การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

- เซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่ทำหน้าที่ควบคุมและคัดเลือกสารที่จะผ่านเข้าและออกเซลล์ ซึ่งนับว่าเป็นหน้าที่ที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ที่ทำให้เซลล์ดำรงสภาวะทรงตัวอยู่ได้ กลไกที่ช่วยทำให้เซลล์สามารถรักษาสภาวะทรงตัวอยู่ได้ ขึ้นกับคุณสมบัติและส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ที่จะผ่านเข้าและออก ทำให้ลักษณะ ทิศทาง และอัตราการเคลื่อนที่ของสารเหล่านี้แตกต่างกันไป Fernandez-Moran จึงกล่าวไว้ว่า เยื่อหุ้มเซลล์อาจจะเป็นส่วนสำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิต เพราะการทำงานส่วนใหญ่ของเซลล์จะอาศัยเยื่อหุ้มเซลล์ และเซลล์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ประมาณ 40-90 % ขององค์ประกอบภายในเซลล์ทั้งหมด ดังนั้น การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ดังจะกล่าวต่อไปนี้ ส่วนหนึ่งของการลำเลียงจึงมีความเกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มเซลล์เป็นอย่างมาก

ประเภทของสารที่จะผ่านเข้าออกจากเซลล์

สารที่ถูกลำเลียงพบได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สารเหล่านี้เมื่ออยู่ภายใน หรือภายนอกเซลล์อาจจะอยู่ในสภาพของสารผสมในรูปแบบต่าง ๆ กันได้ 4 ลักษณะคือ

1. สารละลาย (solution) คือ สารเนื้อเดียว (homogeneous) ที่เกิดจากการผสมเข้าด้วยกันระหว่างโมเลกุลหรือ อิออนของสาร 2 ชนิด
2. สารแขวนลอย (suspension) คือ สารผสมที่เกิดจากการรวมกันของสาร 2 ชนิด แต่เป็นสารผสมที่ไม่ถาวร เพราะอนุภาคที่เป็นตัวแขวนลอย อาจแยกตัวจากสารที่เป็นตัวกลางที่มันแขวนลอยอยู่ ทำให้โมเลกุลของสารที่เป็นตัวกลางต่อเนื่องกันโดยตลอด
3. emulsion คือ สารผสมที่เกิดจากของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่ละลายกันและกัน โดยของเหลวชนิดหนึ่งมีสัดส่วนมากกว่าอีกชนิดหนึ่ง
4. Colloid คือ สารผสม 2 ชนิดที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีสารชนิดหนึ่งเป็นตัวกลางให้แขวนลอย อีกชนิดหนึ่งเป็นสารแขวนลอย เรียกอนุภาคคอลลอยด์ (colloidal particle) และอนุภาคคอลลอยด์ที่แขวนลอยอยู่นั้นจะอยู่ตัวได้นาน

การลำเลียงของสารเข้าและออกจากเซลล์

1.การลำเลียงสารโดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

1.1 การลำเลียงสารโดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และไม่ใช้พลังงานจลน์ (Passive transport)

1.1.1 การแพร่ (diffusion)

- การเคลื่อนที่ของโมเลกุล หรืออิออนของสารโดยอาศัยพลังงานจลน์ใน โมเลกุลหรืออิออนของสารเอง
- ทิศทางการแพร่จะเกิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง ไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำเสมอ

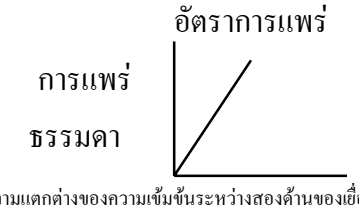
- การเคลื่อนที่ของอนุภาคสารขณะมีการแพร่ จะกระจายออกไปในตัวกลางทุกทิศทุกทางโดยอาศัยพลังงานจลน์ในอนุภาคของสารเอง เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบบราวเนียนจนในที่สุด บริเวณทั้งสองจะมีความเข้มข้นเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า จุดสมดุลย์ของการแพร่ ณ จุดนี้ อัตราการแพร่ไปและกลับมีค่าเท่ากัน จึงมีลักษณะเป็นสมดุลย์จลน์ (dynamic equilibrium) ความหนาแน่นจะเท่ากันทุกบริเวณ
- ขณะที่เกิดกระบวนการแพร่ ค่าของการได้เปรียบและเสียเปรียบ (Net diffusion) จะมีค่าเท่ากัน
- เมื่อเกิดสภาวะสมดุลของการแพร่ (dynamic equilibrium) ค่าของการได้เปรียบเสียเปรียบของการแพร่ = 0 หมายความว่า การแพร่ยังคงดำเนินต่อไป (มิได้หยุด) แต่เป็นไปในอัตราเข้าและออกจากเซลล์เท่า ๆ กัน
- อัตราการแพร่ของสาร น้ำ > แก๊สต่าง ๆ > สารประกอบอินทรีย์ > สารประจุลบ > สารประจุบวก
- ไม่ต้องใช้พลังงานจาก ATP ไม่ทำให้เกิดการสะสมสารในเซลล์ เกิดได้ทุกสถานะ และเกิดกับสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งไม่มีชีวิตก็ได้

