

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

รศ. ดร.เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์ วท.บ., วท.ม., M.Sc., Ph.D.
สุภารัตน์ หาญกว้าง วท.บ., วท.ม.
รีนฤดี ต่อชีวัน วท.บ.

ผู้ตรวจ

ดร.สมพิศ เผ่าจินดา กศ.บ., ศษ.บ., กศ.ม., ศษ.ด.
ศศิพันธ์ุ นรเศรษฐพันธ์ุ วท.บ., กศ.ม.
พรณา ขาวประเสริฐ วท.บ.

บรรณาธิการ

อนุวัชร นามเชื้อ วท.บ., ศษ.บ.

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด

วัฒนาพานิช  สารานุกรม

216-220 ถนนบำรุงเมือง แขวงสำราญราษฎร์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

โทร. 02 222 9394 • 02 222 5371-2 FAX 02 225 6556 • 02 225 6557

email: info@wpp.co.th

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามละเมิด ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่

ส่วนหนึ่งส่วนใด เว้นแต่จะได้รับอนุญาต

ผู้เรียบเรียง

รศ. ดร.เศรษฐวัชร นาคาสตร์

สุภารัตน์ หาญขว้าง

รินฤดี ต่อชีวัน

ผู้ตรวจ

ดร.สมพิศ เป่าจินดา

ศศิพันธ์ุ นรเศรษฐพันธ์ุ

พรนภา ขาวประเสริฐ

บรรณาธิการ

อนุวัชร นามเชื้อ

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 20,000 เล่ม

ISBN 978-974-18-7895-6

พิมพ์ที่ บริษัท โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด นายเรจชัย จงพิพัฒน์สุข กรรมการผู้จัดการ

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่มนี้ จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนและครูใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปีที่หลักสูตรกำหนด พัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะตามที่ต้องการทั้งด้านการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ตลอดจนพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมไทยและสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

ในการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่มนี้ คณะผู้จัดทำซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาและการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ได้ศึกษาหลักสูตรอย่างลึกซึ้ง ทั้งด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้แกนกลาง แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งเอกสารหลักสูตรอื่น ๆ แล้วจึงออกแบบหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยคำถามสำคัญ ตัวชี้วัดชั้นปี คัพท์ที่ควรรู้ น่ารู้ กิจกรรม ค้นหาคำตอบ ฝึกเพิ่มพูนทักษะ (กิจกรรมสะเต็มศึกษา) ทบทวนความเข้าใจ ผังมโนทัศน์ สาระสำคัญประจำหน่วย และกิจกรรมประจำหน่วย และท้ายเล่มยังมีบรรณานุกรม ภาคผนวก และอภิธานศัพท์ ซึ่งองค์ประกอบของหนังสือเรียนเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนตามหลักสูตร

การเสนอเนื้อหา กิจกรรม และองค์ประกอบอื่น ๆ ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่มนี้ มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำนึงถึงศักยภาพของนักเรียน เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมบนพื้นฐานของการบูรณาการแนวคิดทางการเรียนรู้อย่างหลากหลาย จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มุ่งพัฒนาการคิด และพัฒนาการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพัฒนาการทางสมองของนักเรียน อันจะช่วยให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่มนี้ จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนตามหลักสูตรได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

คำชี้แจง

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ออกแบบให้มื่อองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

องค์ประกอบที่สำคัญของหน่วยการเรียนรู้

คำถามสำคัญ คำถามนำเพื่อให้นักเรียนค้นหาองค์ความรู้เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้

ตัวชี้วัดชั้นปี เป้าหมายในการพัฒนานักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ โดยแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง (ตามหนังสือที่ ศษ 04010/ว 1543) ซึ่งตัวชี้วัดระหว่างทางพิมพ์ด้วยตัวอักษรสีดำ ส่วนตัวชี้วัดปลายทางพิมพ์ด้วยตัวอักษรสีฟ้า

ศัพท์ที่ควรรู้ คำศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ควรจดจำ โดยเป็นคำหลักในสาระที่เรียนรู้ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน

นารู้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดรวบยอดและสาระที่นักเรียนเรียนรู้ในบทเรียน

กิจกรรม ภาระงานที่นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน

ค้นหาคำตอบ คำถามหลักท้ายกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้เพื่อช่วยสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ฝึกเพิ่มพูนทักษะ คำถามที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ หรือ**กิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา** ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21

ทบทวนความเข้าใจ คำถามหลักท้ายหัวเรื่องหลัก เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในสาระที่นักเรียนได้เรียนรู้

ผังโนทัศน์ (concept map) บทสรุปความคิดหลักของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและช่วยในการจดจำสิ่งที่เรียนรู้

สาระสำคัญประจำหน่วย สรุปแนวคิด หลักการ และความคิดรวบยอดของสาระที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดชั้นปี

กิจกรรมประจำหน่วย กิจกรรมสรุปความรู้ หลักการ ความคิดรวบยอด คำศัพท์ที่ได้เรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สัญลักษณ์กระบวนการเรียนรู้

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ที่กิจกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายและจุดเน้นที่แตกต่างกันตามลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้และจุดเน้นของหลักสูตร ดังนั้น สัญลักษณ์จึงเป็นแนวทางที่เอื้อประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะศึกษาหาความรู้ตามรายละเอียดของกิจกรรม ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้กำหนดสัญลักษณ์ไว้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

สัญลักษณ์หลักของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การสังเกต เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจำแนก การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การสำรวจ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การทดลอง เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ความคิดรวบยอดที่เรียนรู้ โดยการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และสรุปผลการทดลอง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การพยากรณ์ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การสืบค้นข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สัญลักษณ์เสริมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การพัฒนากระบวนการคิด เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



การปฏิบัติจริง/ฝึกทักษะ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดและเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนต้องนำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงของชีวิตประจำวัน



โครงงาน เป็นกิจกรรมโครงงานคัดสรรที่นำหลักการและแนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา



การทำประโยชน์ให้สังคม เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปฏิบัติเพื่อให้ตระหนักในการทำประโยชน์ให้สังคม



ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์สร้างภาระงานเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้แยกแยะหาความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่สนใจ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การควบคุมคุณภาพของเซลล์และสิ่งมีชีวิต

1

การควบคุมคุณภาพของเซลล์	2
การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์	4
การควบคุมคุณภาพของสิ่งมีชีวิต	11
การควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย	11
การควบคุมคุณภาพของกรด-เบสในร่างกาย	17
การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย	19

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ภูมิคุ้มกันของร่างกาย

27

กลไกการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย	28
กลไกการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ	29
กลไกการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ	32
ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	38

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พืชรอบตัว

51

การสร้างอาหารของพืช	52
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	53
สารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้	56
การใช้ประโยชน์จากสารที่พืชสร้างขึ้น	57
กิจกรรมสะเต็มศึกษา	60
ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	61
ปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	62
ปัจจัยภายในหรือปัจจัยทางด้านพันธุกรรมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	66
การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืช	72
การตอบสนองที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า	72
การตอบสนองที่มีทิศทางไม่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า	76

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

83

โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม	84
ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม	85
โครงสร้างของดีเอ็นเอ	86
ดีเอ็นเอกับลักษณะทางพันธุกรรม	89
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์	91
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของโครโมโซมร่างกาย	92
มัลติเพิลแอลลีล	95
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของโครโมโซมเพศ	97
การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม	101
การกลายหรือมิวเทชัน	101
เทคโนโลยีชีวภาพ	105
พันธุวิศวกรรม	105
การโคลน	107
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ	109
ชีวสารสนเทศศาสตร์	110
ความก้าวหน้าทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ	110
ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ	111

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

121

การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	122
การคัดเลือกโดยธรรมชาติ	124
การคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์	129

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

137

ระบบนิเวศ	138
ไบโอม	138

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	154
การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ	154
การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ	155
การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรในระบบนิเวศ	156

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ปัญหาสิ่งแวดล้อม

167

ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น	170
มลพิษทางน้ำ	170
มลพิษทางดิน	172
มลพิษจากขยะ	173
ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับประเทศ	176
มลพิษทางอากาศ	176
การทำลายป่าไม้	177
ปัญหาจากการใช้เชื้อเพลิง	180
ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับโลก	181
ฝนกรด	181
ช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ	184
ภาวะโลกร้อน	186
การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	189
การพัฒนาที่ยั่งยืน	192

บรรณานุกรม

200

ภาคผนวก

201

ความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา	201
อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้	207

อภิธานศัพท์

212

หน่วยการเรียนรู้ที่

1

การควบคุม คุณภาพของเซลล์ และสิ่งมีชีวิต

- การควบคุมคุณภาพของเซลล์
- การควบคุมคุณภาพของสิ่งมีชีวิต

คำถามสำคัญ

1. กลไกการควบคุมคุณภาพของเซลล์โดยการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มีอะไรบ้าง
2. การควบคุมคุณภาพของเซลล์และสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญอย่างไรต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต
3. อวัยวะที่มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์คืออะไร
4. ร่างกายของมนุษย์สามารถควบคุมอุณหภูมิในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ด้วยวิธีใด

การควบคุมคุณภาพของเซลล์และสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัดชั้นปี

1. อธิบายโครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับการลำเลียงสาร และเปรียบเทียบการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบต่าง ๆ (ว 1.2 ม. 4/1)
2. อธิบายการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารในเลือดโดยการทำงานของไต (ว 1.2 ม. 4/2)
3. อธิบายการควบคุมคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไตและปอด (ว 1.2 ม. 4/3)
4. อธิบายการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิภายในร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด ผิวหนัง และกล้ามเนื้อโครงร่าง (ว 1.2 ม. 4/4)

การควบคุมคุณภาพของเซลล์

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์จะประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดที่เรียกว่า เซลล์ (cell) เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบด้วยออร์แกเนลล์ (organelle) หลายชนิดที่มีโครงสร้างและทำหน้าที่แตกต่างกัน เมื่อมีการเคลื่อนที่ของสารผ่านเข้าและออกจากเซลล์ จะทำให้เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเซลล์จึงจำเป็นต้องควบคุมการทำงานของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เพื่อรักษาคุณภาพของเซลล์ให้เป็นอย่างเหมาะสม และทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างเป็นปกติ

