



หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๔

ISBN 978-616-576-354-7

จำนวน ๑๔๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๖

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้ว อนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๗

ว่าที่ร้อยตรี

(ธนุ วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาพิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรสถานศึกษา และพิจารณาเลือกใช้หนังสือนี้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของตนได้ตามความเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรี



(ธน วังจันดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้อกับกระบวนการ 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 มีเนื้อหาที่จำเป็นต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องระบบย่อยอาหาร ระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบขับถ่าย ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญรวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

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

ส. ธีระเดช

(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เกียรติสุสกุล)
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

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

1	คำถามสำคัญ	2	จุดประสงค์การเรียนรู้
	คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว		เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ
3	ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	4	ชวนคิด
	ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหาในนั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท		คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา
5	ตรวจสอบความเข้าใจ	6	ลองทำดู
	คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง		การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

7	กิจกรรม	8	ตัวอย่าง
	การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง		การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้ไขข้อผิดพลาด ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น
9	กิจกรรมเสนอแนะ	10	ความรู้เพิ่มเติม
	การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้		ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล
11	รู้หรือไม่	12	การเชื่อมโยงความรู้
	ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน		เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ
13	กรณีศึกษา	14	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน
	ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง		การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด
15	แบบฝึกหัดท้ายบท	16	สื่อ AR (Augmented Reality)
	คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้		สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทยาศาสตร์ ม.ปลาย"

สารบัญ		บทที่ 13 - 17	
บทที่	เนื้อหา	หน้า	
13	13 ระบบย่อยอาหาร	1	
	13.1 การย่อยอาหารของสัตว์	7	
	13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์	15	
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	36	
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13	38	
14	14 ระบบหายใจ	43	
	14.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	48	
	14.2 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์	58	
	14.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส	60	
	14.4 การหายใจ	66	
ระบบหายใจ	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	77	
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14	78	

สารบัญ		บทที่ 13 - 17		
บทที่		เนื้อหา		หน้า
15	15 ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง			85
	15.1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์			88
	15.2 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์			91
	15.3 ระบบน้ำเหลือง			122
	ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง			
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	

สารบัญ		บทที่ 13 - 17		
บทที่		เนื้อหา		หน้า
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

13

| ระบบย่อยอาหาร



ipst.me/8866



มนุษย์รับประทานอาหารวันละหลายมื้อ ซึ่งควรประกอบด้วยอาหารที่หลากหลายเพื่อให้ได้สารอาหารที่แตกต่างกัน และครบถ้วนเหมาะสมกับความจำเป็นของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายที่ต้องการนำไปใช้ให้เพียงพอต่อการดำรงชีวิตในแต่ละวัน โดยอาหารเหล่านี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด สารอาหารเหล่านี้ต้องมีการเปลี่ยนเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น มอโนแซ็กคาไรด์ 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. ทางเดินอาหารของมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่างๆ 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

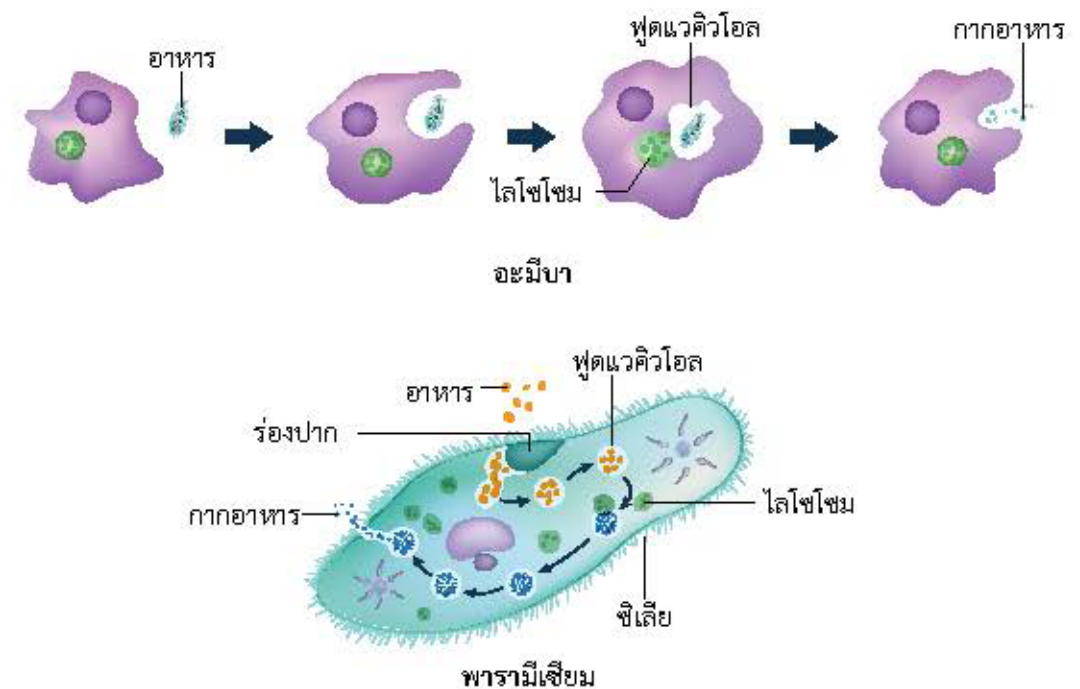


เห็ดต่างๆ บนขอนไม้

รูป 13.1 ราเจริญบนอาหารและผลไม้
เห็ดเจริญบนขอนไม้

สิ่งมีชีวิตที่มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมีการย่อยอาหารภายในเซลล์โดยการสร้างเวสิเคิล เช่น อะมีบาและพารามีเซียมย่อยอาหารภายในฟูดแวคิวโอลซึ่งอาศัยเอนไซม์จากไลโซโซมโดยอะมีบา นำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส และพิโนไซโทซิส ส่วนพารามีเซียมใช้ซิเลียโบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ที่บริเวณช่องปากเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล เมื่อฟูดแวคิวโอลรวมกับไลโซโซม เอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง และมีการลำเลียงสารอาหารที่ย่อยได้ไปทั่วเซลล์ ส่วนกากอาหารในฟูดแวคิวโอลถูกกำจัดออกนอกเซลล์โดยฟูดแวคิวโอลจะเคลื่อนไปใกล้เยื่อหุ้มเซลล์และปล่อยออกด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส ดังรูป 13.2



รูป 13.2 การย่อยอาหารของอะมีบาและพารามีเซียม



ตรวจสอบความเข้าใจ

? การย่อยอาหารภายนอกเซลล์และการย่อยอาหารภายในเซลล์แตกต่างกันอย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ : การกินอาหารของพารามีเซียม



ipet.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. ปีกเกอร์ 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. สังเกตการเปลี่ยนสีของฟุตแควโอลในพารามีเซียมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และสับคั่นข้อมูลเรื่องการกินอาหารของพารามีเซียม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. พารามีเซียมมีวิธีการกินยีสต์อย่างไร
2. ยีสต์เมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียมแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร

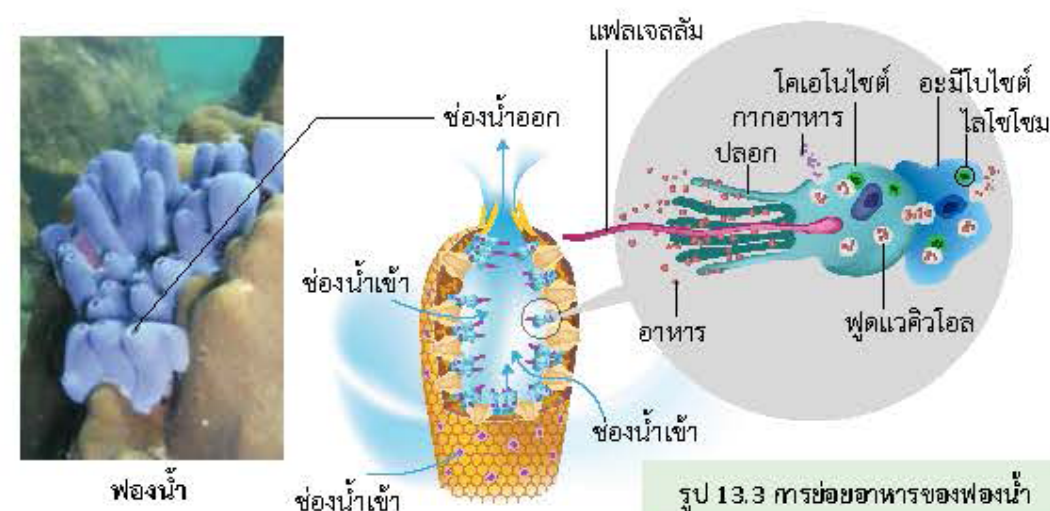
สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการย่อยอาหารที่ต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย นอกจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่ศึกษาข้างต้นแล้ว สัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายซับซ้อนมากขึ้นจะมีการย่อยอาหารอย่างไร

13.1 การย่อยอาหารของสัตว์

โครงสร้างในการย่อยอาหารของสัตว์ทำให้แบ่งสัตว์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

ฟองน้ำเป็นสัตว์ที่มีลำตัวเป็นรูพรุน ไม่มีทางเดินอาหาร โดยมีเซลล์ชนิดหนึ่ง เรียกว่า **โคเอโนไซต์** (choanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีแฟลเจลลัมและมีปมปาก โคเอโนไซต์ใช้แฟลเจลลัมโบกพัดอาหารที่มากับน้ำทางช่องน้ำเข้าแล้วเข้าไปในปมปาก จากนั้นอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟุตแควโอล เมื่อฟุตแควโอลรวมกับไลโซโซมเอนไซม์ในไลโซโซมจะย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้จะมีเซลล์อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า **อะมีโบไซต์** (amoebocyte) มีลักษณะคล้ายอะมีบา สามารถนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์และเกิดการย่อยภายในเซลล์นี้ เมื่ออาหารถูกย่อยจนสมบูรณ์แล้วจะส่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ ต่อไป ดังรูป 13.3 ส่วนกากอาหารจะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยวิธีเอกไซโทซิส ออกนอกร่างกายทางช่องน้ำออก

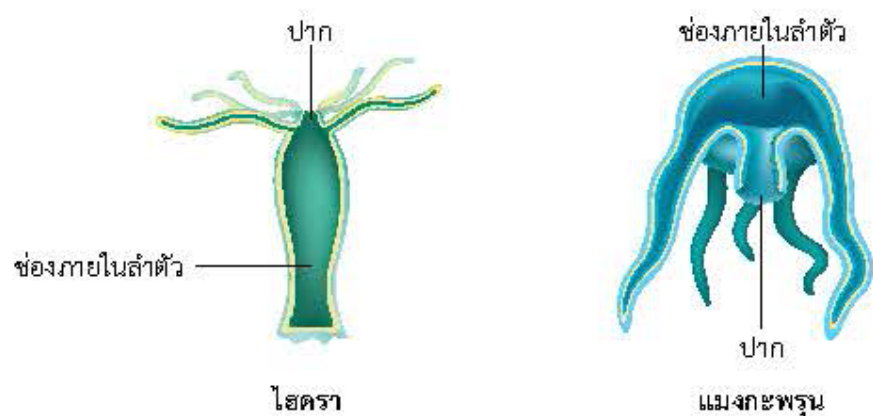


รูป 13.3 การย่อยอาหารของฟองน้ำ

1. การย่อยอาหารของฟองน้ำเหมือนหรือแตกต่างกับอะมีบา และพารามีเซียม อย่างไร

สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

สัตว์หลายชนิดมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่น ไฮดราและแมงกะพรุน มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว เรียกว่า ปาก ซึ่งเป็นทั้งทางเข้าของอาหารและทางออกของกากอาหาร ดังรูป 13.4



รูป 13.4 ทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

พฤติกรรมการกินอาหารของไฮดราสามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 13.1



กิจกรรม 13.1 การกินอาหารของไฮดรา



ipet.ma/9199

จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของไฮดรา
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา

วัสดุและอุปกรณ์

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

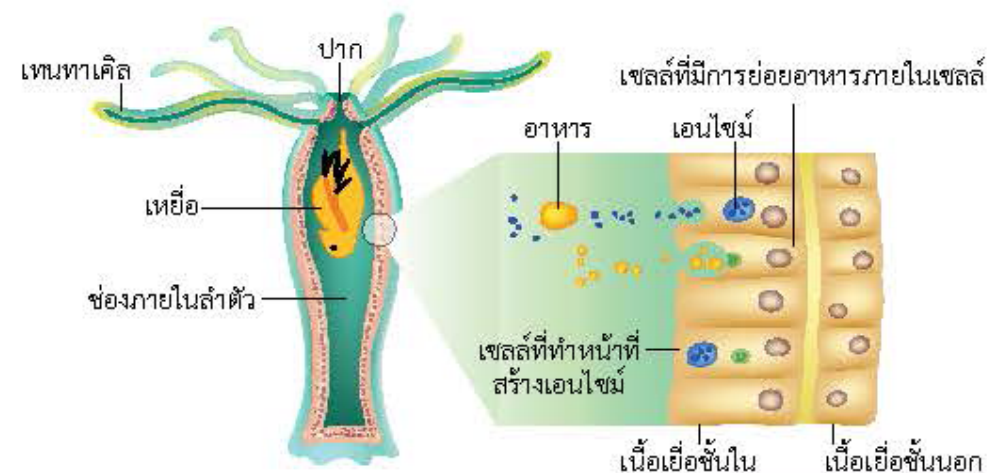
วิธีการทำกิจกรรม

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

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ไฮดรามีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์
2. เขียนแผนผังแสดงการกินและกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา
3. วิธีการนำอาหารเข้าสู่ร่างกายของฟองน้ำและไฮดราแตกต่างกันอย่างไร

ไฮดราเป็นสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน ดังรูป 13.5 ไฮดรากินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเป็นอาหาร โดยเมื่อเหยื่อเข้ามาสัมผัสกับเทนท์ทาเคิล (tentacle) ไฮดราจะปล่อยเข็มพิษ (nematocyst) แทะเหยื่อทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต จากนั้นจะใช้เทนท์ทาเคิลจับเหยื่อเข้าปาก เมื่อเหยื่อเข้าสู่ช่องภายในลำตัว เซลล์ที่อยู่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นในซึ่งทำหน้าที่สร้างเอนไซม์จะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นอาหารบางส่วนจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟิวสควิวโอล และย่อยโดยเอนไซม์ในไลโซโซมเช่นเดียวกับฟองน้ำ สารอาหารที่ได้จะแพร่เข้าสู่เซลล์ต่างๆ ส่วนกากอาหารจะขับออกทางปาก



รูป 13.5 ทางเดินอาหารของไฮดรา

พลาณาเรียเป็นหนอนตัวแบนชนิดหนึ่งที่อยู่เป็นอิสระ โดยมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่นเดียวกับไฮดรา ทางเดินอาหารของพลาณาเรียทอดยาวไปตามลำตัว และแตกแขนงไปทั่วร่างกาย มีส่วนคอหอย (pharynx) ซึ่งมีลักษณะเหมือนท่อยื่นออกมาต่อจากปาก ดังรูป 13.6 พลาณาเรียจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้เป็นชิ้นเล็กลงภายนอกตัว อาหารบางส่วนที่ย่อยแล้วจะถูกดูดผ่านคอหอยเข้าสู่ทางเดินอาหาร เซลล์ที่ทางเดินอาหารปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารในช่องภายในลำตัว และย่อยต่อภายในเซลล์จนสมบูรณ์ ส่วนกากอาหารจะถูกขับออกทางปาก



รูป 13.6 ทางเดินอาหารของพลาณาเรีย



กิจกรรม 13.2 ทางเดินอาหารของพลาณาเรีย



ipet.me/9197

จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของพลาณาเรีย
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของพลาณาเรีย

วัสดุและอุปกรณ์

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

วิธีการทำกิจกรรม

1. นำดับไคดิบ 1 ชิ้นสับให้ละเอียดหรือไข่แดงสุกบดละเอียดแล้วผสมด้วยผงถ่านคาร์บอนให้เข้ากันจนเป็นสีดำ

2. นำพลาณาเรีย 1 ตัว ใส่ลงในสไลด์หลุมที่มีน้ำ แล้วใช้ปากคีบคีบดับไคหรือไข่แดงสุกใส่ลงไป
3. สังเกตการกินและทางเดินอาหารของพลาณาเรีย โดยนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสงเชิงประกอบกำลังขยายต่ำ แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้
4. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของพลาณาเรีย

คำถามท้ายกิจกรรม

1. วิธีการกินอาหารของพลาณาเรียแตกต่างจากไฮดราอย่างไร
2. ทางเดินอาหารของพลาณาเรียที่สังเกตได้มีลักษณะแตกต่างจากไฮดราอย่างไร

เมื่อพลาณาเรียกินอาหาร อาหารจะเคลื่อนที่ไปตามทางเดินอาหารที่มีลักษณะแตกแขนงไปทั่วร่างกาย ดังรูป 13.7



ก. ก่อนกินอาหาร



ข. หลังกินอาหารผสมผงถ่านคาร์บอน

รูป 13.7 ลักษณะทางเดินอาหารของพลาณาเรีย



ชวนคิด

เพราะเหตุใดสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์จึงต้องมีการย่อยอาหารทั้งภายนอกเซลล์และภายในเซลล์

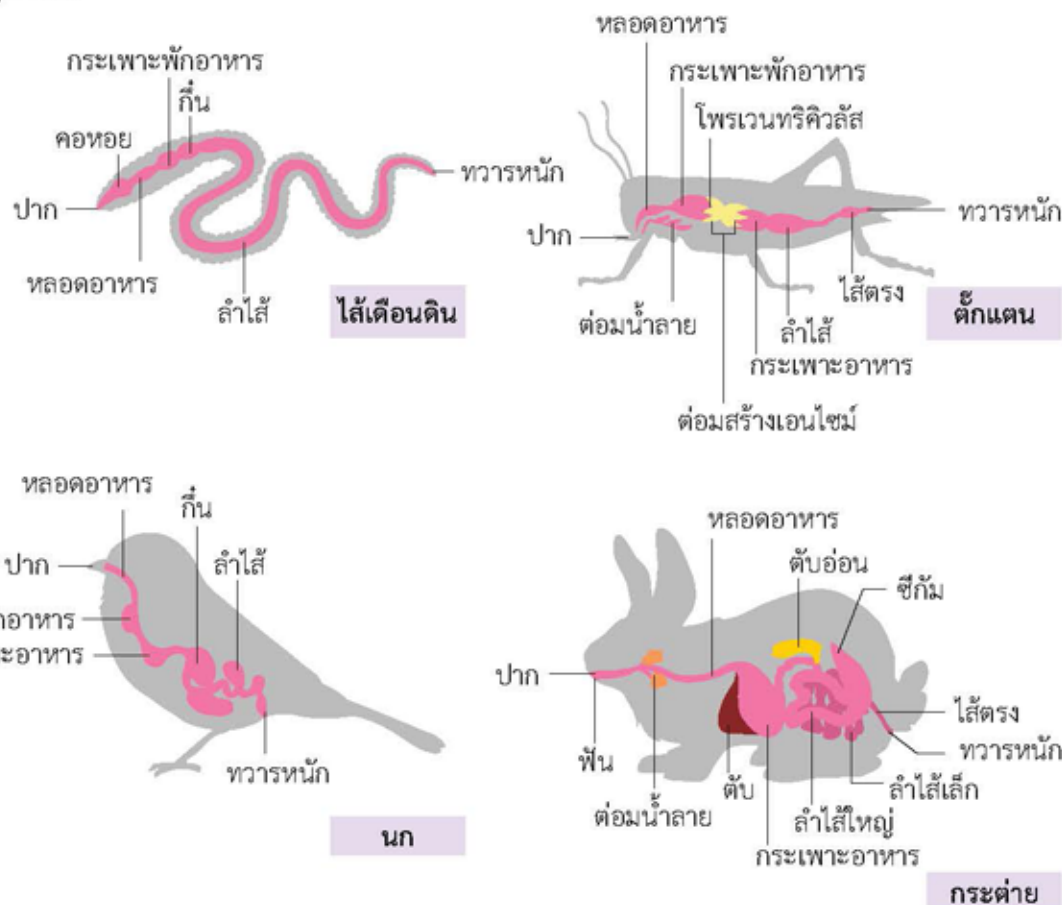
สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

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



รูป 13.8 ทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

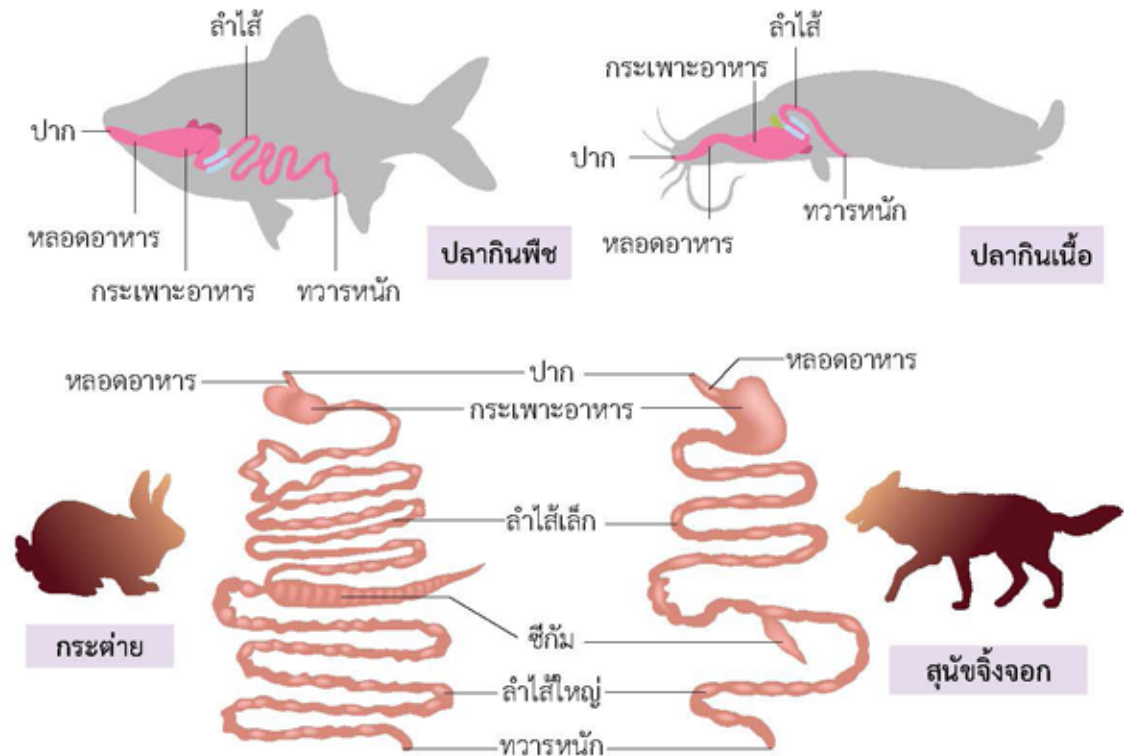
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ เช่น ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิด จะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ โดยทางเดินอาหารจะมีลักษณะเป็นท่อและแบ่งเป็นส่วน ๆ ซึ่งทำหน้าที่จำเพาะในระบบย่อยอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีอวัยวะช่วยย่อยอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ฟัน กระเพาะอาหาร ก้น ต่อมสร้างเอนไซม์ ตับ ตับอ่อน และโพรเวนทริคิวลัส (proventriculus) ดังรูป 13.9



รูป 13.9 ทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ของสัตว์บางชนิด

? จากรูป 13.9 สัตว์แต่ละชนิดมีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ในสัตว์กลุ่มเดียวกันที่กินอาหารต่างกันอาจมีลักษณะของทางเดินอาหารแตกต่างกัน ดังรูป 13.10



รูป 13.10 ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

- ? ทางเดินอาหารของปลา กับปลาอื่นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- ? ทางเดินอาหารของกระต่ายและสุนัขจิ้งจอกมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- ? สัตว์กินพืชกับสัตว์กินเนื้อมีความยาวของทางเดินอาหารแตกต่างกันอย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ : ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

จุดประสงค์

ศึกษาทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

วัสดุและอุปกรณ์

1. สัตว์มีกระดูกสันหลังซึ่งตายแล้วที่หาซื้อได้จากตลาด เช่น กบ ไข่ เป็ด ปลาช่อน ปลาดุก

2. เครื่องมือผ่าตัด
3. ถุงมือยาง
4. ไม่บรรทัด

วิธีการทำกิจกรรม

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

คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** สัตว์มีกระดูกสันหลังที่นักเรียนนำมาศึกษามีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับอาหารที่สัตว์นั้นกินอย่างไร



ตรวจสอบความเข้าใจ

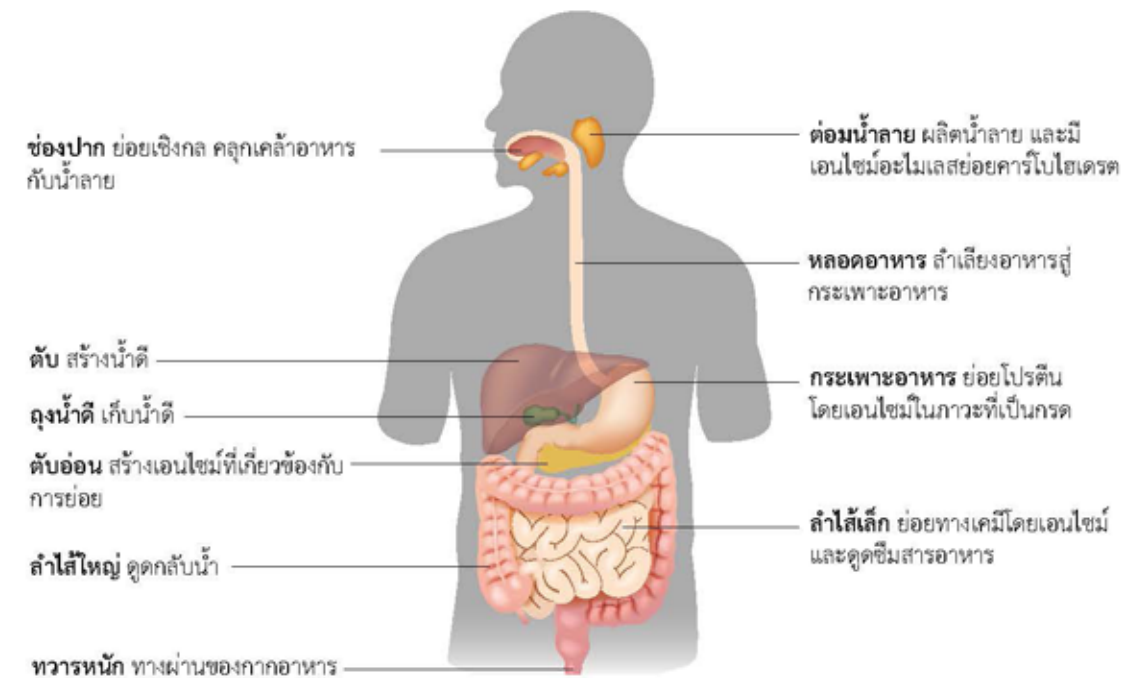
- ?** ลักษณะของทางเดินอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

สิ่งมีชีวิตมีการย่อยอาหารที่หลากหลาย สัตว์บางชนิดไม่มีทางเดินอาหารแต่มีเซลล์พิเศษทำหน้าที่นำอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์เช่น ฟองน้ำบางชนิดมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่น ไฮดราและพลาเนียเรีย บางชนิดมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ เช่น ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ สัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์ มนุษย์มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ กินทั้งพืชและสัตว์ ทางเดินอาหารของมนุษย์มีลักษณะแตกต่างจากทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชหรือสัตว์กินเนื้อหรือไม่ อย่างไร

13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์

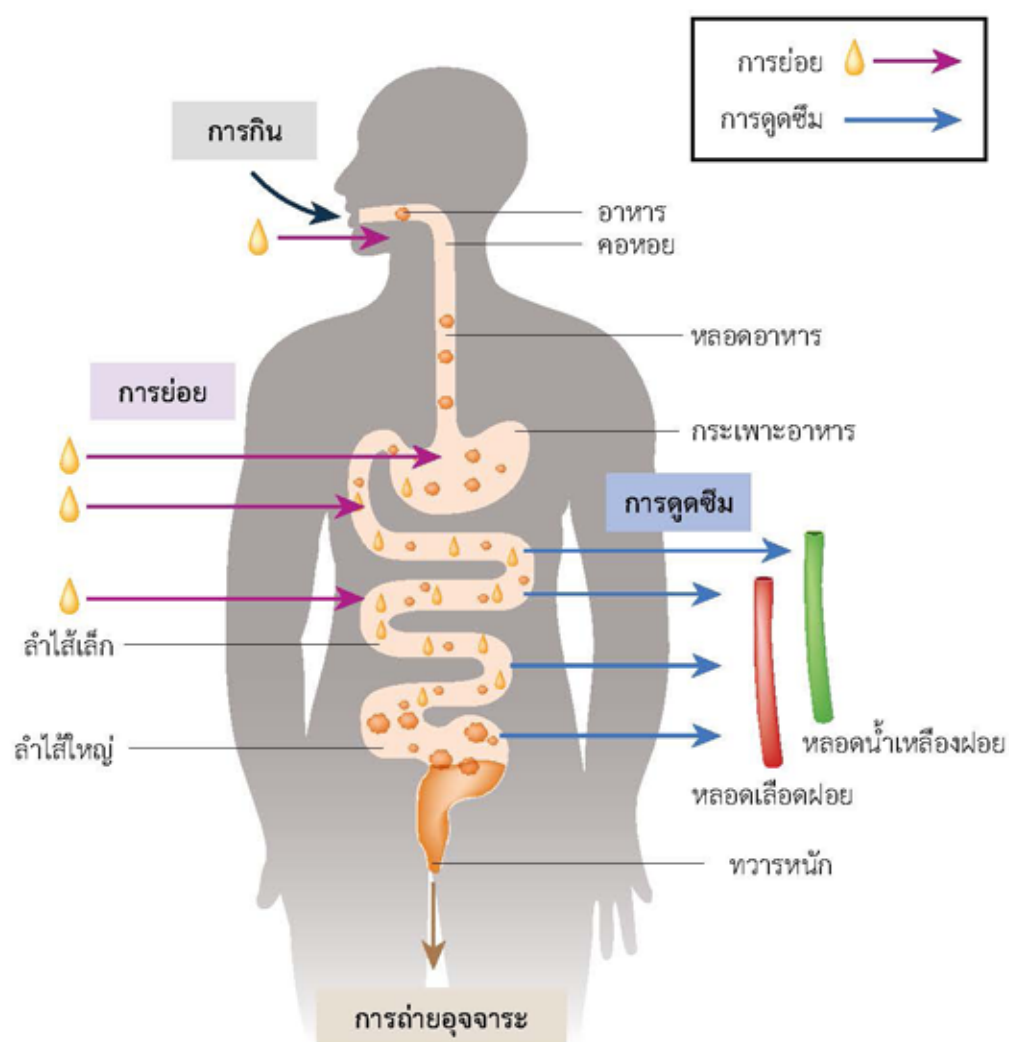
มนุษย์ต้องการอาหารและพลังงานเพื่อการดำรงชีวิต โดยมีการรับประทานอาหารที่หลากหลาย เช่น ข้าว แป้ง ปลา ผัก ผลไม้ เนื้อ นม ไข่ ถั่ว ซึ่งเป็นอาหารที่มีสารอาหารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ผนังทางเดินอาหารและระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อนำไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ดังนั้นอาหารเหล่านี้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการย่อยอาหารเพื่อให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง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

มนุษย์มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ เริ่มจากปากถึงทวารหนัก มีลักษณะเป็นท่อและมีอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ดังรูป 13.11



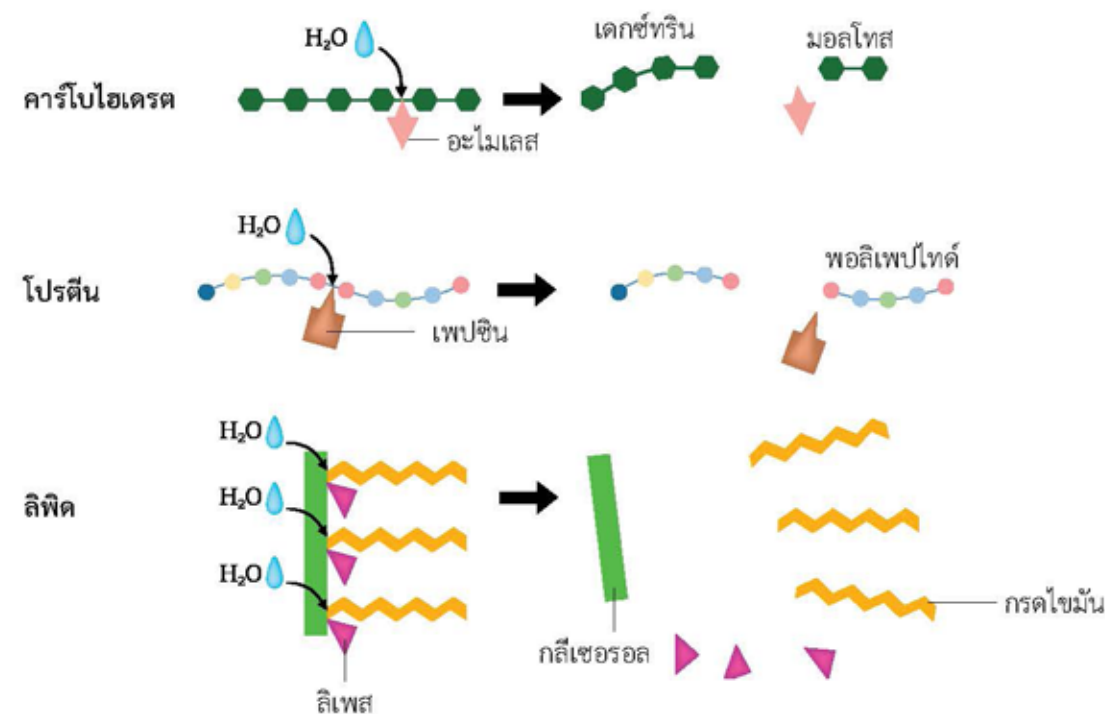
รูป 13.11 ทางเดินอาหารของมนุษย์

กระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารเพื่อให้ได้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมเพื่อนำไปใช้ ประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ การกิน (ingestion) การย่อย (digestion) การดูดซึม (absorption) และการถ่ายอุจจาระ (defaecation) ดังรูป 13.12



รูป 13.12 กระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหาร

การย่อยเชิงกลเป็นการทำให้อาหารชิ้นใหญ่มีขนาดเล็กลง ซึ่งเกิดขึ้นในปาก นอกจากการย่อยเชิงกลแล้ว ภายในทางเดินอาหารยังมีการย่อยทางเคมีโดยเอนไซม์ทำให้โมเลกุลของสารอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ ซึ่งในการย่อยทางเคมีนั้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ต้องใช้น้ำ เรียกว่าไฮโดรลิซิส (hydrolysis) เอนไซม์ในกระบวนการย่อยอาหารมีหลายชนิด เช่น เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นเดกซ์ทรินและมอลโทส เอนไซม์เพปซินย่อยโปรตีนเป็นพอลิเพปไทด์สายสั้นลง และเอนไซม์ลิเพสย่อยลิพิดเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน ดังรูป 13.13



รูป 13.13 การย่อยอาหารโดยใช้เอนไซม์และน้ำ

เอนไซม์เหล่านี้มีความจำเพาะและทำงานได้ดีที่ค่า pH แตกต่างกัน และสร้างจากแหล่งต่างๆ เช่น ลิเพสสร้างจากตับอ่อน เกิดการย่อยที่บริเวณลำไส้เล็ก และทำงานได้ดีเมื่อมีค่า pH ประมาณ 8

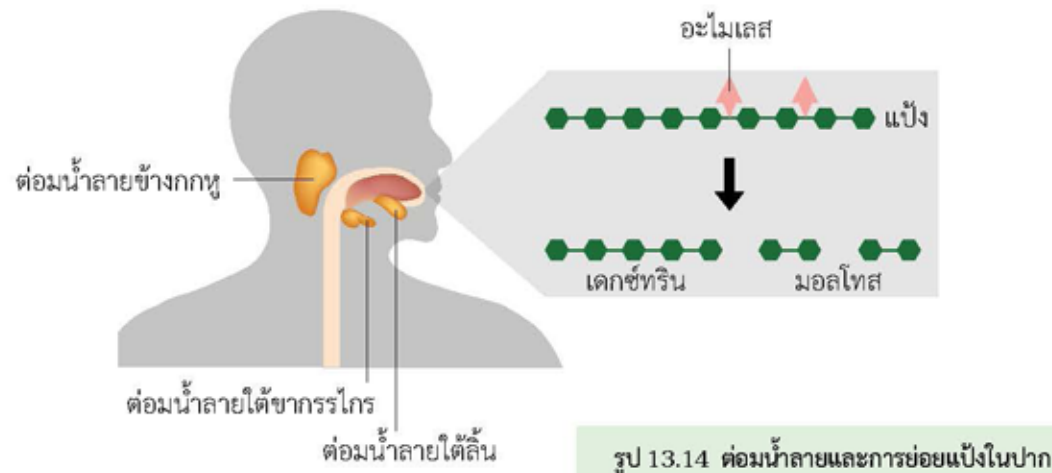
- ? การย่อยทางเคมีเกิดขึ้นครั้งแรกที่บริเวณใดในทางเดินอาหาร
- ? ถ้าไม่มีเอนไซม์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

การย่อยอาหารในปาก

เมื่อนำอาหารเข้าสู่ปาก ภายในช่องปากมีฟันทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง ลิ้นจะช่วยคลุกเคล้าอาหารกับน้ำลาย อาหารที่ผ่านการคลุกเคล้าแล้วจะทำให้สะดวกต่อการกลืน จากนั้นอาหารจะเคลื่อนสู่หลอดอาหาร

? การเคี้ยวอาหารมีความสำคัญต่อการย่อยอาหารอย่างไร

ในช่องปากมีต่อมน้ำลาย 3 คู่ อยู่ที่ข้างกกหู ได้ลิ้น และใต้ขากรรไกร ดังรูป 13.14 ต่อมน้ำลายนี้ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย น้ำลายมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 99.5 มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.2-7.4 มีส่วนประกอบที่เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่หล่อลื่นอาหาร ทำให้อาหารเคลื่อนสู่หลอดอาหารได้ง่าย และมีอะไมเลสทำหน้าที่ย่อยแป้งและไกลโคเจนให้มีโมเลกุลเล็กลง เช่น เดกซ์ทริน หรือเป็นไดแซ็กคาไรด์ คือ มอลโทส ดังรูป 13.14 ขึ้นอยู่กับว่าอะไมเลสจะไปย่อยโมเลกุลของแป้งที่ตำแหน่งใด



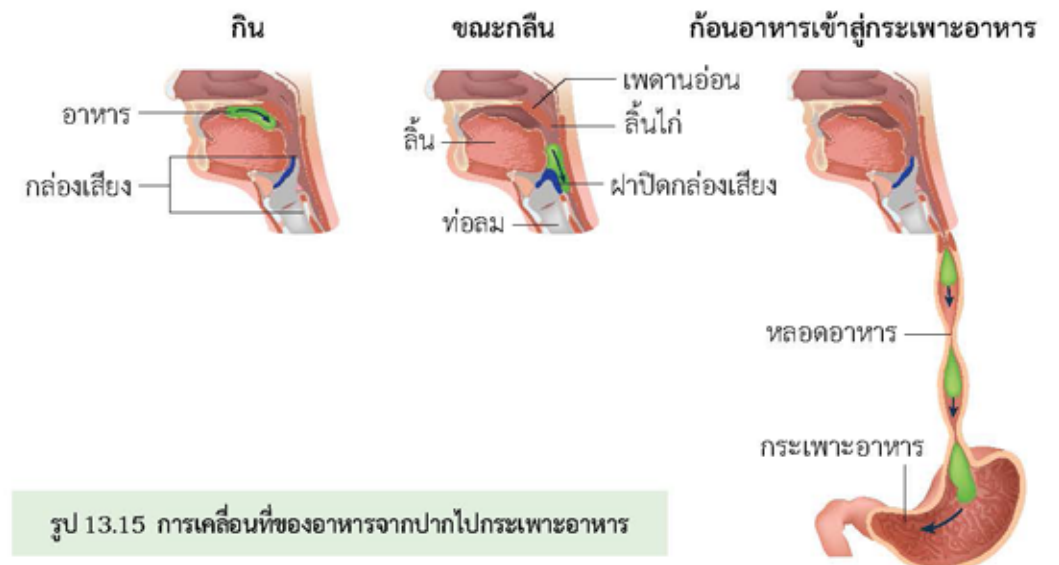
รูป 13.14 ต่อม้ำลายและการย่อยแป้งในปาก

? การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่เกิดขึ้นในช่องปากโดยการทำงานของฟันและอะไมเลสแตกต่างกันอย่างไร

