บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังต่อไปนี้

1.ในผึ้งชนิดเดียวกัน คือผึ้งมิ้ม วรรณะต่างๆ ทั้งสามวรรณะ จะพบว่าตาประกอบมีความแตกต่างกันทั้งในระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดาและระดับอัลตราสตรัคเจอร์ สรุปได้ดังนี้คือ

จำนวนออมาติเดียม ของตาประกอบ แต่ละข้างของวรรณะผึ้งตัวผู้ มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาเป็นวรรณะผึ้งงาน และน้อยที่สุดคือ วรรณะผึ้งนางพญา

เลนส์ ในการศึกษาระดับกล้องจุลทัศน์ธรรมดา โดยทั่วไปจะมีรูปร่างคล้ายกันทั้งสามวรรณะ แต่มีขนาดแตกต่างกัน คือ วรรณะผึ้งตัวผู้จะมีขนาดของเลนส์ใหญ่ที่สุด ในขณะที่ผึ้งงานและผึ้งนางพญา มีขนาดของเลนส์ใกล้เคียงกัน ในระดับอัลตราสตรัคเจอร์ พบว่าเลนส์ของผึ้งทั้งสามวรรณะ มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ เลนส์ของวรรณะผึ้งนางพญา จะมีรูปร่างกลม และรอยต่อระหว่างเซลล์โคนบางเซลล์พบว่ามีรอยโค้งเว้าเข้าไปด้านในของเลนส์เล็กน้อย ซึ่งลักษณะเช่นนี้ พบในวรรณะผึ้งงานเช่นเดียวกัน แต่รูปร่างของเลนส์ในวรรณะผึ้งงาน มีลักษณะเป็นรูปไข่ และในวรรณะผึ้งตัวผู้ เลนส์มีรูปร่างเป็นรูปไข่ แต่ไม่พบรอยโค้งเว้าระหว่างรอยต่อของเซลล์โคน และพบว่า เลนส์ของผึ้งทั้งสามวรรณะมีเซลล์โคนจำนวน 4 เซลล์ และแต่ละเซลล์ จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ภายในบรรจุเม็ดของรงควัตถุ อยู่เต็มไซโตพลาสซึม และมีไมโครทิวบูล อยู่บริเวณขอบของเลนส์และทั้งสามวรรณะ เลนส์จะถูกล้อมรอบด้วยเซลล์รงควัตถุพื้นฐาน 2 เซลล์ ถัดออกไปด้านนอกเป็นรงควัตถุชนิดยาว

เซลล์เรตินา แต่ละออมาติเดียม ของผึ้งทั้งสามวรรณะ ประกอบไปด้วยเซลล์เรตินาจำนวน 8 เซลล์ ภาคตัดขวางของเซลล์เรตินา มีรูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม ที่รอยต่อระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ที่มีแรบโดเมียร์เหมือนกัน จะพบไฟบริลลา โพรเซส อยู่ถัดจากเดสโมโซม ซึ่งแต่ละออมาติเดียมจะมี 4 อัน และมี 8 เดสโมโซม แต่ละวรรณะจะมีขนาดของเซลล์แตกต่างกัน โดยที่วรรณะผึ้งตัวผู้มีขนาดของเซลล์ใหญ่ที่สุด ส่วนวรรณะผึ้งงานและวรรณะผึ้งนางพญา

มีขนาดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ขนาดของไมโตคอนเดรียของวรรณะผึ้งนางพญา จะมีขนาดใหญ่ที่สุด แต่มีคริสตีสั้นที่สุด รองลงมาเป็นวรรณะผึ้งตัวผู้และวรรณะผึ้งงานตามลำดับซึ่งทั้งสองกลุ่มจะมีคริสตียาวและมากกว่าผึ้งนางพญา และพบว่าผึ้งตัวผู้จะมีจำนวนของไมโตคอนเดรียมากกว่าผึ้งงานและผึ้งนางพญา ตามลำดับ ทั้งสามวรรณะจะพบเซลล์เอคเซนตริกซึ่งเป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก ภายในไซโตพลาสซึมมีออร์แกเนลล์อยู่อย่างหนาแน่นมากและจะพบเซลล์ที่อยู่ตรงกันข้ามกับเซลล์เอคเซนตริกมีขนาดเล็กใกล้เคียงกัน แต่ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ที่อยู่ตรงกันข้าม มีความหนาแน่นของออร์แกเนลล์ในไซโตพลาสซึมน้อยที่สุด

