

บทที่ 6

การแลกเปลี่ยนสารเข้าและออกจากเซลล์ (EXCHANGE OF MATERIALS)

ยุพา วรรณยศ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เซลล์ประกอบด้วยผนังเซลล์และ protoplasm protoplasm จะมีลักษณะค่อนข้างเหลว ประกอบด้วยเกลือ น้ำตาล และสารอื่น ๆ ละลายอยู่ในน้ำ สารต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ทำให้เกิดพลังงานที่ถูกนำไปใช้ในการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายของสิ่งมีชีวิต หรือแปรสภาพเป็นสารรูปอื่น สิ่งที่เหลือใช้ที่มีประโยชน์ก็จะถูกเก็บสะสมไว้ ที่ไม่มีประโยชน์ก็จะถูกขับออกจากเซลล์ สารบางอย่างเมื่อถูกเซลล์ใช้ไปแล้ว เซลล์ก็จะต้องมีการนำสารเหล่านั้นเข้ามาเพิ่มเติมอีก เหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดมีการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ เข้าและออกจากเซลล์ หรือเข้าและออกจาก organelles ต่าง ๆ ใน protoplasm ตลอดเวลา

ก่อนที่จะกล่าวถึงการแลกเปลี่ยนสาร ควรเข้าใจถึงระบบต่าง ๆ ของสารละลายเสียก่อน เพราะ protoplasm ซึ่งเป็นของเหลวอยู่ภายในเซลล์ก็จัดอยู่ในลักษณะของสารละลายชนิดหนึ่ง

สารละลาย คือ ของผสมที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมกันอยู่ สารละลายที่เกิดจากของแข็งรวมกันกับของเหลว นั้น เราพบที่น่าสนใจอยู่ 2 ชนิด คือ สารละลายชนิด **Crystalloid** (คริสทาลลอยด์) และสารละลายชนิด **Colloid** (คอลลอยด์) ของแข็งจะเข้ากับของเหลวได้หรือไม่จะขึ้นกับขนาดของของแข็งนั้นคือ ถ้าชิ้นส่วนของของแข็งทั้งหลายมีขนาดเล็ก เช่นที่ปรากฏอยู่ในรูปของไอออน หรือเป็นโมเลกุลขนาดเล็กมาก ของแข็งเหล่านั้นก็จะเข้ากันได้ดีกับของเหลวที่เป็นตัวทำละลาย จะแลเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายชนิดนั้นจัดเป็นสารละลายที่แท้จริง เราเรียกสารละลายระบบ Crystalloid ก่อนสารที่มีขนาดใหญ่มากก็จะตกลงมาเป็นผลึก เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกหรือน้ำหนักของสารนั้น ส่วนสารละลายที่ประกอบด้วยของแข็งที่มีขนาดกลาง ๆ ของแข็งจะลอยตัวอยู่ไม่จมลง มองเห็นเป็นชั้นเล็ก ๆ ลอยแขวนอยู่ จัด

เป็นสารละลายระบบ Colloid สารละลายระบบคอลลอยด์นี้มีการลอยตัวของก๊าซในของแข็งหรือของเหลว การลอยตัวของของแข็งในของเหลว การลอยตัวของของแข็งในก๊าซและในของแข็ง และการลอยตัวของของเหลวในของแข็งหรือในของเหลว เป็นต้น ตัวอย่างในธรรมชาติที่เห็นบ่อย ๆ และรู้จักกันดี ได้แก่ การเกิดหมอก หมอกเป็นสารละลายระบบคอลลอยด์ที่เกิดจากหยดน้ำลอยอยู่ในอากาศ นมก็เป็นสารละลายระบบคอลลอยด์ที่เกิดจากโปรตีนหรือไขมันลอยอยู่ในของเหลว ส่วนการลอยตัวของของเหลวในของเหลวอีกชนิดหนึ่งมักถูกเรียกว่า **Emulsion**