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์จะมีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ 3 ส่วน คือ เยื่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส และไซโทพลาซึม

เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane)

เยื่อบาง ๆ มีชั้นฟอสโฟลิพิดและโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณและชนิดของสารที่ผ่านเข้าและออกจากเซลล์

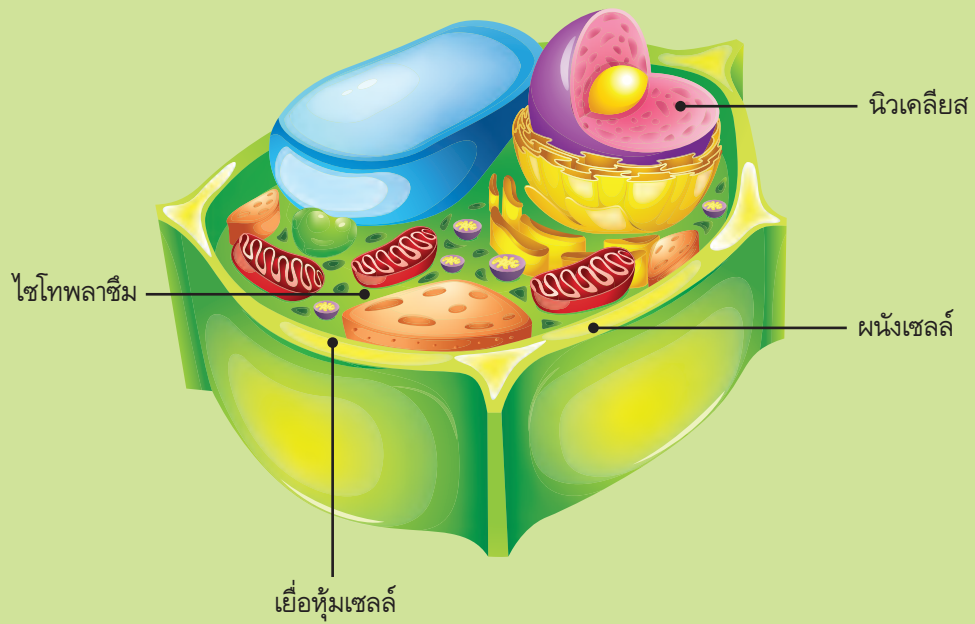
นิวเคลียส (nucleus)

มีลักษณะค่อนข้างกลม ที่ผิวมีรูเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์และเป็นแหล่งเก็บสารพันธุกรรม

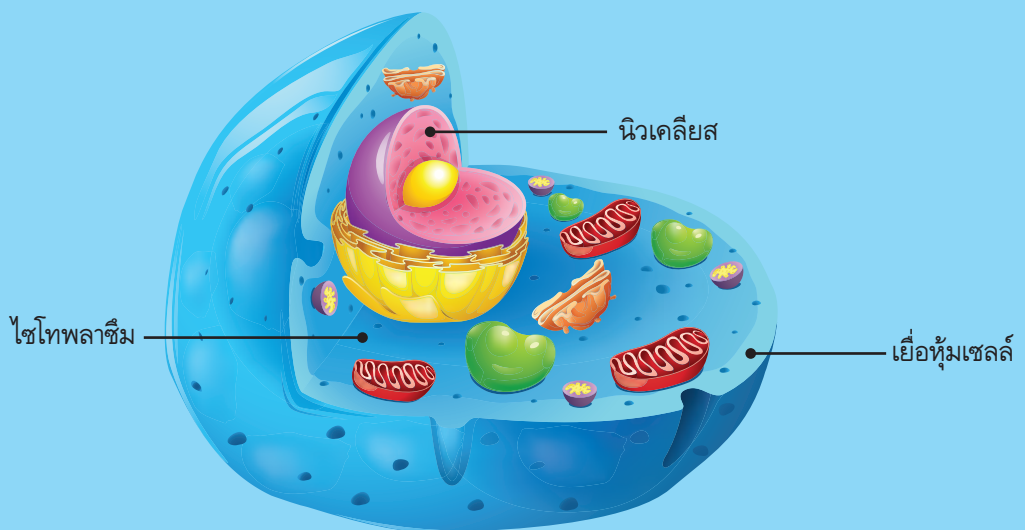
ไซโทพลาซึม (cytoplasm)

ของเหลวภายในเซลล์ที่อยู่รอบนิวเคลียส มีสารประกอบอินทรีย์ พวกรโบตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญ

เซลล์พืช

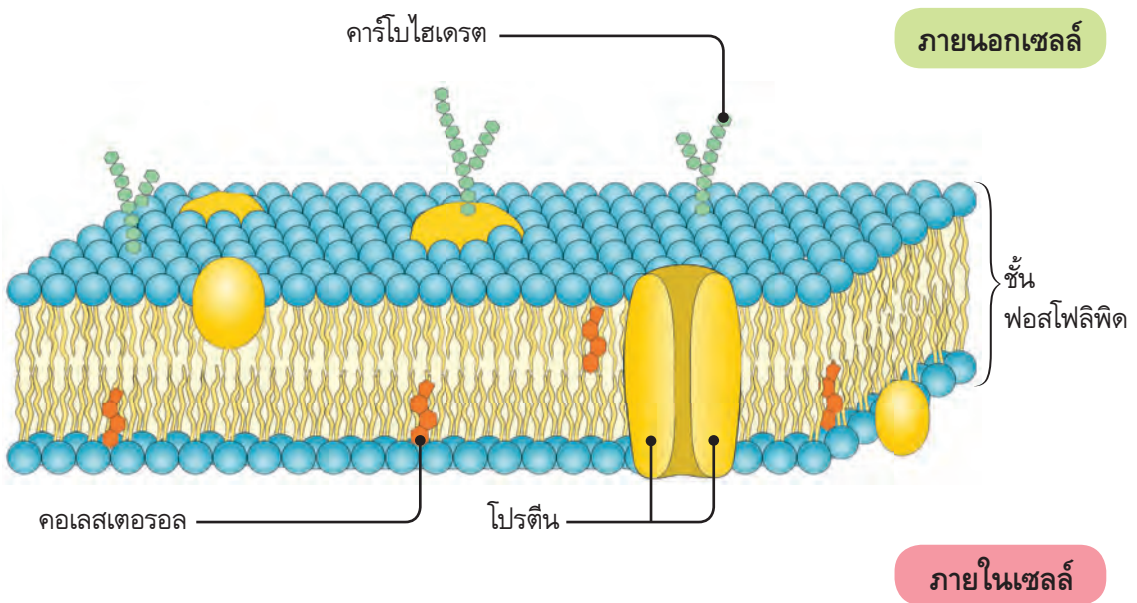


เซลล์สัตว์



รูปที่ 1.1 โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์เรียกว่า เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นเยื่อที่มีลักษณะบางมาก ประกอบด้วยสารจำพวกฟอสโฟลิพิดเรียงตัวเป็น 2 ชั้น และมีโปรตีนแทรกอยู่ในชั้นของฟอสโฟลิพิด เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่รับสารจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่เซลล์ และกำจัดสารหรือของเสียภายในเซลล์ออกจากเซลล์โดยผ่านช่องว่างหรือรูเล็ก ๆ ที่มีอยู่มากมาย เยื่อหุ้มเซลล์จึงมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน ซึ่งสมบัตินี้ช่วยให้เซลล์สามารถเลือกนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์และนำสารพิษออกจากเซลล์ได้อย่างจำเพาะ



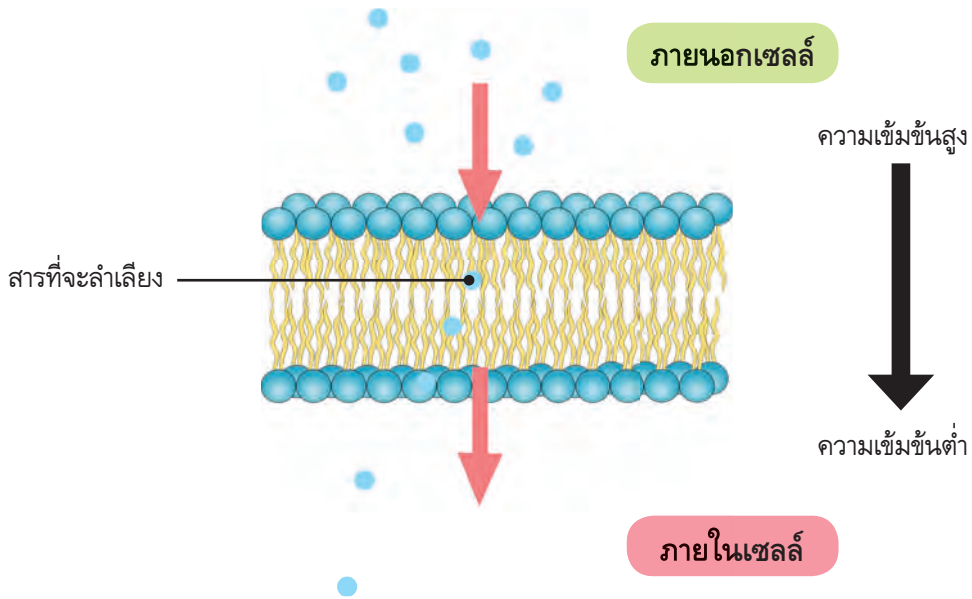
รูปที่ 1.2 โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์

การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีกลไกในการลำเลียงสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ออกสู่ภายนอกเซลล์ และภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อรักษาคุณภาพของเซลล์ให้เหมาะสม นักเรียนทราบหรือไม่ว่า สารต่าง ๆ มีการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบใดบ้าง