1.1.1.1 การแพร่ธรรมดา (simple diffusion)

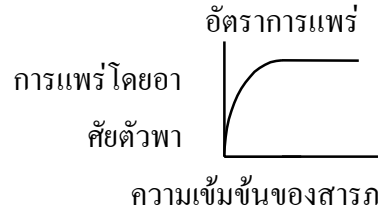
- คือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุลหรืออิออนของสาร เนื่องจากผลต่างของความเข้มข้น โดยในการเคลื่อนที่จะอาศัยพลังงานจลน์ในโมเลกุลหรืออิออนของมันเอง ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากเซลล์และไม่อาศัยตัวพาใด ๆ
- ผลรวมสุทธิของอัตราการเคลื่อนที่ (Net flux) = อัตราการเคลื่อนที่เข้า (Influx) - อัตราการเคลื่อนที่ออก (Efflux)

1.1.1.2 การแพร่โดยอาศัยตัวพา (Facilitated diffusion)

- คือ การแพร่ของโมเลกุลหรืออิออนของสารโดยอาศันตัวพา (carrier) ที่อยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวนำไปโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากเซลล์
- อัตราการแพร่เร็วกว่าการแพร่แบบธรรมดามาก ทำให้ได้รับสาร และขับสารอย่างรวดเร็ว
- ตัวพาโปรตีน มีการเปลี่ยนรูปร่างไปได้ที่เยื่อหุ้มเซลล์
- การแพร่ของกลูโคส เข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ตับ เซลล์กล้ามเนื้อลาย, การดูดซึมกลูโคสและฟรุกโตส เข้าสู่เซลล์ผนังลำไส้เล็ก
- การเคลื่อนที่โดยอาศัยตัวพา จะถึงจุดสมดุลของการแพร่เร็วกว่า การแพร่ธรรมดา เนื่องจากตัวพาช่วยขนส่งสาร
- ถ้าพิจารณาอัตาการเคลื่อนที่ของสารระหว่างการแพร่ธรรมดากับการแพร่โดยอาศัยตัวพา เมื่อความเข้มข้นระหว่าง 2 ด้านของเยื่อหุ้มเซลล์ต่างกันมาก ๆ จะพบว่าอัตราการแพร่ ไม่แปรตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เนื่องจากตัวพามีปริมาณจำกัด ทุกตัวต้องทำหน้าที่ขนส่งสารทั้งหมด ดังนั้นความเข้มข้นของสารที่มากเกินไป จึงไม่ทำให้อัตราการแพร่เร็วขึ้นได้อีก



ความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสองด้านของเยื่อหุ้มเซลล์



ความเข้มข้นของสารภายนอก

1.1.1.3 Dialysis

- หมายถึง การแพร่ของตัวถูกละลาย (solute) จากบริเวณที่มีสารละลายเข้มข้นสูงกว่าผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังบริเวณที่มีสารละลายเข้มข้นต่ำกว่า หรือเจือจางกว่า

1.1.1.4 การแพร่ผ่านรูของเยื่อหุ้มเซลล์

- เนื่องจากบริเวณรูของเยื่อหุ้มเซลล์มีสารพวกโปรตีนบุอยู่ ดังนั้น พวกสาร โมเลกุลเล็ก ๆ เช่นน้ำและสารที่ละลายไม่ได้ในไขมันจะผ่านเข้าออกทางนี้ โปรตีนเป็นสารที่มีประจุบวก ดังนั้น สารที่มีประจุลบจึงสามารถผ่านเข้าออกทางรูนี้ได้ดีกว่าสารประจุบวก

