

## การลำเลียงสารผ่านเซลล์

### การลำเลียงสารผ่านเซลล์

การรักษาคุณภาพของเซลล์เป็นหน้าที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับภายในเซลล์ ซึ่งการลำเลียงสารเข้า-ออกเซลล์มี 2 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

1. การลำเลียงสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
2. การลำเลียงสารแบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

### การลำเลียงสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

การลำเลียงสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงานซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ
  - 1.1 การแพร่ (Diffusion)
  - 1.2 ออสโมซิส (Osmosis)
  - 1.3 การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)
2. การลำเลียงแบบใช้พลังงาน หรือแอกทีฟทรานสปอร์ต (Active Transport)

### การลำเลียงสารแบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

การลำเลียงสารแบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. เอกไซโตซิส (Exocytosis)
2. เอนโดไซโตซิส (Endocytosis) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ
  - 2.1 ฟาโกไซโตซิส (Phagocytosis)
  - 2.2 พินไซโตซิส (Pinocytosis)
  - 2.3 การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor-Mediated Endocytosis)

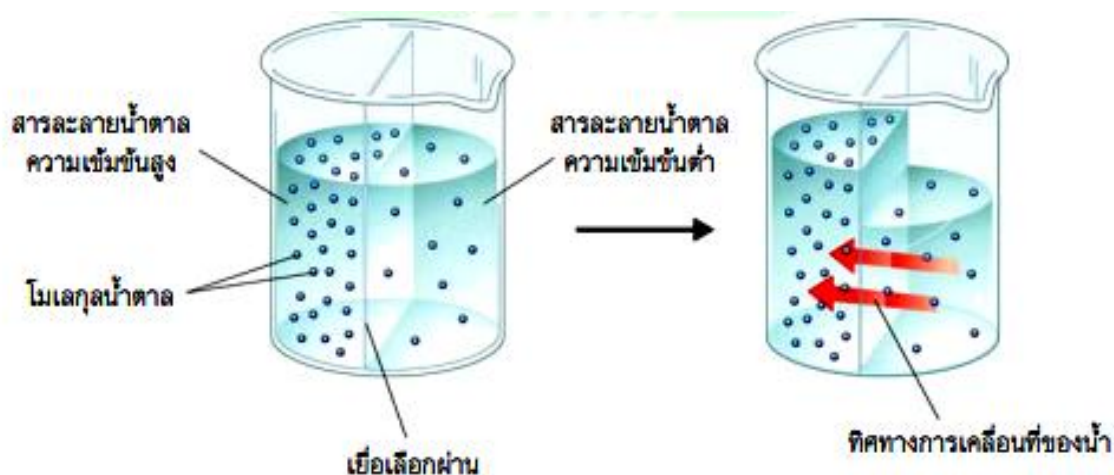
### การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน

1. **การแพร่ (Diffusion)** คือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุลหรือไอออนของสารใดๆ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย จนกว่าทุกบริเวณจะมีความเข้มข้นของสารนั้นเท่ากัน เรียกสภาวะนี้ว่า สมดุลของการแพร่ (Dynamic Equilibrium) ซึ่งในสภาวะดังกล่าวสารยังมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา แต่จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและละลายในไขมันได้ดี และไม่มีขั้วจะเข้าสู่เซลล์โดยกระบวนการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดี และมีอัตราการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้สูง เช่น การแพร่ของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม สารบางชนิดไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง แต่จะแพร่ผ่านรูหรือช่องของโปรตีน (Protein Channel) ที่เยื่อหุ้มเซลล์แทน เช่น โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) โพแทสเซียมไอออน ( $\text{K}^+$ ) คลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ )

#### ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่

- ความเข้มข้นของสารที่แพร่ สารที่มีความเข้มข้นมากจะสามารถแพร่ได้รวดเร็วกว่าสารที่มีความเข้มข้นน้อย
- อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่โมเลกุลของสารที่แพร่ จึงมีผลทำให้การแพร่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว
- ความดัน การเพิ่มความดันเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่โมเลกุลของสารที่แพร่ จึงมีผลทำให้การแพร่เกิดขึ้นได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

