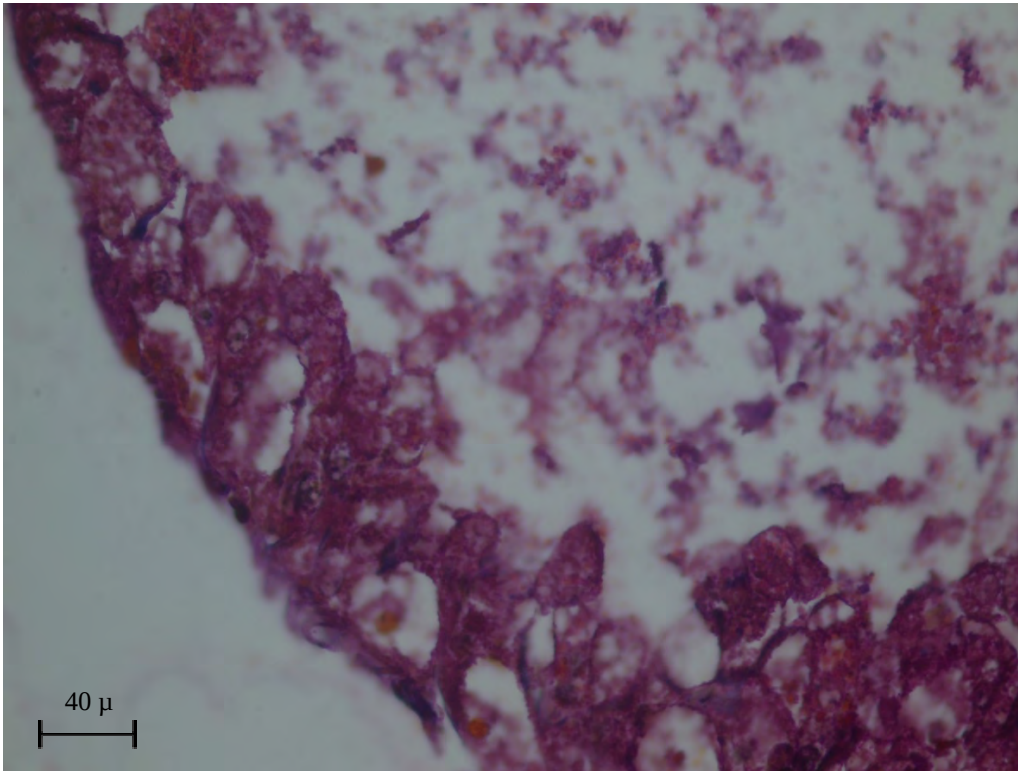
Resim 4.37. Orta bağırsağın “Bulb” duvarındaki hücreler ve iç yüzeyi-SEM



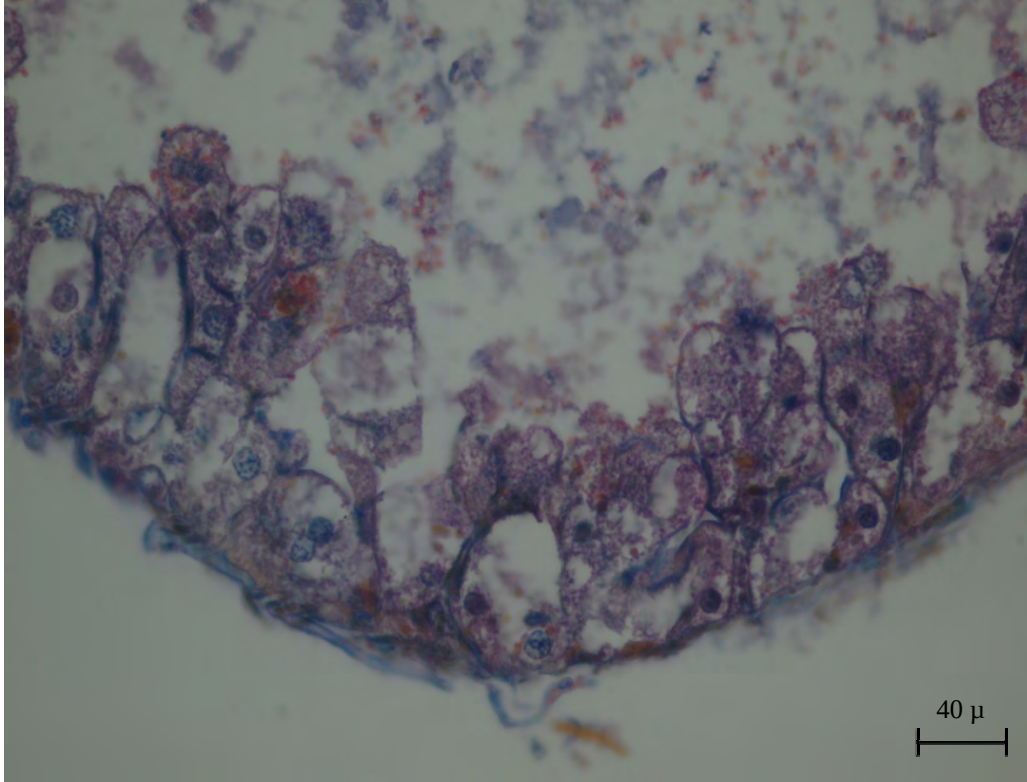
Resim 4.38. Orta bağırsağın “Bulb” duvarındaki hücrelerin mikrovillüsleri (M)-SEM



Resim 4.39. “Bulb” (Boyuna Kesit; HE)



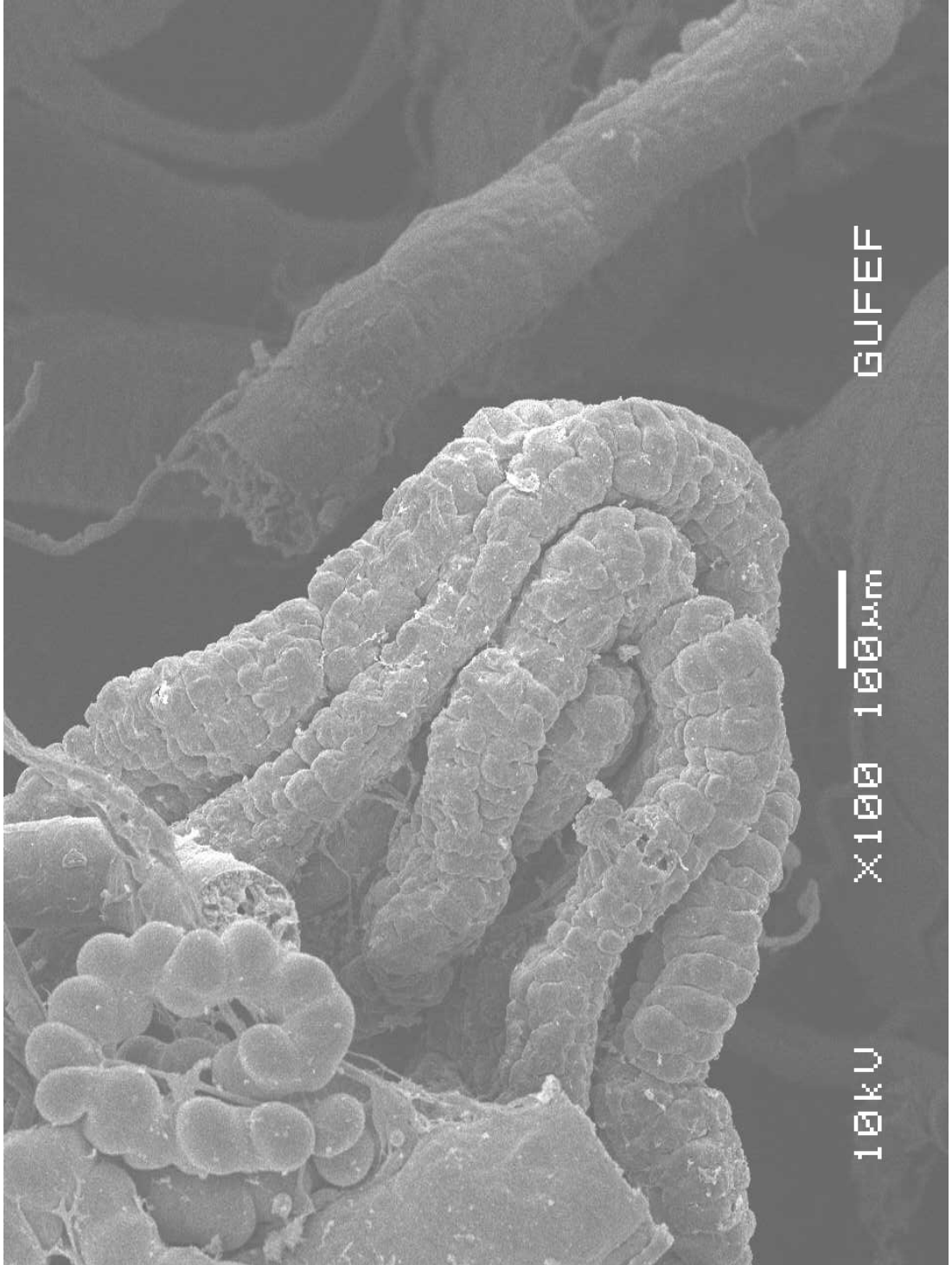
Resim 4.40. “Bulb” (Boyuna Kesit; Mallory 3'lü Boyama)



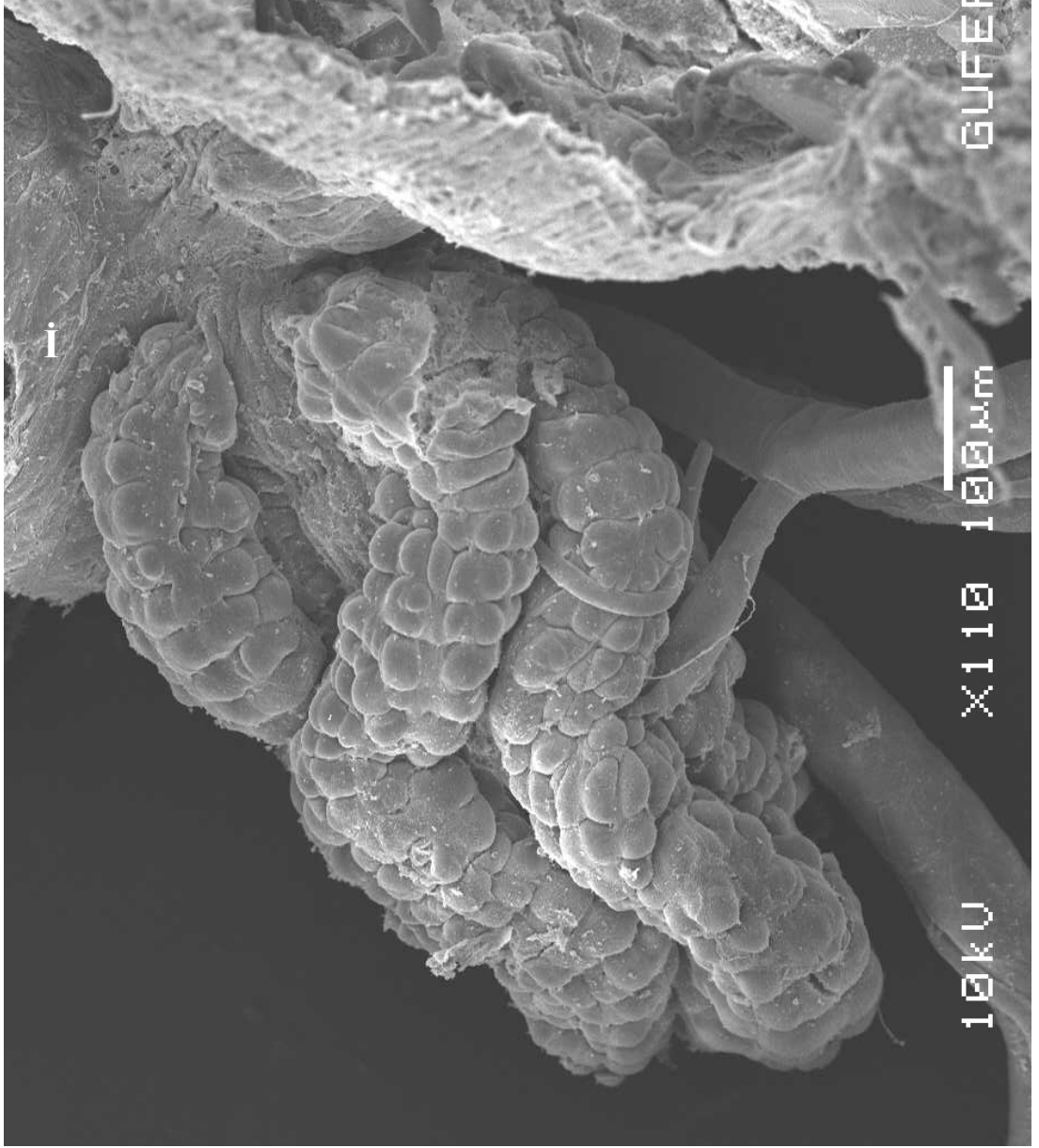
Resim 4.41. “Bulb” (Boyuna Kesit; Mallory 3’lü Boyama)