1.1.1.5 การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยละลายตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์

- เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น สารที่ละลายในไขมันจึงแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีกว่าสารที่ละลายในไขมันไม่ได้

ความสำคัญของการแพร่

- ทำให้เซลล์ได้รับสารอาหาร
- ทำให้เซลล์ได้รับ ก๊าซ O_2
- ทำให้เซลล์กำจัดก๊าซ CO_2 ออกไปได้
- ทำให้รากของพืชได้รับแร่ธาตุที่ต้องการ

1.1.2 ออสโมซิส (osmosis)

- การแพร่ของของเหลว หรือการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่าน (differentially permeable membrane)
- น้ำจะแพร่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำมาก (สารละลายเจือจาง) ไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำน้อย (สารละลายเข้มข้น)
- จนกระทั่งถึงจุดสมดุลย์ เมื่ออัตราการแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านไปและกลับมีค่าเท่า ๆ กัน
- **ออสโมมิเตอร์** (osmometer) คือ เครื่องมือที่ใช้แสดงการเกิดออสโมซิส และสามารถใช้วัดแรงดันที่เกิดจากขบวนการออสโมซิสได้อีกด้วย
- แรงดันออสโมติก (osmotic pressure) คือ
  - ความดันที่ทำให้เกิดออสโมซิสของน้ำ
  - แรงดันน้อยที่สุดที่ป้องกันไม่ให้น้ำออสโมซิสเข้ามาในสารละลายนั้น
  - แรงดันเต่งสูงสุดที่ป้องกันไม่ให้น้ำเข้ามาได้อีก
- $\pi = \rho gh$
  - π = แรงดันออสโมติกของสารละลายก่อนการทดลอง มีหน่วยเป็น ดายน์/cm^2 หรือ บรรยากาศ
  - ρ = ความหนาแน่นของสารละลาย มีหน่วยเป็น กรัม/cm^3
  - g = อัตราเร่ง เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก มีค่า 980 cm/วินาที^{2}
- แรงดันออสโมติกของสารละลายต่างชนิดกัน จะมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากสาเหตุสำคัญคือ ความเข้มข้นของสาร

ละลายไม่เท่ากัน เพราะจำนวนโมเลกุลหรืออิออนในสารละลายนั้น มีปริมาณไม่เท่ากันนั้นเอง

1. น้ำบริสุทธิ์มีแรงดันออสโมติกต่ำสุด เนื่องจากไม่มีตัวถูกละลายใด ๆ เจือปน (น้ำกลั่น มี O.P. = 0 ที่ความดันบรรยากาศ)
2. สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง (ตัวถูกละลายมีจำนวนมาก) จะมีแรงดันออสโมติกสูง ส่วนสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ (ตัวถูกละลายมีจำนวนน้อย) จะมีแรงดันออสโมติกต่ำ
3. น้ำจะแพร่จากบริเวณที่มีแรงดันออสโมติกต่ำ ไปยังบริเวณที่มีแรงดันออสโมติกสูงเสมอ

- แรงดันเต่ง (Turgor pressure) คือ แรงดันที่เกิดขึ้นภายในอันเนื่องมาจากน้ำแพร่เข้าไป

แรงดันเต่งสูงสุด = แรงดันออสโมติก = จุดสมดุลย์ของการแพร่

- แรงดันเต่งมีความสำคัญมากในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพราะทำให้เซลล์สามารถรักษารูปร่างได้ เช่น การรักษารูปร่าง ลักษณะของเซลล์สัตว์ หรือ ในพืช การที่ใบกางเต็มที่ ยอดตั้งตรงดี ใบผักกรอบ เนื่องจากในเซลล์มีแรงดันเต่งมากนั่นเอง

