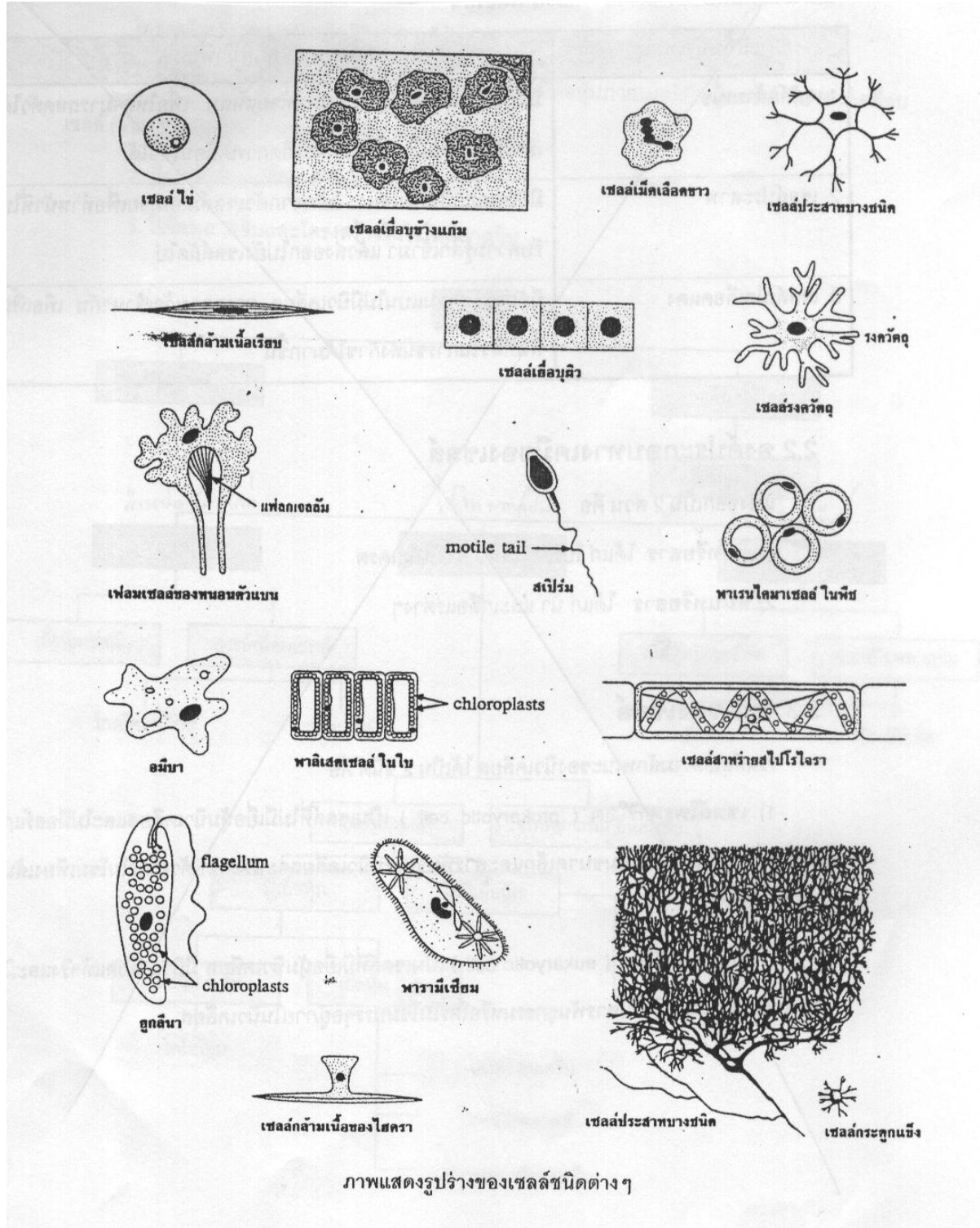


เชลล์ : หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

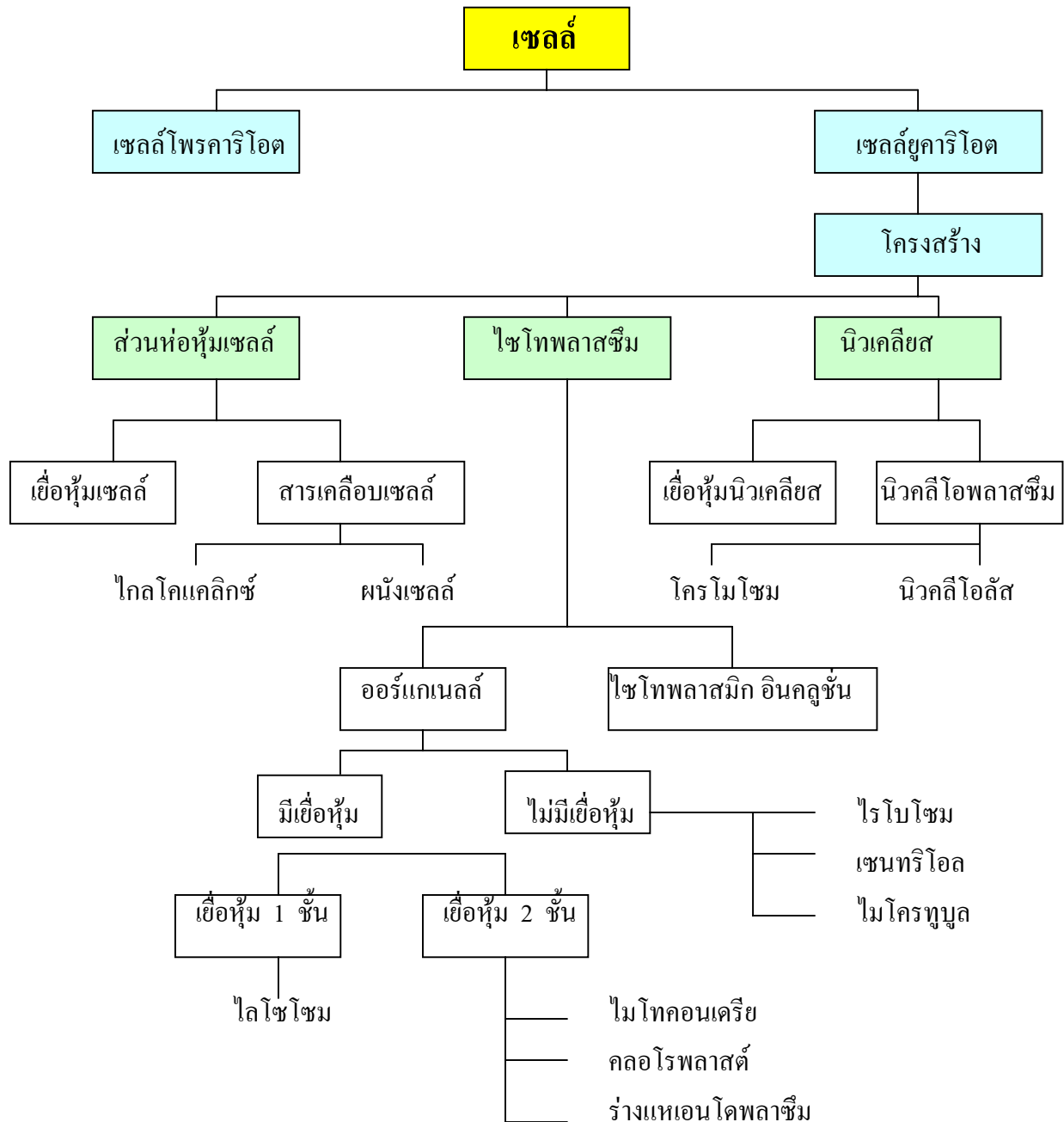
ค.ศ. 1839 **ชว็ลน์และชไลเดน** ร่วมกันตั้งทฤษฎีเซลล์ (Cell theory) ความว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์และผลิตภัณฑ์ของเซลล์