1. การแพร่

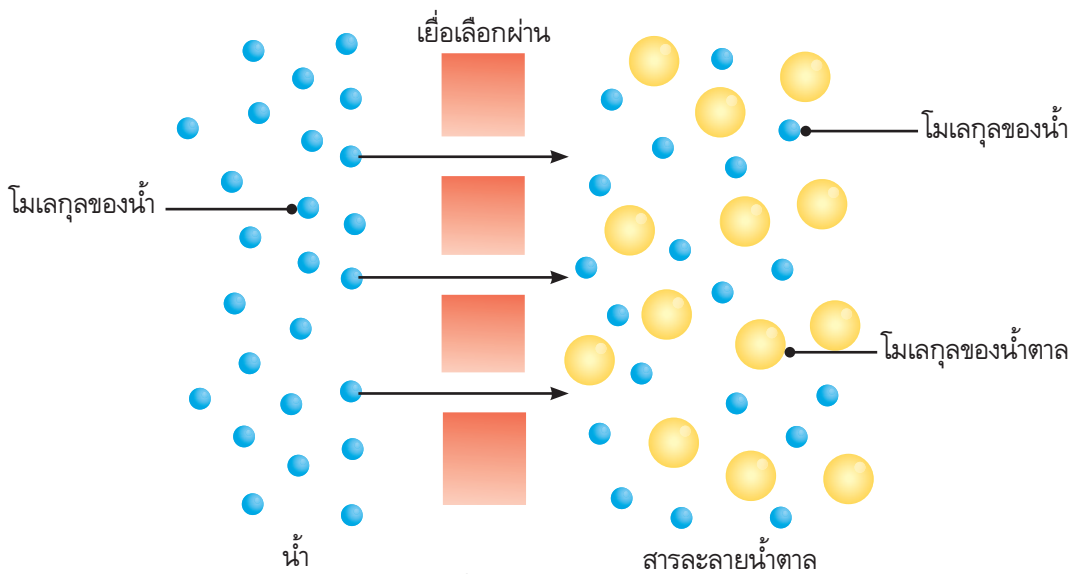
การแพร่ (diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ ดังรูปที่ 1.3 ตัวอย่างการแพร่ เช่น การลำเลียงแก๊สออกซิเจนจากถุงลมเข้าสู่หลอดเลือดฝอยและการลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากหลอดเลือดฝอยเข้าสู่ถุงลม



รูปที่ 1.3 การแพร่

2. ออสโมซิส

ออสโมซิส (osmosis) คือ การแพร่ของโมเลกุลของน้ำจากบริเวณที่มีโมเลกุลของน้ำมากกว่าไปยังบริเวณที่มีโมเลกุลของน้ำน้อยกว่าโดยผ่านเยื่อเลือกผ่าน ซึ่งมีสมบัติยอมให้โมเลกุลของน้ำผ่านได้ แต่ไม่ยอมให้โมเลกุลของสารอื่นผ่าน ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ออสโมซิส

ถ้าน้ำหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น เซลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ลักษณะใด



กิจกรรมที่ 1

ทดลองการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบออสโมซิส



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทดลองการเกิดออสโมซิสในเซลล์พืชได้
2. อธิบายลักษณะของเซลล์เพื่อควบคุมคุณภาพของเซลล์เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันได้

ทักษะส่งเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การทดลอง
3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
4. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

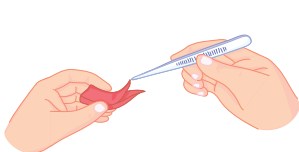
ขั้นตอนการทดลอง

ปัญหา ความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์หรือไม่

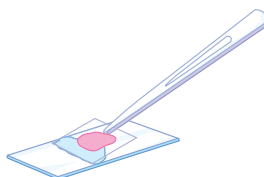
กำหนดสมมุติฐาน ความเข้มข้นของสารละลายน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์

ทดสอบสมมุติฐาน

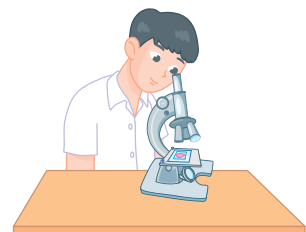
1. นำหอมแดงมาปอกโดยลอกเนื้อเยื่อหอมแดงด้านนอกออกให้หมด
2. ใช้ใบมีดโกนผ่าครึ่งตามยาว จากนั้นลอกเนื้อเยื่อด้านในของหอมแดงกลีบใดกลีบหนึ่งออกโดยการใช้ปากคีบ
3. นำเนื้อเยื่อที่ได้มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 5×5 มิลลิเมตร และวางบนสไลด์ที่มีหยดน้ำกลั่น
4. ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์โดยวางกระจกปิดสไลด์ทำมุม 45 องศา กับแผ่นสไลด์ ค่อย ๆ ปลดอยกระจกปิดสไลด์ลงชิดเนื้อเยื่อเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ จากนั้นนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำและกำลังขยายสูง ตามลำดับ สังเกตลักษณะของเซลล์ และบันทึกผล



ใช้ปากคีบลอกเนื้อเยื่อด้านในของหอมแดงออก



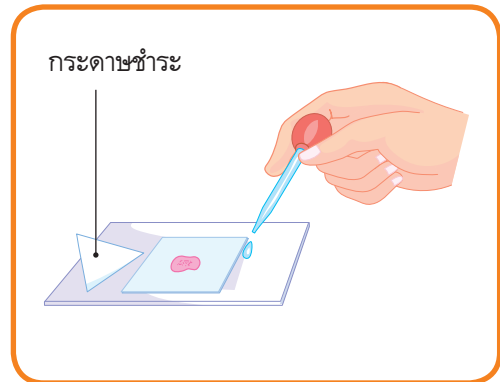
นำเนื้อเยื่อวางบนสไลด์ที่มีหยดน้ำกลั่น ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์



ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

รูปที่ 1.5 ขั้นตอนการศึกษการเปลี่ยนแปลงของเซลล์และการเกิดออสโมซิส

5. นำสไลด์จากข้อ 4 มาซับน้ำกลั่นออกจากนั้นหยดสารละลายกลูโคสเข้มข้น 10% (โดยมวลต่อปริมาตร) ลงที่ขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระจกปิดสไลด์ และใช้กระดาษชำระแตะที่ขอบกระจกปิดสไลด์ด้านตรงข้ามเพื่อซับของเหลวที่ไหลออกมา ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 การหยดสารละลายกลูโคสเข้มข้น 10% ลงที่ขอบกระจกปิดสไลด์

6. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ สังเกตลักษณะของเซลล์ และบันทึกผล

7. หยดน้ำกลั่นลงที่ขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระจกปิดสไลด์ ใช้กระดาษชำระค่อย ๆ แตะที่ขอบกระจกปิดสไลด์ด้านตรงข้ามเพื่อซับของเหลวออก

8. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ สังเกตลักษณะของเซลล์ และบันทึกผล

9. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

หมายเหตุ สารละลายกลูโคสเข้มข้น 10% เตรียมได้โดยชั่งกลูโคส 10 กรัม เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้กลูโคสละลายจนหมด

บันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนการปฏิบัติ	ลักษณะของเซลล์
เมื่อวางเซลล์ลงบนหยดน้ำกลั่น	
เมื่อหยดสารละลายกลูโคสเข้มข้น 10%	ควรบันทึกผลการทดลองข้อมูลในสมุด
เมื่อหยดน้ำกลั่นที่ขอบกระจกปิดสไลด์	

ค้นหาคำตอบ

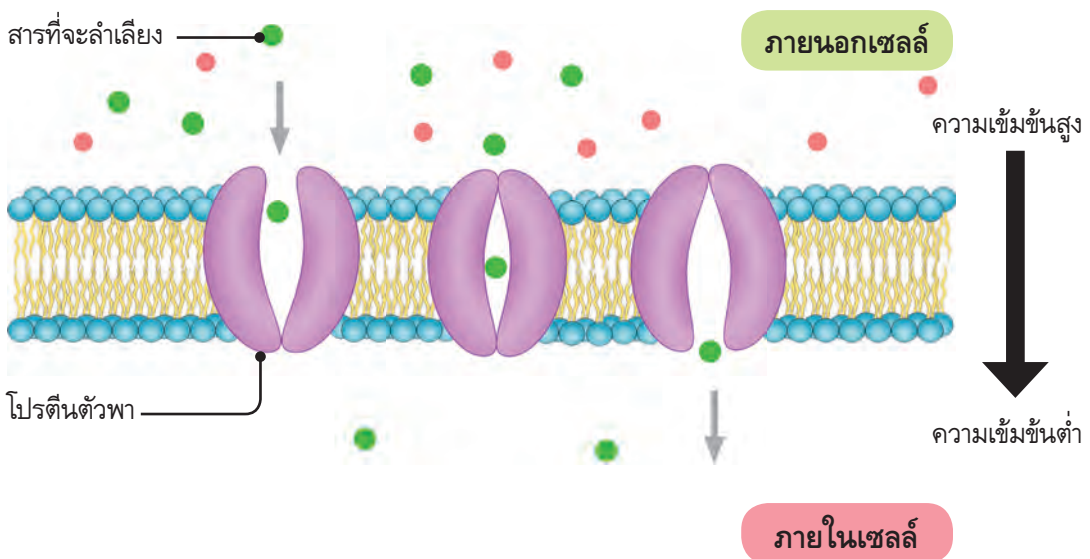
- เมื่อหยดน้ำกลั่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ในลักษณะใด
- เมื่อหยดสารละลายกลูโคสเข้มข้น 10% จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ในลักษณะใด
- อธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง
- ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร

เมื่อความเข้มข้นภายในและภายนอกเซลล์แตกต่างกัน เซลล์จะทำการลำเลียงโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้เกิดความสมดุล ซึ่งสังเกตได้จากการปฏิบัติกิจกรรมว่า เซลล์เกิดการออสโมซิสเพื่อให้ น้ำภายในและภายนอกเซลล์มีภาวะสมดุลกัน เราสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการออสโมซิสมา ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การให้น้ำเกลือแก่ผู้ป่วย ซึ่งน้ำเกลือมีความเข้มข้นเท่ากับ ความเข้มข้นของสารละลายในเม็ดเลือดแดง ทำให้เซลล์ไม่เสียดุลยภาพของน้ำหรือเกิดการเปลี่ยนแปลง และการนำผักและผลไม้ที่เหี่ยวไปแช่น้ำ ซึ่งน้ำมีความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นของสารละลายใน ผักและผลไม้ น้ำจึงออสโมซิสเข้าสู่เซลล์ ทำให้ผักและผลไม้มีความสดดังเดิม