4.5. Gastrik Çekum

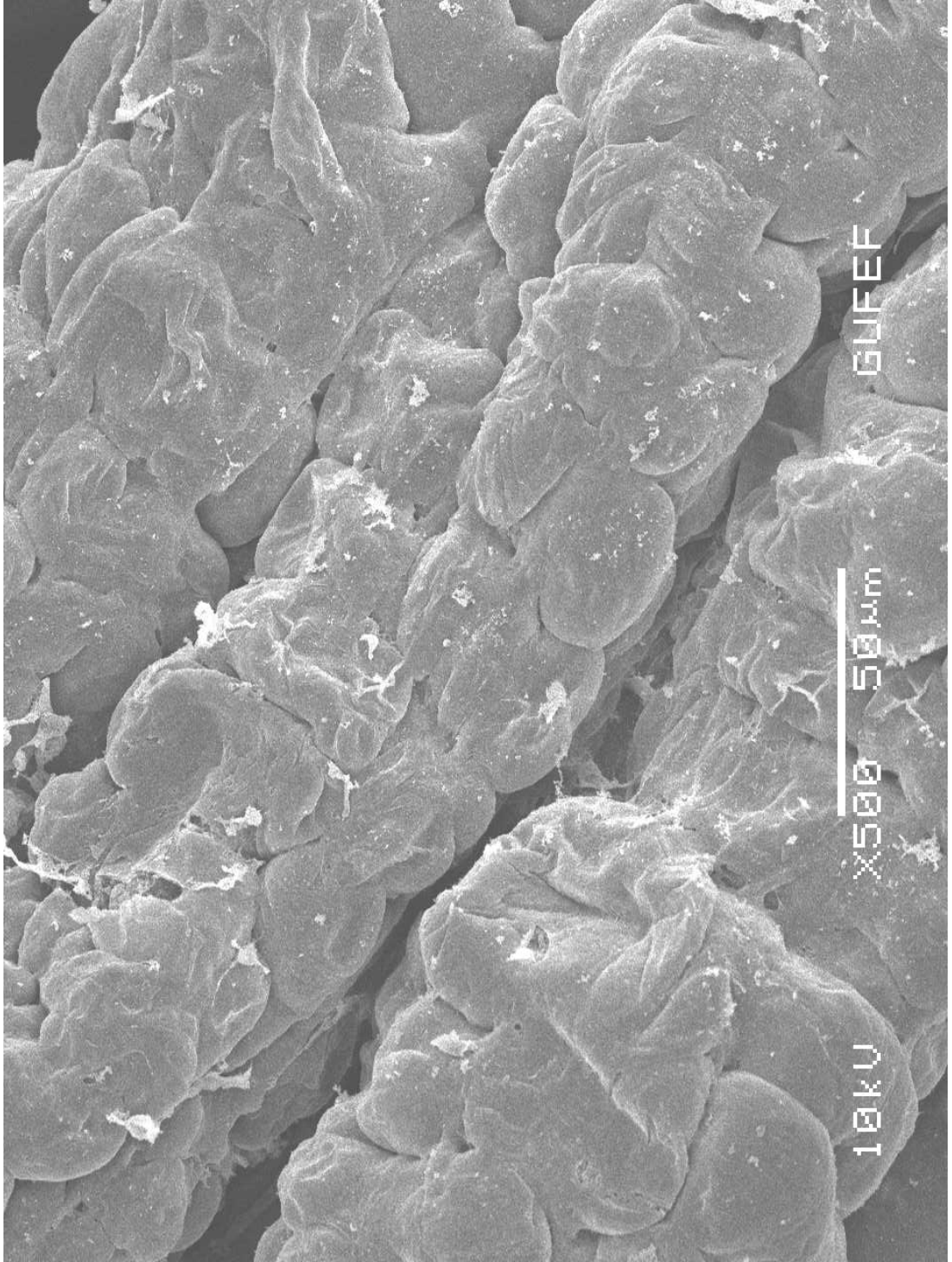
Gastrik çekum bir ucu Malpighi tüplerinin bağlandığı yer olan arka bağırsağın ileum bölgesine, diğer ucu orta bağırsağın “bulb” bölgesine bağlanmış ve birbirine bitişik dört kanaldan meydana gelmiştir (Resim 4.42-4.44). SEM görüntüleri enine hafif boğumlu bir yapıya sahip olduğunu ve iç yüzeyinin de çok kıvrımlı olduğunu göstermektedir (Resim 4.45-4.47). Çekumun, sindirime yardımcı olan bakterilerle dolu olduğu da ayrıca görülmektedir. Işık mikroskobu görüntülerine göre, silindirik yapıdaki bu bölmelerde bulunan hücreler tek tabakalı bir dizilim göstermişlerdir.



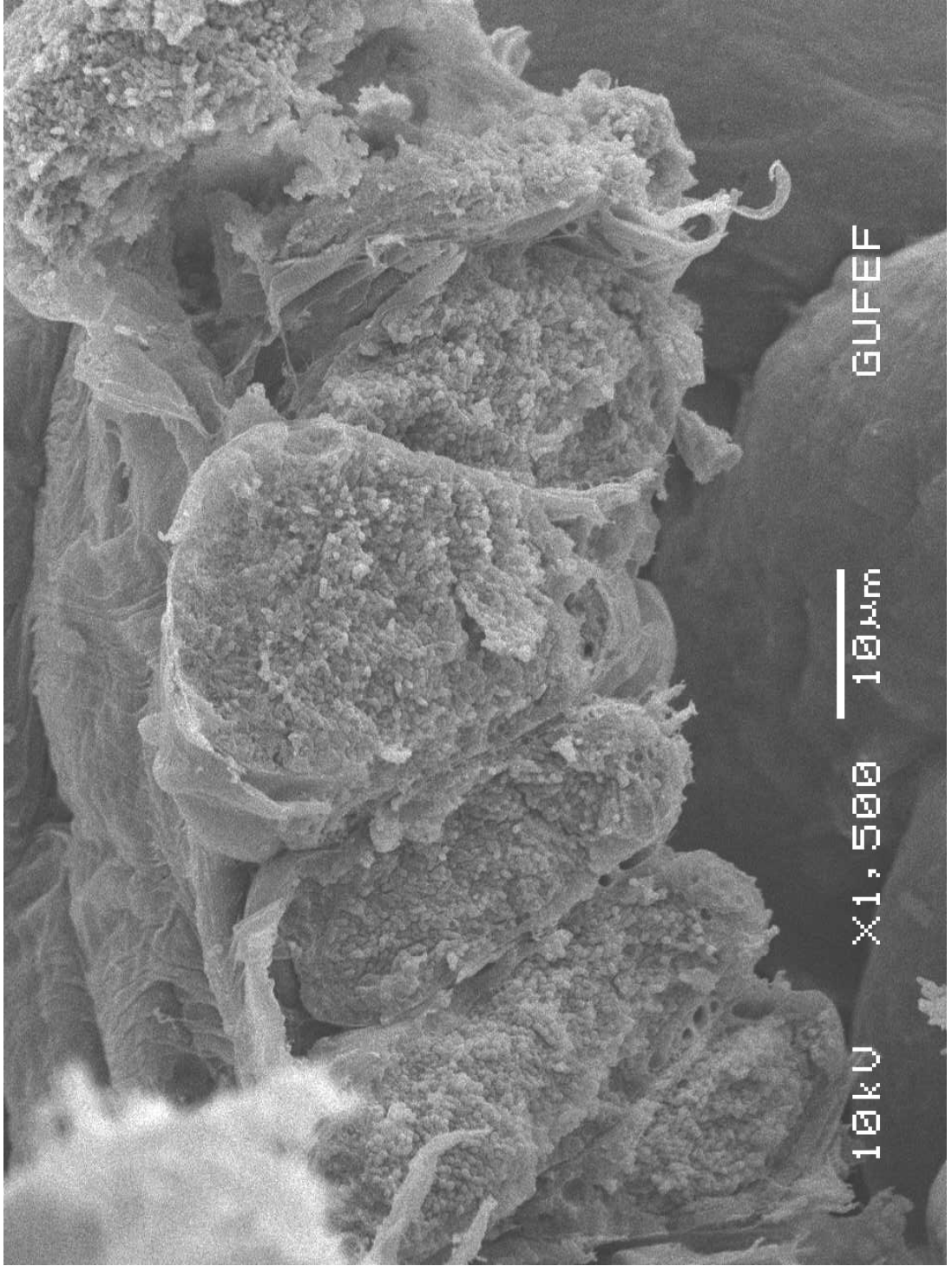
Resim 4.42. Gastrik çekum genel görünümü-SEM



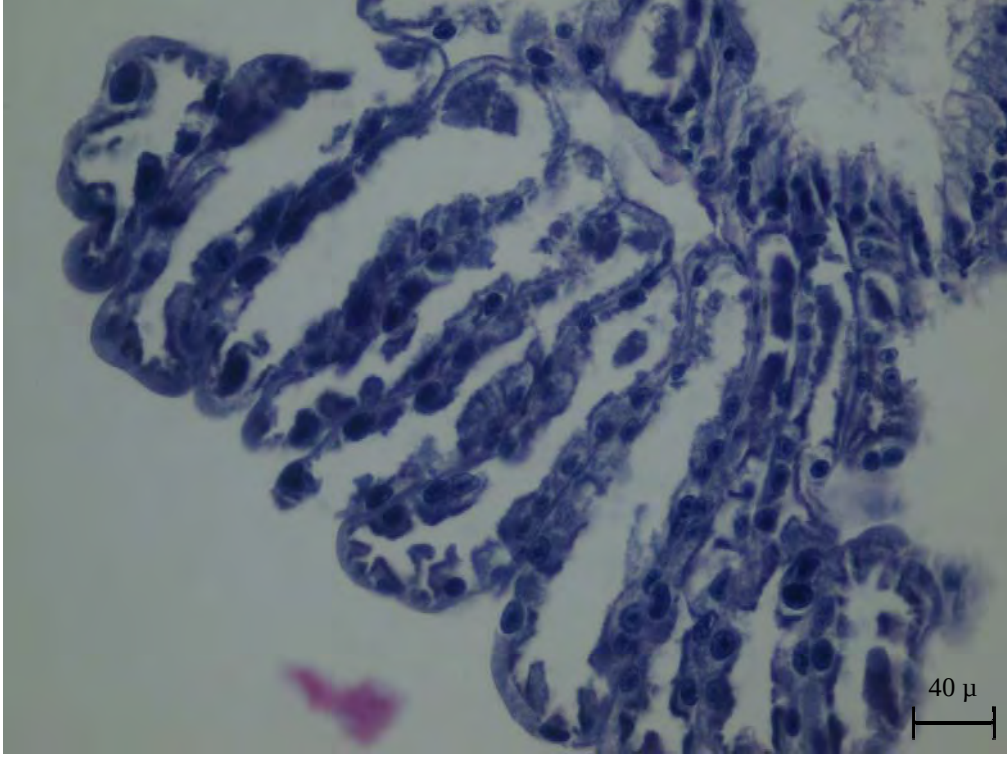
Resim 4.43. Gastrik çekumun ileumla (İ) bağlantısı-SEM



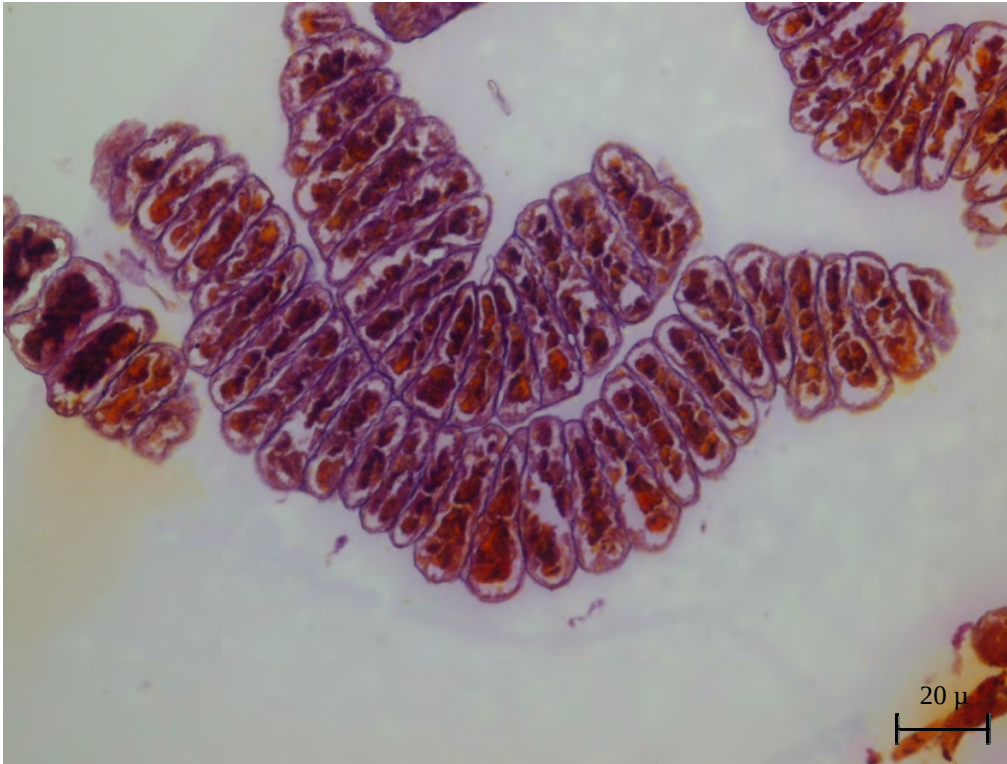
Resim 4.44. Gastrik çekum dış yüzeyinin görünümü-SEM



Resim 4.45. Gastrik çekum iç yüzey kıvrımları-SEM



Resim 4.46. Gastrik çekum (Boyuna kesit; HE)



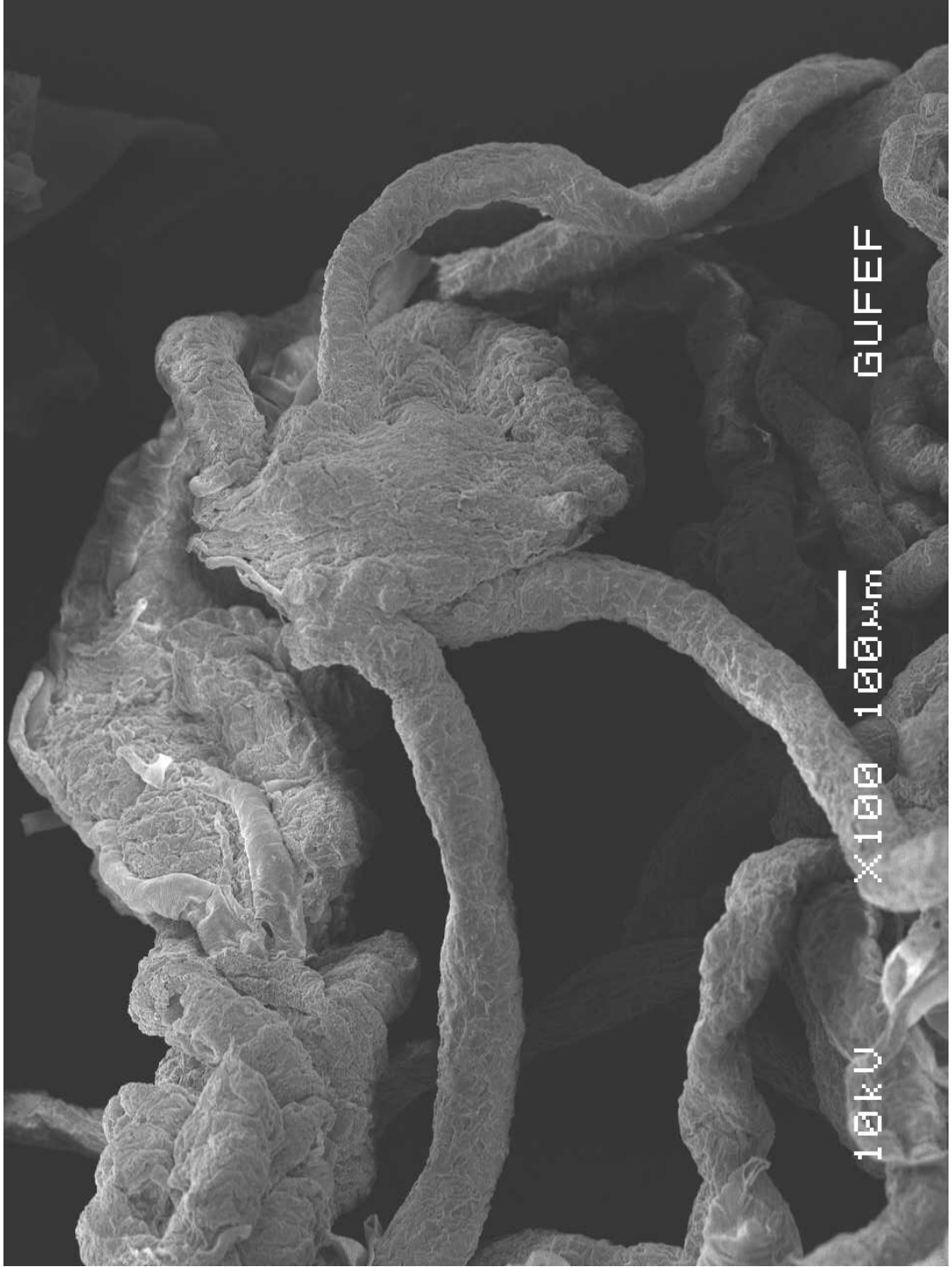
Resim 4.47. Gastrik çekum (Boyuna kesit; Mallory 3'lü Boyama)