คุณสมบัติสำคัญของสารละลายในระบบคอลลอยด์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนสารของเซลล์ก็คือ สารละลายพวกคอลลอยด์นั้นเมื่อมาสัมผัสกับตัวกลางต่างชนิดกัน เช่น สัมผัสกับน้ำ อากาศ หรือแม้แต่สัมผัสกับคอลลอยด์อีกชนิดหนึ่ง จะทำให้เกิดมีเยื่อบาง ๆ (Membrane) ขึ้นตรงกลางระหว่างผิวที่ตัวกลางทั้งสองแตะกัน สาเหตุเนื่องจากความตึงผิวระหว่างตัวกลางทั้งสองชนิดนั้นต่างกัน ตัวอย่างที่พบในสิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ เยื่อหุ้มพลาสมา (Plasma membrane) เยื่อหุ้มพลาสมาเป็นเยื่อที่เกิดขึ้นเมื่อไซโทพลาซึมแตะกับผนังเซลล์ แวกิวโอลหรือนิวเคลียส เยื่อที่กล่าวนี้เป็นเยื่อที่มีลักษณะบางมาก บางจนต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์เท่านั้นจึงจะเห็น อาจมีชื่อเรียกเฉพาะลงไปอีกตามชนิดของตัวกลางที่มาสัมผัส เช่น ถ้าเกิดภายในผนังเซลล์เรียกว่า plasma membrane เกิดรอบแวกิวโอลเรียก vacuolar membrane เกิดรอบนิวเคลียสที่เรียก nuclear membrane เป็นต้น

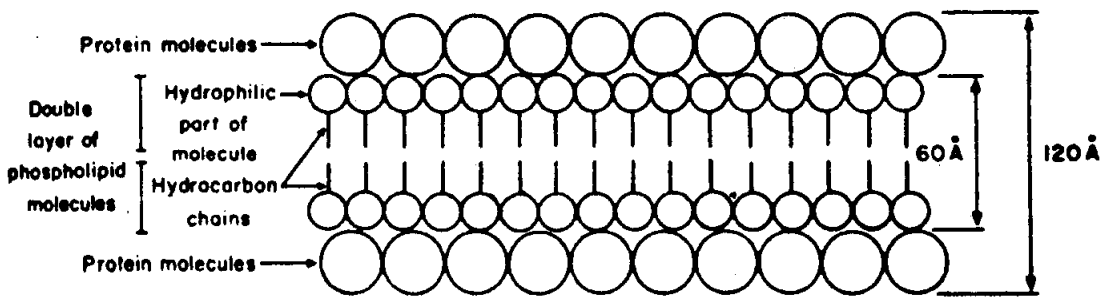
เยื่อหุ้มเซลล์และ protoplasm

protoplasm ส่วนใหญ่เป็นสารในระบบคอลลอยด์ และมักจะปรากฏในลักษณะครึ่งโปร่งใส (Semitransparent) น้ำจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของ protoplasm ซึ่งปริมาณของน้ำก็มีแตกต่างกันในเซลล์ต่างชนิดกัน คือ พบมีตั้งแต่ 90% ในเซลล์บางชนิด จนถึง 4-5% ในเซลล์ของเมล็ดพืชที่เก็บรักษาไว้ (Stored seeds) ปริมาณของน้ำในเซลล์นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราความสามารถในการทำงานของ protoplasm และความแก่ของเซลล์ด้วย

นอกจากน้ำยังพบมีสารอื่นอีก เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน หยดน้ำมัน โปรตีน และสารประกอบพวกไนโตรเจนอื่น ๆ รวมทั้งกรดอินทรีย์ รงควัตถุ และแร่ธาตุต่าง ๆ จึงทำให้ protoplasm มีลักษณะตั้งแต่เหลว จนกระทั่งครึ่งแข็งครึ่งเหลวคล้ายพวกเยลลี่

ดังได้กล่าวแล้ว เซลล์จะถูกหุ้มด้วยเยื่อหุ้มพลาสมาที่มีลักษณะบางและยืดหยุ่นได้ เยื่อหุ้มพลาสมานี้จะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ คือ ควบคุมทั้งสารอาหารที่จะเข้าสู่เซลล์และของเสียทุกชนิด รวมทั้งพวก secretion (a substance secreted by a gland, which aids in some function, example, saliva) ที่จะผ่านออกจากเซลล์ เยื่อหุ้มพลาสมานี้จะมีรู