<u>แรบดอม</u> ทั้งสามวรรณะ แรบดอมแบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่มีรูปร่างของแรบดอมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ วรรณะผึ้งนางพญา มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไมโครวิลไลของเซลล์คู่ที่อยู่ตรงกันข้ามกัน จะเรียงตัวเหมือนกันและมีขนาดเท่ากัน แต่จะเรียงตัวตั้งฉากกับ ไมโครวิลไลของเซลล์คู่ที่อยู่ข้างๆและมีรูปแบบของไมโครวิลไลที่แตกต่างกันชัดเจน ขนาดของไมโครวิลไลทั้งสองกลุ่ม มีขนาดแตกต่างกัน

ส่วนใน วรรณะผึ้งตัวผู้ แรบดอมมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีปลายของด้านกว้างของแต่ละด้านยื่นออกไปเป็นแง่ ทำให้ตรงกลางของด้านกว้างแต่ละด้านโค้งเว้าเข้าไปด้านใน ทำให้มีรูปร่างคล้ายแห่งกระดูกแซ็ง การเรียงตัวของไมโครวิลไลไม่เป็นระเบียบและไม่แตกต่างกันชัดเจนเท่ากับในวรรณะผึ้งนางพญา แต่ยังพบว่าไมโครวิลไลของทั้งสองกลุ่มมีขนาดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ในวรรณะผึ้งงาน แรบดอม มีรูปร่างกลมค่อนข้างรีคล้ายรูปไข่ พบว่าการเรียงตัวกันของไมโครวิลไลค่อนข้างเป็นระเบียบและแบ่งออกเป็นสองกลุ่มเช่นเดียวกับในวรรณะผึ้งนางพญา โดยที่เซลล์คู่ที่อยู่ตรงกันข้ามกัน มีรูปร่างและการเรียงตัวของไมโครวิลไลเหมือนกันและมีขนาดเท่ากัน แต่จะมีขนาดที่แตกต่างจากคู่ของเซลล์ที่อยู่ด้านข้าง รูปร่างของไมโครวิลไลของทั้งสองกลุ่มของผึ้งในวรรณะนี้ จะมีลักษณะเป็นแท่งยาว 2 กลุ่มและเป็นรูปค่อนข้างกลมเล็กๆอีก 2 ส่วน ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะเรียงตัวในแนวตั้งฉากกับแกนของแรบดอม

<u>เซลล์รงควัตถุ</u> ผึ้งแต่ละวรรณะจะพบเซลล์รงควัตถุ 2 ชนิด คือเซลล์รงควัตถุพื้นฐานซึ่งมีอยู่ 2 เซลล์รอบๆเลนส์และเซลล์รงควัตถุชนิดยาวเป็นเซลล์ที่พบตั้งแต่รอบๆส่วนบนสุดของเลนส์ถัดจากเซลล์รงควัตถุพื้นฐานออกมาด้านนอก ยาวลงมาจนถึงฐานของเซลล์เรตินา ในการศึกษาครั้งนี้ในระดับฮัลตราสตรัคเจอร์ไม่พบข้อแตกต่างที่ชัดเจนของทั้ง3 วรรณะ แต่ในระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดา พบว่าผึ้งงานมีความหนาแน่นของรงควัตถุมากกว่าผึ้งนางพญาและผึ้งตัวผู้ตามลำดับ

2. ในผึ้งต่างชนิดกัน คือ ผึ้งมิ้มและผึ้งหลวง ในวรรณะผึ้งงาน จากการศึกษาสรุปได้ว่า

<u>จำนวนออมาติเดียม</u> ผึ้งงานของผึ้งหลวงมีจำนวนออมาติเดียมมากกว่า วรรณะผึ้งงานของผึ้งมิ้ม

<u>เลนส์</u> ในระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดา ผึ้งงานของผึ้งหลวงมีขนาดของเลนส์ใหญ่กว่าของผึ้งงานผึ้งมิ้ม และในระดับอัลตราสตรัคเจอร์ พบว่ารูปร่างของเลนส์ของผึ้งงาน ของผึ้งหลวง มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ ผึ้งงานของผึ้งหลวง มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ที่รอยต่อระหว่างเซลล์โคนไม่มีรอยโค้งเว้าเข้าไปด้านใน ส่วนในผึ้งงานของผึ้งมิ้ม เลนส์มีรูปร่างเป็นรูปไข่และพบรอยโค้งเว้าที่รอยต่อระหว่างเซลล์โคนบางเซลล์ชัดเจน เลนส์ของผึ้งทั้งสองชนิดประกอบด้วยเซลล์โคนจำนวน 4 เซลล์