การออสโมซิสมีความสำคัญต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีกลไกในการ ควบคุมการรับสารจากภายนอกเซลล์ เช่น น้ำ แร่ธาตุ และสารอาหารเข้าสู่เซลล์ ในขณะเดียวกัน เซลล์ก็ขับสารพิษหรือของเสียออกจากเซลล์ด้วย เพื่อให้เกิดความสมดุลทั้งภายในและภายนอก เซลล์ จึงทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

3. การแพร่แบบฟาซิลิเทต

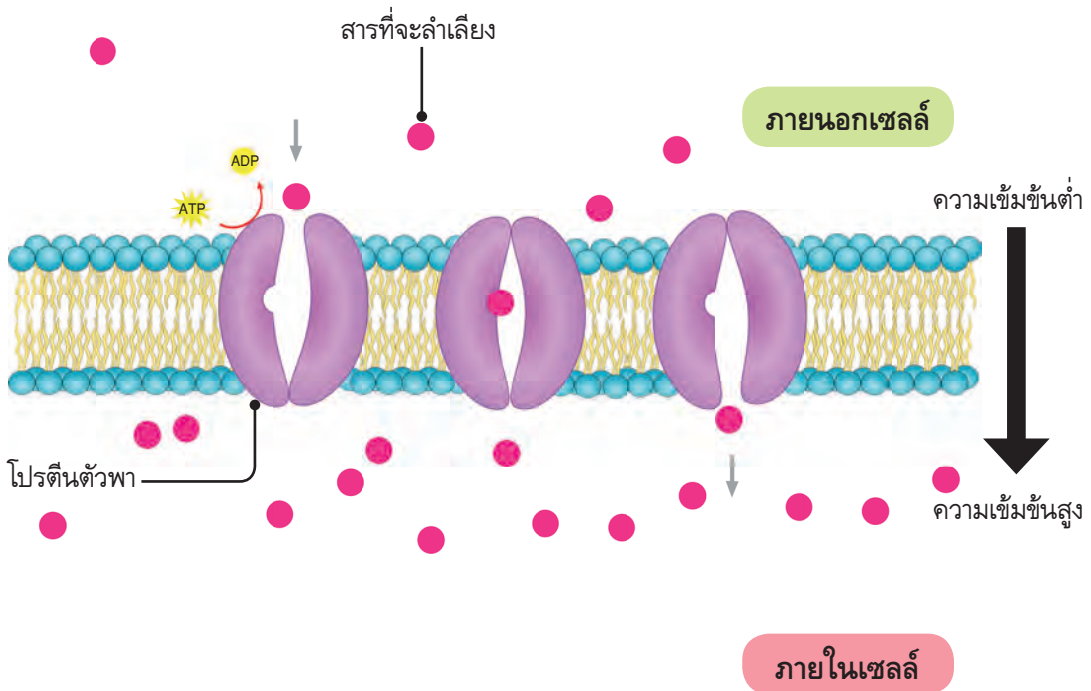
สารบางชนิด เช่น กลูโคสและกรดอะมิโน ลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยอาศัยการลำเลียงที่ เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต (facilitated diffusion) ซึ่งเป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มี ความเข้มข้นของสารละลายสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำโดยอาศัยโปรตีนตัวพา (carrier protein) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ ดังรูปที่ 1.7 ตัวอย่างการแพร่แบบฟาซิลิเทต เช่น การลำเลียงสารที่เซลล์ตับและเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก



รูปที่ 1.7 การแพร่แบบฟาซิลิเทต

4. การลำเลียงแบบใช้พลังงาน

เราทราบแล้วว่าการลำเลียงสารโดยการแพร่เข้าสู่เซลล์ สารแต่ละชนิดจะถูกลำเลียงจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ แต่บางครั้งเซลล์มีการลำเลียงสารในทิศทางตรงกันข้าม คือ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง เรียกการลำเลียงสารแบบนี้ว่า **การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport)** การลำเลียงสารแบบนี้ต้องใช้พลังงานจากสารประกอบชนิดหนึ่งที่เรียกว่า **อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate) หรือ ATP** เนื่องจากเซลล์ใช้พลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารต่าง ๆ ในการลำเลียงสาร รวมทั้งอาศัยโปรตีนตัวพาที่เยื่อหุ้มเซลล์ในการลำเลียงสาร ดังรูปที่ 1.8 ตัวอย่างการลำเลียงแบบใช้พลังงาน เช่น การดูดซึ่มกลูโคสและกรดอะมิโนในลำไส้เล็กเข้าสู่เลือด และการลำเลียงไอออนออกจากร่างกายที่ต่อมเหงื่อ



รูปที่ 1.8 การลำเลียงแบบใช้พลังงาน



น่ารู้

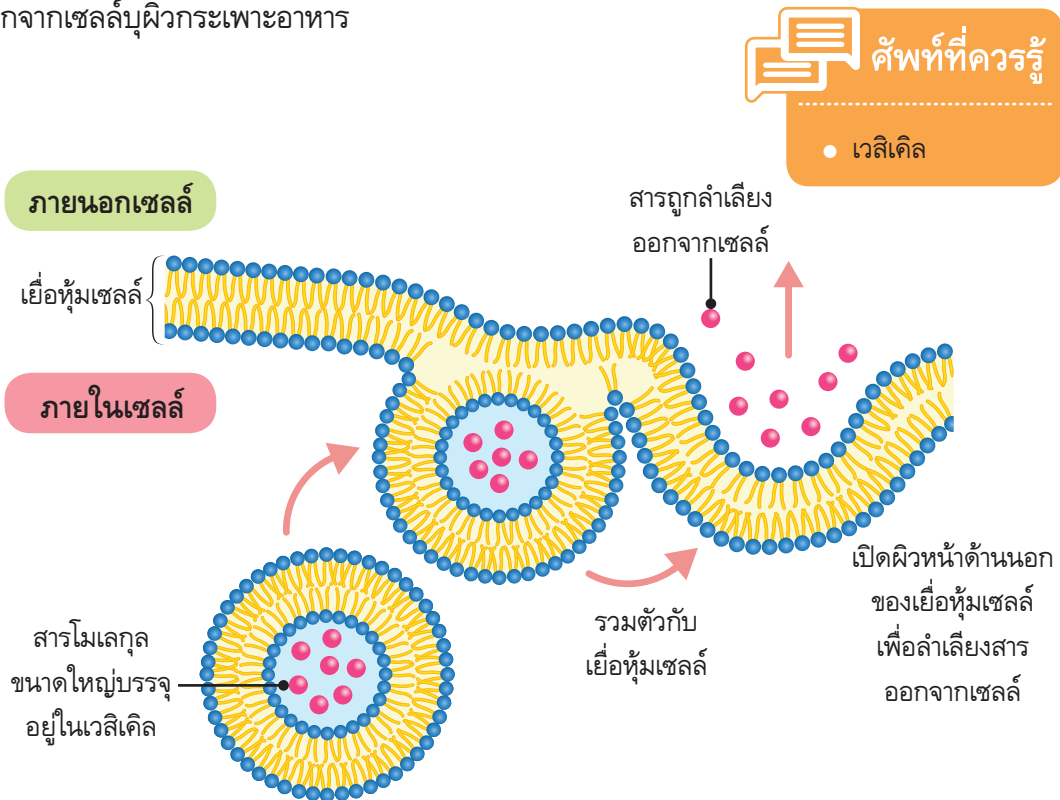
ATP เป็นสารประกอบที่มีพลังงานสูงที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ ATP พร้อมจะปลดปล่อยพลังงานออกมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เซลล์ต้องการ

ADP หรือ อะดีโนซีน ไดฟอสเฟต (adenosine diphosphate) เป็นสารประกอบที่มีพลังงานสูงเช่นเดียวกับ ATP

5. การลำเลียงสารขนาดใหญ่

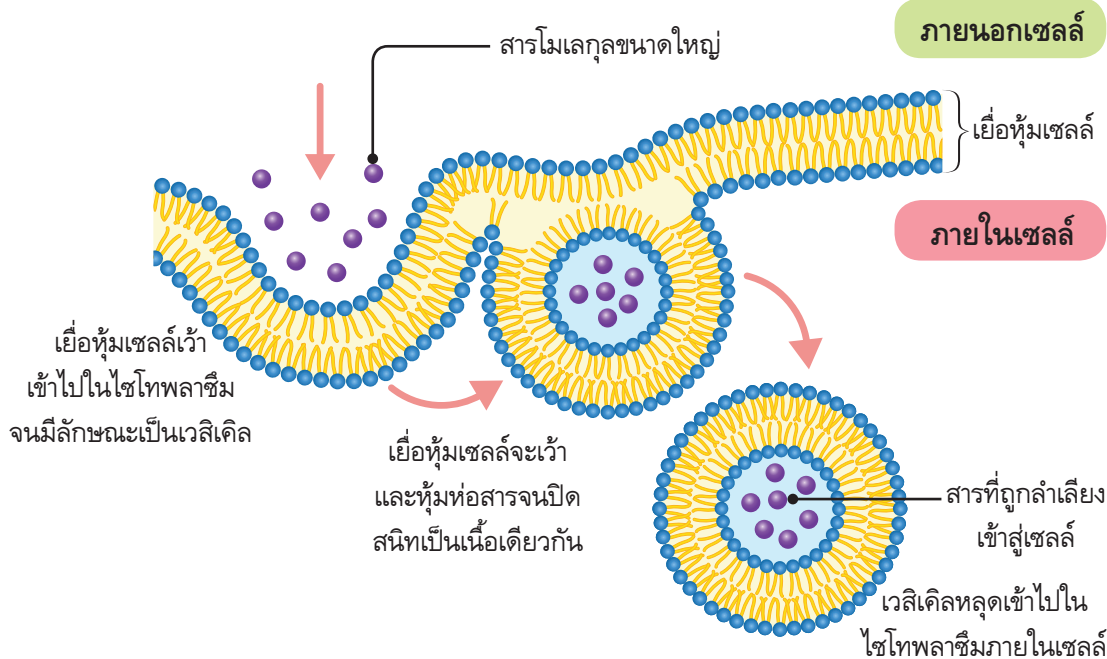
สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน เอนไซม์ หรือฮอร์โมนต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นต่อเซลล์ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยอาศัยโปรตีนตัวพาได้ เนื่องจากมีขนาดของโมเลกุลใหญ่เกินไป ดังนั้นเซลล์จึงมีวิธีในการลำเลียงสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เหล่านี้เข้าและออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1) **เอกไซโทซิส (exocytosis)** เป็นการลำเลียงสารออกจากเซลล์ โดยการโอบล้อมสารไว้ในถุงหรือเวสิเคิล (vesicle) ซึ่งเวสิเคิลจะรวมตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์และเปิดผิวหน้าด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ออกเพื่อลำเลียงสารที่อยู่ในเวสิเคิลออกจากเซลล์ ดังรูปที่ 1.9 ตัวอย่างการลำเลียงแบบเอกไซโทซิส เช่น การหลั่งฮอร์โมนอินซูลินออกจากเซลล์ตับอ่อนและการหลั่งเอนไซม์ออกจากเซลล์บุผิวกระเพาะอาหาร