1. โครงสร้างของเซลล์

โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์มี 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์และส่วนที่ห่อหุ้มภายนอกเยื่อหุ้มเซลล์ คือ สารเคลือบเซลล์ (เฉพาะเซลล์สัตว์) และผนังเซลล์ (เฉพาะเซลล์พืช)
2. นิวเคลียสและโครงสร้างในนิวเคลียส
3. ไซโทพลาสซึมและโครงสร้างในไซโทพลาสซึม



2. ส่วนประกอบของเซลล์

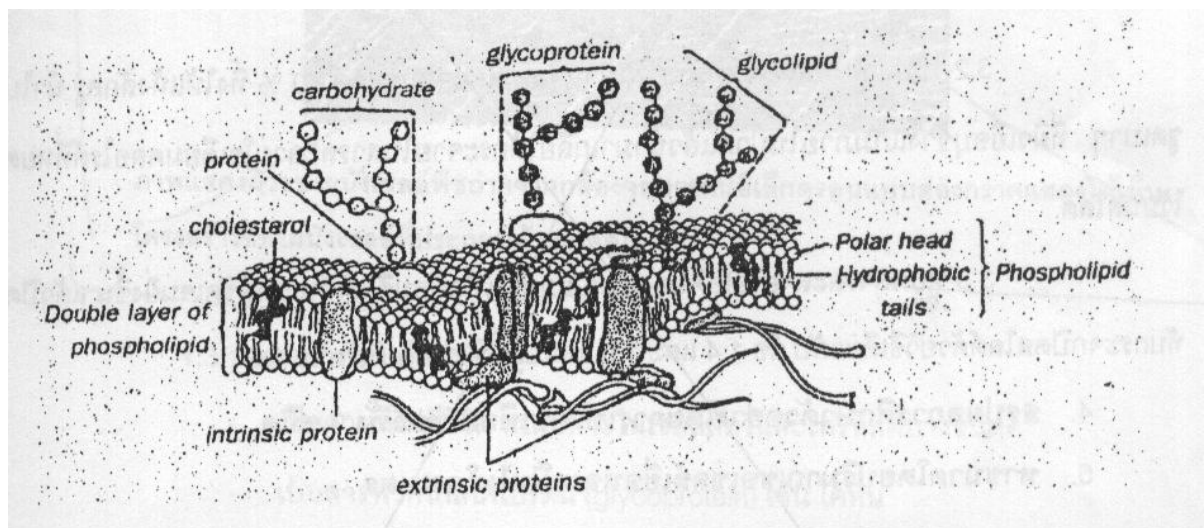
1. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

1.1 เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane หรือ Plasma membrane)

- พบในเซลล์ทุกชนิด
- โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นโมเลกุลฟอสโฟลิปิด เรียงตัวเป็น 2 ชั้น มีโมเลกุลโปรตีนแทรกอยู่ทั่วไปหนาประมาณ 10 นาโนเมตร

- มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Differentially permeable membrane หรือ Semipermeable membrane)

- ทำหน้าที่ควบคุมสารผ่านเข้าออกเซลล์ทั้งชนิดและปริมาณของสาร และป้องกันอันตรายแก่เซลล์



ภาพโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก (fluid mosaic) ซึ่งยอมรับว่าถูกต้องที่สุดในปัจจุบัน เป็นแผ่นเยื่อที่เกิดจากโมเลกุลฟอสโฟลิปิดสองชั้น มีก้อนโมเลกุลโปรตีนฝังอยู่ด้านใดด้านหนึ่งหรือทะลุผ่านทั้งสองด้าน มีการโบไฮเดรตโมเลกุลสั้นๆ จับกับโมเลกุลโปรตีนหรือจับกับโมเลกุลไขมัน ชี้ออกไปด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์

1.2 ผนังเซลล์ (Cell wall)

- เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิต พบในเซลล์พืชทุกชนิด ราและแบคทีเรียบางชนิด
- โครงสร้างประกอบด้วย เซลลูโลสและสารอื่นๆ เช่น คิติน ชูเบอร์ริน เพกทิน และ ลิกนิน ผนังเซลล์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีองค์ประกอบไม่เหมือนกัน
- หน้าที่ป้องกันเซลล์และให้ความแข็งแรง
- มีสมบัติยอมให้สารผ่านสะดวก (permeable)
- มีช่องพลาสมเดสมาตา (plasmodesmata) เป็นทางให้ไซโทพลาสซึมติดต่อกัน

1.3 สารเคลือบผิวเซลล์

- เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิต พบเฉพาะในเซลล์สัตว์และโพรทิสต์บางชนิด
- เป็นพวกไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เช่น ไคทิน
- ทำหน้าที่ต่างกัน เช่น คงรูปร่างเซลล์ (เป็นสารที่มีความเหนียว แข็งแรง ไม่ละลายน้ำ) ช่วยให้เซลล์จํากันได้และอยู่เกาะกลุ่มเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะ ถ้าสารเคลือบผิวเซลล์ผิดปกติ อาจทำให้เซลล์แบ่งตัวไม่หยุด (มะเร็ง) ฯลฯ

- สารเคลือบผิวเซลล์ในโพรทิสต์ : เห็ดราเป็นสารไคทิน ไดอะตอมเป็นสารซิลิกา

2. นิวเคลียสและออร์แกเนลล์ในนิวเคลียส

2.1 เยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane)

- โครงสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเยื่อ 2 ชั้น
- ชั้นนอกขรุขระ เพราะมีไรโบโซมเกาะอยู่
- มีทางติดต่อกับร่างแหเอนโดพลาสมิก กอลจิบอดี และไมโทคอนเดรีย
- เยื่อหุ้มนิวเคลียสมีรูเล็ก ๆ อยู่ทั่วไป เรียกว่า แอนนูลัส (annulus) มีหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนและเป็นทางผ่านของสารต่าง ๆ ระหว่างนิวเคลียสกับไซโตพลาสซึม

- เซลล์สิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เรียก เซลล์ยูคาริโอต (eukaryotic cell) เซลล์สิ่งมีชีวิตบางชนิด (แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสเรียก เซลล์โพรคาริโอต (prokaryotic cell)

2.2 นิวเคลียส (nucleus)

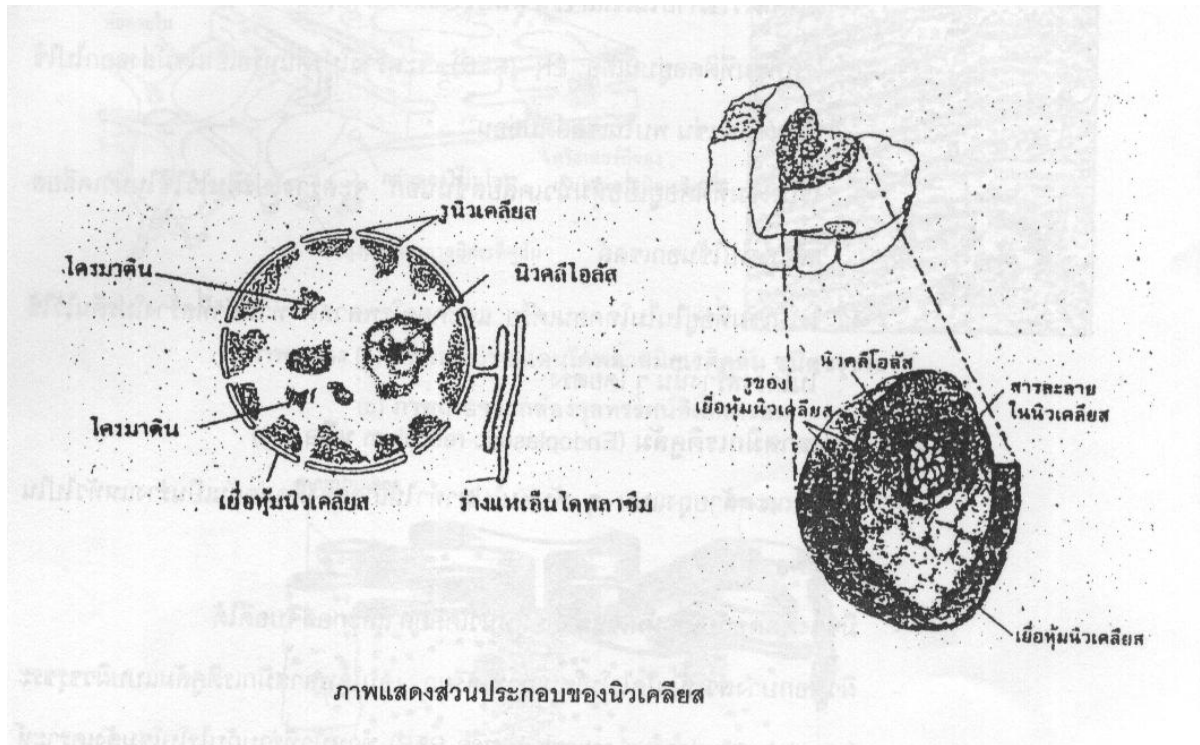
- พบในเซลล์เกือบทุกชนิด ทั้งเซลล์พืช สัตว์ โพรทิสต์
- มีลักษณะกลมหรือรี ขนาดใหญ่เด่นชัด เซลล์ส่วนใหญ่มี 1 นิวเคลียส
- ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ (ทำงานร่วมกับไซโทพลาสซึม) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแบ่งเซลล์การสืบพันธุ์และการสังเคราะห์ด้วยแสง ฯลฯ

2.3 โครมาติน (Chromatin)

- ลักษณะเป็นเส้นใยยาวในนิวเคลียส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 – 50 อังสตรอมยาวมาก ขดกันเหมือนสปริงและพันเป็นกลุ่ม
- ประกอบด้วยโมเลกุล DNA และโปรตีนหลายชนิดหุ้มรอบ
- DNA หรือ Deoxyribonucleic acid คือ สายพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต
- เมื่อแบ่งเซลล์ เส้นใยโครมาตินจะหดตัว ปรากฏเป็นเส้นหนาชัดเจนเรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) แต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด (Chromatids) จากการจำลองตัวเองในระยะอินเตอร์เฟส
- กล้องจุลทรรศน์ธรรมดามองเห็นนิวเคลียสได้ชัด เพราะเส้นใยโครมาตินย้อมติดสีได้ดี

2.4 นิวคลีโอลัส (Nucleolus)

- มีลักษณะเป็นก้อนกลมภายในนิวเคลียส ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วย RNA, DNA และโปรตีน
- ทำหน้าที่สังเคราะห์ไรโบโซม



3. ไซโทพลาซึมและออร์แกเนลล์ในไซโทพลาซึม

ไซโทพลาซึม (Cytoplasm)

- เป็นส่วนของเหลวภายในเยื่อหุ้มเซลล์ (ยกเว้นนิวเคลียส) ทำหน้าที่เป็นแหล่งเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ของเซลล์
 - มีโครงสร้างเล็ก ๆ เรียกว่า ออร์แกเนลล์ (Organelle) กระจายอยู่
- ออร์แกเนลล์ในไซโทพลาซึมส่วนใหญ่มีเยื่อหุ้ม มีปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเฉพาะจึงทำหน้าที่แตกต่างกันในแต่ละออร์แกเนลล์ ดังนี้