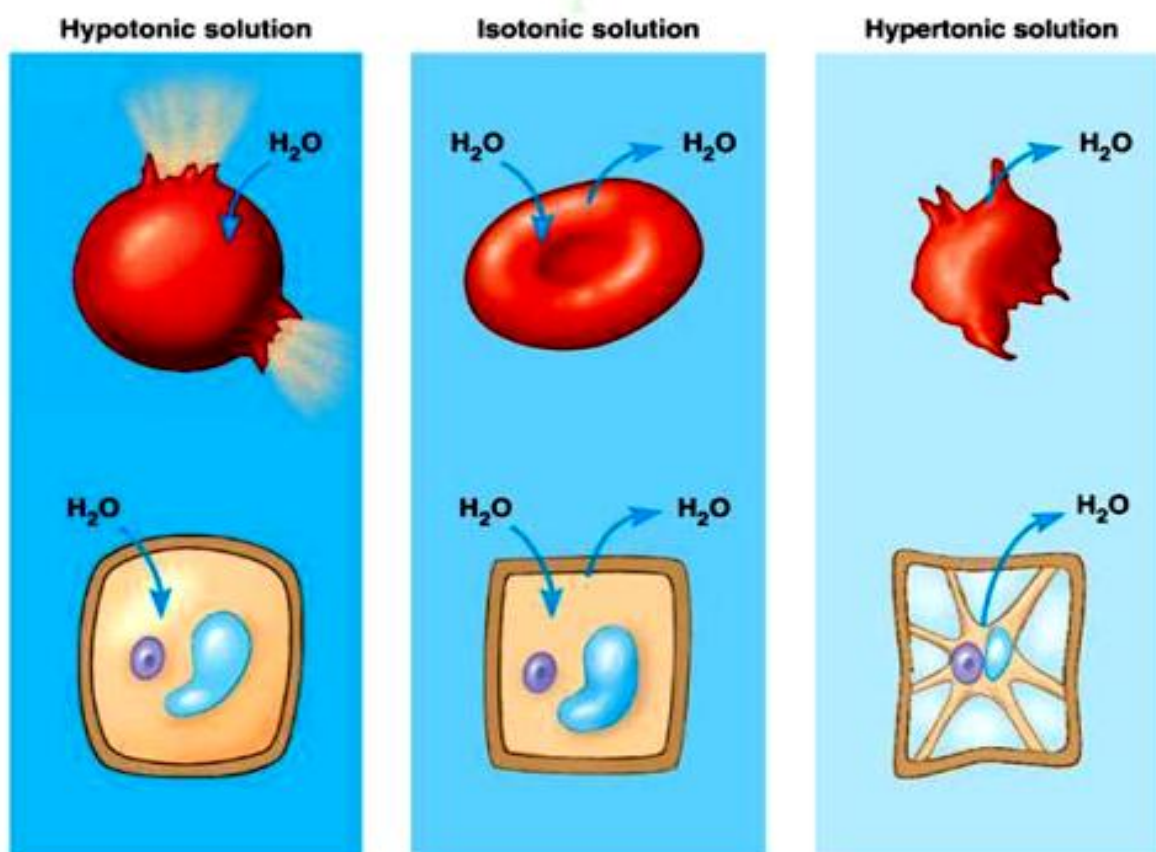
2. **ออสโมซิส (Osmosis)** เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำ (ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย) ผ่านเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane) จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง ซึ่งการออสโมซิสของน้ำทำให้ปริมาตรของเซลล์เปลี่ยนแปลงได้



ภาพที่ 13 ออสโมซิส

สารละลายแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามแรงดันออสโมซิส ได้แก่

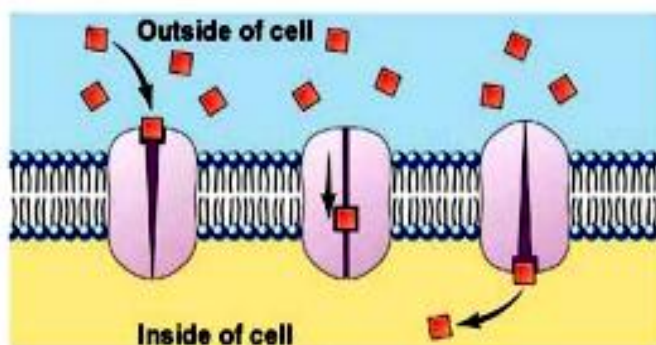
1. สารละลายไอโซโทนิก (Isotonic Solution) หมายถึง สารละลายภายนอกเซลล์ที่มีแรงดันออสโมซิสเท่ากับสารละลายภายในเซลล์ เซลล์นั้นจะมีปริมาตรคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น
2. สารละลายไฮเพอร์โทนิก (Hypertonic Solution) หมายถึง สารละลายภายนอกเซลล์ที่มีแรงดันออสโมซิสสูงกว่าสารละลายภายในเซลล์ ทำให้น้ำออสโมซิสออกจากเซลล์สู่ภายนอกเซลล์ จึงทำให้เซลล์ลดขนาดเกิดการเหี่ยว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า พลาสโมไลซิส (Plasmolysis)
3. สารละลายไฮโปโทนิก (Hypotonic Solution) หมายถึง สารละลายภายนอกเซลล์ที่มีแรงดันออสโมซิสต่ำกว่าสารละลายภายในเซลล์ ทำให้น้ำออสโมซิสจากสารละลายภายนอกเซลล์สู่ภายในเซลล์ จึงทำให้เซลล์เกิดการเต่งหรือแตกได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า พลาสโมโทซิส (Plasmoptysis)



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชเมื่อถูกแช่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน



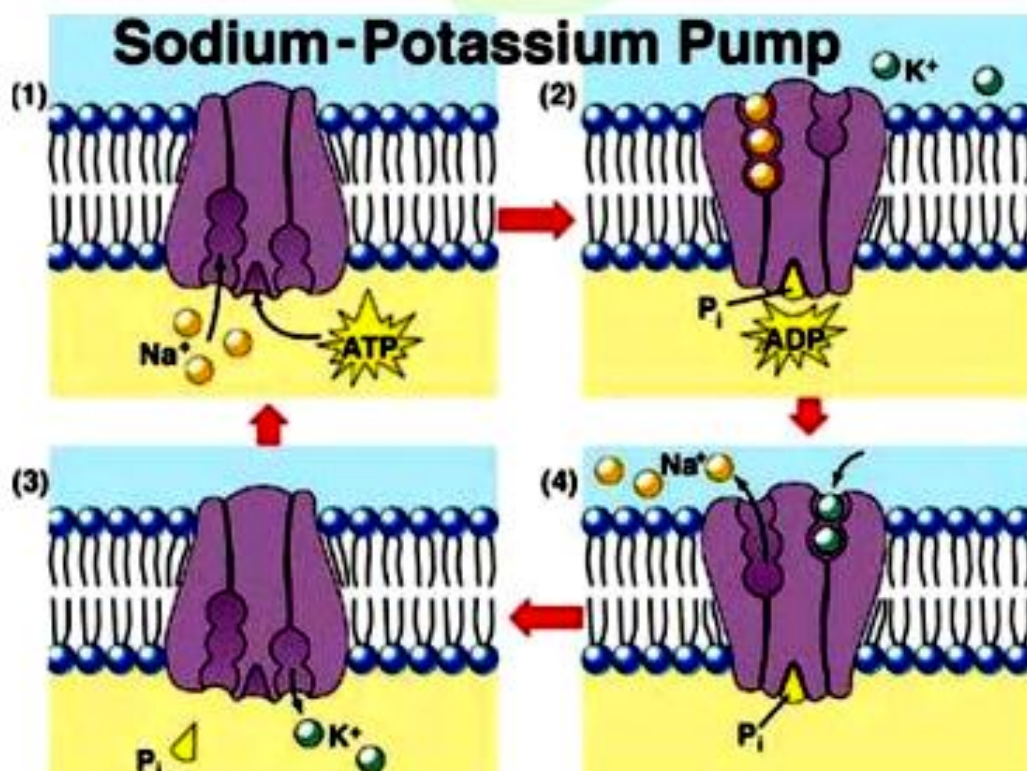
**การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)** เป็นการเคลื่อนที่ของสารใดๆ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ โดยมีโปรตีนเป็นตัวพา (Protein Carrier) สารนั้นเข้าสู่เซลล์ โดยไม่ต้องใช้พลังงาน (ATP) จากเซลล์ การแพร่แบบนี้จะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการแพร่แบบธรรมดา



