

อัลตราสตรัคเจอร์ของตาประกอบของผึ้งมีม (Apis florea)

และผึ้งหลวง (Apis dorsata.)

นางสาวกนิษฐา ศรีปัญญา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-353-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018968

i17859889

ULTRASTRUCTURE OF THE COMPOUND EYES OF Apis florea
AND Apis dorsata.

Miss Guntima Sripunya

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of the Master of Science

Department of Biology

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-583-353-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อัลตราสตรัคเจอร์ของตาประกอบของผึ้งมิม (Apis florea)
และผึ้งหลวง (Apis dorsata)

โดย

นางสาวกันทิมา ศรีปัญญา

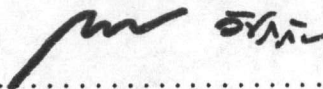
ภาควิชา

ชีววิทยา


อาจารย์ที่ปรึกษา

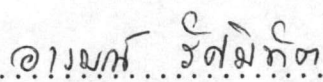
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารมณ รัชมิทัต
ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ

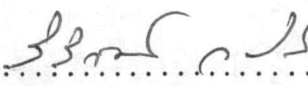
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

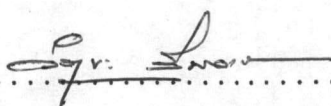

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. พุทธิพงษ์ วรรณ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารมณ รัชมิทัต)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ)


.....คณะกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทย.ดร.วิสาขะ ลิมวงศ์)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กนกทิมา ศรีปัญญา : อัลตราสตรักเจอร์ของตาประกอบของผึ้งมัม (Apis florea) และผึ้งหลวง (Apis dorsata) (ULTRASTRUCTURE OF THE COMPOUND EYES OF Apis florea AND Apis dorsata). อ.ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อารมณ รัศมีทศ, ศ.ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 101 หน้า ISBN 974-583-353-3

ศึกษาตาประกอบของผึ้งสองชนิดคือ ผึ้งมัม (Apis florea) และผึ้งหลวง (Apis dorsata) ในผึ้งมัมศึกษาทั้ง 3 วรรณะ คือ ผึ้งนางพญา (queen) ผึ้งตัวผู้ (drone) และผึ้งงาน (worker) ส่วนผึ้งหลวงศึกษาในผึ้งงาน ผึ้งที่นำมาศึกษาเป็นผึ้งระยะตัวเต็มวัยมีอายุระหว่าง 22-25 วัน โดยนำมาจากสวนป่า จังหวัดจันทบุรีและสมุทรสงคราม ทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ตาประกอบแต่ละข้างของผึ้งประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าอ้อมาติเคียม ซึ่งผึ้งแต่ละกลุ่มที่ทำการศึกษา มีจำนวนอ้อมาติเคียมแตกต่างกัน โดยผึ้งมัมในวรรณะผึ้งนางพญา มีจำนวน 3569.33+173.00 หน่วย ผึ้งตัวผู้มีจำนวน 7073.67+172.70 หน่วย ผึ้งงานมีจำนวน 4708.07+176.00 หน่วย และผึ้งงานของผึ้งหลวง มีจำนวน 6027.67+116.70 หน่วย ตามลำดับ

แต่ละอ้อมาติเคียม ประกอบด้วยเซลล์รับความรู้สึกหรือเซลล์เรตินา 8 เซลล์ ด้านบนของเซลล์กลุ่มนี้ เป็นส่วนที่เรียกว่า ไคออปตริก แอปพาราตัส ซึ่งประกอบด้วยกระจกตา (cuticular lens) อยู่ด้านบนและเลนส์ (crystalline cone) อยู่ด้านล่าง แต่ละเลนส์ประกอบด้วยเซลล์โคนจำนวน 4 เซลล์ ซิกกันแน่น ภายในไซโทพลาสซึมของแต่ละเซลล์ประกอบด้วยแกรนูลของรงควัตถุกระจายอยู่เต็มเซลล์ เลนส์มีเซลล์ล้อมรอบ 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นเซลล์รงควัตถุชนิดยาว ล้อมรอบตลอดความยาวตั้งแต่ใต้กระจกตาจนถึงโคนของเซลล์เรตินา ชั้นในติดกับเลนส์ เป็นเซลล์รงควัตถุพื้นฐานมีนิวเคลียสเป็นรูปคล้ายไตอยู่ที่โคนของเซลล์ มีอยู่จำนวน 2 เซลล์ ล้อมรอบเลนส์ตลอดความยาวของเลนส์จากด้านบนลงมาถึงโคนของเซลล์ จากภาคตัดขวางของเลนส์ในผึ้งตัวผู้ของผึ้งมัมและผึ้งงานของผึ้งหลวง เลนส์มีรูปร่างเป็นรูปไข่ ส่วนผึ้งนางพญาและผึ้งงานของผึ้งมัม เลนส์มีรูปร่างค่อนข้างกลมในผึ้งนางพญาและผึ้งงานของผึ้งมัมพบว่ารอยต่อระหว่างโคนเซลล์บางบริเวณมีรอยโค้งเว้าเข้าไป