ประเภทของสารละลายที่เกี่ยวข้องกับออสโมซิส

1. Hypertonic solution คือ สารละลายที่มีความเข้มสูง เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้น ถ้าเซลล์อยู่ในภาวะที่มีสารละลาย Hypertonic อยู่ล้อมรอบ เยื่อหุ้มเซลล์จะหดตัวและเหี่ยงแฟบลง เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ เราเรียกขบวนการแพร่ของน้ำออกมาจากไซโทปลาสซึม และมีผลทำให่เซลล์มีปริมาตรเล็กลงนี้ว่า Plasmolysis
2. Hypotonic solution คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้นถ้าเซลล์อยู่ในภาวะที่มีสารละลาย hypotonic ล้อมรอบ เซลล์จะขยายขนาดหรือมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการแพร่ของน้ำ จากสารละลายภายนอกเข้าสู่ภายในเซลล์ และทำให้เซลล์เกิดแรงดันเต่งเพิ่มขึ้น ดันให้เซลล์ยืดขยายออกไป เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า plasmoptysis หรือ endosmosis

⇒ ในกรณีของเซลล์สัตว์ น้ำจะแพร่เข้าสู่เซลล์ ทำให้เกิดแรงดันเต่งภายในเซลล์พืชเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำที่แพร่เข้าไป จนถึงจุดหนึ่งจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตกออก สารต่าง ๆ ภายในเซลล์จะละลายออกมาข้างนอก

- การแตกของเซลล์เม็ดเลือกแดง เมื่อแช่อยู่ในสารละลายไฮโปโทนิก เรียกว่า Haemolysis
- ถ้าเป็นการแตกของเซลล์สัตว์และเซลล์ทั่ว ๆ ไป (อะมีบา พารามีเซียม) เรียกว่า cytolysis
- โปรโตซัวน้ำจืด เช่น อะมีบา พารามีเซียม จะมีอวัยวะสำหรับกำจัดน้ำส่วนที่เกินความต้องการออกจากเซลล์เพื่อไม่ให้เป็นอันตราย หรือเซลล์แตก เรียกว่า contractile vacuole

⇒ ในกรณีของเซลล์พืช ลักษณะของกระบวนการเกิดก็เช่นเดียวกับเซลล์สัตว์แต่เซลล์พืชจะไม่แตกออก เนื่องจากผนังเซลล์ (cell wall) มีแรงดันต้านเอาไว้ ซึ่งเรียกว่า แรงต้านทานของผนังเซลล์ (wall pressure)

3. Isotonic solution คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้น เซลล์ที่อยู่ในภาวะที่มีสารละลาย isotonic ล้อมรอบ จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งมีความสำคัญมากในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะการคงรูปร่างของเซลล์สัตว์

- การที่เม็ดเลือดแดงไหลเวียนอยู่ในน้ำเลือดโดยไม่เหี่ยวแฟบหรือพองโตจนแตก เนื่องจากความเข้ม

ข้นของสารละลายน้ำเลือดเป็น isotonic ต่อสารละลายภายในเม็ดเลือดแดงนั่นเอง

✍ เซลล์เม็ดเลือดแดงของคน จะสามารถอยู่ในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นเท่ากับ 0.85 % เพราะมีความเข้มข้นเท่ากัน เซลล์จึงไม่เป็นอันตราย

1.1.3 Imbibition

- กระบวนการดูดของเหลว หรือน้ำของวัตถุแห้งหรือปริมาณน้ำอยู่น้อย
- อาจเกิดโดยการแพร่ของน้ำ หรือการดูดซับความชื้น (adsorption) เอาไว้รอบ ๆ ผิวของมันเอง
- เมล็ดพืชแห้ง เมื่อแช่อยู่ในน้ำหรืออยู่ในที่มีความชื้นสูงมันจะดูดน้ำเข้าไปจนพองตัวขยายใหญ่ขึ้น ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการงอกของเมล็ดพืช

1.1.4 การแลกเปลี่ยนอิออน (Ion exchange)

- เป็นขบวนการที่เซลล์แลกเปลี่ยนอิออนระหว่างภายในเซลล์กับภายนอกเซลล์
- H^+ ภายในเซลล์ของรากพืช จะแลกเปลี่ยนกับ K^+ ในดิน
- การดึงดูด NO_3^- จากดินเข้าสู่เซลล์ และถ่าย HCO_3^- ออกนอกเซลล์
- การแลกเปลี่ยน Cl^- และ Br^- ระหว่างในเซลล์กับนอกเซลล์

1.2 การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยใช้พลังงานจากเซลล์ (Active transport,Matabolicallylinked Transport)

