



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



# ชีววิทยา

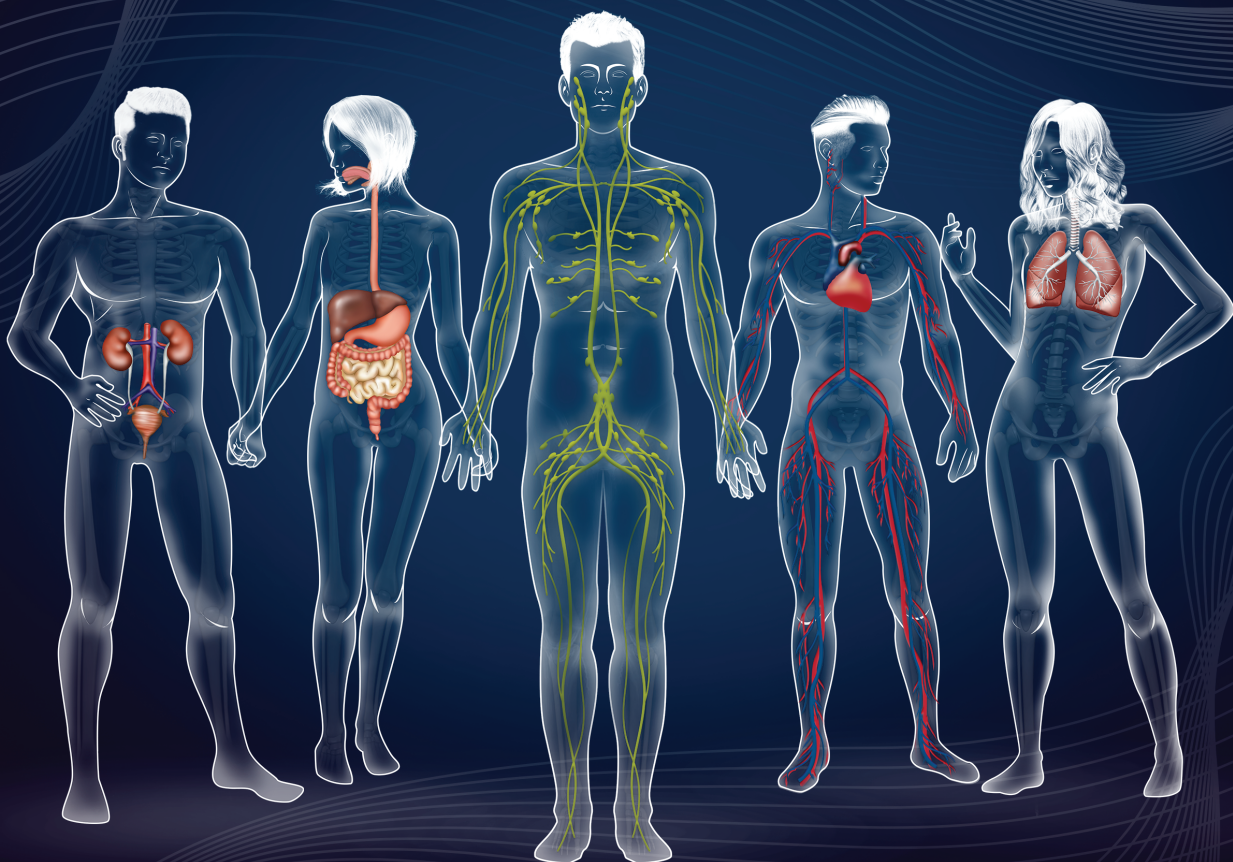
## เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

# ๕







หนังสือเรียน

---

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

---

## ชีววิทยา

ชั้น

---

## มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

---

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ ฉบับสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยมิได้รับอนุญาต