รูปที่ 1.9 การลำเลียงแบบเอกไซโทซิส

2) **เอนโดไซโทซิส (endocytosis)** เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ โดยสารจะเคลื่อนที่เข้าไปในเวสิเคิล ซึ่งเกิดจากการเว้าของเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในไซโทพลาซึม เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ปิดสนิทจนเป็นเนื้อเดียวกัน เวสิเคิลจะหลุดเข้าไปในไซโทพลาซึมภายในเซลล์ เพื่อลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ ดังรูปที่ 1.10 ตัวอย่างการลำเลียงแบบเอนโดไซโทซิส เช่น การกลืนกินแบคทีเรียของเม็ดเลือดขาวและการกินอาหารของอะมีบา



รูปที่ 1.10 การลำเลียงแบบเอนโดไซโทซิส



ทบทวนความเข้าใจ

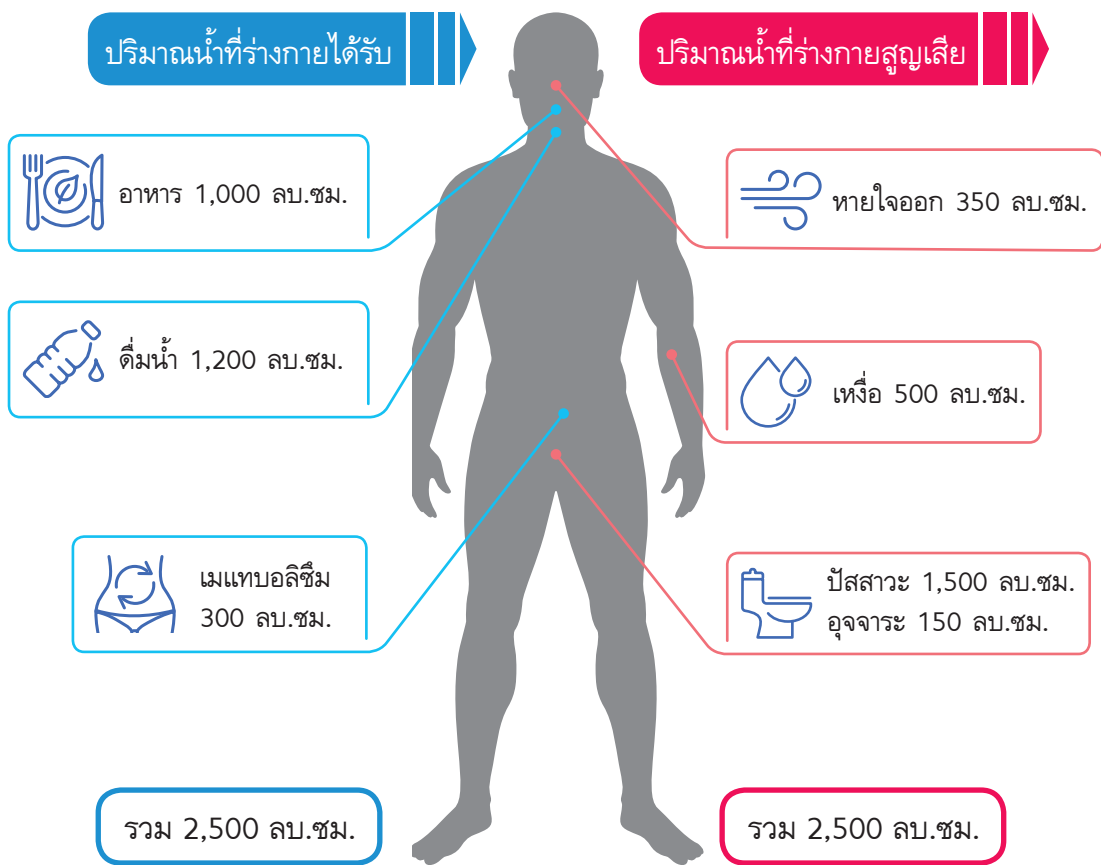
1. การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของเซลล์ในลักษณะใด
2. การแพร่แบบฟาซิลิเทตเหมือนหรือแตกต่างกับการลำเลียงแบบใช้พลังงานในเรื่องใด
3. สารบางชนิดไม่สามารถแพร่เข้าสู่เซลล์ได้ เซลล์จะมีวิธีในการลำเลียงสารเหล่านั้นแบบใด

การควบคุมคุณภาพของสิ่งมีชีวิต

มนุษย์มีการปรับตัวของร่างกายให้มีความสามารถในการควบคุมสมดุลเพื่อความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การควบคุมสมดุลในร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วย การควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย การควบคุมคุณภาพของกรด-เบสในร่างกาย การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย รวมถึงการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ซึ่งสารที่เป็นของเสียหากมีปริมาณมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

การควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย

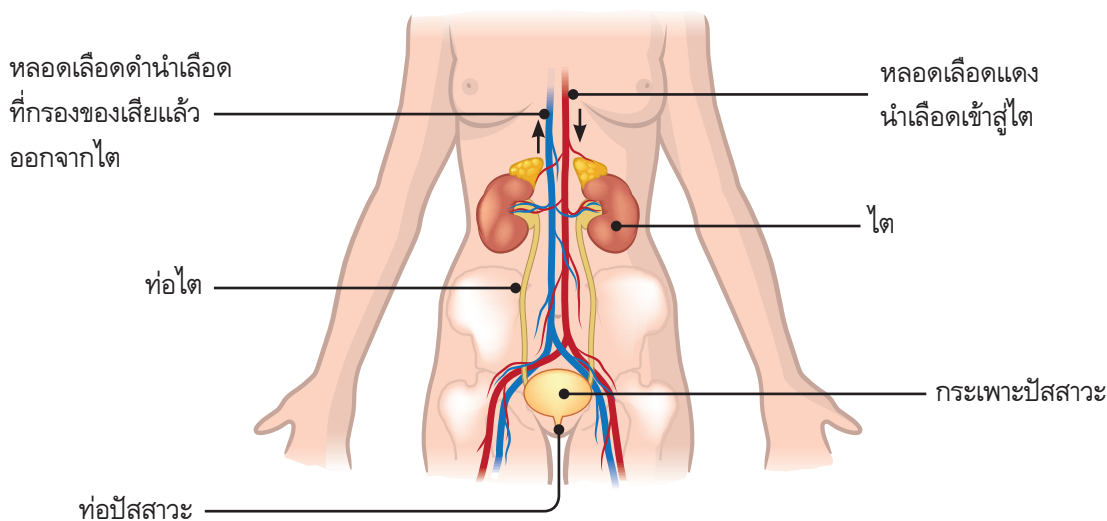
น้ำจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ร่างกายต้องการ ในวันหนึ่ง ๆ ร่างกายได้รับน้ำเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางและสูญเสียในรูปแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับและสูญเสียออกจากร่างกายของผู้ใหญ่ใน 1 วัน

จากรูปที่ 1.11 จะเห็นได้ว่า ใน 1 วัน ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับและปริมาณน้ำที่ร่างกายสูญเสียเท่ากัน จัดได้ว่าร่างกายมีการควบคุมคุณภาพของน้ำ เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำในร่างกายมากเกินไป

ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับและสูญเสียออกจากร่างกายนั้น แม้ว่าจะอยู่ในรูปของของเหลว แต่ก็มีบางส่วนที่เป็นแร่ธาตุและสารต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย ซึ่งร่างกายจำเป็นต้องควบคุมสมดุลของสารเหล่านี้เพื่อให้ร่างกายทำงานได้อย่างเป็นปกติเช่นกัน และอวัยวะสำคัญที่ทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายให้อยู่ในภาวะปกติ คือ ไต (kidney) ไตมีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วแดง มี 2 ข้างทำงานร่วมกัน ไตอยู่บริเวณช่องท้อง 2 ข้างของกระดูกสันหลังระดับเอว ต่อจากไตทั้ง 2 ข้างมีท่อไต (ureter) ทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะจากไตไปเก็บไว้ชั่วคราวที่กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) ก่อนขับออกจากร่างกายทางท่อปัสสาวะ (urethra)

