

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับอาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์ การแลกเปลี่ยนแก๊สของคน ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง ระบบภูมิคุ้มกัน

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรมและ จริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารในระบบย่อยอาหารของมนุษย์
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก
5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์
7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจของมนุษย์
8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือด และการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด
10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์
11. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา
13. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh
14. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลืองและต่อมน้ำเหลือง
15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อนเองและภูมิคุ้มกันรับมา
17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง
18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกหลัง
19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย
20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ

รวมทั้งหมด 21 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง	อนิรุท พรหมเจริญ
ผู้ตรวจ	รศ. ดร.นพรัตน์ พุทธกาล เจียมจิต กุลมาลา รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน
บรรณาธิการ	รศ. ดร.วิชัย เชิดชูศาสตร์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง	อนิรุท พรหมเจริญ
ผู้ตรวจ	รศ. ดร.นพรัตน์ พุทธกาล เจียมจิต กุลมลา รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน
บรรณาธิการ	รศ. ดร.วิชัย เชิดชูศาสตร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

อนิรุท พรหมเจริญ.
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2.-กรุงเทพฯ : แม็คเอดดูเคชั่น,
2562.
152 หน้า.
1. ชีววิทยา--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา).
I. ชื่อเรื่อง.
570.7
ISBN 978-616-345-146-0

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 11,000 เล่ม
สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563
สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากนี้จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

MAC EDUCATION

ส่งหนาคัดส่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว
ในนาม บริษัท แม็คเอดดูเคชั่น จำกัด
9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว
แขวงจันทน์เกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028
www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : บริษัท ไฮเบอร์พรีนท์กรุ๊ป จำกัด

คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียน ให้สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อย่อยจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็ความรู้ ความคิดที่เป็นแกนสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 นี้ คือ กิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (STEM) ตามเป้าหมายสำคัญของการปรับหลักสูตรครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์  ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ตโฟนสแกน AR Code โดยใช้แอปพลิเคชัน SnapLearn ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียน แบบฝึกหัด คู่มือครู และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงใหม่ชุดนี้ จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษารอบนี้ เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

วิธีการใช้ SnapLearn

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน SnapLearn 

2. เปิดใช้งานแอปพลิเคชัน SnapLearn

2.1 กดปุ่มตรงกลาง  เพื่อแสดงบาร์โค้ด ISBN ที่ปกหลังบนลำตัวขวามือ

2.2 กรอกรหัสหนังสือเรียนลงในช่องค้นหา ("Biology M.5 Vol.2")

3. กดดาวน์โหลดหนังสือเรียน

4. สแกนหน้าหนังสือเรียนที่สัญลักษณ์ 

คำนำ

หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามนำเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การทบทวนเนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

อนิรุทธิ์ พรหมเจริญ

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย

1. อาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต	3
1.1 การย่อยอาหารของจุลินทรีย์	5
1.2 การย่อยอาหารของสัตว์	7
1.3 การย่อยอาหารของคน	18
2. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต	34
2.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	36
2.2 การขับถ่ายของสัตว์	37
2.3 การขับถ่ายของคน	40
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	55

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ระบบหายใจ

1. การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์	58
1.1 โครงสร้างการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	58
1.2 โครงสร้างการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	59
2. การแลกเปลี่ยนแก๊สของคน	69
2.1 โครงสร้างการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน	69
2.2 การสูดลมหายใจของคน	71
2.3 การแลกเปลี่ยนแก๊ส	76
2.4 การควบคุมการหายใจ	78
2.5 การวัดอัตราการหายใจ	79
2.6 โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ	81
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	88

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และระบบภูมิคุ้มกัน

1. ระบบหมุนเวียนเลือด	92
1.1 การลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด	92
1.2 การลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบหมุนเวียนเลือด	94
1.3 การลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือดคน	103
2. ระบบน้ำเหลือง	125
3. ระบบภูมิคุ้มกัน	128
3.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	129
3.2 การสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย	131
3.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	132
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	138

บรรณานุกรม

139

อภิธานศัพท์

140



หน่วยการเรียนรู้ที่

1



ระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย

สาระการเรียนรู้

1. อาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต
2. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบายการกินอาหารของไฮดราและปลาน้ำจืด
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา ปลาน้ำจืด ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
5. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย
6. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย โดยหน่วยไต
7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

1. อาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต



แนวคิดสำคัญ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ โดยร่างกายสิ่งมีชีวิตจะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารอาหารให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้เซลล์สามารถนำพลังงานและสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่างๆ ได้ การย่อยอาหารแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การย่อยอาหารภายในเซลล์และการย่อยอาหารภายนอกเซลล์

”

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหารและพลังงานจากอาหาร สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง (autotroph) โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีพบในสิ่งมีชีวิตจำพวกพืชและสาหร่าย แต่สิ่งมีชีวิตหลายชนิดไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นจึงต้องกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร แต่อาหารที่สิ่งมีชีวิตกินเข้าไปเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์ได้

ร่างกายสิ่งมีชีวิตจึงมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารอาหารให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้เซลล์สามารถนำพลังงานและสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่างๆ ได้ ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ได้

อาหาร (food) คือ สิ่งที่มีชีวิตนำเข้าสู่ร่างกาย แล้วสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ เช่น ให้พลังงาน ช่วยในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ รวมทั้งควบคุมกระบวนการต่างๆ ภายในร่างกาย เพื่อให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้



ร่างกายนำสารอาหารและพลังงานจากอาหารเข้าสู่เซลล์ได้อย่างไร และนำของเสียออกจากร่างกายได้อย่างไร

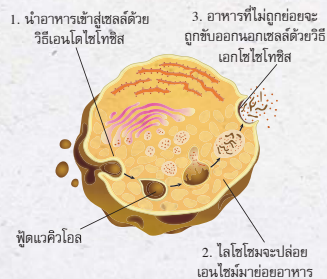
สารอาหาร (nutrient) คือ สารซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหาร แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **สารอาหารที่ให้พลังงาน** ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ซึ่งได้จากการรับประทาน เช่น ข้าว ขนมปัง เนื้อสัตว์ น้ามน น้ามัน เนย
2. **สารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน** แต่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ วิตามิน และเกลือแร่ ซึ่งได้จากการรับประทานผักและผลไม้

การย่อยอาหาร (digestion) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารอาหารจากโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น การย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยอาหาร จะได้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก คือ มอนอแซ็กคาไรด์ กรดอะมิโน กลีเซอรอล และกรดไขมัน ตามลำดับ การย่อยอาหารมีทั้งการย่อยที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และภายนอกเซลล์

การย่อยอาหารภายในเซลล์ (intracellular digestion)

พบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์ชั้นต่ำบางชนิด โดยจะนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโก-ไซโทซิสหรือปิโนไซโทซิส จากนั้นไลโซโซมจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหาร เซลล์จะนำสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้ประโยชน์ ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยจะถูกขับออกนอกเซลล์ด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส



การย่อยอาหารภายนอกเซลล์ (extracellular digestion)

พบในสิ่งมีชีวิตจำพวกแบคทีเรีย เห็ดรา และสัตว์ที่มีระบบทางเดินอาหาร โดยเซลล์จะปล่อยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นออกมาย่อยอาหารที่อยู่นอกเซลล์ แล้วค่อยดูดซึมสารอาหารที่ได้จากการย่อยเข้าไปภายในเซลล์



สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีการย่อยอาหารทั้งภายในและภายนอกเซลล์ เช่น ไฮดรา ปะการัง กัลปังหา และดอกไม้ทะเล

การย่อยอาหารจำแนกออกเป็น 2 แบบ คือ

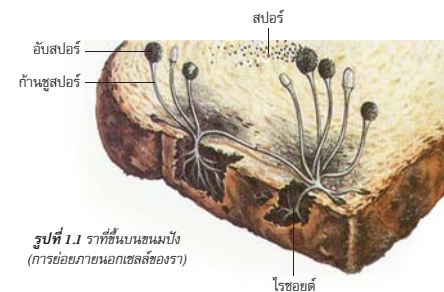
1. **การย่อยเชิงกล (mechanical digestion)** เป็นการเปลี่ยนแปลงอาหารให้มีขนาดเล็กลง มีพื้นที่ผิวมากขึ้น แต่โครงสร้างทางเคมีของสารอาหารไม่เปลี่ยนแปลง การย่อยเชิงกลไม่ได้เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ แต่เกิดจากการทำงานของอวัยวะในระบบทางเดินอาหาร เช่น การบดเคี้ยวของฟัน การบดอาหารของกิ้ง หรือการบีบตัวของกระเพาะอาหาร
2. **การย่อยเชิงเคมี (chemical digestion)** เป็นการเปลี่ยนแปลงอาหารให้มีขนาดเล็กลงและมีโครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไปจากเดิม การย่อยเชิงเคมีเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ เช่น การย่อยแป้งให้เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว การย่อยโปรตีนได้กรดอะมิโน (amino acid) และการย่อยไขมันได้กรดไขมัน (fatty acid) และกลีเซอรอล (glycerol)

1.1 การย่อยอาหารของจุลินทรีย์

การย่อยอาหารของแบคทีเรียและเห็ดรา

แบคทีเรีย เห็ด และรา เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์ โดยจะปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็ก จากนั้นจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้เข้าสู่เซลล์ เช่น ราที่เจริญบนขนมปังซึ่งเป็นอาหารประเภทแป้งที่เป็นสารโมเลกุลใหญ่ จะถูกย่อยเป็นสารโมเลกุลเล็กและดูดซึมเข้าสู่เซลล์โดยโครงสร้างที่เรียกว่า **ไรซอยด์ (rhizoid)**

สำหรับจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตแบบปรสิตอยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นนั้นไม่สามารถย่อยสารอินทรีย์ได้ แต่จะดูดซึมสารอาหารโมเลกุลเดี่ยวเข้าสู่เซลล์โดยตรง



รูปที่ 1.1 ราที่ขึ้นบนขนมปัง
(การย่อยภายนอกเซลล์ของรา)

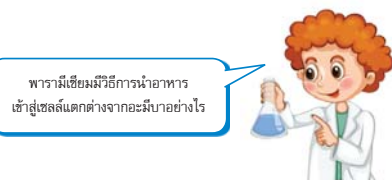
การย่อยสลายสารอินทรีย์
ภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์มีความสำคัญ
ต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร



การย่อยอาหารของอะมีบาและพารามีเซียม

อะมีบาและพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ แต่มีวิธีการนำเข้าสู่เซลล์แตกต่างกัน

อะมีบา (amoeba) เป็นสิ่งมีชีวิตจำพวกโพรทิสต์ นำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) และวิธีพิโนไซโทซิส (pinocytosis) เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วจะอยู่ในฟิวต์แวคิวโอล (food vacuole) ซึ่งจะไปรวมกับไลโซโซม (lysosome) จากนั้นไลโซโซมจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารในฟิวต์แวคิวโอล อาหารที่ย่อยได้จะถูกนำไปใช้ในกิจกรรมของเซลล์ ส่วนอาหารที่ย่อยไม่ได้จะถูกกำจัดออกนอกเซลล์ด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส (exocytosis) โดยฟิวต์แวคิวโอลจะเคลื่อนเข้าไปใกล้กับเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อปล่อยอาหารที่ย่อยไม่ได้หรือกากอาหารออกจากเซลล์



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 การนำอาหารเข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียม

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียม

อุปกรณ์

- พารามีเซียม
- ยีสต์
- เมทิลเซลลูโลส 0.1%
- สารละลายกลูโคส 10%
- สีกองโกรเรต
- สไลด์และกระจกปิดสไลด์
- กล้องจุลทรรศน์

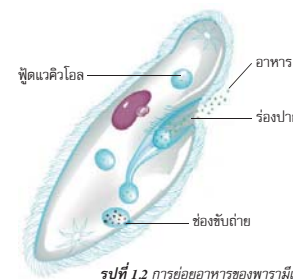
วิธีปฏิบัติ

- ผสมยีสต์ในสารละลายกลูโคส 10% และเติมสีกองโกรเรต 30 มิลลิกรัม (สีกองโกรเรตช่วยให้สามารถมองเห็นยีสต์ได้ชัดเจนขึ้น) ทิ้งไว้ 15 นาที
- เตรียมสไลด์พารามีเซียมในเมทิลเซลลูโลส (เมทิลเซลลูโลสเป็นสารเพิ่มความหนืด ทำให้พารามีเซียมเคลื่อนที่ได้ช้าลงซึ่งง่ายต่อการสังเกตการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียม)
- เติมยีสต์ที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ลงบนสไลด์ที่มีพารามีเซียมในเมทิลเซลลูโลส แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
- นำสไลด์ไปศึกษาการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียมด้วยกล้องจุลทรรศน์
- เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้าทายกิจกรรม

- เซลล์ยีสต์เข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียมได้อย่างไร
- เมื่อเซลล์ยีสต์เข้าสู่เซลล์ของพารามีเซียมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
- จากการทดลองถ้าไม่มีการเตรียมพารามีเซียมในเมทิลเซลลูโลสจะเป็นอย่างไร
- จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

พารามีเซียม (paramecium) เป็นโพรทิสต์ชนิดหนึ่งที่มีชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำจืด นำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยใช้ซิเลีย (cilia) ที่บริเวณปาก (oral groove) พัดโบกอาหารเข้าสู่เซลล์ เมื่ออาหารผ่านช่องปากเข้าสู่เซลล์ แล้วไปยังฟิวต์แวคิวโอล เมื่อฟิวต์แวคิวโอลรวมกับไลโซโซม เอนไซม์จากไลโซโซมจะย่อยอาหารในฟิวต์แวคิวโอล อาหารที่ย่อยได้จะถูกนำไปหล่อเลี้ยงเซลล์ ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกนอกเซลล์โดยวิธีเอกโซไซโทซิสเช่นเดียวกับอะมีบา



รูปที่ 1.2 การย่อยอาหารของพารามีเซียม

1.2 การย่อยอาหารของสัตว์

สัตว์แต่ละชนิดมีวิธีการย่อยอาหารแตกต่างกัน ในสัตว์ชั้นต่ำบางชนิดที่ไม่มีระบบทางเดินอาหารจะมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ สำหรับสัตว์ที่มีทางเดินอาหารจะมีวิธีการย่อยอาหารตามความซับซ้อนของระบบทางเดินอาหาร ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ระบบทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete digestive tract) เป็นระบบทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว ทำหน้าที่เป็นทั้งช่องนำอาหารเข้าและช่องกำจัดกากอาหาร ทางเดินอาหารมีลักษณะคล้ายถุง มีกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์สำหรับย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้เข้าสู่เซลล์ สัตว์ที่มีระบบทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ เช่น สัตว์จำพวกซีเลนเทอเรต (coelenterates) และหนอนตัวแบน (flatworms)

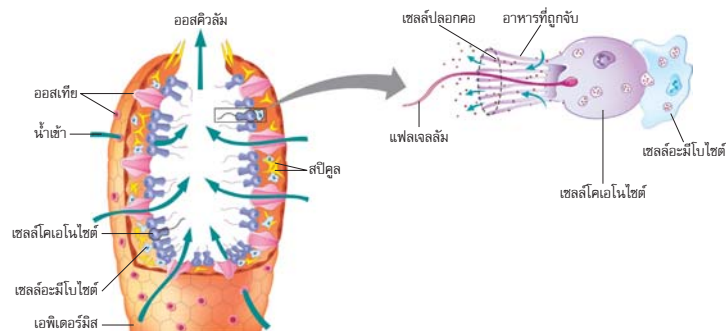
2. ระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ (complete digestive tract) เป็นระบบทางเดินอาหารที่มีช่องเปิด 2 ทาง คือ ปากทำหน้าที่เป็นช่องทางนำอาหารเข้า และทวารหนักเป็นช่องกำจัดอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ออกในรูปของกากอาหาร ระบบทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์พบในสัตว์เป็นส่วนใหญ่ตั้งแต่หนอนตัวกลมไปจนถึงสัตว์มีกระดูกสันหลัง

การย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

การย่อยอาหารของฟองน้ำ (sponge) ฟองน้ำเป็นสัตว์ชั้นต่ำที่ประกอบด้วยเซลล์หลาย ๆ เซลล์รวมกัน ไม่มีเนื้อเยื่อที่แท้จริง มีรูพรุนรอบลำตัว และมีช่องว่างกลางลำตัว (spongocoel) ที่มีช่องเปิดด้านบนซึ่งไม่ใช่ทางเดินอาหาร แต่เป็นช่องที่น้ำไหลผ่านไปสัมผัสกับเซลล์ที่ผนังด้านในลำตัว เนื่องจากฟองน้ำไม่มีระบบทางเดินอาหาร การย่อยอาหารจึงเกิดขึ้นภายในเซลล์เช่นเดียวกับอะมีบาและพารามีเซียม โดยมีเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร 2 ชนิด คือ

1. เซลล์โคเอนไซสต์ (choanocyte) เป็นเซลล์ที่อยู่ผิวด้านในลำตัวของฟองน้ำ เซลล์โคเอนไซสต์ มีลักษณะสำคัญ คือ มีแฟลเจลลัม (flagellum) และเซลล์ปลอกคอ (collar cell) โดยเซลล์โคเอนไซสต์จะใช้แฟลเจลลัมโบกพัดอาหารที่ปนมากับน้ำเข้าในเซลล์ปลอกคอเพื่อนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส จากนั้นอาหารจะอยู่ในพิตแควโอลเพื่อไปรวมกับไลโซโซมแล้วเกิดการย่อยภายในพิตแควโอล

2. เซลล์อะมีบิไซด์ (amoebocyte) มีลักษณะคล้ายอะมีบา อยู่ใกล้กับเซลล์โคโดโนไซด์ ทำหน้าที่ในการนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์ สารอาหารที่ย่อยได้จะถูกนำไปใช้หล่อเลี้ยงเซลล์ทุกๆ เซลล์ ส่วนอาหารที่ย่อยไม่ได้จะถูกกำจัดออกนอกเซลล์



รูปที่ 1.3 การย่อยอาหารของฟองน้ำ

การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีระบบทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์