เล็ก ๆ ที่เล็กมากจนยอมให้สารบางอย่างเท่านั้นที่จะผ่านได้ ซึ่งขนาดของรูที่กล่าวจะช่วยกำหนดขนาดของโมเลกุลของสารที่จะผ่านเยื่อหุ้ม นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกที่ทำให้สารบางอย่างเท่านั้นที่จะผ่านเยื่อหุ้มพลาสมาได้ ได้แก่ ชนิดของประจุไฟฟ้าของสาร จำนวนโมเลกุลของน้ำที่ล้อมอยู่โดยรอบสาร และความสามารถของสารนั้นที่จะละลายได้ในไขมันหรือ lipid (Lipid ได้แก่ fat, fat derivatives, and substances related to them either chemically or metabolically, in plants and animals) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของเยื่อหุ้มประกอบด้วยโปรตีน—lipid—โปรตีน (รูปที่ 6-1) ทั้งในเซลล์ของพืชและสัตว์ และแม้แต่เยื่อหุ้ม organelles ต่าง ๆ ก็มีโครงสร้างเช่นเดียวกัน จากคุณสมบัติอันนี้ของเยื่อหุ้มเซลล์ในการที่จะฆ่าและกำจัดวัชพืชต่าง ๆ โดยวิธีพ่นยาใส่ต้นไม้ จะได้ผลดีเมื่อใช้ยาที่ละลายได้ดีใน lipid



รูปที่ 6-1 แสดงส่วนประกอบของเยื่อหุ้มพลาสมาโดยรอบไมโทคอนเดรีย

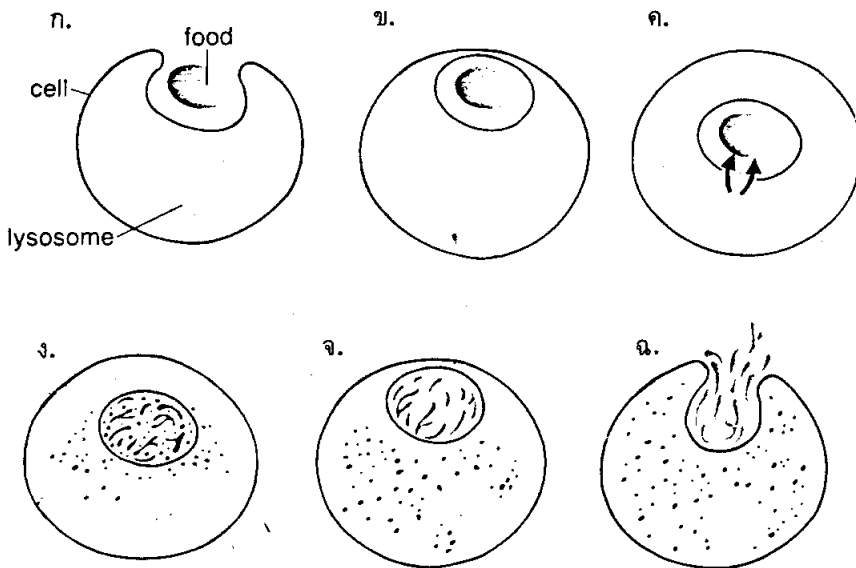
ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตนั้น ทั้งผนังเซลล์และชั้นของ protoplasm จะทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าและออกของสารผ่านเซลล์

เยื่อหุ้มพลาสมาจะมีคุณสมบัติเป็น **Permeable** เมื่อเยื่อหุ้มนั้นยอมให้สารทุกชนิดผ่านได้ **Impermeable** เมื่อไม่ยอมให้สารผ่านได้เลย และ **Differentially permeable** เมื่อยอมให้สารบางอย่างเท่านั้นที่จะผ่านได้ Permeable จึงจัดเป็นคุณสมบัติของเยื่อหุ้มพลาสมา ไม่ใช่คุณสมบัติของสาร