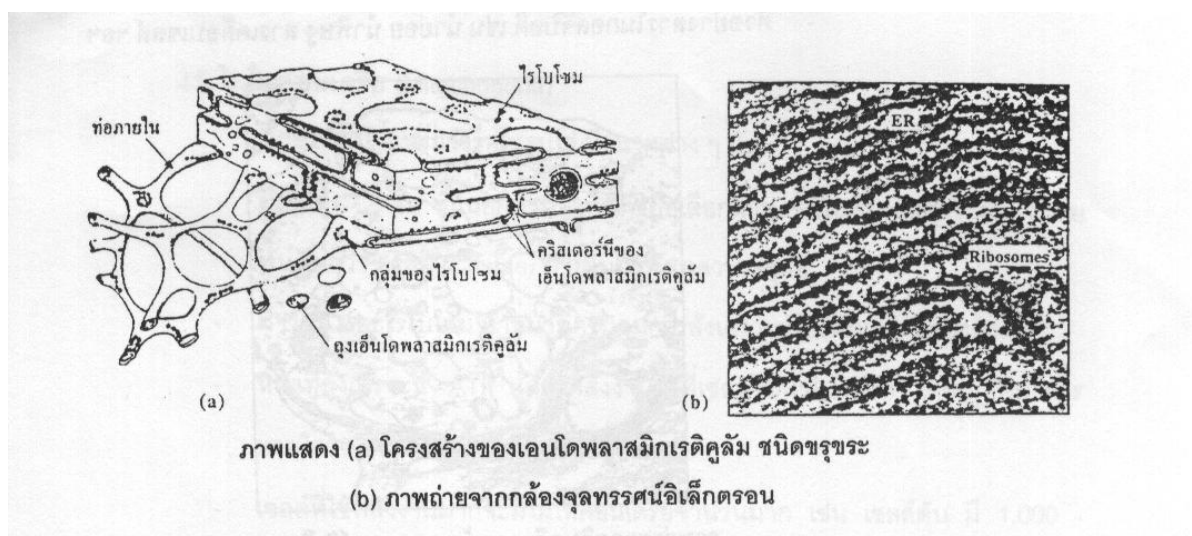
3.1 ไรโบโซม (Ribosome)

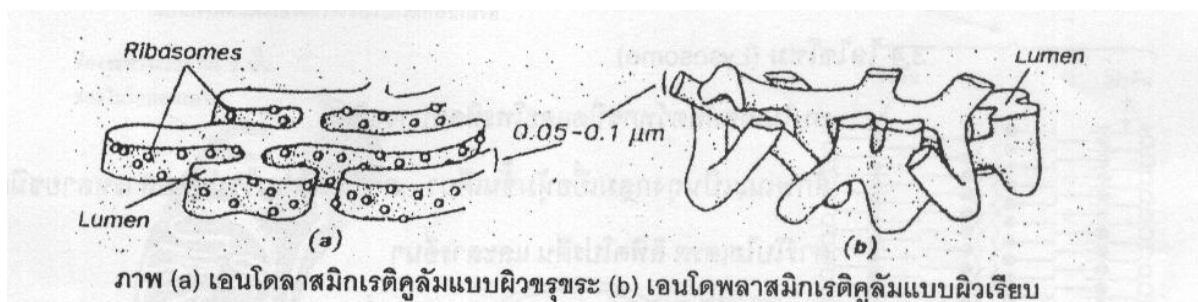
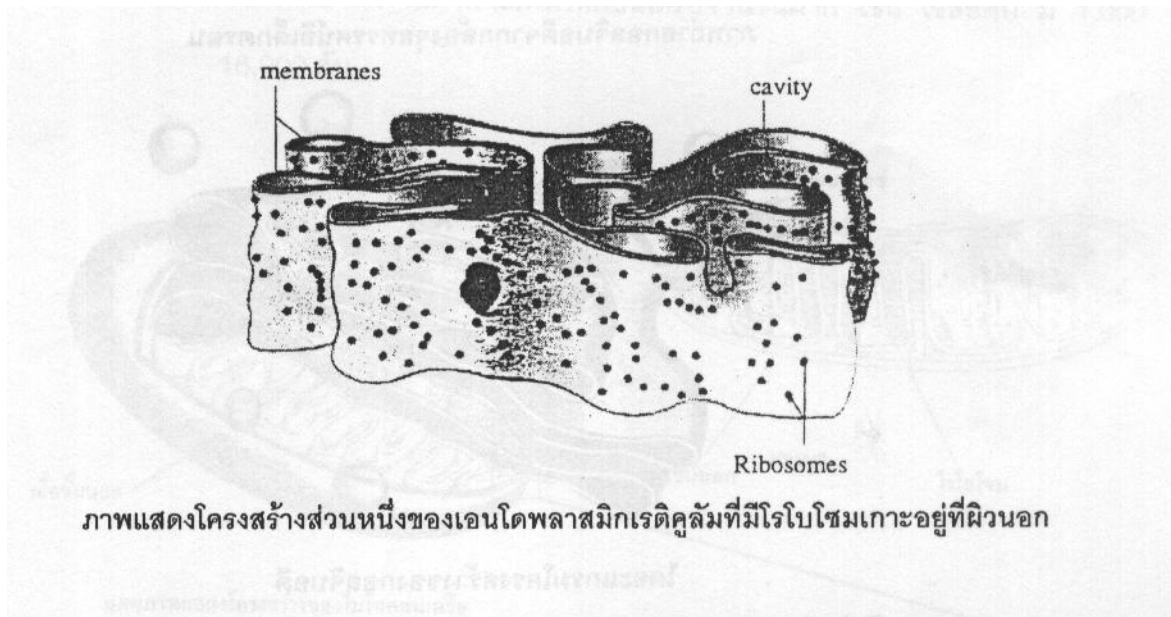
- พบได้ทั้งในเซลล์ยูคาริโอตและเซลล์โพรคาริโอต ประกอบด้วยสาร RNA (65%) และโปรตีน (35%)
- ไรโบโซม เป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็กที่สุดที่ไม่มีเยื่อหุ้มประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ หน่วยใหญ่ (large subunit) และหน่วยย่อย (Small subunit) ไรโบโซมทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนต่างกัน 4 อย่างคือ

1. ไรโบโซมที่อยู่ในไซโทพลาสซึมโดยอยู่เป็นอิสระเป็นแนวหรือกระจุกและสร้างโปรตีนไว้ใช้ภายในเซลล์ เช่น ที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อ
2. ไรโบโซมที่ติดอยู่บนเยื่อ ER (RER) จะสร้างโปรตีนหรือเอ็นไซม์ส่งออกไปใช้นอกเซลล์ เช่น พบในเซลล์ตับอ่อน
3. ไรโบโซมที่ติดอยู่เยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอก จะสร้างโปรตีนไว้ใช้ในนิวเคลียสและส่งไปใช้นอกเซลล์
4. ไรโบโซมที่อยู่ในไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่สร้างโปรตีนไว้ใช้ในโครงสร้างนั้น ๆ โดยตรง

3.2 เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (Endoplasmic reticulum หรือ ER)

