# หน่วยของสิ่งมีชีวิต

## กล้องจุลทรรศน์และการค้นพบหน่วยของสิ่งมีชีวิต

### กล้องจุลทรรศน์

- ในต้นศตวรรษที่ 17 กาลิเลโอเป็นผู้เริ่มประดิษฐ์แว่นขยาย มีกำลังขยาย 2-5 เท่า
- ในปี ค.ศ.1665 Robert Hooke นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (compound microscope) และใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งชิ้นไม้คอร์กแผ่นบาง ๆ พบว่ามีลักษณะเป็นห้องเล็ก ๆ จำนวนมาก ฮุคเรียกแต่ละห้องนี้ว่า cell
- ในปี 1672 Leewanhoek ดัดแปลงแว่นขยายจนสามารถส่องมองดูสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำได้เป็นคนแรก
- ชไลเดน นักพฤกษศาสตร์ ชาวเยอรมัน ได้ศึกษาเนื้อเยื่อพืช แล้วสรุปว่า เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดประกอบไปด้วยเซลล์
- ชวานน์ นักสัตววิทยา ชาวเยอรมัน ได้สรุปว่า เนื้อเยื่อสัตว์ทุกชนิดประกอบไปด้วยเซลล์
- ชวานน์ และ ชไลเดน จึงตั้ง Cell Theory (ทฤษฎีเซลล์) ว่า สิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบไปด้วยเซลล์และผลิตภัณฑ์ของเซลล์"
- ปัวร์กินเจร์ ได้ศึกษาไข่ของตัวอ่อน พบว่าในไข่ของตัวอ่อนมีของเหลวใส เรียกว่า Protoplasm
- โรเบิร์ต บราวน์ พบว่า เซลล์ของพืชที่มีชีวิตทุกเซลล์ มีก้อนเล็ก ๆ อยู่ภายใน จึงตั้งชื่อว่า nucleus

✍ ต่อมา ได้มีการดัดแปลงกล้องจุลทรรศน์จากแบบของโรเบิร์ต ฮุค ให้เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงขึ้น และมีการดัดแปลงเป็นกล้องจุลทรรศน์แบบอื่น ๆ ที่มีใช้กันในปัจจุบัน

### กล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสง

- กล้องจุลทรรศน์ในระยะเริ่มแรกนั้นเป็นกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโดยมีแสงจากหลอดไฟหรือแสงจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสง กล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้จะมีการพัฒนารูปแบบเพื่อใช้งานแตกต่างกัน แต่ก็มีส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกัน ผู้ศึกษาจะบันทึกโดยวาดภาพเหมือนหรือถ่ายภาพไว้ก็ได้

### ส่วนประกอบ

- ส่วนที่เป็นตัวกล้อง ประกอบด้วย

✍ ลำกล้อง เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่างเลนส์ใกล้ตากับเลนส์ใกล้วัตถุ และช่วยป้องกันการรบกวนของแสงจากภายนอก

✍ ที่หนีบสไลด์ เป็นแผ่นโลหะบนแท่นวางวัตถุ ใช้กดหรือหนีบสไลด์ให้แน่นอยู่กับที่ ปัจจุบันกล้องบางชนิดจะมีที่หนีบสไลด์ ชนิดที่เลื่อนตำแหน่งสไลด์ได้

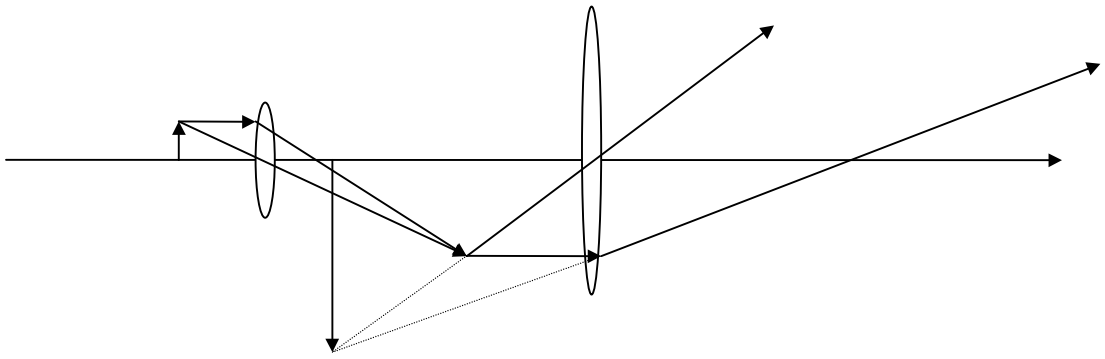
✍ แท่นวางวัตถุ เป็นแท่นสำหรับวางวัตถุหรือสไลด์ที่ต้องการศึกษา

- แขน เป็นส่วนที่ยึดระหว่างลำกล้องและฐาน
- ฐาน เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของตัวกล้อง

- ส่วนที่ทำหน้าที่รับแสง ประกอบด้วย
  - กระจกเงา ทำหน้าที่สะท้อนแสงจากธรรมชาติให้ส่องผ่านวัตถุ มีทั้งชนิดกระจกเงาระนาบและกระจกเว้า แต่ปัจจุบัน อาจใช้หลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดแสงให้ส่องผ่านไปยังวัตถุ โดยไม่ต้องใช้กระจกเงา
  - เลนส์รวมแสง (condenser) ทำหน้าที่รวมแสงที่ส่องผ่านไปยังวัตถุให้มีความเข้มมากพอ
  - ไดอะแฟรม เป็นส่วนที่อยู่ใต้แท่นวางวัตถุ ทำหน้าที่ปรับปริมาณแสงให้พอเหมาะ
- ส่วนที่ทำหน้าที่ปรับภาพ ประกอบด้วย
  - ปุ่มปรับภาพหยาบ (coarse adjustment) เป็นปุ่มมีขนาดใหญ่ ใช้หมุนปรับหาภาพ
  - ปุ่มปรับภาพละเอียด (fine adjustment) เป็นปุ่มมีขนาดเล็ก ใช้หมุนปรับความคมชัดของภาพ
- ส่วนที่ทำหน้าที่ขยาย ประกอบด้วย
  - เลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ติดอยู่กับแป้นกลมที่เชื่อมกับลำกล้อง ส่วนนี้จะเคลื่อนที่ได้ เพื่อหมุนเลือกใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่ต้องการ โดยปกติแล้ว เลนส์ใกล้วัตถุของกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยาย 2-3 ระดับ ตั้งแต่กำลังขยายต่ำสุด จนถึงกำลังขยายสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะมีตัวเลขระบุไว้ที่เลนส์ใกล้วัตถุแต่ละอัน ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพจริงหัวกลับ เลนส์ใกล้วัตถุนี้มีความสำคัญมาก เพราะการที่จะเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ของวัตถุที่นำมาศึกษา ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเลนส์นี้

1. low power ระยะทำงานประมาณ 20 mm ให้ความเข้มแสงมากที่สุด กำลังขยาย 4 เท่า
2. medium power กำลังขยาย 10 เท่า ระยะทำงาน 3 mm
3. high power กำลังขยาย 40-45 เท่า ระยะทำงาน 0.5 mm ความเข้มแสงน้อยที่สุด
4. oil immersion กำลังขยาย 100-150 เท่า เวลาใช้ต้องใช้น้ำมันหยดเพื่อช่วยในการรวมแสง

- เลนส์ใกล้ตา (eye piece) อยู่ตรงส่วนบนสุดของลำกล้อง ทำหน้าที่ขยายภาพที่ได้จากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดภาพขยายสุดท้ายเป็นภาพเสมือนหัวกลับที่มองเห็นได้ด้วยนัยน์ตาของผู้ศึกษา ที่เลนส์ใกล้ตาจะมีตัวเลขระบุกำลังขยายไว้ด้วย



## วิธีใช้

- ยกกล้องจุลทรรศน์โดยใช้มือหนึ่งจับแขนกล้องและอีกมือหนึ่งรองรับที่ฐาน ต้องยกในสภาพที่กล้องตั้งตรงเสมอ

เพื่อป้องกันส่วนประกอบของกล้อง เช่น กระจกเงาและเลนส์ใกล้ตา เลื่อนหลุด

- หมุนให้เลนส์ใกล้วัตถุอันที่มีกำลังขยายต่ำสุด อยู่ตรงกับแนวลำกล้อง
- ปรับกระจกเงาใต้แท่นวางวัตถุให้แสงเข้าลำกล้องเต็มที่ ถ้าใช้หลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดแสงให้เปิดไฟ
- นำสไลด์สำเร็จของเซลล์หรือเนื้อเยื่อที่เตรียมจะดูวางบนแท่นวางวัตถุให้วัตถุอยู่กึ่งกลางบริเวณที่แสงผ่าน ตรวจดูแผ่นสไลด์และกระจกปิดให้แห้งทุกครั้งก่อนวางบนแท่น
- มองด้านข้างตามแนวระดับแท่นวางวัตถุ ค่อย ๆ หมุนปุ่มปรับภาพหยาบให้ลำกล้องเลื่อนลง จนเลนส์ใกล้วัตถุอยู่ใกล้กระจกปิดสไลด์ แต่ระวังอย่าให้เลนส์สัมผัสกับกระจกปิดสไลด์
- มองผ่านเลนส์ใกล้ตาลงตามลำกล้อง โดยฝึกลืมนัยน์ตาทั้งสอง หมุนปุ่มปรับภาพละเอียด เพื่อปรับภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น นักเรียนอาจเลื่อนสไลด์ไปมาเล็กน้อย เพื่อให้วัตถุที่ต้องการจะดู ปรากฏอยู่ตรงกลาง
- ถ้าต้องการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นก็หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ ให้เลนส์ใกล้วัตถุอันที่มีกำลังขยายปานกลางและกำลังขยายสูงเข้าแนวลำกล้องตามลำดับ (ซึ่งจะมีเสียดังคลิ๊ก) มองที่เลนส์ใกล้ตา แล้วปรับภาพให้ชัดด้วยปุ่มปรับภาพละเอียดทุกครั้ง
- ระบุขนาดขยายของวัตถุที่นำมาศึกษา ซึ่งคำนวณได้จาก

  กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ x กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา
- บันทึกภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

  $$\text{ขนาดวัตถุจริง} = \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{กำลังขยายทั้งหมดของกล้อง}}$$
- หลังจากใช้กล้องจุลทรรศน์เสร็จแล้ว ควรดูแลความเรียบร้อยของส่วนต่าง ๆ เสียก่อน ใช้ผ้านุ่มทำความสะอาดกล้องโดยเฉพาะส่วนที่เป็นโลหะ เลื่อนที่หนีบสไลด์ให้ตั้งได้ฉากกับแท่นวางวัตถุ ปรับกระจกเงาให้อยู่ในแนวดิ่งและตั้งได้ฉากกับตัวกล้อง หมุนเลนส์ใกล้วัตถที่มีกำลังขยายต่ำสุดให้อยู่ตรงกับตัวกล้อง แล้วเลื่อนให้อยู่ระดับต่ำสุด

นับเป็นเวลา 200 กว่าปีมาแล้ว ที่การใช้กล้องจุลทรรศน์ได้เพิ่มพูนความรู้ในด้านส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตและของเซลล์ อย่างไรก็ตาม กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาที่ใช้กันอยู่นี้ มีขีดความสามารถจำกัดเหมือนกับนัยน์ตามนุษย์ กล่าวคือ กล้องจุลทรรศน์ที่นับว่าดีขึ้นนั้น สามารถช่วยให้มองเห็นวัตถุที่มีขนาดเล็กที่สุดได้เพียง 0.2 ไมโครเมตร ฉะนั้น วัตถุใดที่เล็กกว่านี้ ก็ไม่สามารถมองเห็นได้โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา เซลล์ทั่วไปมีขนาด 10-100 ไมโครเมตร แต่เซลล์มีโครงสร้างภายในหลายอย่างที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร การศึกษาโครงสร้างภายในเซลล์ด้วยกล้องโทรทัศน์แบบใช้แสง จึงมองเห็นโครงสร้างเล็ก ๆ บางอย่าง แต่ยังมีรายละเอียดอีกมากที่เรามองไม่เห็น

## กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

- เมื่อปี ค.ศ. 1932 ได้มีนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน 2 ท่าน ชื่อ Max Knoll และ Emst Ruska ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนขึ้น
- ต่อมาได้มีการปรับปรุงคุณภาพของกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอน จนในปัจจุบันนี้มีกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กตรอนที่สามารถใช้ส่องดูวัตถุที่มีขนาดเล็กที่สุด ประมาณ 0.0005 ไมโครเมตร ($5 \times 10^{-10}$ m) หรือเล็กกว่าที่มองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาประมาณ 400 เท่า (0.2 / 0.0005)

- การทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีส่วนประกอบที่เทียบกันได้กับกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง คือ มีแหล่งแสง เลนส์รวมแสง เลนส์ใกล้วัตถุ เลนส์ใกล้ตา ส่วนที่แตกต่างกันคือ แทนที่จะใช้แสงสว่างธรรมดาที่นับน์ตามองเห็น ก็ใช้อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นแสงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เลนส์ของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ใช่เลนส์แก้วเหมือนกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา
- ปกติเลนส์ใกล้วัตถุของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีคุณภาพดี สามารถมองเห็นวัตถุที่มีขนาดตั้งแต่ 0.5 nm ขึ้นไป
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในปัจจุบันมีกำลังขยายได้สูงถึง $5 \times 10^5$ เท่า หรือมากกว่า
- ภาพที่เกิดขึ้นนี้เป็นภาพที่ปรากฏบนจอที่ฉาบด้วยวัตถุเรืองแสงเช่นเดียวกับบนจอโทรทัศน์ เมื่อแสงอิเล็กตรอนตกลงบนจอจะทำให้วัตุเรืองแสงนั้น เปล่งแสงสีเขียวแกมเหลืองที่มองเห็ได้ด้วยตาเปล่า ผู้ศึกษาจึงมองดูภาพขยายบนจอโดยตรง หรือ อาจบันทึกภาพไว้โดยใช้กล้องถ่ายรูปที่อยู่เบื้องล่างสุด
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มี 2 แบบ คือ

1. กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) : TEM ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์ โดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องผ่านเซลล์ที่เตรียมให้บางเป็นพิเศษ
2. กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope) : SEM ใช้ศึกษาโครงสร้างผิวของเซลล์หรือผิววัตถุที่เป็นภาพ 3 มิติ โดยลำแสงอิเล็กตรอนส่องกระทบผิวของวัตถุ

# เซลล์คืออะไร

- เซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีขนาด ลักษณะ รูปร่าง ส่วนประกอบและหน้าที่แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้วเซลล์จะมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน
- มี ค.ศ.1839 นักชีววิทยาชาวเยอรมันสองท่าน คือ Theodor Schwann และ Matthias Schleiden ได้ศึกษาส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทั้งพืชและสัตว์ และได้เสนอสมมติฐานซึ่งต่อมาเป็นที่ยอมรับกันเป็นทฤษฎี เรียกว่า ทฤษฎีเซลล์ (Cell Theory) มีใจความสรุปว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์และผลิตภัณฑ์ของเซลล์"
- เซลล์จะมีรูปร่างและองค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและหน้าที่ของเซลล์นั้น ๆ (โครโมโซมกำหนด)

# โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์

## สรุปโครงสร้างอย่างละเอียด

### เยื่อหุ้มเซลล์

- จะมีไขมันเรียงตัวเป็น 2 ชั้น (lipid bilayer) โดยหันด้านที่ไม่มีประจุของโมเลกุล (nonpolar , hydrophobic) ซึ่งเป็นด้านหาง และไม่ชอบน้ำ เข้าข้างใน โดยหันเข้า หากัน และ หันส่วนหัว ซึ่งเป็นด้านที่มีประจุ

(polargroup , hydrophilic end) และชอบน้ำ ออกด้านนอก มีโมเลกุลของโปรตีน แทรกเข้าไประหว่างชั้นไขมัน (มีทั้งแทรกอยู่ในชั้นของ lipid และห่อหุ้มอยู่ด้านนอก ซึ่งลักษณะอันนี้จะเปลี่ยนแปลงได้ โดยขึ้นอยู่กับสารหรืออุณหภูมิที่เกี่ยวข้อง) ทำให้เกิดช่องว่างหรือรู ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำ และก๊าซต่าง ๆ ผ่านเข้าออกได้ (โปรตีนยังเป็นตัวพาและขนส่งสารที่เยื่อหุ้มเซลล์) ⟶ Fluid mosaic model)

- เยื่อหุ้มเซลล์มีความหนาประมาณ 75 อังสตรอม ประกอบด้วย โปรตีน 60 % ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่อยู่รวมกับคาร์โบไฮเดรต (glycoprotein) และโปรตีนเมือก (mucoprotim) และ ลิปิดมีประมาณ 40 % ส่วนใหญ่จะเป็น phospholipid และ cholesterol (ซึ่งไม่อยู่กับที่สามารถไหลไปมาได้)
- Unit membrane = เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยไขมัน 2 ชั้นอยู่ตรงกลาง(ซึ่งใส)หนาประมาณ 35 อังสตรอม และมีชั้นของโปรตีนขนาดอยู่ข้างละชั้นหนาประมาณ 20 อังสตรอม

## ผนังเซลล์

- เป็นส่วนไม่มีชีวิตที่อยู่นอกเซลล์ พบได้ใน เซลล์พืช สาหร่าย แบคทีเรีย รา
- ผนังเซลล์พืชประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น คือ

1. ผนังเชื่อมยึดระหว่างเซลล์ (middle lamella) เป็นชั้นที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์พืชแบ่งตัวและเป็นชั้นที่เชื่อมระหว่างเซลล์ให้อยู่ติดกันโดยสารพวก calcium pectata และ magnesium pectate
2. ผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary wall) เป็นชั้นที่เกิดขึ้น เมื่อเซลล์เริ่มเจริญเติบโต ประกอบด้วยสารพวกเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ เซลล์เนื้อเยื่อเจริญ เช่น cambium จะมีผนังเซลล์ชั้นปฐมภูมิเท่านั้น
3. ผนังเซลล์ชั้นทุติยภูมิ (secondary wall) เป็นชั้นที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์หยุดขยายขนาดแล้ว โดยมีสารพวก เซลลูโลส cutin suberin lignin และ เพคติน มาเกาะ เซลล์ที่มีผนังเซลล์ทุติยภูมิได้แก่ เซลล์ fiber เซลล์ tracheid และ vesselของท่อน้ำ (xylem)