เซลล์เรตินา เรียงตัวกระจายกันเป็นรูวงกลมโดยด้านในของแต่ละเซลล์จะมีไมโครวิลไลจำนวนมากยื่นเข้าไปสู่ศูนย์กลางในแนวตั้งฉากกับแกนของอ้อมาติเคียมเกิดเป็นบริเวณที่เรียกว่าแรบคอม ไซโทพลาสซึมของเซลล์เรตินา มีเวสซิเคิลเล็กกระจายอยู่ทั่วไปและแบ่งไซโทพลาสซึมได้เป็นสองบริเวณคือ ด้านนอกเต็มไปด้วยไมโทคอนเดรียและด้านในส่วนใหญ่เป็นเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม ชนิดไม่มีแกรนูล เมื่อเปรียบเทียบขนาดและจำนวนไมโทคอนเดรียของผึ้งทั้ง 4 กลุ่มพบว่าผึ้งงานของผึ้งหลวงมีไมโทคอนเดรียที่มีขนาดใหญ่กว่าและจำนวนมากกว่าผึ้งมัมทั้ง 3 กลุ่ม และในผึ้งมัมทั้ง 3 วรรณะพบว่าผึ้งตัวผู้จะมีไมโทคอนเดรียมากกว่าผึ้งงานและผึ้งนางพญา ไมโทคอนเดรียในผึ้งงานของผึ้งหลวง ผึ้งตัวผู้และผึ้งงานของผึ้งมัมจะมีคริสตัลยาว ส่วนในผึ้งนางพญาของผึ้งมัมไมโทคอนเดรียจะมีคริสตัลสั้นและพบว่าในผึ้งตัวผู้ของผึ้งมัมจะมีเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดไม่มีแกรนูลเด่นชัดที่สุด รูปร่างแรบคอมของผึ้งแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันคือผึ้งมัมวรรณะนางพญา มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผึ้งตัวผู้รูปร่างคล้ายแท่งกระดูกแข็ง ผึ้งงานรูปร่างคล้ายรูปไข่และผึ้งงานของผึ้งหลวงมีรูปร่างค่อนข้างสี่เหลี่ยมจัตุรัส.

ภาควิชาชีววิทยา
สาขาวิชาสัตววิทยา
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. อารมณ รัศมีทศ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กันทิมา ศรีปัญญา : อัลตราสตรัคเจอร์ของตาประกอบของผึ้งมิม (Apis florea) และผึ้งหลวง (Apis dorsata) (ULTRASTRUCTURE OF THE COMPOUND EYES OF Apis florea AND Apis dorsata). อ.ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อารมณ รัศมีทัต, ศ.ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 101 หน้า ISBN 974-583-353-3