ในเซลล์ของต้นพืชเกือบทั้งหมดและเซลล์ของสัตว์บางชนิดที่มีผนังเซลล์ (Cell wall) ค่อนข้างหนา ประกอบด้วยสารพวกเซลลูโลสหรือเยื่อหุ้มพลาสมาอีกชั้นหนึ่ง ผนังเซลล์ดังกล่าวจัดเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต พบมีรูอยู่ทั่วไปในผนังเซลล์ที่ยอมให้สารต่าง ๆ ผ่านเข้าและออกจากเซลล์ได้

อย่างไรก็ตาม สารบางอย่างที่ไม่สามารถผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ ได้แก่ สารพวกคอลลอยด์บางชนิด หรือโปรตีนบางอย่าง สารเหล่านี้อาจจะผ่านเข้าสู่เซลล์ได้โดยมีเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ขึ้น เกิดเป็นสารพวก lipoprotein ก่อน ส่วนชิ้นสารบางชนิดที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ สารที่กล่าวนี้ถ้าไม่สามารถละลายได้ใน lipid ก็มีวิธีที่จะเข้าสู่เซลล์ได้โดยการ lipid ถูกห่อหุ้มด้วยสารพวก lipid เมื่อเคลื่อนที่มาอยู่ติดกับเซลล์บางชนิดจะเข้ารวมกับ lipid ของเยื่อหุ้มเซลล์หลุดผ่านเข้าไปในโพรงโทพลาซิมของเซลล์นั้นได้ วิธีการนี้คล้ายกับวิธีกินอาหารของสัตว์วิธีหนึ่ง ที่เรียกว่า **Phagocytosis** (รูปที่ 6-2) ตัวอย่างของ phagocytosis ที่พบในเซลล์ของสัตว์มีให้เห็นหลายตัวอย่าง เช่น การที่พวก neutrophils ซึ่งเป็นเม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่งสร้างโดยไขกระดูก มีอยู่ประมาณ 60-70% ของปริมาณเม็ดเลือดขาว เซลล์พวกนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เป็นอิสระในวิธีเดียวกับอมีบาซึ่งเป็น protozoa ชนิดหนึ่ง Neutrophils จะเคลื่อนที่ผ่านผนังเส้นเลือดไปยังเซลล์ข้าง ๆ ไปกินพวกแบคทีเรียและเชื้อโรคอื่น ๆ รวมทั้งเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว การกินอาหารของฟองน้ำที่เป็นชิ้นสารเล็ก ๆ โดยเซลล์พวก choanocytes และการกินอาหารที่เป็นสัตว์น้ำหรือก้อนสารเล็ก ๆ ของพวก protozoa เป็นต้น ในพืชบางชนิดก็มีหลักฐานยืนยันว่า พืชสามารถกินอาหารพวกของเหลวได้ด้วยวิธีที่คล้ายกันที่เรียกว่า **Pinocytosis** หรือ "drinking" โดยการที่เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชจะมัลล้อมรอบของเหลวนั้น แล้วของเหลวนั้นก็จะหลุดผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปใน protoplasm



รูปที่ 6-2 ภาพวาดแสดงการที่เซลล์นำอาหารชิ้นใหญ่เข้าสู่เซลล์และย่อยอาหารนั้น ก. แวกิวโอลเริ่มก่อตัวรอบชิ้นอาหาร ข. แวกิวโอลหุ้มรอบอาหารทำให้อาหารหลุดเข้าไปในเซลล์ ค. ไลโซโซมเข้าแตะแวกิวโอลปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยอาหารเข้าสู่แวกิวโอล ง. อาหารที่ถูกย่อยแล้วจะถูกปล่อยออกจากแวกิวโอล จ. แวกิวโอลที่มีกากอาหารเหลือเริ่มเคลื่อนในเซลล์ ฉ. กากอาหารจะถูกปล่อยออกจากเซลล์

การแพร่ (Diffusion)