คุณลักษณะสำคัญ

- เป็นขบวนการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความหนาแน่นของสารต่ำไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของสารสูงกว่า โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
- ต้องอาศัยพลังงานจากเซลล์ที่อยู่ในรูปของสารให้พลังงานสูง คือ ATP (Adenosine Tri phosphate)

✍ เนื่องจากสาร ATP ถูกสร้างขึ้นจากขบวนการหายใจ ดังนั้น ขบวนการ Active transport จึงเกี่ยวกับการหายใจของเซลล์เป็นอย่างมาก ปัจจัยใดยับยั้งการหายใจ ย่อมจะส่งผลกระทบต่อขบวนการ Active transport ด้วย

- ต้องอาศัยตัวพา (carrier) คล้ายกับการแพร่โดยอาศัยตัวพา แต่กลไกการทำงานของตัวพาในขบวนการ Active transport มีความซับซ้อนกว่า เป็นแบบอาศัยตัวพาที่เยื่อเซลล์ (carrier-mediated transport)
- เกิดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
- การลำเลียงสารโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับสารอาหาร เช่น กลูโคสและออกซิเจน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงาน ดังนั้นเมื่อขาดสารกลูโคสหรือ ออกซิเจนจะทำให้การขนส่งสารหยุดลง
- สารพิษที่ทำลายกระบวนการสร้างพลังงานของเซลล์ก็ทำให้การขนส่งสารโดยวิธีนี้ชะงักไปด้วย

ความสำคัญ

- การสะสม K^+ ในเซลล์ของสาหร่ายสีเขียว (Nitella sp) ซึ่งมันสามารถสะสม K^+ ได้ 1,065 เท่า ของ K^+ ในน้ำจืดที่มันอาศัยอยู่

- การดูดเกลือแร่จากดินและการสะสมเกลือแร่ต่าง ๆ ในรากพืช
- การดูดซึมน้ำตาลจากลำไส้เล็ก เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด
- การปั๊ม Na^+ ออกจากเซลล์โดยขบวนการที่เรียกทั่ว ๆ ไปว่า Sodium pump ทำให้มี Na^+ อยู่ภายนอกเซลล์สูงกว่าภายในเซลล์ ซึ่งเป็นผลดีต่อเซลล์อย่างมาก เพราะถ้า Na+ เข้าไปอยู่ในเซลล์มาก โมเลกุลของน้ำ จะติดตาม Na^+ เข้าไปด้วย แรงดันออสโมติกจะทำให้เซลล์มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดเซลล์จะแตก ดังนั้น Active transport โดยการปั๊มโซเดียมออกจากเซลล์จึงเป็นวิธีการที่จะรักษาปริมาตรให้อยู่คงที่
- ทำให้มีการสะสมสารต่าง ๆ เอาไว้ในเซลล์ (ให้มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกเซลล์)ตามที่เซลล์ต้องการได้
- สาหร่ายสีน้ำตาลเก็บไอโอดีนไว้ในเซลล์
- กระบวนการขับ Na^+ ออก และสูบ K^+ เข้าสู่เซลล์ประสาท (Na^+-K^+ pump)
- กำจัดสารบางชนิดออกสู่นอกเซลล์ได้ ถึงแม้ว่า นอกเซลล์จะมีความเข้มข้นมากกว่าในเซลล์
- การดูดกลับของสารที่หลอดไต สารต่าง ๆ ที่ถูกกรองโดยไตแล้ว จะมีพวกกลูโคส กรดอะมิโน โซเดียมอิออนอยู่ด้วย และจะมีการดูดสารเหล่านี้กลับเข้าสู่กระแสเลือดอีกทีหนึ่งโดยใช้พลังงานเข้าช่วย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

1. ขนาดของโมเลกุลสาร น้ำ กลูโคส โซเดียมคลอไรด์ ขนาดโมเลกุลเล็ก จะผ่านได้ตลอดเวลา แป้งและโปรตีนต้องใช้กระบวนการอื่น
2. ความสามารถในการละลายในไขมัน สารใดละลายได้ จะสามารถผ่านเข้าออกได้ง่ายกว่าแม้จะมีโมเลกุลขนากใหญ่ เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม กลีเซอรอล สามารถเข้าสู่เซลล์ได้
3. ความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออน เช่น โซเดียมคลอไรด์ จะผ่านเข้าออกได้ง่ายกว่า โมเลกุลของกลูโคส (เพราะแตกตัวเป็นไอออน)