ศึกษาตาประกอบของผึ้งสองชนิดคือ ผึ้งมิม (Apis florea) และผึ้งหลวง (Apis dorsata) ในผึ้งมิมศึกษาทั้ง 3 วรรณะ คือ ผึ้งนางพญา (queen) ผึ้งตัวผู้ (drone) และผึ้งงาน (worker) ส่วนผึ้งหลวงศึกษาในผึ้งงาน ผึ้งที่นำมาศึกษาเป็นผึ้งระยะตัวเต็มวัยมีอายุระหว่าง 22-25 วัน โดยนำมาจากสวนป่า จังหวัดจันทบุรีและสมุทรสงคราม ทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ตาประกอบแต่ละข้างของผึ้งประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าอوماติเดียม ซึ่งผึ้งแต่ละกลุ่มที่ทำการศึกษา มีจำนวนอوماติเดียมแตกต่างกัน โดยผึ้งมิมในวรรณะผึ้งนางพญา มีจำนวน 3569.33+173.00 หน่วย ผึ้งตัวผู้มีจำนวน 7073.67+172.70 หน่วย ผึ้งงานมีจำนวน 4708.07+176.00 หน่วย และผึ้งงานของผึ้งหลวง มีจำนวน 6027.67+116.70 หน่วย ตามลำดับ

แต่ละอوماติเดียม ประกอบด้วยเซลล์รับความรู้สึกหรือเซลล์เรตินา 8 เซลล์ ด้านบนของเซลล์กลุ่มนี้ เป็นส่วนที่เรียกว่า ไคออพตริก แอพาราตัส ซึ่งประกอบด้วยกระจกตา (cuticular lens) อยู่ด้านบนและเลนส์ (crystalline cone) อยู่ด้านล่าง แต่ละเลนส์ประกอบด้วยเซลล์โคนจำนวน 4 เซลล์ ชิดกันแน่น ภายในไซโทพลาสซึมของแต่ละเซลล์ประกอบด้วยแกรนูลของรงควัตถุกระจายอยู่เต็มเซลล์ เลนส์มีเซลล์ล้อมรอบ 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นเซลล์รงควัตถุชนิดยาว ล้อมรอบตลอดความยาวตั้งแต่ใต้กระจกตาจนถึงโคนของเซลล์เรตินา ชั้นในติดกับเลนส์ เป็นเซลล์รงควัตถุพื้นฐานมีนิวเคลียสเป็นรูปคล้ายไตอยู่ที่โคนของเซลล์ มีอยู่จำนวน 2 เซลล์ ล้อมรอบเลนส์ตลอดความยาวของเลนส์จากด้านบนลงมาถึงโคนของเซลล์ จากภาคตัดขวางของเลนส์ในผึ้งตัวผู้ของผึ้งมิมและผึ้งงานของผึ้งหลวง เลนส์มีรูปร่างเป็นรูปไข่ ส่วนผึ้งนางพญาและผึ้งงานของผึ้งมิม เลนส์มีรูปร่างค่อนข้างกลมในผึ้งนางพญาและผึ้งงานของผึ้งมิมพบว่ารอยต่อระหว่างโคนเซลล์บางบริเวณมีรอยโค้งเว้าเข้าไป

เซลล์เรตินา เรียงตัวกระจายกันเป็นรูปวงกลมโดยด้านในของแต่ละเซลล์จะมีไมโครวิลไลจำนวนมากยื่นเข้าไปสู่ศูนย์กลางในแนวตั้งฉากกับแกนของอوماติเดียมเกิดเป็นบริเวณที่เรียกว่าแรบคอม ไซโทพลาสซึมของเซลล์เรตินา มีเวสซิเคิลเล็กๆกระจายอยู่ทั่วไปและแบ่งไซโทพลาสซึมได้เป็นสองบริเวณคือ ด้านนอกเต็มไปด้วยไมโทคอนเดรียและด้านในส่วนมากเป็นเอ็นโดพลาสซึมเรติคูลัม ชนิดไม่มีแกรนูล เมื่อเปรียบเทียบขนาดและจำนวนไมโทคอนเดรียของผึ้งทั้ง 4 กลุ่มพบว่าผึ้งงานของผึ้งหลวงมีไมโทคอนเดรียที่มีขนาดใหญ่กว่าและจำนวนมากกว่าผึ้งมิมทั้ง 3 กลุ่ม และในผึ้งมิมทั้ง 3 วรรณะพบว่าผึ้งตัวผู้มีจำนวนไมโทคอนเดรียมากกว่าผึ้งงานและผึ้งนางพญา ไมโทคอนเดรียในผึ้งงานของผึ้งหลวง ผึ้งตัวผู้และผึ้งงานของผึ้งมิมจะมีคริสตียาว ส่วนในผึ้งนางพญาของผึ้งมิมไมโทคอนเดรียจะมีคริสตีสั้นและพบว่าในผึ้งตัวผู้ของผึ้งมิมจะมีเอ็นโดพลาสซึมเรติคูลัม ชนิดไม่มีแกรนูลเด่นชัดที่สุด รูปร่างแรบคอมของผึ้งแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันคือผึ้งมิมวรรณะนางพญา มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผึ้งตัวผู้รูปร่างคล้ายแท่งกระดูกแข็ง ผึ้งงานรูปร่างคล้ายรูปไข่และผึ้งงานของผึ้งหลวงมีรูปร่างค่อนข้างสี่เหลี่ยมจัตุรัส.