---

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

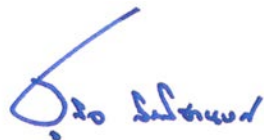


# คำชี้แจง

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

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๑ - เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖ แล้วจะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๔ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องระบบย่อยอาหาร ระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบขับถ่าย ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญรวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒินักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๔ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่างๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่างๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b> | <b>คำถามสำคัญ</b><br><br>คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว                                                    | <b>2</b> | <b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b><br><br>เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ |
| <b>3</b> | <b>ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน</b><br><br>ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหาในนั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท | <b>4</b> | <b>ชวนคิด</b><br><br>คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา                                    |
| <b>5</b> | <b>ตรวจสอบความเข้าใจ</b><br><br>คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง                                             | <b>6</b> | <b>ลองทำดู</b><br><br>การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้                                                                              |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>กิจกรรม</b> <div>  <p>การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง</p> </div> | 8  | <b>ตัวอย่าง</b> <div>  <p>การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น</p> </div>                                     |
| 9  | <b>กิจกรรมเสนอแนะ</b> <div>  <p>การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้</p> </div>                                                         | 10 | <b>ความรู้เพิ่มเติม</b> <div>  <p>ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล</p> </div>                             |
| 11 | <b>รู้หรือไม่</b> <div>  <p>ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน</p> </div>                                                                                         | 12 | <b>การเชื่อมโยงความรู้</b> <div>  <p>เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ</p> </div> |
| 13 | <b>กรณีศึกษา</b> <div>  <p>ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้ นักเรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง</p> </div>                                                                           | 14 | <b>สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน</b> <div>  <p>การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด</p> </div>                                                            |
| 15 | <b>แบบฝึกหัดท้ายบท</b> <div>  <p>คำถามท้ายบทเรียนสำหรับผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้</p> </div>                                        | 16 | <b>สื่อ AR (Augmented Reality)</b> <div>  <p>สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทย์ ม.ปลาย"</p> </div>                     |

# 13

## ระบบย่อยอาหาร

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 13 ระบบย่อยอาหาร           | 1  |
| 13.1 การย่อยอาหารของสัตว์  | 7  |
| 13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์ | 15 |
| สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน    | 36 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13      | 38 |

# 14

## ระบบหายใจ

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 14 ระบบหายใจ                                | 43 |
| 14.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์              | 48 |
| 14.2 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์ | 58 |
| 14.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส     | 60 |
| 14.4 การหายใจ                               | 66 |
| สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน                     | 77 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14                       | 78 |

# 15

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 15 ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง | 85  |
| 15.1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์   | 88  |
| 15.2 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์  | 91  |
| 15.3 ระบบน้ำเหลือง                    | 122 |

## ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 125 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 15   | 126 |

# 16

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 16 ระบบภูมิคุ้มกัน                       | 131 |
| 16.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม | 134 |
| 16.2 การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน            | 146 |
| 16.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน       | 152 |

## ระบบภูมิคุ้มกัน

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 158 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16   | 159 |

# 17

## ระบบขับถ่าย

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 17 ระบบขับถ่าย                                        | 163 |
| 17.1 การขับถ่ายของสัตว์                               | 168 |
| 17.2 การขับถ่ายของมนุษย์                              | 170 |
| 17.3 การทำงานของหน่วยไต                               | 174 |
| 17.4 ได้กับการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย | 178 |
| 17.5 ความผิดปกติของระบบขับถ่าย                        | 183 |
| สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน                               | 187 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 17                                 | 188 |

## ภาคผนวก

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ภาคผนวก                     | 193 |
| คำศัพท์                     | 194 |
| บรรณานุกรม                  | 204 |
| ที่มาของรูป                 | 207 |
| คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน | 208 |

บทที่

| ระบบย่อยอาหาร



ipst.me/8866

13



มนุษย์รับประทานอาหารวันละหลายมื้อ ซึ่งควรประกอบด้วยอาหารที่หลากหลายเพื่อให้ได้สารอาหารที่แตกต่างกัน และครบถ้วนเหมาะสมกับความจำเป็นของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายที่ต้องการนำไปใช้ให้เพียงพอกับการดำรงชีวิตในแต่ละวัน โดยอาหารเหล่านี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด สารอาหารเหล่านี้ต้องมีการเปลี่ยนเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น มอนแซ็กคาไรด์ กรดแอมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล ซึ่งเซลล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ อาหารมีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างไรตั้งแต่รับประทานเข้าไปจนมีการดูดซึมสารอาหารและขับออกมาเป็นกากอาหาร การเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบใดในร่างกาย







### คำถามสำคัญ

1. สัตว์แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่ใช้ในการย่อยอาหารและกระบวนการย่อยอาหารเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
2. มนุษย์มีกระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารอย่างไร



### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. อธิบายการย่อยอาหารภายนอกเซลล์และภายในเซลล์
3. สังเกตและอธิบายการกินอาหารของไฮดราและปลาน้ำจืด
4. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในกระบวนการย่อยเชิงกลและทางเคมีของมนุษย์
5. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการดูดซึมสารอาหารและการถ่ายอุจจาระของมนุษย์



## ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☐ 1. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีโครงสร้างในการย่อยอาหารเหมือนกัน
- ☐ 2. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ทันที
- ☐ 3. ทางเดินอาหารของมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก และมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร คือ ต่อมน้ำลาย ตับ และตับอ่อน
- ☐ 4. ฟันช่วยบดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงจัดเป็นการย่อยเชิงกลและมีลิ้นช่วยคลุกเคล้าอาหาร
- ☐ 5. ภายในกระเพาะอาหารมีการย่อยโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ในภาวะที่เป็นกรด
- ☐ 6. การย่อยอาหารในลำไส้เล็กอาศัยเอนไซม์ที่สร้างจากตับอ่อนเท่านั้น
- ☐ 7. การดูดซึมสารอาหารส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็ก
- ☐ 8. น้ำดีสร้างจากถุงน้ำดีแล้วส่งไปที่ลำไส้เล็กช่วยให้ลิพิดแตกตัว
- ☐ 9. ไตรกลีเซอไรด์เมื่อถูกย่อยแล้วจะได้กรดไขมันและกลีเซอรอล
- ☐ 10. เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารจัดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อาหารเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต สัตว์ก็เช่นเดียวกันต้องการอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน โดยทั่วไปการย่อยอาหารของสัตว์มีหลายขั้นตอน เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดมีทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด ซึ่งเป็นสารอาหารที่แตกต่างกันจึงจำเป็นต้องใช้เอนไซม์มาย่อยแตกต่างกัน ในการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตมีการย่อยอาหารภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ กระบวนการย่อยทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกันอย่างไร

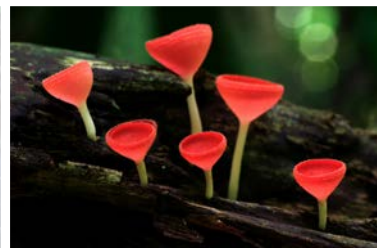
สิ่งมีชีวิตบางชนิดปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ แล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์ เช่น ราที่เจริญเติบโตบนอาหารที่วางทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน หรือเห็ดที่เจริญเติบโตบนขอนไม้จนทำให้ขอนไม้เกิดการผุพัง ดังรูป 13.1 ซึ่งเห็ดราแต่ละชนิดต่างก็มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสารตั้งต้นได้ต่างกัน เช่น ราบนขนมปังมีเอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้งและน้ำตาลได้ ส่วนเห็ดมีเอนไซม์ที่สามารถย่อยเซลลูโลสได้