4.6. İleum

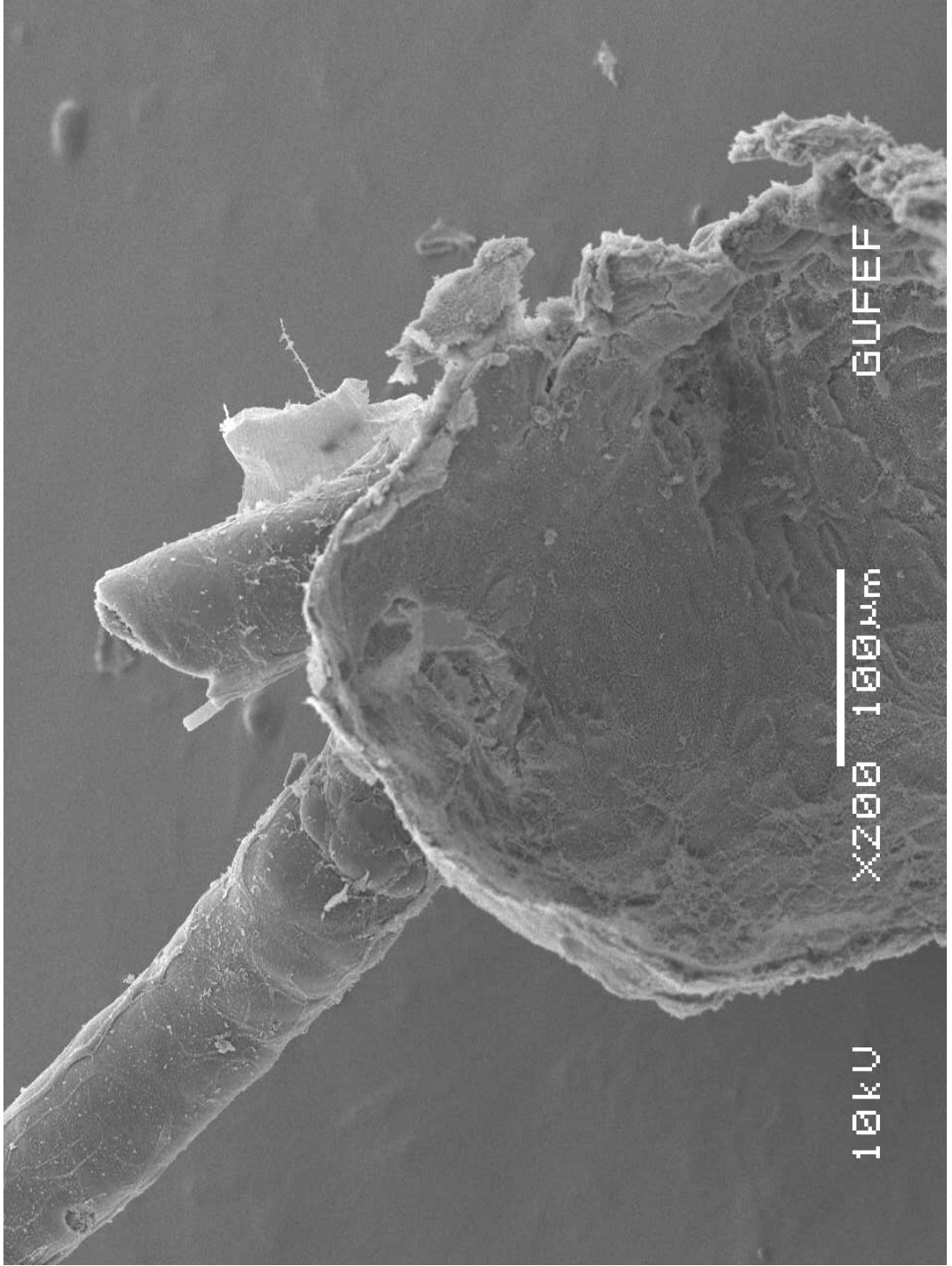
Sindirim sisteminde arka bağırsağın ilk kısmını oluşturan ileum bir ucu gastrik çekumla bağlantılı, diğer iki ucundan da iki çift Malpighi tüpünün çıkıntısı bulunan üçgen benzeri bir yapıdadır (Resim 4.48). Üzerinde Malpighi tüpleri dağınık halde bulunmaktadır. Artık maddelerin ve Malpighi tüplerinden gelen maddelerin toplanması için geniş bir şekil almıştır. SEM görüntülerinde dış ve iç yüzey düz bir formdadır (Resim 4.49-4.51). İleumun iç yüzeyinden bakıldığında, yassılaştırmış bir hücre tabakası ve Malpighi tüplerinin bağlandığı bölgeler de görülmektedir (Resim 4.50-4.51).



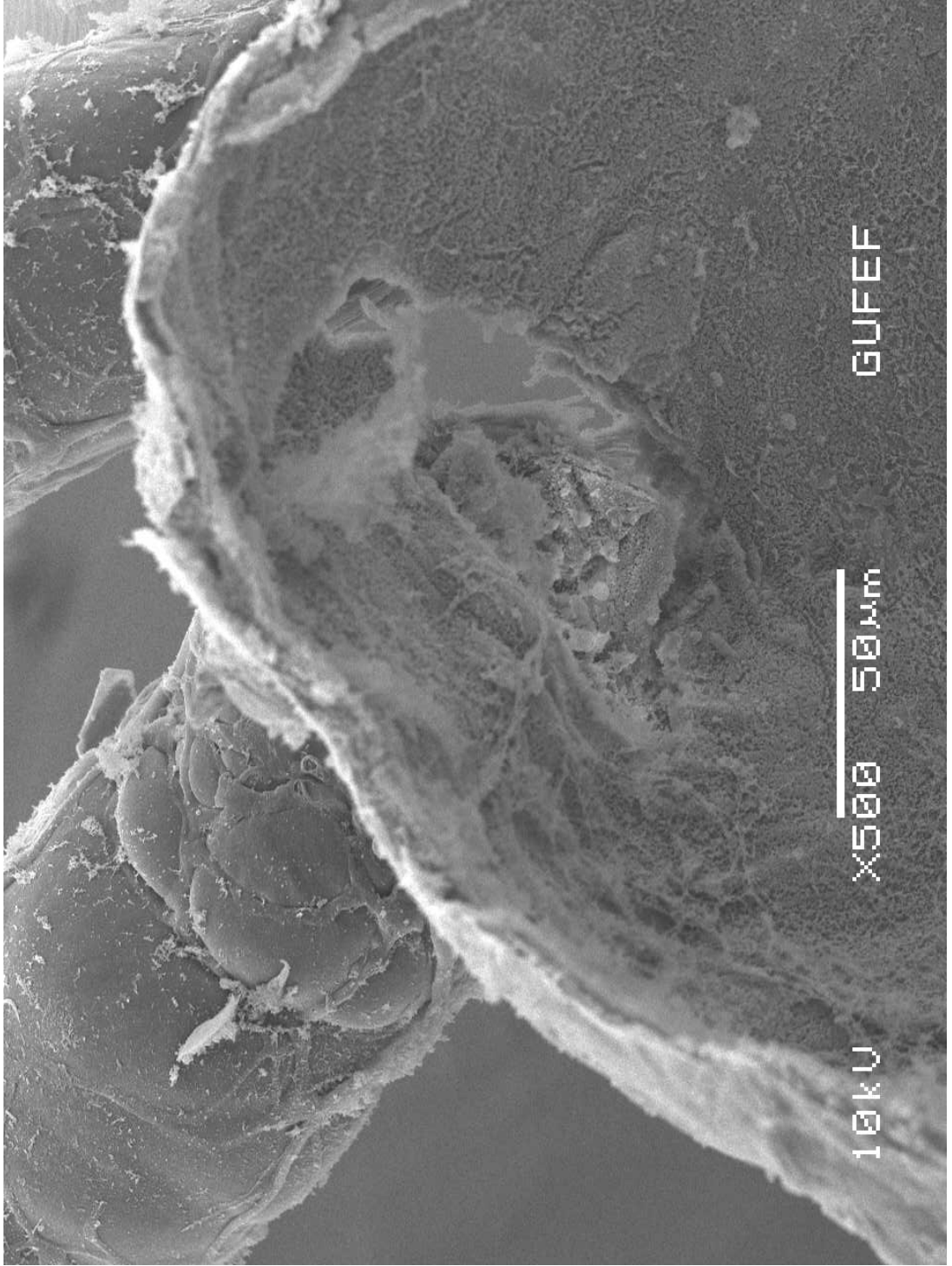
Resim 4.48. İleum genel görünümü-Stereo Mikroskop



Resim 4.49. İleum genel görünümü-SEM



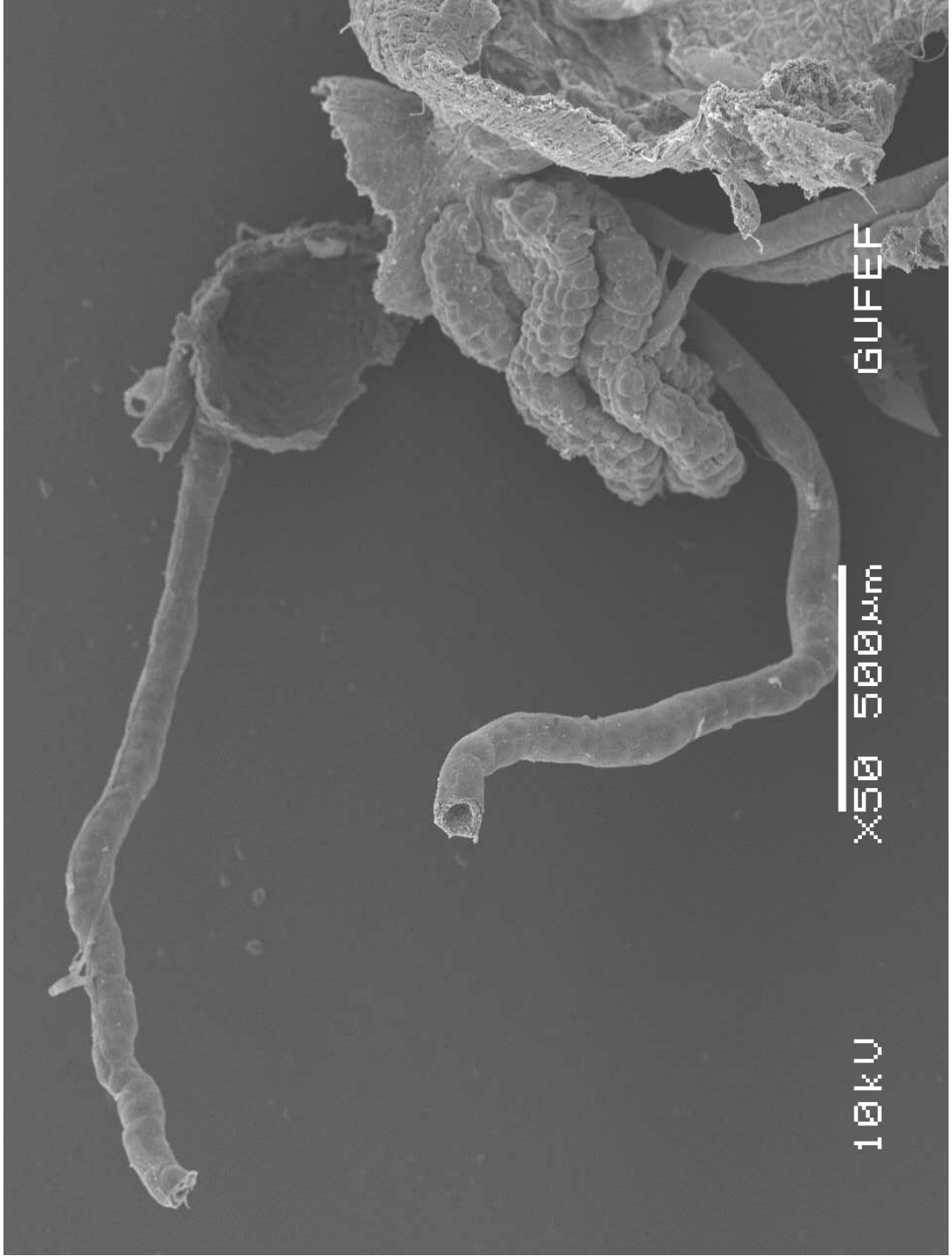
Resim 4.50. İleum iç yüzeyinin görünümü-SEM



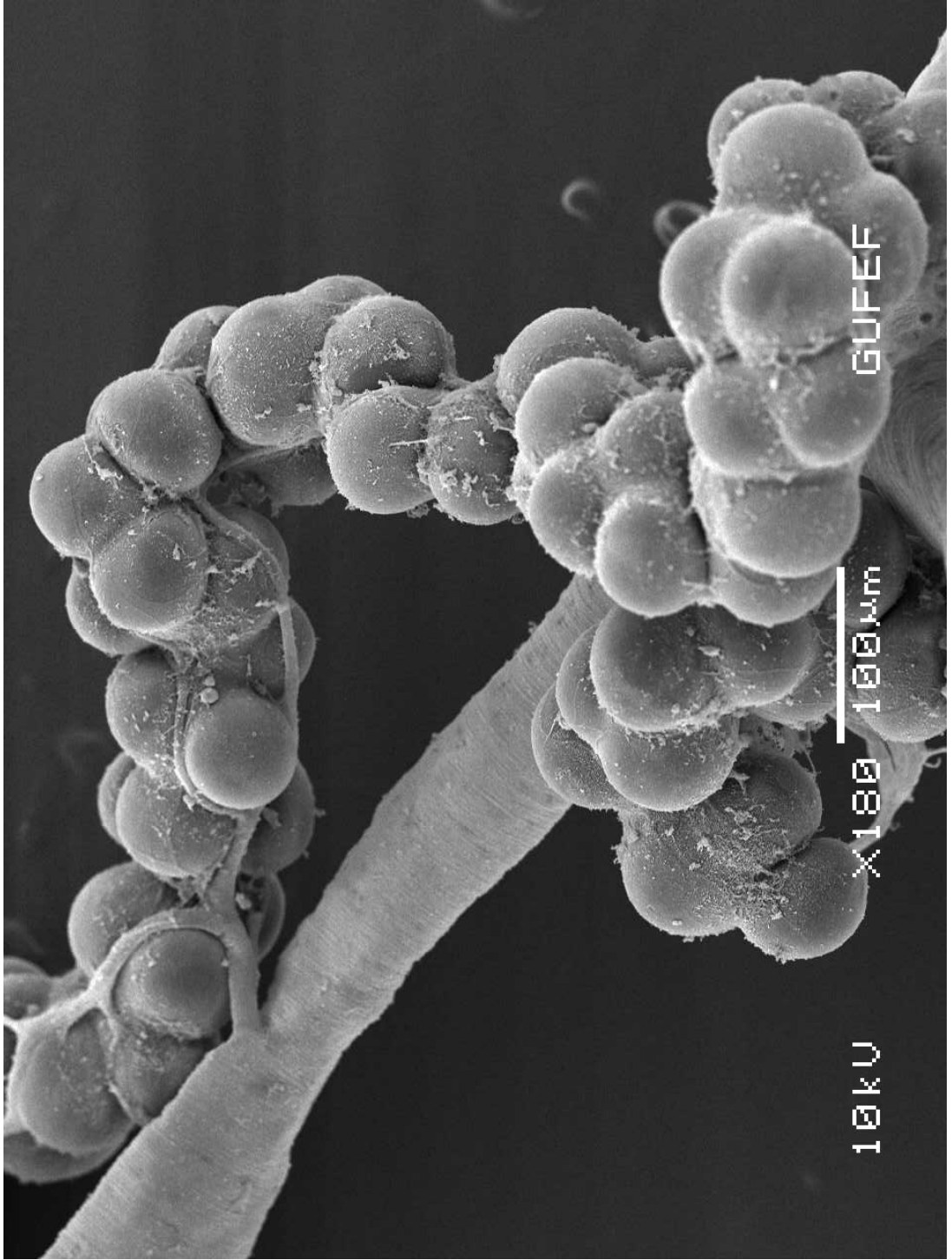
Resim 4.51. İleum iç yüzeyinin görünümü-SEM