ภาควิชา สาขาวิชา ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารมณ รัชมิหัต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมงานวิจัย และศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำแนะนำต่างๆ ตั้งแต่เริ่มงานวิจัย จนประสบความสำเร็จ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง ในการเขียนวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.มรว.พูนพิงศ์ วรวิบูลย์ หัวหน้าภาควิชา ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทญ.ดร.วิสาขะ ลิม่วงศ์ รองคณบดี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและรองศาสตราจารย์ ดร.กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุคนธ์อง ผาดินาวิน และรองศาสตราจารย์ จริยา เส็กประยูร อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาแนะนำเรื่องการใช้กล้องถ่ายรูป จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิพนธ์ ภูมมางกูร ผู้อำนวยการ ศูนย์วิจัยเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ คุณศิริเพ็ญ เวชการันต์ นักวิจัย ศูนย์วิจัยเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณา แนะนำการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและช่วยในการอำนวยความสะดวกในการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ขอขอบคุณ คุณเอกวิทย์ สุวรรณพงศ์ ที่ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและความสะดวกในการนำสิ่งมาศึกษาวิจัย และช่วยเหลือในการพิมพ์วิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ทบวงมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนผลิตและพัฒนาอาจารย์มหาวิทยาลัย ในการศึกษาเล่าเรียน และทำวิจัย

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้
 สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่และน้องๆ ที่ให้กำลังใจในการศึกษาด้วยดีเสมอมา จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	ตารางสรุปข้อแตกต่างของตาประกอบของฝั่งที่ทำการศึกษา..... 38
5.1	ตารางแสดงการเปรียบเทียบจำนวนอมาติเต็มของฝั่งชนิดต่างๆ.....67

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	ไต่ตะแกรมแสดงวาระต่างๆของผึ้ง <u>Apis mellifera</u>	3
2.1	ไต่ตะแกรมแสดงตาประกอบและออปติคัลโบลของผึ้ง <u>Apis mellifera</u> ตามยาว (Phillips, 1905).....	6
2.2	ไต่ตะแกรมแสดงโครงสร้างของอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis mellifera</u> ตามยาว (Phillips, 1905).....	7
2.3-4	ไต่ตะแกรมแสดงเซลล์เรตินาของตาประกอบของผึ้ง <u>Apis mellifera</u> เมื่อตัดตามขวางและตามยาว (Varela และ Porter, 1969)...12,13	
4ก.	ไต่ตะแกรมแสดงระดับของการตัดตาประกอบของผึ้งที่ทำการศึกษา.....	39
4ข.	ไต่ตะแกรมแสดงภาคตัดตามยาวและตามขวางของอมาติเดียม.....	56
4.1-3	แสดงอมาติเดียมของตาประกอบของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งนางพญา ตัดตามยาว.....	40
4.4-7	แสดงอมาติเดียมของตาประกอบของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งนางพญา ตัดตามขวาง.....	41-42
4.8-11	แสดงอมาติเดียมของตาประกอบของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งตัวผู้ ตัดตามยาว.....	43-44
4.12-15	แสดงอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งตัวผู้ เมื่อตัดตามขวาง	45-46
4.16-19	แสดงอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งงาน เมื่อตัดตามยาว.....	47-48
4.20-23	แสดงอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วาระผึ้งงาน ตัดตามขวาง.....	49-50
4.24-27	แสดงอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วาระผึ้งงาน ตัดตามยาว.....	51-52
4.28-31	แสดงอมาติเดียมของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วาระผึ้งงาน ตัดตามขวาง.....	53-55