<u>เซลล์เรตินา</u> ในแต่ละออมาติเดียมของผึ้งทั้งสองชนิด มีเซลล์เรตินาจำนวน 8 เซลล์ ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ 2 เซลล์ ที่มีแรบโดเมียร์เหมือนกัน จะพบไฟบริลลา โพรเซส อยู่ถัดจากเดสโมโซม นั่นคือ ในผึ้งแต่ละชนิด แต่ละออมาติเดียมจะมี ไฟบริลลา โพรเซส จำนวน 4 อัน และมี 8 เดสโมโซม ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ ภายในไซโตพลาสซึมของผึ้งงานของผึ้งหลวง มีจำนวนไมโตคอนเดรียกระจายอยู่มากกว่าผึ้งงานของผึ้งมิ้ม และข้อแตกต่างที่สำคัญอีกอย่าง คือ รอยต่อระหว่างเซลล์แต่ละเซลล์ของผึ้งงานของผึ้งหลวงจะมีช่องว่างอย่างเห็นได้ชัด แต่ในผึ้งงานของผึ้งมิ้ม รอยต่อระหว่างเซลล์แทบจะไม่มีช่องว่างเลย

<u>แรบดอม</u> ทั้งผึ้งงานของผึ้งหลวงและผึ้งงานของผึ้งมิ้ม แรบดอมจะแบ่งเป็น 4 ส่วน แต่จะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน คือผึ้งงานของผึ้งหลวงมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมจัสตุรัส ในขณะที่ผึ้งงานของผึ้งมิ้ม แรบดอม มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ และพบว่าการเรียงตัวของไมโครวิลไล ภายในแรบดอมของผึ้งงานของผึ้งหลวง จะเรียงตัวในแนวยาว 2 ส่วน ซึ่งเป็นคู่ของเซลล์ที่อยู่ตรงกันข้ามกัน มีลักษณะเหมือนกัน ส่วนไมโครวิลไลของเซลล์คู่ที่อยู่ด้านข้างอีก 2 ส่วน มีลักษณะ เป็นหกเหลี่ยมคล้ายหลอดรวงผึ้ง และพบว่าแรบดอมทั้งสี่ส่วนมีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะคล้ายกับที่พบในผึ้งงานของผึ้งมิ้ม กล่าวคือในผึ้งงานของผึ้งมิ้ม ไมโครวิลไล 2 ส่วนแรกจะมีลักษณะค่อนข้างกลมและอีก 2 ส่วน ที่อยู่ด้านข้างมีการเรียงตัวในแนวยาวเช่นเดียวกับผึ้งงานของผึ้งหลวง แต่ละส่วนของไมโครวิลไลของเซลล์คู่ที่อยู่ตรงกันข้ามกันจะวิ่งเข้าตั้งฉากกับแกนของแรบดอม ในแนวเดียวกัน และจะตั้งฉากกับไมโครวิลไลของเซลล์คู่ที่อยู่ข้างๆ

เซลล์รงควัตถุ ผึ้งทั้งสองชนิด จะพบเซลล์รงควัตถุ 2 กลุ่ม คือ เซลล์รงควัตถุพื้นฐาน จำนวน 2 เซลล์ อยู่รอบๆ เลนส์ และเซลล์รงควัตถุชนิดยาว พบตั้งแต่ส่วนบนสุด ของเลนส์ ถัดจากรงควัตถุกลุ่มแรกออกมาด้านนอก ยาวลงมาจนถึงส่วนฐานของเซลล์เรตินา

3. ในผึ้งชนิดเดียวกัน คือ ผึ้งมิ้ม แต่ต่างวรรณะกัน ซึ่งมีหน้าที่ ภายในรัง แตกต่างกัน โครงสร้างของตาประกอบ จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งในระดับฮัลตราสตรัคเจอร์ และระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดาและในผึ้งวรรณะเดียวกัน แต่เป็นผึ้งต่างชนิดกัน คือ ผึ้งงานของผึ้งมิ้มและผึ้งงานของผึ้งหลวง ซึ่งมีช่วงเวลาในการออกหาอาหารที่แตกต่างกัน คือ ในผึ้งงานของผึ้งหลวงมีการออกหาอาหารในตอนกลางคืนได้ด้วย ในขณะที่ผึ้งงานของผึ้งมิ้มจะออกหาอาหารเฉพาะในตอนกลางวัน พบว่าโครงสร้างของตาประกอบ จะแตกต่างกันทั้งระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดาและระดับที่ศึกษาในระดับฮัลตราสตรัคเจอร์

