



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



# ชีววิทยา

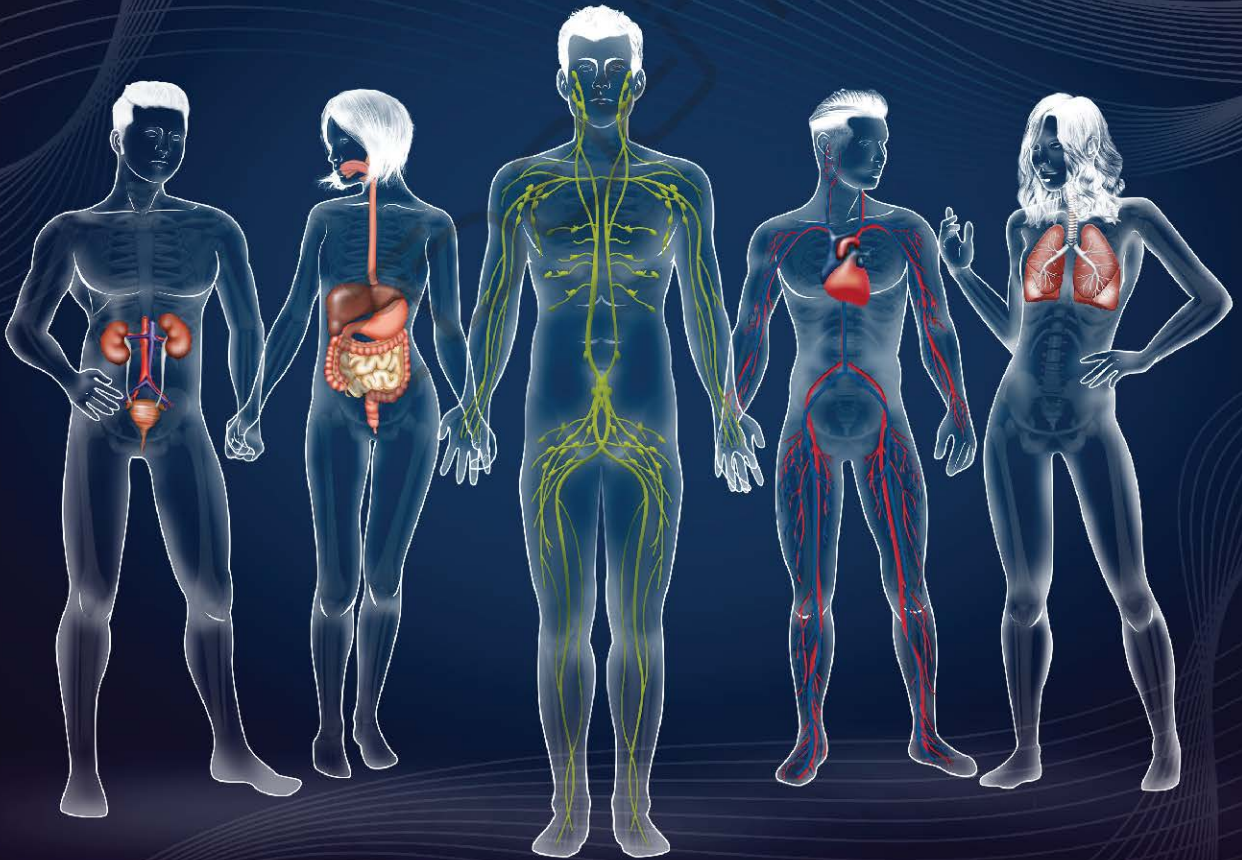
## เล่ม ๔

# ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑



CTBacT<sub>2</sub>



หนังสือเรียน

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

## 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 กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม กับจุดประสงค์ต่าง 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 ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ 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 อดินิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญรวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจสอบความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว 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>  <p>คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว</p>	<b>2</b>	<b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b>  <p>เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ</p>
<b>3</b>	<b>ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน</b>  <p>ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหาในก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท</p>	<b>4</b>	<b>ชวนคิด</b>  <p>คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา</p>
<b>5</b>	<b>ตรวจสอบความเข้าใจ</b>  <p>คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง</p>	<b>6</b>	<b>ลองทำดู</b>  <p>การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้</p>

7

**กิจกรรม**

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

8

**ตัวอย่าง**

การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น

9

**กิจกรรมเสนอแนะ**

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้

10

**ความรู้เพิ่มเติม**

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

11

**รู้หรือไม่**

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียน กับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

12

**การเชื่อมโยงความรู้**

เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ

13

**กรณีศึกษา**

ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้ นักเรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง

14

**สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน**

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

15

**แบบฝึกหัดท้ายบท**

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

16

**สื่อ AR (Augmented Reality)**

สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทย์ ม.ปลาย"

## 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 ไตกับการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง 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

## 13


[ipst.me/8866](http://ipst.me/8866)


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. สังเกตและอธิบายการกินอาหารของไฮดราและพลาณาเรีย
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 ในการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตมีทั้งการย่อยอาหารภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ กระบวนการย่อยทั้งสองแบบนี้ มีความแตกต่างกันอย่างไร

สิ่งมีชีวิตบางชนิดปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ แล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์ เช่น ราที่เจริญเติบโตบนอาหารที่วางทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน หรือเห็ดที่เจริญเติบโตบนขอนไม้จนทำให้ขอนไม้เกิดการผุพัง ดังรูป 13.1 ซึ่งเห็ดราแต่ละชนิดต่างก็มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสารตั้งต้นได้ต่างกัน เช่น ราบนขนมปังมีเอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้งและน้ำตาลได้ ส่วนเห็ดมีเอนไซม์ที่สามารถย่อยเซลลูโลสได้



ราบนขนมปัง



ราบนส้ม

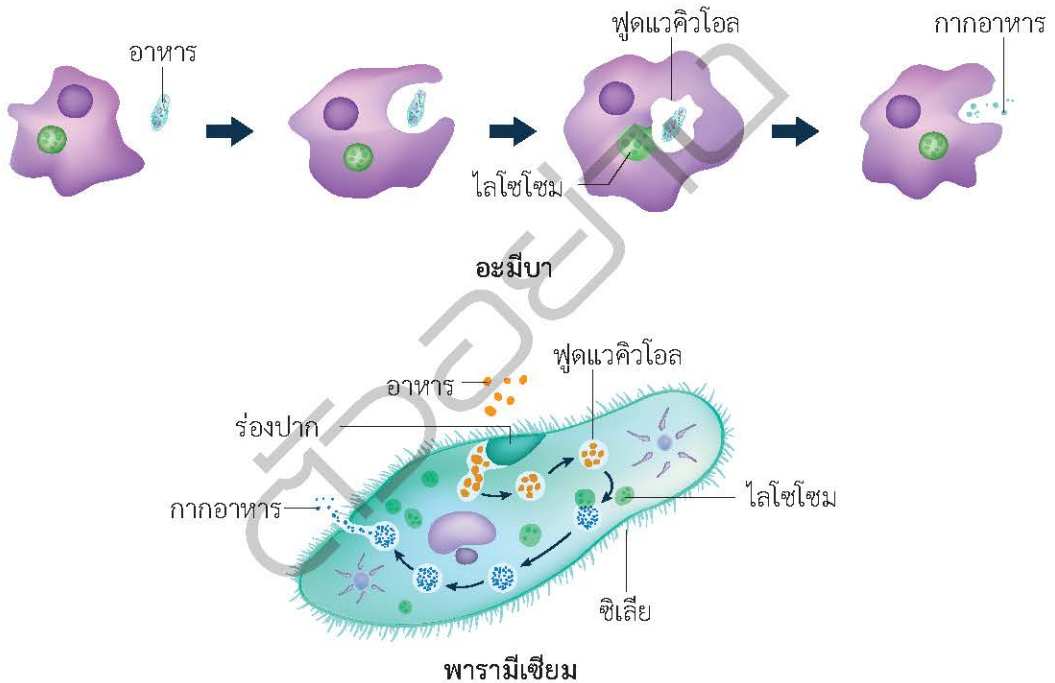


เห็ดต่าง ๆ บนขอนไม้

รูป 13.1 ราเจริญบนอาหารและผลไม้  
เห็ดเจริญบนขอนไม้

สิ่งมีชีวิตที่มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมีการย่อยอาหารภายในเซลล์โดยการสร้างเวสิเคิล เช่น อะมีบาและพารามีเซียมย่อยอาหารภายในพุดแควิวโอลซึ่งอาศัยเอนไซม์จากไลโซโซม โดยอะมีบานำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส และพินไซโทซิส ส่วนพารามีเซียมใช้ซิเลียโบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ที่บริเวณช่องปากเกิดเป็นพุดแควิวโอล เมื่อพุดแควิวโอลรวมกับไลโซโซม เอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง และมีการลำเลียงสารอาหารที่ย่อยได้ไปทั่วเซลล์ ส่วนกากอาหารในพุดแควิวโอลถูกกำจัดออกนอกเซลล์โดยพุดแควิวโอลจะเคลื่อนไปใกล้เยื่อหุ้มเซลล์และปล่อยออกด้วยวิธีเอกไซโทซิส 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. สารละลายสีคองโกเรต 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 จากนั้นเติมสารละลายคองโกเรต 5 หยด ทิ้งไว้ 15 นาที
2. หยดเมทิลเซลลูโลส จำนวน 1 หยด ลงในสไลด์ที่มีพารามีเซียม จากนั้นหยดสารที่เตรียมไว้ในข้อ 1 จำนวน 1 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
3. สังเกตการเปลี่ยนสีของฟูดแควคิวโอลในพารามีเซียมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และสืบค้นข้อมูลเรื่องการกินอาหารของพารามีเซียม

#### คำถามท้ายกิจกรรม

1. พารามีเซียมมีวิธีการกินยีสต์อย่างไร
2. ยีสต์เมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียมแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร



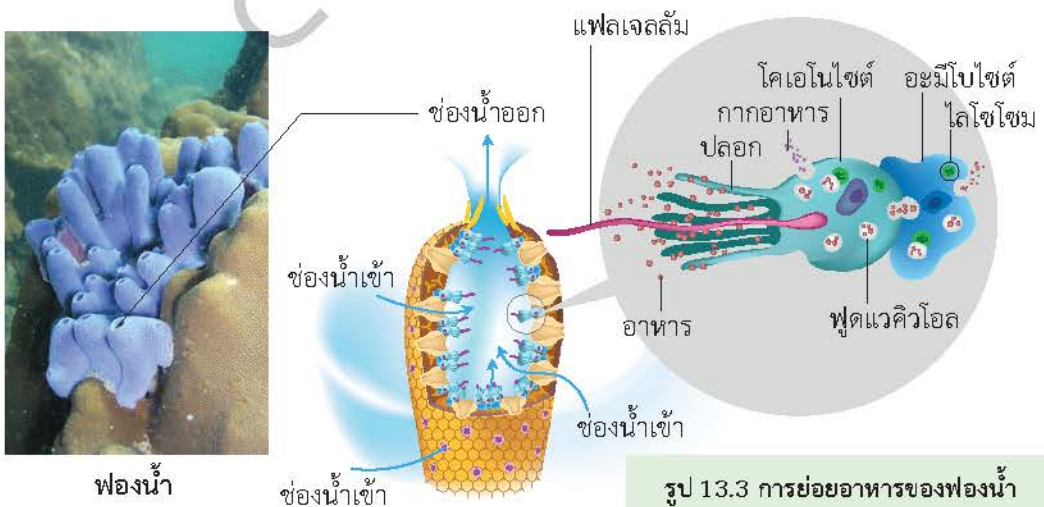
สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการย่อยอาหารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่ศึกษาข้างต้นแล้ว สัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายซับซ้อนมากขึ้นจะมีการย่อยอาหารอย่างไร

### 13.1 การย่อยอาหารของสัตว์

โครงสร้างในการย่อยอาหารของสัตว์ทำให้แบ่งสัตว์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

#### สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

ฟองน้ำเป็นสัตว์ที่มีลำตัวเป็นรูพรุน ไม่มีทางเดินอาหาร โดยมีเซลล์ชนิดหนึ่ง เรียกว่า **โคเอโนไซต์** (choanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีแฟลเจลลัมและมีปลอก โคเอโนไซต์ใช้แฟลเจลลัมโบกพัดอาหารที่มากับน้ำทางช่องน้ำเข้าแล้วเข้าไปในปลอก จากนั้นอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟุตแวคิวโอล เมื่อฟุตแวคิวโอลรวมกับไลโซโซมเอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้จะมีเซลล์อีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า **อะมีโบไซต์** (amoebocyte) มีลักษณะคล้ายอะมีบาสามารถนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์และเกิดการย่อยภายในเซลล์นี้ เมื่ออาหารถูกย่อยจนสมบูรณ์แล้วจะส่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ ต่อไป ดังรูป 13.3 ส่วนกากอาหารจะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยวิธีเอกไซโทซิส ออกนอกร่างกายทางช่องน้ำออก

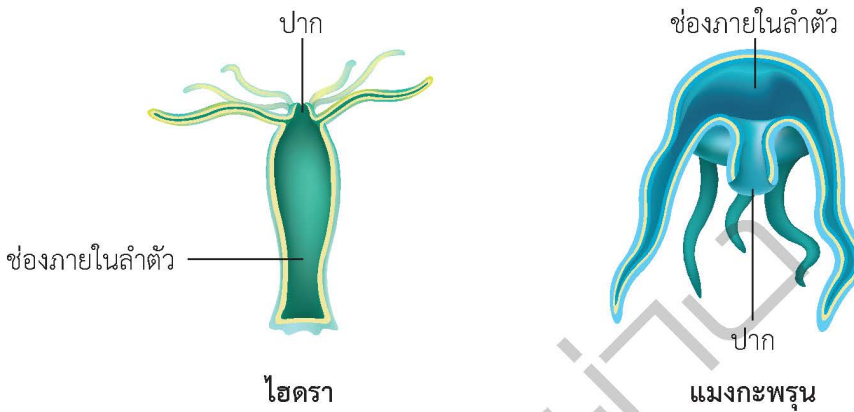


รูป 13.3 การย่อยอาหารของฟองน้ำ

? 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

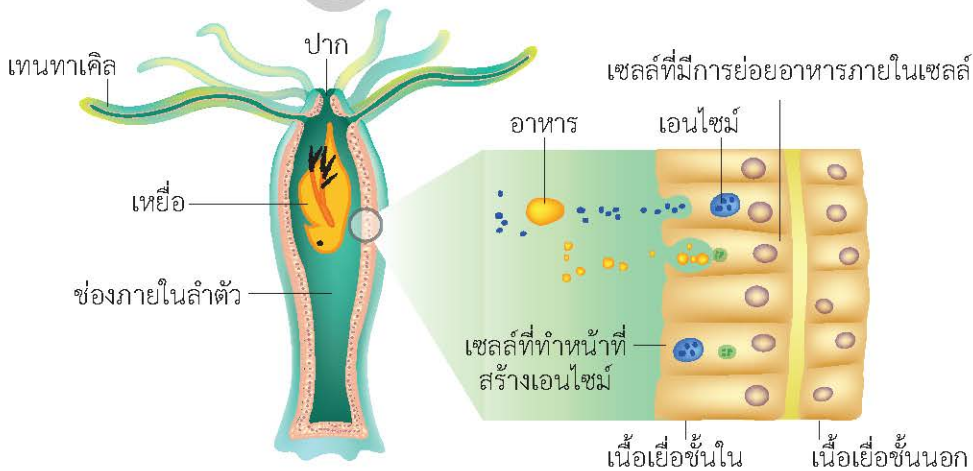
### วิธีการทำกิจกรรม

1. ใช้หลอดหยดดูดไฮดรามาวางบนสไลด์หลุม จากนั้นใช้หลอดหยดดูดไรแดงใส่ลงไปประมาณ 2-3 ตัว สังเกตการกินอาหารของไฮดรา โดยนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบกำลังขยายต่ำ แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา

### คำถามท้ายกิจกรรม

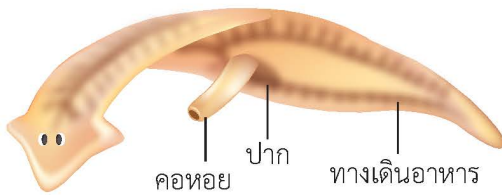
- ❓ ไฮดรามีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์
- ❓ เขียนแผนผังแสดงการกินและกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา
- ❓ วิธีการนำอาหารเข้าสู่ร่างกายของฟองน้ำและไฮดราแตกต่างกันอย่างไร

ไฮดราเป็นสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน ดังรูป 13.5 ไฮดรากินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเป็นอาหาร โดยเมื่อเหยื่อเข้ามาสัมผัสกับ **เทนท์ทาเคิล** (tentacle) ไฮดราจะปล่อย **เข็มพิษ** (nematocyst) ทางเหยื่อทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต จากนั้นจะใช้ เทนท์ทาเคิลจับเหยื่อเข้าปาก เมื่อเหยื่อเข้าสู่ช่องภายในลำตัว เซลล์ที่อยู่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นในซึ่งทำหน้าที่สร้างเอนไซม์จะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นอาหารบางส่วนจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล และย่อยโดยเอนไซม์ในไลโซโซมเช่นเดียวกับฟองน้ำ สารอาหารที่ได้จะแพร่เข้าสู่เซลล์ต่างๆ ส่วนกากอาหารจะขับออกทางปาก



รูป 13.5 ทางเดินอาหารของไฮดรา

ปลานาเรียเป็นหนอนตัวแบนชนิดหนึ่งที่อยู่เป็นอิสระ โดยมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่นเดียวกับไฮดรา ทางเดินอาหารของปลานาเรียทอดยาวไปตามลำตัว และแตกแขนงไปทั่วร่างกาย มีส่วนคอคอหอย (pharynx) ซึ่งมีลักษณะเหมือนท่อยื่นออกมาต่อจากปาก ดังรูป 13.6 ปลานาเรียจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้เป็นชิ้นเล็กลงภายนอกตัว อาหารบางส่วนที่ย่อยแล้วจะถูกดูดผ่านคอคอหอยเข้าสู่ทางเดินอาหาร เซลล์ที่ทางเดินอาหารปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารในช่องภายในลำตัว และย่อยต่อภายในเซลล์จันสมบูรณ์ ส่วนกากอาหารจะถูกขับออกทางปาก



รูป 13.6 ทางเดินอาหารของปลานาเรีย



### กิจกรรม 13.2 ทางเดินอาหารของปลานาเรีย



ipst.me/9197

#### จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของปลานาเรีย
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของปลานาเรีย

#### วัสดุและอุปกรณ์

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

#### วิธีการทำกิจกรรม

1. นำตับไก่ดิบ 1 ชิ้นสับให้ละเอียด หรือไข่แดงสุกบดละเอียดแล้วผสมด้วยผงถ่านคาร์บอนให้เข้ากันจนเป็นสีดำ

- นำปลานาเรีย 1 ตัว ใส่ลงในสไลด์หลุมที่มีน้ำแล้วใช้ปากคีบคีบตัดไก่หรือไข่แดงสุกใส่ลงไป
- สังเกตการกินและทางเดินอาหารของปลานาเรีย โดยนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสงเชิงประกอบกำลังขยายต่ำ แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้
- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของปลานาเรีย

### คำถามท้ายกิจกรรม

- วิธีการกินอาหารของปลานาเรียแตกต่างจากไฮดราราย่างไร
- ทางเดินอาหารของปลานาเรียที่สังเกตได้มีลักษณะแตกต่างจากไฮดราราย่างไร

เมื่อปลานาเรียกินอาหาร อาหารจะเคลื่อนที่ไปตามทางเดินอาหารที่มีลักษณะแตกแขนงไปทั่วร่างกาย ดังรูป 13.7



ก. ก่อนกินอาหาร

ข. หลังกินอาหารผสมผงถ่านคาร์บอน

รูป 13.7 ลักษณะทางเดินอาหารของปลานาเรีย



### ชวนคิด

เพราะเหตุใดสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์จึงต้องมีการย่อยอาหารทั้งภายนอกเซลล์และภายในเซลล์

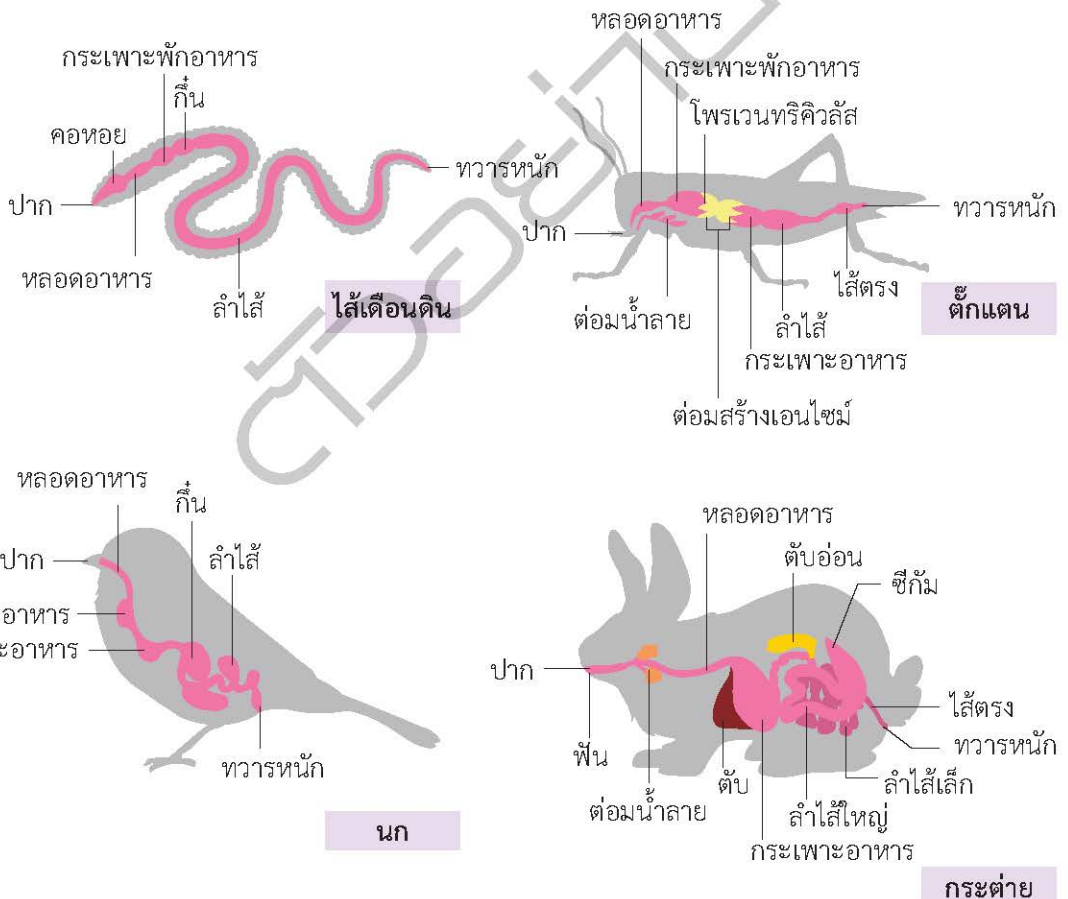
### สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

สัตว์ส่วนใหญ่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ คือ ทางเดินอาหารมีช่องเปิด 2 ช่อง โดยปลายด้านหนึ่งของท่อทางเดินอาหารเป็นทางเข้าของอาหาร เรียกว่า ปาก และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นทางออกของกากอาหาร เรียกว่า ทวารหนัก ดังรูป 13.8



รูป 13.8 ทางเดินอาหารแบบสมบูรณ

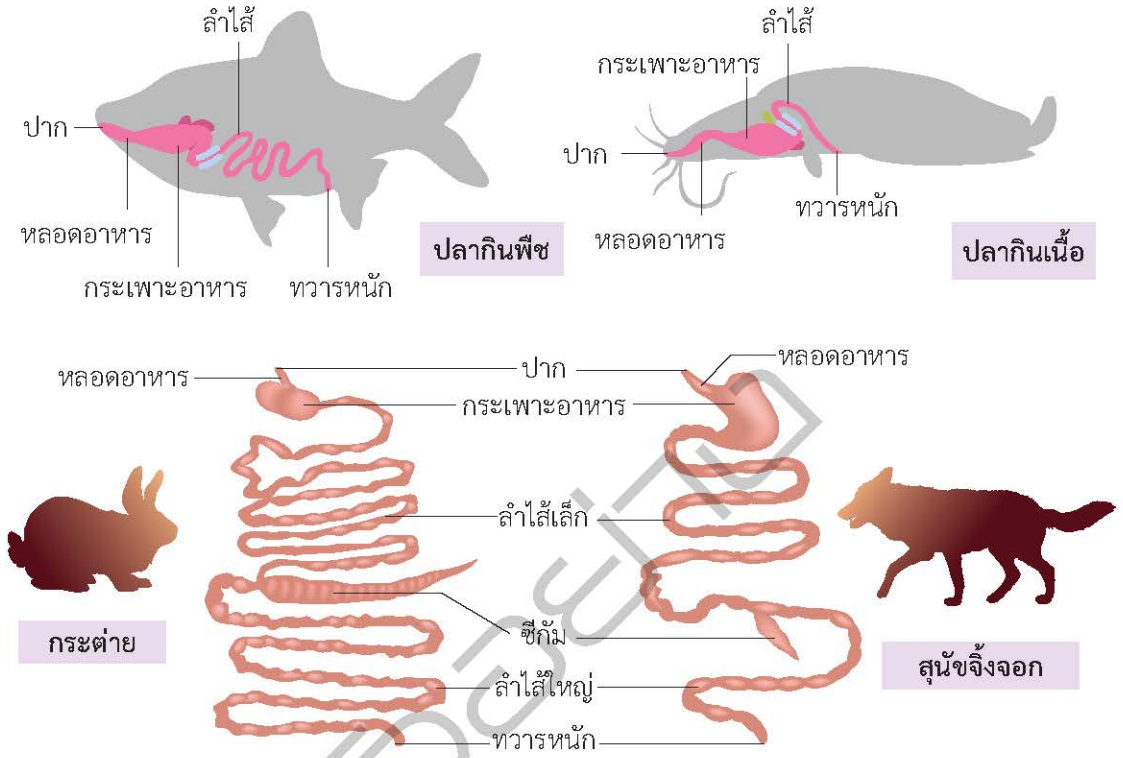
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ เช่น ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิด จะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ โดยทางเดินอาหารจะมีลักษณะเป็นท่อและแบ่งเป็นส่วน ๆ ซึ่งทำหน้าที่จำเพาะในระบบย่อยอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีอวัยวะช่วยย่อยอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ฟัน กระเพาะพักอาหาร กั้น ต่อมสร้างเอนไซม์ ตับ ตับอ่อน และโพรเวนทริคิวลัส (proventriculus) ดังรูป 13.9



รูป 13.9 ทางเดินอาหารแบบสมบูรณของสัตว์บางชนิด

? จากรูป 13.9 สัตว์แต่ละชนิดมีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ในสัตว์กลุ่มเดียวกันที่กินอาหารต่างกันอาจมีลักษณะของทางเดินอาหารแตกต่างกัน ดังรูป 13.10



รูป 13.10 ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

- ? ทางเดินอาหารของปลากินพืชกับปลากินเนื้อมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- ? ทางเดินอาหารของกระต่ายและสุนัขจิ้งจอกมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- ? สัตว์กินพืชกับสัตว์กินเนื้อมีความยาวของทางเดินอาหารแตกต่างกันอย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ : ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

**จุดประสงค์**

ศึกษาทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

**วัสดุและอุปกรณ์**

1. สัตว์มีกระดูกสันหลังซึ่งตายแล้วที่หาซื้อได้จากตลาด เช่น กบ ไข่ เป็ด ปลาช่อน ปลาตะเพียน

2. เครื่องมือผ่าตัด
3. ถุงมือยาง
4. ไม้บรรทัด

### วิธีการทำกิจกรรม

1. นำปลาหรือตัวอย่างสัตว์ที่นำมาศึกษาไปล้างให้สะอาด
2. ผ่าปลาหรือตัวอย่างสัตว์ที่นำมาศึกษา สังเกตลักษณะของปาก ความยาวลำไส้ ความหนาและขนาดของกระเพาะอาหาร
3. เขียนแผนภาพทางเดินอาหารตามที่ได้จากการสังเกต

### คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** สัตว์มีกระดูกสันหลังที่นักเรียนนำมาศึกษามีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับอาหารที่สัตว์นั้นกินอย่างไร



### ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ลักษณะของทางเดินอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

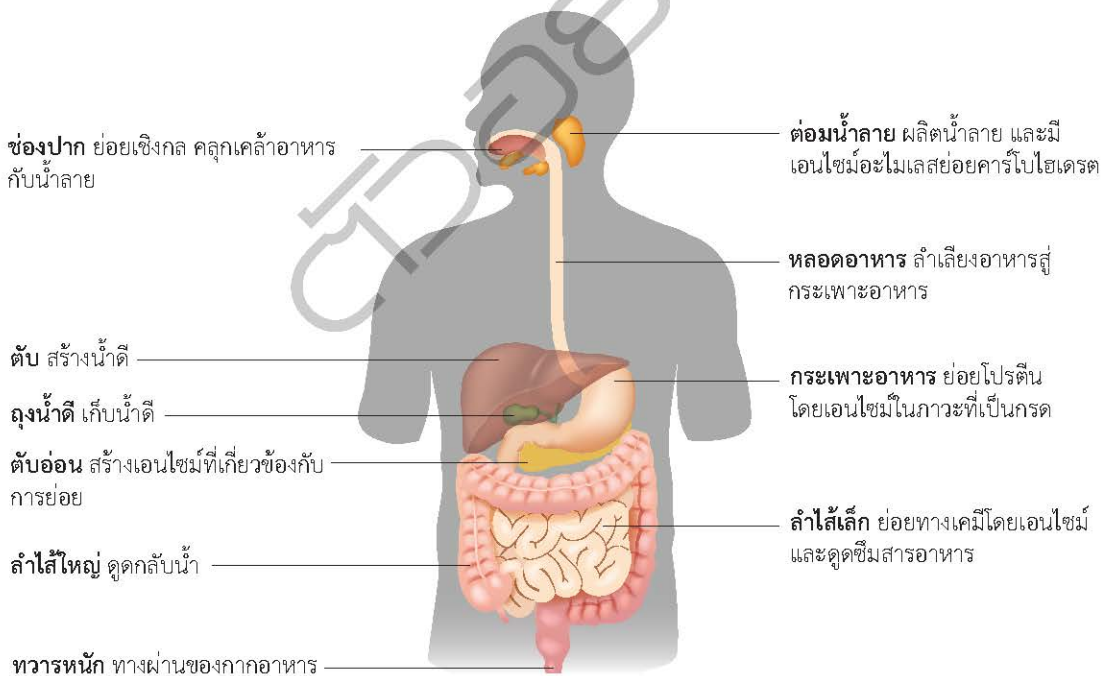
สิ่งมีชีวิตมีการย่อยอาหารที่หลากหลาย สัตว์บางชนิดไม่มีทางเดินอาหารแต่มีเซลล์พิเศษทำหน้าที่นำอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์ เช่น ฟองน้ำบางชนิดมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่น ไฮดราและพลาเนเรีย บางชนิดมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ เช่น ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ สัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์ มนุษย์มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ กินทั้งพืชและสัตว์ ทางเดินอาหารของมนุษย์มีลักษณะแตกต่างจากทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชหรือสัตว์กินเนื้อหรือไม่ อย่างไร



## 13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์

มนุษย์ต้องการอาหารและพลังงานเพื่อการดำรงชีวิต โดยมีการรับประทานอาหารที่หลากหลาย เช่น ข้าว แป้ง ปลา ผัก ผลไม้ เนื้อ นม ไข่ ถั่ว ซึ่งเป็นอาหารที่มีสารอาหารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ผนังทางเดินอาหารและระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อนำไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ดังนั้นอาหารเหล่านี้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการย่อยอาหารเพื่อให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง เช่น โมโนแซ็กคาไรด์ กรดแอมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล จากนั้นสารอาหารเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้พลังงานที่สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิต

มนุษย์มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ เริ่มจากปากถึงทวารหนัก มีลักษณะเป็นท่อและมีอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ดังรูป 13.11



รูป 13.11 ทางเดินอาหารของมนุษย์