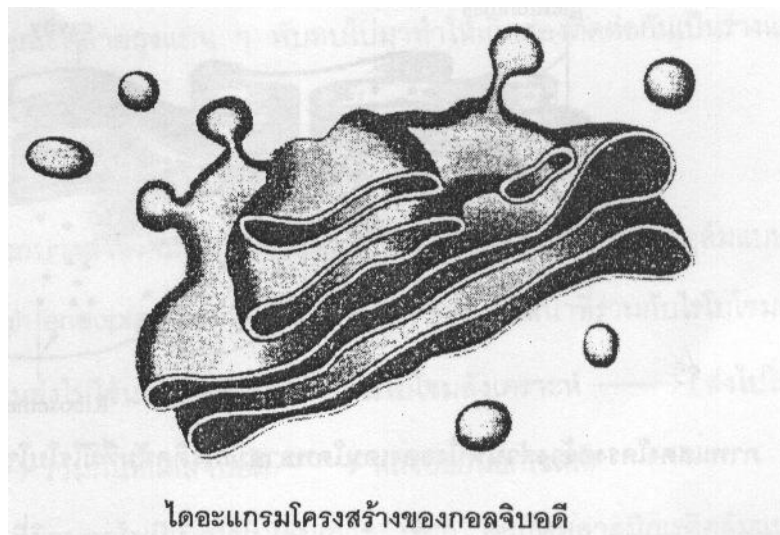
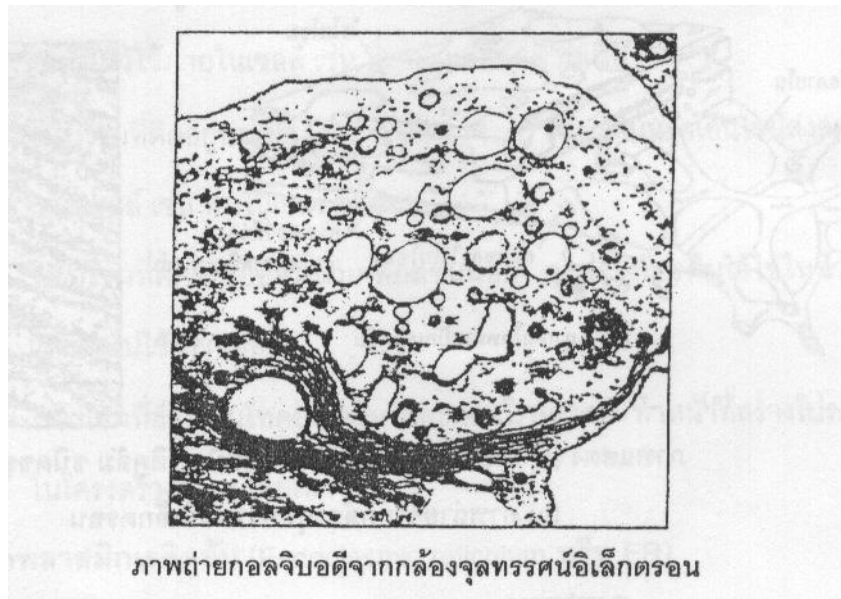
- มีลักษณะคล้ายถุงแบน ๆ พับทบไปมาทำให้เกิดช่องติดต่อกันเป็นร่างแหทั่วไปในไซโทพลาสซึม
- มีช่องติดต่อกับเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มนิวเคลียส และกอลจิบอดีได้
- ผิวนอกบางส่วนมีเม็ดไรโบโซมเกาะ เรียก เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ (rough endoplasmic reticulum หรือ RER) ทำหน้าที่ร่วมกับไรโบโซมสังเคราะห์โปรตีนส่งไปใช้นอกเซลล์ (โปรตีนที่ไรโบโซมสังเคราะห์ → ส่งไปในช่อง ER → รวมกันที่กอลจิบอดี → หลั่งออกนอกเซลล์)
- ER ที่ผิวนอกไม่มีเม็ดไรโบโซมเกาะ เรียก เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบ (smooth endoplasmic reticulum หรือ SER) ทำงานได้หลายหน้าที่ เช่น ขจัดสารพิษ (เซลล์ตับ) สังเคราะห์ฮอร์โมนสเตียรอยด์ (เซลล์ต่อมหมวกไตชั้นนอก) คุมไขมัน (ในเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้เล็ก) ฯลฯ





3.3 กอลจิบอดี หรือกอลจิแอปพาราตัส (Golgi body or golgi apparatus)

- มีลักษณะเป็นหลอดแบน ๆ ซ้อนทับกันหลายชั้น ขอบของหลอดมีการคอดเว้าเป็นถุงเล็ก ๆ เรียกว่า เวสิเคิล (Vesicle)
- มีหน้าที่สังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ซึ่งถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาเคมีของเซลล์ หรือรวมตัวกับโปรตีน จาก ER เป็นสารไกลโคโปรตีนสะสมอยู่ในถุงเวสิเคิล เพื่อส่งออกนอกเซลล์หรือไว้ใช้ในเซลล์
- ตัวอย่างสารในกอลจิบอดี เช่น น้ำย่อย น้ำพิษงู สารเคลือบเซลล์ ฯลฯ



3.4 ไลโซโซม (Lysosome)

- พบในเซลล์สัตว์ทุกชนิดและโพรทิสต์บางชนิด
- ลักษณะเป็นถุงกลมเยื่อหุ้มชั้นเดียว ภายในมีเอนไซม์ย่อยสารหลายชนิด