ข้อเสนอแนะ

จากข้อสรุปที่ว่า ผึ้งที่มีหน้าที่ภายในรังแตกต่างกัน จะมีผลทำให้ปริมาณของแสงที่ตาได้รับแตกต่างกันจึงทำให้อธิบายได้ว่า โครงสร้างของตาประกอบมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งในระดับที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดาและกล้องจุลทัศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาในผึ้งหลายกลุ่ม และได้ศึกษาเฉพาะภาคตัดขวางของเลนส์ เซลล์เรตินาและแรบดอมส่วนที่เป็นกระจกตาและในระดับที่ต่ำกว่าฐานของเซลล์เรตินาลงไปและในภาคตัดตามยาวยังไม่ได้ทำการศึกษา ทำให้ได้ข้อมูลของแต่ละกลุ่มไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร และจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระดับฮัลตราสตรัคเจอร์ จะเห็นว่าในผึ้งชนิดเดียวกันแต่ต่างวรรณะกัน จะมีรูปร่างของเลนส์ รูปร่างของแรบดอมและออร์แกเนลล์ภายในเซลล์เรตินาที่แตกต่างกัน แต่ก็จะพบว่า ผลการศึกษาในครั้งนี้ จะมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Varela และ Porter ในปี 1969 ที่ได้ทำการศึกษาในผึ้งงานของผึ้งพันธุ์ โดยพบว่า รูปร่างแรบดอมของผึ้งงานของผึ้งมิ้ม มีรูปร่างคล้ายรูปไข่คล้ายกับของผึ้งพันธุ์ จากการวิจัยครั้งนี้ขอเสนอแนะว่า น่าจะศึกษาผึ้งชนิดอื่นอีกและศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 3 วรรณะ หรือเลือกศึกษาผึ้งพันธุ์ ในวรรณะผึ้งนางพญาและวรรณะผึ้งตัวผู้ เพื่อที่จะนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ และผลของ Varela และ Porter ที่ได้ทำการศึกษาในผึ้งงานของผึ้งพันธุ์ ว่าในผึ้งแต่ละชนิดและแต่ละวรรณะ

จะมีรูปร่างของแรบดอม ที่เหมือนกันหรือไม่และควรทำการศึกษา ในภาคตัดตามแนวยาวด้วย เพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนั้นควรศึกษาในผึ้งชนิดอื่นด้วยเช่น ผึ้งโพรง ซึ่งเป็นผึ้งพื้นเมืองของไทย มีพฤติกรรมการทำรังที่แตกต่างไปจากผึ้งมิ้มและผึ้งหลวง จากการทำรังในโพรงหรือเลี้ยงในหีบเลี้ยงของผึ้งชนิดนี้ ปริมาณของแสงที่ตาประกอบได้รับ น่าจะมีความแตกต่างจากผึ้งกลุ่มที่ทำการศึกษาโดยเฉพาะในผึ้งนางพญาที่มีพฤติกรรมส่วนใหญ่อยู่ภายในรังเกือบตลอดชีวิต

รูปแสดงการเปรียบเทียบตาประกอบของผึ้งกลุ่มที่ทำการศึกษา

รูปที่ 6.1-3 แสดงการเปรียบเทียบตาประกอบของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามยาว.

6.4-6 แสดงการเปรียบเทียบตาประกอบของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.

6.7 แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของเลนส์ของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.

6.8-9 แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของเซลล์เรตินาของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.