- Plasmodesmata หมายถึง แถบ,สายใยของ cytoplasm ซึ่งติดต่อระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ โดยทะลุผ่านผนังเซลล์ตรงบริเวณเล็ก ๆ เรียกว่า pit ของ cell wall ของพืช ทำให้มีการลำเลียงสารเกือบทุกชนิดระหว่างเซลล์ 2 เซลล์เป็นไปอย่างสะดวก (ปกติ ในเซลล์ 1 เซลล์ จะมีช่อง Plasmodesmata ประมาณ 1,000-100,000 ช่อง เพื่อให้ cytoplasm ติดต่อถึงกัน)

## สารเคลือบเซลล์

- สารเคลือบเซลล์ หมายถึง สารที่ cytoplasm ของเซลล์ ขับออกมาเพื่อเคลือบผิวนอกของเยื่อหุ้มเซลล์อีกชั้นหนึ่ง

⟹ พืช ⟶ Cell Wall

⟹ สัตว์ ⟶ glycoprotein (simple protein = โปรตีนที่เมื่อสลายตัวแล้วให้กรดอมิโนอย่างเดียว + คาร์โบไฮเดรต) ⟶ glycocalyx

⟹ เห็ด รา แมลง ยีสต์ กุ้ง ปู ⟶ chitin

⟹ สาหร่ายไดอะตอม (Diatom) ⟶ ซิลิกา

⟹ แบคทีเรีย ⟶ muramic acid

## โปรโตปลาสซึม

- เป็นส่วนที่อยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ทั้งหมด

ประกอบด้วยธาตุที่คล้ายคลึงกัน 4 ธาตุหลัก คือ C H O N ซึ่งรวมกันถึง 90 % ส่วนธาตุที่มีน้อย คือ Cu Zn Al Co Mn Mo B ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ จะรวมกันเป็นสารประกอบต่าง ๆ มีการจัดระบบการทำงานอย่างซับซ้อน ทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ทาง metabolism ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของเซลล์และของชีวิต

## ไซโตปลาสซึม

- cytoplasm คือ ส่วนของโปรโตปลาสซึมที่อยู่นอกนิวเคลียส
- แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

1. ectoplasm เป็นส่วนของ cytoplasm ที่อยู่ด้านนอกติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะบางใสเพราะมีส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์อยู่น้อย ในพวกยูกลีนา ชั้นนี้จะหนาและเหนียวเรียกว่า เยื่อ pellicle ทำให้เซลล์ยูกลีนาคงรูปอยู่ได้
2. endoplasm เป็นชั้นของ cytoplasm ที่อยู่ด้านในใกล้นิวเคลียส ชั้นนี้มีลักษณะเข้มข้นกว่า เนื่องจากมี organell และอนุภาคต่าง ๆ ของสารอยู่มาก จึงเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ของเซลล์มากด้วย

## นิวเคลียส

- เป็นก้อนทึบแสงเด่นชัดอยู่บริเวณกลาง ๆ หรือค่อนไปข้างใดข้างหนึ่งของเซลล์
- เซลล์โดยทั่ว ๆ ไป จะมี 1 นิวเคลียส เซลล์พารามีเซียมมี 2 นิวเคลียส ส่วนเซลล์กล้ามเนื้อลาย เซลล์ vessel ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตลาเทกซ์ พืชชั้นสูง เซลล์ของราที่ไม่มีผนังกั้น จะมีหลายนิวเคลียส เซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เซลล์ sieve tube ของโฟลเอมที่แก่เต็มที่ เซลล์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เซลล์แบคทีเรีย จะไม่มีนิวเคลียส
- Nucleoplasm หมายถึง ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในนิวเคลียส ได้แก่ เส้นใยโครมาติน นิวคลีโอลัส และ karyolymph ของเหลวใส ๆ ในนิวเคลียส

## เยื่อหุ้มนิวเคลียส

- เป็นเยื่อบาง ๆ 2 ชั้นเรียงซ้อนกัน ที่เยื่อนี้จะมีรูเรียกว่า nuclear pore, annulus มากมาย

## โครมาติน

- เป็นเส้นใยเล็ก ๆ พันกันเป็นร่างแห เรียก ร่างแหโครมาติน (chrotin network)
- ประกอบด้วย โปรตีนหลายชนิด และ DNA (deoxyribonucleic acid)
- เป็นส่วนของนิวเคลียสที่ย้อมติดสี ในการย้อมสีโครมาตินจะติดสีแตกต่างกัน ส่วนที่ติดสีเข้ม จะเป็นส่วนที่ไม่มียีนส์อยู่เลย หรือมีก็น้อยมาก เรียกว่า heterochromatin ส่วนที่ย้อมติดสีจาง เรียกว่า euchromatin ซึ่งเป็นที่อยู่ของยีนส์
- ในขณะที่ยีนส์กำลังแบ่งตัว ส่วนของโครโมโซม จะหดสั้นเข้า และมีลักษณะเป็นแท่ง เรียกว่า chromosome

และโครโมโซมจะจำลองตัวเองเป็นเส้นคู่ เรียกว่า chromatid

- โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนแน่นอน

## นิวคลีโอลัส

- มีลักษณะเป็นก้อนอนุภาคหนาทึบ ไม่มีเยื่อหุ้ม
- พบเฉพาะในเซลล์ของพวกยูคาริโอตเท่านั้น
- เซลล์อสุจิ เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เซลล์ไฟเบอร์ของกล้ามเนื้อ ไม่มีนิวคลีโอลัส
- ประกอบด้วย โปรตีน และ RNA (ribonucleic acid) โดยโปรตีนเป็นชนิด phosphoprotein
- ในเซลล์ที่มีกิจกรรมสูง จะมีนิวคลีโอลัสขนาดใหญ่ ส่วนเซลล์ที่มีกิจกรรมต่ำ จะมีนิวคลีโอลัสขนาดเล็ก

## ร่างแหเอนโดพลาสซึม

- เป็นออร์แกเนลล์ที่เกิดจาก unit membrane 2 ชั้น เรียงทบกันไปมา ในลักษณะที่เป็นท่อสานติดต่อกันเป็นร่างแห และมีบางส่วน พอกออกเป็นถุง (vesicles) ซึ่งมีของเหลวบรจุอยู่ พบว่าท่อนี้บางส่วน อาตติดต่อกับเยื่อหุ้มนิวเคลียส กอลจิบอดี เยื่อหุ้มเซลล์

### ร่างแหเอนโดพลาวซึมชนิดขรุขระ

- เป็น ER ชนิดที่มี ribosome มาเกาะตามผนัง
- พบมากในเซลล์สังเคราห์โปรตีน สร้างน้ำย่อยหรือ เอนไซม์ต่าง ๆ เช่น เซลล์ของตับอ่อน เซลล์ต่อมน้ำลาย (parotid gland) เซลล์ต่อมพิษของงู

### ร่างแหเอนโดพลาสซึมชนิดเรียบ

- เป็น ER ที่ผิวด้านนอกไม่มี ribosome มาเกาะ
- พบมากที่ เซลล์ตับ เลย์อิกเซลล์ (สร้างฮอร์โมนเพศชาย) อัณฑะ รังไข่ ต่อมหมวกไต เซลล์บุผนังลำไส้เล็ก

## กอลจิบอดี

- เป็นกลุ่มของ unit membrane เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ประมาณ 5-8 ชั้น
- มีรูปร่างคล้ายจานหลายใบมาซ้อนกัน
- อาจมีลักษณะเป็นถุงแบน ๆ (ซิสเตอร์นี) ขนานกัน หรือ มีลักษณะเป็นถุงโป่งออก
- มีตำแหน่งอยู่ใกล้ centiole
- สำหรับในพืช และ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง นิยมเรียกว่า dictyosome ส่วนในสัตว์มีกระดูกสันหลัง นิยมเรียกว่า Golgi bodies
- พบมากในเซลล์ที่มีการหลั่งสาร เช่น เซลล์ต่อมมีท่อ (exocrine glands) ต่าง ๆ (ต่อมน้ำลาย ต่อมน้ำนม)
- โดยทั่วไปจะพบในเซลล์สัตว์มีกระดูกสันหลังมากกว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

## ไลโซโซม

- พบเฉพาะในเซลล์สัตว์และโปรติสต์บางชนิด เช่น อมีบา

- มีขนาดเท่า ๆ mitochondria แต่ต่างที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว
- มียูนิตเมมเบรนห่อหุ้มชั้นเดียว (single unit membrane) รูปร่างกลมรี
- มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.15 - 0.8 ไมครอน
- เยื่อบาง ๆ ของไลโซโซม มีคุณสมบัติพิเศษต่างจากเมมเบรนอื่น ๆ คือ ไม่ยอมให้เอนไซม์ต่าง ๆ ผ่านได้ มีความคงทนต่อปฏิกิริยาการย่อย แต่ถูกทำให้ฉีกขาดได้ง่ายด้วยแรงดันออสโมซิส และผงซักฟอก (triton X-100) และ
- ภายในประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด (อย่างน้อย 40 ชนิด) สามารถย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดนิวคลีอิค และส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ นอกจากนี้ ยังสามารถทำลายสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่เข้าไปภายในเซลล์ กลุ่มของเอนไซม์รวมกันเรียกว่า kathepsin เช่น lysozyme (เอนไซม์ย่อยเซลล์ให้สลายลง) และ ribonuclease (เอนไซม์ย่อย RNA)
- นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เอนไซม์ภายในไลโซโซมสร้างมาจาก RER แล้วส่งไปเก็บใน Golgi bodies ต่อมา จะหลุดเป็นถุงเรียกว่า ไลโซโซมระยะแรก (primary lysosome) ถุงเหล่านี้จะไปรวมกับ food vacaole เรียกว่า ไลโซโซมระยะที่ 2 (secondary lysosome) และมีการย่อยอาหารเกิดขึ้นภายในเซลล์นั้น
- พบมากใน phagocytic cell เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว และเซลล์ reticuloendothelial system เช่น ตับ ม้าม นอกจากนี้ ยังพบไลโซโซมจำนวนมาก ในเซลล์ที่ได้รับบาดเจ็บหรือมีการสลายตัวเอง เช่น เซลล์ส่วนหางของลูกอ๊อด
- จุดกำเนิดของไลโซโซมคือ กระเปาะของ Golgi bodies ที่เว้าเข้าไปจนขาดออกมาเป็นไลโซโซม
- เราอาจเรียก Lysosome ได้ว่า Suicide bag of cell (ถุงฆ่าตัวตาย)
- ในบางกรณี lysosome อาจกินส่วนต่าง ๆ ของเซลล์เช่น mitochondria , ER เรียกไลโซโซม ที่กินส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ตัวเองว่า autophagosome , autophagic vacuola , Cytolysosome ไลโซโซมแบบนี้ พบมากในเซลล์ตับ (liver cell)
- ในบางกรณีการย่อยอาหารในไลโซโซม จะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงมีกากอาหาร หรือสารบางชนิดตกค้างอยู่ในเซลล์บางชนิด เช่น อะมีบา พารามีเซียม ซึ่งสามารถกำจัดออกได้ทางเยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในเซลล์บางชนิดจะมีกากอาหารอยู่เป็นเวลานาน เช่น เซลล์ประสาท เซลล์ตับ เซลล์กล้ามเนื้อ และมีรงควัตถุผสมอยู่ด้วย และจะมีมากขึ้นเมื่อเซลล์มีอายุยาวนาน เรียกว่า residual body ซึ่งใช้คำนวณอายุของเซลล์เหล่านี้ได้

## ไมโตคอนเดรีย

- พบในเซลล์ของพืช และ สัตว์แทบทุกชนิด ยกเว้นเซลล์เม็ดเลือดแดงของคน (erythrocyte) เซลล์แบคทีเรีย (bacteria) เซลล์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Bluegreen algae)
- มี circular DNA (DNA เป็นรูปวง) ในตัวเอง และ ยังประกอบด้วย ribosome อยู่ภายใน จึงสามารถควบคุมการแบ่งตัว และ สังเคราะห์โปรตีนได้ด้วยตัวเอง มีอิสระในการดำรงชีวิตจากเซลล์พอสมควร
- ในเซลล์ทั่ว ๆ ไป มีรูปร่างเป็นแท่งยาวรี คล้ายเมล็ดถั่ว ในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ มีรูปร่างกลม
- ประกอบด้วยเยื่อหุ้มที่มีลักษณะเป็น unit membrane 2 ชั้น (Double unit membrane)

1. เยื่อชั้นนอก (outer membrane) มีผิวเรียบ ทำหน้าที่ควบคุมชนิด และปริมาณของสารในการผ่านเข้า-ออกจากไมโตคอนเดรีย มีความหนาประมาณ 60 - 70 อังสตรอม
2. เยื่อชั้นใน (inner membrane) จะมีส่วนพับย่นเข้าไปทบกันเป็น 2 ชั้นคล้ายนิ้วมือเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว เรียกว่า crista , cristae และรอบ ๆ Cristae จะมีของเหลวเรียกว่า matrix ซึ่งเป็นที่อยู่ของเอนไซม์หลายชนิดที่ใช้ในการหายใจระดับเซลล์ และ พบเอนไซม์ ในระบบขนส่งอิเล็กตรอน ( electron transport system) มีความหนาประมาณ 60 - 80 อังสตรอมส่วนช่องว่างระหว่างชั้นในกับชั้นนอก มีของเหลวลักษณะเช่นเดียวกับเมตริกซ์บรรจุอยู่

- พบมากใน เซลล์ไข่หอยเม่น เซลล์ตับ เซลล์กล้ามเนื้อลาย เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ เซลล์ประสาท เซลล์ผนังท่อหน่วยไต เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช เซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่งสาร และเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโต เซลล์อสุจิ เซลล์ oocyte ของสัตว์บางชนิด สำหรับคนเราจะมีมากที่สุดในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ
- มี ribosome 70s (:Svedberg unit of sedimentation coefficient :ค่าความเร็วในการตกตะกอนเมื่อนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง) ซึ่งเล็กกว่าไรโบโซมใน cytoplasm
- โดยทั่วไป มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2 - 1 ไมครอน และ ยาว 5 - 7 ไมครอน
- ประกอบด้วยสารโปรตีนประมาณ 60 - 65 % และลิปิดประมาณ 35 - 40 %

## พลาสติด

- พบเฉพาะในเซลล์พืชและสาหร่ายทั่วไป ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในโปรโตซัว พบเฉพาะพวกที่มีแส้ เช่น ยูกลีนา วอลวอกซ์
- มีขนาดค่อนข้างใหญ่

## คลอโรพลาสต์

- เป็นพลาสติดที่มีสีเขียว เนื่องจากมีรงควัตถุที่เรียกว่า Chlorophyll
- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น (double unit membrane)
- ภายในมี DNA และ Ribosome อยู่ในของเหลวที่เรียกว่า stroma แต่จะมีส่วนประกอบแตกต่างจาก DNA ที่พบในนิวเคลียส และไรโบโซมที่พบใน cytoplasm ภายในเซลล์เดียวกัน
- เยื่อชั้นในจะยื่นเข้าไปและซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เรียกว่า Grana แผ่นเยื่อบาง ๆ แต่ละแผ่น เรียกว่า lamella , thylakoid ซึ่งเป็นที่อยู่ของคลอโรฟิลล์
- บนแผ่นเยื่อบาง ๆ ประกอยด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ซึ่งเป็นที่อยู่ของรงควัตถุต่าง ๆ และสารประกอบหลายชนิด เรียกว่า quantasome ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจับพลังงานแสง
- ของเหลวในคลอโรพลาสต์ เรียกว่า Stroma ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบที่ไม่ต้องใช้แสง (dark reaction)
- พืชที่เจริญในร่มเงา หรือได้รับแสงสว่างน้อย จะมี คลอโรพลาสต์ขนาดใหญ่ และภายในมี chlorophyll มากกว่าในคลอโรพลาสต์ที่เจริญในที่มีแสงสว่าง กล่าวคือ ปริมาตรของคลอโรพลาสต์จะลดลงได้เมื่อได้รับแสงสว่าง
- จำนวนคลอโรพลาสต์จะแตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ยูกลีนา และ สปิโรไจรา มีเพียง 1 เม็ด ในเซลล์พืช

ทั่วไปมีประมาณ 20 - 40 เม็ด ในเซลล์ฟองน้ำ (spongy cell) ของใบพืชพวกหญ้า มีประมาณ 30 - 50 เม็ด

- มี รงควัตถุ carotenoid และ phycobilin
- ระหว่างกรานาจะมีเยื่อเมมเบรนเชื่อมให้กรานาติดต่อถึงกันเรียกว่า intergrana ทั้ง grana และ intergrana เป็นที่อยู่ของคลอโรฟิลล์ รงควัตถุอื่น ๆ และพวกเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบที่ต้องใช้แสง (light reaction) บรรจุอยู่

## โครโมพลาสต์

- เป็นพลาสติดที่ประกอบด้วยรงควัตถุอื่น ๆ นอกจากสีเขียว อาจเป็นสีแดง สีส้ม สีเหลือง สีม่วง สีน้ำตาล ฯลฯ
- มีรงควัตถุที่สำคัญ คือ พวก carotenoid และ phycobilin
- ทำให้เกิดสีในผลไม้ เช่น มะละกอสุก หัวแครอท มะเขือเทศ พริก หรือสีของดอกไม้ต่าง ๆ สตรอเบอรี่
- เม็ดสีเหล่านี้ มีตำแหน่งอยู่ใน vacuole
- พบในกลีบดอก หรือ ใบพืชที่มีสีสันต่าง ๆ หรือในผลไม้สุก
- 6.carotene ให้สีส้มและแดง xantophyll ให้สีเหลืองและน้ำตาล

## ลิวโคพลาสต์

- เป็นพลาสติดที่มีสีขาว พบในเซลล์ตามส่วนของพืชที่ไม่ถูกแสงสว่าง เช่น รากใต้ดิน ลำต้นใต้ดิน ผลไม้ เซลล์ผิวใบ และเซลล์สะสมอาหารจำพวกแป้งและโปรตีน เช่น หัวเผือก หัวผักกาด
- เซลล์พืชที่เกิดใหม่ ๆ จะไม่มีสี ต่อมาจึงมีการสร้างคลอโรฟิลล์มากขึ้น กลายเป็นคลอโรพลาสต์ในที่สุด
- leucoplast $\longrightarrow$ chloroplast $\longrightarrow$ chromoplast

## แวคิวโอล

- พบใน cytoplasm ของเซลล์พืชชั้นสูงที่เจริญเต็มที่ สาหร่ายพวกยูคารีโอต ราบางชนิด โดยทั่วไปจะพบในเซลล์พืชและสัตว์ชั้นต่ำ ในสัตว์ชั้นสูงมักไม่ค่อยพบ
- มีลักษณะเป็นถุง
- มี unit membrane หุ้มชั้นเดียว มีคุณสมบัติเป็น semipermeable membrane ซึ่งเรียกว่า tonoplast
- ภายในประกอบด้วยของเหลวที่เรียกว่า cell sap
- vacuole ของพืชที่มีอายุมาก จะมีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ประมาณ 90 % ของพื้นที่เซลล์ทั้งหมด
- สารต่าง ๆ ที่พบใน Vacuole ประกอบด้วย

1. ก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น $O_2$ และ $CO_2$
2. น้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น sucrose glucose ฯลฯ
3. รงควัตถุที่ทำให้เกิดสีต่าง ๆ กับพืช เช่น สีแดงของหัวบีท สีของกลีบดอก (สีของดอกไม้จะเปลี่ยนแปลงได้ ตามสภาวะความเป็นกรดของเซลล์)
4. กรดอินทรีย์ ผลึกของสารต่าง ๆ น้ำมันหอมระเหย (essential oil)

## ฟูดแวคิวโอล

- เกิดจากการนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีโอบล้อมจับกิน (phagocytosis) จากนั้น food vacuole จะเข้ารวมกับ lysosome ขั้นปฐมภูมิ กลายเป็น heterophagosome เพื่อการย่อยสลายต่อไป
- พบในเซลล์ของอมีบา เซลล์เม็ดเลือดขาว พารามีเซียม ยูกลีนา ฟองน้ำ พวกที่มีขนซีเรีย

## คอนแทรกไทล์แวคิวโอล

- พบเฉพาะในเซลล์ของโปรโตซัวน้ำจืด เช่น อะมีบา พารามีเซียม

## แซบแวคิวโอล

- พบในเซลล์พืชเท่านั้น
- ในขณะที่เซลล์ยังไม่เจริญจะมีขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่อเซลล์เจริญเต็มที่จะมีขนาดใหญ่เกือบเต็มเซลล์ ทำให้ส่วนของนิวเคลียส และ cytoplasm ส่วนอื่น ๆ ถูกดันไปอยู่ทางด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์
- ภายในมีน้ำและเกลือแร่เป็นส่วนประกอบหลัก
- ในเซลล์ของกลีบดอกหรือใบของพืชบางชนิดจะพบว่ามีรงควัตถุละลายปนอยู่ จึงทำให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ ในใบไม้และดอกไม้

## ก๊าซแวคิวโอล

- พบในเซลล์พวก procaryote หลายชนิดที่สังเคราะห์แสงได้ เช่น แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
- มีเยื่อบาง ๆ ประกอบด้วยโปรตีนเท่านั้น จึงไม่มีสมบัติเป็น unit membrane ก๊าซต่าง ๆ ผ่านเข้าออกได้อย่างอิสระ

## ไรโบโซม

- เป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็ก มีขนาด 300 อังสตรอม
- ไม่มีเยื่อหุ้ม
- ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 40 % RNA ประมาณ 40 % อยู่รวมกันเรียกว่า ribonucleoprotin
- พบได้ในเซลล์ทุกชนิด ยกเว้นในเซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่โตเต็มที่
- พวก procaryote จะมีไรโบโซมขนาด 70 s พวก eucaryote จะมีไรโบโซมขนาด 80 s ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า
- ไรโบโซมมีหลายแบบ

1. ติดอยู่บนผนัง ER (RER)
2. ติดอยู่บนเยื่อหุ้มนิวเคลียส
3. ต่อกันเป็นสาย เป็นวง หรือเป็นกลุ่ม ซึ่งเรียกว่า polyribosome,polysome
4. กระจายอยู่ทั่ว ๆ ไปใน cytoplasm
5. พบใน chloroplast
6. พบใน mitochondria

- ribosome พบมากในอวัยวะที่กำลังเจริญเติบโต หรืออวัยวะที่มีการสังเคราะห์โปรตีนมาก
- ribosome ในเซลล์พวกยูคาริโอต สังเคราะห์มาจาก DNA ของ nucleolus จะสร้าง r RNA แล้วเข้ารวมกับโปรตีนใน cytoplasm กลายเป็น ribosome

$$\text{r RNA} + \text{โปรตีน} \longrightarrow \text{ribosome}$$

- ribosome ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย ซึ่งมีขนากแตกต่างกัน [ หน่วยใหญ่ (large subunit) และหน่วยย่อย (small subunit) ] เรียกตามความเร็วของการตกตะกอนเมื่อนำไปปั่นว่า 60 s และ 40 s ( S = Svedbery unit of sedimentation coefficient ) หน่งยย่อยทั้งสองนี้จะรวมกันเป็นหน่วยใหญ่เมื่อมีแมกนีเซียมไอออนเข้นข้น 0.001 โมลาร์ มีค่าความเร็วในการตกตะกอนเป็น 80 s พบในพวกยูคาริโอติคเซลล์ ส่วนในพวกโปรคาริโอติคเซลล์ ribosome มีขนาดเล็กกว่า คือ เป็นขนาด 50 s และ 30 s ซึ่งเมื่อรวมกันจะได้เป็น 70 s
- RNA เป็นชนิด ribosomal RNA หรือ r RNA ซึ่งมีประมาณ 85 % ของ RNA ที่พบในเซลล์

## เซนตริโอล

- เป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มี unit membrane หุ้ม
- พบในเซลล์สัตว์ทุกชนิดและเซลล์ของโปรติสท์บางชนิด
- มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 อันวางในแนวตั้งฉากกัน ที่ผนังประกอบกอบด้วยหลอดโปรตีนที่เรียกว่า microtubule เรียงกันเป็นวงกลม 9 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่ม ประกอบด้วย microtubule 3 อัน ตรงกลางไม่มี microtubule อยู่ โครงสร้างของเซนตริโอลจึงเป็นแบบ 9+0 = 27
- มี DNA และ RNA เป็นของตนเอง จึงสามารถจำลองตนเองและสร้างโปรตีนขึ้นมาใช้ได้

## ไมโครทูบูล

- เป็น ออร์แกเนลล์ ที่มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นท่อ (tubule) ขนาดยาวหลายไมครอน (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 ไมครอน)
- พบทั้งใน cytoplasm และโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ เช่นในเซนตริโอล Basal body cilia flagellum spindle fiber เท้าเทียม (pseudopodium) ของอมีบาและกอลจิบอดีของเซลล์บางชนิด
- เป็นสารประกอบพวกโปรตีนซึ่งยืดหดตัวได้ โดยมีโปรตีน microtubulin เป็นองค์ประกอบ
- ในขาเทียมของอมีบาจะมีการเรียงตัวของ microtubule เป็นรูปก้นหอย แต่มีจำนวนไม่แน่นอน

## ไมโครฟิลาเมนต์

- เป็นเส้นใยโปรตีน มีขนาดเล็กกว่าไมโครทูบูล

# สรุปประโยชน์ของโครงสร้างอย่างละเอียด

## Cell membrane , Plasma Membrane , Cytoplasmic membrane

- แสดงขอบเขตของเซลล์ ห่อหุ้มส่วนประกอบภายในเซลล์ (protoplasm)ให้คงรูปอยู่ได้ ทำให้เซลล์แต่ละเซลล์แยกตัวออกจากกัน นอกจากนี้ยังหุ้ม Organell อีก หลายชนิดด้วย

- ควบคุมปริมาณและชนิดของสาร ที่ผ่านเข้าและออกจากเซลล์ เนื่องจากมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (diffirentially permeable membrane , semipermeable membrane) ซึ่งจะยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านเข้าออกได้ ซึ่งการผ่านเข้าออกจะมีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน
- เป็นตำแหน่งที่มีการติดต่อระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเป็นตัวรับสัญญาณเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาบางอย่างในเซลล์ เช่น

    ✍ cell membrane ของเม็ดเลือดขาว เป็นตำแหน่งที่สัมผัสกับแอนติเจน จึงกระตุ้นให้มีการสร้างแอนติบอดีออกมาต่อต้าน

- ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (electrical potential) ของภายในและนอกเซลล์เนื่องมาจากการกระจายของอิออน และโปรตีนไม่เท่ากัน ซึ่งมีความสำคัญในการนำสารพวกอิออนเข้าหรือออกจากเซลล์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อมาก

    ✍ การถ่ายทอดสัญญาณประสาทไปสู่เซลล์อื่น ๆ ด้วยการเคลื่อนที่ของอิออน $Na^+$ , $K^+$ ผ่านเข้าหรือออกจากเซลล์

- เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่รับสัมผัสสาร เช่น พวกฮอร์โมน ทำให้เกิดการเร่งหรือลดการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์นั้น ๆ ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อฮอร์โมนของเซลล์ชนิดต่างๆ ในร่างกาย

## Cell Wall

- เพิ่มความแข็งแรง และป้องกันอันตรายให้กับเซลล์ของพืช
- มีคุณสมบัติเป็น permeable membrane (ยอมให้สารแทบทุกชนิดผ่านได้)

## Cell Coat

- สารเคลือบเซลล์ต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทำให้เซลล์สามารถจำพวกเดียวกันได้
- สารเคลือบเซลล์ เป็นโครงสร้างที่มักจะมีความเหนียว แข็งแรง ไม่ละลายน้ำ จึงทำให้เซลล์คงรูปร่าง และ ช่วยลดการสูญเสียน้ำให้กับเซลล์ เช่น

    ✍ สารพวกซูเบอรินและคิวตินป้องกันการระเหยของน้ำในเซลล์พืช

- ปัจจุบันสันนิษฐานกันว่า ความผิดปกติของเซลล์ร่างกายที่เป็นมะเร็ง (cancer cell) นั้น เกิดจากความผิดปกติในชั้นของสารเคลือบเซลล์ ทำให้ขาดความสามารถในการจำ และขาดการประสานงานระหว่างเซลล์ข้างเคียง จึงแบ่งตัวอย่างไม่หยุดยั้ง เป็นเนื้อร้ายที่ร่างกายควบคุมไม่ได้ จึงตีโอบ และบีบเซลล์อื่น ๆ ให้สลายไป และตายในที่สุด

## Protoplasm

- เกี่ยวข้องกับการเจริญ และการดำรงชีวิตของเซลล์

## Cytoplasm

## Nucleus

- เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ โดยทำงานร่วมกับ cytoplasm
- ควบคุมการทำงานของออร์แกเนลล์อื่น ๆ ในเซลล์
- ควบคุมการแบ่งเซลล์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- เป็นแหล่งสังเคราะห์ DNA และ RNA และควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์

## Nuclear membrane

- เป็นทางผ่านระหว่าง cytoplasm และนิวเคลียส
- มีลักษณะเป็นเยื่อเลือกผ่าน
- เยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอกจะติดต่อกับ ER และมีไรโบโซมมาเกาะ เพื่อทำหน้าที่ลำเลียงสารต่าง ๆ ระหว่างนิวเคลียส และ cytoplasm

## Chromatin

- โครโมโซม มีหน้าที่ควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ และควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทั่วไป

## Nucleolus

- สังเคราะห์ และรวบรวม RNA ชนิดต่าง ๆ และถูกนำออกมาทางรูของเยื่อหุ้มนิวเคลียส เพื่อสร้างเป็นไรโบโซมต่อไป (มี DNA ด้วย)

## Endoplasmic reticulum :ER

## RER : Rough ER

- สังเคราะห์โปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้ภายนอกเซลล์ (โดยส่งผ่าน Golgi body) เรียกกระบวนการลำเลียงสารออกนอกเซลล์ว่า Exocytosis
- ลำเลียงสารต่าง ๆ ไปยังส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ หรือ ไปสู่ Golgi body เพื่อการกำจัดออกหรือนำเข้ามาภายในเซลล์

## SER : Smooth ER

- เนื่องจาก SER มีส่วนประกอบทางเคมีของเยื่อบาง ๆ ในเซลล์แต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงทำหน้าที่แตกต่างกันในเซลล์แต่ละชนิด
- ช่วยกำจัดสารพิษ (detoxification) ในเซลล์ตับ เช่น กำจัดโมเลกุลของสารที่เป็นพิษยาบางชนิด หรืออัลกอฮอล์ โดย SER จะสร้าง enzyme มาสลายฤทธิ์ยาเหล่านั้นให้สลายไป (drug metabolizing enzyme)
- สังเคราะห์สารไขมัน ประเภท สเตอร์รอยด์ เช่น cholesterol ฮอร์โมนเพศชาย (testosterone) ฮอร์โมนเพศหญิง (estrogen และ progesterone) และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตชั้นนอก (adrenal cortex)
- ลำเลียงสารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ เนื่องจากเป็น organelles ที่มีลักษณะเป็นท่อและเชื่อมต่อกับโครงสร้างต่าง ๆ เช่น เยื่อหุ้มนิวเคลียส จึงถือได้ว่าทำหน้าที่ เป็นระบบลำเลียงสารที่สำคัญของเซลล์ เช่น

- ลำเลียงสาร พวกอิออน ไปสู่ cytoplasm ได้เช่นเดียวกับเซลล์เมมเบรน

- สะสมสารต่าง ๆ เรียกสารที่สะสมใน SER ว่า zymogen ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ในสภาวะไม่พร้อมที่จะทำปฏิกิริยา เช่น เอนไซม์ trypsinogen หรือ เอนไซม์ chymotrypsinogen ของตับอ่อน ต่อมาจะเปลี่ยนเป็น trypsin และ chymotrysin เมื่อออกจากตับอ่อน
- เกี่ยวข้องกับการขับเกลือออกจากร่างกายเช่นปลากระดูกแข็งน้ำเค็มจะพบSER จำนวนมากในต่อมขับเกลือ (chloride gland) เชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการลำเลียงเกลือต่างๆ ที่เกินความต้องการออกจากร่างกาย
- เกี่ยวข้องกับการดูดซึมอาหารประเภทไขมันเข้าสู่ร่างกาย เช่น เซลล์ villi ของผนังลำไส้เล็ก จะมี SER จำนวนมาก
- ควบคุมระดับอนุภาค Ca เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ พบในเซลล์กล้ามเนื้อลาย
- ขนส่ง, ลำเลียง ไกลโคเจน น้ำตาลกลูโคส RNA ลิปิด โปรตีนสังเคราะห์ สารพวกไขมันสตีรอยด์ฮอร์โมน

## Golgi bodies , Golgi complex , Golgi apparatus

- สะสมสารต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่รวบรวมโปรตีนบางอย่างที่เซลล์สร้างขึ้น (โดยรับต่อจาก RER) เพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์ เรียกขบวนการส่งสารออกนอกเซลล์นี้ว่า Exocytosis หรือสะสม secretion (สารที่เซลล์ผลิตขึ้น) ต่าง ๆ
- สร้างสารคาร์โบไฮเดรตบางชนิดเข้าไปประกบกับโปรตีน (ไกลโคโปรตีน) เพื่ออัดให้เป็นเม็ด เพื่อสะดวกในการลำเลียง และลำเลียงออกสู่ภายนอกในลักษณะของสารเมือกที่ขับออกมา
- เกี่ยวข้องกับการสร้าง cell plate ของพืช เพราะพบว่าขณะที่มีการสร้าง cell plate (ปลายระยะที่โลเฟส ในการแบ่งตัวของเซลล์พืช) จะมีกอลจิบอดีมารวมกันเป็นจำนวนมาก เพื่อสร้างผนังเซลล์พืช
- เกี่ยวข้องกับการสร้าง acrosome ซึ่งเป็นส่วนปลายสุดของหัวสเปิร์ม ซึ่งมีเอนไซม์สำคัญในการย่อยสลายเมม เบรนของไข่
- เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เมือก (mucilage) ต่าง ๆ เช่นที่หมวกราก (root cap) และผนังลำไส้เล็ก เมือกที่สร้างออกมา จะทำให้ปลายรากเจริญลงไปในดินได้อย่างดีและมาฉาบผนังกระเพาะอาหารและลำไส้เพื่อป้องกันการบุกรุกของแบคทีเรีย หรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ
- เกี่ยวข้องกับการสร้างสารเคลือบฟัน (enamel)
- เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไลโซโซม โดย Golgi bodies จะเกิดการคอดเว้าเข้าไปเป็นกระเปาะ แล้วหลุดออกมาเป็น Primary lysosome ซึ่งกระเปาะนี้จะมีเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสะสมจำนวนมาก
- เกี่ยวข้องกับการสร้าง nematocyst ของไฮดรา

## Lysosome

- ย่อยสลายอนุภาคและโมเลกุลของสารอาหารภายในเซลล์
- ย่อยหรือทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่เข้าสู่ร่างกายหรือเซลล์ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว กินและย่อยสลายเซลล์แบคทีเรีย

- ทำลายเซลล์ที่ตายแล้ว หรือเซลล์ที่มีอายุมาก โดยเยื่อของไลโซโซมจะฉีกขากได้ง่าย เมื่อเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อ แล้วปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายเซลล์ดังกล่าว เช่น
  - การเสื่อมสลายของเยื่อคอร์ปัสลูเตียม
- ย่อยสลายโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ในระยะที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลง และมี metamorphosis เช่นในเซลล์ส่วนหางของลูกอ๊อด เราเรียกกระบวนการย่อยสลายเซลล์ของตัวเองโดยเอนไซม์จากไลโซโซมว่า autolysis (เซลล์สัตว์ที่มีกระบวนการ autolysis ได้เร็วที่สุดคือ เซลล์ตับ)
  - ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยสลายสารต่าง ๆ ที่ถูกนำเข้าเซลล์ โดยวิธี pinocytosis , phagocytosis โดยเกิดเป็นถุงเว้าเข้าไป สิ่งแปลกปลอมหรือสารอาหารที่อยู่ภายในเซลล์ จะมีถุงเมมเบรนล้อมรอบไว้ เรียกว่า phagosomes
- การอักเสบของเนื้อเยื่อ การเจ็บปวดของโรคบางอย่าง เช่น โรค gout เกิดขึ้นเนื่องจากการหลั่งเอนไซม์จาก lysosome
- การเกิดขนนก (feather) ซึ่งเกิดจากเซลล์ที่ตายแล้ว