อาหารเคลื่อนที่เข้าสู่หลอดอาหาร (esophagus) โดยการกลืน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำงานร่วมกันของคอหอย ฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) และ เพดานอ่อน (soft palate) ขณะที่กลืนอาหารสามารถหายใจไปพร้อม ๆ กันได้หรือไม่

ขณะกลืนอาหาร ลิ้นจะดันอาหารไปด้านหลังของช่องปาก อาหารจะดันลิ้นไก่ และเพดานอ่อนขึ้นด้านบน ปิดกั้นทางเดินหายใจเพื่อป้องกันอาหารไม่ให้เข้าสู่โพรงจมูก ขณะเดียวกัน กล่องเสียง (larynx) จะยกตัวขึ้นไปชนฝาปิดกล่องเสียงซึ่งเป็นกระดูกอ่อนให้เลื่อนลงมาปิดช่องของกล่องเสียง อาหารจึงไม่เข้าท่อนลมแต่จะเคลื่อนที่เข้าสู่หลอดอาหาร

หลอดอาหารมีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ทำหน้าที่นำอาหารจากปากลงสู่กระเพาะอาหาร การเคลื่อนที่ของอาหารในหลอดอาหารซึ่งเกิดจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ เรียกว่า เพอริสตัลซิส (peristalsis) ซึ่งจะเกิดต่อเนื่องกันไปจนสุดปลายหลอดอาหาร ดังรูป 13.15 เมื่อก่อนอาหารเข้าสู่กระเพาะอาหารแล้วจะมีกล้ามเนื้อหูรูดของกระเพาะอาหารปิดกั้นไม่ให้อาหารไหลย้อนกลับขึ้นสู่หลอดอาหาร



รูป 13.15 การเคลื่อนที่ของอาหารจากปากไปกระเพาะอาหาร

? การพูดคุยหรือการหัวเราะในขณะที่เคี้ยวอาหารและกลืนอาหารจะมีผลอย่างไร เพราะเหตุใด

? เพราะเหตุใดเวลาเรารับประทานข้าวแล้วเกิดสำลักจึงมีข้าวออกทางจมูกได้



รู้หรือไม่

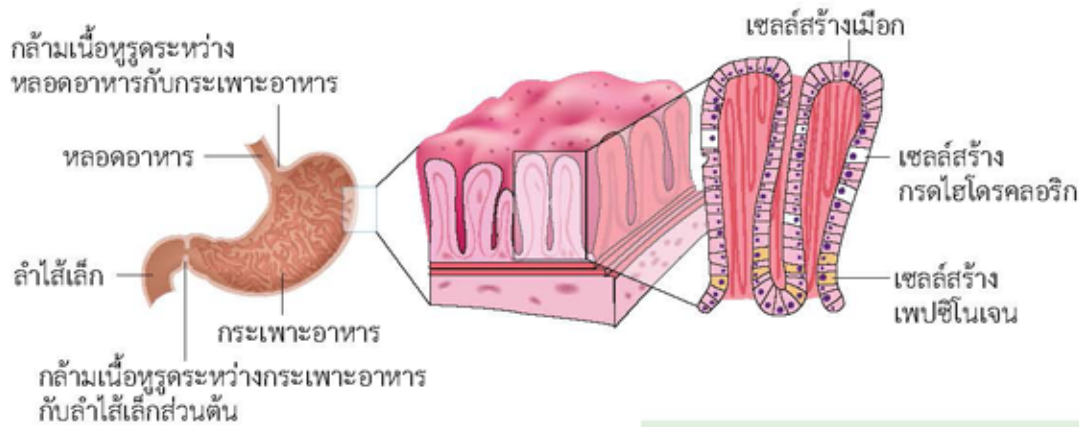
กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบบริเวณอวัยวะภายใน เช่น ผนังหลอดอาหาร ผนังกระเพาะอาหาร ผนังลำไส้ ผนังท่อนลม ผนังหลอดเลือด และม่านตา เป็นต้น กล้ามเนื้อเหล่านี้ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะยาว หัวท้ายแหลม แต่ละเซลล์มี 1 นิวเคลียส ไม่มีลายพาดขวาง การทำงานของกล้ามเนื้อเรียบถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ

- ? นักบินอวกาศที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนักโดยศีรษะหันลงสู่พื้นสามารถใช้หลอดดูดน้ำเข้าสู่ทางเดินอาหารโดยไม่ไหลย้อนกลับได้อย่างไร
- ? การรับประทานอาหารที่แห้ง แข็ง และชิ้นใหญ่เกินไป หรืออาหารที่เคี้ยวไม่ละเอียด ขณะกลืนจะรู้สึกแน่นที่บริเวณอกเป็นเพราะเหตุใด

อาหารจากหลอดอาหารเมื่อเข้าสู่กระเพาะอาหารแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร

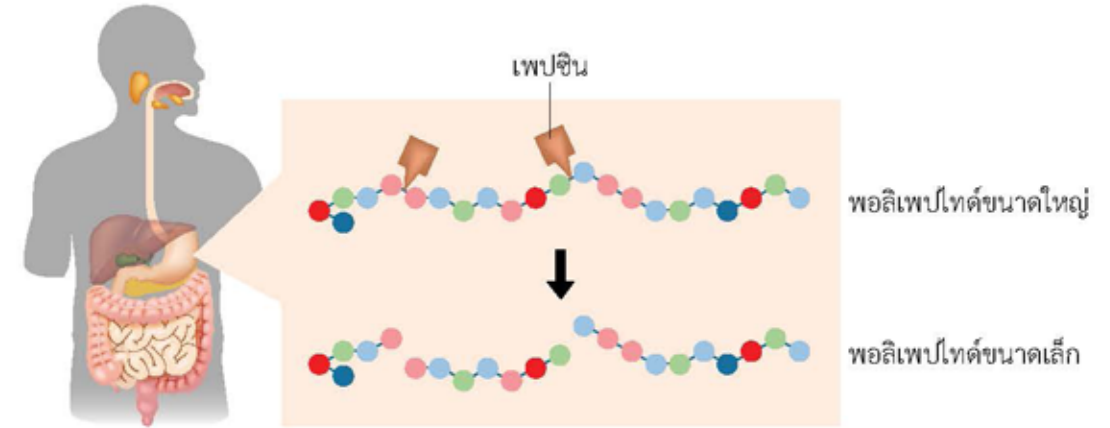
กระเพาะอาหาร (stomach) อยู่ภายในช่องท้องด้านซ้าย ได้กะบังลม ผนังของกระเพาะอาหารมีกล้ามเนื้อหนา แข็งแรงมาก และยืดหยุ่นได้ดี สามารถขยายความจุได้ 0.5-2 ลิตร มีกล้ามเนื้อหูรูด 2 บริเวณ คือ กล้ามเนื้อหูรูดระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหาร และกล้ามเนื้อหูรูดระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็กส่วนต้น ผนังด้านในของกระเพาะอาหาร มีลักษณะเป็นรอยย่นประกอบด้วยเซลล์ที่สำคัญหลายชนิด เช่น เซลล์สร้างเมือก เซลล์สร้างกรดไฮโดรคลอริก และเซลล์สร้างเพปซิโนเจน ดังรูป 13.16



รูป 13.16 กระเพาะอาหารและเซลล์บุผิว

เมื่ออาหารเคลื่อนสู่กระเพาะอาหารจะทำให้กรดในกระเพาะอาหารเจือจางลง เซลล์บางเซลล์ที่ผนังกระเพาะอาหารส่วนท้ายจะหลั่งฮอร์โมนแกสตริน (gastrin) ไปกระตุ้นการหลั่งกรดไฮโดรคลอริก และกรดไฮโดรคลอริกจะเปลี่ยนเพปซิโนเจน (pepsinogen) ซึ่งยังไม่สามารถทำหน้าที่เป็นเอนไซม์