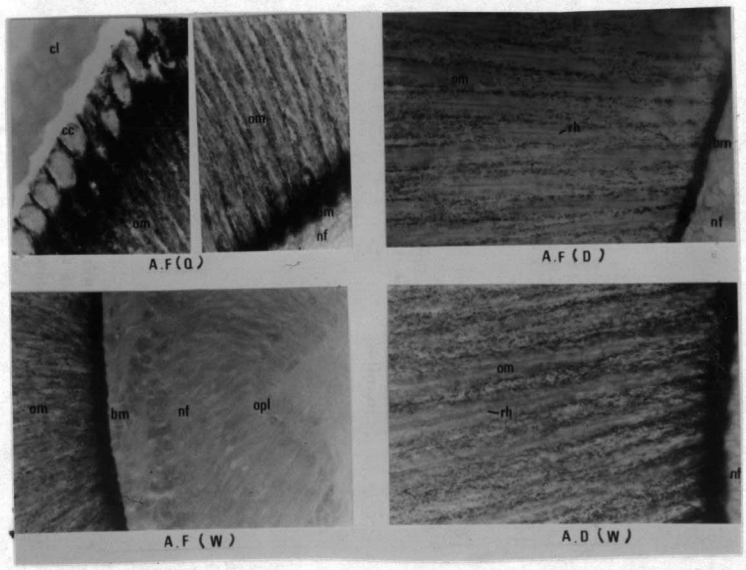
6.10 แสดงการเปรียบเทียบอัลตราสตรัคเจอร์ของแรบดอมของผึ้งทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อตัดตามขวาง.

A.F (Q) , Apis florea วรรณะผึ้งนางพญา

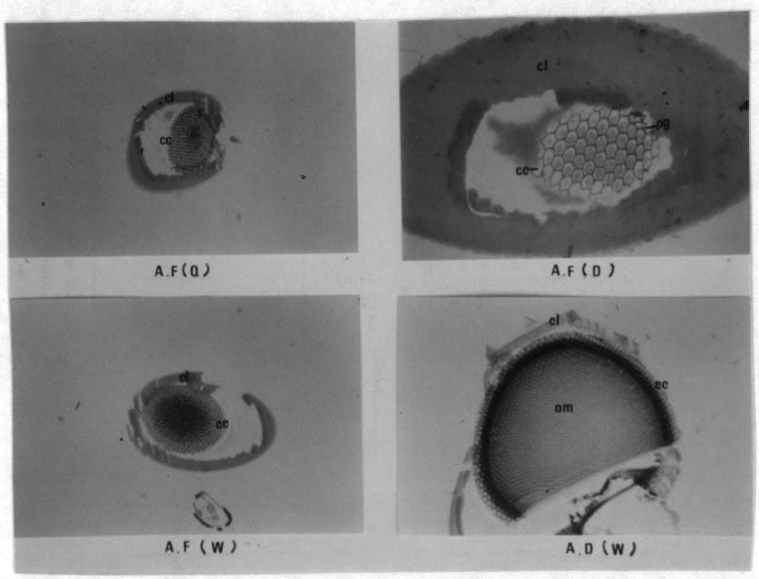
A.F (D) , Apis florea วรรณะผึ้งตัวผู้

A.F (W) , Apis florea วรรณะผึ้งงาน

A.D (W) , Apis dorsata วรรณะผึ้งงาน

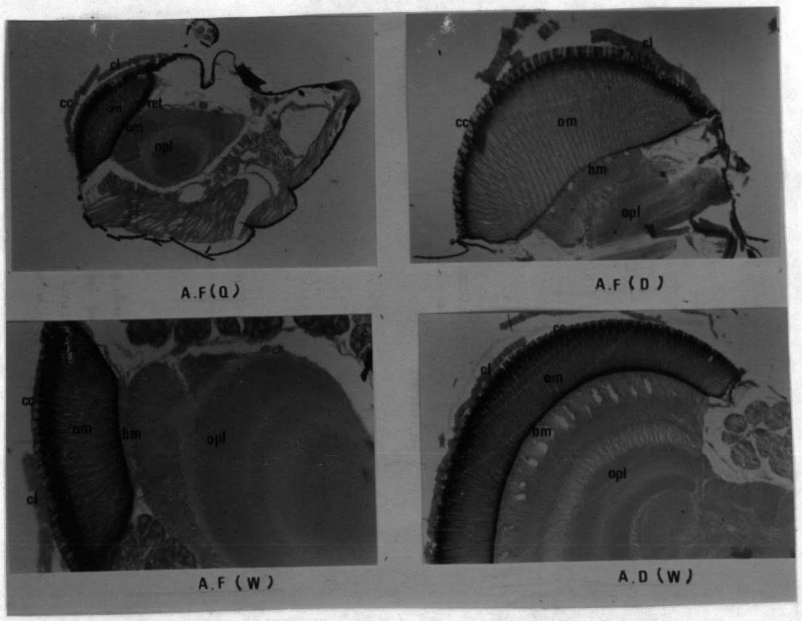

cl
cc
om
onl
bm
nf
A.F(Q)
om
rh
bm
nf
A.F(D)
om
bm
nf
opl
A.F(W)
om
rh
nf
A.D(W)