การที่จะศึกษาว่าสารต่าง ๆ เข้าและออกจากเซลล์ได้อย่างไร เรื่องแรกควรจะต้องรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง วิธีเคลื่อนที่วิธีหนึ่ง คือ การแพร่ คือการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากที่หนึ่งที่มีความเข้มข้นมากกว่าหรือโมเลกุลอยู่ใกล้ชิดกันมากกว่าไปยังอีกที่หนึ่งที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าหรือโมเลกุลอยู่ห่างกว่า ตัวอย่างของการแพร่ที่ดี ได้แก่ การกระจายกลิ่นของน้ำหอมหรือแอมโมเนีย เมื่อเทน้ำแอมโมเนียลงในจาน โมเลกุลของแอมโมเนียจะกระโดด (Bump) จากผิวของของเหลวในรูปของก๊าซ และจะเคลื่อนที่ไปอย่างอิสระปนไปกับโมเลกุลของก๊าซในอากาศจนกระจายไปทั่วห้อง

ของแข็ง โมเลกุล (หรืออะตอม หรือไอออน) ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ได้อย่างอิสระ ดังนั้น จึงไม่มีการกระจายโดยการแพร่ แต่ถ้าของแข็งนั้นละลายได้ในของเหลว โมเลกุล (อะตอมหรือไอออน) จะกระจายไปได้โดยไปกับของเหลวโดยการแพร่เช่นกัน

ในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารนั้น ปกติโมเลกุลของสารจะเคลื่อนที่ไปตรง ๆ จนไปชนกับอะไรก็ตาม เช่น ชนกับโมเลกุลอื่น หรือชนกับภาชนะที่อยู่โดยรอบ การชนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ ทำให้มีการเคลื่อนที่สวนกันขึ้นระหว่างโมเลกุล การเคลื่อนที่สวนกันดังกล่าวจะมีเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงสมดุล ซึ่งการเคลื่อนที่ตามปกติจะเป็นไปช้า ๆ แต่เมื่อเกิดการชนกันของโมเลกุลขึ้น จะทำให้อัตราเร็วของการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ อัตราเร็วของการแพร่ยังขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ขนาดของโมเลกุลและอุณหภูมิในขณะนั้น

โดยปกติการแพร่ของสารจะเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซออกซิเจน หรือการแพร่ของสารอาหารต่าง ๆ ที่เข้าสู่เซลล์นั้นจะมีปริมาณจำกัด คือ โมเลกุลของสารจะผ่านเข้าสู่เซลล์ได้เพียงไม่กี่โมเลกุลต่อวินาทีเท่านั้น ซึ่งไม่เป็นการเพียงพอต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยทั่ว ๆ ไป มีเพียงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเท่านั้นที่สามารถอยู่ได้ สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่จึงต้องมีการช่วยตัวเอง ช่วยเพิ่มปริมาณการแพร่ของสารอาหารเข้าสู่เซลล์ เช่น มีการเคลื่อนที่อยู่เสมอ หรือมีกลไกที่จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของโมเลกุลที่อยู่โดยรอบตัว เช่น อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีน้ำไหล หรืออยู่ในทะเลบริเวณริมฝั่งที่มีน้ำขึ้นน้ำลง เหล่านี้จะทำให้อัตราเร็วของการแพร่ของสารเข้าสู่เซลล์เพิ่มมากขึ้น ส่วนพืชที่อยู่บนบก เช่น พวดันไม้ยืนต้น หรือต้นไม้พุ่ม ก็มีการแก้ปัญหาได้โดยการสร้างระบบรากแขนงขนาดใหญ่ ทำให้สามารถดูดสารได้กว้างไกลจากพื้นที่โดยรอบ

การแพร่ของน้ำ

น้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เนื่องจากสิ่งที่มีชีวิตแต่ละชนิดมีน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่ค่อนข้างมาก (เกือบทุกชนิดมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) ข้อสอง คือ สิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบเซลล์ที่มีชีวิตส่วนใหญ่คือน้ำ ดังนั้น การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกจากเซลล์โดยการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จึงเป็นเรื่องธรรมดา การแพร่ของน้ำถูกเรียกว่า **Osmosis**¹ (ออสโมซิส) (ออสโมซิส)