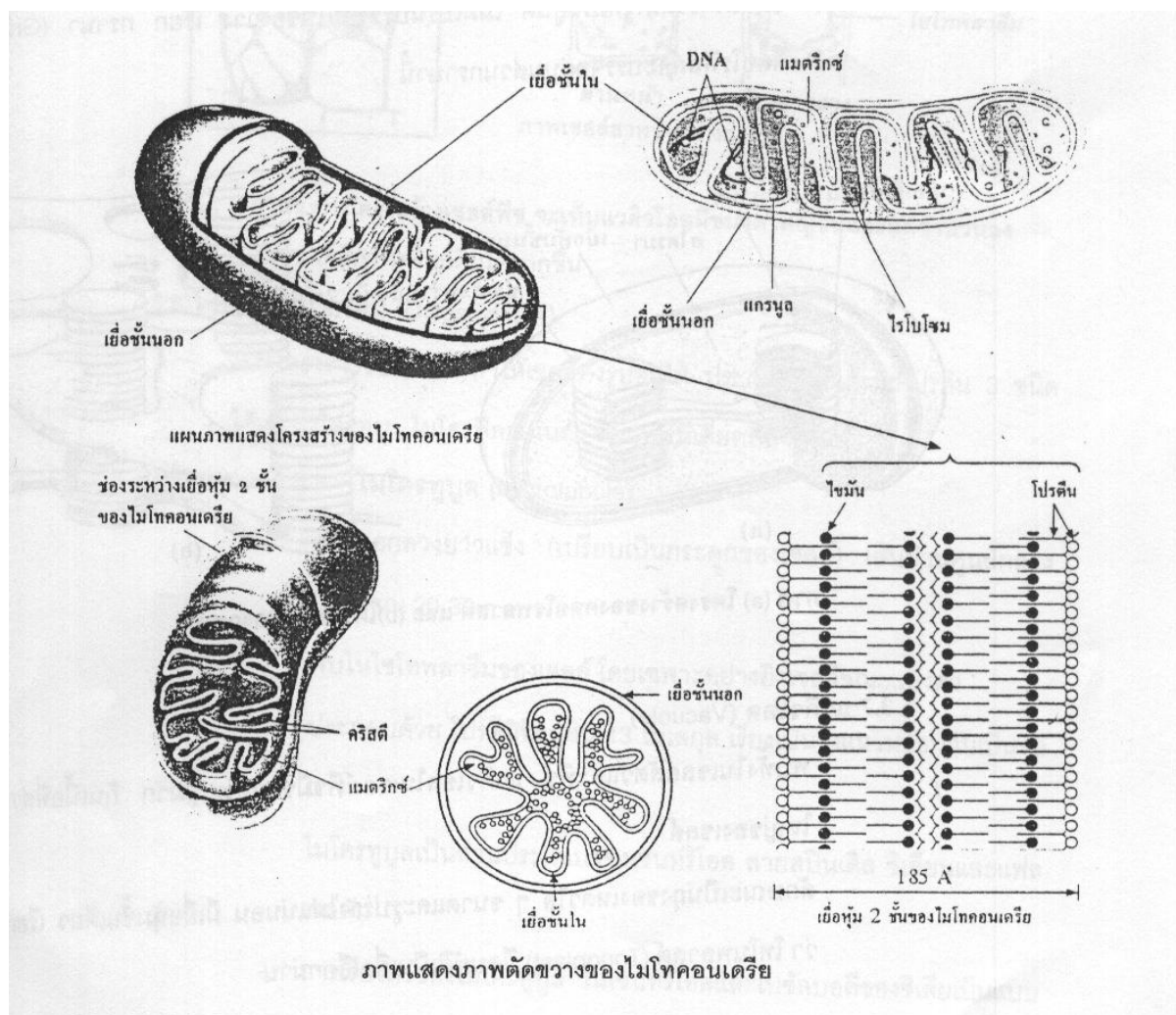
คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และสารอื่น ๆ

- ไลโซโซม คือ เวสิเคิล (Vesicle) ชนิดหนึ่ง เอนไซม์สังเคราะห์มาจากไรโบโซม ER ส่งมาสะสมอยู่ในถุงเวสิเคิลของกลอลจิบอดี จากนั้นหลุดออกมาเป็นไลโซโซม

- หน้าที่ของไลโซโซมซึ่งเป็นบริเวณที่มีการย่อยในเซลล์แตกต่างกันในเซลล์ต่าง ๆ เช่น ย่อยอาหารที่กินเข้าไป (เซลล์อะมีบา) ย่อยเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม (เม็ดเลือดขาว) การทำลายตัวเองของเซลล์ (เซลล์หางลูกอ๊อด)

3.5 ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria)

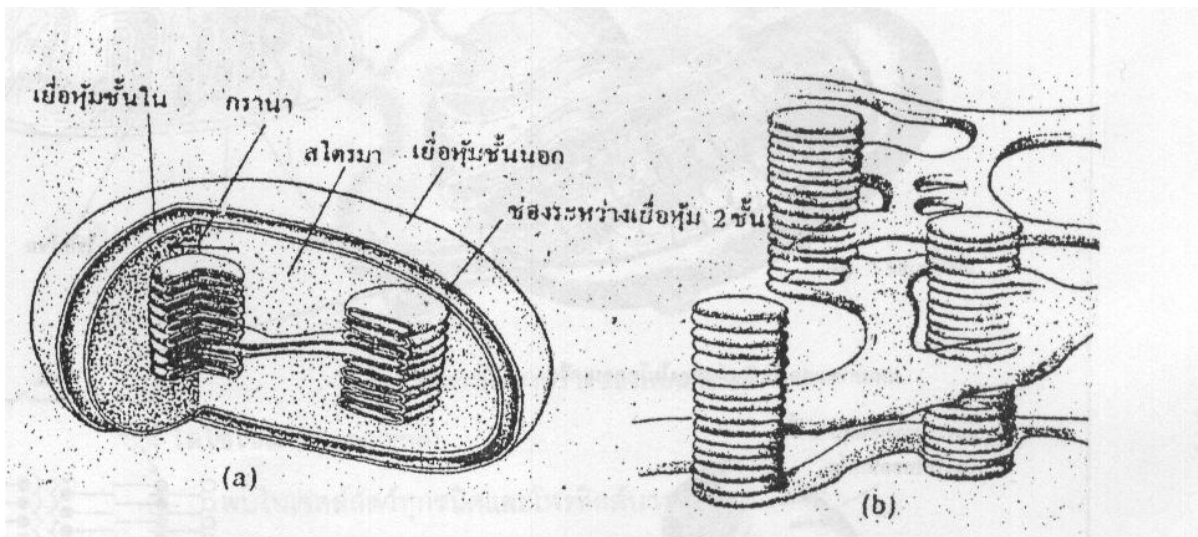
- ลักษณะเป็นแท่งยาวรีหรือรูปไข่ มีขนาดต่าง ๆ กัน
- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ชั้นนอกทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน ชั้นในพับทบเข้าข้างใน มีรอยพับเรียกว่า คริสตี (Cristae) ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่
- มี DNA และไรโบโซม ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนเฉพาะของตัวเอง
- หน้าที่สังเคราะห์ ATP (สารพลังงานสูงที่เซลล์จะนำไปใช้ได้) โดยปฏิกิริยาการหายใจของเซลล์ (Cellular respiration)
- เซลล์ที่ใช้พลังงานมากจะมีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก เช่น เซลล์ตับ มี 1,000 - 16,000 อัน



3.6 คลอโรพลาสต์ (Chloroplast)

- พบเฉพาะในเซลล์พืชและสาหร่าย
- ลักษณะเป็นเม็ดยาวรี
- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ชั้นในพับทบเข้าในคล้ายกับไมโทคอนเดรียแต่มีรูปแบบที่แน่นอนกว่า
- มีรงควัตถุหลายชนิดที่สำคัญ คือ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)
- มี DNA และไรโบโซม ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนเฉพาะของตัวเอง
- หน้าที่สังเคราะห์อาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)
- คลอโรพลาสต์ในพืชชั้นสูงจะมีของเหลวบรรจุอยู่ภายในเรียกว่า สโตรมา (Stroma)