รูปที่ 6.3

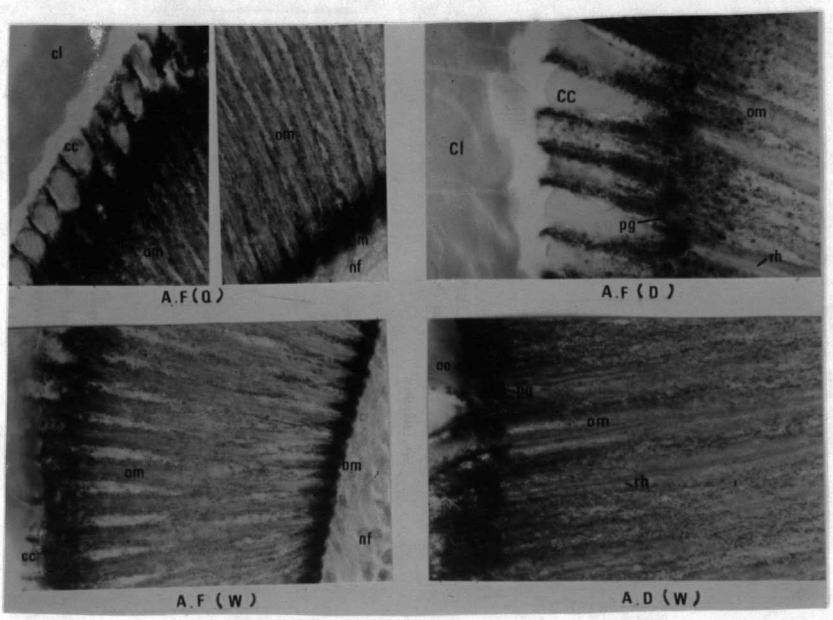

cl
cc
A.F(Q)
cl
pg
cc
A.F(D)
cl
cc
A.F(W)
cl
cc
om
A.D(W)

รูปที่ 6.4

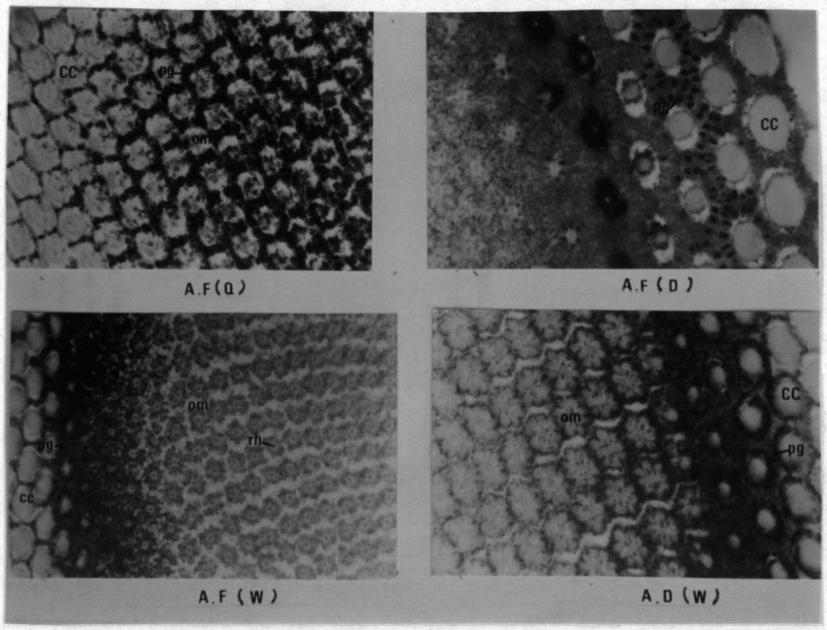
1. <u>กลุ่มที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ธรรมดา</u>