ออสโมซิสจะเหมือนกับการแพร่โดยทั่วไป ออสโมซิสจะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำทั้งสองข้างของเยื่อหุ้มเท่ากัน ตัวอย่างเช่น เซลล์เม็ดเลือดแดงภายในร่างกาย ปริมาณของน้ำที่จะเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดโดยออสโมซิสจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ออกจากเซลล์ ดังนั้น ขนาดของเซลล์จะคงที่ตราบเท่าที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำอยู่ สมดุลของน้ำเข้าและออกนี้เรียกว่า **Osmotic balance**

ถ้าเซลล์ลอยอยู่ในน้ำที่บริสุทธิ์ พบว่าของเหลวภายในเซลล์นอกจากจะประกอบด้วยน้ำ ยังมีสารอื่น ๆ อีก ส่วนภายนอกเซลล์มีแต่โมเลกุลของน้ำ ดังนั้น ความเข้มข้นของน้ำภายนอกเซลล์จึงมากกว่าภายในเซลล์ ปริมาณของน้ำที่เคลื่อนที่ในแต่ละทิศทางจึงไม่เท่ากัน น้ำจะเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์มากกว่าเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ เซลล์จะพองตัวขึ้น ถ้าการเคลื่อนที่ของน้ำไม่ถึงจุดสมดุล เซลล์ยังคงโตไปเรื่อย ๆ ในที่สุดเซลล์ก็จะระเบิด ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มี contractile vacuole ช่วยกำจัดน้ำที่มีปริมาณมากเกินไปในเซลล์ออก ส่วนสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีอวัยวะซับซ้อนกว่าจะมีอวัยวะ เช่น ไต ต่อมเหงื่อ ช่วยกำจัดน้ำที่เกินพอกออก

ในพืชทั่ว ๆ ไป ถ้าขึ้นอยู่ในสภาพที่ปริมาณของน้ำภายนอกมีมากกว่าภายในเหมือนกับเซลล์เม็ดเลือดแดงไปลอยในน้ำบริสุทธิ์ ปริมาณน้ำที่เข้าสู่เซลล์จะมากกว่าผ่านออก แต่เซลล์พืชไม่เหมือนเซลล์เม็ดเลือดแดง เพราะเซลล์พืชมีผนังเซลล์ที่แข็ง (Cell wall) ทำให้เซลล์พืชไม่สามารถพองออกได้ จึงเกิดความดันเรียก **turgor pressure** ขึ้นภายในเซลล์ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่ง turgor pressure จะมากพอจนทำให้น้ำไม่สามารถผ่านเข้าเซลล์ได้มากกว่าน้ำที่ผ่านออก ดังนั้น จึงเกิด osmotic balance หรือสมดุลของการเคลื่อนที่ของน้ำเกิดขึ้น

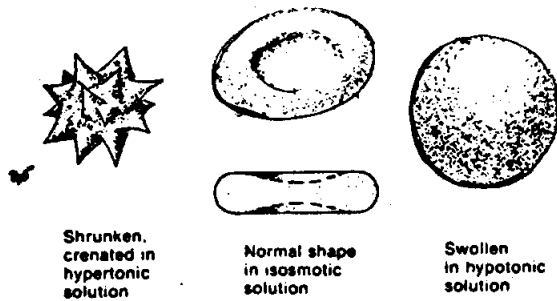
ตราบเท่าที่ยังมีน้ำใกล้เซลล์เพียงพอ turgor pressure จะคงอยู่ ที่มีความสำคัญต่อพืชเนื้อเยื่อที่ค่อนข้างอ่อนของพืช เช่น ใบ กลีบดอก และต้นไม้เนื้ออ่อนเหล่านี้ turgor pressure จะทำให้น้ำเยื่อตั้งกล่าวเต่งตัว ถ้า turgor pressure นั้นลดลงเนื่องจากขาดน้ำ พืชจะเหี่ยว

¹ ออสโมซิสจะเกิดเมื่อน้ำผ่านเยื่อหุ้มเท่านั้น ถ้าเป็นสารละลายเคลื่อนผ่านเยื่อหุ้ม (differentially permeable) เรียก **Dialysis**

การปรับตัวของเซลล์ (Regulation of intracellular volume)