## Mitochondria , Chondriosome

- เป็นแหล่งสร้างสารเคมีที่มีพลังงานสูง: ATP (Adinosine triphosphate) ให้แก่เซลล์ ได้ชื่อว่าเป็น Powerhouse of cell (เยื่อชั้นในทำหน้าที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์มากที่สุด)
- เป็นศูนย์กลางกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (respiratory center) (เปรียบได้กับโรงงานไฟฟ้าของเซลล์) คือเป็นที่เกิดกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (cristae) และเป็นที่เกิดวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) หรือกล่าวได้ว่าเป็นศูนย์กลางของการสันดาปสารอาหารภายในเซลล์
- เป็นแหล่งที่ $O_2$ เข้าสันดาปกับอาหาร

## Plastid

- มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง
- เป็นแหล่งเก็บสะสมอาหาร เช่น แป้ง โปรตีน ฯลฯ

## Chloroplast

- สามารถสร้าง ATP ได้เช่นเดียวกับ mitochondria
- จับพลังงานแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) (ใช้ในการแยกน้ำ เพื่อให้ได้ $H^+$ พลังงานสูง แล้วเข้ารวมกับ $CO_2 \longrightarrow$ คาร์โบไฮเดรต) โดยแสงสีแดง และ แสงสีน้ำเงินเหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด

## Chromoplast

- เป็นรงควัตถุประกอบที่ช่วยทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงอย่างมีประสิทธิภาพ
- ทำให้พลังงานแสง ไม่ทำลายคลอโรฟิลล์ a

## Leucoplast

- เก็บสะสมอาหารประเภทต่าง ๆ

1. สะสมแป้ง เรียกว่า amyloplast
2. สะสมโปรตีน เรียกว่า Protenoplast , aleuroplast
3. ถ้าสะสมไขมัน เรียกว่า elaioplast

## Vacuole

## Food vacuole

## Contractile vacuole

- รักษาปริมาณน้ำในเซลล์ให้เหมาะสม (osmoregulation) โดยขับน้ำที่มากเกินความต้องการและของเสียที่ละลายน้ำออกจากเซลล์

## Sap vacuole

- ช่วยรักษาแรงดันเต่งให้กับเซลล์พืช

## Gas vacuole

- เกี่ยวกับการลอยตัวของเซลล์ในน้ำ
- ให้ก๊าซที่สะสมอยู่นำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงได้

## Ribosome

- ribosome ที่เกาะอยู่บนผนัง ER จะทำหน้าที่เป็นแหล่งสังเคราะห์โปรตีน หรือเอนไซม์เพื่อขนส่งออกไปใช้นอกเซลล์ เช่น พบในเซลล์ตับอ่อน
- Polysomes จะทำหน้าที่เป็น จะทำหน้าที่เป็นแหล่งสังเคราะห์โปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์ เช่น ที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อ
- ไรโบโซมที่ติดอยู่ที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอก จะสร้างโปรตีนไว้ใช้ในนิวเคลียส และส่งไปใช้นอกเซลล์
- ไรโบโซมที่อยู่ใน mitochondria และ chloroplast ทำหน้าที่สร้างโปรตีนไว้ใช้ในโครงสร้างนั้น ๆ โดยตรง

## Centriole

- สร้างเส้นใย Mitotic spindle , spindle fiber ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของโครโมโซม โดยการแยก Chromatid ออกจากกันในขณะที่มีการแบ่งเซลล์ของสัตว์ในเซลล์พืช จะมี polar cap ทำหน้าที่คล้ายเซนตริโอล Mitotic spindle ประกอบด้วย microtubule เรียงตัวเป็นแบบ 9+0= 9 คือ มี microtubule เพียง 9 เส้น และรอบ ๆ เซนตริโอลจะมี Mitotic spindle ยื่นออกมาโดยรอบมากมายซึ่งเรียกว่า Aster
- ทำหน้าที่เป็นส่วนฐาน สร้างและ ควบคุมการเคลื่อนไหวของ cilia และ flagellum เรียกว่า Basal body โดย Basal body ประกอบด้วยการเรียงตัวของ microtubule เป็นแบบ 9+0=27

- ให้กำเนิด cilia และ flagellum ซึ่งเป็น ออร์แกเนลล์ ที่มีเยื่อหุ้มและมีโครงสร้างแตกต่างจากเซนตริโอล เพราะประกอบด้วย microtubule เรียงตัวเป็นวง 9 กลุ่ม กลุ่มละ 2 อัน และตรงกลางมี microtubule อิสระอีก 2 อัน เรียกว่า 9+2=20 (ซิเลียแตกต่างจาก flagellum ตรงที่ ขนาด โดยทั่วไป cilia มีขนาด (2 - 10 ไมครอน) เล็กกว่า flagellum (100-200 ไมครอน) และจำนวนซิเลียต่อเซลล์ (มากมาย) มักมีจำนวนมากกว่า flagellum (1-2 เส้น)

## Microtubule

- เกี่ยวกับการลำเลียงสาร เช่น รงควัตถุ (melanophore) ในปลา การเคลื่อนย้ายแร่ธาตุต่าง ๆ ในเซลล์ (ถ้าทำลาย microtubule การเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในเซลล์จะลดลง) ช่วยลำเลียงฮอร์โมนอินซูลินในเซลล์ของตับอ่อน
- เป็นโครงสร้างของเซลล์ และส่วนต่าง ๆ ให้คงรูปร่างและแข็งแรงขึ้น เรียกได้ว่าเป็น cytoskeleton ของเซลล์ (โครงกระดูกของเซลล์) เช่น ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงคงรูปร่างอยู่ได้ แผ่นเลือด เท้าเทียม flagellum cilia คงสภาพอยู่ได้ (ถ้า microtubule ถูกทำลาย โครงสร้างเหล่านี้ จะถูกทำลายด้วยเช่นกัน)
- เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ คือ เป็นส่วนประกอบของเส้นใย spindle ในการแยกโครมาติดออกจากกัน ( ถ้าใช้สารโคลลิซิน ให้กับเซลล์ที่เริ่มจะแบ่งตัว microtubule จะถูกทำลาย จึงไม่มีการดึงโครมาติดออกจากกัน พบว่าเซลล์ที่ได้จะมีโครโมโซมเป็น 2 เท่าของเซลล์เดิมเรียก tetraploid

## Microfilament

- ช่วยค้ำจุนและให้ความแข็งแรง เช่นใน microvilli ของผนังลำไส้เล็ก จะมี ไมโครฟิลาเมนต์เรียงตัวในแนวขนานกับเซลล์ ทำให้เซลล์คงรูปร่างอยู่ได้
- ทำให้เกิดการไหลเวียนของ cytoplasm ที่เรียกว่า cyclosis และการเคลื่อนที่ของอมีบา (Amoeboid movement) คือทำให้เกิดส่วนของเท้าเทียม (pseudopodium)
- ทำให้เกิดการหดตัวและการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อหัวใจ การขับสารออกจากเซลล์ (exocytosis) การลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์แบบ pinocytosis และ phagocytosis

<table>
<tr><td colspan="6">เซลล์</td></tr>
<tr><td>ส่วนห่อหุ้มเซลล์</td><td colspan="5">โปรโตพลาสซึม</td></tr>
<tr><td>ผนังเซลล์<br>เยื่อหุ้มเซลล์<br>สารเคลือบเซลล์</td><td colspan="2">นิวเคลียส</td><td colspan="3">ไซโตพลาสซึม</td></tr>
<tr><td></td><td>เยื่อหุ้มนิวเคลียส</td><td>นิวคลีโอพลาสซึม<br>-โครมาติน<br>-นิวคลีโอลัส</td><td>อินคลูชัน</td><td colspan="2">ออร์แกเนลล์</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>ไม่มีเยื่อหุ้ม<br>-ไรโบโซม<br>-ไมโครทูบูล<br>-เซนตริโอล<br>-ไมโครฟิลาเมนท์</td><td>มีเยื่อหุ้ม</td></tr>
</table>