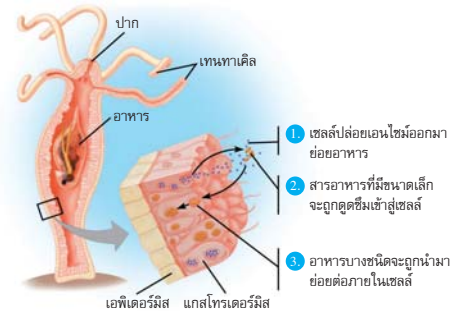
การย่อยอาหารของสัตว์จำพวกซีเลนเทอเรต

สัตว์จำพวกซีเลนเทอเรต เช่น ไฮดรา แมงกะพรุน ปะการัง กัลปังหา และดอกไม้ทะเล ลักษณะสำคัญของลำตัวประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ ชั้นนอกโฮเดิร์ม (ectoderm) และชั้นในเอนโดเดิร์ม (endoderm) โดยเยื่อกลางที่เรียกว่า **มีโซเกลีย (mesoglea)** กั้นอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชั้น ทางเดินอาหารเจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นเอนโดเดิร์ม มีช่องเปิดเพียงช่องเดียวที่ทั้งทางที่นำอาหารเข้าและนำกากอาหารออก ดังนั้นสัตว์จำพวกซีเลนเทอเรตจึงมีระบบเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

การย่อยอาหารมีทั้งภายนอกและภายในเซลล์ บริเวณรอบ ๆ ช่องเปิดของทางเดินอาหารมีโครงสร้างคล้ายหนวด เรียกว่า **เทนท์าคิล (tentacle)** ซึ่งมีเข็มพิษ เรียกว่า **นีมาโทซิสต์ (nematocyst)** ทำหน้าที่จับอาหารเข้าทางช่องเปิดของทางเดินอาหารเพื่อเข้าสู่ช่องกลืนทราเวลคูลาร์ (gastrovascular cavity) มีลักษณะเป็นถุงตัน ช่องกลืนทราเวลคูลาร์ ทำหน้าที่เป็นทั้งทางเดินอาหารและลำเลียงอาหารที่ย่อยได้เข้าสู่เซลล์ รวมทั้งรับถ่ายของเสียออกสู่ภายนอก

เซลล์บุช่องแกสโทรวาสคิวลาร์

บางเซลล์ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์แล้ว
ปล่อยออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์
และเซลล์บางเซลล์จะนำอาหารไปย่อย
ภายในเซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส
โดยเฉพาะอาหารจำพวกโปรตีนที่ผ่าน
การย่อยมาแล้วแต่ยังอยู่ในสภาพของ
สารโมเลกุลใหญ่



รูปที่ 1.4 การย่อยอาหารของไฮดรา

กิจกรรมเสนอแนะ

การย่อยอาหารของไฮดรา

วิธีปฏิบัติ

ใส่โรตเตอร์ลงบนสไลด์หลุมที่มีไฮดรอลอยด์ สังเกตการกินและย่อยอาหารของไฮดรอลอยด์โดยใช้แว่นขยายหรือไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลการสังเกต

การย่อยอาหารของหนอนตัวแบน

กิจกรรมเสนอแนะ

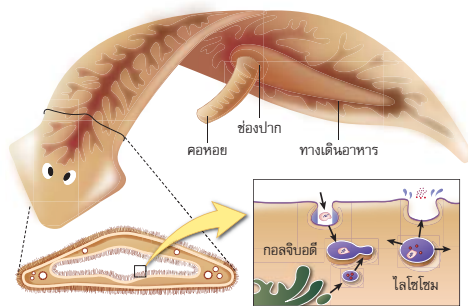
การย่อยอาหารของพลาเนเรีย

วิธีปฏิบัติ

1. นำด่างโกสโตไปสับให้ละเอียดแล้วผสมด้วยถ่านคาร์บอน (charcoal) 0.5 กรัม ผสมให้เข้ากันจนเป็นสีดำทั้งหมด (ผงถ่านสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายยาทั่วไปในรูปของยาเม็ด)
2. นำพลาเนเรีย 1-2 ตัว ใส่ในจานเพาะเชื้อที่มีน้ำน้อย แล้วใช้ปากคีบคีบดักไปที่เตรียมไว้จากข้อ 1 ใส่ลงในจานเพาะเชื้อบริเวณที่มีพลาเนเรียอยู่
3. สังเกตการกินอาหารของพลาเนเรียโดยใช้แว่นขยายส่องดูทางเดินอาหารของพลาเนเรียหรือนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลการสังเกต

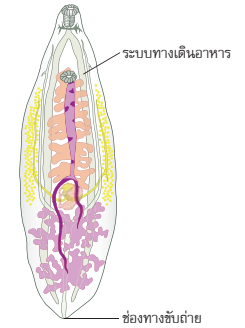
พลาเนเรีย (planaria) เป็นหนอนตัวแบนที่ดำรงชีวิตแบบอิสระ เป็นสัตว์จำพวกแรกที่มีเนื้อเยื่อ 3 ชั้น แต่ยังไม่มีส่วนลำตัว มีระบบทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เพราะมีช่องนำอาหารเข้าและกำจัดกากอาหารออกเป็นช่องเดียวกัน คือ **ช่องปาก (mouth)** ซึ่งอยู่ตรงกลางด้านท้องของลำตัว ถัดจากช่องปากมีโครงสร้างที่เหมือนวงยื่นออกมาทำหน้าที่ดูดอาหารเรียกว่า **คอหอย (pharynx)** ตรงโคนของคอหอยจะเชื่อมต่อกับลำไส้เล็กเป็นทางเดินอาหารที่ทอดยาวตลอดลำตัว และแตกแขนงออกไปทั้งสองข้างของลำตัว

การย่อยอาหารของพลาเนเรียมีทั้งการย่อยภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ เมื่อมีอาหารเข้าสู่ทางเดินอาหาร เซลล์ต่อมจะปล่อยน้ำย่อยออกมาช่วยย่อยอาหารในทางเดินอาหาร ขณะเดียวกันเซลล์ที่บุอยู่ในทางเดินอาหารบางเซลล์จะนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิสแล้วย่อยภายในเซลล์ เรียกเซลล์เหล่านี้ว่า **เซลล์ฟาโกไซติก (phagocytic cell)** อาหารที่ย่อยไม่ได้เป็นกากอาหารจะถูกขับออกภายนอกผ่านทางช่องปาก

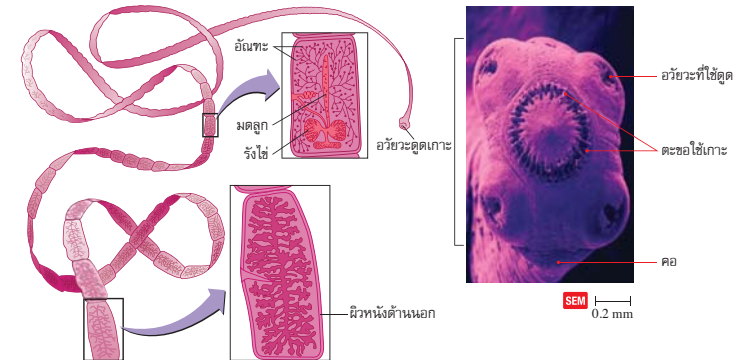


รูปที่ 1.5 ทางเดินอาหารและการย่อยอาหารของพลาเนเรีย

พยาธิใบไม้ (fluke) เป็นหนอนตัวแบนที่ดำรงชีวิตแบบปรสิต มีทางเดินอาหารทอดยาวไปตามลำตัวคล้ายพลาเนเรีย แต่ส่วนของลำไส้ไม่มีการแตกแขนง ตำแหน่งของช่องปากอยู่ในบริเวณตรงกลางของอวัยวะดูดเกาะ (sucker) ทำหน้าที่ดูดอาหารผ่านลำคอเข้าสู่ลำไส้เล็ก ส่วนพยาธิตัวติดที่ดำรงชีวิตแบบปรสิตเช่นเดียวกับพยาธิใบไม้ ไม่มีทั้งช่องเปิดและระบบทางเดินอาหาร แต่มีอวัยวะดูดเกาะหลายอันอยู่ที่บริเวณหัว (scolex) ใช้ในการดูดอาหารที่ผ่านการย่อยแล้วจากผู้ถูกอาศัย (host) ผ่านผนังลำตัว



รูปที่ 1.6 ทางเดินอาหารของพยาธิใบไม้



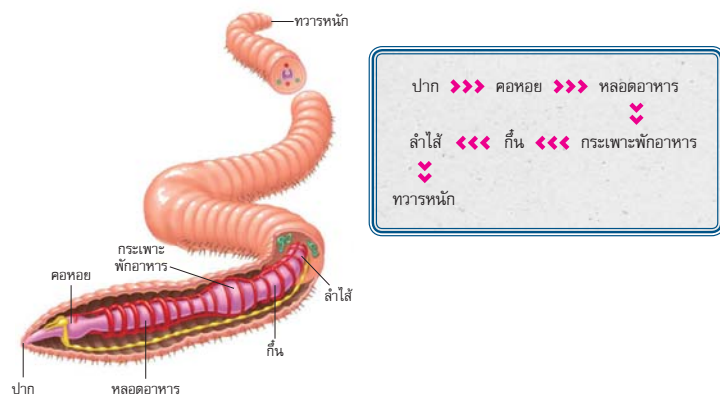
รูปที่ 1.7 อวัยวะดูดเกาะที่ส่วนหัวของพยาธิตัวติด

การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์

การย่อยอาหารของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดิน (earthworm) จัดเป็นสัตว์จำพวกหนอนปล้อง กินซากของสิ่งมีชีวิตเป็นอาหาร มีระบบทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ โดยประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ดังนี้

1. **ปาก (mouth)** เป็นช่องเปิดทำหน้าที่เป็นทางเข้าของอาหาร
2. **คอหอย (pharynx)** อยู่ถัดจากปาก มีลักษณะพองออกเล็กน้อย ทำหน้าที่บีบตัวดันอาหารเคลื่อนที่เข้าสู่หลอดอาหาร
3. **หลอดอาหาร (esophagus)** เป็นอวัยวะที่อยู่ถัดจากคอหอย มีลักษณะเป็นท่อขนาดเล็ก ผนังหลอดอาหารมีต่อมที่ทำหน้าที่สร้างสารที่มีฤทธิ์เป็นเบส เพื่อลดสภาพความเป็นกรดของอาหาร
4. **กระเพาะพักอาหาร (crop)** มีลักษณะเป็นถุงผนังบางเป็นที่พักของอาหารก่อนที่จะเคลื่อนเข้าสู่อวัยวะถัดไป
5. **กึ๋น (gizzard)** อยู่ถัดจากกระเพาะพักอาหาร ลักษณะเป็นกระเปาะขนาดเล็ก ประกอบด้วยผนังกล้ามเนื้อที่มีความหนาและแข็งแรงมาก ทำหน้าที่บดอาหารให้มีขนาดเล็กลง
6. **ลำไส้ (intestine)** เป็นส่วนของทางเดินอาหารอยู่ถัดจากกึ๋นและทอดยาวไปตามลำตัว เซลล์เยื่อบุที่มีผนังลำไส้จะสร้างเอนไซม์หลายชนิดเพื่อย่อยอาหาร เช่น อะไมเลส เซลลูเลส ลิเพส เพปซิน และทริปซิน อาหารที่ย่อยได้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดและช่องว่างในลำตัว
7. **ทวารหนัก (anus)** เป็นช่องเปิดทำหน้าที่เป็นทางออกของกากอาหาร

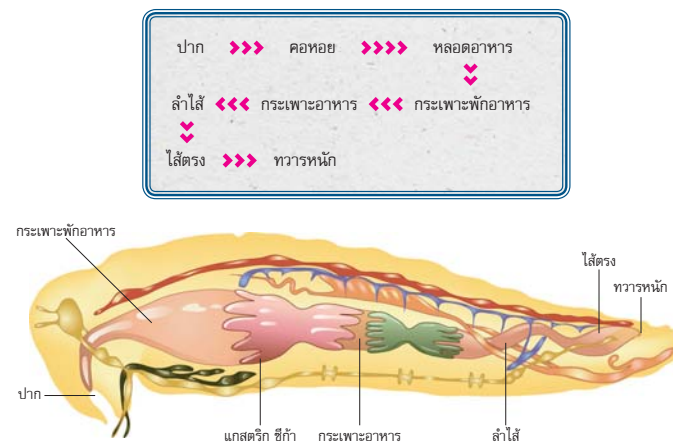


รูปที่ 1.8 ทางเดินอาหารของไส้เดือนดิน

การย่อยอาหารของสัตว์ขาปล้อง

การย่อยอาหารของสัตว์ขาปล้อง (arthropod) เช่น สัตว์จำพวกแมลง กุ้ง และแมงต่าง ๆ สัตว์กลุ่มนี้มีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ดังนี้

1. **ปาก (mouth)** สัตว์ขาปล้องเป็นสัตว์ที่วิวัฒนาการของปากแตกต่างกันตามความเหมาะสมกับอาหารที่กิน โดยพบว่าบางชนิดมีปากแบบดูด บางชนิดมีปากแบบกัด ปากเป็นช่องทางเข้าของอาหาร จากนั้นอาหารจะถูกกลืนผ่านคอหอยไปยังหลอดอาหาร
2. **หลอดอาหาร (esophagus)** เป็นอวัยวะที่อยู่ถัดจากคอหอย มีลักษณะเป็นท่อนสั้นๆ บริเวณด้านข้างของหลอดอาหารมีต่อมน้ำลายที่มีท่อต่อไปเปิดออกในช่องปาก
3. **กระเพาะพักอาหาร (crop)** อยู่ถัดจากหลอดอาหาร ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารก่อนส่งไปย่อยต่อในอวัยวะถัดไป
4. **กระเพาะอาหาร (stomach)** เป็นอวัยวะที่สร้างและหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยอาหาร บริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะพักอาหารกับกระเพาะอาหารมีถุงเล็กๆ คล้ายนิ้วยื่นออกมาโดยรอบ เรียกถุงนี้ว่า **แกสตริก ซีก้า (gastric caeca)** ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์มาย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร
5. **ลำไส้ (intestine)** ทำหน้าที่ย่อยอาหารที่ส่งมาจากกระเพาะอาหาร
6. **ไส้ตรง (rectum)** เป็นที่พักของกากอาหารก่อนขับออกสู่ภายนอก
7. **ทวารหนัก (anus)** เป็นทางออกของกากอาหาร



รูปที่ 1.9 ทางเดินอาหารของตั๊กแตน

การย่อยอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ระบบทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrata) ทุกชนิดจัดเป็นระบบทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ ประกอบด้วยอวัยวะที่คล้ายคลึงกัน

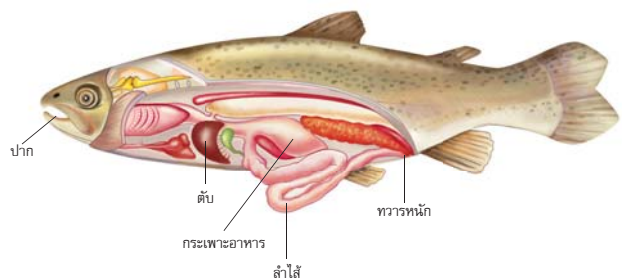
กิจกรรมเสนอแนะ

การย่อยอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

วิธีปฏิบัติ

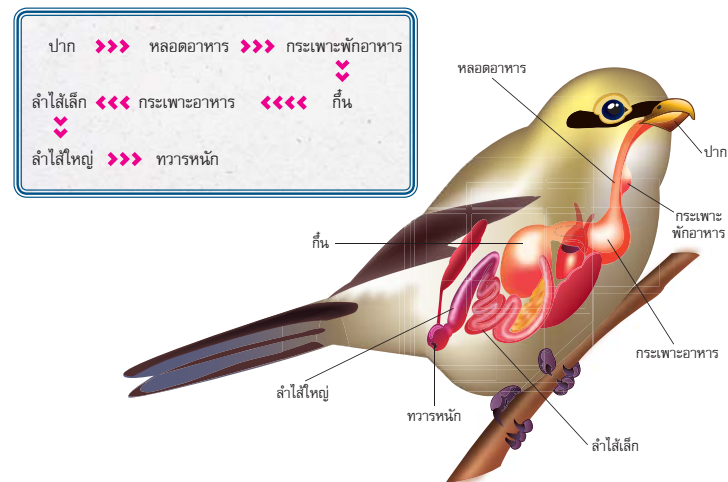
ให้นักเรียนนำสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดใดก็ได้ที่พบได้ทั่วไปในท้องถิ่นและไม่เป็นอันตราย เช่น ไก่ เป็ด ปลาช่อน ปลาดุก ปลาหมอสี มาผ่าดูทางเดินอาหาร โดยศึกษาลักษณะของปาก ขนาด ความยาว และความหนาของลำไส้ และความแข็งแรงของกระเพาะอาหาร แล้วเขียนแผนภาพทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษา

ปลา มีอวัยวะในระบบทางเดินอาหารประกอบด้วย ปากที่เป็นช่องทางที่อาหารเข้าไป อาหารจะผ่านเข้าสู่คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ และทวารหนัก นอกจากนี้ยังมีอวัยวะที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร แต่มีส่วนช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับ ถุงน้ำดี



รูปที่ 1.10 ทางเดินอาหารของปลา

สัตว์ปีก เช่น นก มีอวัยวะในทางเดินอาหารประกอบด้วยปาก ซึ่งปากของนกแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างของจะงอยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่กิน ภายในช่องปากของนกมีลิ้นทำหน้าที่ช่วยให้อาหารเคลื่อนเข้าสู่หลอดอาหารเพื่อนำไปเก็บไว้ที่กระเพาะอาหาร จากนั้นอาหารจะถูกลบลงไปต่อที่กิน อาหารที่ผ่านการบดจะมีขนาดเล็กและเคลื่อนที่เข้าสู่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก การย่อยอาหารในอวัยวะทั้งสองนี้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์อาหารที่ย่อยได้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ส่วนอาหารที่ย่อยไม่ได้จะเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้ใหญ่เพื่อรอขับออกภายนอกทางทวารหนัก