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เซลล์ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์และ protoplasm protoplasm จะอยู่ในลักษณะของสารละลายที่ค่อนข้างเหลว ประกอบด้วย เกลือ น้ำตาล และสารอื่น ๆ ละลายอยู่ในน้ำ เซลล์ถ้าลอยอยู่ในสารละลายที่เป็นของเหลว ถ้าสารละลายนั้นมีความดันออสโมซิสเท่ากับในเซลล์ เซลล์จะคงลักษณะเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้เห็น เนื่องจากปริมาณของน้ำที่จะผ่านเข้าและออกจากเซลล์จะเท่ากัน เซลล์จะไม่พองขึ้นหรือเหี่ยวลง สารละลายภายนอกเซลล์ที่กล่าวนี้จัดเป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็น **Isotonic** หรือ **Isosmotic** ต่อของเหลวภายในเซลล์ ซึ่งในร่างกายของสิ่งที่มีชีวิตนั้นของเหลวต่าง ๆ เช่น พวกรน้ำเลือด (Blood plasma) มักจะเป็นสารละลายชนิด isotonic เนื่องจากมีความเข้มข้นเท่ากับสารละลายภายในเซลล์

สารละลายภายนอกที่มีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายภายในเซลล์ จะทำให้น้ำซึมออกมาจากภายในเซลล์เป็นผลให้เซลล์เหี่ยว สารละลายดังกล่าวจะมีคุณสมบัติ **Hypertonic** ต่อเซลล์ แต่ถ้าสารละลายโดยรอบเซลล์เจือจางกว่าสารละลายภายในเซลล์ สารละลายนั้นจะมีคุณสมบัติ **Hypotonic** ต่อเซลล์ ในกรณีนี้ น้ำจากภายนอกจะซึมเข้าสู่เซลล์มีผลให้เซลล์เต่งขึ้น (รูปที่ 6-3)



รูปที่ 6-3 แสดงเซลล์เม็ดเลือดแดง เมื่ออยู่ในสารละลายชนิด hypertonic (ซ้าย) เซลล์จะเหี่ยวลง เมื่ออยู่ในสารละลายชนิด hypotonic (ขวา) เซลล์จะพองและระเบิด แต่ถ้าอยู่ในสารละลายพวก isotonic (กลาง) เซลล์จะไม่มีการเหี่ยวหรือพองเกิดขึ้น

เซลล์ที่อยู่ในสารละลายที่เป็น isotonic ต่อเซลล์ เซลล์จะมีการปรับตัวเพื่อให้คงอยู่ได้ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำในเซลล์ตลอดเวลาโดยการปรับเซลล์ให้พองออกหรือเหี่ยวลง เพื่อทำให้ความเข้มข้นของ protoplasm เท่ากับความเข้มข้นของสารละลายภายนอก นอกจากนี้ เซลล์บางเซลล์ยังมีวิธีการนำน้ำหรือสารบางอย่างเข้าหรือออกผ่านเยื่อหุ้มพลาสมาได้ ทำให้เซลล์สามารถอยู่ได้เมื่อความดันออสโมซิสภายในเซลล์ต่างจากสารละลายภายนอก

ตัวอย่างเช่น อมิบา พารามีเซียม และ protozoa อื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในสื่อน้ำชนิดที่เป็น hypotonic ต่อเซลล์ protozoa พวกนี้จะมีการสร้างคอนแทรคไทล์แวคัวโอลซึ่ง ทำหน้าที่รวบรวมน้ำ ภายในเซลล์แล้วจึงปล่อยออกจากเซลล์โดยการแตกออก ส่วนพวกพืชที่อยู่ในน้ำจืด สิ่งแวดล้อม จะเป็นชนิด hypotonic ต่อเซลล์ เซลล์พืชไม่มีคอนแทรคไทล์แวคัวโอลที่จะทำหน้าที่กำจัด ของเหลวออกจากเซลล์ได้ แต่พืชก็มีผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ทำให้พืชมีผนังเซลล์ที่ แข็งหุ้มอยู่ ช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์พองตัวได้