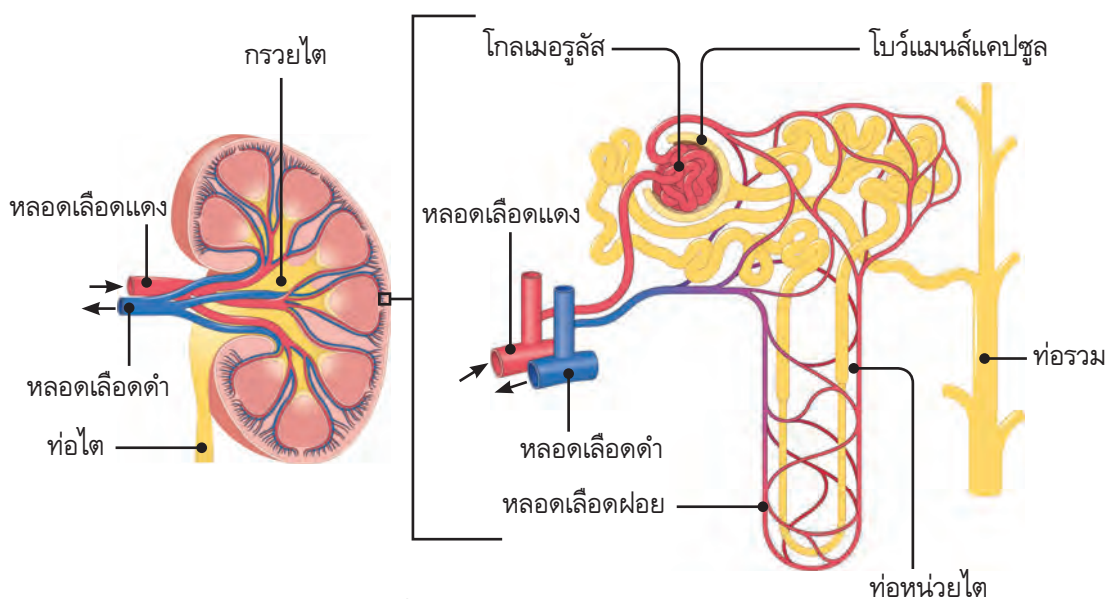


รูปที่ 1.12 ตำแหน่งและโครงสร้างของไต

เมื่อผ่าไตตามยาว จะพบโพรงลักษณะคล้ายกรวยอยู่ภายในเรียกว่า **กรวยไต (renal pelvis)** ทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะต่อไปยังท่อไต ภายในเนื้อเยื่อของไตประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่า **หน่วยไต (nephron)** ซึ่งมีประมาณข้างละ 1 ล้านหน่วย หน่วยไตแต่ละหน่วยมีลักษณะเป็นท่อปลายข้างหนึ่งเป็นกระเปาะเรียกว่า **โบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's capsule)** ภายในกระเปาะมีกลุ่มหลอดเลือดฝอย เรียกว่า **โกลเมอรูลัส (glomerulus)** ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะเปิดรวมกันที่ท่อรวม (collecting duct) ซึ่งเชื่อมต่อกับกรวยไต ดังรูปที่ 1.13

ศัพท์ที่ควรรู้

- โบว์แมนส์แคปซูล
- โกลเมอรูลัส



รูปที่ 1.13 ลักษณะภายในของหน่วยไต

เมื่อเลือดไหลเข้าสู่ไต หน่วยไตแต่ละหน่วยจะทำหน้าที่กรองสารบางอย่างที่มีโมเลกุลขนาดเล็กออกจากเลือด โดยการกรองสารจะเกิดขึ้นที่โกลเมอรูลัส จากนั้นสารที่กรองได้จะไหลผ่านเข้าสู่ท่อหน่วยไต สารเหล่านี้มีทั้งสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและสารที่เป็นของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการ สารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ น้ำ โปรตีน กลูโคส และกรดอะมิโนต่าง ๆ จะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่เลือดอีกครั้งหนึ่งที่บริเวณท่อหน่วยไตเพื่อนำไปใช้ต่อ ส่วนสารที่เป็นของเสีย ได้แก่ น้ำส่วนเกิน ยูเรีย กรดยูริก โซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนที่เกิดจากเมแทบอลิซึม (metabolism) จะถูกกำจัดออกผ่านท่อรวมไปยังกรวยไตและท่อไต แล้วเก็บไว้ชั่วคราวที่กระเพาะปัสสาวะ จากนั้นจะขับถ่ายออกจากร่างกายทางท่อปัสสาวะในรูปของปัสสาวะ สารต่าง ๆ ที่ร่างกายกรองได้กับสารที่พบในปัสสาวะ แสดงดังตารางที่ 1.1



ศัพท์ที่ควรรู้

- เมแทบอลิซึม

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสารต่าง ๆ ในของเหลวที่ไตกรองได้และในปัสสาวะในสภาวะปกติ

ชื่อสาร	ของเหลวที่ไตกรองได้ (กรัม/100 ลบ.ซม.)	ปัสสาวะ (กรัม/100 ลบ.ซม.)
น้ำ	90	95
โปรตีน	0	0
ยูเรีย	0.03	1.8
กรดยูริก	0.004	0.05
กลูโคส	0.1	0
กรดอะมิโน	0.05	0
แอมโมเนีย	0.0001	0.05
โซเดียมไอออน	0.32	0.6
คลอไรด์ไอออน	0.37	0.6

จึงอาจกล่าวได้ว่า การลำเลียงน้ำและสารต่าง ๆ เข้าและออกจากหน่วยไตเป็นกระบวนการหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำและความเข้มข้นของสารในเลือด



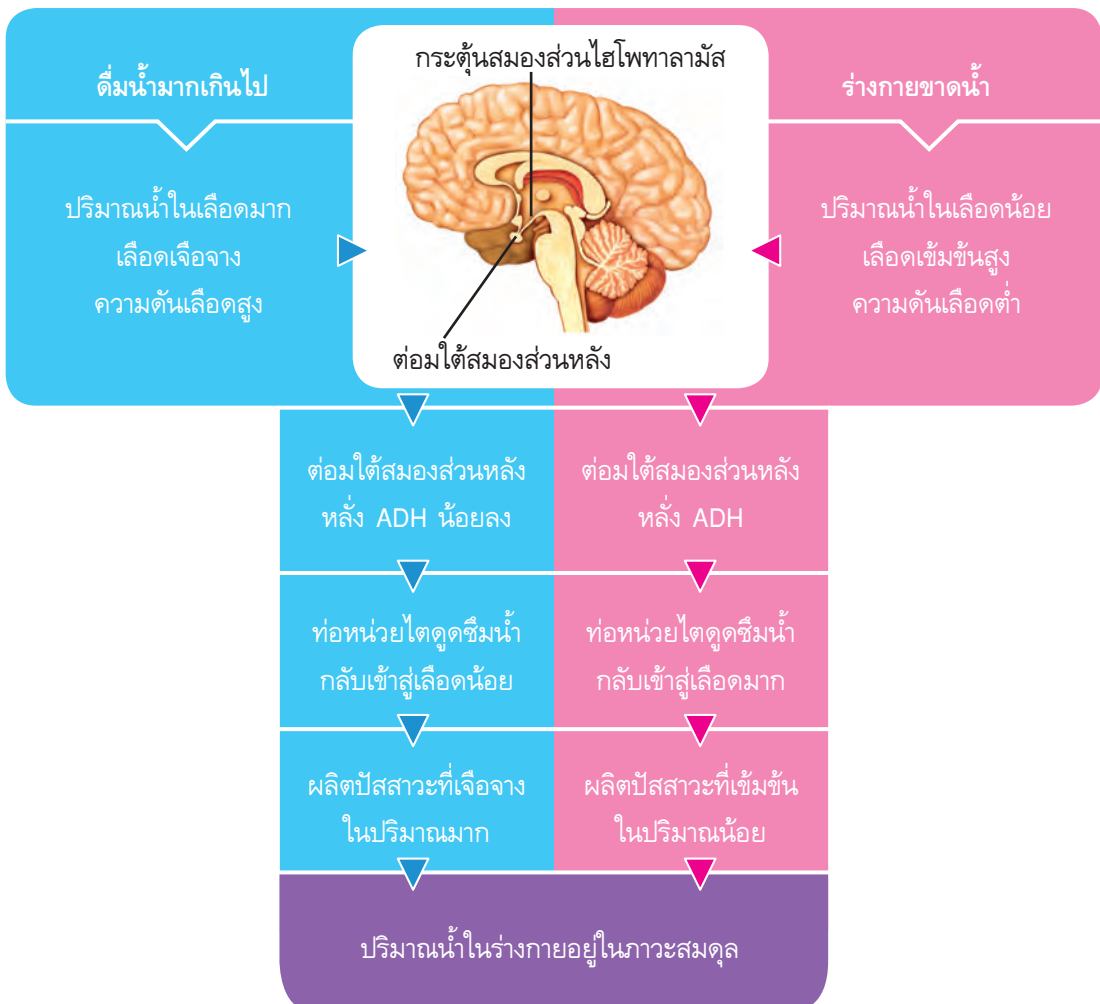
ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

การตรวจพบกลูโคสหรือกรดอะมิโนในปัสสาวะแสดงถึงความผิดปกติของไตได้เพราะอะไร

กลไกในการควบคุมคุณภาพของน้ำในเลือดของร่างกายทำงานร่วมกับสมองส่วนไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เมื่อร่างกายกระหายน้ำ เนื่องจากขาดน้ำทำให้ปริมาณน้ำในเลือดน้อย เลือดมีความเข้มข้นสูงและความดันเลือดต่ำลง ส่งผลให้ไฮโปทาลามัสส่งกระแสประสาทไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังให้หลั่งฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แอนติไดยูเรติก หรือ ADH (antidiuretic hormone) เพื่อกระตุ้นท่อหน่วยไตให้ดูดซึมน้ำกลับเข้าสู่เลือดมาก ทำให้ผลิตปัสสาวะที่เข้มข้นในปริมาณน้อย ปริมาณน้ำในร่างกายจึงอยู่ในภาวะสมดุล แต่เมื่อเราดื่มน้ำมากเกินไปจะทำให้ปริมาณน้ำในเลือดมากขึ้น เลือดเจือจาง และความดันเลือดสูงขึ้น ไฮโปทาลามัสจึงไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH ให้หลั่งออกมาน้อยลง ทำให้ท่อหน่วยไตดูดซึมน้ำกลับได้น้อย ส่งผลให้ผลิตปัสสาวะที่เจือจางในปริมาณมาก ปริมาณน้ำในร่างกายจึงอยู่ในภาวะสมดุล ดังรูปที่ 1.14

ศัพท์ที่ควรรู้

- ไฮโปทาลามัส



รูปที่ 1.14 การควบคุมคุณภาพของน้ำในเลือดของร่างกาย

จากการเรียนรู้การทำงานของไตดังกล่าว นักเรียนคิดว่าถ้าไตพิการหรือเสื่อมสมรรถภาพ คนที่เป็นโรคไตจะมีอาการอย่างไร และจะมีวิธีการรักษาผู้ป่วยโรคไตได้ด้วยวิธีใด นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้

โรคไตเกิดจากสาเหตุใด และส่งผลกระทบต่อระบบอวัยวะอื่นลักษณะใด



กิจกรรมที่ 2

สืบค้นข้อมูลความรู้เกี่ยวกับไต



จุดประสงค์ของกิจกรรม

สรุปความรู้เกี่ยวกับอาการของโรค วิธีการรักษา และการปฏิบัติตนเพื่อหลีกเลี่ยงโรคไตได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา ถ้าไตทำงานผิดปกติจะเกิดผลกระทบต่อร่างกายในลักษณะใด

ขั้นตอน

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรคไต โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
 - สาเหตุของโรคไต
 - ลักษณะอาการของโรคไต
 - วิธีการรักษาโรคไต
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

ค้นหาคำตอบ

1. ถ้าไตไม่สามารถทำงานได้จะส่งผลกระทบต่อร่างกายในลักษณะใด
2. คนที่เป็นโรคไตมีลักษณะอาการอย่างไร
3. การรักษาผู้ป่วยโรคไตมีวิธีใด
4. การป้องกันตนเองจากโรคไตทำได้ด้วยวิธีใดบ้าง

จากความรู้เกี่ยวกับไตที่นักเรียนได้เรียนรู้อยู่จะสังเกตได้ว่า ไตเป็นอวัยวะหนึ่งที่สำคัญของร่างกาย เนื่องจากเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายให้อยู่ในภาวะปกติ ถ้าไตทำงานผิดปกติจะทำให้เกิดการสะสมของสารพิษภายในเซลล์ เช่น ปัสสาวะเกิดฟองสีขาวเหมือนฟองสบู่ เนื่องจากมีโปรตีนในปัสสาวะมากเกินไปและเกิดจากหลอดเลือดฝอยในไตเกิดการอักเสบ ปัสสาวะเป็นเลือด อาจเกิดจากการติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ มีนิ่วในไต ไตอักเสบ หรือมีเนื้องอกในทางเดินปัสสาวะ ซึ่งส่งผลให้การทำงานของเซลล์ผิดปกติ จนอาจเป็นอันตรายต่ออวัยวะต่าง ๆ เช่น หัวใจ ปอด และสมอง

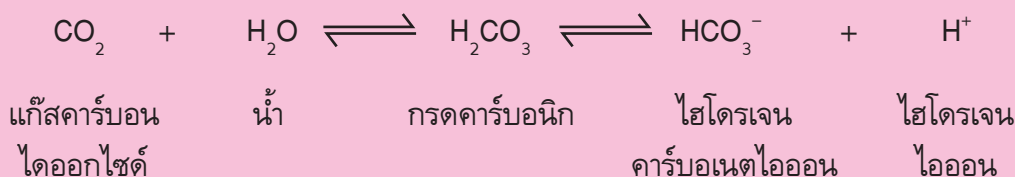


น่ารู้

การปลูกถ่ายไตเป็นการรักษาภาวะไตวายขั้นสุดท้ายที่ดีที่สุด แพทย์จะผ่าตัดนำไตของผู้บริจาคที่เข้าได้กับผู้ป่วยใส่ไว้ในอุ้งเชิงกรานข้างใดข้างหนึ่งของผู้ป่วยแล้วต่อท่อไตใหม่เข้ากับกระเพาะปัสสาวะ โดยไม่มีการนำไตเดิมของผู้ป่วยออกจากร่างกาย ซึ่งการปลูกถ่ายไตเพียงข้างเดียวก็เพียงพอต่อการทำงานของร่างกาย

การควบคุมคุณภาพของกรด-เบสในร่างกาย

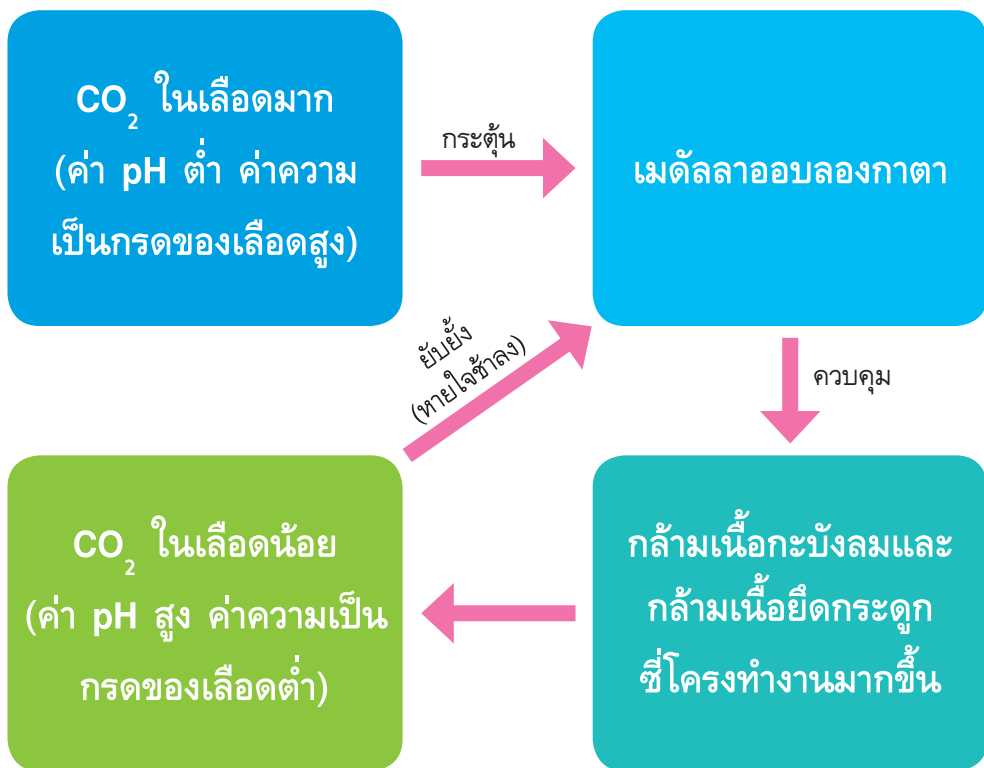
กระบวนการหายใจเป็นการนำแก๊สออกซิเจนไปสลายสารอาหาร ให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สนี้จะถูกกำจัดออกจากเซลล์โดยส่งเข้าสู่เลือด เมื่อรวมตัวกับน้ำในเลือด จะเกิดกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) จากนั้นแตกตัวให้ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) กับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ดังสมการเคมีต่อไปนี้



ถ้าในเลือดมีไฮโดรเจนไอออนปริมาณมากจะทำให้เลือดมีค่าความเป็นกรดสูง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ในร่างกาย ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพโดยมีกลไกควบคุมไม่ให้ไฮโดรเจนไอออนมีมากเกินไป นั่นคือ การควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การควบคุมดุลยภาพของกรด-เบสโดยการทำงานของปอด

ถ้าในเลือดมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมากจะทำให้ค่าความเป็นกรดของเลือดสูง เนื่องจากมีการสร้างไฮโดรเจนไอออนปริมาณมาก ร่างกายจึงปรับดุลยภาพโดยส่งสัญญาณเพื่อกระตุ้นสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) หรือก้านสมองส่วนท้ายให้ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงให้ทำงานมากขึ้นจนหายใจส่งผลให้มีการหายใจถี่ขึ้นเพื่อขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากปอดมากขึ้น ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีปริมาณน้อยลง ค่าความเป็นกรดของเลือดจึงต่ำลง ดังรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 กลไกการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเลือด

การควบคุมดุลยภาพของกรด-เบสโดยการทำงานของไต

เมื่อค่า pH ของเลือดต่ำเกินไป หน่วยไตจะกำจัดสารที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนไอออนและแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ออกจากเลือด และในขณะเดียวกันก็จะเพิ่มการดูดกลับของไอออนบางประเภท ซึ่งลดความเป็นกรดของเลือด ได้แก่ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) เนื่องจากไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนเป็นสารที่ควบคุมค่า pH ของเลือดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 7.35–7.45 ซึ่งความเป็นกรด-เบสในร่างกายของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ถ้าค่า pH ของเลือดเปลี่ยนแปลงไปเพียง 0.2 อาจทำให้เจ็บป่วยได้ ส่วนเมื่อค่า pH ของเลือดสูงเกินไปจะเกิดกระบวนการตรงกันข้าม

การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย

เอนไซม์ในร่างกายจะทำงานได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม นอกจากนี้ อุณหภูมิยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ด้วยเช่นกัน กล่าวคือ อุณหภูมิที่สูงกว่าปกติสามารถทำลายเอนไซม์ได้ ในขณะที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าปกติเอนไซม์จะทำงานได้ช้าลง ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีกลไกในการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสม

เมื่อเราอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ร่างกายจะได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของเลือดสูงขึ้น ร่างกายจึงปรับคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย โดยการกระตุ้นไฮโปทาลามัสให้ลดอัตราการเผาผลาญสารอาหารภายในเซลล์เพื่อลดอุณหภูมิของเลือดลง หลอดเลือดบริเวณผิวหนังจะขยายตัว ต่อมเหงื่อผลิตเหงื่อให้ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อยึดเส้นขนบริเวณผิวหนังคลายตัว เส้นขนที่ผิวหนังจะเอนราบ ช่วยให้สามารถถ่ายเทความร้อนในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น ดังรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกายเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

เมื่อเราอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ ร่างกายจะถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ทำให้ อุณหภูมิของเลือดต่ำลง ร่างกายจึงปรับคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย โดยการกระตุ้นไฮโปทาลามัส ให้เพิ่มอัตราการเผาผลาญสารอาหารภายในเซลล์ ส่งผลให้หลอดเลือดบริเวณผิวหนังหดตัว ต่อมเหงื่อหยุดผลิตเหงื่อ กล้ามเนื้อยึดเส้นขนบริเวณผิวหนังหดตัว ดึงเส้นขนบริเวณผิวหนังให้ ตั้งขึ้นที่เรียกว่า ขนลุก ทำให้อากาศไม่ผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกาย ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนใน ร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น ดังรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกายเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ

ร่างกายมีกลไกในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้โดยอาศัยหน่วยรับความรู้สึกทั่วร่างกายที่ ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากภายนอกในร่างกาย และส่งความรู้สึกไปยังไฮโปทาลามัส เพื่อสั่งการไปยัง อวัยวะทำงาน ได้แก่ หลอดเลือด ต่อมเหงื่อ และกล้ามเนื้อยึดเส้นขนบริเวณผิวหนังให้ทำงาน ประสานกัน เพื่อควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้อยู่ในภาวะปกติ

ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ร่างกายของมนุษย์สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ หรือไม่ อย่างไร