รูปที่ 1.11 ทางเดินอาหารของนก

การย่อยอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืชเป็นอาหาร ทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืชเป็นอาหารแตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินเนื้อเป็นอาหารบางประการ เช่น ความยาวของทางเดินอาหาร สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืชเป็นอาหารจำพวกสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย แกะ และแพะ มีโครงสร้างของอวัยวะในทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารแตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ ดังนี้

1. ปาก อวัยวะในช่องปากของสัตว์เคี้ยวเอื้องประกอบด้วยฟัน ลิ้น และต่อมน้ำลาย ทำหน้าที่บดเคี้ยวและคลุกเคล้าอาหารเช่นเดียวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป แต่สัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีการเคี้ยวอาหารในช่องปาก 2 ครั้ง การเคี้ยวอาหารในครั้งแรกเป็นการเคี้ยวอาหารแบบหยาบๆ อาหารที่เคี้ยวได้ถูกคลุกเคล้าด้วยน้ำลายเพื่อช่วยให้อาหารมีความอ่อนนุ่มและลื่น ทำให้กลืนอาหารเข้าสู่หลอดอาหารได้สะดวก จากนั้นอาหารที่กลืนจะเคลื่อนที่เข้าไปสู่กระเพาะอาหารและถูกสลายออกมาเคี้ยวอีกครั้ง อาหารที่เคี้ยวได้ในครั้งหลังจะเป็นอาหารที่มีความละเอียดมากขึ้นและถูกกลืนเข้าสู่ทางเดินอาหารอีกครั้งเพื่อทำการย่อยต่อไป

2. **กระเพาะอาหาร** สัตว์เคี้ยวเอื้องมีกระเพาะอาหารแบบกระเพาะรวม (compound stomach) แบ่งเป็น 4 ส่วน โดย 3 ส่วนแรกเป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงมาจากหลอดอาหาร ไม่มีการสร้างเอนไซม์สำหรับย่อยจึงไม่ใช่กระเพาะอาหารที่แท้จริง มีเพียงกระเพาะอาหารส่วนที่ 4 เท่านั้นที่เป็นกระเพาะอาหารที่แท้จริง กระเพาะอาหารทั้ง 4 ส่วนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีดังนี้

- **กระเพาะอาหารส่วนรูเมน (rumen)** เป็นกระเพาะอาหารส่วนแรกที่อยู่ถัดจากหลอดอาหาร ผ่นด้านในมีส่วนที่ยื่นออกมาจำนวนมาก จึงเรียกกระเพาะอาหารส่วนนี้ว่า **ผ้าขี้ริ้ว** ภายในกระเพาะอาหารนี้มีแบคทีเรียและโพรทิสต์จำนวนมาก (ciliated) ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อย่อยอาหารพวกเซลลูโลส

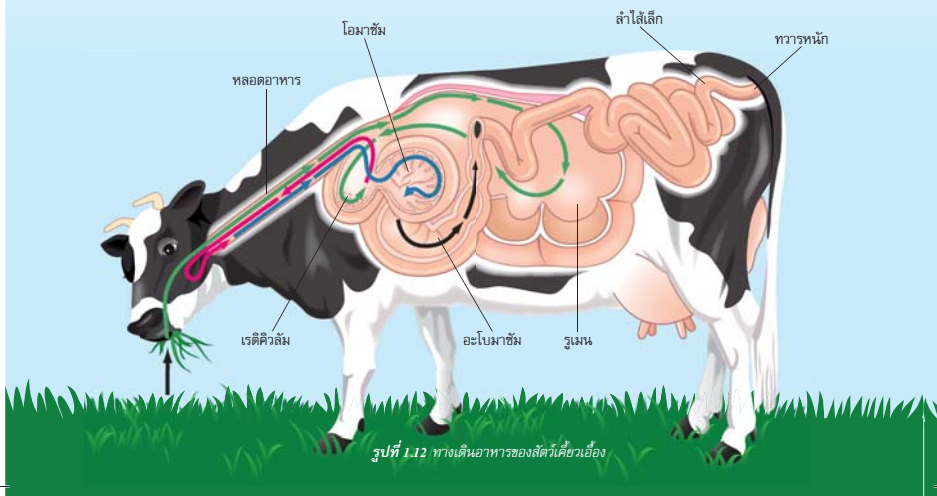
- **กระเพาะอาหารส่วนเรติคิวลัม (reticulum)** อยู่ถัดจากกระเพาะรูเมน ลักษณะคล้ายรังผึ้ง จึงเรียกอีกชื่อว่า **กระเพาะรังผึ้ง (honey comb)** ทำหน้าที่บดและผสมอาหาร อาหารที่ย่อยได้จะถูกส่งออกจากหลอดอาหารกลับมากำปากเพื่อเคี้ยวให้ละเอียดอีกครั้ง เรียกการเคี้ยวอาหารในลักษณะเช่นนี้ว่า **การเคี้ยวเอื้อง**

- **กระเพาะอาหารส่วนโอม่าซั่ม (omasum)** หรือเรียกว่า **กระเพาะสามลิบกlib (manyplies)** มีลักษณะเป็นกลีบ ทำหน้าที่บดและผสมอาหารเพื่อส่งไปยังกระเพาะอาหารที่แท้จริง

- **กระเพาะอาหารส่วนอะโบมาซั่ม (abomasum)** เป็นกระเพาะอาหารที่แท้จริง มีลักษณะเช่นเดียวกับกระเพาะอาหารเดียวของสัตว์ชนิดอื่นๆ ผ่นด้านในของกระเพาะอาหารมีกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ เช่น เอนไซม์เพปซินเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน

3. **ลำไส้เล็ก** สัตว์เคี้ยวเอื้องมีลำไส้เล็กที่ยาวมาก โดยมีความยาวประมาณ 40 เมตร ทำหน้าที่ย่อยอาหารและดูดซึมอาหารเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด นอกจากนี้ในอาหารยังมีจุลินทรีย์ปะปนมาด้วยทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับสารอาหารที่เกิดจากการย่อยของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

4. **ลำไส้** สัตว์เคี้ยวเอื้องมีลำไส้ขนาดใหญ่ภายในมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ โดยจุลินทรีย์ในลำไส้จะทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ช่วยในการย่อยอาหารให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง



รูปที่ 1.12 ทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

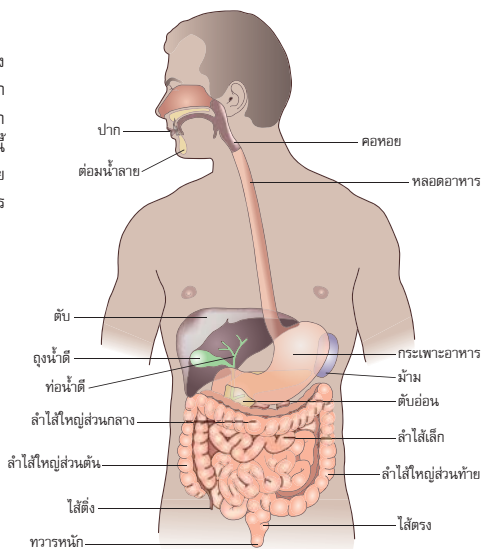
การย่อยอาหารในทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถเขียนสรุปได้ดังแผนภาพที่ 1.1



แผนภาพที่ 1.1 การย่อยอาหารในทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

1.3 การย่อยอาหารของคน

อวัยวะในทางเดินอาหารของคนประกอบด้วย ปาก อวัยวะในช่องปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก นอกจากนี้ยังมีอวัยวะที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการย่อยอาหารแต่จะสร้างสารมาช่วยย่อยอาหาร ได้แก่ ตับและตับอ่อน



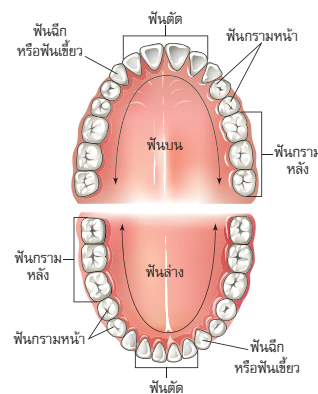
รูปที่ 1.13 ทางเดินอาหารของคน

การย่อยอาหารในปาก

อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารในปาก คือ ฟัน ลิ้น และต่อมน้ำลาย ซึ่งมีโครงสร้างและหน้าที่ในการย่อยอาหารดังนี้

1. **ฟัน (teeth)** ทำหน้าที่ในการย่อยเชิงกล คือ บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหารให้มากขึ้น ฟันคนมี 2 ชุด คือ ฟันน้ำนม (milk teeth หรือ deciduous teeth) ที่เริ่มขึ้นตั้งแต่อายุได้ 6 เดือน จากนั้นจะหลุดออกไปเมื่ออายุได้ 6 ขวบ ฟันชุดที่ 2 คือ ฟันแท้ (permanent teeth) จะขึ้นมาแทนที่ฟันน้ำนมคนมี 32 ซี่ ดังนี้

นักเรียนลองส่องกระจก แล้วสังเกตอวัยวะต่างๆ ภายในช่องปากว่ามีอะไรบ้าง แล้วมีลักษณะและจำนวนเหมือนหรือต่างกับคนอื่นอย่างไร



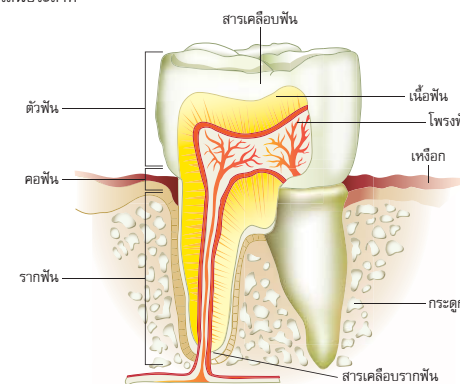
รูปที่ 1.14 ตำแหน่งและรูปร่างของฟันชนิดต่างๆ

โครงสร้างของฟันแต่ละซี่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- **ตัวฟัน (crown)** เป็นส่วนของฟันที่โผล่พ้นเหงือก ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ **สารเคลือบฟัน (enamel)** อยู่ชั้นนอกสุดของตัวฟัน เป็นส่วนที่แข็งแรงและทนทานที่สุดของฟัน มีสีขาวและมีเนื้อแน่น ส่วนที่อยู่ถัดจากสารเคลือบฟันคือ **เนื้อฟัน (dentine)** ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หนาแน่น ชั้นในสุดของฟัน คือ **โพรงฟัน (pulp cavity)** ประกอบด้วยหลอดเลือดและเส้นประสาท

- **รากฟัน (root)**

เป็นส่วนของฟันที่ฝังและยึดติดอยู่ในกระดูกขากรรไกรด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความแข็งแรงมาก ด้านนอกของรากฟันมีเยื่อบางๆ หุ้มอยู่ เรียกว่า **สารเคลือบรากฟัน (cementum)** ช่วยยึดรากฟันให้แข็งแรง



รูปที่ 1.15 โครงสร้างของฟัน

2. **ลิ้น (tongue)** ทำหน้าที่ในการคลุกเคล้าอาหารขณะเคี้ยว และส่งอาหารผ่านคอหอยเข้าสู่หลอดอาหาร รวมทั้งรับรสของอาหาร โดยผิวด้านบนของลิ้นเป็นที่อยู่ของตุ่มรับรส (taste bud) กระจายอยู่บริเวณต่างๆ ของลิ้น

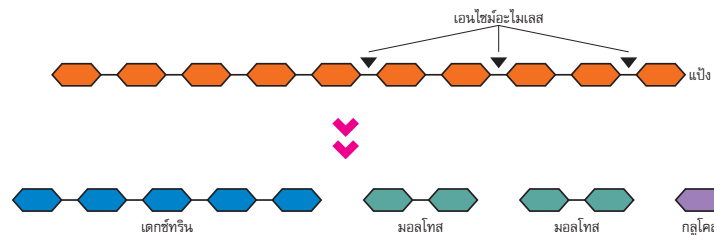
3. **ต่อมน้ำลาย (salivary gland)** เป็นต่อมมีท่อ ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย (saliva) และเอนไซม์บางชนิด ต่อมน้ำลายจะสร้างน้ำลายประมาณวันละ 1-1.5 ลิตร น้ำลายของคนประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 99.5 มีค่า pH 6.2-7.4 ต่อมน้ำลายมี 3 คู่ ดังนี้

- **ต่อมพาโรทิด (parotid gland)** เป็นต่อมน้ำลายที่มีขนาดใหญ่ที่สุด อยู่บริเวณกกหูทั้ง 2 ข้าง สร้างน้ำลายชนิดใสเพียงอย่างเดียวในปริมาณร้อยละ 26 ของน้ำลายทั้งหมด ถ้าต่อมน้ำลายนี้ได้รับเชื้อไวรัสจะเกิดการอักเสบทำให้มีอาการบวมและเจ็บบริเวณกกหู เรียกว่า **โรคคางทูม (parotitis หรือ mumps)**

- **ต่อมซับแมกซิลลารีหรือต่อมซับแมนดิบูลาร์ (submaxillary หรือ submandibular gland)** เป็นต่อมน้ำลายที่อยู่ใต้ขากรไกร มี 1 คู่ สร้างน้ำลายทั้งชนิดใสและชนิดเหนียวประมาณร้อยละ 69 ของน้ำลายทั้งหมด แต่จะสร้างน้ำลายชนิดใสมากกว่าชนิดเหนียว

- **ต่อมซับลิงกวล (sublingual gland)** เป็นต่อมน้ำลายที่มีขนาดเล็กที่สุด อยู่บริเวณใต้ลิ้น สร้างน้ำลายร้อยละ 5 ของน้ำลายทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นน้ำลายชนิดเหนียวมากกว่าชนิดใส

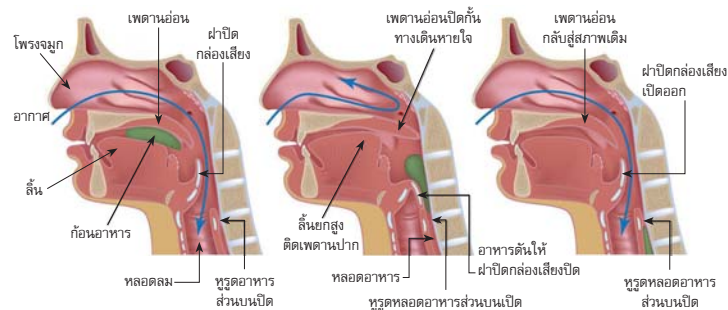
ต่อมน้ำลายที่สร้างน้ำลายชนิดเหนียวจะสร้างเมือกที่มีสารประกอบจำพวกไกลโคโปรตีน ซึ่งช่วยให้อาหารลื่นและอ่อนตัวทำให้กลืนได้สะดวก ส่วนต่อมน้ำลายที่สร้างน้ำลายชนิดใสจะสร้างเอนไซม์ไทอะลิน (ptyalin) หรือเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลง เช่น น้ำตาลเดกซ์ทรีน (dextrin) หรืออาจมีน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) คือ น้ำตาลมอลโทส และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) คือ กลูโคสเกิดขึ้นได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพันธะเคมีในโมเลกุลของแป้งที่ถูกย่อย อาหารที่ผ่านการเคี้ยวและถูกคลุกเคล้าแล้วจะอยู่ในสภาพกึ่งแข็งกึ่งเหลว จากนั้นอาหารจะถูกดันผ่านคอหอยและหลอดอาหาร เพื่อส่งไปยังกระเพาะอาหารต่อไป



รูปที่ 1.16 การย่อยแป้งโดยเอนไซม์อะไมเลสในช่องปาก

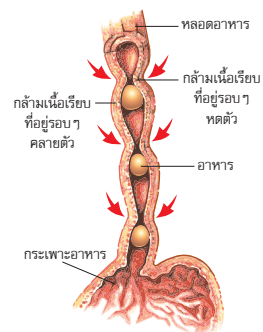
การกลืนอาหารและการทำงานของหลอดอาหาร

การกลืนอาหาร เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างลิ้น เพดานอ่อน (soft palate) คอหอย (pharynx) และฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) โดยลิ้นจะดันอาหารที่ผ่านการบดเคี้ยวแล้วไปด้านหลังของช่องปาก อาหารจะเคลื่อนไปดันให้ลิ้นไก่ (uvula) และเพดานอ่อนขึ้นด้านบนเพื่อปิดกั้นทางเดินหายใจ ป้องกันไม่ให้อาหารเข้าไปในโพรงจมูก จากนั้นอาหารจะเคลื่อนเข้าสู่หลอดอาหารโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อที่ผนังคอหอย ในขณะเดียวกันกล่องเสียงจะยกตัวขึ้นไปชนฝาปิดกล่องเสียงเพื่อปิดช่องของกล่องเสียง ป้องกันไม่ให้อาหารเข้าไปในหลอดลมซึ่งจะทำให้เกิดการสำลัก เมื่ออาหารเข้าสู่หลอดอาหารแล้ว กล้ามเนื้อลิ้นจะคลายตัว เพดานอ่อนกลับอยู่ในลักษณะเดิม ฝาปิดกล่องเสียงจะเปิดออก



รูปที่ 1.17 การกลืนอาหาร

การทำงานของหลอดอาหาร มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของหลอดอาหาร โดยหลอดอาหารจะมีลักษณะเป็นท่อตรงต่อจากคอหอยไปยังกระเพาะอาหาร มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร บริเวณส่วนบนของหลอดอาหารมีกล้ามเนื้อหูรูดไฮโปฟาริงเกียล (hypopharyngeal sphincter) ทำหน้าที่เปิดและปิดหลอดอาหารขณะที่มีการกลืนอาหาร ส่วนบริเวณปลายด้านล่างของหลอดอาหารเชื่อมต่อกับกระเพาะอาหารมีกล้ามเนื้อหูรูดแกสโตรอซิฟาเกียล (gastroesophageal หรือ cardiac sphincter) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อาหารในกระเพาะอาหารย้อนกลับมายังหลอดอาหาร และผนังหลอดอาหารจะมีการสร้างเมือกช่วยในการหล่อลื่นทำให้อาหารเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ซึ่งการที่อาหารจะเคลื่อนที่ได้นั้นต้องอาศัยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่อยู่รอบๆ หลอดอาหารเป็นช่วงติดต่อกัน เรียกกระบวนการนี้ว่า **เพริสตัลซิส (peristalsis)** อาหารจะเคลื่อนที่ผ่านหลอดอาหารโดยใช้เวลา 5-10 วินาทีเท่านั้น