เมื่อน้ำซึมเข้าสู่เซลล์ จะทำให้เกิดความดันขึ้นภายในเซลล์ เรียกว่า **turgor pressure** หรือความเต่ง ทำให้เกิดแรงต่อต้านที่พอดักกับความดันออสโมซิส ความเต่งนี้เป็นลักษณะที่ พบในเซลล์พืชทั่ว ๆ ไป ช่วยทำหน้าที่ค้ำจุนพืชได้ส่วนหนึ่ง ดอกไม้จะเหี่ยวทันทีที่ความเต่ง ของเซลล์ลดลงเนื่องจากพืชขาดน้ำ

การปรับตัวด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นนี้ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำหลายชนิดสามารถที่จะอาศัย อยู่ได้ในทะเล และสามารถสะสมสารบางอย่างจากน้ำทะเลไว้ในเซลล์ได้มากผิดปกติ ตัวอย่าง เช่น พวก seaweeds บางชนิด สามารถสะสมธาตุไอโอดีนไว้ในเซลล์ได้สูงถึง 2,000,000 เท่า ของความเข้มข้นในน้ำทะเล และพวก Tunicates ที่จัดเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังที่โบราณที่สุด จะสะสมธาตุวานาเดียมไว้ในเซลล์ได้สูงกว่าน้ำทะเล 2,000,000 เท่าเช่นกัน

การนำน้ำและสารต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์ที่เป็นการต้านระดับความเข้มข้น สารละลายภายในเซลล์นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานพิเศษมาจากกระบวนการ metabolism ของเซลล์ ดังนั้น เซลล์จึงต้องเป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ พิสูจน์ได้จากการทดลองใช้ cyanide ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อกระบวนการ metabolism มาใส่ในเซลล์ พบว่าเซลล์ไม่สามารถที่จะปรับ ความเข้มข้นภายในเซลล์ให้เข้ากับความเข้มข้นภายนอกเซลล์ได้

การดูดสารเข้าสู่เซลล์

เซลล์ไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือเซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ ทุกเซลล์จัดเป็นสิ่งที่มีชีวิต จึงต้องการสารที่ให้พลังงาน และเมื่อใช้สารนั้นแล้ว จะมีของเสีย ออกมา เซลล์ที่ยังมีชีวิตจะต้องนำสารที่ให้พลังงานเข้าสู่เซลล์ และกำจัดของเสียออกจากเซลล์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เซลล์ต้องมีการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อม

เชื่อว่าเยื่อหุ้มเซลล์จะต้องมีรูเล็ก ๆ ในเยื่อที่ทำให้โมเลกุลบางชนิดสามารถเคลื่อนเข้า และออกจากเซลล์ได้โดยการแพร่และออสโมซิส เซลล์ไม่ต้องทำอะไร การเคลื่อนที่ของสาร ผ่านเยื่อหุ้มโดยวิธีนี้เรียก **passive transport**

Facilitated transport คล้ายกับ passive transport ปกติออสโมซิสและการแพร่ที่โมเลกุลของสารเท่านั้นที่จะเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์ด้วยตัวเอง ส่วน facilitated transport จัดเป็น shuttle system เกิดจากโมเลกุลชนิดหนึ่งไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตัวเอง แต่จะรวมกับโมเลกุลอีกชนิดที่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ เมื่อรวมกันแล้วสามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปได้ทั้งคู่ แล้วจึงปล่อยโมเลกุลชนิดที่แรกที่เรียกว่า "passenger" ไว้ภายในเซลล์ ซึ่งวิธีนี้เซลล์ก็ไม่เกี่ยวข้องในการทำงาน

ในบางกรณี โมเลกุลสามารถเคลื่อนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยฝืน "กฎ" ของการแพร่ เช่น การที่เซลล์ในรากพืชสามารถดูดแร่ธาตุที่พืชต้องการ ทั้ง ๆ ที่ความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ในเซลล์มากกว่าภายนอกเซลล์ อย่างไรก็ตาม เซลล์ต้องใช้พลังงานที่จะนำธาตุที่ต้องการดังกล่าวเข้าสู่เซลล์ การที่เซลล์นำธาตุที่ต้องการผ่านเยื่อหุ้มเข้าไปในทิศทางดังกล่าวเรียก **active transport**