กิจกรรมที่ 3

สืบค้นข้อมูลการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย
ของมนุษย์



จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายและสรุปกลไกการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกายมนุษย์ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้

ทักษะเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา มนุษย์สามารถปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันได้หรือไม่
ขั้นตอน

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกายของมนุษย์ โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
 - การปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง
 - การปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

ค้นหาคำตอบ

1. การปรับตัวของมนุษย์ให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่มีความสำคัญอย่างไร
2. กลไกการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกายของมนุษย์มีลักษณะอย่างไร



ทบทวนความเข้าใจ

1. ไตมีกลไกในการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายอย่างไร
2. ความเป็นกรด-เบสในร่างกายส่งผลต่อการทำงานของอวัยวะใด
3. การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมีการทำงานที่สัมพันธ์กันของอวัยวะใด ในลักษณะใด

ผังมโนทัศน์ (concept map)





สาระสำคัญประจำหน่วย

1. เซลล์ควบคุมดุลยภาพโดยการลำเลียงสารต่าง ๆ เข้าและออกจากเซลล์ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์
2. การแพร่เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ
3. ออสโมซิสเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีน้ำมากไปยังบริเวณที่มีน้ำน้อย โดยผ่านเยื่อเลือกผ่าน
4. สารที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ด้วยการแพร่จะถูกลำเลียงโดยอาศัยโปรตีนตัวพา ได้แก่ การแพร่แบบฟาซิลิเทตและการลำเลียงแบบใช้พลังงาน
5. การแพร่แบบฟาซิลิเทตมีหลักการเดียวกับการแพร่ ส่วนการลำเลียงแบบใช้พลังงานจะลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง โดยใช้พลังงานจาก ATP
6. การลำเลียงสารขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยอาศัยโปรตีนตัวพาได้ จะถูกลำเลียงด้วยวิธีการเอกโซไซโทซิสและเอนโดไซโทซิส
7. หน่วยไตของมนุษย์ทำหน้าที่กรองของเสียในเลือดตรงบริเวณที่เรียกว่า โบว์แมนส์แคปซูล ซึ่งของเสียเหล่านี้จะถูกขับถ่ายออกมาพร้อมปัสสาวะ
8. ไตทำงานร่วมกับไฮโปทาลามัสเพื่อควบคุมดุลยภาพของน้ำในร่างกาย
9. ไฮโปทาลามัสทำหน้าที่ควบคุมดุลยภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย โดยการส่งต่อมใต้สมองส่วนหลังให้กระตุ้นหรือยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH เพื่อควบคุมปริมาณน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายให้อยู่ในภาวะสมดุล
10. ร่างกายหายใจออกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออก ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสในร่างกายสมดุล
11. หน่วยไตจะขับสารที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนไอออน (H^+) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ออกจากเลือดและเพิ่มการดูดกลับไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) เพื่อลดความเป็นกรดของเลือด
12. มนุษย์สามารถควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้อวัยวะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ตามปกติ

กิจกรรมประจำหน่วย

ทบทวนคำศัพท์และหลักการทางวิทยาศาสตร์



1. เซลล์ควบคุมคุณภาพโดยวิธีใด
2. การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มีกี่แบบ อะไรบ้าง
3. การควบคุมคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกายอาศัยอวัยวะใด
4. การควบคุมคุณภาพของกรด-เบสในร่างกายเป็นการควบคุมสารใดในร่างกาย เพราะอะไร
5. อาการชนลูกเมื่ออากาศหนาวเกิดขึ้นได้อย่างไร

ทักษะสร้างความเข้าใจที่คงทน



1. ถ้าเซลล์ไม่สามารถลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ได้จะส่งผลต่อเซลล์อย่างไร
2. น้ำ กลูโคส และโปรตีน สามารถนำเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีการใด
3. ถ้าไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้มข้นเกินไป ร่างกายจะมีวิธีการปรับคุณภาพด้วยวิธีการใด
4. ถ้าร่างกายขับเหงื่อออกมามากจะเกิดผลดีและผลเสียต่อร่างกายอย่างไร
5. กลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของอวัยวะใด และมีกระบวนการทำงานอย่างไร

การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



1. มนุษย์ไม่สามารถอาศัยอยู่ในสภาพอากาศที่เย็นจัดหรือร้อนจัดได้เพราะอะไร
2. การรับประทานอาหารชนิดใดจะทำให้เซลล์ในไตสูญเสียน้ำออกมามากกว่าการดูดซึมน้ำ
3. หลังจากเล่นกีฬาหรือทำงานหนักไม่ควรดื่มน้ำอัดลมเพราะอะไร

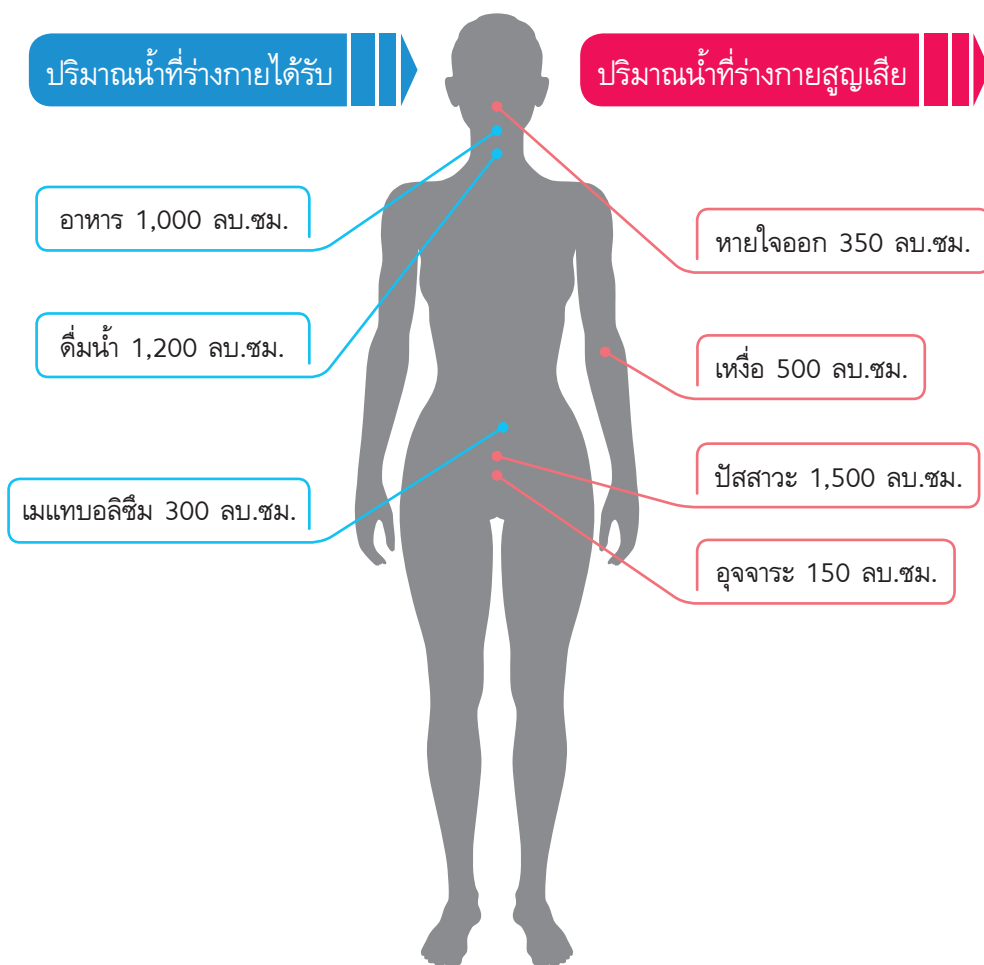
บทความชวนคิด



คำชี้แจง อ่านบทความต่อไปนี้อย่างละเอียดแล้วตอบคำถาม

การควบคุมดุลยภาพของน้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต น้ำช่วยรักษาความชุ่มชื้นของเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย กำจัดของเสียออกจากร่างกาย และลดอาการท้องผูก ประโยชน์ของน้ำยังมีอีกมากมาย แต่เมื่อร่างกายได้รับน้ำเข้าไปแล้ว ร่างกายจะควบคุมดุลยภาพของน้ำด้วยการขับออก ซึ่งในปัสสาวะที่ขับออกมาพบว่า ร้อยละ 95 เป็นน้ำ ร้อยละ 2.5 เป็นยูเรีย และอีกร้อยละ 2.5 เป็นสารชนิดอื่น ๆ จากการศึกษพบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับและสูญเสียของผู้ใหญ่ใน 1 วัน แสดงได้ดังรูป



ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับและปริมาณน้ำที่ร่างกายสูญเสียของผู้ใหญ่ใน 1 วัน

คำถามที่ 1 : การควบคุมดุลยภาพของน้ำ

ข้อมูลจากบทความสนับสนุนข้อความใด

1. ร่างกายรับน้ำเข้าและขับน้ำออกในปริมาณที่เท่ากัน
2. ร่างกายรับน้ำเข้าสู่ร่างกายในรูปของของเหลวเท่านั้น
3. ร่างกายรับน้ำเข้าสู่ร่างกายเพียงวันละ 2,200 ลบ.ซม.
4. ร่างกายรับน้ำเข้าและขับน้ำออกไม่เกินวันละ 2,500 ลบ.ซม.

คำถามที่ 2: การควบคุมดุลยภาพของน้ำ

จากบทความบรรทัดที่ 2 คำว่า ของเสีย หมายถึงสารใด

1. น้ำ
2. กลูโคส
3. กรดอะมิโน
4. โซเดียมไอออน

คำถามที่ 3: การควบคุมดุลยภาพของน้ำ

ข้อใดไม่ใช่ความสำคัญของน้ำที่ช่วยในการควบคุมดุลยภาพในร่างกาย

1. ลดอาการท้องผูก
2. ช่วยให้ขับเหงื่อลดลง
3. รักษาความชุ่มชื้นของเซลล์
4. ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

คำถามที่ 4: การควบคุมดุลยภาพของน้ำ

ถ้าหลังจากออกกำลังกายกลางแจ้ง แล้วเราไปเข้าห้องน้ำทันที พบว่าปัสสาวะมีสีเข้มเพราะอะไร