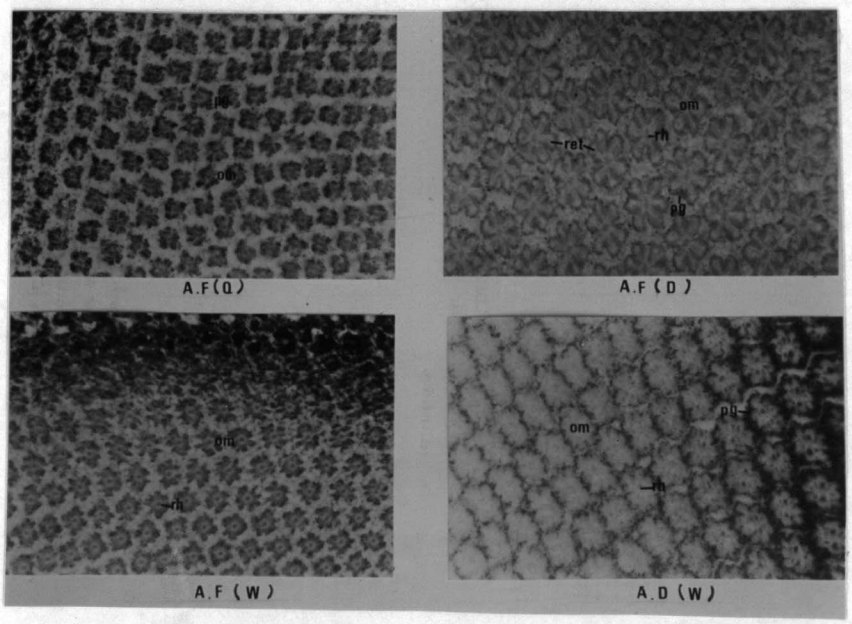
รูปที่ 6.1



รูปที่ 6.2

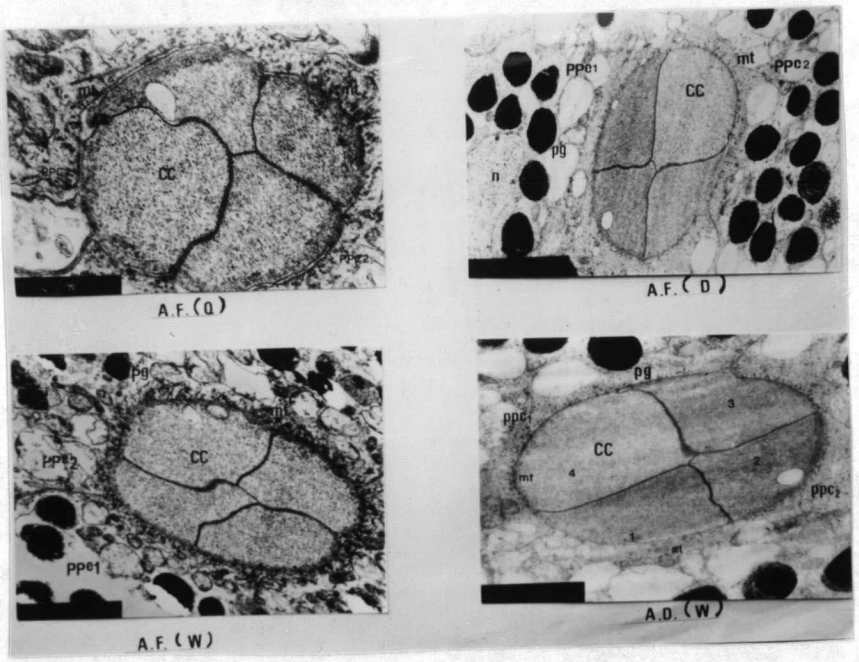

CC
pg
om
A.F(Q)
pg
CC
A.F(D)
pg
rh
cc
A.F(W)
om
CC
pg
A.D(W)