2.การลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

- เป็นวิธีการที่สารถูกนำเข้าหรือออกจากเซลล์โดยที่เยื่อหุ้มเซลล์จะห่อหุ้มหรือโอบล้อม เอาสารนั้นเข้าเป็นถุง หลังจากนั้นเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนที่เป็นถุง ก็จะหลุดออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนอื่น ๆ กลายเป็นถุงเล็ก ๆ (vesicle) เคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์ หรือเคลื่อนที่ออกจากเซลล์
- การที่เซลล์ต้องนำสารเข้าหรือออกโดยวิธีนี้เนื่องจากสารมีโมเลกุลใหญ่ หรือด้วยสาเหตุอื่นใดก็ตามที่ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง
- การลำเลียงสารโดยวิธีนี้ต้องอาศัยพลังงานจากเซลล์เข้าร่วมด้วย

2.1 การนำสารเข้าสู่ภายในเซลล์ (Endocytosis)

- เป็นการนำสารโมเลกุลใหญ่ เข้าสู่เซลล์เนื่องจากสารพวกนี้ไม่สามารถละลายกับเยื่อเซลล์และผ่านเข้าทางรูของเยื่อเซลล์ก็ไม่ได้
- เกิดโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเยื่อเซลล์ตรงจุดที่โมเลกุลสารเข้าสัมผัส

2.1.1 Pinocytosis (cell drinking)

- การนำสารที่เป็นของเหลวหรือสารละลายเข้าสู่เซลล์ โดยการทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เว้าเข้าไปใน cytoplasm ทีละน้อย จนกลายเป็นถุงเล็ก ๆ และถุงนี้จะปิดสนิทแล้วหลุดเข้ามาอยู่ใน cytoplasm
- การนำสารเข้าสู่เซลล์ของเซลล์ที่หน่วยไต , การนำไขมันเข้าสู่เซลล์เยื่อบุของลำไส้

2.1.2 Phagocytosis (cell eating)

- การนำสารที่มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเซลล์ขนาดเล็ก ๆ เข้าสู่เซลล์ โดยการสร้าง Pseudopodium (เท้าเทียม) โอบล้อมสารนั้น แล้วเกิดเป็นถุงหลุดเข้าไปภายในเซลล์ กลายเป็น food vacuole
- การจับเชื้อโรคจำพวกแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือดขาว , การกินอาหารของอะมีบา , ราเมือก
- 1. อาหารขนาดเล็กถูกนำเข้าสู่เซลล์โดยขบวนการฟาโกไซโตซิส และเกิดเป็นถุงฟาโกไซติก
  2. ไลโซโซมที่อยู่ใกล้ ๆ จะเข้าไปประชิดถุง
  3. ไลโซโซมเชื่อมกันกับถุง และปล่อยเอนไซม์เข้าไปในถุงที่บรรจุอาหารนั้น
  4. อาหารถูกย่อยโดยเอนไซม์จากไลโซโซม และสารอาหารที่ได้จากการย่อยถูกดูดซึมเข้าสู่ไซโทพลาสซึม
  5. การย่อยเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และถุงแวคิวโอลเคลื่อนไปยังเยื่อหุ้มเซลล์
  6. เยื่อหุ้มรอบแวคิวโอลเชื่อมติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ และอาหารที่ย่อยไม่ได้ถูกขับออก

2.2 Cytopempsis

- การนำสารที่เหมือนกับใน pinocytosis แต่จะเป็นการนำสารนั้นเข้าสู่เซลล์ แล้วส่งผ่านออกไปยังเยื่อหุ้มเซลล์อีกด้านหนึ่ง
- เซลล์จึงเป็นทางผ่านของสาร โดยเซลล์ไม่ได้ประโยชน์เลย
- การนำสาร ferritin เข้าสู่เซลล์เยื่อบุท่อหลอดเลือดแล้วส่งผ่านไปยังเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบ ๆ

2.3 การนำสารออกสู่ภายนอกเซลล์ (Exocytosis)