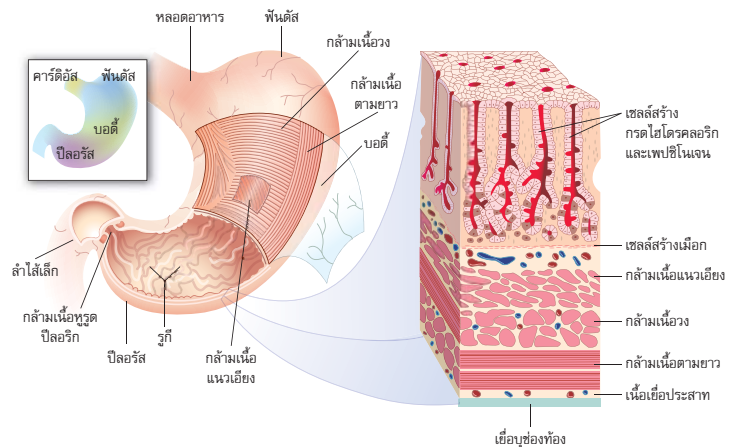


รูปที่ 1.18 การเกิดเพริสตัลซิสในหลอดอาหาร

การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร

กระเพาะอาหาร (stomach) เป็นอวัยวะในทางเดินอาหารที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะเป็นถุงกว้างประมาณ 5 นิ้ว ยาว 10 นิ้ว เชื่อมต่อจากหลอดอาหาร อยู่ภายในช่องท้องด้านซ้ายใต้กะบังลม ผนังด้านในของกระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นรอยย่นพับซ้อนกันเป็นจำนวนมาก เรียกว่า **รูกี้ (rugae)** ในขณะที่ยังไม่มีอาหารอยู่ภายในกระเพาะอาหารจะมีขนาดความจุเพียง 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่เมื่อรับประทานอาหารเข้าไปกระเพาะอาหารสามารถขยายได้ 10-40 เท่า โดยมีขนาดความจุ 500-2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร กระเพาะอาหารแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนบนสุดของกระเพาะอาหารที่อยู่ติดจากหลอดอาหาร เป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับหัวใจจึงเรียกว่า **คาร์ดีอัล** หรือ **คาร์เดีย (cardius หรือ cardiac stomach)** โดยบริเวณช่องเปิดระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหารจะมี **กล้ามเนื้อหูรูดคาร์เดีย (cardiac sphincter)** ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อาหารในกระเพาะอาหารเคลื่อนย้อนกลับไปยังหลอดอาหาร
2. ส่วนที่โค้งขึ้นไปอยู่เหนือคาร์ดีอัล เรียกว่า **ฟันดัส (fundus)** ส่วนบริเวณตรงกลางของกระเพาะอาหารมีขนาดใหญ่ที่สุด ลักษณะเป็นกระพุ้งเรียกส่วนนี้ว่า **บอดี้ (body)**
3. ส่วนปลายสุดของกระเพาะอาหารอยู่ติดกับลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) เรียกว่า **ปิลอรัส (pylorus หรือ pyloric stomach)** โดยบริเวณด้านล่างปลายสุดของกระเพาะอาหารที่ติดต่อกับลำไส้เล็กส่วนต้นจะมี **กล้ามเนื้อหูรูดปิลอริก (pyloric sphincter)** ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอาหารจากกระเพาะอาหารเข้าสู่ลำไส้เล็ก



รูปที่ 1.19 โครงสร้างของกระเพาะอาหาร

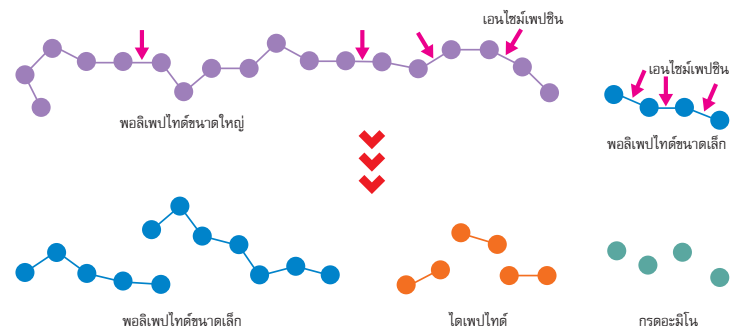
ภายในผนังด้านในกระเพาะอาหารประกอบด้วยกลุ่มเซลล์บุผิว 3 ชนิด คือ

1. **เซลล์สร้างเมือก (mucous cell)** พบมากบริเวณคาร์ดีอัลและปิลอรัส ทำหน้าที่สร้างเมือก น้ำเมือกที่สร้างมีฤทธิ์เป็นเบส เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกได้สภาวะที่เป็นกลาง น้ำเมือกจึงมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้เอนไซม์และกรดไฮโดรคลอริกทำลายเซลล์ของผนังด้านในของกระเพาะอาหาร
2. **เซลล์สร้างกรดไฮโดรคลอริก (parietal cell)** พบมากบริเวณบอดี้ ทำหน้าที่สร้างกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งกรดไฮโดรคลอริกทำหน้าที่กระตุ้นให้เพปซิโนเจนเปลี่ยนเป็นเพปซินเพื่อย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร ขณะเดียวกันกรดไฮโดรคลอริกยังช่วยทำลายเชื้อโรคที่ปะปนมากับอาหาร
3. **เซลล์สร้างเพปซิโนเจน (chief cell หรือ zymogen cell)** พบมากบริเวณบอดี้ ทำหน้าที่สร้างเอนไซม์เพปซิโนเจน

การย่อยในกระเพาะอาหาร

การย่อยในกระเพาะอาหารมีทั้งการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะอาหารเซลล์ของผนังกระเพาะอาหารส่วนท้ายบางเซลล์จะหลั่งฮอร์โมนแกสตริน (gastrin) เพื่อกระตุ้นให้เซลล์เยื่อบุผนังด้านในหลั่งกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์เพปซิโนเจน แต่ตอนแรกเพปซิโนเจนจะยังไม่ทำงานได้ ต้องได้รับการกระตุ้นจากกรดไฮโดรคลอริกให้เปลี่ยนเป็นเพปซินก่อนจึงจะสามารถย่อยโปรตีนได้ ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อในผนังกระเพาะอาหารจะมีการบีบตัวแบบเพริสตัลซิสเพื่อช่วยบดและคลุกเคล้าอาหารเข้ากับกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์ จนกลายเป็นอาหารเหลวที่มีลักษณะเป็นน้ำข้นๆ เรียกว่าอาหารเหลวนี้ว่า **ไคม์ (chyme)** อาหารจะอยู่ในกระเพาะอาหาร 30 นาทีถึง 6 ชั่วโมง จากนั้นกระเพาะอาหารจะบีบตัวเพื่อให้ไคม์เคลื่อนที่ผ่านกล้ามเนื้อหูรูดปิลอริกเข้าสู่ลำไส้เล็ก

การย่อยเชิงเคมีในกระเพาะอาหารมีเฉพาะการย่อยโปรตีนเท่านั้น โดยเอนไซม์เพปซินจะย่อยพันธะเพปไทด์ของโปรตีนได้เป็นพอลิเพปไทด์สายสั้นลงหรือไดโมเลกุลของกรดอะมิโน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ที่ถูกย่อย



รูปที่ 1.20 การย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์เพปซินในกระเพาะอาหาร

แผลในกระเพาะอาหาร

การย่อยภายในกระเพาะอาหารจะมีการหลั่งเอนไซม์และกรดไฮโดรคลอริก ทำให้มีโอกาสที่เซลล์ผิวของกระเพาะอาหารอาจถูกทำลายได้ตลอดเวลา ร่างกายจึงมีกลไกที่ช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์เยื่อผิวของกระเพาะอาหารถูกทำลายดังนี้

- เซลล์ผนังด้านในกระเพาะอาหารที่ทำหน้าที่สร้างเมือกจะขับน้ำเมือกออกมาเคลือบเยื่อผิวไว้เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดในกระเพาะอาหารให้เป็นกลาง
- อาหารในกระเพาะอาหารทำให้สภาพความเป็นกรดเจือจางลง
- มีการสร้างเซลล์เยื่อผิวใหม่ทุกวันๆ 3 วัน โดยทุกๆ 1 นาที กระเพาะอาหารจะสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาทดแทนเซลล์เดิมประมาณ 500,000 เซลล์

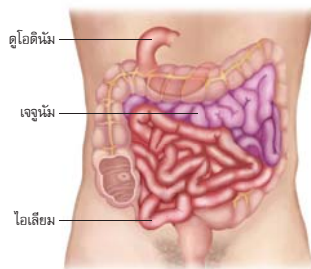
อย่างไรก็ตามเซลล์เยื่อผิวของกระเพาะอาหารจะถูกทำลายมากกว่าจำนวนเซลล์เยื่อผิวที่สร้างขึ้นมาทดแทนได้ จนทำให้เกิดเป็นแผลในกระเพาะอาหารมีสาเหตุมาจากหลายประการดังนี้

1. การรับประทานอาหารไม่ตรงเวลา ร่างกายจะมีการหลั่งกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์เพปซินเอนตามเวลาที่เรารับประทานอาหารเป็นประจำ เมื่อไม่มีอาหารเข้าสู่กระเพาะอาหารกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์เพปซินเอนจะไปทำลายเซลล์เยื่อผิวในกระเพาะอาหาร
2. การที่ร่างกายได้รับแอลกอฮอล์และกาแฟในปริมาณมาก หรือการรับประทานอาหารรสจัด ทำให้กรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารหลั่งออกมามากกว่าในภาวะปกติ
3. การรับประทานยาแก้ปวด ยาแก้ปวด และยาพอสเตรอยด์ ทำให้การสร้างน้ำเมือกออกมาเคลือบผนังด้านในกระเพาะอาหารลดลง มีผลให้กรดไฮโดรคลอริกทำลายเซลล์เยื่อผิวผนังด้านในกระเพาะอาหารได้
4. ภาวะเครียด ทำให้กระเพาะอาหารหลั่งกรดไฮโดรคลอริกมากกว่าปกติ

การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก

เมื่ออาหารผ่านการย่อยจากกระเพาะอาหารแล้ว จะเคลื่อนเข้าไปย่อยต่อในลำไส้เล็ก อาหารทุกประเภทจะถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก อาหารที่ย่อยได้จะถูกลำไส้เล็กดูดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง ส่วนอาหารที่ย่อยไม่ได้จะกลายเป็นกากอาหารเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้ใหญ่เพื่อรอการขับออกจากร่างกายในรูปของอุจจาระ การย่อยอาหารในลำไส้เล็กยังมีอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ ตับ (liver) ถุงน้ำดี (gall bladder) และตับอ่อน (pancreas)

1. **ลำไส้เล็ก (small intestine)** เป็นอวัยวะที่ขดอยู่ในช่องท้อง มีลักษณะเป็นท่อยาวประมาณ 6-7 เมตร ลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ดูโอดินัม เจจูนัม และไอเลียม



รูปที่ 1.21 โครงสร้างของลำไส้เล็ก

1) **ดูโอดินัม (duodenum)** เป็นลำไส้เล็กส่วนต้นที่อยู่ต่อจากกระเพาะอาหาร มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ลักษณะเป็นท่อยาวขดเป็นบริเวณที่ท่อน้ำดีจากถุงน้ำดีและท่อน้ำเอนไซม์จากตับอ่อนเปิดเข้าเพื่อนำสารมาช่วยในการย่อยอาหาร สารอาหารเกือบทุกชนิดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดที่บริเวณดูโอดินัมเป็นส่วนใหญ่

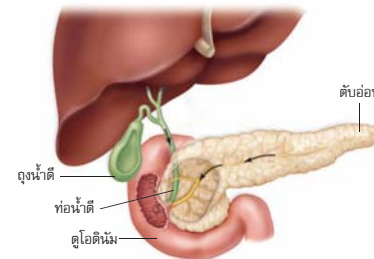
2) **เจจูนัม (jejunum)** เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากดูโอดินัม มีความยาวประมาณ 2.5 เมตร การดูดสารอาหารจำพวกไขมันเกิดขึ้นที่บริเวณนี้เป็นส่วนใหญ่

3) **ไอเลียม (ileum)** เป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้เล็ก ลักษณะเป็นท่อยาวที่มีขนาดเล็ก มีความยาวประมาณ 4 เมตร เป็นส่วนของลำไส้เล็กที่ยาวที่สุดและมีผนังบางกว่าส่วนอื่นๆ บริเวณปลายสุดที่ต่อกับลำไส้ใหญ่จะมีกล้ามเนื้อหูรูดไอลโคอริก (ileocolic sphincter หรือ ileocecal sphincter) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของกากอาหารเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ เป็นบริเวณที่มีการดูดซึมเกลือแร่และวิตามินบี 12

2. **ตับ (liver)** เป็นอวัยวะขนาดใหญ่ที่สุดในช่องท้อง อยู่บริเวณใต้กะบังลมด้านขวา มีรูปร่างลักษณะเป็นพูประกอบด้วยพูขนาดใหญ่ 2 พูอยู่ทางด้านหน้า ส่วนด้านหลัง 2 พูมีขนาดเล็ก ตับทำหน้าที่สร้างน้ำดีประมาณวันละ 600-800 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปเก็บไว้ที่ถุงน้ำดีก่อนที่จะส่งเข้าไปช่วยย่อยไขมันในลำไส้เล็ก

3. **ถุงน้ำดี (gall bladder)** เป็นถุงกล้างเนื้อขนาดเล็กฝังอยู่ใต้ผิวของตับบริเวณพูใหญ่ด้านขวา ภายในถุงบรรจุน้ำดีที่ผลิตจากตับ โดยน้ำดีมีบทบาทสำคัญต่อการย่อย คือ ช่วยทำให้ไขมันเกิดการแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ และแทรกซึมอยู่กับน้ำในรูปของอีมัลชัน (emulsion) การแตกตัวของไขมันทำให้เอนไซม์สามารถแทรกเข้าสู่ไขมันได้ดีขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารจำพวกไขมันเพิ่มขึ้นด้วย

4. **ตับอ่อน (pancreas)** อยู่บริเวณส่วนโค้งของลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัมด้านล่างของกระเพาะอาหาร มีลักษณะเรียวยาวเข้าไป มีท่อเปิดที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ตับอ่อนประกอบด้วยต่อมไร้ท่อและต่อมมีท่อ ส่วนที่เป็นต่อมไร้ท่อจะสร้างฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) และกลูคากอน (glucagon) แต่ต่อมมีท่อทำหน้าที่สร้างเอนไซม์และสารที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร เช่น เอนไซม์ย่อยโปรตีน เอนไซม์ย่อยไขมัน เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต



รูปที่ 1.22 ความสัมพันธ์ระหว่างตับ ตับอ่อน และลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม

ลำไส้เล็กจะมีกระบวนการที่ทำให้อิมัลชันของอาหารมีขนาดเล็กลงเพื่อให้ร่างกายสามารถนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

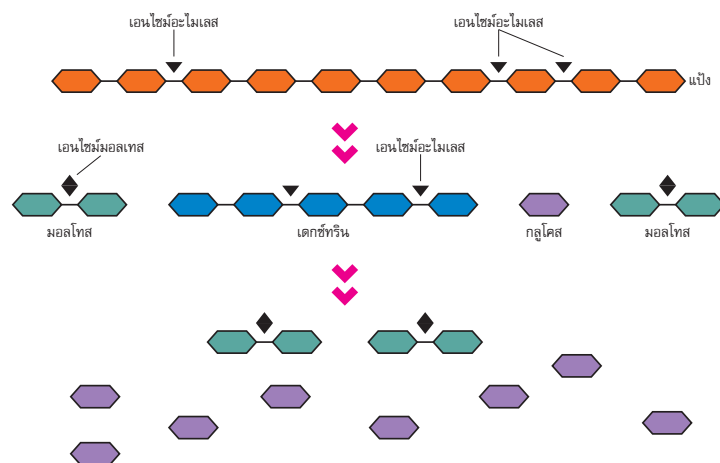


การย่อยอาหารในลำไส้เล็กมีความสัมพันธ์ระหว่างลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ดับ และตับอ่อน เมื่ออาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระเพาะอาหารเคลื่อนที่เข้าสู่ลำไส้เล็กแล้ว เยื่อเมือกบริเวณดูโอดินัมและเจจูนัมจะหลั่งฮอร์โมนซีครีติน (secretin) และแพนแคริโอไซมิน (pancreozymin) โดยฮอร์โมนซีครีตินจะกระตุ้นตับอ่อนให้หลั่งสารโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ส่วนแพนแคริโอไซมินจะกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์อะไมเลส สารเหล่านี้จะถูกส่งเข้าสู่ลำไส้เล็กที่ท่อเปิดบริเวณดูโอดินัม

ขณะเดียวกันผนังลำไส้เล็กจะบีบตัวเพื่อคลุกเคล้าอาหารให้รวมกับเอนไซม์ น้ำดี และสารต่างๆ ที่มาจากตับอ่อน ดับ และลำไส้เล็ก ทั้งนี้เพื่อให้เอนไซม์และสารต่างๆ สามารถแทรกซึมเข้าสู่อาหารได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งช่วยให้การย่อยอาหารภายในลำไส้เล็กมีประสิทธิภาพ การย่อยอาหารในลำไส้เล็กมีดังนี้

1. การย่อยคาร์โบไฮเดรต ตับอ่อนจะสร้างเอนไซม์อะไมเลสแล้วส่งไปยังลำไส้เล็กเพื่อย่อยแป้ง โกลโคเจน และเดกซ์ทริน ให้เป็นน้ำตาลมอลโทส ในขณะที่ยวกันกลุ่มเซลล์ที่ผนังลำไส้เล็กจะสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยคาร์โบไฮเดรตดังนี้

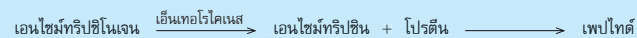
- เอนไซม์มอลเทสย่อยน้ำตาลมอลโทสได้เป็นกลูโคส 2 โมเลกุล
- เอนไซม์ซูโครสย่อยน้ำตาลซูโครสได้เป็นกลูโคสและฟรุคโทสอย่างละ 1 โมเลกุล
- เอนไซม์แลกเทสย่อยน้ำตาลแลกโทสได้เป็นกลูโคสและกาแลกโทสอย่างละ 1 โมเลกุล



รูปที่ 1.23 การย่อยคาร์โบไฮเดรต

2. การย่อยโปรตีน ตับอ่อนจะสร้างเอนไซม์สำหรับย่อยมาที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม แต่เอนไซม์ที่ตับอ่อนสร้างมานั้นยังไม่พร้อมทำงาน ต้องได้รับการกระตุ้นจากสารอื่นก่อนจึงจะสามารถย่อยโปรตีนได้ ดังนี้

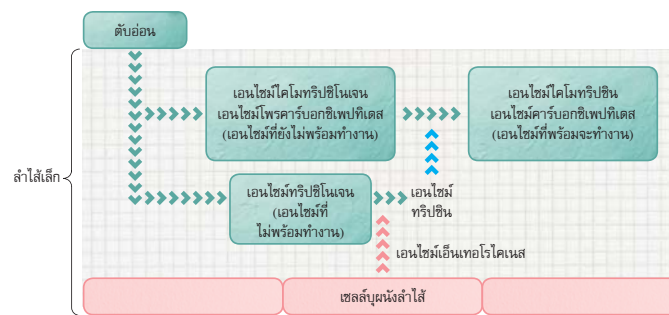
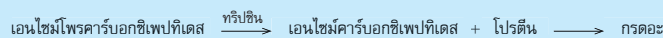
- **เอนไซม์ทริปซินโนเจน** จะได้รับการกระตุ้นจากเอนไซม์เอนเทอโรโคเนสเปลี่ยนไปเป็นเอนไซม์ทริปซิน ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนได้เป็นเปปไทด์



- **เอนไซม์ไคโมทริปซินโนเจน** จะได้รับการกระตุ้นจากเอนไซม์ทริปซินเปลี่ยนไปเป็นเอนไซม์ไคโมทริปซิน ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนได้เป็นเปปไทด์



- **เอนไซม์ไพรคาร์บอกซิเพปติเดส** จะได้รับการกระตุ้นจากเอนไซม์ทริปซินเปลี่ยนไปเป็นเอนไซม์ไพรคาร์บอกซิเพปติเดส ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนได้เป็นกรดอะมิโน



แผนภาพที่ 1.2 การทำงานร่วมกันของเอนไซม์จากตับอ่อนและลำไส้เล็ก

สำหรับเอนไซม์ที่สร้างจากผนังด้านในลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม คือ อะมิโนเพปติเดส ไตรเพปติเดส และ ไดเพปติเดส มีการย่อยโปรตีนได้ผลดังนี้



3. **การย่อยลิพิด** เกิดขึ้นในลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัมโดยอาศัยสารจากตับ ตับอ่อน และผนังลำไส้เล็ก สารที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไขมัน ได้แก่ น้ำดี โซเดียมไฮโดรเจน และเอนไซม์ลิเพส



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.2 สมบัติของน้ำดี

จุดประสงค์

ทดลองสมบัติของน้ำดี

อุปกรณ์

1. น้ำดี
2. น้ำกลั่น
3. น้ำมันพืช
4. สีชูดาน
5. หลอดทดลอง
6. หลอดหยด
7. กระบอกตวงหรือกระบอกฉีดยา

วิธีปฏิบัติ

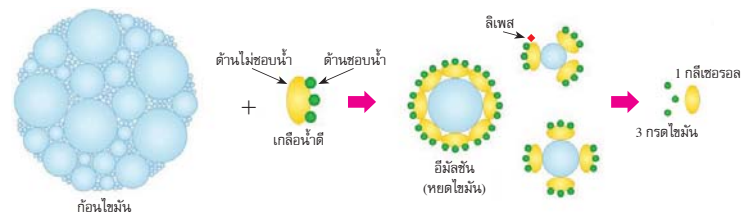
1. ผสมน้ำมันพืช สีชูดาน และน้ำกลั่น อย่างละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในหลอดทดลอง 2 หลอด
2. เติมน้ำดีลงในหลอดทดลองที่ 1 จำนวน 3-4 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทั้งไว้สักครู่
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารในหลอดทดลองที่ 1 เปรียบเทียบกับหลอดทดลองที่ 2
4. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังการทดลองสารในหลอดที่ 1 และ 2 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
2. น้ำดีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารในหลอดที่ 1 หรือไม่ อย่างไร
3. จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

น้ำดีไม่ใช่เอนไซม์แต่เป็นของเหลวสีส้มเขียวแกมเหลือง มีรสขม มีสมบัติเป็นเบสอ่อน มีค่า pH ประมาณ 7.5 ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 98 และสารอื่นๆ อีกร้อยละ 2 สารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำดีที่มีบทบาทสำคัญต่อการย่อย คือ **เกลือน้ำดี (bile salt)** ทำหน้าที่ช่วยให้ไขมันเกิดการแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ เพื่อให้เอนไซม์แทรกซึมเข้าไปย่อยไขมันได้มากขึ้น

การย่อยไขมันจะเกิดขึ้นในลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัมโดยอาศัยสารจากตับ ตับอ่อน และผนังลำไส้เล็ก โดยฮอร์โมนซีโรติทินจะกระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งสารโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเพื่อลดความเป็นกรดของอาหาร ที่มาจากการเพาะอาหาร ขณะที่ฮอร์โมนคอเลซิสไโคไคโนจากผนังลำไส้เล็กกระตุ้นให้ถุงน้ำดีขับน้ำดีเข้าสู่ลำไส้เล็ก ส่วนดูโอดินัม เกลือน้ำดีในน้ำดีจะช่วยให้ไขมันแตกตัวมีขนาดเล็กลงรวมอยู่กับน้ำในรูปของอิมัลชัน ซึ่งช่วยให้เอนไซม์แทรกซึมเข้าไปย่อยไขมันได้มากขึ้น ส่วนการหลั่งเอนไซม์ลิเพสจากตับอ่อนและผนังลำไส้เล็กเกิดจากการกระตุ้นของฮอร์โมนแพนครีโอซิซิน เอนไซม์ลิเพสจะหน้าที่ย่อยไขมันได้เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน



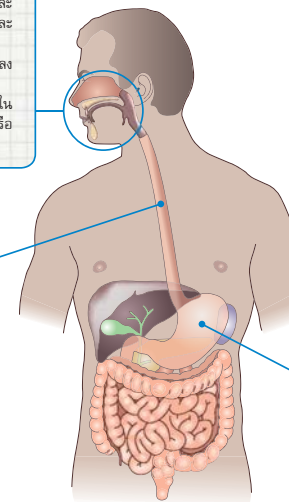
รูปที่ 1.24 การย่อยของไขมัน

การย่อยอาหารในทางเดินอาหารของคนสามารถเขียนสรุปได้ดังแผนภาพที่ 1.3

ช่องปาก เป็นบริเวณที่มีการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี ประกอบด้วยฟัน ลิ้น และต่อมน้ำลาย

- ฟัน : บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง
- ลิ้น : ส่งอาหารเข้าสู่หลอดอาหาร
- ต่อมน้ำลาย : สร้างน้ำลาย (ช่วยในการกลืน) และสร้างเอนไซม์ไทลาลินหรือเอนไซม์อะไมเลส (ย่อยอาหารจำพวกแป้ง)

หลอดอาหาร เป็นบริเวณที่ไม่มีการย่อยอาหารเกิดขึ้น อาหารจะเคลื่อนที่จากปากไปสู่กระเพาะอาหารโดยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบรอบหลอดอาหาร เรียกว่า **เพอริสตัลซิส**



กระเพาะอาหาร มีทั้งการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะอาหาร เซลล์ผนังกระเพาะอาหารจะหลั่งกรดไฮโดรคลอริกเพื่อกระตุ้นให้เซลล์เยื่อผนังด้านในหลั่งกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์เพปซินเจน กรดไฮโดรคลอริกจะกระตุ้นให้เอนไซม์เพปซินเจนเปลี่ยนเป็นเอนไซม์เพปซินที่ย่อยโปรตีน ขณะเดียวกันกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารจะบีบตัวเพื่อบดและคลุกเคล้าอาหารกับกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์จนกลายเป็นอาหารเหลว เรียกว่า **ไครม์**

ลำไส้เล็ก อาหารทุกประเภทจะถูกย่อยในลำไส้เล็กซึ่งเป็นการย่อยในขั้นสุดท้าย การย่อยอาหารในลำไส้เล็กจะมีความสัมพันธ์ระหว่างลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ตับ และตับอ่อน เมื่ออาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระเพาะอาหารเคลื่อนที่เข้าสู่ลำไส้เล็กแล้ว เยื่อเมือกบริเวณดูโอดินัมและเจจูนัมจะหลั่งฮอร์โมนซีโรติทินที่จะกระตุ้นตับอ่อนให้หลั่งสารโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตและเอนไซม์ครีโอซิซินที่กระตุ้นการหลั่งเอนไซม์อะไมเลส สารเหล่านี้จะถูกลำไส้เล็กที่ท่อเปิดบริเวณดูโอดินัม ขณะเดียวกันผนังลำไส้เล็กจะบีบตัวเพื่อคลุกเคล้าอาหารให้รวมกับเอนไซม์ น้ำดี และสารต่างๆ ที่มาจกตับอ่อน ตับ และจากผนังลำไส้เล็ก ทั้งนี้เพื่อให้เอนไซม์และสารต่างๆ สามารถแทรกซึมเข้าสู่อาหารได้มากขึ้น

แผนภาพที่ 1.3 การย่อยอาหารในทางเดินอาหารของคน

กระบวนการดูดซึมสารอาหารต่างๆ ในลำไส้เล็กมีดังนี้

การดูดซึมโปรตีน

เมื่อโปรตีนที่ถูกย่อยอยู่ในรูปกรดอะมิโนจะถูกดูดซึมผ่านไมโครวิลลัสที่ผนังลำไส้เล็ก จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยไปยังหลอดเลือดดำตับ และเข้าสู่หัวใจ ตามลำดับ เพื่อส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย

การดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

เมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกย่อยอยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะถูกดูดซึมผ่านไมโครวิลลัสที่ผนังลำไส้เล็ก จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยไปยังหลอดเลือดดำตับ และเข้าสู่หัวใจ ตามลำดับ เพื่อส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย

การดูดซึมไขมัน

เมื่อไขมันถูกย่อยอยู่ในรูปของกลีเซอรอลและกรดไขมันจะถูกดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนเจริญมีโดยมีเกลือน้ำดีช่วยในการดูดซึม โดยกลีเซอรอลและกรดไขมันจะถูกดูดซึมผ่านวิลลัส จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยหลอดเลือดดำตับ และเข้าสู่หัวใจ ตามลำดับ เพื่อส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย แต่ถ้าเป็นไขมันโมเลกุลใหญ่ เช่น มอนอกลิเซอไรด์ และคอเลสเตอรอล เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสของเซลล์เยื่อบุผิวแล้วจะถูกสังเคราะห์เป็นไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล เอสเทอร์ และฟอสโฟลิพิด จากนั้นจึงลำเลียงเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอยส่งไปยังหัวใจโดยไม่ผ่านตับ

การดูดซึมที่ลำไส้ใหญ่ เซลล์ที่ผนังด้านในลำไส้ใหญ่จะดูดซึมวิตามิน แร่ธาตุบางชนิด และน้ำ ส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก

ลำไส้ใหญ่กับอาหารที่ไม่ถูกย่อย

ลำไส้ใหญ่ (large intestine) เป็นอวัยวะสุดท้ายของระบบย่อยอาหารที่เชื่อมต่อกับลำไส้เล็กส่วนไอเลียม มีความยาวประมาณ 1.50 เมตร ทำหน้าที่เป็นที่พักของอาหารที่ร่างกายย่อยไม่ได้เรียกออาหารส่วนนี้ว่า **กากอาหาร** ก่อนจะถูกขับออกจากร่างกาย นอกจากนี้ลำไส้ใหญ่ยังมีหน้าที่ดูดซึมสารอาหาร และมีแบคทีเรียพวก *Escherichia coli* เป็นแบคทีเรียที่ดำรงชีวิตโดยอาศัยสารอาหารจากกากอาหาร และสังเคราะห์สารที่มีประโยชน์ที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้ เช่น วิตามินบี 12 กรดโฟลิก ไบโอทีน และวิตามินเค นอกจากนี้การย่อยสลายอาหารโดยแบคทีเรียทำให้เกิดสภาวะขึ้นในทางเดินอาหาร เช่น แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นแก๊สที่มักกลิ่นเหม็น ร่างกายจึงมีการขับแก๊สดังกล่าวออกจากร่างกายโดยการผายลม

โครงสร้างของลำไส้ใหญ่แบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. **ซีกัม (cecum)** เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับลำไส้เล็กส่วนไอเลียม ตรงปลายสุดของซีกัมมีท่อเล็ก ๆ ปลายตัน ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ยื่นออกมา เรียกว่า **ไส้ติ่ง (appendix)**
2. **โคลอน (colon)** เป็นส่วนที่ยาวที่สุดของลำไส้ใหญ่
3. **ไส้ตรง (rectum)** เป็นส่วนของลำไส้ใหญ่ที่มีลักษณะเป็นท่อนตรง กากอาหารที่เคลื่อนผ่านไส้ตรงเรียกว่า **อุจจาระ (faeces)** ที่เตรียมขับออกจากร่างกายทาง **ทวารหนัก (anus)** ในการขับกากอาหารออกจากร่างกาย ผนังลำไส้ใหญ่จะมีต่อมสร้างเมือก น้ำเมือกที่สร้างขึ้นจะขับออกมาภายในผนังลำไส้ใหญ่ เพื่อช่วยให้กากอาหารเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ใหญ่สะดวกขึ้น



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

1. การย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมีเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
2. การเคี้ยวอาหารจนละเอียดมีผลต่อการย่อยเชิงเคมีอย่างไร
3. พิจารณาระบบย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิต	ระบบย่อยอาหาร		
	ทางเข้า-ออกของอาหาร	วิธีการนำอาหารเข้า-ออก	ทางเดินอาหารสมบูรณ์/ไม่สมบูรณ์
พารามีเซียม	ให้นักเรียนบันทึกในสมุดประจำตัวนักเรียน		
รา			
ไฮดรา			
ฟองน้ำ			
พลาเนเรีย			
อะมีบา			
ไส้เดือนดิน			

4. กระเพาะรวมของสัตว์เคี้ยวเอื้องช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างไร
5. กระบวนการเพอร์สตีลซิสคืออะไร และมีความสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของอาหารในทางเดินอาหารอย่างไร
6. สรุปรการเคลื่อนที่ของอาหารในทางเดินอาหารของคนเป็นผังมโนทัศน์
7. การย่อยเชิงเคมีเกิดขึ้นที่บริเวณอวัยวะใด

2. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต



แนวคิดสำคัญ

การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะมีกิจกรรมต่างๆ ของร่างกายเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะทำให้เกิดของเสียในรูปต่างๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริก ของเสียเหล่านี้จะส่งผลต่อการรักษาคุณภาพของเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงมีการพัฒนาโครงสร้างอวัยวะเพื่อขับของเสียออกจากร่างกาย

ของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมมีอะไรบ้าง



ข้อเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย

ของเสียที่เกิดจากกระบวนการการสลายอาหารในระดับเซลล์ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งจะถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางหายใจออก

สารประกอบไนโตรเจนที่เกิดจากการสลายโปรตีนและกรดนิวคลีอิกภายในเซลล์ เรียกว่า **ของเสียไนโตรเจน (nitrogenous waste)** ประกอบด้วย

1. **แอมโมเนีย (ammonia)** จัดเป็นสารพิษ ถ้ามีการสะสมในร่างกายเป็นจำนวนมากจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ แอมโมเนียเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี จึงถูกกำจัดออกจากร่างกายในรูปของสารละลาย

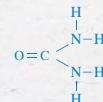


รูปแสดงสูตรโครงสร้างของแอมโมเนีย

ของเสียประเภทแอมโมเนียพบได้ในปลาหลายชนิดและสัตว์น้ำเป็นส่วนใหญ่ สำหรับสัตว์บกแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียหรือกรดยูริกก่อนกำจัดออกจากร่างกาย



2. **ยูเรีย (urea)** เป็นสารที่มีพิษน้อยกว่าแอมโมเนียประมาณ 100,000 เท่า ละลายน้ำได้ ถูกกำจัดออกจากร่างกายในรูปของสารละลาย



รูปแสดงสูตรโครงสร้างของยูเรีย

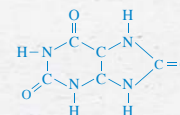
ของเสียประเภทยูเรียพบได้ในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ปลาฉลาม และปลาทะเลกระดูกแข็งบางชนิด



3. **กรดยูริก (uric acid)** เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้น้อย



ของเสียประเภทกรดยูริกพบได้ในสัตว์จำพวกนก หอยทาก แมลง และสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด



รูปแสดงสูตรโครงสร้างของกรดยูริก

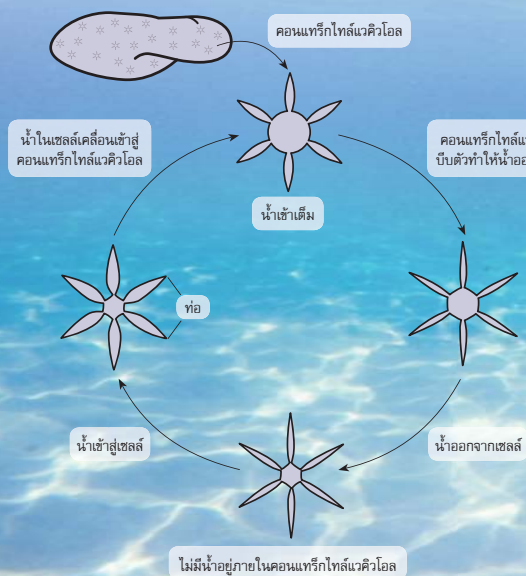
สิ่งมีชีวิตจะมีกิจกรรมต่างๆ ของร่างกายเกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้ร่างกายมีการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่จากกิจกรรมต่างๆ ของร่างกายจะทำให้มีของเสียในรูปแบบต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงมีการพัฒนาโครงสร้างอวัยวะเพื่อขับของเสียออกจากร่างกาย แต่เนื่องจากสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่อาศัยอยู่สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

การขับถ่าย (excretion) เป็นกระบวนการกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ซึ่งการขับถ่ายของเสียเป็นกระบวนการรักษาคุณภาพของร่างกายอีกทางหนึ่ง

2.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ และไม่มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการขับถ่ายจึงกำจัดของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น แอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ภายนอกโดยการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยตรง

ส่วนการกำจัดของเสียหรือแร่ธาตุส่วนเกินออกไปพร้อมกับน้ำโดยออร์แกเนลล์ภายในเซลล์ที่เรียกว่า **คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (contractile vacuole)** เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวอาศัยอยู่ในน้ำจึงมีสภาพเป็นไฮโพโทนิก โดยที่ความเข้มข้นของสารภายในเซลล์จะสูงกว่าภายนอกเซลล์ ทำให้น้ำแพร่เข้าสู่เซลล์มากขึ้น น้ำส่วนเกินของเซลล์จะแพร่เข้าสู่คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล เมื่อคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลบิบน้ำส่วนเกินและของเสียหรือแร่ธาตุอาหารส่วนเกินที่ปนอยู่กับน้ำจะถูกขับออกมานอกเซลล์



รูปที่ 1.26 การขับถ่ายของพารามีเซียม

2.2 การขับถ่ายของสัตว์

สัตว์แต่ละชนิดมีโครงสร้างร่างกายและอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะมีวิธีการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกายต่างกันอย่างไร

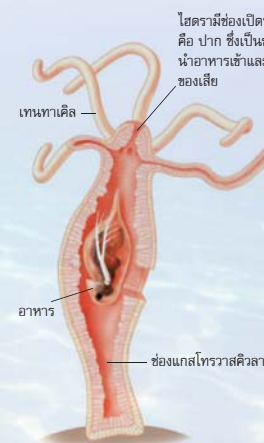


การขับถ่ายของฟองน้ำและไฮดรา

ฟองน้ำและไฮดรา เป็นสัตว์หลายเซลล์ แต่เซลล์ทุกเซลล์สัมผัสกับน้ำโดยตรง การกำจัดแอมโมเนียออกจากเซลล์จึงอาศัยการแพร่ออกจากเซลล์สู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง แต่เนื่องจากไฮดรานั้นมีช่องว่างกลางลำตัวที่เรียกว่า **ช่องแกสโตรวาสคิวลาร์ (gastrovascular cavity)** เมื่อไฮดรามีการเคลื่อนไหวของลำตัวจะทำให้ของเสียที่อยู่ในช่องว่างกลางลำตัวถูกขับออกสู่ภายนอกได้



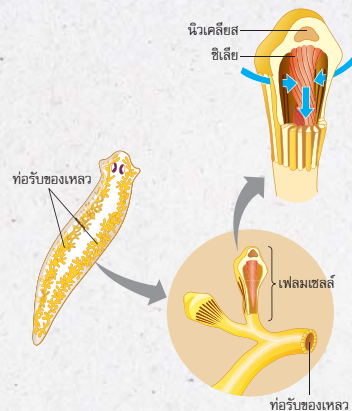
การขับถ่ายของฟองน้ำ



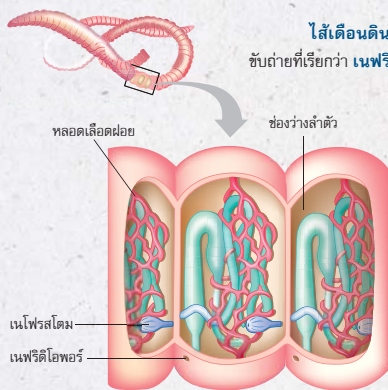
การขับถ่ายของไฮดรา

การขับถ่ายของหนอนตัวแบน

หนอนตัวแบน เช่น พลาณาเรีย ที่ดำรงชีวิตแบบอิสระอาศัยอยู่ในน้ำ พลาณาเรียกำจัดของเสียออกในรูปแบบแอมโมเนียทางช่องขับถ่ายและทางผิวหนัง โดยมีโครงสร้างในการกำจัดของเสีย คือ **แฟลเมเซลล์ (flame cell)** ซึ่งกระจายอยู่ 2 ข้างตลอดความยาวของลำตัว ภายในแฟลเมเซลล์มีลักษณะเป็นไฟโรและซิเลีย (cilia) ทำหน้าที่โบกพัดของเสียออกจากช่องขับถ่าย (excretory pore) ที่ผนังลำตัว



การขับถ่ายของไส้เดือนดิน

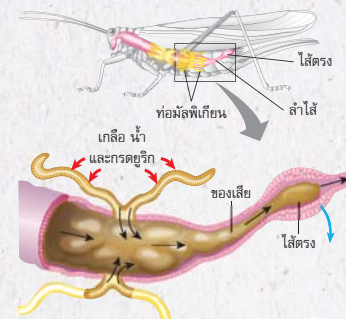


ไส้เดือนดิน มีลำตัวเป็นข้อปล้อง แต่ละปล้องจะมีอวัยวะขับถ่ายที่เรียกว่า **เนฟรีเดียม (nephridium)** ปล้องละ 1 คู่ มีปลายเปิดทั้งสองข้าง ปลายข้างหนึ่งอยู่ในช่องลำตัวลักษณะเหมือนปากตอม เรียกว่า **เนโฟรสโตม (nephrostome)** ทำหน้าที่รับของเหลวที่เป็นของเสียจากพวกแอมโมเนียและยูเรีย จากช่องลำตัวเพื่อขับออกจากร่างกายที่ปลายอีกด้านหนึ่งที่เป็นช่องเปิดออกสู่ภายนอกทางผิวหนัง เรียกว่า **เนฟรีไดโอพอร์ (nephridiopore)** ส่วนน้ำและแร่ธาตุจะถูกดูดกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

การขับถ่ายของอาร์โทรพอด

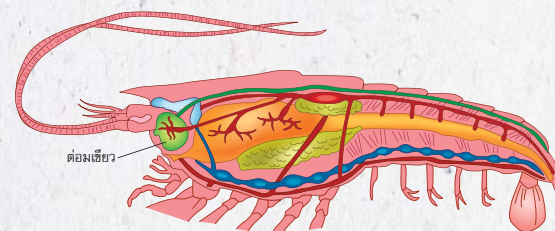
อาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่บนบก

แมลง เป็นสัตว์จำพวกอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่บนบก มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย คือ **ท่อมัลทิเกียน (malpighian tubule)** มีลักษณะคล้ายถุงยื่นออกมาจากบริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะอาหารและลำไส้ ปลายด้านหนึ่งของท่อมัลทิเกียนเปิดเข้าสู่ทางเดินอาหาร ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นปลายตันลอยอยู่ในช่องเหลวภายในช่องลำตัว ของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวแล้วถูกขับออกไปพร้อมกับกากอาหาร ส่วนสารที่มีประโยชน์จะถูกดูดกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด



อาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในน้ำ

กุ้ง เป็นสัตว์จำพวกอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย คือ **ต่อมเขียว (green gland)** หรือ **ต่อมแอนเทนนัล (antennal gland)** ซึ่งอยู่บริเวณส่วนหัวของกุ้ง โดยส่วนแรกของต่อมเขียวจะทำหน้าที่กรองของเสีย คือ แอมโมเนีย ส่วนต่อมา คือ ท่อนำของเสียที่กรองเข้าสู่กระเพาะพักอาหารแล้วขับออกนอกร่างกายที่ช่องขับถ่าย (excretory pore) บริเวณโคนหนวด นอกจากนี้กุ้งยังขับถ่ายของเสียออกจากเหงือก และต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) ด้วย



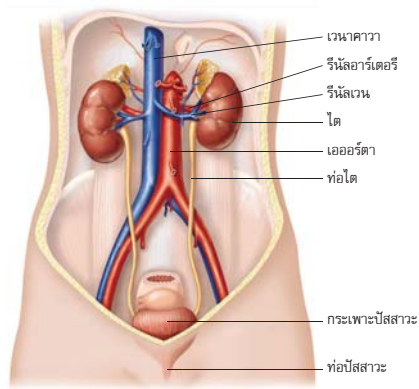
การขับถ่ายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

สัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียและรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ เรียกว่า **ไต (kidney)** โดยทำงานร่วมกับระบบหมุนเวียนเลือด สัตว์มีกระดูกสันหลังแต่ละชนิดจะมีการขับถ่ายของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนออกมาในรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

- **ปลา** มีการขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายในรูปแอมโมเนียที่มีลักษณะเป็นของเหลว
- **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและปลากระดูกแข็งบางชนิด** มีการขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายในรูปของยูเรีย
- **สัตว์เลื้อยคลาน** จะเปลี่ยนสารประเภทแอมโมเนียให้เป็นกรดยูริกที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว แล้วขับออกนอกร่างกายไปพร้อมกับอุจจาระ
- **สัตว์ปีก** จะเปลี่ยนสารประเภทแอมโมเนียให้เป็นกรดยูริกและขับออกนอกร่างกายไปพร้อมกับอุจจาระ
- **สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม** มีการขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายในรูปของยูเรียออกมาขับส่ว

2.3 การขับถ่ายของคน

ยูเรียในร่างกายนอกจากขับออกมาขับส่วนั้น เกิดจากการทำงานร่วมกันของอวัยวะต่างๆ ในระบบขับถ่าย ได้แก่ ไต (kidney) ท่อไต (ureter) กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) และท่อปัสสาวะ (urethra)



รูปที่ 1.27 อวัยวะในการขับถ่ายของคน

- เวเนาคาวา (vena cava) หลอดเลือดดำใหญ่ที่ลำเลียงเลือดจากร่างกายเข้าสู่หัวใจโดยตรง
- รีนัลอาร์เตอรี (renal artery) หลอดเลือดแดงที่แตกแขนงออกจากเออร์เตอร์ดาไปยังไต
- รีนัลเวน (renal vein) หลอดเลือดดำที่นำเลือดออกจากไตไปยังหัวใจ
- เออร์เตอร์ดา (aorta) หลอดเลือดแดงใหญ่ที่นำเลือดจากหัวใจห้องล่างซ้ายไปหล่อเลี้ยงร่างกาย

ปัสสาวะเกิดขึ้นได้อย่างไร

ไต (kidney) เป็นอวัยวะในการขับถ่ายของคน รวมทั้งทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ โดยทำงานร่วมกับระบบหมุนเวียนเลือด



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.3 โครงสร้างไต

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกตโครงสร้างและส่วนต่างๆ ภายนอกและภายในของไต

อุปกรณ์

1. ไตหมูหรือไตวัว
2. เข็มเย็บ
3. เครื่องมือผ่าตัด
4. ถาดผ่าตัด
5. แวนชยาย

วิธีปฏิบัติ

1. สังเกตลักษณะและโครงสร้างภายนอกของไต
2. นำไตหมูหรือไตวัววางบนถาดผ่าตัด ใช้มีดผ่าครึ่งไตเป็น 2 ส่วนตามแนวยาว ใช้เข็มเย็บและแวนชยายในการสังเกตลักษณะและโครงสร้างภายในของไต
3. บันทึกผลโดยวาดรูปและเขียนส่วนต่างๆ พร้อมทั้งระบุชื่อของส่วนต่างๆ ของโครงสร้างไตที่สังเกตได้
4. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

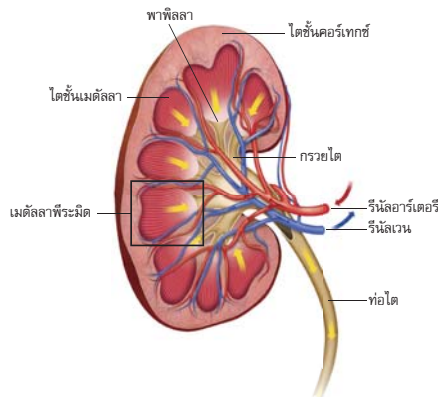
1. จากการสังเกตไตหมูหรือไตวัวมีลักษณะคล้ายอะไร
2. โครงสร้างภายในของไตประกอบด้วยอะไรบ้าง
3. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

ไตของคนมี 1 คู่ รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว ยาวประมาณ 10-13 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร ไตแต่ละข้างหนักประมาณ 150 กรัม อยู่ในช่องท้องสองข้างกระดูกสันหลังระดับเอว ต่อจากไตทั้งสองข้างจะมีท่อไตทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะจากไตไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะเพื่อขับออกนอกร่างกายทางท่อปัสสาวะ โดยมีกล้ามเนื้อหูรูดของท่อปัสสาวะและกระเพาะปัสสาวะควบคุมการขับถ่ายปัสสาวะ

เมื่อผ่าตามยาวพบว่า ไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ

1. **ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex)** เป็นเนื้อเยื่อนอก มีความยาวประมาณ 6-8 เซนติเมตร เนื้อไตมีสีน้ำตาลแดง มองเห็นเป็นจุดสีแดงกระจายอยู่ทั่วไป จุดสีแดงดังกล่าวคือ **หน่วยไต (nephron)** ส่วนของหน่วยไตที่อยู่ในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ประกอบด้วยโบว์แมนแคปซูล (Bowman's capsule) โกลเมอรูลัส (glomerulus) ท่อขดส่วนต้น (proximal convoluted tubule) และท่อขดส่วนปลาย (distal convoluted tubule)

2. ชั้นเมดัลลา (medulla) เป็นเนื้อเยื่อชั้นในมีสีน้ำตาลเข้มแต่มีสีจางกว่าสีของเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายพีระมิด เรียกว่า **เมดัลลาพีระมิด (medullary pyramid)** โดยส่วนที่คล้ายฐานพีระมิดอยู่ใกล้กับชั้นคอร์เทกซ์ และส่วนที่คล้ายยอดพีระมิดยื่นเข้าไปจรดกับโพรงที่ติดต่อกับหลอดไต เรียกว่า **พาพิลลา (papilla)** เรียกส่วนที่เป็นโพรงนี้ว่า **กรวยไต (pelvis)** ภายในชั้นเมดัลลาประกอบด้วยห่วงเฮนเล (loop of Henle) และท่อรวม (collecting tubule)



รูปที่ 1.28 โครงสร้างของไตที่ผ่าตามยาว

หน่วยไต (nephron) ไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไตประมาณ 1 ล้านหน่วย หน่วยไตมีลักษณะเป็นท่อประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. โบว์แมนแคปซูล (Bowman's capsule) อยู่ในชั้นเนื้อเยื่อคอร์เทกซ์ เป็นส่วนปลายข้างหนึ่งของหน่วยไต มีลักษณะเป็นรูปถ้วย ประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ 2 ชั้น มีช่องว่างระหว่างเยื่อ 2 ชั้น เชื่อมต่อกับท่อของหน่วยไต

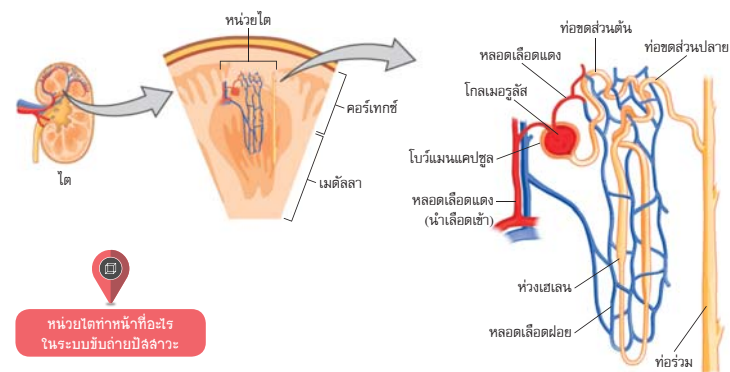
2. โกลเมอรูลัส (glomerulus) อยู่ในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ เป็นกลุ่มหลอดเลือดฝอยที่อยู่ล้อมรอบกระเปาะโบว์แมนแคปซูล

3. ท่อของหน่วยไต แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.1 ท่อขดส่วนต้น (proximal convoluted tubule) อยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ เป็นท่อของหน่วยไตที่อยู่ถัดจากโบว์แมนแคปซูล มีไมโครวิลไล (microvilli) ช่วยในการดูดกลืนสารที่มีประโยชน์เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ได้แก่ น้ำ กลูโคส กรดอะมิโน และสารอื่น ๆ

3.2 ห่วงเฮนเล (loop of Henle) อยู่ในชั้นเมดัลลาโดยอยู่ถัดจากท่อขดส่วนต้น มีลักษณะคล้ายรูปตัวยู ทำหน้าที่รับสารที่ผ่านการกรองจากท่อขดส่วนต้น ปรับปัสสาวะให้มีความเข้มข้นหรือเจือจางตามความเหมาะสม และดูดกลืนสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

3.3 ท่อขดส่วนปลาย (distal convoluted tubule) อยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ เป็นท่อส่วนสุดท้ายของหน่วยไตต่อจากห่วงเฮนเล ทำหน้าที่ดูดกลืนสารบางชนิดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ได้แก่ น้ำ โซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน



รูปที่ 1.29 โครงสร้างภายในและส่วนประกอบของไต

ท่อไต (ureter) เป็นท่อทางผ่านปัสสาวะที่ต่อจากกรวยไต โดยปลายท่อดีกด้านหนึ่งจะทะลุผ่านชั้นกล้ามเนื้อเรียบของกระเพาะปัสสาวะ และมีรูเปิดที่กระเพาะปัสสาวะ ท่อไตมีลักษณะเป็นท่อยาวเร็วโดยมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร ผนังท่อไตเป็นกล้ามเนื้อเรียบที่สามารถหดตัวแบบเพอริสตีลซิส (peristalsis) เพื่อบีบไล่ปัสสาวะไปยังกระเพาะปัสสาวะโดยการหดตัวของท่อไตจะเกิดขึ้นประมาณ 5-6 ครั้งต่อชั่วโมง

กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เก็บปัสสาวะเพื่อเตรียมขับออกนอกร่างกายผ่านทางท่อปัสสาวะ กระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเป็นถุงกลวง มีท่อไต 2 ข้างเปิดเข้า กระเพาะปัสสาวะมีความยืดหยุ่นสูงมาก ส่วนผนังกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบ 3 ชั้น บริเวณคอของกระเพาะปัสสาวะมีกล้ามเนื้อเรียบทำหน้าที่เป็นกล้ามเนื้อหูรูดทางปัสสาวะ (internal sphincter muscle) กระเพาะปัสสาวะสามารถเก็บปัสสาวะได้ถึง 700-800 ลูกบาศก์เซนติเมตร

การทำงานของไต

ไตจะได้รับเลือดประมาณ 1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที หรือประมาณ 1 ใน 4 ของเลือดที่ออกจากหัวใจ เลือดลำเลียงเข้าสู่ไตทางหลอดเลือดรีนัลอาร์เตอร์ ซึ่งจะแตกแขนงเป็นหลอดเลือดขนาดเล็กไปยังส่วนต่างๆ ของไต การสร้างปัสสาวะเป็นการทำงานของไตแต่ละหน่วย ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 3 ประการ คือ การกรองของเสีย การดูดกลืนสาร และการหลั่งสาร

1. การกรองของเสีย (filtration) เลือดที่ลำเลียงเข้าสู่ไตจะมีของเสียจากการกระบวนการเมแทบอลิซึมจากเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายอยู่ ของเสียนี้จะถูกกรองผ่านผนังของโกลเมอรูลัสที่มีรูพรุนและมีเซลล์พิเศษที่เรียกว่า **พอดocyte (podocyte)** ช่วยทำหน้าที่ในการกรองของเสีย ของเหลวที่กรองได้จะเข้าสู่ผนังของโบริแมนแคปซูลท่อต่างๆ ของท่อหน่วยไต แล้วส่งผ่านไปยังท่อรวมของกรวยไตเพื่อเก็บสะสมไว้ในกระเพาะปัสสาวะ ของเหลวในกระเพาะปัสสาวะ เรียกว่า **ปัสสาวะ (urine)** การกรองสารที่โกลเมอรูลัสเข้าสู่โบริแมนแคปซูลขึ้นอยู่กับแรงดันและประสิทธิภาพของผนังหลอดเลือดฝอยของโกลเมอรูลัส

- แรงดันที่ทำให้เกิดการกรองสารของหน่วยไต ประกอบด้วยแรงดันเลือดในหลอดเลือดฝอยโกลเมอรูลัสซึ่งเกิดขณะที่หัวใจบีบตัว และแรงดันที่ต้านการกรอง 2 ชนิด คือ แรงดันน้ำ (hydrostatic pressure) ในโบริแมนแคปซูลและแรงดันออสโมติก (osmotic pressure)

- การกรองโดยโกลเมอรูลัสจะต้องผ่านเยื่อ 3 ชั้น คือ ผนังหลอดเลือดฝอยโกลเมอรูลัสซึ่งมีขนาดรู 60-100 นาโนเมตร ซึ่งยอมให้สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าโปรตีนผ่านได้ เยื่อรองรับเซลล์เยื่อ (basement membrane) ของโกลเมอรูลัส ทำหน้าที่กรองโปรตีนขนาดใหญ่ และเยื่อผนังของโบริแมนแคปซูลซึ่งมีโพโดไซต์ช่วยในการเลือกสารที่กรองผ่าน

ดังนั้นเมื่อเลือดถูกลำเลียงผ่านโกลเมอรูลัสและโบริแมนแคปซูล สารที่ละลายอยู่ในเลือดที่สามารถผ่านออกมาได้ ได้แก่ น้ำ กลูโคส แอมโมเนีย โซเดียม คลอไรด์ ยูเรีย และกรดยูริก

2. การดูดกลับสาร (reabsorption) ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัสในแต่ละวันอยู่ที่ประมาณ 180 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 180 ลิตร แต่ร่างกายมีการขับปัสสาวะออกจากร่างกายเพียงวันละ 1.5 ลิตร แสดงว่าไตมีการดูดกลับน้ำและแร่ธาตุ เกิดขึ้นที่ท่อหน่วยไตและท่อรวมโดยการทำงานของเซลล์ท่อซึ่งเป็นเซลล์เยื่อชั้นเดียว แต่ละบริเวณของท่อหน่วยไตและท่อรวมมีการดูดกลับสารต่างๆ ดังนี้

ท่อขดส่วนต้น

- ท่อขดส่วนต้นมีการดูดกลับสารทั้งแบบใช้พลังงานหรือแอกทีฟทรานสปอร์ตและแบบไม่ใช้พลังงาน
- สารที่ถูกดูดกลับแบบไม่ใช้พลังงาน คือ คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) และน้ำ
- สารที่ถูกดูดกลับแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต คือ กลูโคส กระอะมิโน โปรตีนโมเลกุลเล็ก โซเดียมไอออน (Na^+) และโพแทสเซียมไอออน (K^+)

ท่วงเฮนเล

- บริเวณท่วงเฮนเลล่างมีการดูดกลับน้ำโดยการออสโมซิส
- มีการดูดกลับโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ทั้งแบบแอกทีฟทรานสปอร์ตและแบบไม่ใช้พลังงาน

ท่อขดส่วนปลาย

- มีการดูดกลับน้ำด้วยวิธีการแพร่
- มีการดูดโซเดียมไอออน (Na^+) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) และไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ด้วยวิธีการแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต

ท่อรวม

- มีการดูดกลับน้ำ โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-)
- บริเวณปลายท่อรวมจะยอมให้ยูเรียเคลื่อนที่ผ่านออกโดยวิธีการแพร่

นอกจากนี้การดูดกลับสารบางชนิดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเกิดจากการถูกควบคุมโดยฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (aldosterone) ที่หลั่งจากชั้นคอร์เทกซ์ของไต ฮอร์โมนชนิดนี้จะไปกระตุ้นให้ท่อขดส่วนปลายและท่อรวมดูดกลับโซเดียมไอออน (Na^+) เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดมากขึ้น ทำให้ปริมาตรของเลือดและความดันเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบสารในของเหลว 3 ชนิด
คือ น้ำเลือด ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส และปัสสาวะ

สาร	น้ำเลือด (g/100 cm ³)	ของเหลวที่กรองผ่าน โกลเมอรูลัส (g/100 cm ³)	ปัสสาวะ (g/100 cm ³)
น้ำ	92	90-93	95
โปรตีน	6.0-8.4	0.01-0.02	0
ยูเรีย	0.0008-0.25	0.03	2
กรดยูริก	0.003-0.007	0.003	0.05
แอมโมเนีย	0.0001	0.0001	0.05
กลูโคส	0.07-0.11	0.1	0
โซเดียม	0.31-0.33	0.32	0.6
คลอไรด์	0.35-0.40	0.37	0.6

3. การหลั่งสาร เกิดขึ้นบริเวณท่อหน่วยไต โดยแต่ละบริเวณมีการหลั่งสารต่างๆ ดังนี้

ท่อขดส่วนต้น การหลั่งสารที่บริเวณท่อขดส่วนต้นจะอาศัยกระบวนการลำเลียงสารแบบแอกทีฟทรานสปอร์ตท่อขดส่วนต้นมีการหลั่งสารหลายชนิดดังนี้

- การหลั่งไฮโดรเจนไอออน (H^+) เพื่อปรับค่า pH ของของเหลวภายในร่างกาย
- การหลั่งแอมโมเนีย (NH_3) เพื่อลดความเป็นกรดของของเหลวในท่อหน่วยไต โดยแอมโมเนียจะถูกขับออกพร้อมกับปัสสาวะ
- การหลั่งโพแทสเซียมไอออน (K^+) เพื่อให้เกิดความสมดุลของโพแทสเซียมไอออน
- การหลั่งสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น ฟีนอลเรด กรดคาร์บอกซิลิก กัวนีนีน และพาราอะมิโนฮิฟเวอเรต
- การหลั่งสารพิษและยาที่เซลล์เยื่อปิวได้รับจากตับทางหลอดเลือดฝอยที่อยู่รอบๆ ท่อ เพื่อขับออกมากับปัสสาวะ

ท่อขดส่วนปลาย การหลั่งสารที่บริเวณท่อขดส่วนต้นจะอาศัยกระบวนการลำเลียงสารแบบแอกทีฟทรานสปอร์ตท่อขดส่วนปลายมีการหลั่งสารหลายชนิดดังนี้

- การหลั่งโพแทสเซียมไอออน (K^+) เพื่อให้เกิดความสมดุลกับโซเดียมไอออน (Na^+)
- การหลั่งไฮโดรเจนไอออน (H^+) เพื่อปรับสมดุลของความเป็นกรด-เบสของสารภายในร่างกาย

ทอรวม มีการหลั่งสารหลายชนิดดังนี้

- การหลั่งไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่หลั่งออกมาจะรวมตัวกับฟอสเฟตและซิลเลต เพื่อลดความเป็นกรด-เบสของเลือดและปัสสาวะ
- การหลั่งแอมโมเนียรวมตัวกับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ได้เป็นแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งรวมตัวกับคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ได้เป็นแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เพื่อขับออกนอกร่างกายทางปัสสาวะ
- การหลั่งโพแทสเซียมไอออน (K^+) โดยการลำเลียงสารแบบไม่ใช้พลังงาน เพื่อดูดซึมโซเดียมไอออน (Na^+) เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งเป็นการรักษาสสมดุลระหว่างโซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออน

ได้กับการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย

กลไกการควบคุมการทำงานของไตเพื่อรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายนั้น มีฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไต 2 ชนิด

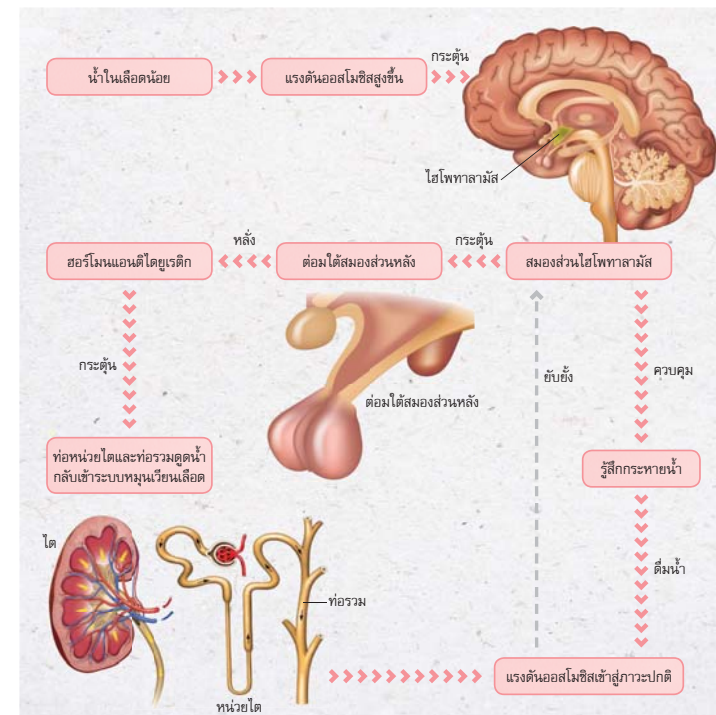
1. **ฮอร์โมนแอนติไดยูเรติก (antidiuretic hormone : ADH)** เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **ฮอร์โมนวาโซเพรสซิน (vasopressin hormone)** เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากสมองส่วนไฮโปทาลามัสมาเก็บไว้ที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง แร่งดันออกในเลือดมีผลต่อการหลั่งฮอร์โมน ADH เพื่อควบคุมการดูดน้ำกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดของท่อหน่วยไต

2. **ฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (aldosterone)** สร้างจากต่อมหมวกไตส่วนนอก ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของโซเดียม โพแทสเซียม และฟอสเฟตโดยกระตุ้นให้มีการดูดสารโซเดียม โพแทสเซียม และฟอสเฟตกลับสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

การควบคุมคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย

ในภาวะที่ร่างกายขาดน้ำหรือมีน้ำในเลือดน้อย ทำให้แรงดันออสโมซิสในเลือดสูงขึ้น แร่งดันออสโมซิสในเลือดจะไปกระตุ้นหน่วยรับรู้การเปลี่ยนแปลงแรงดันออสโมซิสในสมองส่วนไฮโปทาลามัส จากนั้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังให้หลั่งฮอร์โมน ADH เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด โดยฮอร์โมน ADH จะกระตุ้นให้หน่วยไตและท่อรวมดูดน้ำกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดมากขึ้น มีผลให้ปริมาณปัสสาวะลดลง นอกจากนั้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสยังเป็นศูนย์ควบคุมการกระหายน้ำ จึงทำให้เกิดการกระหายน้ำขณะที่ปริมาณน้ำในเลือดลดลง เมื่อดื่มน้ำเข้าไปเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย แร่งดันออสโมซิสในเลือดจะเข้าสู่ภาวะปกติ

ในภาวะที่ร่างกายได้รับน้ำมากหรือแรงดันออสโมซิสในเลือดต่ำลงมีผลไปยังการหลั่งฮอร์โมน ADH ทำให้ท่อหน่วยไตและท่อรวมไม่ดูดน้ำกลับ ปริมาณน้ำปัสสาวะจึงมากขึ้น



แผนภาพที่ 1.4 กลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในร่างกาย

การรักษาคุณภาพของแร่ธาตุในร่างกาย เช่น การควบคุมสมดุลของโซเดียมไอออนของไต

ในภาวะที่ร่างกายขาดโซเดียมหรือมีโซเดียมไอออนในเลือดน้อย ทำให้ต่อมหมวกไตหลั่งฮอร์โมนแอลโดสเตอโรนมากขึ้น โดยฮอร์โมนแอลโดสเตอโรนจะไปกระตุ้นให้ท่อขดส่วนปลายดูดโซเดียมไอออนกลับสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพิ่มขึ้น

ในภาวะที่ร่างกายมีโซเดียมไอออนในเลือดสูงจะยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน ทำให้ท่อขดส่วนปลายดูดโซเดียมไอออนกลับน้อยลง จึงพบว่าในปัสสาวะมีโซเดียมปนอยู่มาก

นอกจากนี้จะทำหน้าที่รักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุต่างๆ แล้ว ไตยังทำหน้าที่รักษาคุณภาพของความเป็นกรด-เบสในร่างกายโดยการขับไฮโดรเจนไอออนออก และดูดซึมไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนกลับที่บริเวณท่อขดส่วนต้นและท่อขดส่วนปลาย

ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไตและโรคไต

• **โรคนิ่ว (calculus)** เช่น นิ่วในไต นิ่วในท่อไต และนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ มีสาเหตุมาจากการตกตะกอนของแคลเซียมออกซาเลตและแคลเซียมฟอสเฟตรวมตัวกันเป็นก้อนอุดทางเดินปัสสาวะ นอกจากนี้ยังพบว่ามีไขมันบางชนิด เช่น ไขมัน พิกเมนต์ ไขมัน มีสารออกซาเลตซึ่งเป็นสาเหตุของโรคนิ่ว ดังนั้นการบริโภคผักดังกล่าวในปริมาณมากต่อเนื่องกันนานอาจทำให้เกิดโรคนิ่วได้

การป้องกันและการรักษาโรคนิ่วสามารถทำได้ดังนี้

1. รับประทานอาหารที่มีธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งป้องกันไม่ให้สารออกซาเลตจับตัวกันเป็นผลึกกลายเป็นก้อนนิ่วได้ เช่น การรับประทานเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่วต่างๆ หรืออาหารจำพวกโปรตีน
2. ดื่มน้ำสะอาดวันละมากๆ เพื่อช่วยให้ก้อนนิ่วมีขนาดเล็กจนสามารถขับออกมากับปัสสาวะ
3. หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารออกซาเลตสูง เช่น หน่อไม้ แครอท ผักกาด ผักกาด (หัวไชเท้า) ใบชา
4. การรักษาทางแพทย์ ทำได้โดยการฉายา การผ่าตัด หรือการใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงในการสลายนิ่ว

• **โรคไตวาย (renal failure)** เป็นภาวะที่ไตสูญเสียการทำงานทำให้ร่างกายมีการสะสมของเสียในปริมาณมาก จนทำให้สมดุลด้านต่างๆ ของร่างกายเสียไปทั้งสมดุลของน้ำ แร่ธาตุ และความเป็นกรด-เบส การเกิดโรคไตวายมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น การป่วยด้วยโรคเบาหวานในระยะเวลานาน หรือการติดเชื้ออย่างรุนแรง โรคไตวายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **ภาวะการเกิดไตวายเฉียบพลัน** เป็นภาวะที่ไตสูญเสียการทำงานชั่วคราวในช่วงเวลาเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน เกิดจากปริมาณเลือดในร่างกายลดลงและฟอสเฟตในเลือดสูงขึ้น ทำให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมส่วนประกอบของของเหลวได้ ซึ่งถ้าผู้ป่วยได้รับการรักษาอย่างทันท่วงทีจะมีโอกาสที่ไตจะกลับมาทำงานได้เป็นปกติ
2. **ภาวะไตวายเรื้อรัง** เป็นภาวะที่ไตล้มเหลวไม่สามารถทำงานได้ โดยกลเมอรูลัสและท่อไตจะถูกทำลายมากกว่าร้อยละ 80-95 ร่างกายจึงไม่สามารถขับครีเอตินีนและยูเรียได้ ซึ่งภาวะไตวายเรื้อรังไม่สามารถรักษาให้หายเป็นปกติได้

วิธีการรักษาผู้ป่วยโรคไตวายมีดังนี้

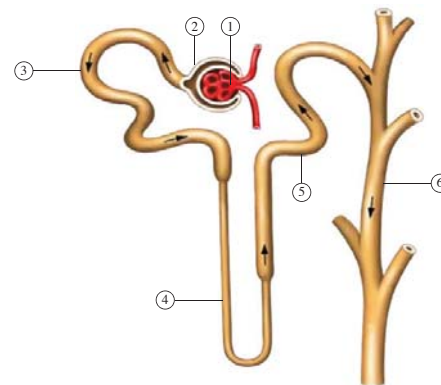
1. การควบคุมอาหาร โดยการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีรสจัด
2. การใช้ยาในการควบคุมการติดเชื้อ
3. การผ่าตัดเปลี่ยนไต
4. การฟอกไตด้วยไตเทียม (artificial kidneys) โดยไตเทียมจะทำหน้าที่กรองสาร ขับสารพิษ ควบคุมสมดุลของน้ำและแร่ธาตุแทนไต การฟอกเลือดด้วยไตเทียมทำได้โดยนำเลือดของผู้ป่วยจากหลอดเลือดอาร์เตอรี (artery) บริเวณแขนให้ไหลเข้าไปในเครื่องไตเทียม แล้วผ่านเข้าไปในท่อที่มีเยื่อบางๆ ของเซลล์โพน ซึ่งเยื่อที่มีรูเล็กๆ

อยู่จำนวนมาก ทำให้สารโมเลกุลขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าออกได้ ดังนั้นน้ำยาที่ใช้ในการฟอกเลือดจึงสามารถผ่านผนังท่อได้ตลอดเวลา น้ำยานี้มีส่วนประกอบต่างๆ คล้ายกับส่วนประกอบในเลือดคนปกติทั่วไป ขณะที่ไตเทียมทำงานของเสียในเลือดจะเคลื่อนที่ผ่านรูเล็กๆ ของเยื่อเซลล์เพื่อก่อมาซึ่งน้ำยา ดังนั้นของเสียในเลือดจึงลดลงสู่ระดับปกติเลือดที่ผ่านการฟอกแล้วจะไหลกลับเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยทางหลอดเลือดเวนบริเวณแขน การฟอกเลือดด้วยไตเทียมแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 3-6 ชั่วโมง โดยผู้ป่วยจะมีการฟอกเลือดสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ซึ่งในปัจจุบันนี้สามารถใช้ไตเทียมฟอกเลือดที่บ้านได้



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

1. ระบบขับถ่ายของเสียของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลังเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
2. อธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในร่างกายของคน
3. โรคนิ่วมีสาเหตุมาจากอะไร
4. เหตุใดผู้ป่วยโรคไตจึงต้องไปล้างไต
5. พิจารณาโครงสร้างหน่วยไต



- 5.1 หมายถึง 1-6 คืออะไร
- 5.2 หมายถึงไตทำหน้าที่กรองสารต่างๆ ในเลือด
- 5.3 หมายถึงไตบางที่อยู่ใกล้คอร์เทกซ์ของหน่วยไต
- 5.4 หมายถึงไตมีการดูดกลับกลูโคสมากที่สุด



กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ “การย่อยอาหาร”

จุดประสงค์

ออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือสื่อเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือไขมัน

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน พร้อมตั้งชื่อกลุ่ม
2. การทำกิจกรรมต้องระดมสมองในการสืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับการทำกิจกรรม
3. เตรียมความพร้อมที่จะนำเสนอผลงานเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สถานการณ์ที่กำหนด

การย่อยอาหารเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับเซลล์ โดยสารอาหารแต่ละชนิดจะมีกระบวนการย่อยที่แตกต่างกันออกไป แต่อาหารทุกประเภทจะต้องผ่านกระบวนการย่อยเพื่อให้กลายเป็นสารโมเลกุลเดี่ยวเพื่อให้สามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้

จากข้อมูลนี้ให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือสื่อเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือไขมันอย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อเสร็จแล้วให้แต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งประดิษฐ์มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

สรุปเรื่องระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย

Knowledge

ระบบย่อยอาหาร

การย่อยของจุลินทรีย์

1. **แบคทีเรีย เห็ด และรา** มีการย่อยภายนอกเซลล์ โดยการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยนอกเซลล์จนได้สารอาหารแล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้เข้าสู่เซลล์
2. **อะมีบา** นำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีการฟาโกไซโทซิสและวิธีพิโนไซโทซิส เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วอาหารจะไปรวมเข้ากับฟิวสัวโอลและไลโซโซมเพื่อย่อยต่อไป
3. **พารามีเซียม** นำอาหารเข้าสู่เซลล์ผ่านทางช่องปากเข้ารวมกับฟิวสัวโอลและไลโซโซมเพื่อย่อยต่อไป

การย่อยอาหารของสัตว์

1. **สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร** เช่น ฟองน้ำ มีโคโคไนต์และอะมีโบไซด์ดักจับอาหาร
2. **สัตว์ที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์** เช่น ไฮดราและพลาเนเรีย มีการย่อยอาหารทั้งภายในและภายนอกเซลล์ โดยการย่อยอาหารภายในเซลล์จะนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส
3. **สัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์**
 - **ไส้เดือนดิน** จะนำอาหารเข้าทางปาก โดยมีก้นทำหน้าที่บิดอาหารให้มีขนาดเล็กลงก่อนส่งต่อไปย่อยในลำไส้ที่มีการย่อยโดยเอนไซม์ ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก
 - **สัตว์ขาปล้อง** เช่น แมลง กุ้ง และแมงต่าง ๆ จะนำอาหารเข้าทางปาก โดยมีกระเพาะอาหารทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ออกมาใช้ย่อยอาหารและส่งต่อไปย่อยในลำไส้เล็ก ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก
 - **ปลา** จะนำอาหารเข้าทางปาก โดยมีกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร นอกจากนี้ยังมีอวัยวะที่สร้างสารมาช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับ ถุงน้ำดี ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก

● **นก** จะนำอาหารเข้าทางปาก โดยปากของนกแต่ละชนิดจะมีจะงอยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่กิน มีก้นทำหน้าที่บิดอาหารให้มีขนาดเล็กลงก่อนส่งต่อไปย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก

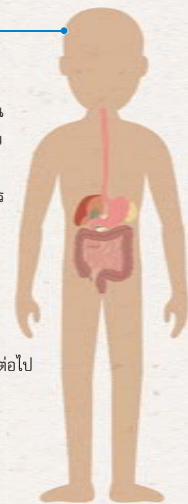
● **สัตว์เคี้ยวเอื้อง** จะนำอาหารเข้าทางปาก ผ่านหลอดอาหารไปยังกระเพาะอาหารรูเมนและเรติคิวลัม จากนั้นอาหารจะถูกสำเคี้ยวกลืนมาที่ปากเพื่อเคี้ยวอีกครั้ง และส่งไปยังกระเพาะอาหารโอมาคัม ก่อนจะส่งไปยังกระเพาะอาหารที่แท้จริงหรือกระเพาะอาหารโอมาคัมที่มีการย่อยโดยเอนไซม์ สารอาหารที่ย่อยได้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก



ระบบย่อยอาหาร

• การย่อยอาหารของคน

1. **การย่อยอาหารในปาก** มีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารในปาก คือ ฟัน ลิ้น และต่อมน้ำลาย เป็นบริเวณที่มีทั้งการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี ฟันทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง ต่อมมน้ำลายทำหน้าที่สร้างเอนไซม์อะไมเลสที่ย่อยแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และลิ้นทำหน้าที่คลุกเคล้าอาหารขณะเคี้ยวและมีส่วนช่วยในการกลืนอาหาร
2. **การกลืนอาหาร** อาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่อยู่รอบ ๆ หลอดอาหาร โดยจะมีการหดตัวและคลายตัวสลับติดต่อกัน เรียกกระบวนการนี้ว่า เพอร์ิสตอลซิส
3. **การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร** เป็นบริเวณที่มีทั้งการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี การย่อยเชิงเคมีในกระเพาะอาหารจะมีเฉพาะการย่อยโปรตีนเท่านั้น อาหารในกระเพาะอาหารที่มีลักษณะเป็นน้ำข้นๆ เรียกว่า ไคม์ ซึ่งจะถูกลำเลียงสู่ลำไส้เล็กต่อไป
4. **การย่อยอาหารในลำไส้** เป็นบริเวณที่อาหารทุกประเภท ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากลำไส้เล็กและเอนไซม์หรือสารจากตับ น้ำดี และตับอ่อน



• การดูดซึมอาหาร

การดูดซึมอาหาร เป็นกระบวนการนำสารอาหารที่ได้จากการย่อยเข้าสู่เซลล์ การดูดซึมอาหารจะเกิดขึ้น 3 บริเวณ ดังนี้

1. **การดูดซึมอาหารที่กระเพาะอาหาร** มีการดูดซึมที่น้อยมาก สารที่ถูกดูดซึม ได้แก่ วิตามิน น้ำ และสารอื่นๆ
2. **การดูดซึมอาหารที่ลำไส้เล็ก** สารเกือบทั้งหมดถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กโดยเฉพาะในส่วนดูโอดินัม ในลำไส้เล็กมีส่วนที่เรียกว่า วิลลัส ภายในวิลลัสมีหลอดเลือดฝอยและหลอดน้ำเหลือง เพื่อทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหารส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย
3. **การดูดซึมอาหารที่ลำไส้ใหญ่** มีการดูดซึมวิตามิน แร่ธาตุบางชนิด และน้ำ

ระบบขับถ่าย

• การขับถ่ายของเสียของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

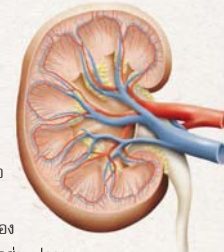
สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม ไม่มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการขับถ่ายจึงกำจัดของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึมออกสู่ภายนอกโดยการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยตรง



ระบบขับถ่าย

• การขับถ่ายของเสียของสัตว์

1. **ฟองน้ำและไฮดรา** เป็นสัตว์หลายเซลล์ แต่เซลล์ทุกเซลล์สัมผัสกับน้ำโดยตรง การกำจัดแอมโมเนียออกจากเซลล์จึงอาศัยการแพร่จากเซลล์สู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง
2. **พลาไนเรีย** กำจัดของเสียออกในรูปแบบแอมโมเนียทางช่องขับถ่ายและทางผิวหนัง โดยมีโครงสร้างในการกำจัดของเสีย คือ แฟลมเซลล์ ซึ่งกระจายอยู่ 2 ข้างตลอดความยาวของลำตัว
3. **ไส้เดือนดิน** มีอวัยวะขับถ่ายที่เรียกว่า เนฟรีเดียม มีปลายเปิดทั้งสองข้าง ปลายข้างหนึ่งมีลักษณะเหมือนปากแตรทำหน้าที่รับของเหลวที่เป็นของเสียจำพวกแอมโมเนียและยูเรีย จากช่องลำตัวเพื่อขับออกจากร่างกายที่ปลายอีกด้านหนึ่งที่เป็นช่องเปิดออกสู่ภายนอกทางผิวหนัง
4. **แมลง** มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย คือ ท่อมัลทิเกียน อยู่บริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะอาหารและลำไส้ ปลายด้านหนึ่งของท่อมัลทิเกียนเปิดเข้าสู่ทางเดินอาหาร ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นปลายตันลอยอยู่ในช่องเหลวภายในช่องลำตัว ซึ่งของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ยูริกแล้วถูกขับออกไปพร้อมกากอาหาร
5. **กิ้งก่า** มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย คือ ต่อมเซียวหรือต่อมแอนเทนนา ซึ่งอยู่บริเวณส่วนหัวของกิ้งก่า ทำหน้าที่กรองของเสีย แล้วส่งไปตามท่อนำของเสียที่กรองเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะแล้วขับออกจากร่างกายที่ช่องขับถ่ายบริเวณโคนหาง
6. **สัตว์มีกระดูกสันหลัง** จะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียและรักษาสมดุลภาพของน้ำและแร่ธาตุ เรียกว่า ไต โดยทำงานร่วมกับระบบหมุนเวียนเลือด

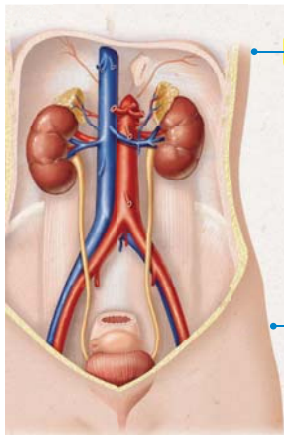


• การขับถ่ายของเสียของคน

- **ไต** เป็นอวัยวะในการขับถ่ายของคน รวมทั้งทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลภาพของน้ำและแร่ธาตุ โดยทำงานร่วมกับระบบหมุนเวียนเลือด ไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ ชั้นคอร์เทกซ์และชั้นเมดัลลา
- **หน่วยไต** มีลักษณะเป็นท่อ ประกอบด้วยโบริแมนแคปซูล โกลเมอรูลัส และท่อของหน่วยไต ซึ่งท่อของหน่วยไตแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ท่อขดส่วนต้น ท่วงเฮนเล และท่อขดส่วนปลาย
- **ท่อไต** เป็นท่อทางผ่านปัสสาวะที่ต่อจากกรวยไต โดยปลายท่ออีกด้านหนึ่งจะทะลุผ่านชั้นกล้ามเนื้อเรียบของกระเพาะปัสสาวะ และมีรูเปิดที่กระเพาะปัสสาวะ ผังท่อไตเป็นกล้ามเนื้อเรียบที่สามารถหดตัวแบบเพอร์ิสตอลซิส เพื่อบีบไล่ปัสสาวะไปยังกระเพาะปัสสาวะ
- **กระเพาะปัสสาวะ** เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เก็บปัสสาวะเพื่อเตรียมขับออกจากร่างกายผ่านทางท่อปัสสาวะ กระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเป็นถุงกลม มีท่อไต 2 ข้างเปิดเข้า

• การสร้างปัสสาวะ เป็นการทำงานของไตแต่ละหน่วย ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. **การกรองของเสีย** ของเสียในน้ำเลือดจะถูกกรองผ่านผนังของโกลเมอรูลัสและมีเซลล์โพโดไซตช่วยในการกรองของเสีย
2. **การดูดกลับสาร** ได้มีการดูดกลับน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ เกิดขึ้นที่ท่อหน่วยไตและท่อรวมโดยการทำงานของเซลล์ลำท่อซึ่งเป็นเซลล์เยื่อบุชั้นเดียว
3. **การหลั่งสาร** เกิดขึ้นบริเวณท่อขดส่วนต้น ท่วงเฮนเล และท่อขดส่วนปลาย ซึ่งการหลั่งสารต่าง ๆ ช่วยในการรักษาสมดุลภาพของแร่ธาตุต่าง ๆ



การควบคุมคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย

เมื่อร่างกายขาดน้ำหรือมีน้ำในเลือดน้อย แรงดันออสโมซิสในเลือดสูงขึ้น ซึ่งจะกระตุ้นหน่วยรับรู้ในสมองส่วนไฮโปทาลามัส จากนั้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังให้หลั่งฮอร์โมน ADH เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด โดยฮอร์โมน ADH จะกระตุ้นให้หน่วยไตและท่อรวมดูดน้ำกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณปัสสาวะลดลง แต่เมื่อร่างกายได้รับน้ำมาก แรงดันออสโมซิสในเลือดจะต่ำลงมีผลไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH ทำให้ท่อหน่วยไตและท่อรวมไม่ดูดน้ำกลับ ปริมาณน้ำปัสสาวะจึงมากขึ้น

ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไตและโรคไต

● ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไตและโรคไต

- **โรคนี้่ว** มีสาเหตุมาจากการตกตะกอนของแคลเซียมออกซาเลตและแคลเซียมฟอสเฟตรวมตัวกันเป็นก้อนอุดทางเดินปัสสาวะ
- **โรคไตวาย** เป็นภาวะที่ไตสูญเสียการทำงานซึ่งมีผลต่อการรักษาคุณภาพของร่างกาย โดยมีสาเหตุจากหลายประการ เช่น การป่วยด้วยโรคเบาหวานในระยะเวลายาวนาน หรือการติดเชื้ออย่างรุนแรง โรคไตวายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ไตวายเฉียบพลันและไตวายเรื้อรัง

Process

1. เปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. อธิบายการกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์
4. อธิบายเปรียบเทียบโครงสร้างและการกำจัดของเสียของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
5. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไตและโครงสร้างการลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย
6. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกนอกร่างกาย
7. เขียนแผนภาพสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกนอกร่างกายของหน่วยไต
8. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

Attribute

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน



คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้

1. การย่อยอาหารภายในเซลล์และภายนอกเซลล์มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
2. การย่อยของเอนไซม์และพาราไมซีซึมเกิดขึ้นในส่วนใดของเซลล์
3. อธิบายกลไกการกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย
4. ถ้าในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องปราศจากจุลินทรีย์จะเป็นอย่างไร
5. เหตุใดสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจึงมีความต้องการสารอาหารแตกต่างกัน
6. พิจารณาแอนิเมชันต่อไปแล้วระบุว่าเกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารประเภทใด

6.1 อะไมเลส	6.2 เพปซิน
6.3 คาร์บอกซิเพปติเดส	6.4 ทริปซิน
6.5 โคโมทริปซิน	6.6 ลิเพส
6.7 อะมิโนเพปติเดส	
7. กระเพาะอาหารและก้นมีผลดีต่อสัตว์ที่เลี้ยงวัยทั้ง 2 อย่างไร
8. อธิบายลำดับทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง
9. พิจารณาสารอาหารต่อไปนี้ถูกดูดซึมที่อวัยวะใด

9.1 กลูโคส	9.2 กรดอะมิโน
9.3 กลีเซอรอลและกรดไขมัน	9.4 วิตามิน
10. ถ้าผนังลำไส้ใหญ่ถูกรบกวนด้วยสารบางอย่างหรือจุลินทรีย์บางชนิด เช่น เชื้ออหิวาตกโรค จะทำให้ผนังลำไส้ใหญ่ดูดน้ำและแร่ธาตุกลับได้น้อยกว่าปกติจะส่งต่อร่างกายอย่างไร
11. สารประกอบไนโตรเจนที่เป็นของเสียที่ขับถ่ายออกมาจากร่างกายของปลาส่วนใหญ่ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์ปีก สัตว์เลี้ยงลูก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
12. เหตุใดปัสสาวะที่ขับออกนอกร่างกายในแต่ละวันจึงมีปริมาณน้อยกว่าของเหลวที่ถูกกรองผ่านโกลเมอรูลัส
13. สารใดที่พบในปัสสาวะน้อยที่สุด เพราะเหตุใด
14. เขียนแผนภาพสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกนอกร่างกายของหน่วยไต
15. ถ้าร่างกายขาดฮอร์โมนแอลโดสเทโรนหรือต่อมหมวกไตไม่สร้างฮอร์โมนแอลโดสเทโรนจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร
16. ไตวายเฉียบพลันและไตวายเรื้อรังเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
17. ได้เคยมีหลักการใช้และการทำงานอย่างไร