ราบนขนมปัง



ราบนส้ม

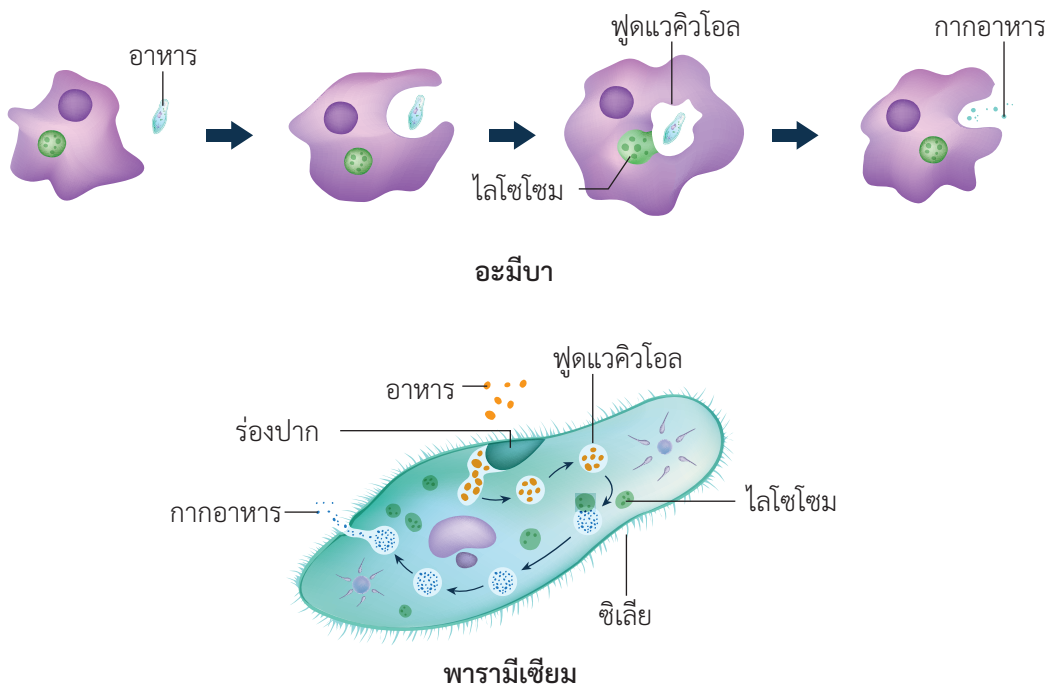


เห็ดต่างๆ บนขอนไม้

รูป 13.1 ราเจริญบนอาหารและผลไม้  
เห็ดเจริญบนขอนไม้

สิ่งมีชีวิตที่มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมีการย่อยอาหารภายในเซลล์โดยการสร้างเวสิเคิล เช่น อะมีบาและพารามีเซียมย่อยอาหารภายในฟูดแวคิวโอลซึ่งอาศัยเอนไซม์จากไลโซโซม โดยอะมีบานำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส และพินไซโทซิส ส่วนพารามีเซียมใช้ซิเลียโบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ที่บริเวณช่องปากเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล เมื่อฟูดแวคิวโอลรวมกับไลโซโซม เอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง และมีการลำเลียงสารอาหารที่ย่อยได้ไปทั่วเซลล์ ส่วนกากอาหารในฟูดแวคิวโอลถูกกำจัดออกนอกเซลล์โดยฟูดแวคิวโอลจะเคลื่อนไปใกล้เยื่อหุ้มเซลล์และปล่อยออกด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส ดังรูป 13.2



รูป 13.2 การย่อยอาหารของอะมีบาและพารามีเซียม



### ตรวจสอบความเข้าใจ

? การย่อยอาหารภายนอกเซลล์และการย่อยอาหารภายในเซลล์แตกต่างกันอย่างไร



### กิจกรรมเสนอแนะ : การกินอาหารของพารามีเซียม



ipst.me/9198

#### จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารของพารามีเซียม
2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอาหารเมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียม

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. ยีสต์
2. พารามีเซียม
3. สารละลายสีคองโกเรด ความเข้มข้น 1%
4. เมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 5%
5. น้ำ
6. หลอดทดลองขนาดกลาง
7. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
8. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ
9. บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
10. ตะเกียงแอลกอฮอล์

#### วิธีการทำกิจกรรม

1. นำยีสต์ 0.5 g ผสมน้ำ 10 mL ในหลอดทดลอง ทิ้งให้เกิดฟองแก๊สแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายคองโกเรด 5 หยด ทิ้งไว้ 15 นาที
2. หยดเมทิลเซลลูโลส จำนวน 1 หยด ลงในสไลด์ที่มีพารามีเซียม จากนั้นหยดสารที่เตรียมไว้ในข้อ 1 จำนวน 1 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
3. สังเกตการเปลี่ยนสีของฟูดแวคิวโอลในพารามีเซียมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และสื่อบันทึกข้อมูลเรื่องการกินอาหารของพารามีเซียม

#### คำถามท้ายกิจกรรม

- ? พารามีเซียมมีวิธีการกินยีสต์อย่างไร
- ? ยีสต์เมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียมแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร

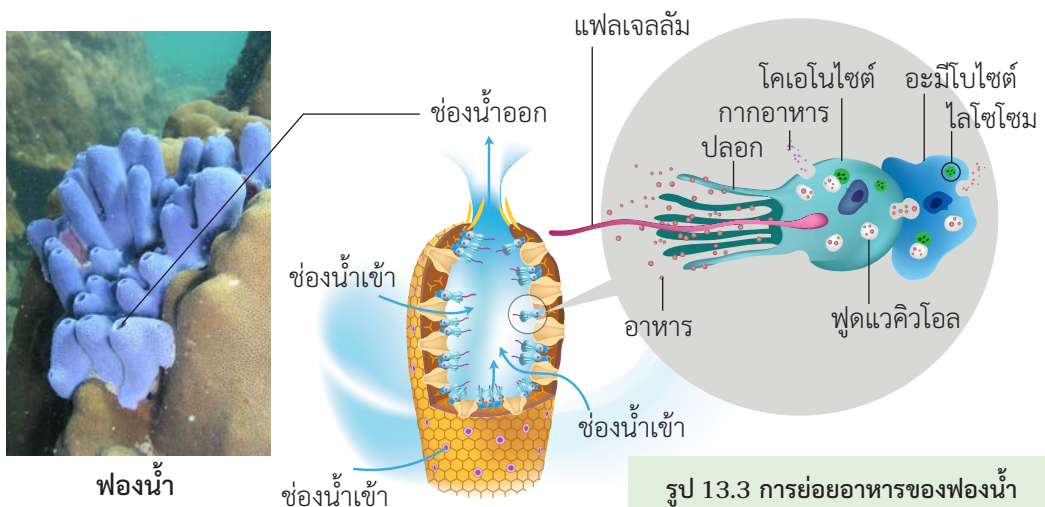
สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการย่อยอาหารที่ต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่ศึกษาข้างต้นแล้ว สัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายซับซ้อนมากขึ้นจะมีการย่อยอาหารอย่างไร

### 13.1 การย่อยอาหารของสัตว์

โครงสร้างในการย่อยอาหารของสัตว์ทำให้แบ่งสัตว์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

#### สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

ฟองน้ำเป็นสัตว์ที่มีลำตัวเป็นรูพรุน ไม่มีทางเดินอาหาร โดยมีเซลล์ชนิดหนึ่ง เรียกว่า **โคเอโนไซต์** (choanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีแฟลเจลลัมและมีปลอก โคเอโนไซต์ใช้แฟลเจลลัมโบกพัดอาหารที่มากับน้ำทางช่องน้ำเข้าแล้วเข้าไปในปลอก จากนั้นอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล เมื่อฟูดแวคิวโอลรวมกับไลโซโซมเอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้จะมีเซลล์อีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า **อะมีโบไซต์** (amoebocyte) มีลักษณะคล้ายอะมีบา สามารถนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์และเกิดการย่อยภายในเซลล์นี้ เมื่ออาหารถูกย่อยจนสมบูรณ์แล้วจะส่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ ต่อไป ดังรูป 13.3 ส่วนกากอาหารจะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส ออกนอกร่างกายทางช่องน้ำออก



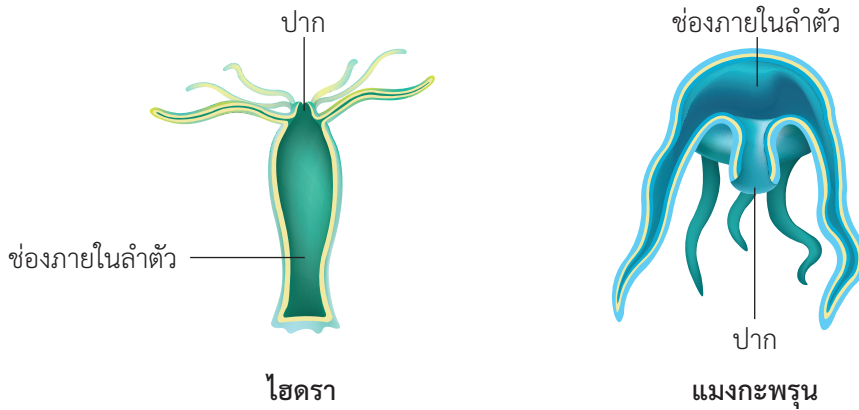
รูป 13.3 การย่อยอาหารของฟองน้ำ



การย่อยอาหารของฟองน้ำเหมือนหรือแตกต่างกับอะมีบา และพารามีเซียม อย่างไร

### สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

สัตว์หลายชนิดมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่น ไฮดราและแมงกะพรุน มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว เรียกว่า ปาก ซึ่งเป็นทั้งทางเข้าของอาหารและทางออกของกากอาหาร ดังรูป 13.4



รูป 13.4 ทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

พฤติกรรมกรรมการกินอาหารของไฮดราสามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 13.1



#### กิจกรรม 13.1 การกินอาหารของไฮดรา



ipst.me/9199

#### จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของไฮดรา
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. ไฮดรา
2. ไรแดง
3. น้ำ
4. หลอดหยด
5. สไลด์หลุม
6. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

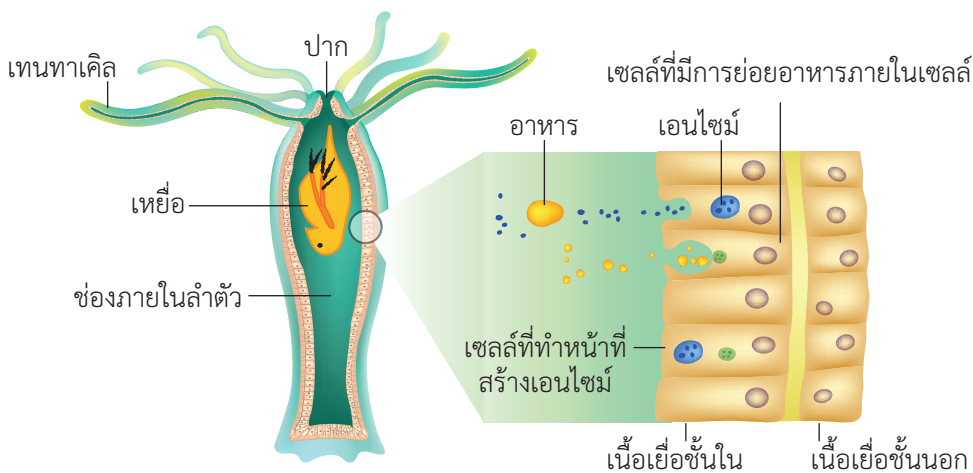
### วิธีการทำกิจกรรม

1. ใช้หลอดหยดดูดไฮดรามาวางบนสไลด์หลุม จากนั้นใช้หลอดหยดดูดไรแดงใส่ลงไปประมาณ 2-3 ตัว สังเกตการกินอาหารของไฮดรา โดยนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง เชิงประกอบกำลังขยายต่ำ แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา

### คำถามท้ายกิจกรรม

- ❓ ไฮดรามีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์
- ❓ เขียนแผนผังแสดงการกินและกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา
- ❓ วิธีการนำอาหารเข้าสู่ร่างกายของฟองน้ำและไฮดราแตกต่างกันอย่างไร

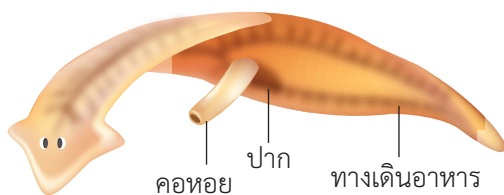
ไฮดราเป็นสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน ดังรูป 13.5 ไฮดรากินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเป็นอาหาร โดยเมื่อเหยื่อเข้ามาสัมผัสกับ**เทนทาเคิล** (tentacle) ไฮดราจะปล่อย**เข็มพิษ** (nematocyst) ทางเหยื่อทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต จากนั้นจะใช้เทนทาเคิลจับเหยื่อเข้าปาก เมื่อเหยื่อเข้าสู่ช่องภายในลำตัว เซลล์ที่อยู่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นในซึ่งทำหน้าที่สร้างเอนไซม์จะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นอาหารบางส่วนจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล และย่อยโดยเอนไซม์ในไลโซโซมเช่นเดียวกับฟองน้ำ สารอาหารที่ได้จะแพร่เข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ ส่วนกากอาหารจะขับออกทางปาก



รูป 13.5 ทางเดินอาหารของไฮดรา



พลาณาเรียเป็นหนอนตัวแบนชนิดหนึ่งที่อยู่เป็นอิสระ โดยมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่นเดียวกับไฮดรา ทางเดินอาหารของพลาณาเรียทอดยาวไปตามลำตัว และแตกแขนงไปทั่วร่างกาย มีส่วนคอคอย (pharynx) ซึ่งมีลักษณะเหมือนท่อยื่นออกมาต่อจากปาก ดังรูป 13.6 พลาณาเรียจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้เป็นชิ้นเล็กลงภายนอกตัว อาหารบางส่วนที่ย่อยแล้วจะถูกดูดผ่านคอคอยเข้าสู่ทางเดินอาหาร เซลล์ที่ทางเดินอาหารปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารในช่องภายในลำตัว และย่อยต่อภายในเซลล์จันสมบูรณ์ ส่วนกากอาหารจะถูกขับออกทางปาก



รูป 13.6 ทางเดินอาหารของพลาณาเรีย



### กิจกรรม 13.2 ทางเดินอาหารของพลาณาเรีย



ipst.me/9197

#### จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของพลาณาเรีย
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของพลาณาเรีย

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. พลาณาเรีย
2. ดับไกดิบ หรือไข่แดงสุก
3. ผงถ่านคาร์บอน (charcoal)
4. น้ำ
5. หลอดหยด
6. ปากคีบ
7. สไลด์หลุม
8. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

#### วิธีการทำกิจกรรม

1. นำดับไกดิบ 1 ชิ้นสับให้ละเอียด หรือไข่แดงสุกบดละเอียดแล้วผสมด้วยผงถ่านคาร์บอนให้เข้ากันจนเป็นสีดำ