รูปที่ 6.5

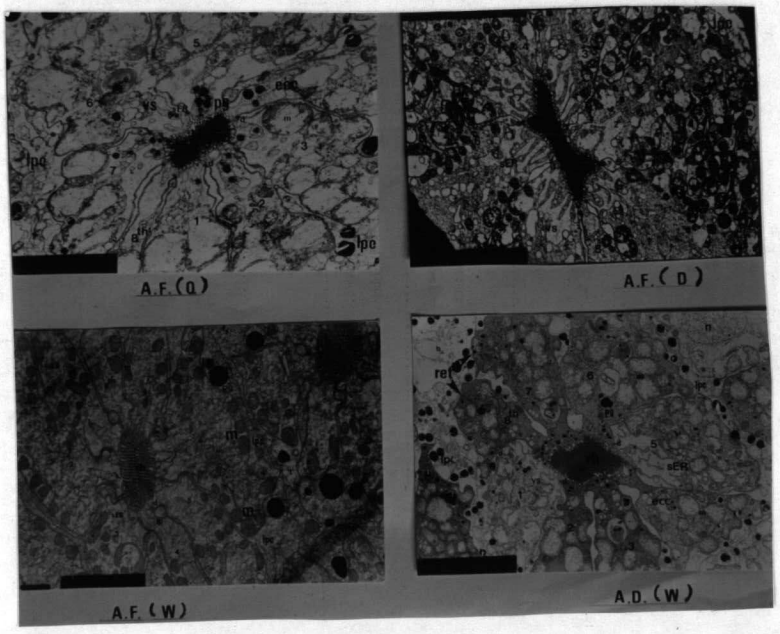

pg
pg
A.F(Q)
om
ret
rh
pg
A.F(D)
om
rh
A.F(W)
om
pg
rh
A.D(W)

รูปที่ 6.6

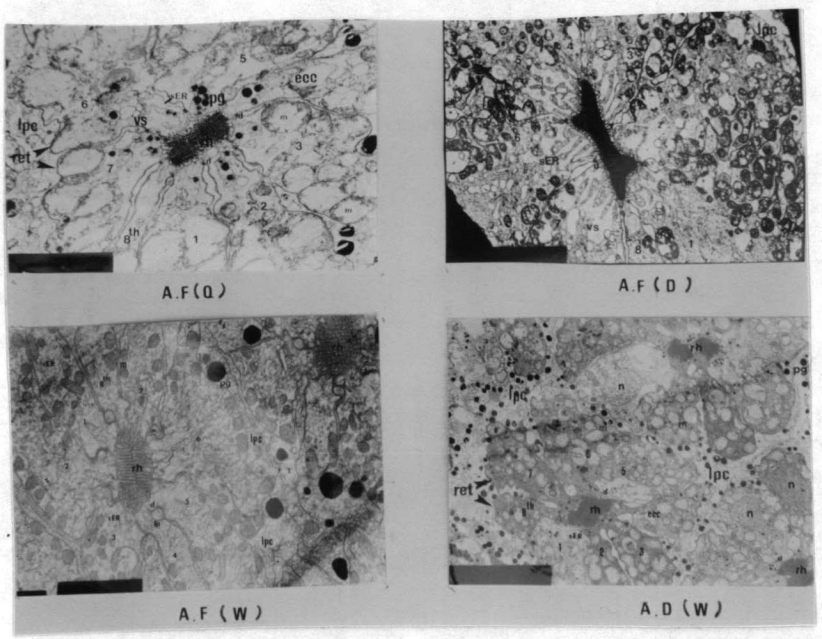
2. <u>กลุ่มที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน</u>



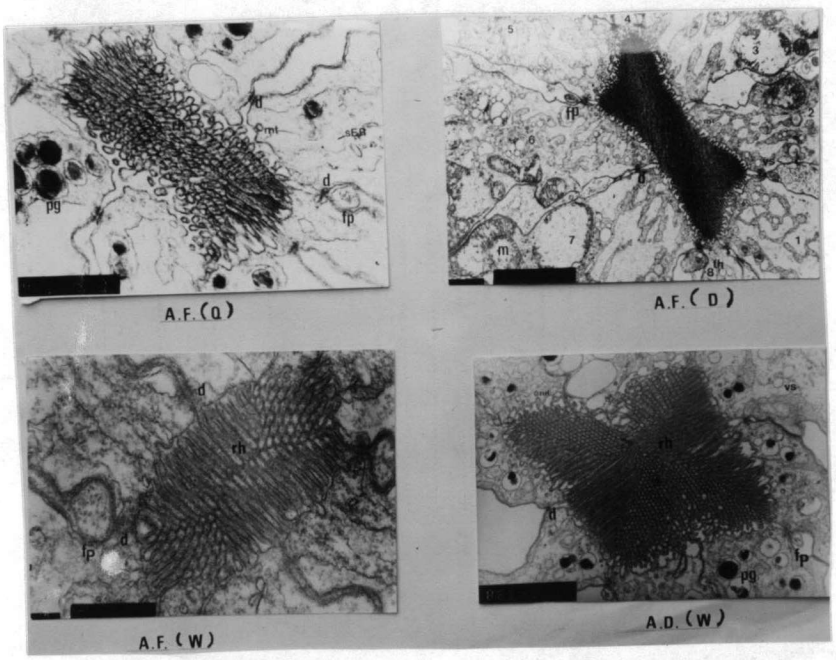
รูปที่ 6.7



รูปที่ 6.8



รูปที่ 6.9



รูปที่ 6.10