4.32	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งนางพญา ตัดตามขวาง.....	55
4.33-34	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งนางพญา ตามขวาง.....	55,57
4.35	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของแบริคอมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งนางพญา ตามขวาง.....	57
4.36	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งตัวผู้ ตามขวาง	58
4.37	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งตัวผู้	58
4.38	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของแบริคอมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งตัวผู้ ตามขวาง	59
4.39	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งตัวผู้.....	59
4.40	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง.....	60
4.41	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง	60
4.42	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของแบริคอมของผึ้ง <u>Apis florea</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง	61
4.43	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง.....	62
4.44	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง	62
4.45	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์รงควัตถุชนิดยาวของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง.....	63

4.46	แสดงอัลตราสตรัคเจอร์ของแรบคอมของผึ้ง <u>Apis dorsata</u> วรรณะผึ้งงาน ตามขวาง	63
6.1-3	แสดงการเปรียบเทียบตาประกอบของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามยาว....	73,74
6.4-6	แสดงการเปรียบเทียบตาประกอบของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง...	74-75
6.7	แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.....	76
6.8-9	แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.....	76,77
6.10	แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของแรบคอมของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.....	77

คำศัพท์

คำสำคัญ

กระจกตา	cuticular lens
ซูเปอร์โพซิชั่น อายส์	superposition eyes
เซลล์เรตินา	retinular cell
เซลล์เอคเซนตริก	eccentric cells
เดสโมโซม	desmosome
ไดออปตริก แอพพาราตัส	dioptric apparatus
ตาประกอบ	compound eyes
ไตรโครมาติก	trichromatic
ฟาเซต	facet
ไฟบิลลา โพรเซส	fibrillar process
รีเซพทีฟ แอพพาราตัส	receptive apparatus
รงควัตถุรับแสง	visual pigment
แรบดอม	rhabdom
แรบโดเมียร์	rhabdomere
อัลตราสตรัคเจอร์	ultrastructure
ออมมาติเดียม	ommatidium
ออฟติกโลบ	optic lobe
แอพโพซิชั่น อายส์	apposition eyes
ไฮเมโนพเทอรา	hymenoptera
เอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม	endoplasmic reticulum
- ชนิดมีแกรนูล	rER (rough-surfaced)
- ชนิดไม่มีแกรนูล	sER (smooth-surfaced)

คำย่อ

bm	ฐานของเซลล์ (basement membrane)
bpc	รงควัตถุที่ฐานของเซลล์ (basal pigment cell)
cc	เลนส์ (crystalline cone)
cl	กระจกตา (cuticular len)
ecc	เซลล์เอคเซนตริก (accentric cells)
fp	ไฟบิลลา โพรเซส (fibrillar process)
lpc	รงควัตถุชนิดยาว (long pigment cell)
m	ไมโทคอนเดรีย (mitochondria)
mt	ไมโครทิวบูล (microtubule)
n	นิวเคลียส (nucleas)
nf	ใยประสาท (nerve fiber)
om	ออมมาติเดียม (ommatidium)
opl	ออฟติกโลบ (optic lobe)
pg	รงควัตถุ (pigment granule)
ppc	รงควัตถุพื้นฐาน (principle pigment cell)
ret	เซลล์เรตินา (retinular cell)
rh	แรบดอม (rhabdom)
vs	เวสซิเคิล (vesicle)

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
สารบัญคำศัพท์และคำย่อ	ฎ

บทที่

1 บทนำ	1
2 บทสอบสวนเอกสาร	4
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	15
4 ผลการทดลอง	22
5 อภิปรายผลการทดลอง	64
6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	68
เอกสารอ้างอิง	79
ภาคผนวก	83
ประวัติผู้เขียน.....	101