4.7. Malpighi Tüpleri

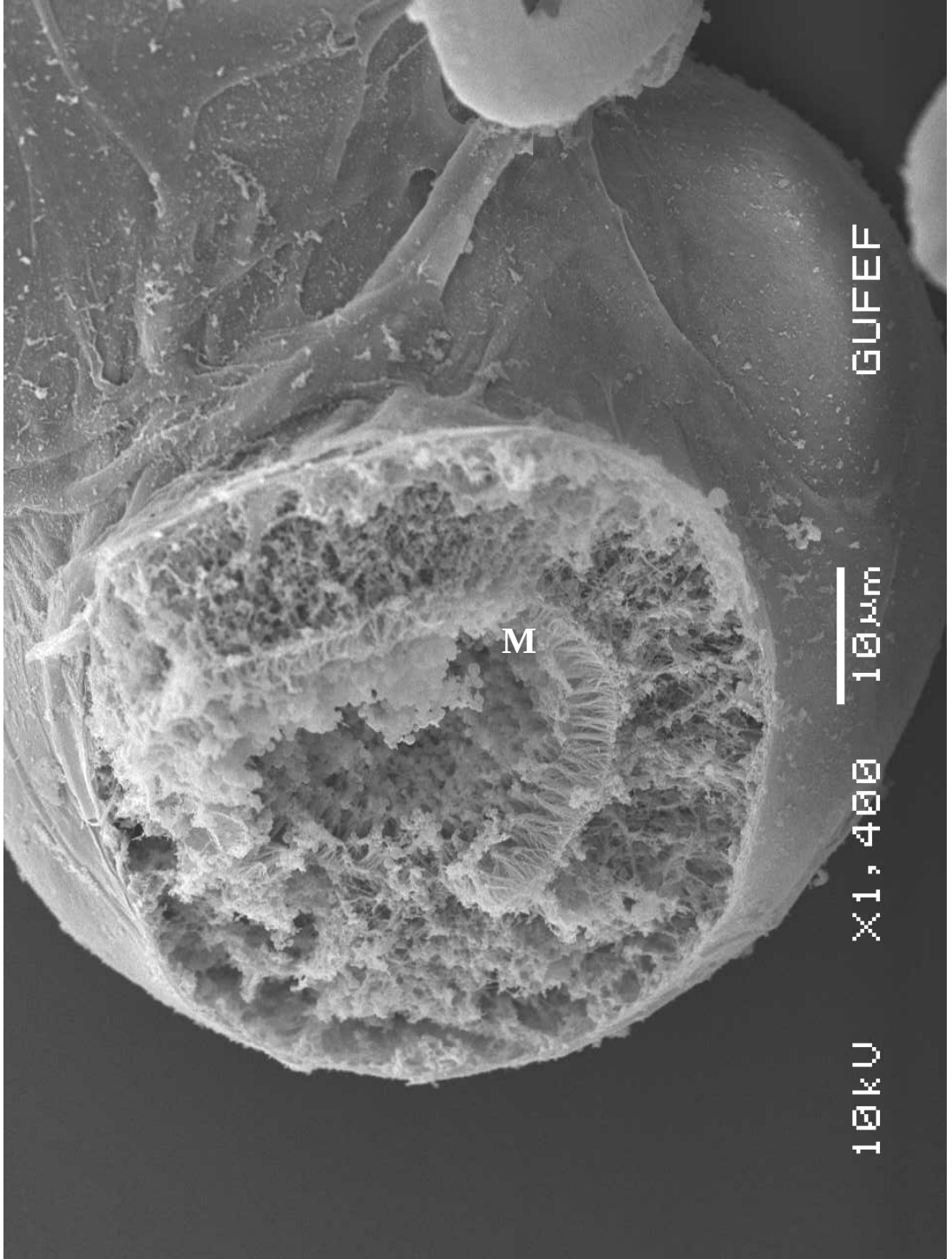
Graphosoma lineatum'da Malpighi tüpleri orta bağırsak ile arka bağırsağın birleşme noktası olan ileum bölgesine bağlanır (Resim 4.52). İki çift Malpighi tüpüne sahip bu türde her tüpün ucu kapalı bir biçimde sonlanır. Kapalı olan ucu vücut boşluğunda serbestçe bulunur ve trake borucukları tarafından sıkı bir şekilde donatılmıştır (Resim 4.53). Bu türde Malpighi tüplerinin yapısal olarak proksimal ve distal olmak üzere iki bölgeye ayrıldığı görülmüştür. Tüp duvarı tek katlı kübik epitelden oluşur (Resim 4.54-4.58). Hücrelerin lümenine bakan kısmı uzun mikrovilluslarla çevrilidir (Resim 4.54, 4.58). Proksimal bölge mikrovilluslerinin yer yer demetler yaptığı da gözlenir (Resim 4.55). Malpighi hücrelerin içi küresel irili ufaklı granüllerle doludur (Resim 4.56-4.57). Proksimal bölgenin enine kesitlerinde hücrelerin epitel yüksekliği fazla, lümeni küçüktür. Buna karşın; distal bölgedeki hücrelerin epitel yüksekliği ise göreceli olarak daha az ve lümen daha geniştir. SEM görüntülerine göre, proksimal bölgenin yüzeyi düz ve boru şeklinde görülür fakat distal bölge dıştan üzeri boğumlu boncuk dizisi şeklindedir (Resim 4.53-4.56).



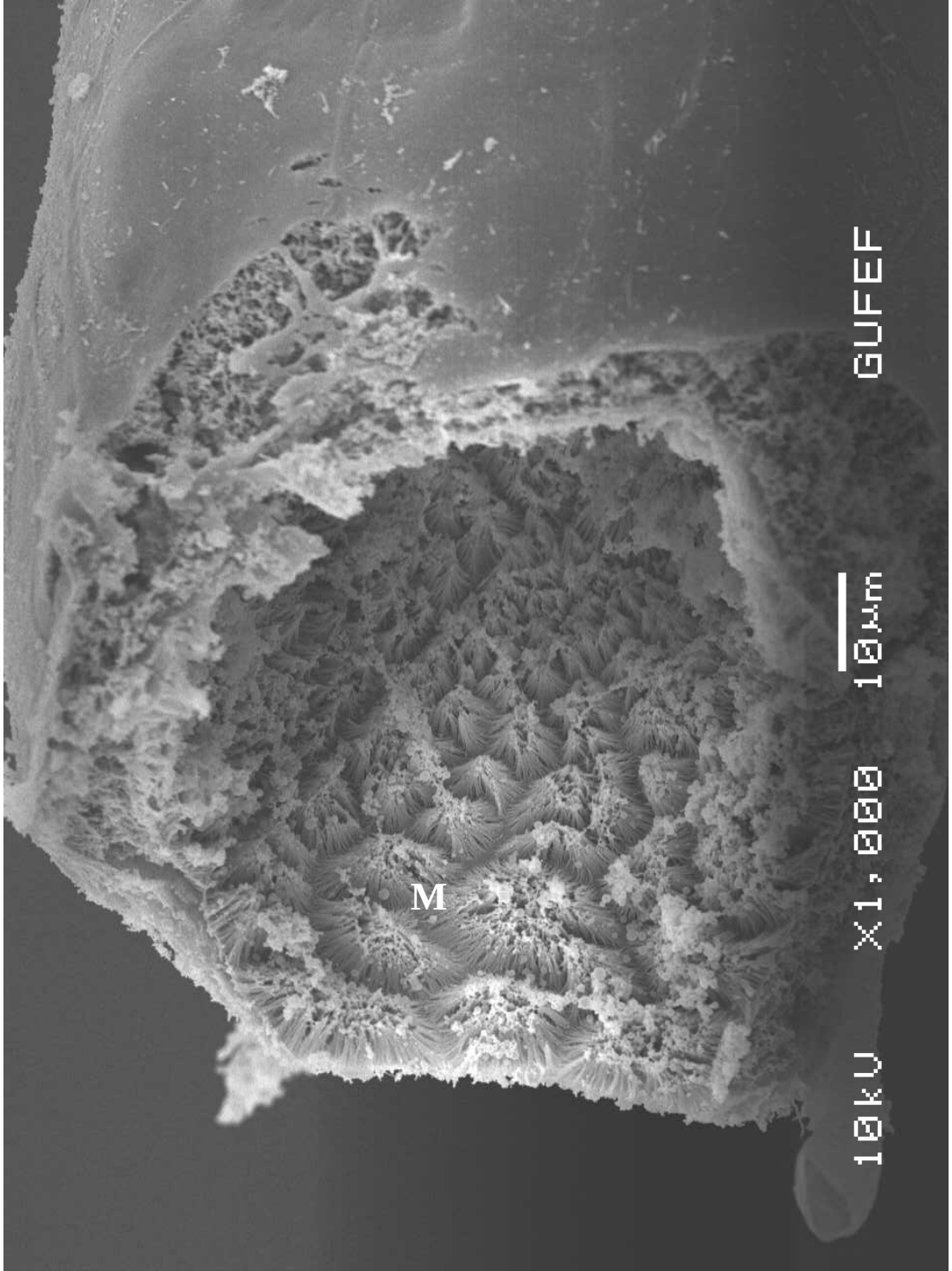
Resim 4.52. Malpighi tüplerinin ileuma bağlanan proksimal bölgesi ve çekum, arka bağırsaktan bir kısım-SEM



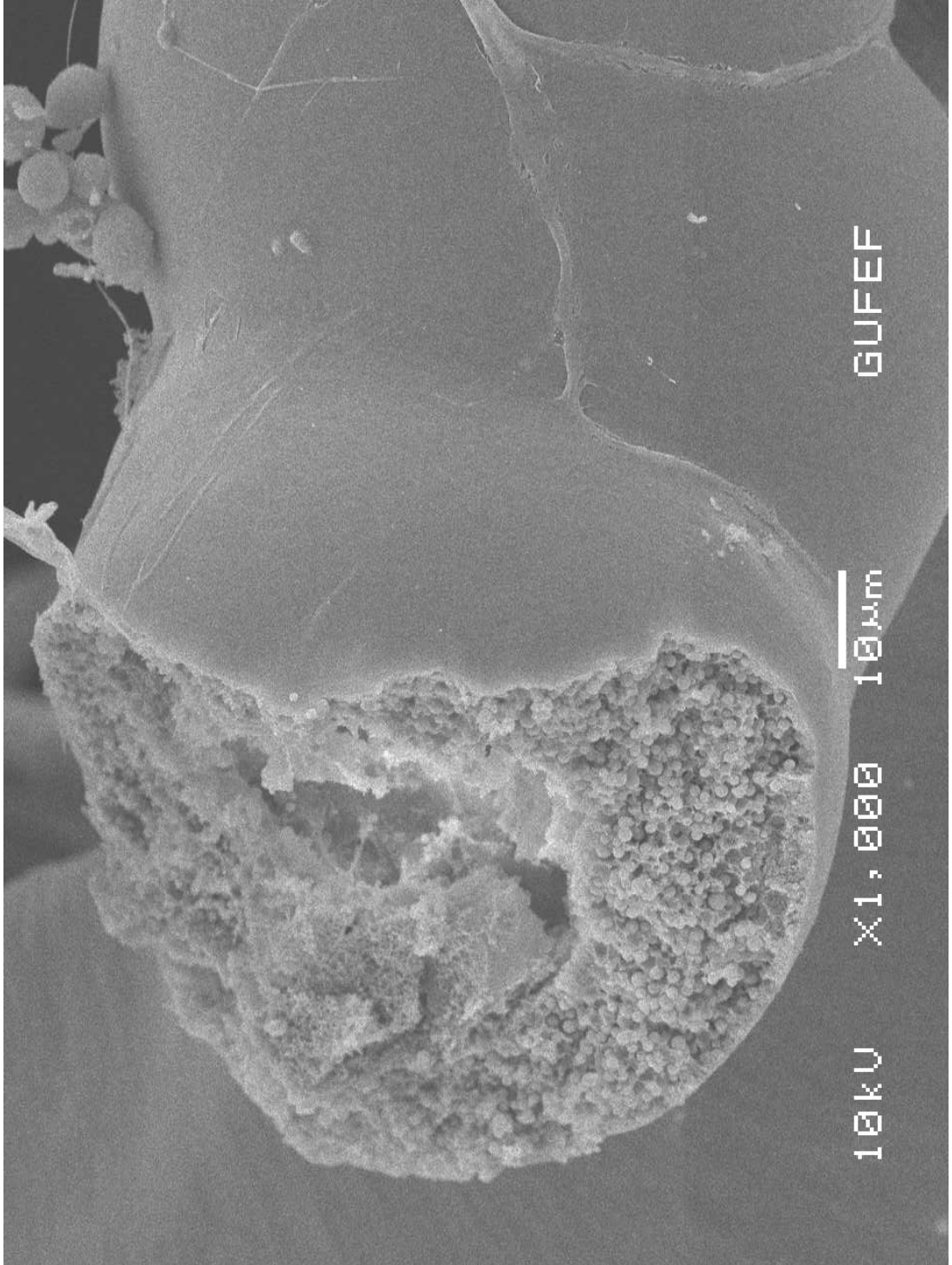
Resim 4.53. Malpighi tüpleri distal bölgesi genel görünümü-SEM