- เป็นขบวนการที่เซลล์กำจัดสารออกนอกเซลล์ เช่น กากอาหารที่เหลือจากการย่อย,ของเสียของเซลล์ หรือ การหลั่งสารที่เป็นประโยชน์ โดยเซลล์สร้างขึ้นและส่งออกนอกเซลล์ เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมน สารเมือก

ความสำคัญของการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

- ทำให้เซลล์สามารถรักษาคุณสมบัติต่าง ๆ ภายในเซลล์ให้ค่อนข้างคงที่เสมอ ซึ่งช่วยให้เซลล์ดำรงสภาวะอยู่เป็นปกติได้
- เป็นวิธีการที่เซลล์ได้อาหาร ก๊าซ และสารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของเซลล์ และ เซลล์สามารถอาศัยขบวนการเหล่านี้ กำจัดสารที่ไม่ต้องการออกสู่ภายนอก
- ทำให้ร่างกายหรือตัวสิ่งมีชีวิต ดำรงชีพอยู่ได้ตามปกติ เนื่องจากผลลัพท์สุทธิจากการทำงานของเซลล์แต่ละเซลล์

ปัจจัยในการแลกเปลี่ยนสารของเซลล์

- ขนาดของสาร สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและผ่านรูของเยื่อเซลล์ได้ จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า สารโมเลกุลใหญ่ เช่น น้ำ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านเยื่อเซลล์ได้ดีกว่าแป้งและน้ำตาล
- ความสามารถในการละลายในไขมัน สารที่ละลายในไขมันได้ดีจะผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย กว่าสารที่ไม่ละลายในไขมัน ดังนั้น ยาพวกทาถูทั้งหลาย จึงมีส่วนผสมของสารที่ละลายในไขมันด้วยเสมอ
- สารพวกไม่มีขั้ว (nonpolar compound) จะผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้ดีกว่าสารที่มีขั้ว (polar compound) เนื่องจากสารไม่มีขั้วละลายในไขมันได้ดี ส่วนสารที่มีขั้วละลายได้ดีในน้ำ ซึ่งผ่านเข้าออกได้ยากกว่า
- สารละลายที่เป็น electrolyte จะผ่านผ่านเยื่อเซลล์ได้ช้ากว่าสารที่ไม่เป็น electrolyte และอิเลคโตรไลท์ที่แตกตัวได้มาก (strong electrolyte) จะผ่านได้ช้ากว่าพวกที่แตกตัวได้น้อย (weak electrolyte) สำหรับสารที่มีประจุ จะพิจารณาการผ่านเยื่อเซลล์ในรูปที่เกาะกับโมเลกุลของน้ำ (hydrated form) เช่น K มีขนาดใหญ่กว่า Na แต่ K^+ จะผ่านเยื่อเซลล์ได้ดีกว่า Na^+ เนื่องจาก hydrate form ของ Na^+ ใหญ่กว่า hydrate form ของ K^+
- ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวพาและพลังงานจากเมตาบอลิซึม ถ้ามีตัวพามาก และมีพลังงานมาก จะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีกว่า มีตัวพาและพลังงานน้อย
- สภาพทางสรีระวิทยา เช่น การขนส่ง Na^+ และ K^+ ของเซลล์ประสาทจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพการพักหรือการกระตุ้น โดยสภาพพักเยื่อเซลล์ประสาทจะยอมให้ K^+ ผ่านได้ดีกว่า Na^+ แต่สภาพถูกกระตุ้น จะยอมให้ Na^+ ผ่านได้มากกว่า

การแบ่งเซลล์ในขณะเจริญเติบโต

- เซลล์รับอาหารและกำจัดของเสียทางเยื่อหุ้มเซลล์
- เมื่อเซลล์มีการเจริญเติบโตเพิ่มขนาด จำเป็นจะต้องมีพื้นที่ผิวมากเพียงพอต่อการลำเลียงอาหารเข้าสู่เซลล์
- การเจริญเติบโตของเซลล์ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น แต่พื้นที่ผิวมากเพียงพอต่อการลำเลียงอาหารเข้าสู่เซลล์
- การเจริญเติบโตของเซลล์ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น แต่พื้นที่ผิวเพิ่มน้อยกว่าขนาด ทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนสาร หรือการลำเลียงอาหารของเซลล์ต่ำลง
- การแบ่งเซลล์ช่วยให้พื้นที่ผิวของเซลล์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับขนาด