



หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

๔

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๔

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ฉบับสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยมิได้รับอนุญาต

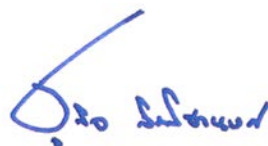
สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ <http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/>

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความเข้าใจกับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ นี้มีเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก อาทิเช่น ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบันและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้รวมทั้ง ยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์ หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว



จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหา นั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท



ชวนคิด

คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง



กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน



กิจกรรมเสนอแนะ

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้



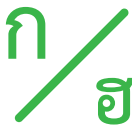
ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล



รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน



ศัพท์น่ารู้

ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติมและสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน



แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

ข้อมูลแหล่งค้นคว้าที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียน ผู้เรียนอาจศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น



การเชื่อมโยงความรู้

เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียนเพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด



แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้วซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

1



การลำเลียงสารเข้า
และออกจากเซลล์

การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	1
1.1 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	3
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	18
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	18



การรักษาคุณภาพ
ของร่างกายมนุษย์

การรักษาคุณภาพของร่างกายมนุษย์	20
2.1 การรักษาคุณภาพของน้ำและสารในร่างกาย	23
2.2 การรักษาคุณภาพของกรด-เบส ของเลือด	35
2.3 การรักษาคุณภาพของอุณหภูมิภายในร่างกาย	41
2.4 ระบบภูมิคุ้มกัน	44
2.4.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะ	46
2.4.2 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบจำเพาะ	49
2.4.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	56
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	64
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	66

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

3



การดำรงชีวิต
ของพืช

การดำรงชีวิตของพืช	68
3.1 สารอินทรีย์ในพืช	71
3.1.1 สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ของพืชโดยตรง	72
3.1.2 สารอินทรีย์ที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ของพืชโดยตรง	78
3.2 ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	80
3.2.1 ปัจจัยภายนอก	82
3.2.2 ปัจจัยภายใน	88
3.3 การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า	101
3.3.1 การตอบสนองที่มีทิศทางสัมพันธ์กับ ทิศทางของสิ่งเร้า	102
3.3.2 การตอบสนองที่มีทิศทางไม่สัมพันธ์กับ ทิศทางของสิ่งเร้า	103
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	105
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	106

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

4



พันธุกรรมและ วิวัฒนาการ

พันธุกรรมและวิวัฒนาการ	108
4.1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	111
4.1.1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล	118
4.2 ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม	131
4.3 การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม	136
4.4 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	141
4.5 วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	152
4.5.1 ความหลากหลายทางพันธุกรรม	153
4.5.2 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ	157
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	168
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4	169

5



ชีวิตในสิ่งแวดล้อม

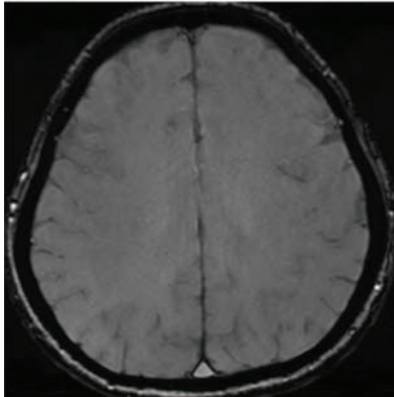
ชีวิตในสิ่งแวดล้อม	172
5.1 ระบบนิเวศ	175
5.1.1 ไบโอม	177
5.1.2 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	191
5.1.3 การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร	194
5.2 มนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	199
5.2.1 ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	201
5.2.2 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม	205
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	209
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5	210

สารบัญ	
	เนื้อหา
ภาคผนวก	ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ
	ส่วนพฤกษศาสตร์โรงเรียน
	แนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติโดยหลักการ 3 R
	ประเภทของขยะและการแยกขยะ
	คำศัพท์
	บรรณานุกรม
	ที่มาของรูป
	คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน

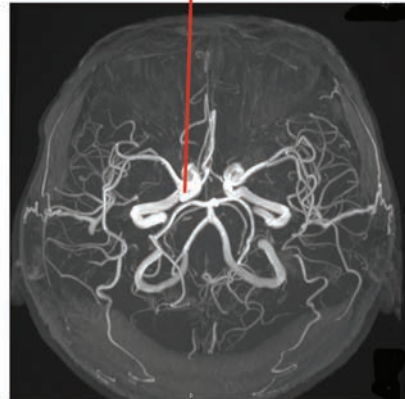
บทที่

1

| การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

ipst.me/7633

ไม่ฉีดสาร



หลอดเลือด

ฉีดสาร

รูปด้านบนแสดงการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดในสมองด้วยเทคนิคเอ็มอาร์ไอ (Magnetic Resonance Imaging: MRI) โดยฉีดสารเข้าสู่หลอดเลือดเพื่อให้แตกต่างจากพื้นหลังทำให้เห็นหลอดเลือดชัดเจน ซึ่งสารดังกล่าวจะคงอยู่ในหลอดเลือดและไม่เข้าสู่เซลล์ผนังหลอดเลือด เพราะเหตุใดสารที่ฉีดจึงไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ผนังหลอดเลือดได้ นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ไปใช้อธิบายในประเด็นดังกล่าวได้



คำถามสำคัญ

โครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์สัมพันธ์กับการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์อย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้าง และสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์
2. อธิบาย และเปรียบเทียบการลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์โดยการแพร่แบบธรรมดา ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอ็กทีฟทรานสปอร์ต เอกโซไซโทซิส และเอนโดไซโทซิส



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือ ผิด (✗) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน



1. เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต



2. เซลล์มีส่วนห่อหุ้มเซลล์ เรียกว่า เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งยอมให้สารทุกชนิดผ่านเข้าและออกได้อย่างอิสระเพื่อให้เซลล์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้



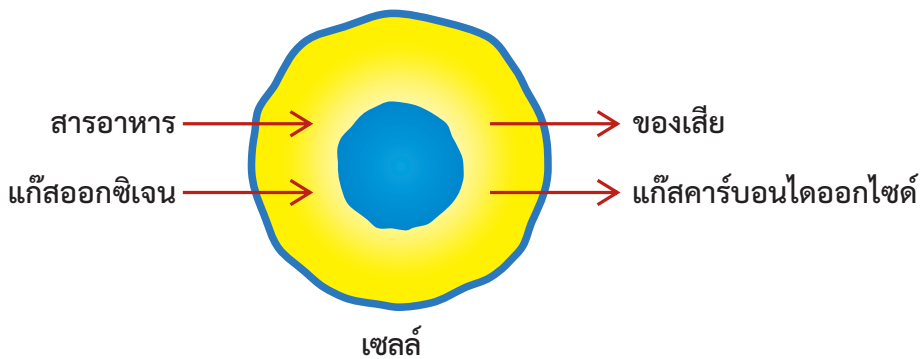
3. การแพร่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารโดยใช้พลังงานจลน์ของโมเลกุล



4. ออสโมซิสเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงโดยไม่จำเป็นต้องผ่านเยื่อเลือกผ่าน

1.1 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

สารที่ฉีดเข้าสู่หลอดเลือดเพื่อการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดด้วยเทคนิคเอ็มอาร์ไอจะคงอยู่ในหลอดเลือดเนื่องจากไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ได้ ซึ่งต่างจากสารหลายชนิดที่เซลล์นำเข้าและออกจากเซลล์ได้ เช่น สารอาหารและแก๊สออกซิเจนที่เซลล์ลำเลียงเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ในการหายใจระดับเซลล์ ทำให้ได้พลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจและของเสียที่ลำเลียงออกจากเซลล์เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานต่าง ๆ ของเซลล์ (รูป 1.1) การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์นั้นมีบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพของเซลล์



รูป 1.1 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์



เชื่อมโยงกับสุขภาพ

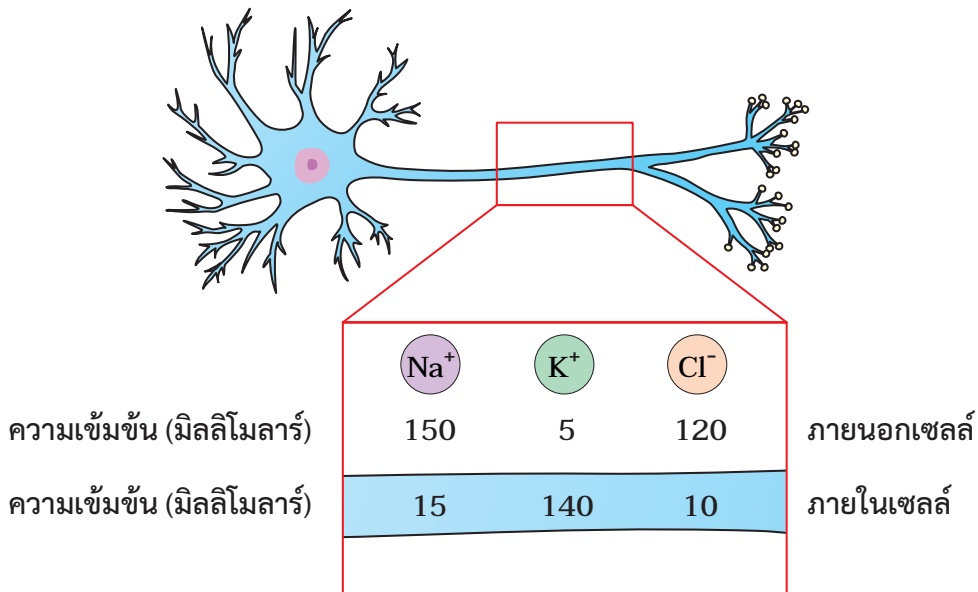
อหิวาตกโรคเป็นโรคติดเชื้อในทางเดินอาหารเฉียบพลันที่เกิดจากแบคทีเรียชนิดหนึ่ง สารพิษจากแบคทีเรียนี้จะทำให้มีการลำเลียงไอออนชนิดต่าง ๆ และน้ำจำนวนมากออกจากเซลล์เข้าสู่ลำไส้เล็ก ผู้ป่วยจึงถ่ายเป็นน้ำปริมาณมาก การเสียคุณภาพของน้ำและไอออนนี้ส่งผลให้มีอาการขาดน้ำอย่างรวดเร็วและรุนแรง ซึ่งถ้าไม่ได้รับการรักษาทันเวลาจะมีโอกาสเสียชีวิตสูง

นอกจากการควบคุมชนิดของสารที่ผ่านเข้าและออกจากเซลล์แล้ว เซลล์ยังสามารถควบคุมปริมาณสารที่ผ่านเข้าออกได้ด้วย ทำให้ความเข้มข้นของสารชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ เช่น ในกรณีของไอออนภายในและภายนอกเซลล์ประสาทที่มีความสำคัญต่อการเกิดและการส่งกระแสประสาท ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าของร่างกาย (รูป 1.2) โครงสร้างใดของเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมสารที่ผ่านเข้าและออกจากเซลล์



ความรู้เพิ่มเติม

ไอออนเป็นสารที่มีประจุโดยไอออนอาจมีประจุบวก เช่น โซเดียมไอออน (Na^+) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือมีประจุลบ เช่น คลอไรด์ไอออน (Cl^-)



รูป 1.2 ความเข้มข้นของไอออนภายในและภายนอกเซลล์ประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

เยื่อหุ้มเซลล์กับการลำเลียงสาร

เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (selectively permeable membrane) ในการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ สารบางชนิดสามารถลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ได้ ในขณะที่สารบางชนิดไม่สามารถลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ได้ ซึ่งจะศึกษาสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ได้จากกิจกรรม 1.1



กิจกรรม 1.1 สมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์

จุดประสงค์

1. ศึกษาสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์
2. วิเคราะห์ผลจากการทำกิจกรรม และสรุปสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เช่น แหนที่มีรากติดอยู่ สไปโรไจรา สาหร่ายเซลล์เดียว ยีสต์
2. สีนีวทรัลเรด (neutral red) 0.5%
3. สีส้มอาหารสีแดง
4. น้ำกลั่น
5. เอทิลแอลกอฮอล์ 70% หรือแอลกอฮอล์ล้างแผล
6. สไลด์พร้อมกระจกปิดสไลด์
7. เข็มเขี่ย
8. หลอดหยด
9. พู่กัน
10. จานเพาะเชื้อ
11. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

ข้อควรระวัง

เนื่องจากสีนีวทรัลเรดเป็นพิษต่อเซลล์ ถ้าแช่ไว้นานหรือแช่ในสารละลายสีที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้เซลล์ตายได้

วิธีการทำกิจกรรม

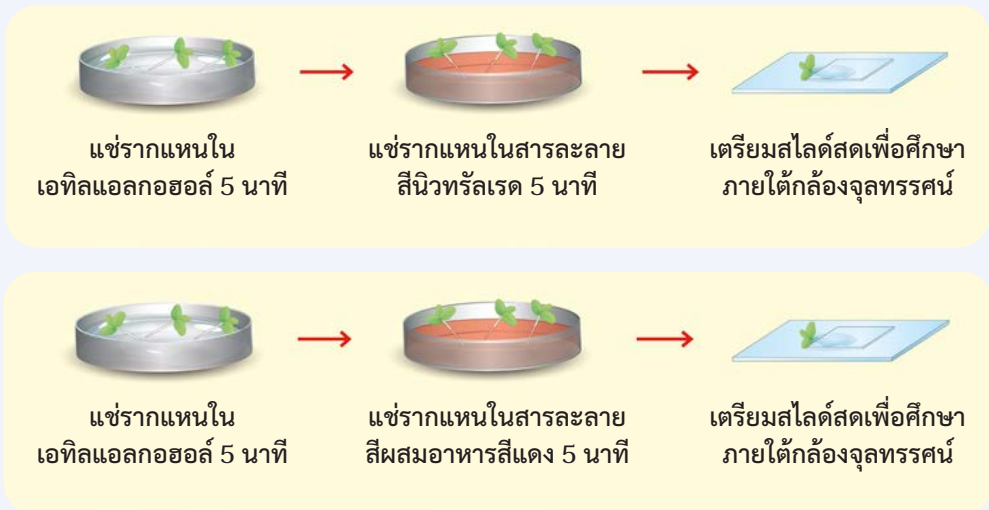
1. เตรียมสไลด์สดของตัวอย่างสิ่งมีชีวิตวิธีการดังภาพ และศึกษาสไลด์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสงเชิงประกอบ สังเกตลักษณะภายในเซลล์ที่เลือกมาศึกษา เช่น รากแหวน บันทึกลักษณะของเซลล์ที่สังเกตได้



2. เตรียมสารละลายสีโดยใส่น้ำกลั่นประมาณ 15 มิลลิลิตร ในจานเพาะเชื้อแต่ละจานจำนวน 2 จาน หยดสีนิวทรัลเรด 1 หยด ลงในจานที่ 1 และหยดสีผสมอาหาร 1 หยด ลงในจานที่ 2 จับจานเพาะเชื้อวนไปมาให้สีกระจายทั่ว
3. นำตัวอย่างสิ่งมีชีวิตมาแช่ในสารละลายสีที่เตรียมไว้ ทั้งไว้ประมาณ 5 นาที
4. เตรียมสไลด์สดเพื่อศึกษาลักษณะภายในเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ บันทึกลักษณะของเซลล์ที่สังเกตได้และเปรียบเทียบกับผลที่ได้ในข้อ 1



5. ทำเพิ่มอีก 2 ชุด โดยแช่เซลล์ในเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 5 นาที ก่อนนำมาแช่ในสีนิวทรีลเรด หรือในสีผสมอาหารประมาณ 5 นาที จากนั้นเตรียมสไลด์สด ศึกษาลักษณะภายในเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และบันทึกลักษณะของเซลล์ที่สังเกตได้



คำถามท้ายกิจกรรม

-  หลังการแช่สีในข้อที่ 3 ลักษณะภายในเซลล์เปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร และผลที่ได้ระหว่างสีทั้งสองชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  สีนิวทรีลเรดสามารถละลายได้ในลิพิด ส่วนสีผสมอาหารจะไม่ละลายในลิพิด จากผลที่ได้ในกิจกรรมและสมบัติการละลายของสีดังกล่าว สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการละลายของสารและความสามารถในการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างไร
-  ผลที่ได้ในชุดเซลล์ที่ผ่านการแช่เอทิลแอลกอฮอล์เหมือนหรือต่างจากผลในข้อ 1-4 อย่างไร เพราะเหตุใด

วิธีใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

1. วางกล้องบนโต๊ะปฏิบัติการแล้วเปิดสวิตช์หลอดไฟ
2. หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่เพื่อจัดให้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุดอยู่ตรงกับแนวาลกล้อง เมื่ออยู่ตรงตำแหน่งที่ถูกต้องจะมีเสียงคลิกเบา ๆ
3. วางแผ่นสไลด์ที่ต้องการศึกษานบนแท่นวางวัตถุ ยึดแผ่นสไลด์เข้ากับที่จับ เลื่อนสไลด์ให้บริเวณที่ต้องการศึกษาไปอยู่ตรงกลางบริเวณที่แสงผ่าน
4. ปรับความเข้มของแสงให้พอเหมาะโดยหมุนปุ่มปรับความเข้มของแสง
5. หมุนปุ่มปรับภาพหยาบจนสไลด์อยู่ใกล้กับเลนส์ใกล้วัตถุมากที่สุด มองผ่านเลนส์ใกล้ตาพร้อมกับหมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างสไลด์และเลนส์ใกล้วัตถุจนภาพเริ่มชัดจนมากที่สุด อาจเลื่อนสไลด์เพื่อให้ภาพที่ศึกษาอยู่ตรงกลาง และอาจปรับแสงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นโดยใช้ไดอะแฟรมหรือปุ่มปรับความเข้มแสง
6. หมุนปุ่มปรับภาพละเอียดจนได้ภาพที่คมชัด
7. ถ้าต้องการเพิ่มกำลังขยายให้สูงขึ้น หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ให้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงขึ้นในลำดับถัดไปให้อยู่ตรงกับแนวาลกล้อง (มีเสียงคลิก) จากนั้นปรับภาพให้คมชัดโดยใช้ปุ่มปรับภาพละเอียด อาจต้องปรับแสงให้เหมาะสมอีกครั้ง



หมายเหตุ ศึกษาส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบได้จากภาคผนวก

จากกิจกรรม 1.1 จะเห็นได้ว่าสีที่ละลายได้ในลิพิดจะลำเลียงเข้าสู่เซลล์ได้ แต่สีที่ไม่ละลายในลิพิดจะไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ นั่นคือเยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน ซึ่งเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน เช่น จากการแช่เซลล์ในแอลกอฮอล์ในการทำกิจกรรม สีทั้งสองจะสามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ได้

เยื่อหุ้มเซลล์มีโครงสร้างและสมบัติที่สัมพันธ์กับการทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านดังกล่าวอย่างไร



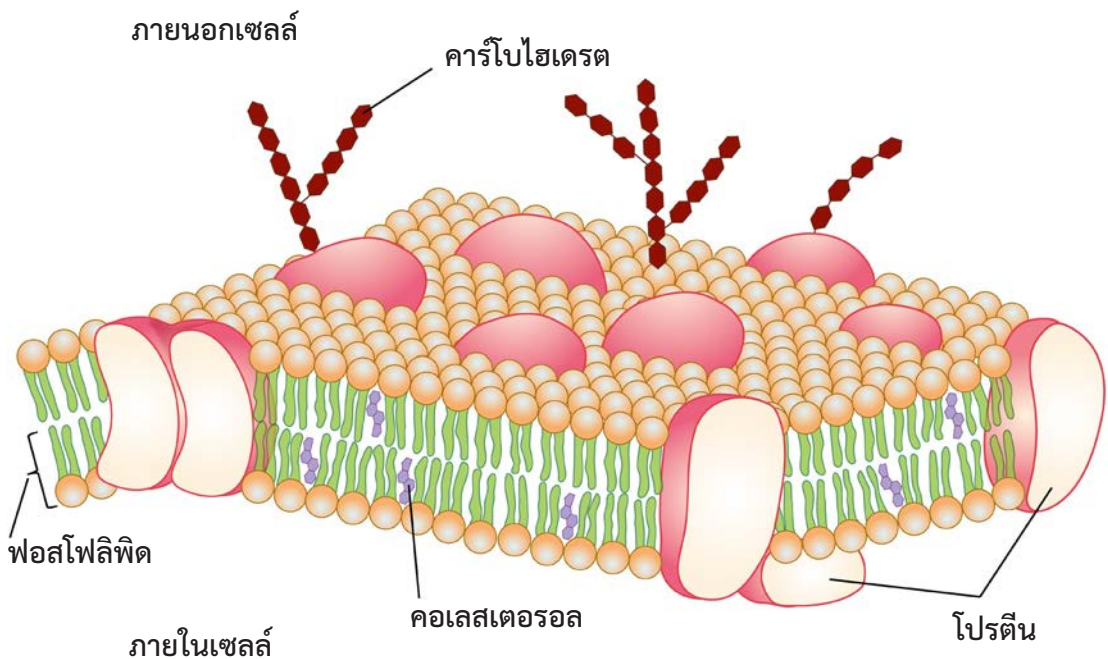
รู้หรือไม่

ลิพิด คืออะไร

- ลิพิดเป็นกลุ่มของสารชีวโมเลกุลซึ่งไม่ชอบน้ำ ซึ่งมีหลายชนิด และมีโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีหลายแบบ เช่น ไขมัน (fat) น้ำมัน (oil) ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) ขี้ (wax) สเตอรอยด์ (steroid)

โครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับวิธีการลำเลียงสาร

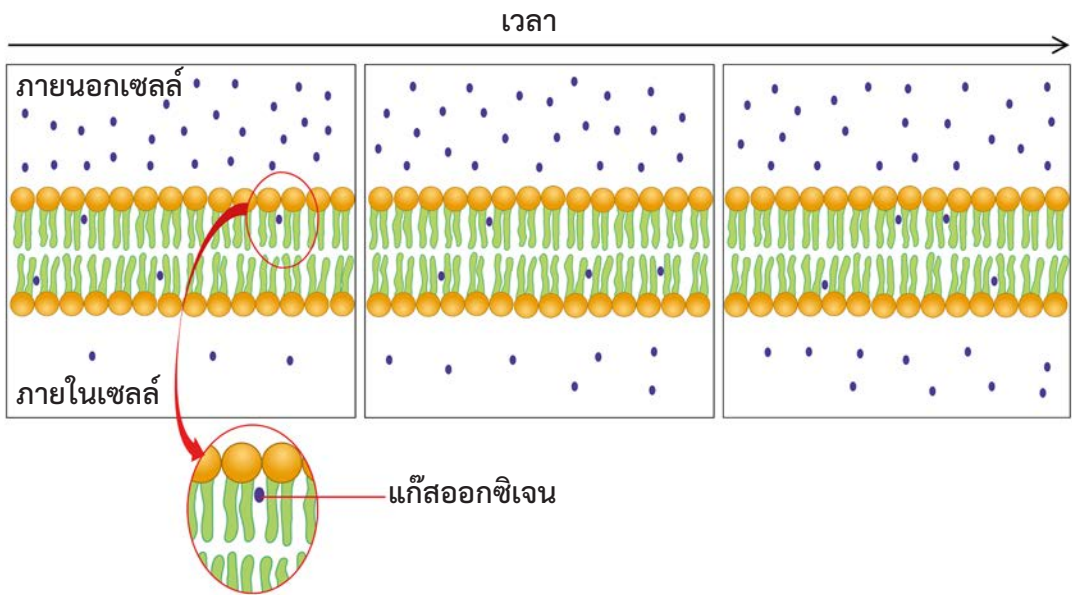
เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด (phospholipid) ที่เรียงตัวกันเป็นชั้น 2 ชั้น และมีโปรตีนแทรกอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และคอเลสเตอรอล (cholesterol) ประกอบอยู่ด้วย ดังรูป 1.3



รูป 1.3 โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์

การแพร่แบบธรรมดา

เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยชั้นลิพิด สารที่ละลายได้ในลิพิดจะสามารถลำเลียงผ่านชั้นลิพิดนี้ได้ เช่น สีนีวทรัลเรดในกิจกรรม 1.1 กรดไขมัน รวมทั้งวิตามิน A D E และ K นอกจากนี้สารขนาดเล็กบางชนิด เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถึงแม้จะไม่ละลายในลิพิดแต่มีขนาดเล็กพอและไม่มีประจุ จึงสามารถแทรกผ่านระหว่างโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาได้ การลำเลียงสารด้วยวิธีนี้จึงเป็นการแพร่แบบธรรมดา (simple diffusion) ซึ่งเกิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ ดังกรณีตัวอย่างการแพร่ของแก๊สออกซิเจนจากพลาสมาเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงในรูป 1.4

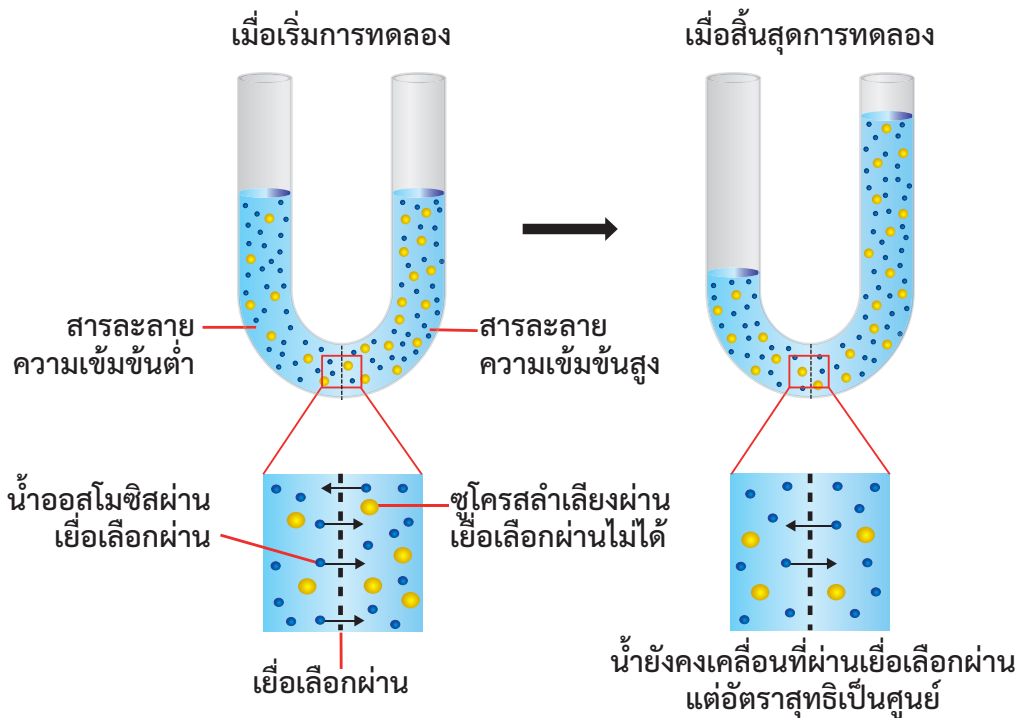


รูป 1.4 การแพร่แบบธรรมดาของแก๊สออกซิเจนจากพลาสมาเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง

ออสโมซิส

โมเลกุลของน้ำสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านได้ น้ำเป็นตัวทำละลาย ดังนั้น การแพร่ของน้ำจะเกิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง เรียกการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่านนี้ว่า **ออสโมซิส** (osmosis)

ออสโมซิสสามารถสังเกตได้โดยใช้หลอดรูปตัวยูที่มีเยื่อเลือกผ่าน เช่น เซลโลเฟน กั้นระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน (รูป 1.5) ในตอนเริ่มต้นสารละลายซูโครสทางด้านซ้ายของเยื่อเลือกผ่านจะมีความเข้มข้นน้อยกว่าทางด้านขวา น้ำจึงมีการเคลื่อนที่สุทธิจากหลอดด้านซ้ายผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังหลอดด้านขวา ในขณะที่ซูโครสไม่สามารถผ่านได้ เมื่อเวลาผ่านไป ระดับของสารละลายในด้านซ้ายของหลอดจะต่ำลงในขณะที่ระดับของสารละลายในด้านขวาจะสูงขึ้น จนในที่สุดความเข้มข้นของซูโครสทั้งสองด้านจะใกล้เคียงกัน