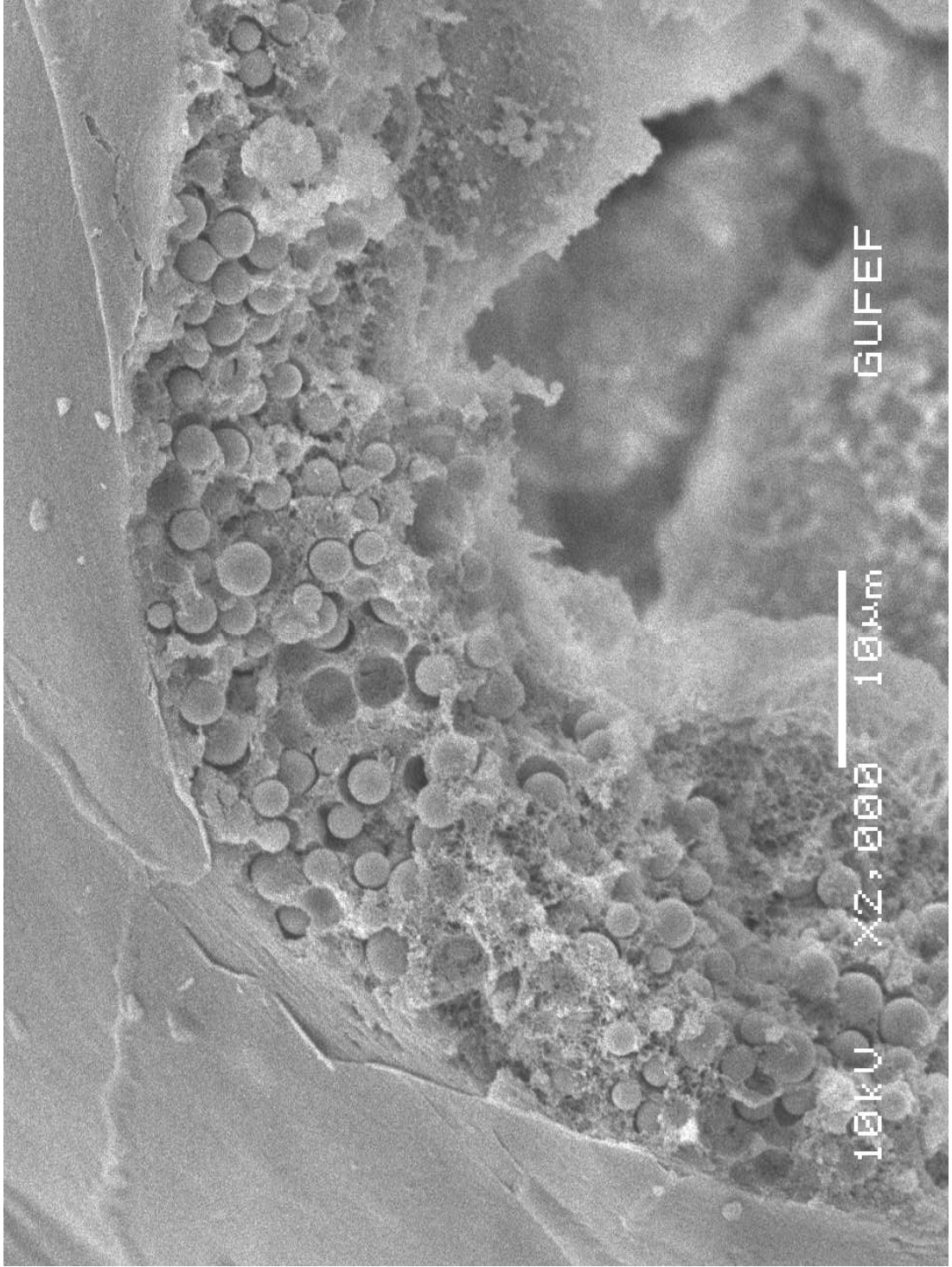
Resim 4.54. Malpighi tüpleri distal bölgesi iç yüzeyinin görünümü, Mikrovillus (M)-SEM



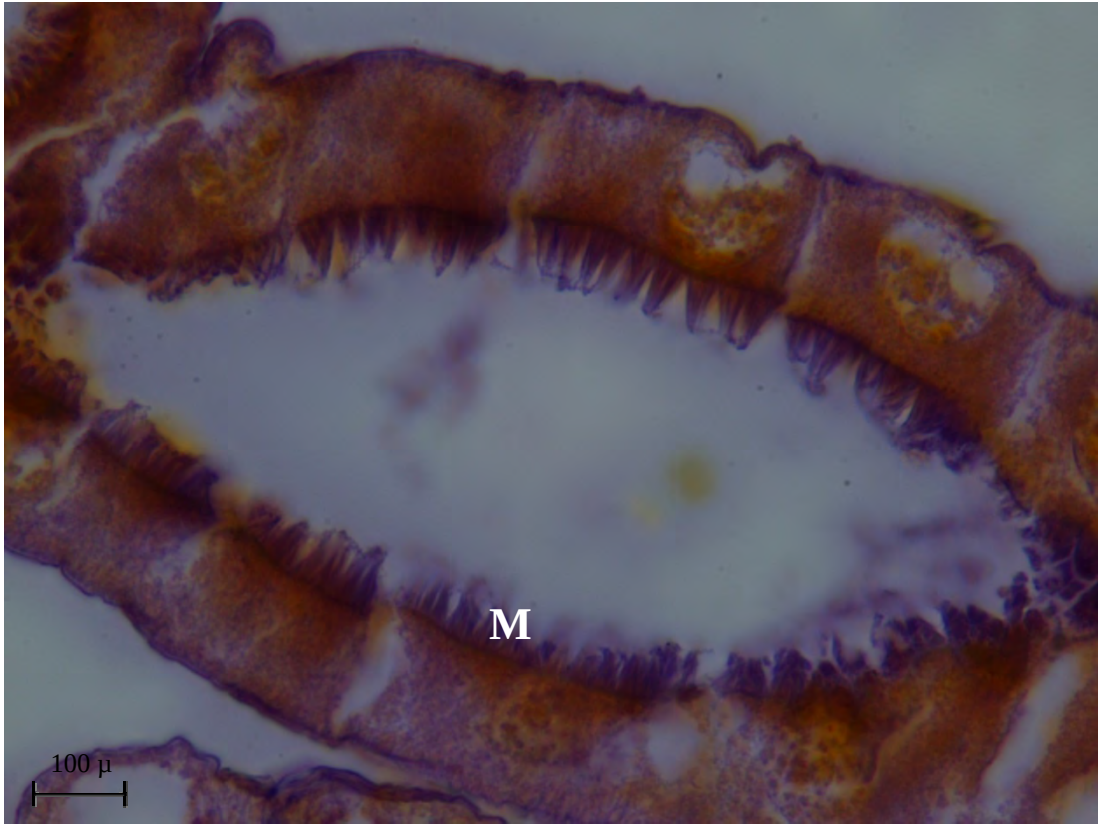
Resim 4.55. Malpighi tüpleri proksimal bölgesi iç yüzeyi, mikrovillüs demetleri (M) ve granüller-SEM



Resim 4.56. Malpighi tüpleri proksimal bölgesinde hücre içinde granüller-SEM



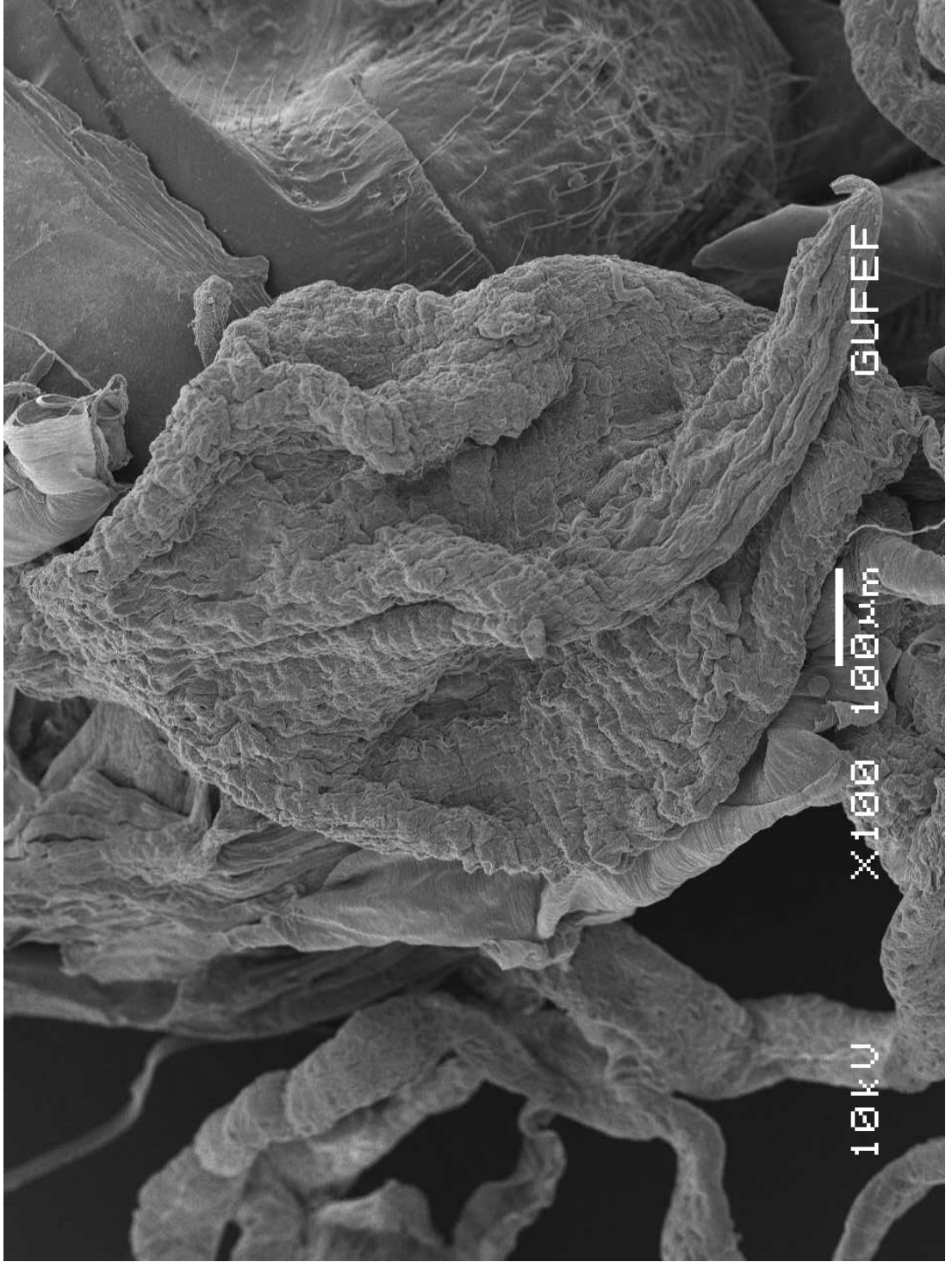
Resim 4.57. Malpighi tüpleri proksimal bölgesinde granül dolu hücreler-SEM



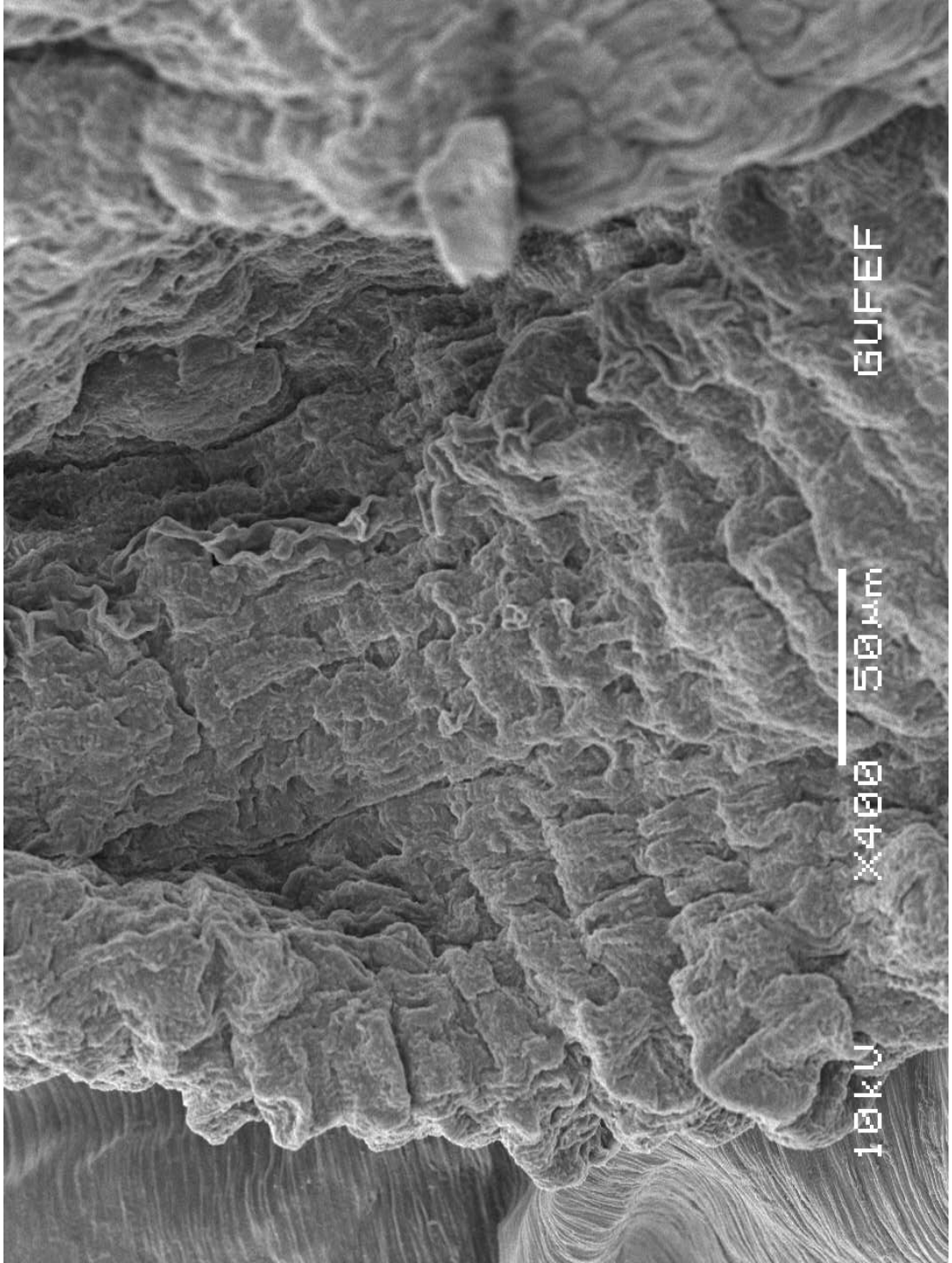
Resim 4.58. Malpighi tüpleri, Mikrovillus (M)-(Enine kesit-Mallory 3'lü boyama)

4.8. Rektum

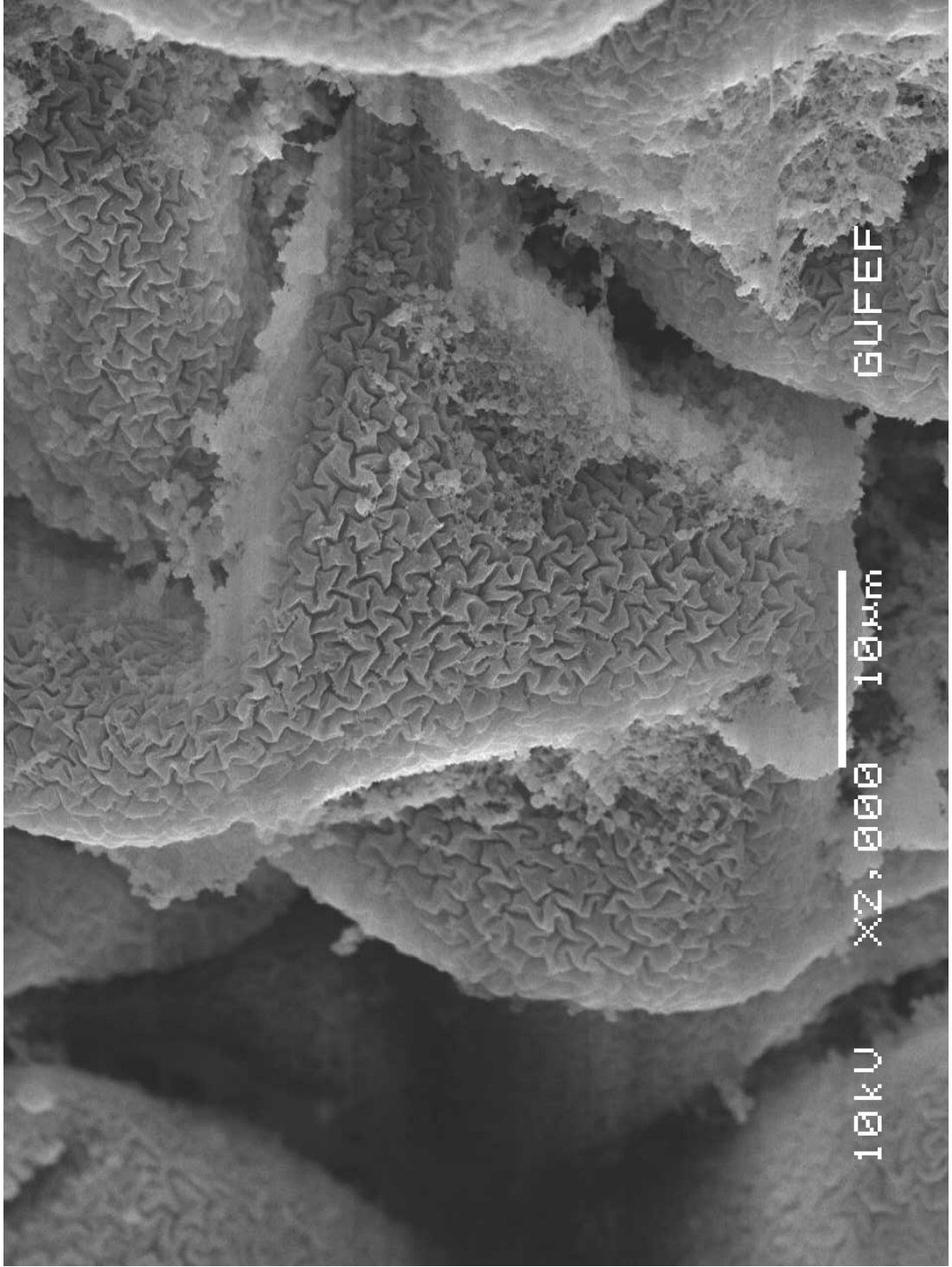
Arka bağırsağın son bölgesi olan rektum yüzeyi trake ve kaslarla çevrelenmiştir (Resim 4.59-4.60). Duvarı kübik-silindirik epitelden meydana gelir ve apikal plazma membranında mikrovillüsler yerine yoğun katlanmalar görülür (Resim 4.61-4.62). Hücreler oldukça düzenli ve küçüktür. Rektum lümeninde çeşitli boyutlarda kristaller görülür (Resim 4.62).