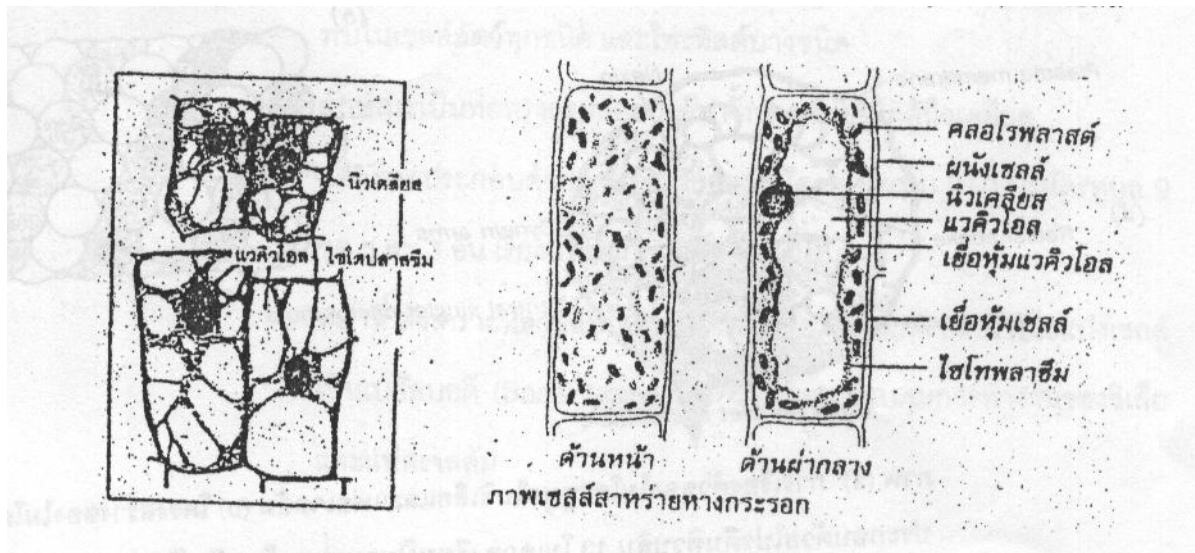
และมีโครงสร้างที่เป็นยูนิต เมมเบรนบรรจุอยู่ในช่องว่าง เรียก กรานา (Grana) คลอโรฟิลล์จะบรรจุอยู่บนส่วนกรานานี้



ภาพ (a) โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และ (b) โครงสร้างของกรานา

3.7 แวกิวโอล (Vacuole)

- พบทั้งในเซลล์สัตว์และพืช แวกิวโอลในเซลล์พืชมีขนาดใหญ่มาก กินเนื้อที่ส่วนใหญ่ของเซลล์
- ลักษณะเป็นถุงของเหลวใส ๆ ขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เรียกว่า โทโนพลาสต์ (Tonoplast) มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน
- หน้าที่เก็บสะสมอาหาร น้ำแร่ธาตุ และสาร เช่น น้ำมัน ยาง เป็นต้น นอกจากนี้มีหน้าที่อื่น ๆ ได้แก่ ควบคุมปริมาตรน้ำในเซลล์ (เซลล์พืช) ขับน้ำส่วนเกินและของเสียออกจากเซลล์ (คอนแทร็กไทล์แวกิวโอลในพารามีเซียม) มีอาหารอยู่ภายใน (ฟูคัลแวกิวโอลในพารามีเซียม) ซึ่งเกิดจากเอนโดไซโทซิส (Endocytosis) ของเซลล์



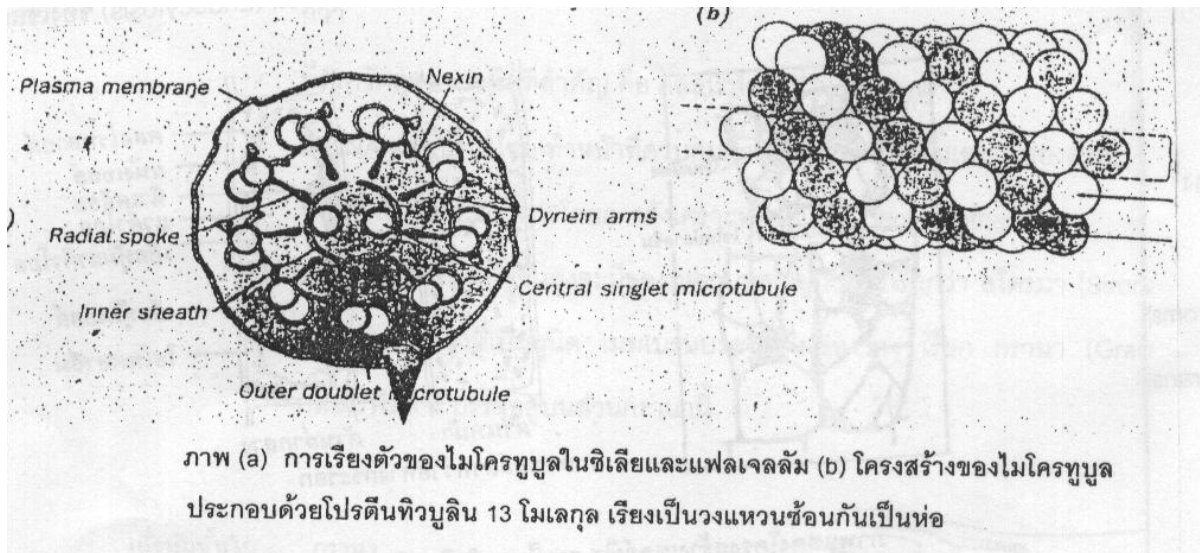
ภาพแสดงโครงสร้างเซลล์พืช จะเห็นแวคิวโอลมีขนาดใหญ่ขึ้นและลดจำนวนลง
เมื่อเซลล์มีการเจริญเติบโตมากขึ้น

3.8 ไซโทสเกเลตอน (Cytoskeleton)

- เป็นโครงร่างของเซลล์ ทำให้เซลล์คงรูปอยู่ได้ ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ ไมโครทิวบูล, ไมโครฟิลาเมนต์, อินเตอร์มีเดียฟิลาเมนต์

3.8.1 ไมโครทิวบูล (Microtubule)