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 ชั้น<br>-lysosome<br>-แวคิวโอล | 2 ชั้น<br>-ER (RER,SER)<br>-Mitochondria<br>-Chloroplast<br>-Golgi complex<br>-ไลโซโซม |

| ลักษณะและส่วนประกอบ | เซลล์สัตว์ | เซลล์พืช |
|---|---|---|
| • รูปร่างของเซลล์ | ค่อนข้างกลม รี | ค่อนข้างเหลี่ยม มีมุม |
| • Cell Wall | ไม่มี | มี |
| • เซนตริโอล | มี | ไม่มี |
| • Lysosome | มี | ไม่มี |
| • Chloroplast | ไม่มี | มี |
| • Vacuole | ไม่มี หรือ มีขนาดเล็ก | มีขนาดใหญ่ |
| • สารคลือบเซลล์ | ไกลโคแคลิกซ์ | Cell Wall |
| • โพลาร์แคบ | ไม่มี | มี |

| ลักษณะสำคัญ | Prokaryotic cell | Eukaryotic cell |
|---|---|---|
| ไมโตคอนเดรีย,ER,Golgi bodies,Lysosome,คลอโรพลาสต์ | ไม่มี | มี |
| ไรโบโซม | มี 70s | มี 80s |
| เยื่อหุ้มนิวเคลียส | ไม่มี | มี |
| โครโมโซม | มี 1 เส้น เป็นรูปวงแหวน | มี 1 หรือมากกว่า |
| นิวคลีโอลัส | ไม่มี | มี |
| การแบ่งเซลล์ | binary fission,budding | mitosis |
| การสืบพันธุ์ | ไม่มีไซโกต | มีไซโกต |
| ผนังเซลล์ | มี | มีเฉพาะในพืช |
| ขนาดเซลล์ | 1-10 ไมโครเมตร | 10-100 ไมโครเมตร |
| สารพันธุกรรม | 1 โครโมโซม DNA | DNA+โปรตีน โครโมโซม $\geq$ 1 |
| คลอโรฟิลล์ | ไม่รวมอยู่ในเม็ดคลอโรพลาสต์ | รวมอยู่ในเม็ดคลอไโรพลาสต์ |
| การหายใจ | เกิดใน cytoplasm | เกิดใน mitochondria |

| | | |
|---|---|---|
| การไหลเวียนของ cytoplasm | ไม่มี | มี |
| สิ่งมีชีวิตดังกล่าว | แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน | สาหร่าย เห็ด รา โปรโตซัว เซลล์พืช,สัตว์ |

# สรุป หน่วยของสิ่งมีชีวิต

- ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม ได้แก่ ไรโบโซม ไมโครทูบูล เซนตริโอล ไมโครฟิลาเมนท์
- ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น ได้แก่ lysosome,แวคิวโอล
- ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ ER,Mitochondria,Chloroplast,Golgi complex
- สิ่งที่พืชมีสัตซ์ไม่มี เช่น Cell wall,Chloroplast,โพลาร์แคบ,Vacuole ขนาดใหญ่
- สิ่งที่สัตว์มีพืชไม่มี เช่น เซนตริโอล,lysosome,ไกลโคแคลิกซ์
- ไรโบโซมมี 2 ชนิด คือ
  - 70s พบใน Prokaryotic cell ⟶ มอเนอรา
  - 80s พบใน Eukaryotic cell ⟶ โพรติสตา,พืช,สัตว์
- สิ่งที่ Eu มี แต่ Pro ไม่มี เช่น ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม,เยื่อหุ้มนิวเคลียส,นิวคลีโอลัส,ไซโกต,การไหลเวียนของไซโทพลาสซึม
- ผนังเซลล์พบใน เซลล์พืช สาหร่าย แบคทีเรีย รา
- Plasmodesmata หมายถึง แถบ,สายใยของ cytoplasm ซึ่งติดต่อระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ โดยทะลุผ่านผนังเซลล์ตรงบริเวณเล็ก ๆ เรียกว่า pit ของ cell wall ของพืช
- สารเคลือบเซลล์
  - พืช ⟶ cell wall
  - สัตว์ ⟶ glycocalyx
  - ยูไมโคไฟตา + อะโทรโปดา ⟶ Chitin
  - คริโวไฟตา ⟶ ซิลิกา
  - ชิโซไมโคไฟตา ⟶ muramic acid
- สารพวกซูเบอรินและคิวติน ป้องกันการระเหยของน้ำในพืช
- โปรโตพลาสซึมประกอบด้วย 4 ธาตุหลัก คือ C H O N
- นิวเคลียส
  - 1 นิวเคลียส ⟶ เซลล์ทั่ว ๆ ไป
  - 2 นิวเคลียส ⟶ ciliata
  - หลายนิวเคลียส ⟶ เซลล์กล้ามเนื้อลาย,vessel,ราที่ไม่มีผนังกั้น (ราเมือก)
  - ไม่มีนิวเคลียส ⟶ เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม,sieve tube,Proka.

- nuclear pore,annulus คือ รูบนเยื่อหุ้มนิวเคลียส
- ส่วนประกอบของเซลล์ที่มี DNA คือ โครมาติน,ไมโตคอนเดรีย (+ไรโบโซม (70s)),chloroplast,เซนตริโอล,นิวคลีโอลัส
- ไม่มีนิวคลีโอลัส ⟶ เซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม,เซลล์ไฟเบอร์ของกล้ามเนื้อ
- นิวคลีโอลัสประกอบด้วยโปรตีนและ RNA
- Exocytosis คือ การลำเลียงสารออกนอกเซลล์ (RER ⟶ Golgi body)
- RER พบมากใน เซลล์สังเคราะห์โปรตีน สร้างน้ำย่อยเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น เซลล์ตับอ่อน,ต่อมน้ำลาย,ต่อมพิษของงู
- SER พบมากที่เซลล์ตับ,ต่อมหมวกไต,เซลล์บุผนังลำไส้เล็ก,อัณฑะ,รังไข่
- SER
    - ช่วยกำจัดสารพิษในเซลล์ของตับ
    - สร้างฮอร์โมน
    - การดูดซึมอาหารประเภทไขมันเข้าสู่ร่างกาย
- กอลจิบอดี พบมากในเซลล์ที่มีการหลั่งสาร เช่น เซลล์ต่อมมีท่อต่าง ๆ
    - รับสารจาก RER สร้างเป็นไกลโคโปรตีน ส่งออกไปใช้นอกเซลล์
    - สร้างสารเมือก}cell plate,สารเคลือบฟัน,lysosome,nematocyst
- lysosome พบมากใน phagocytic cell เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว ตับ ม้าม และเซลล์ที่ได้รับบาดเจ็บหรือมีการสลายตัวเอง เช่น เซลล์ส่วนหางของลูกอ๊อด
- เซลล์สัตว์ที่มีกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) ได้เร็วที่สุด คือ เซลล์ตับ
- ไมโตคอนเดรียพบมากในเซลล์ไข่หอยเม่น,เซลล์ตับ,เซลล์กล้ามเนื้อลาย,เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ,เซลล์ประสาท,เซลล์ผนังท่อหน่วยไต,เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช,เซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่งสารและเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโต เซลล์อสุจิ
    - สำหรับคนเรา พบมากที่สุดในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ
- พลาสติด พบในเซลล์พืชและสาหร่าย ยกเว้น Cyanophyta,ในโปรโตซัวพบเฉพาะพวกยูกลีนา วอลวอกซ์
- ปริมาตรคลอโรพลาส แปรผกผันกับ แสงสว่าง
- Ribosome ที่
    - ER ⟶ สังเคราะห์โปรตีน,เอนไซม์ ส่งออกไปใช้นอกเซลล์ ⟶ ตับอ่อน
    - cytoplasm ⟶ สังเคราะห์โปรตีน,เอนไซม์ สำหรับใช้ภายในเซลล์ ⟶ กล้ามเนื้อ
    - เยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอก,mitochondria,chloroplast ⟶ สร้างใช้ในออร์แกเนลล์นั้น
- 
    - Mitotic spindle,spindle fiber ⟶ 9 + 0 = 9
    - Basal body ⟶ 9 + 0 = 27

- Cilia,flagellum ⟶ 9 + 2 = 20

- การแพร่ ∝ ความเข้มข้น ∝ อุณหภูมิ ∝ ความดัน ∝ การละลาย ∝ 1/สิ่งเจือปน ∝ 1/แรงยึดเหนี่ยวของตัวกลาง
- การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และไม่ใช้พลังงานจลน์ ⟶ การแพร่ (diffusion),การแพร่แบบ Facilitated,ออสโมซิส,Imbibition (การดูดน้ำของเมล็ดพืช),การแลกเปลี่ยนอิออน
- ตัวอย่างการแพร่แบบ Facilitated ⟶ กลูโคสเข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ
- แรงดันออสโมติก ∝ ตัวถูกละลาย

| ข้อเปรียบเทียบ | กล้องธรรมดา | EM |
|---|---|---|
| lens | เลนส์แก้ว | electromagnetic lens |
| กำลังขยายสูงสุด | 1500 เท่า | > 5 x $10^5$ เท่า |
| ขนาดวัตถุที่เล็กที่สุด | 0.2 ไมโครเมตร | 5 Å |
| ภายในลำกล้อง | มีอากาศ | สุญญากาศ |
| ความร้อน | X | ✓ |
| เครื่องทำความเย็น | X | ✓ |
| ภาพ | เสมือนหัวกลับ ใช้ตารับภาพ | ภาพปรากฏบนจอเรืองแสง (ฟลูออเรสเซนต์) |

| ข้อเปรียบเทียบ | Eukaryotic cell | Prokaryotic cell |
|---|---|---|
| เยื่อหุ้มเซลล์ | ✓ | ✓ |
| ผนังเซลล์ | มีเฉพาะในเซลล์ | ✓ |
| เยื่อหุ้มนิวเคลียส,ER,Mitochondria, Golgi complex | ✓ | X |
| โครโมโซม | DNA + โปรตีน | มีเฉพาะ DNA |
| Plastid | มีเฉพาะเซลล์พืช | X |
| ribosome | 80s | 70s |
| centriole,lysosome | มีเฉพาะเซลล์สัตว์ | X |