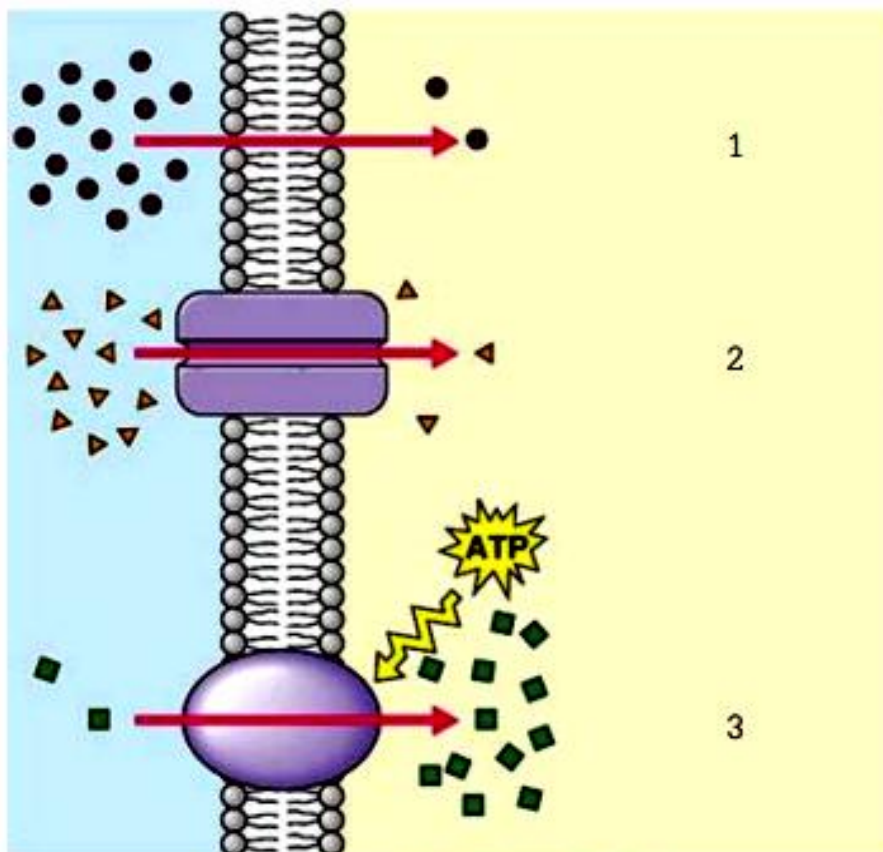
ภาพที่ 15 การแพร่แบบฟาซิลิเทต

### การลำเลียงแบบใช้พลังงาน

**การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (Active Transport)** เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารใดๆ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง โดยอาศัยโปรตีนเป็นตัวพา (Protein Carrier) และต้องใช้พลังงาน (ATP) จากเซลล์ เช่น การดูดซึมสารอาหารที่ลำไส้เล็ก การลำเลียงโซเดียม-โพแทสเซียม (Na-K) เข้าและออกจากเซลล์ประสาท (Sodium-Potassium Pump) การดูดแร่ธาตุเข้าสู่รากพืช เป็นต้น



ภาพที่ 16 การลำเลียงแบบใช้พลังงาน

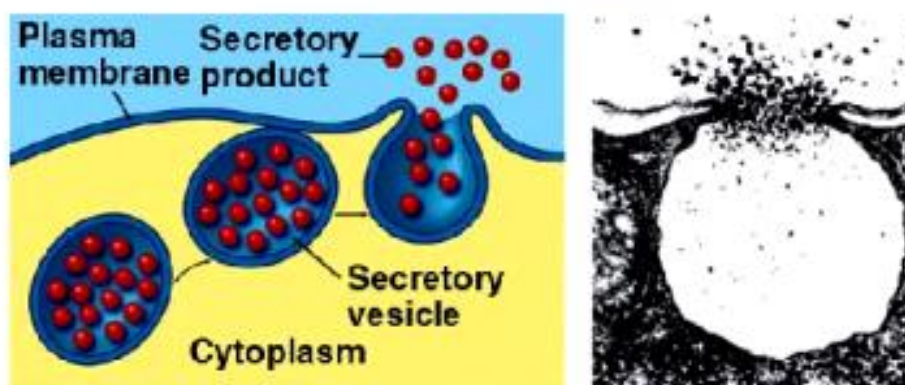


ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบการลำเลียงสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ 3 วิธี

#### การลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยการแยกตัวออกจากกันหรือรวมตัวกันได้ จึงทำให้เซลล์สามารถลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ผ่านเข้าออกเซลล์ได้ การลำเลียงในลักษณะดังกล่าวแบ่งได้ 2 ประเภท คือ เอกโซไซโทซิส (Exocytosis) และเอนโดไซโทซิส (Endocytosis)

**เอกโซไซโทซิส (Exocytosis)** เป็นการลำเลียงสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ โดยสารเหล่านั้นจะบรรจุอยู่ในเวสิเคิล (Vesicle) แล้วเวสิเคิลจะค่อยๆ เคลื่อนเข้ามาเชื่อมรวมกับเยื่อหุ้มเซลล์ จากนั้นสารที่บรรจุอยู่ในเวสิเคิลจะถูกปล่อยออกสู่ภายนอกเซลล์ (ดังภาพ) เช่น การหลั่งเอนไซม์ของเซลล์กระเพาะอาหาร การหลั่งฮอร์โมนอินซูลินของเซลล์ในตับอ่อนเข้าสู่กระแสเลือด หรือการนำของเสียออกจากเซลล์ของอะมีบา เป็นต้น



ภาพที่ 18 เอกโซไซโทซิส



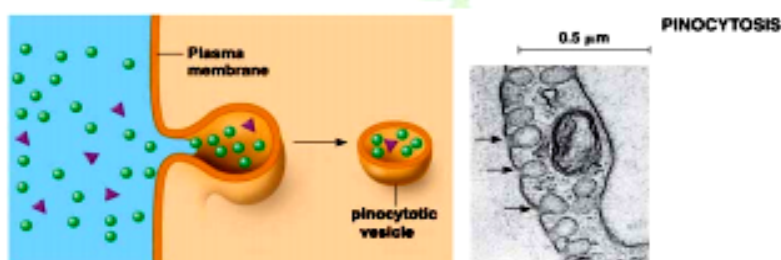
**เอนโดไซโทซิส (Endocytosis)** เป็นการลำเลียงสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ภายในเซลล์แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. **ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis)** เป็นการลำเลียงที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่และมีสถานะเป็นของแข็งเข้าสู่เซลล์ โดยการยื่นส่วนของไซโทพลาซึมไปโอบล้อมสารนั้นๆ แล้วสร้างเป็นเวสิเคิลนำเข้าไปภายในเซลล์ เช่น การกินอาหารของอะมีบา การกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวบางชนิด เป็นต้น



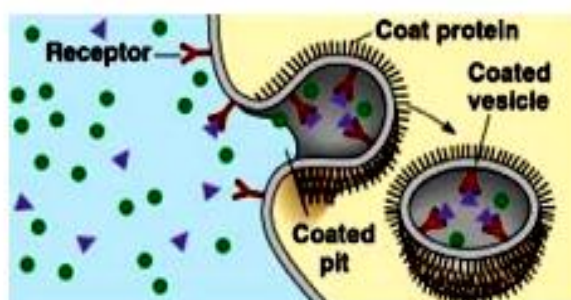
ภาพที่ 19 ฟาโกไซโทซิสของอะมีบา

2. **พินไซโทซิส (Pinocytosis)** เป็นการลำเลียงสารที่มีสถานะเป็นของเหลวเข้าสู่เซลล์ โดยการเว้าเข้าไปของไซโทพลาซึม จนเกิดเป็นเวสิเคิล เช่น การนำสารเข้าสู่เซลล์ที่หน่วยไต และการนำสารเข้าสู่เซลล์ที่เยื่อลำไส้ เป็นต้น



ภาพที่ 20 พินไซโทซิส

3. **การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor-Mediated Endocytosis)** เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ที่เกิดขึ้นโดยมีโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวรับ (สาร) ซึ่งสารที่ถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีนี้จะต้องมีความจำเพาะในการจับกับโปรตีนตัวรับ (Protein Receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์จึงจะสามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ เช่น การนำฮอร์โมนเข้าสู่เซลล์ เป็นต้น



ภาพที่ 21 การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