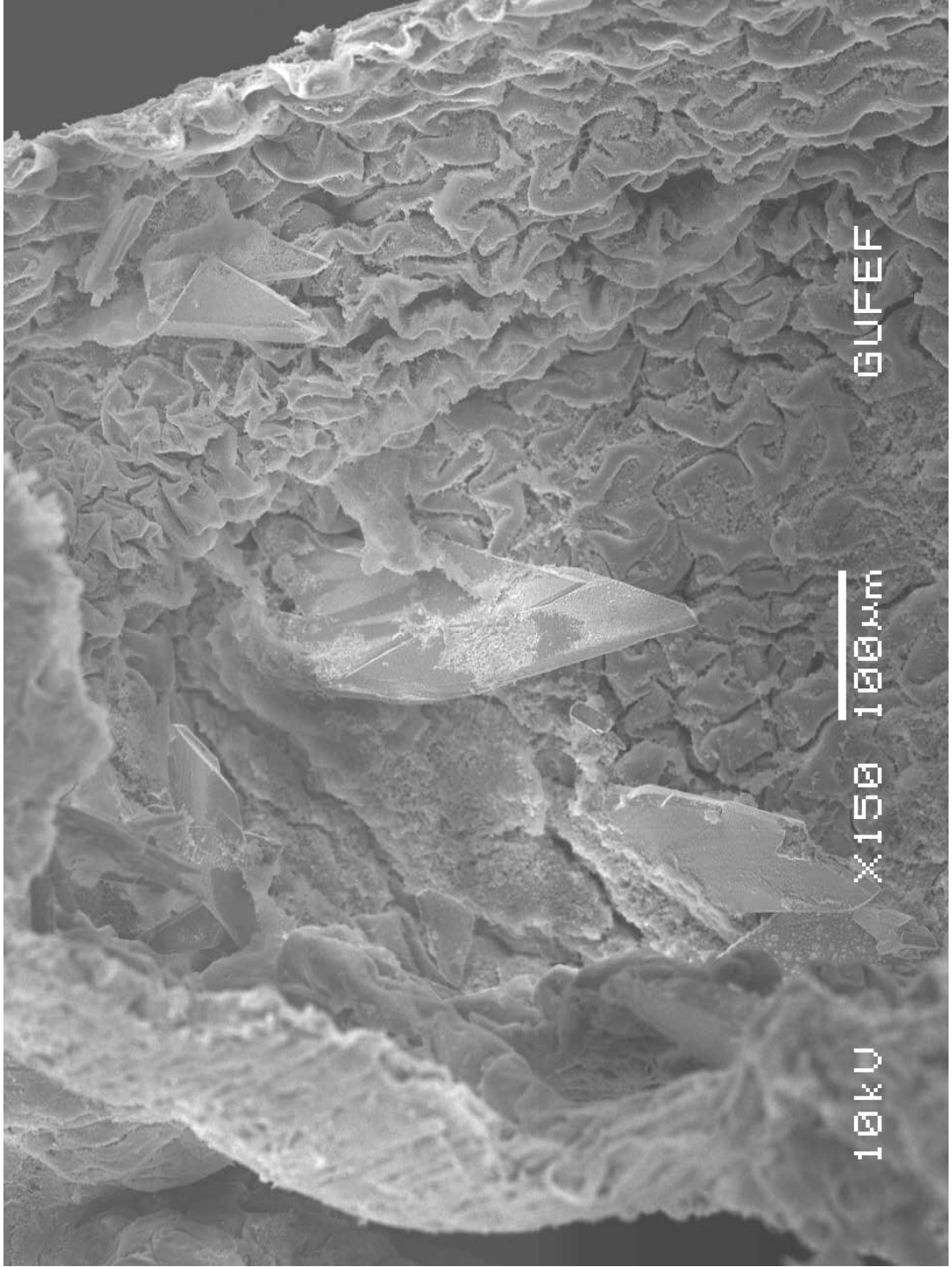
Resim 4.59. Rektum genel görünümü-SEM



Resim 4.60. Rektum dış yüzeyinin görünümü-SEM



Resim 4.61. Rektum iç yüzeyinin görünümü-SEM



Resim 4.62. Rektum iç yüzeyinin görünümü-SEM

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Böceklerde sindirim sistemi ön, orta ve arka bağırsak olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Ön ve arka bağırsak kendi içinde bölmelenme gösterirken, orta bağırsakta böyle bir bölmelenme görülmemektedir. Ayrıca sindirim kanalına bağlı olarak tükrük bezleri, çekum gibi yapılar da bulunabilir [Hamner, 1936; Bursalı, 1996; Levy ve ark., 2004b; Boonsriwong ve ark., 2007; Çakıcı, 2008; Fialho ve ark., 2009; Xie ve ark., 2011]. *Graphosoma lineatum*'un sindirim sistemi de genel böcek sindirim sistemi ile benzerlik göstermektedir. *G. lineatum*'un sindirim sistemi ön barsak, orta barsak ve arka bağırsaktan meydana gelir. Buna ek olarak bir çift tükürük bezi, dört kanallı gastrik çekum ve iki çift Malpighi tüpleri de sindirim kanalına bağlanır. Ön bağırsak ve arka bağırsak kısadır, orta bağırsak uzundur. Orta bağırsak üç kısımdan oluşur. Orta barsağın anterior bölgesi kese benzeri bir yapıdadır. Buna karşılık orta kısım daha dardır ve boru şeklini almıştır. Posterior bölge ise “bulb” adı verilen kısa genişlemiş bir bölgedir. Bu durum diğer Heteroptera türlerinde de görülür [Hamner, 1936; Harris, 1938; Barber, 1980; Postle ve Woodward, 1988; Habibi ve ark., 2008; Bandani ve ark., 2010].

Heteroptera tükrük bezleri ile ilgili çalışmalarda tükrük bezi sayısı, şekli vs ile ilgili türlere göre değişik bilgiler elde edilmiştir. Cecil (1930), bir Heteroptera türü olan *Philaenus leucophthalmus*'un sindirim kanalı ile ilgili yaptığı çalışmasında iki çift kanal şeklinde tükürük bezinin bulunduğunu belirtmiştir. Hamner (1936) ise, *Solubea pugnax* (Heteroptera, Pentatomidae) de bir çift tükürük bezinin yarı saydam, uzun, boru şeklinde olan özofagusa açıldığını bulmuştur. Ayrıca bu bezlerin anterior kısmının belirgin 4 adet parmak şeklinde çıkıntılı olduğunu, posteriyör kısmının ise tübüler yapıda olduğunu belirtmiştir. Hamner aynı çalışmada bu asıl tükrük bezlerinin yanında bez kanalının posteriyöründe birer yardımcı tükrük bezinin bulunduğunu belirtmiştir. Hood (1937) yaptığı çalışmada, *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae)'un sindirim kanalının anatomisini incelemiş ve bir çift tükürük bezinin özofagusa paralel uzandığı ve her birinin dört kısım içerdiğini görmüştür. Barber ve ark. (1980) *Brochymena quadripustulata* (Hemiptera: Pentatomidae)'nın sindirim kanalının anatomisiyle ilgili yaptıkları çalışmada tükürük

bezi ve tükürük bezi kanallarını tanımlamışlardır. Tükürük bezlerinin; ana bezler, yardımcı bezler ve kanallardan oluştuğu ve iki ana tükürük bezinin eşit olmayan iki loba sahip olduğunu gözlemişlerdir. Buna karşın diğer böcek takımlarında tükürük bezleri farklı yapılarda görülmüştür. Eberhard ve Krenn, (2003) üç Nymphalidae (Lepidoptera) türünde tükürük bezlerini incelemişler ve morfolojilerinin son kısmı hafif şişkin bir çift tüp şeklinde olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada incelenen *Graphosoma lineatum*'ta ise diğer Heteroptera türlerine benzer olarak tükürük bezleri iki çift olarak bulunmakla beraber bu türün tükürük bezi yapısal olarak farklılık gösterir. Tükürük bezinin anterior bölgesi *S. pugnax* (Hamner (1936) da olduğu gibi parmak şeklinde çıkıntılıdır. Fakat çıkıntı sayısı ve şekilleri ise farklıdır. Ayrıca bezin posteriyör kısmı *S. pugnax*'da boru şeklinde olduğu halde *G. lineatum*'da kısa ve şişkindir. Morfolojik olarak türler arasında tükürük bezi açısından önemli farklar olduğu görülmektedir.

Ön bağırsağın proventrikulusu hakkında değişik böcek takımlarında yapılmış çalışmalara rastlanmaktadır. Hymenoptera'dan *Zacryptocerus rohweri* (Formicidae)'nin sindirim sisteminin SEM ile incelendiği bir araştırmada türün karıncalarda pek görülmeyen bir beslenme şekli olan polenle beslenmesinden dolayı farklı bir proventrikulus yapısı olduğu ve proventrikulusun içinin dikenlerle kaplı olduğu bildirilmiştir [Roche ve Wheeler, 1997]. Bution ve Caetano (2008), aynı familyadan *Cephalotes atratus*, *C. clypeatus* ve *C. pusillus*'un sindirim kanalının morfolojisini karşılaştırmalı olarak incelemiş ve SEM görüntüleri ile üç türün de proventrikuluslarındaki epitel ve kas tabakalarının farklı olduğunu göstermişlerdir.

Serrão (2001), bir bal arısı türünü (Apini), üç yaban arısı (Bombini), ellibir iğnesiz arı türünü (Meliponini), yedi orkide arısı türünü (Euglossini) bir tür Sphecid (Sphecidae) ve iki tür Halictid arılarının sindirim kanalını SEM ile incelemiştir. Proventrikulus katlanmalarının şeklini, proventrikulusu kaplayan kütikulanın kıl gibi uzantılarını, üçgen benzeri çıkıntılarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Rubio ve ark.'nın (2008) yaptığı çalışmada ise, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)'nin dişi ve erkeklerinin sindirim kanalları ESEM ile

incelenmiştir. *H. hampei*'nin proventrikulusunun sekiz tane diş benzeri yapıya sahip küre şeklinde bir organ olduğunu görmüşlerdir.

Proventrikulus yapısı ile ilgili yapılan diğer bir çalışma bir Orthoptera türü olan *Melanogryllus desertus*'un sindirim kanalında gösterilmiştir (Çakıcı, 2008). Bu türde de proventrikulusda diş benzeri yapıların olduğu belirtilmiştir. Orthoptera'dan *Endecoeus* (Gryllidae: Phalangopsinae) cinsinin üç türünde proventrikulusun morfolojik özelliklerinin SEM ile araştırıldığı bir çalışmada morfolojik farklılıkların böceğin beslenme şekline bağlı olduğu ve proventrikulusta bulunan dişlerin sayısında farklılıkların bulunduğu bildirilmiştir [Fontanetti ve ark., 2002].

Liu ve Hua (2009), Mecoptera'dan sekiz tane Panorpidae türü ve bir tane Bittacidae türünün sindirim kanallarının ön bağırsak bölgesinde bulunan proventrikulusunun morfolojisini ışık ve SEM kullanarak açıklamışlardır. Proventrikulusun dışta halkasal içte boyuna kas tabakaları bulunan, sert bir intimadan oluşmuş ve epitelle çevrili özelleşmiş bir yapı olduğunu görmüşlerdir. Panorpidae proventrikulusun iç yüzeyinin yoğun, düzenli ve içi boş üçgen şeklinde yapılarla kaplı olduğu ve her bir boşluğun tabanı huni şeklinde olduğunu, Bittacidae'de ise, kalın halkasal bir kütiku bulunduğunu göstermiştir.

Proventrikulus ile yapılan tüm bu çalışmalarla karşılaştırıldığında, *G. lineatum*'un proventrikulusunda diş benzeri herhangi bir yapıya rastlanmamıştır. Buna karşılık hücrelerin apikal bölgelerinin lümen içerisine doğru çıkıntı yapmış olduğu ve bu türde de diğer incelenen türlerdeki gibi hücrelerin tek katlı kübik epitelden meydana geldiği de gözlenmiştir.

Sindirim işlevinin yapıldığı bölüm olan orta bağırsakla ilgili böcek takımlarında yapılan çalışmalarda *Erinnyis elio* (Lepidoptera: Sphingidae) ve *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)'nın orta bağırsaklarında bulunan farklı özellikteki hücreler TEM ile açıklanmıştır [Santos ve ark., 1984; Brown ve ark., 1985].

Hung ve ark. (2000), *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)'in üç bölgeye ayrılan orta bağırsağının epitel tabakasının, bağırsak lümeni içerisine uzanan iki tabakalı peritrofik membran ve mikrovilluslarla karakterize edildiğini bulmuşlardır.