- เป็นท่อกลวงยาวแข็ง (เปรียบเป็นกระดูกของเซลล์) เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 – 30 n.m.
- พบในไซโทพลาซึมของเซลล์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ขณะแบ่งตัว
- ประกอบด้วยโปรตีนทิวบูลิน 13 โมเลกุล เรียงเป็นวงแหวนซ้อนกันเป็นท่อยาว
- ไมโครทิวบูลเป็นส่วนประกอบของเซนทริโอล สายสปินเดิล ซิเลียและแฟลเจลลัม
- การเรียงตัวของไมโครทิวบูล ในเซนทริโอลและเบซัลบอดีของซิเลียเป็นแบบ 9+0 (ไมโครทิวบูล 9 ชุด ๆ ละ 3 อัน เรียงเป็นวงกลม ตรงกลางไม่มี) ในซิเลียและแฟลเจลลัมเป็นแบบ 9+2 (ไมโครทิวบูล 9 ชุด ๆ ละ 2 อัน เรียงเป็นวงกลมกับตรงกลางอีก 2 อัน)
- หน้าที่ เป็นโครงร่างของเซลล์และเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของเซลล์ การเคลื่อนไหวของโครโมโซมในเซลล์



3.8.2 ไมโครฟิลาเมนต์ (Microfilament)

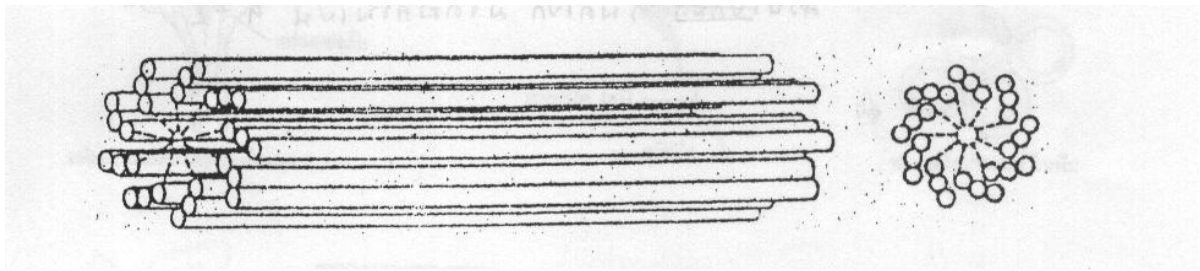
- พบในไซโทพลาซึมของเซลล์ทั่ว ๆ ไป
- เป็นเส้นที่บางวาว เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 – 5 μm . มักอยู่เป็นมัด ๆ ตามเป็นร่างแหในเซลล์
- ประกอบด้วยโปรตีนแอกทิน (actin) และไมโอซิน (myosin) เช่นเดียวกับที่พบในกล้ามเนื้อ
- หน้าที่ เป็นโครงร่างของเซลล์ และเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์ (เปรียบเป็นกล้ามเนื้อของเซลล์) เช่น การแบ่งไซโทพลาซึมขณะแบ่งเซลล์ การเคลื่อนที่แบบอะมีบา การไหลของไซโทพลาซึมในเซลล์พืชหรือไซโคลซิส การเกิดเอนโดไซโทซิสและเอกโซไซโทซิสและการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ

3.8.3 อินเตอร์มีเดียทฟิลาเมนต์ (Intermediate filament)

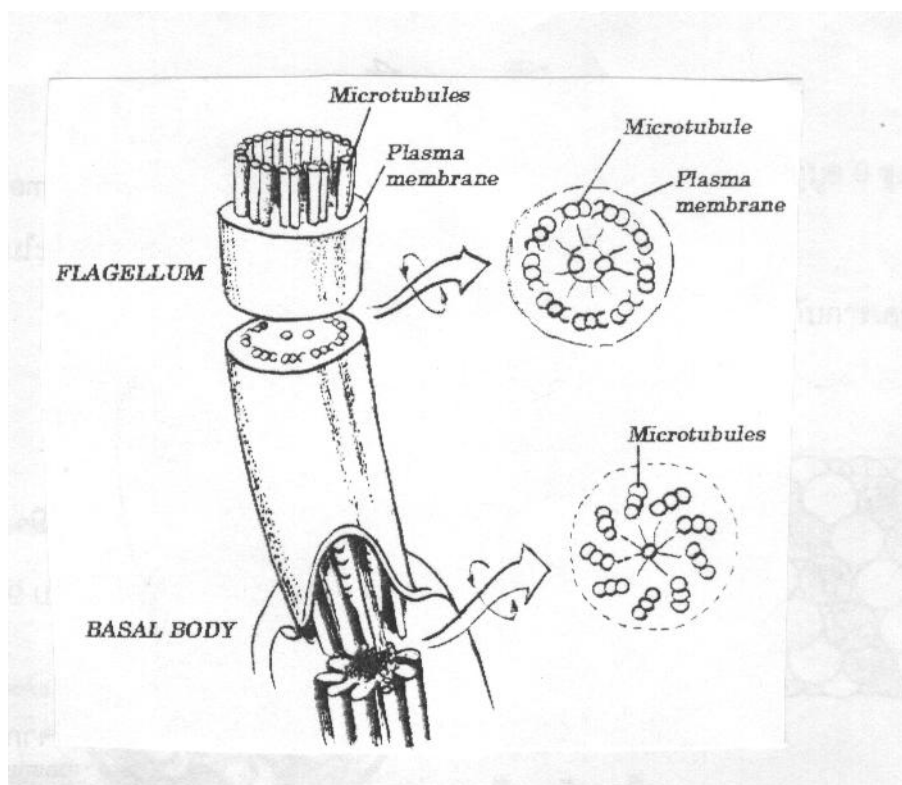
- ฟิลาเมนต์ขนาดกึ่งกลางระหว่างไมโครฟิลาเมนต์และไมโครทิวบูล
- หน้าที่ยังไม่ทราบแน่ชัด

3.8.4 เซนทริโอล (Centriole)

- พบในเซลล์สัตว์ทุกชนิด และโพรทิสต์บางชนิด
- ลักษณะเป็นท่อทรงกระบอก 2 อัน ตั้งฉากกันอยู่ใกล้นิวเคลียส
- แต่ละท่อประกอบด้วยไมโครทิวบูลแบบ 9 + 0 (ไมโครทิวบูล 9 ชุด ๆ ละ 3 อัน เรียงเป็นวงกลม ตรงกลางไม่มี)
- หน้าที่ สังเคราะห์สายสปินเดิลที่ใช้ดึงโครโมโซมแยกจากกันขณะแบ่งเซลล์ เป็นเบซัลบอดี (Basal body) สังเคราะห์และควบคุมการทำงานของซิเลียและแฟลเจลลัม



ภาพการเรียงตัวของไมโครทิวบูล ในเซนทริโอล (แบบ 9+0)



ภาพโครงสร้างละเอียดของแฟลกเจลลัมที่แสดงไมโครทิวบูลเป็น 9+0 และ
ส่วนที่พัดโบกมีโครงสร้างเป็น 9+2