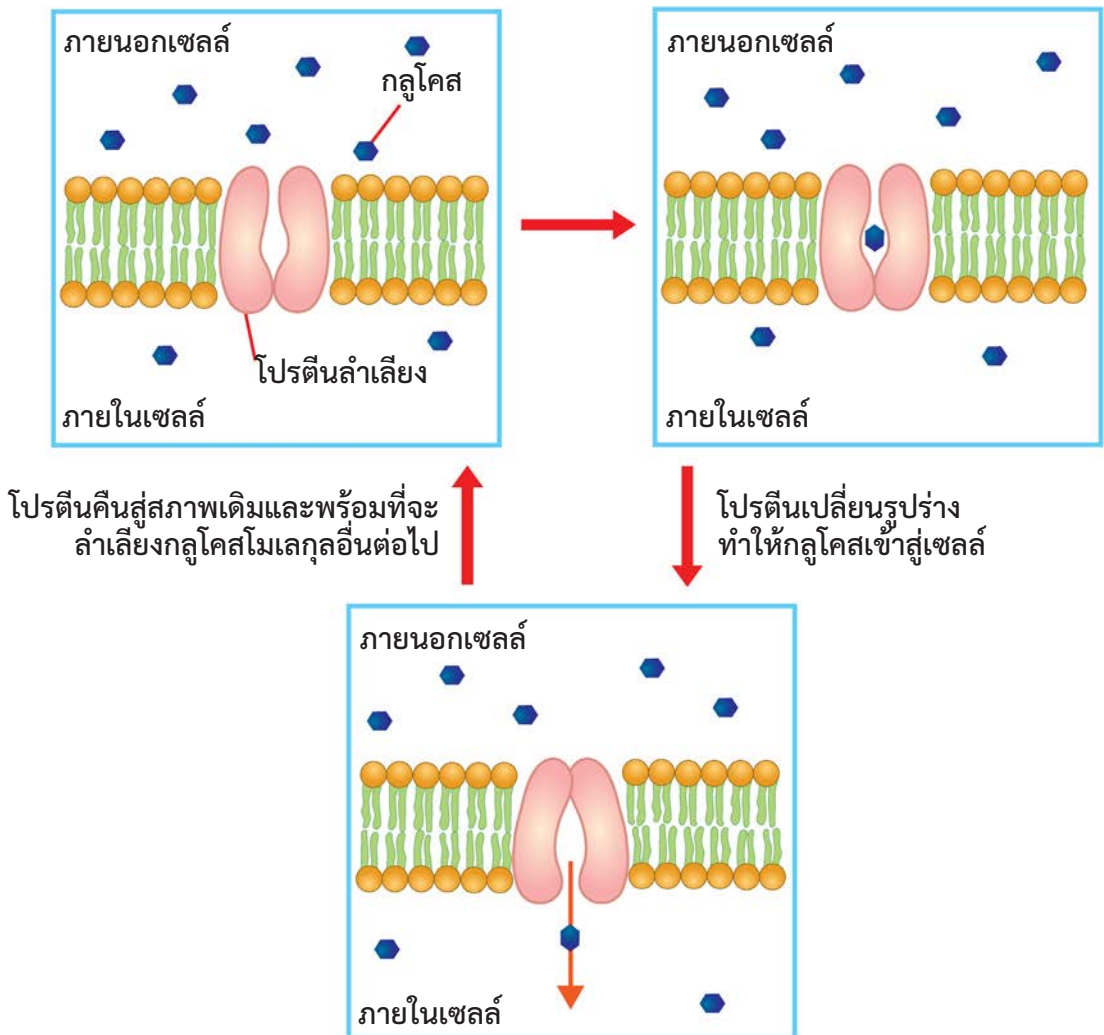


รูป 1.5 ออสโมซิส

ตัวอย่างหนึ่งของการนำหลักการออสโมซิสมาใช้ในชีวิตประจำวัน คือ น้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยทางหลอดเลือด ซึ่งมีความเข้มข้นเทียบเท่ากับความเข้มข้นของสารในเลือดและภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ไม่เสียดุลยภาพ การดื่มน้ำเกลือแร่เพื่อชดเชยเกลือแร่ที่สูญเสียไปกับเหงื่อหลังจากการออกกำลังกาย การดื่มนมอาหารในน้ำเกลือหรือน้ำตาลความเข้มข้นสูง

การแพร่แบบฟาซิลิเทต

สำหรับสารที่ไม่สามารถผ่านชั้นลิพิดได้ บางชนิดจะลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านโปรตีนลำเลียง (transport protein) ที่แทรกอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีทิศทางการลำเลียงจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ จัดเป็นการแพร่แบบฟาซิลิเทต (facilitated diffusion) ดังในกรณีของการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง (รูป 1.6) และการลำเลียงไอออนชนิดต่าง ๆ ซึ่งโปรตีนลำเลียงส่วนใหญ่จะมีความจำเพาะกับชนิดของสารที่ลำเลียง



รูป 1.6 การลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงโดยการแพร่แบบฟาซิลิเทต