Heteroptera türlerinin orta bağırsakları boyut ve şekil olarak farklı, dört kısma ayrılmıştır. *Philaenus leucophthalmus* (Heteroptera: Aphrophoridae)'ta orta bağırsak epitelini çevreleyen bir kutikül tabakası bulunmamaktadır ve çok sayıda tek katlı kübik ve silindirik hücreler yer almıştır [Cecil, 1930]. *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae)'ta orta bağırsığı üç kısımdan oluşur ve önde geniş bir mideye, dar tübüler bir boruya ve en uçta da kese benzeri bir yapıya sahiptir. Hücreler yine tek tabakalı kübik ve silindirik olarak dizilim göstermişlerdir [Hood, 1937]. Cheung ve Marshall [1982] *Pyrops candelaria* (Hemiptera: Fulgoridae)'nın orta bağırsağın ultrastrüktürünü ve işlevsel farklılaşmasını ışık mikroskobu ve TEM kullanarak açıklamışlardır. Işık mikroskobu çalışmalarına göre; tüm orta bağırsığı anterior, orta ve posterior bölge olmak üzere üç bölgeye ayırmışlardır. Yaklaşık aynı uzunlukta olan bu bölgeler histolojik, ultrastrüktürel ve sitokimyasal özellikleri bakımından farklılıklar göstermişlerdir. Anterior bölge tek hücreli kalın bir epitelden oluşmuştur. Orta bölge uzun silindirik hücrelerden meydana gelirken posterior bölgede ise bazal laminaya yerleşmiş kısa silindirik hücreler bulunmuştur. Mikrovillusların uzunlukları da bölgelere göre farklılık göstermiştir [Cheung ve Marshall, 1982]. Boonsriwong ve ark. (2007)'nin, *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)'nin sindirim kanalının yapısı ile ilgili yaptıkları çalışmada orta bağırsağın mikrovilluslara sahip, dört-beş katlı kübik epitelden oluştuğunu bulmuşlardır.

Brontocoris tabidus (Heteroptera: Pentatomidae)'nin orta bağırsağının morfolojisi ile ilgili çalışmada ise türün orta bağırsığı; kısa bir anterior bölge, posterior bölge ve posterior bölgeye açılan basit bir tüp şeklinde olan uzun bir mediyan bölge olmak üzere üç bölgeye ayrıldığı bulunmuştur [Guedes ve ark., 2003].

Orta bağırsak ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada *Riptortus clavatus* ve *Leptocoris chinensis* (Heteroptera: Alydidae)'in orta bağırsaklarının posterior bölgesindeki

simbiyotik bakterilerin, ışık mikroskobu, TEM, in-situ hibridizasyon, PCR ve moleküler filogenetik analizlerini yapmıştır. Aynı familyada olan bu iki türde de aynı tip bakterinin olacağı düşünülmüş fakat araştırmalar sonucunda iki ayrı bakteri türü ortaya çıkmıştır [Kikuchi ve ark., 2005].

Graphosoma lineatum'da ise çalışılan diğer Heteroptera türlerine benzer olarak orta bağırsak mide, orta bağırsak kanalı ve “bulb” olmak üzere şekil ve boyut olarak birbirinden farklı üç bölgeye ayrılmıştır ve orta bağırsakta tek katlı kübik ve silindirik hücreler yer almaktadır. SEM görüntülerinden elde edilen verilere göre mide de sindirime yardımcı bakterilerin varlığı da gözlenmiştir.

Sindirim sisteminin bir parçası olarak görülen gastrik çekum yapısı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Jones ve Zeve (1968)'nin yaptıkları çalışmada *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)'nin gastrik çekumunun yapısını incelemiş ve yapının içte uzunlamasına, dışta halkasal kaslardan oluştuğu görülmüştür.

Glasgow (1914), Heteroptera alt takımına ait bazı türlerin gastrik çekumları ve çekal bakteriler ile ilgili yaptığı çalışmada, bağırsağın sindirimle alakalı bölgesinin posterior sonunda bulunan çok iyi gelişmiş gastrik çekumların olduğunu ve içlerinin her zaman bakterilerle dolu olduğu bulmuştur. Glasgow (1914) yaptığı çalışmada elde ettiği sonuçlara benzer olarak *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) ile yapılan laboratuvar çalışmalarında da, gastrik çekumda *Pantoea* sp. bakterisinin olduğu bulunmuştur [Hirose ve ark., 2006]. *Graphosoma lineatum*'ta da yine aynı şekilde bağırsağın posterior bölgesinde birbirine bitişik dört kanaldan meydana gelen gastrik çekumun içleri tamamen bakterilerle dolu olarak görüldü.

Çeşitli böcek takımlarında incelenen Malpighi tüpleri sayıları ve kalınlıkları değişen tüpler şeklindedir. *Baetis rhodani* (Ephemeroptera: Baetidae)'de incelenen çok sayıda bulunan Malpighi tüpleri kanal şeklinde görülmüştür [Gaino ve Rebora, 2000a]. *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae)'nın yüzeyi düz olan Malpighi tüpleri altı tanedir ve uzunlukları farklı olan üç segmente ayrılmıştır [Arab ve Caetano, 2002].

Boonsriwong ve ark. (2007), *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)'nın sindirim kanalı ile ilgili yaptıkları çalışmada iki tane bulunan Malpighi tüplerinin kübik hücrelerden meydana geldikleri belirtilmiştir. Acar (2009), *Melanogryllus desertus* (Orthoptera: Gryllidae)'ta ışık mikroskopuyla incelediği Malpighi tüplerinde distal ve proksimal olmak üzere iki bölge olduğunu, tek katlı kübik epitelden meydana geldiğini ve kapalı uçları ile hemolenfte serbest olarak bulundukları ifade edilmiştir.

Hemiptera Malpighi tüpleri ile ilgili çalışmalarda bu yapının ucu kapalı tüp şeklinde olduğu, fakat bölgesel olarak kalınlıklarının değiştiği görülmüştür [Srivastava ve Bahadur, 1961]. *Tibicen* (Hemiptera, Cicadidae) ve *Magicicada* (Hemiptera, Cicadidae)'da tüplerin boncuk tanesi şeklinde uzunlukları farklı segmentlerden meydana geldiği görülmüştür [Rakitov 2002]. Xie ve ark. (2011), *Ceroplastes japonicus* (Hemiptera: Coccidae)'un Malpighi tüpleri ile yaptıkları çalışmalarında üzerinde porlar bulunan ve lümene bakan kısımlarda çok sayıda mikrovilluslara sahip olduklarını gözlemişlerdir. Bu çalışmada incelenen *G. lineatum*'da ise iki çift olarak bulunan Malpighi tüpleri farklı uzunlukta iki bölgeye ayrılmış ve düz bir kanal şeklinde çıkan tüplerin daha sonradan boncuk tanesi şeklini aldığı ve ucu kapalı olarak vücut boşluğunda serbest olarak uzandığını görülmüştür.

Arka bağırsağın yapısı ile ilgili çalışmalarda arka bağırsağın kısımları ve hücre tabakaları açıklanmıştır. Levy ve ark. (2004b), *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) larvasının arka bağırsağında kitinöz bir intima tabakasının basit bir epitel tabakası ve kas tabakası ile arka bağırsak duvarını meydana getirdiği belirtilmiştir. Boonsriwong ve ark.'nın (2007), *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)'nın sindirim kanalı ile ilgili yaptıkları çalışmada arka bağırsağın kas tabakalarıyla çevrili tek tabakalı kübik hücrelerden oluştuğu gözlenmiştir. Xie ve ark. (2011), *Ceroplastes japonicus* (Hemiptera: Coccidae)'ta ileum ve rektum olmak üzere iki bölgeye ayrılan arka bağırsak kalın bir kas tabakasıyla çevrilidir.

Bu çalışmada incelenen *G. lineatum*'da da dış yüzey kas tabakalarıyla çevrelenmiştir. *C. japonicus*'e benzer olarak ileum ve rektum olmak üzere ikiye ayrılan arka

bağırsakta tek katlı kübik-silindirik hücreler yer almaktadır. Bu çalışmada elde edilen verilere göre *Graphosoma lineatum*'un sindirim kanalı tüm böcek grupları ile karşılaştırıldığında kendisinin de içinde bulunduğu Heteroptera familyasına ait diğer türler ile daha çok benzerlik göstermektedir. Gerek yapısal gerekse histolojik özelliklerdeki farklılıklar göz önünde bulundurulduğunda çalışılacak diğer türlerin sindirim sistemlerinin aydınlatılmasında önemli bir yer tutmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acar, G., “*Melanogryllus desertus* (Pallas, 1771) (Orthoptera: Gryllidae)’ta Malpighi tüpçüklerinin morfoloji ve histolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 1-23 (2009)
- Albuquerque-Cunha, J.M., Gonzalez, M.S., Garcia, E.S., Mello, C.B., Azambuja, P., Almeida, J.C.A., Souza, W., Nogueira, N.F.S., “Cytochemical characterization of microvillar and perimicrovillar membranes in the posterior midgut epithelium of *Rhodnius prolixus*”, **Arthropod Structure & Development**, 38: 31-44 (2009)
- Andrade-Coêlho, C.A., Santos-Mallet, J., Souza, N.A., Lins, U., Meirelles, M.N.L., Rangel, E.F., “Ultrastructural features of the midgut epithelium of females *Lutzomyia intermedia* (Lutz & Neiva, 1912) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae)”, **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 96(8): 1141-1151 (2001)
- Arab, A., Caetano, F.H., “Segmental specializations in the Malphigian tubules of the fire ant *Solenopsis saevissima* Forel 1904 (Myrmicinae): an electron microscopical study”, **Arthropod Structure & Development**, 30: 281-292 (2002)
- Azevedo, D.O., Neves, C.A., Santos Mallet, J.R.D., Gonçalves, T.C.M., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E., “Notes on midgut ultrastructure of *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae)”, **Journal of Medical Entomology**, 46(3): 435-441 (2009)
- Bandani, A.R., Kazzazi, M., Allahyari, M., “Gut pH and isolation and characterization of digestive α -D-glucosidase of sunn pest”, **Journal of Agricultural Science and Technology**, 12: 265-274 (2010)
- Barber, D.T., Cooksey, L.M., Abell, D.W., “A study of the anatomy of the alimentary canal of *Brochymena quadripustulata* (Hemiptera: Pentatomidae)”, **Arkansas Academy of Science Proceedings**, 34: 16-18 (1980)
- Bell, D.M., Anstee, J.H., “A study of the malphigian tubules of *Locusta migratoria* by scanning and transmission electron microscopy”, **Micron**, 8(3): 123-134 (1969)
- Boonsriwong, W., Sukontason, K., Olson, J.K., Vogtsberger, R.C., Chaithong, U., Kuntalue, B., Ngern-klun, R., Upakut, S., Sukontason, K.L., “Fine structure of the alimentary canal of the larval blow fly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)”, **Parasitology Research**, 100: 561-574 (2007)
- Brown, M.R., Raikhel, A.S., Lea, A.O., “Ultrastructure of midgut endocrine cells in the adult mosquito, *Aedes aegypti*”, **Tissue & Cell**, 17(5): 709-721 (1985)
- Bursalı, A., “*Pezodrymedusa lata* Karadağ (Orthoptera: Tettigoniidae)’nın sindirim kanalının histolojik ve histokimyasal yapısının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tokat, 1-28 (1996)

Bution, M.L., Caetano, F.H., “Ileum of the cephalotes ants: a specialized structure to harbor symbionts microorganisms”, **Micron**, 39: 897-909 (2008)

Bution, M.L., Caetano, F.H., Britto, F.B., Tomaino Gomes, G.A., Zara, F.J., “Histology and histochemistry of the ventriculus of *Dolichoderus* (=Monacis) *bispinosus* (Olivier, 1792) (Hymenoptera: Formicidae)”, **Micron**, 37: 249-254 (2006)

Cecil, R., “The alimentary canal of *Philaenus leucophthalmus* L.”, **The Ohio Journal of Science**, 30(2): 120-130 (1930)

Chapman, R.F., “Alimentary canal, digestion and absorption”, *The Insect: Structure and Function* 4th ed., **Cambridge University**, United Kingdom, 38-68 (1998)

Cheung, W.W.K., Marshall, A.T., “Ultrastructural and functional differentiation of the midgut of the lantern bug, *Pyrops candelaria* Linn. (Homoptera: Fulgoridae)”, **Cytologia**, 47: 325-339 (1982)

Coast, G.M., Nachman, R.J., Lopez, J., “The control of Malpighian tubule secretion in a predacious hemipteran insect, the spined soldierbug *Podisus maculiventris* (Heteroptera, Pentatomidae)”, **Peptides**, 32(3): 493-499 (2011)

Conti, B., Berti, F., Mercati, D., Giusti, F., Dallai, R., “The ultrastructure of Malpighian tubules and the chemical composition of the cocoon of *Aeolothrips intermedius* Bagnall (Thysanoptera)”, **Journal of Morphology**, 271: 244-254 (2010)

Coronado-Gonzalez, P.A., Vijayasegaran, S., Robinson, A.S., “Functional morphology of the mouthparts of the adult Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*”, **Journal of Insect Science**, 8(73): 1-11 (2008)

Correia, A.A., Wanderley-Teixeira, V., Teixeira, A.A., Oliveira, J.V., Torres, J. B., “Morfologia do canal alimentar de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com folhas tratadas com nim”, **Neotropical Entomology**, 38(1): 83-91 (2009)

Cunha, F.M., Caetanob, F.H., Wanderley-Teixeirac, V., Torresa, J.B., Teixeirac, A.A.C., Alvesd, L.C., “Ultra-structure and histochemistry of digestive cells of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) fed with prey reared on bt-cotton”, **Micron**, DOI: 10.1016/j.micron.2011.08.006 (2011)

Çakıcı, Ö., “*Melanogryllus desertus* Pallas (Orthoptera: Gryllidae)’un sindirim sisteminde histolojik ve ultrastrüktürel araştırmalar”, Doktora Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 1-113 (2008)

Delakorda, S.L., Letofsky-Papst, I., Novak, T., Hofer, F., Pabst, M.A., “Structure of the Malpighian tubule cells and annual changes in the structure and chemical composition of their spherites in the cave cricket *Troglophilus neglectus* Krauss,

1878 (Rhaphidophoridae, Saltatoria)”, **Arthropod Structure & Development**, 38: 315-327 (2009)

Devetak, D., Duelli, P., “Intestinal contents of adult *Osmylus fulvicephalus* (Scop.) (Neuroptera, Osmylidae)”, **Annales Series Historia Naturalis**, 74(4): 93-98 (2007)

Eberhard, S.H., Krenn, H.W., “Salivary glands and salivary pumps in adult Nymphalidae (Lepidoptera)”, **Zoomorphology**, 122: 161-167 (2003)

Ferreira, C., Ribeiro, A.F., Terra, W.R., “Fine structure of the larval midgut of the fly *Rhynchosciara* and its physiological implications”, **Journal Insect Physiology**, 27(8): 559-570 (1981)

Fialho, M.D.C.Q., Zanuncio, J.C., Neands, C.A., Ramalho, F.S., Serrão, J.E., “Ultrastructure of the digestive cells in the midgut of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera, Pentatomidae) after different feeding periods on prey and plants”, **Annals of the Entomological Society of America**, 102(1): 119-127 (2009)

Flower, N.E., Filshie, B.K., “Goblet cell membrane differentiations in the midgut of a lepidopteran larva”, **Journal of Cell Science**, 20: 357-375 (1976)

Fontanetti, C.S., Zefa, E., Passetti, F., Mesa, A., “Morphological characterization and comparative analysis of the proventriculus from three species of *Endecous* Saussure, 1878 (Orthoptera: Gryllidae: Phalangopsinae)”, **Entomotropica**, 17(1): 15-23 (2002)

Gaino, E., Rebora, M., “Malpighian tubules of the nymph of *Baetis rhodani* (Ephemeroptera: Baetidae)”, **Italian Journal of Zoology**, 67: 31-38 (2000a)

Gaino, E., Rebora, M., “The duct connecting Malpighian tubules and gut: an ultrastructural and comparative analysis in various Ephemeroptera nymphs (Pterygota)”, **Zoomorphology**, 120: 99-106 (2000b)

Gartner, L. P., “The fine structural morphology of the midgut of adult *Drosophila*: a morphometric analysis”, **Tissue & Cell**, 17(6): 883-888 (1985)

Ghanim, M., Rosell, R.C., Campbell, L.R., Czosnek, H., Brown, J.K., Ullman, D.E., “Digestive, salivary and reproductive organs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) B type”, **Journal of Morphology**, 248: 22-40 (2001)

Glasgow, H., “The gastric caeca and caecal bacteria of the Heteroptera”, **Biological Bulletin**, 26(3): 101-170 (1914)

Godoy, M.C., “Gut structure of two species of the neotropical genus *Tauritermes* Krishna (Isoptera: Kalotermitidae)”, **Neotropical Entomology**, 33(2): 163-167 (2004)

Guedes, B.A.M., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., Neves, C.A., “Morphology of the midgut in the predatory sting bug *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae)”,

XIX Congress of the Brazilian Society for Microscopy and Microanalysis, Brezilya, 101-102 (2003)

Habibi, J., Coudron, T.A., Backus, E.A., Brandt, S.L., Wagner, R.M., Wright, M.K., Huesing, J.E., “Morphology and histology of the alimentary canal of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Cimicomorpha: Miridae)”, **Annals of the Entomological Society of America**, 101(1): 159-171 (2008)

Hamner, A.L., “The gross anatomy of the alimentary canal of *Solubea pugnax* (Fab.) (Heteroptera, Pentatomidae)”, **The Ohio Journal of Science**, 36(3): 157-160 (1936)

Harris, C.S., “The anatomy and histology of the alimentary system of the harlequin cabbage bug, *Murgantia histrionica* Hahn. (Hemiptera, Pentatomidae)”, **The Ohio Journal of Science**, 38(6): 316-331 (1938)

Hirose, E., Panizzi, A.R., Souza, J.T., Cattelan, A.J., Aldrich, J.R., “Bacteria in the gut of southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae)”, **Annals of the Entomological Society of America**, 99(1): 91-95 (2006)

Hood, C.W., “The anatomy of the digestive system of *Oncopeltus fasciatus* Dall. (Heteroptera: Lygaeidae)”, **The Ohio Journal of Science**, 37(3): 151-160 (1937)

Hossain, D.M., Hayakawa, T., Shitomi, Y., Itoh, K., Mitsui, T., Sato, R., Hori, H., “Histochemical analysis of *Bacillus thuringiensis* CryIA toxin binding to midgut epithelial cells of *Bombyx mori*”, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 87(1): 30-38 (2007)

Hung, C., Lin, T., Lee, W., “Morphology and ultrastructure of the alimentary canal of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) (2): the structure of the midgut”, **Zoological Studies**, 39(4): 387-394 (2000)

Jones, J.C., Zeve, V.H., “The fine structure of the gastric caeca of *Aedes aegypti* larvae”, **Journal of Insect Physiology**, 14(11): 1567-1570 (1968)

Kikuchi, Y., Meng, X.Y., Fukatsu, T., “Gut symbiotic bacteria of the genus *Burkholderia* in the broad-headed bugs *Riptortus clavatus* and *Leptocoris chinensis* (Heteroptera: Alydidae)”, **Applied and Environmental Microbiology**, 71(7): 4035-4043 (2005)

Lee, W., Chen, M., Lin, T., “Morphology and ultrastructure of the alimentary canal of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) (1): the structure of the foregut and cardia”, **Zoological Studies**, 37(2): 95-101 (1998)

Lehane, M.J., “Peritrophic matrix structure and function”, **Annual Reviews Entomology**, 42: 525-550 (1997)

Levy, S.M., Falleiros, A.M.F., Gregório, E.A., Arrebola, N.R., Toledo, L.A., “The larval midgut of *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): light and

electron microscopy studies of the epithelial cells'', **Brazilian Journal of Biology**, 64(3B): 633-638 (2004a)

Levy, S.M., Falleiros, Â.M.F., Moscardi, F., Gregório, E.A., Toledo, L.A., "Morphological study of the hindgut in larvae of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)", **Neotropical Entomology**, 33(4): 427-431 (2004b)

Levy, S.M., Falleiros, Â.M.F., Moscardi, F., Gregório, E.A., Toledo, L.A., "Ultramorphology of digestive tract of *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) at final larval development", **Ciências Agrárias**, 29(2): 313-322 (2008)

Liu, S., Hua, B., "Ultramorphology of the proventriculus in Panorpidae and Bittacidae (Mecoptera)", **Micron**, 40: 899-905 (2009)

Marana, S.R., Ribeiro, A.F., Terra, W.R., Ferreira, C., "Ultrastructure and secretory activity of *Abracris jtavolineata* (Orthoptera: Acrididae) midguts", **Journal of Insect Physiology**, 43(5): 465-473 (1997)

Martini, S.V., Nascimento, S.B., Morales, M.M., "Rhodnius prolixus Malpighian tubules and control of diuresis by neurohormones", **Annals of the Brazilian Academy of Science**, 79(1): 87-95 (2007)

Martins, G.F., Neves, C.A., Campos, L.A.O., Serrão, J.E., "The regenerative cells during the metamorphosis in the midgut of bees", **Micron**, 37: 161-168 (2006)

Nardi, J.B., Bee, C.M., Miller, L.A., Taylor, S.J., "Distinctive features of the alimentary canal of a fungus-feeding hemipteran, *Mezira granulata* (Heteroptera: Aradidae)", **Arthropod Structure & Development**, 38: 206-215 (2009)

Neves, C.A., Bhering, L.L., Serrão, J.E., Gitirana, L.B., "FMRFamide-like midgut endocrine cells during the metamorphosis in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera, Apidae)", **Micron**, 33: 453-460 (2002)

Neves, C.A., Gitirana, L.B., Serrão, J.E., "FMRFamide-like immunoreactive midgut endocrine cells in different castes of the bee *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Apidae; Meliponini)", **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, 20(3): 157-164 (2003a)

Neves, C.A., Gitirana, L.B., Serrão, J.E., "Ultrastructure of the midgut endocrine cells in *Melipona quadrifasciata anthidioides*", **Brazilian Journal of Biology**, 63(4): 683-690 (2003b)

Perić-Mataruga, V., Lazarević, J., Vlahović, M., Mrdaković, M., Ilijin, L., "Histology of the midgut and peritrophic membrane in *Lymantria dispar* caterpillars fed on leaves of *Quercus cerris* or *Robinia pseudoacacia*", **Phytoparasitica**, 34(1): 49-53 (2006)

Pigino, G., Migliorini, M., Paccagnini, E., Bernini, F., Leonzio, C., “Fine structure of the midgut and Malpighian papillae in *Campodea (Monocampa) quilisi* Silvestri, 1932 (Hexapoda, Diplura) with special reference to the metal composition and physiological significance of midgut intracellular electron-dense granules”, **Tissue and Cell**, 37: 223-232 (2005)

Pinheiro, D.O., Basso, N.A., Gregório, E.A., “Scanning electron microscopy study of the goblet cell cavity in the midgut of *Diatraea saccharalis* larvae”, **XIX Congress of the Brazilian Society for Microscopy and Microanalysis**, Brezilya, 117-118 (2003a)

Pinheiro, D.O., Conte, H., Gregório, E.A., “Spherites in the midgut epithelial cells of the sugarcane borer parasitized by *Cotesia flavipes*”, **Biocell**, 32(1): 61-67 (2008a)

Pinheiro, D.O., Quagio-Grassiotto, I., Gregório, E.A., “Morphological regional differences of epithelial cells along the midgut in *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) larvae”, **Neotropical Entomology**, 37(4): 413-419 (2008b)

Pinheiro, D.O., Silva, R.J., Quagio-Grassiotto, I., Gregório, E.A., “Morphometric study of the midgut epithelium in larvae of *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae)”, **Neotropical Entomology**, 32(3): 453-459 (2003b)

Pires, M.E., Ferreira, P.S.F., Guedes, R.N.C., Serrão, J.E., “Morphology of the phytophagous bug *Platyscytus decempunctatus* (Carvalho) (Heteroptera: Miridae)”, **Neotropical Entomology**, 36(4): 510-513 (2007)

Postle, A.C., Woodward, T.E., “The digestive and male internal reproductive systems of some australian anthocoridae (Hemiptera)”, **Australian Journal of Entomology**, 27: 117-129 (1988)

Prado, M.A., Montuenga, L.M., Villaro, A.C., Etayo, J.C., Polak, J.M., Sesma, M.P., “A novel granular cell type of locust Malpighian tubules: ultrastructural and immunocytochemical study”, **Cell and Tissue Research**, 268(1): 123-130 (1992)

Raes, H., Verbeke, M., “Light and electron microscopical study of two types of endocrines cell in the midgut of the adult worker honeybee (*Apis mellifera*)”, **Tissue and Cell**, 26(2): 223-230 (1994a)

Raes, H., Verbeke, M., Meulemans, W., Coster, W., “Organisation and ultrastructure of the regenerative crypts in the midgut of the adult worker honeybee (*L. Apis mellifera*)”, **Tissue and Cell**, 26(2): 231-238 (1994b)

Rakitov, R.A., “Structure and function of the Malpighian tubules, and related behaviors in juvenile cicadas: Evidence of homology with spittlebugs (Hemiptera: Cicadoidea & Cercopoidea)”, **A Journal of Comparative Zoology**, 241(2): 117-130 (2002)

Rocha, L.L.V., Neands, C.A., Zanuncia, J.C., Serrão, J.E., “Digestive cells in the midgut of *Triatoma vitticeps* in different starvation periods”, **Comptes Rendus Biologies**, 333: 405-415 (2010)

Roche, R.K., Wheeler, D.E., “Morphological specializations of the digestive tract of *Zacryptocerus rohweri* (Hymenoptera: Formicidae)”, **Journal of Morphology**, 234: 253-262 (1997)

Rost, M. M., “Comparative studies on regeneration of the midgut epithelium in *Lepisma saccharina* and *Thermobia domestica*”, **Annals of the Entomological Society of America**, 99(5): 910-916 (2006a)

Rost, M.M., “Ultrastructural changes in the midgut epithelium in *Podura aquatica* L. (Insecta, Collembola, Arthropodea) during regeneration”, **Arthropod Structure & Development**, 35: 69-76 (2006b)

Rost-Roszkowska, M.M., “Degeneration of the midgut epithelium in *Allacma fusca* L. (Insecta, Collembola, Symphyleona): apoptosis and necrosis”, **Zoological Science**, 25(7): 753-759 (2008)

Rost-Roszkowska, M.M., Chechelska, A., Frądczak, M., Salitra, K., “Ultrastructure of two types of endocrine cells in the midgut epithelium of *Spodoptera exiqua* Hübner, 1808 (Insecta, Lepidoptera, Noctuidae)”, **Zoologica Polonica**, 53(1-4): 27-35 (2008)

Rost-Roszkowska, M.M., Poprawa, I., Swiatek, P., “Ultrastructural changes in the midgut epithelium of the first larva of *Allacma fusca* (Insecta, Collembola, Symphyleona)”, **Invertebrate Biology**, 126(4):366-372 (2007)

Rubio, J.D., Bustillo, A.E., Vallejo, L.F., Acuña, J.R., Benavides, P., “Alimentary canal and reproductive tract of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)”, **Neotropical Entomology**, 37(2): 143-151 (2008)

Santos, C.D., Ribeiro, A.F., Ferreira, C., Terra, W.R., “The larval midgut of the cassava hornworm (*Erinnyis elio*) ultrastructure, fluid fluxes and the secretory activity in relation to the organization of digestion”, **Cell and Tissue Research**, 237: 565-574 (1984)

Santos, C.G., Neves, C.A., Zanuncia, J.C., Serrão, J.E., “Postembryonic development of rectal pads in bees (Hymenoptera, Apidae)”, **The Anatomical Record**, 292: 1602-1611 (2009)

Schaefer, C.W., Vanderberg, J.P., Rhodin, J., “The fine structure of mosquito midgut muscle”, **The Journal of Cell Biology**, 34(3): 905-911 (1967)

Serrão, J.E., “A comparative study of the proventricular structure in corbiculate apinae (Hymenoptera, Apidae)”, **Micron**, 32: 379-385 (2001)

Silva, C.P., Ribeiro, A.F., Gulbenkian, S., Terra, W.R., “Organization, origin and function of the outer microvillar (perimicrovillar) membranes of *Dysdercus*

peruvianus (Hemiptera) midgut cells”, **Journal of Insect Physiology**, 41(12): 1093-1103 (1995)

Silva, C. P., Silva, J. R., Vasconcelos, F. F., Petretski, M. D. A., DaMatta, R. A., Ribeiro, A. F. ve Terra, W. R., “Occurrence of midgut perimicrovillar membranes in paraneopteran insect orders with comments on their function and evolutionary significance”, **Arthropod Structure & Development**, 33: 139-148 (2004)

Srivastava, U.S., Bahadur, I., “The development of the Malpighian tubules in *Dysdercus koenigi* (Hemiptera, Pyrrhocoridae)”, **Quarterly Journal of Microscopical Science**, 102(3): 347-360 (1961)

Swart, C.C., Deaton, L.E., Felgenhauer, B.E., “The salivary gland and salivary enzymes of the giant water bugs (Heteroptera; Belostomatidae)”, **Comparative Biochemistry and Physiology**, 145: 114-122 (2006)

Tsai, J.H., Perrier, J.L., “Morphology of the digestive and reproductive systems of *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae)”, **Florida Entomology**, 76(3): 428-436 (1993)

Tsai, J.H., Perrier, J.L., “Morphology of the digestive and reproductive systems of *Dalbulus maidis* and *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae)”, **Florida Entomology**, 79(4): 563-578 (1996)

Turanlı, F., Çabuk, M., Kısmalı, Ş., Gelbic, I., “*Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*’in *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarının ortabarsağına etki sürecinin histolojik yöntemlerle belirlenmesi”, **Türk Entomoloji Dergisi**, 30(2): 137-150 (2006)

Uwo, M.F., Ui-Tei, K., Park, P., Takeda, M., “Replacement of midgut epithelium in the greater wax moth, *Galleria mellonella*, during larval-pupal moult”, **Cell and Tissue Research**, 308: 319-331 (2002)

Wu, G.X., Gao, X., Ye, G.Y., Li, K., Hu, C., Cheng, J.A., “Ultrastructural alterations in midgut and Malpighian tubules of *Boettcherisca peregrina* exposure to cadmium and copper”, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 72: 1137-1147 (2009)

Xie, Y., Liu, W., Zhang, Y., Xiong, Q., Xue, J., Zhang, X., “Morphological and ultrastructural characterization of the alimentary canal in Japanese wax scale (*Ceroplastes japonicus* Green)”, **Micron**, 42(8): 898-904 (2011)

Yüce-Örs, A.S., Karsavuran, Y., “*Graphosoma lineatum* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae)’un besin tercihi üzerine araştırmalar”, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 41(1): 57-64 (2004)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : AMUTKAN, Damla
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 22.10.1986 Altındağ
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 241 97 52
 e-mail : damladamla1986@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/ Biyoloji Bölümü	2012
Lisans	Anadolu Üniversitesi/ Biyoloji Bölümü	2009
Lise	50. Yıl Süper Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Kurum	Görev
2007	Osmangazi Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Patoloji Laboratuvarı	Stajyer
2007	Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya Laboratuvarı İdrar Laboratuvarı	Stajyer

Yabancı Dil : İngilizce, Lehçe