ให้เป็นเอนไซม์เพปซิน (pepsin) ที่สามารถสลายพันธะเพปไทด์บางพันธะเท่านั้น ดังนั้นโปรตีนที่ถูกเพปซินย่อยส่วนใหญ่ได้เป็นพอลิเพปไทด์สายสั้นลง ดังรูป 13.17



รูป 13.17 การย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร

เซลล์ของกระเพาะอาหารถูกทำลายจากกรดไฮโดรคลอริกตลอดเวลา แต่กระเพาะอาหารสามารถสร้างเยื่อบุผิวขึ้นมาทดแทนอยู่เสมอ โดยในทุก ๆ นาที กระเพาะอาหารจะสร้างเซลล์ใหม่มากถึง 500,000 เซลล์ ทำให้กระเพาะอาหารมีเยื่อบุผิวใหม่ทุก ๆ 3 วัน

การเกิดแผลในกระเพาะอาหารอาจเกิดจากการรับประทานอาหารไม่เป็นเวลา เนื่องจากร่างกายมีระบบควบคุมการหลั่งกรดไฮโดรคลอริก และเพปซิโนเจนในกระเพาะอาหารเป็นไปตามปกติที่เคยรับประทานอาหาร ดังนั้นเมื่อในกระเพาะอาหารไม่มีอาหารก็ยังคงมีการหลั่งเพปซิโนเจนและกรดไฮโดรคลอริกดังเดิม ทำให้ผนังด้านในของกระเพาะอาหารถูกทำลายจนเป็นแผล เพราะกรดไฮโดรคลอริกไปทำลายเซลล์มากกว่าปกติและไม่สามารถสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาทดแทนได้ทัน

การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ หรือมีคาเฟอีน รวมถึงการรับประทานอาหารจัดทำให้มีกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารมากกว่าปกติ นอกจากนี้การรับประทานยาสเตียรอยด์ หรือยาแก้ปวด และยาแก้อักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ก็มีผลทำให้การสร้างเมือกที่ผนังกระเพาะอาหารลดลง เป็นผลให้กรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารทำลายผนังด้านในของกระเพาะอาหารจนเป็นแผลได้

นอกจากนี้การพักผ่อนไม่เพียงพอ มีอารมณ์เครียด วิตกกังวล และรับประทานอาหารไม่ได้จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพโดยรวมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีการหลั่งกรดไฮโดรคลอริกออกมาในกระเพาะอาหารมากกว่าปกติ

ความเป็นกรดในกระเพาะอาหารจะทำลายแบคทีเรียบางชนิดที่ติดมากับอาหาร ทำให้ไม่ก่อโรคกับร่างกาย และทำลายสมบัติของอะไมเลสในน้ำลายที่ปนมากับอาหาร สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่เหลือจากการย่อยในปาก ลิพิด และโปรตีนที่ย่อยแล้ว และยังไม่ได้อย่อยจะถูกลำเลียงต่อไปยังลำไส้เล็ก

- ? นอกจากการเกิดแผลในกระเพาะอาหารจากสาเหตุต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีสาเหตุใดอีกบ้าง
- ? ในกระเพาะอาหารมีเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้ แต่เพราะเหตุใดเอนไซม์ดังกล่าวจึงไม่ย่อยเซลล์ของกระเพาะอาหาร



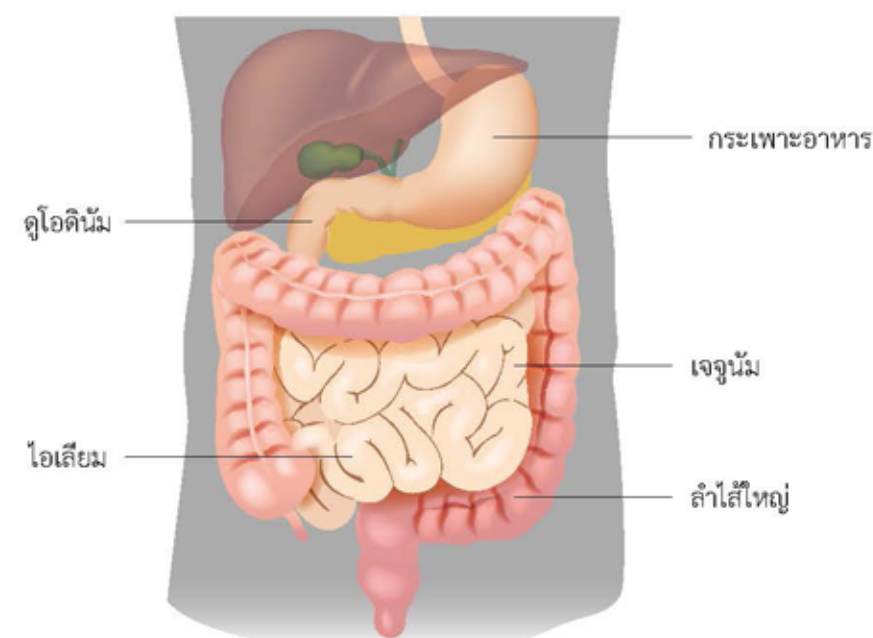
เชื่อมโยงสุขภาพ

โรคกรดไหลย้อน (gastroesophageal reflux disease; GERD) เป็นภาวะที่กรดหรือเอนไซม์จากกระเพาะอาหารไหลย้อนกลับมาที่หลอดอาหาร จนทำให้หลอดอาหารเกิดการอักเสบ เนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารที่ไม่ถูกต้อง อาการของโรคกรดไหลย้อนจะรู้สึกจุกเสียดบริเวณใต้ลิ้นปี่ ปวดแสบปวดร้อนบริเวณกลางอก จุกเสียดแน่นคล้ายอาหารไม่ย่อย คลื่นไส้ และอาจมีน้ำรสเปรี้ยวหรือขมไหลย้อนขึ้นมาในปากและคอ กลืนอาหารได้ลำบาก สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคกรดไหลย้อนมีหลายประการ เช่น การทำงานที่ผิดปกติของกล้ามเนื้อหูรูดระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหารหรือความผิดปกติของการบีบตัวของกระเพาะอาหาร ซึ่งทำให้อาหารตกค้างอยู่ในกระเพาะอาหารนานเกินไปจนกรดจากกระเพาะอาหารไหลย้อนกลับเข้าไปในหลอดอาหาร การทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ หรือน้ำอัดลม การรับประทานอาหารที่มีลิพิดสูง รสจัด และปริมาณมากในมื้อเดียว การนอนทันทีหลังรับประทานอาหาร ดังนั้นการปรับพฤติกรรมดังกล่าวสามารถช่วยบรรเทาอาการของโรคกรดไหลย้อนได้

อาหารเมื่อเข้าสู่ลำไส้เล็กแล้วมีกระบวนการอย่างไรในการทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กลง และร่างกายจะนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์ได้อย่างไร

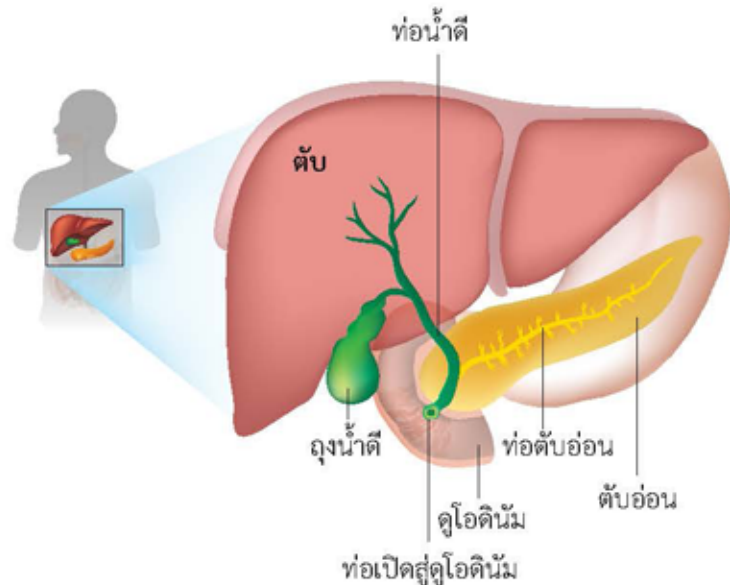
การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก

อาหารที่ย่อยแล้วบางส่วนและที่ยังไม่ถูกย่อยจะเคลื่อนผ่านกล้ามเนื้อหูรูดระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็ก ลำไส้เล็กมีลักษณะเป็นท่อยาวประมาณ 6-7 เมตร ขดอยู่ในช่องท้อง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนต้นที่ต่อจากกระเพาะอาหารเป็นทอโค้งรูปตัวยู ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร เรียกว่า **ดูโอดินัม** (duodenum) ส่วนถัดไป เรียกว่า **เจจูนัม** (jejunum) ยาวประมาณ 2.5 เมตร และ **ไอลีียม** (ileum) เป็นส่วนสุดท้ายยาวประมาณ 3.5 เมตร ซึ่งต่อกับลำไส้ใหญ่ ดังรูป 13.18



รูป 13.18 ส่วนประกอบของลำไส้เล็ก

การย่อยอาหารในลำไส้เล็กเกี่ยวข้องกับการทำงานของตับ ตับอ่อน และผนังลำไส้เล็ก ซึ่งหลั่งสารหลายชนิดออกมาทำงานร่วมกัน ดังรูป 13.19

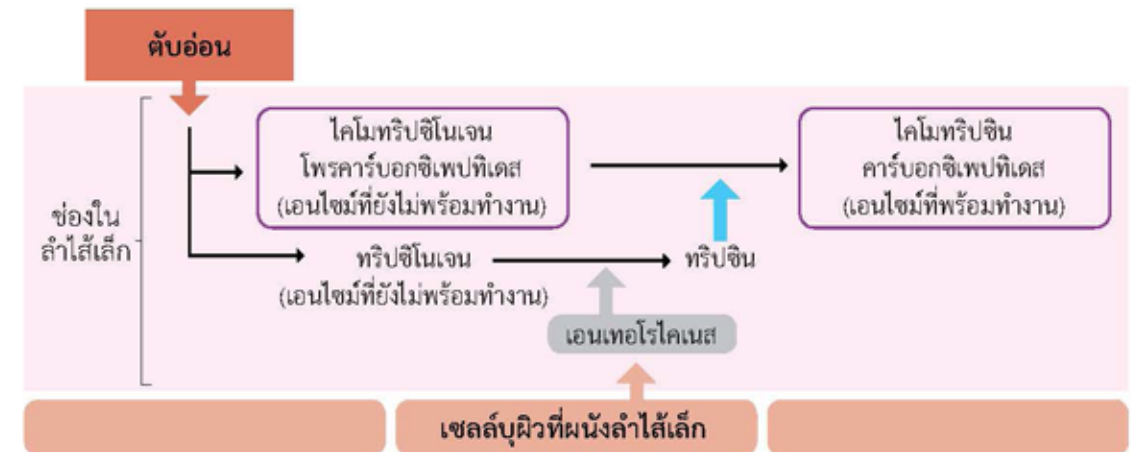


รูป 13.19 โครงสร้างของตับ ตับอ่อน และดูโอดินัม

เอนไซม์ในกระเพาะอาหารทำงานได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพเป็นกรด ส่วนเอนไซม์ในลำไส้เล็กทำงานได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพค่อนข้างเป็นกลาง เมื่ออาหารจากกระเพาะอาหารที่มีสภาพเป็นกรดเข้าสู่ลำไส้เล็ก ส่วนดูโอดินัม ดูโอดินัมจะสร้างฮอร์โมนไปกระตุ้นตับอ่อนให้สร้างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งเป็นเบสปล่อยออกมาสู่ดูโอดินัม เพื่อลดความเป็นกรดของอาหาร ภายในดูโอดินัมมีการย่อยอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก

การย่อยโปรตีน

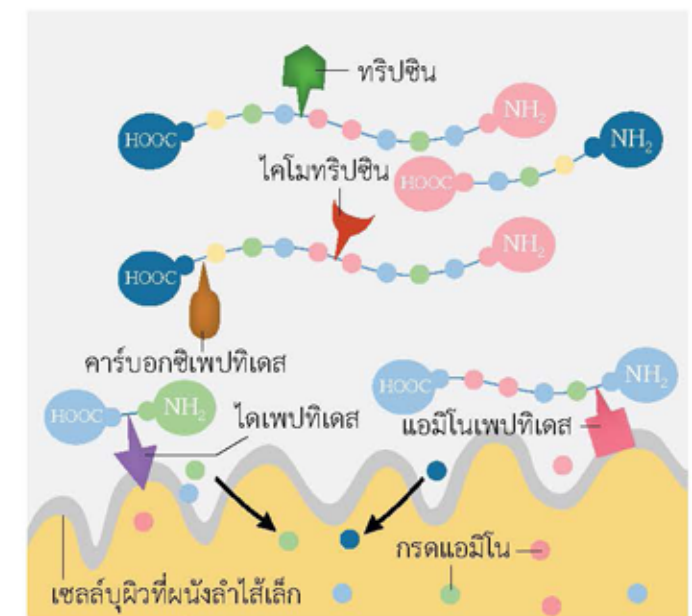
ตับอ่อน (pancreas) ทำหน้าที่เป็นทั้งต่อมไร้ท่อและต่อมมีท่อ ส่วนที่เป็นต่อมไร้ท่อทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ส่วนที่เป็นต่อมมีท่อทำหน้าที่สร้างเอนไซม์แล้วส่งให้ลำไส้เล็ก เช่น **ทริปซินโนเจน (trypsinogen)** **ไคโมทริปซินโนเจน (chymotrypsinogen)** และ **โพรคาร์บอกซิเพปติเดส (procarboxypeptidase)** เอนไซม์เหล่านี้จะอยู่ในสภาพที่ยังไม่สามารถทำงานได้จนกว่าจะเข้าสู่ลำไส้เล็กเพื่อป้องกันการย่อยเซลล์ของตับอ่อน ลำไส้เล็กจะสร้างเอนไซม์ **เอนเทอโรไคเนส (enterokinase)** เพื่อเปลี่ยนทริปซินโนเจนให้เป็น**ทริปซิน (trypsin)** และทริปซินจะเปลี่ยนไคโมทริปซินโนเจนให้เป็น**ไคโมทริปซิน (chymotrypsin)** และเปลี่ยนโพรคาร์บอกซิเพปติเดสให้เป็น**คาร์บอกซิเพปติเดส (carboxypeptidase)** ซึ่งพร้อมจะทำงานได้ ดังรูป 13.20



รูป 13.20 การทำงานร่วมกันของเอนไซม์จากตับอ่อนและลำไส้เล็ก

ทริปซินและไคโมทริปซินจะย่อยโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ ส่วนคาร์บอกซิเพปติเดสจะย่อยโปรตีนและเปปไทด์ให้เป็นกรดแอมิโน ดังรูป 13.21

เซลล์บุผิวที่ผนังด้านในของลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัมจะผลิตเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ แอมิโนเปปติเดส ไคโมเปปติเดส ไตรเปปติเดส โดยเอนไซม์เหล่านี้จะย่อยเปปไทด์ให้เป็นกรดแอมิโน



รูป 13.21 การย่อยเปปไทด์ให้เป็นกรดแอมิโน

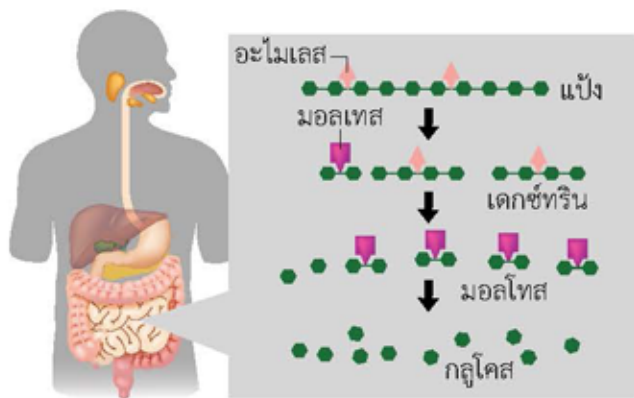


ชวนคิด

? คาร์บอกซิเพปติเดสและแอมิโนเปปติเดสหากพิจารณาจากชื่อเอนไซม์แล้ว เอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้จะย่อยพอลิเปปไทด์ให้เป็นกรดแอมิโนได้อย่างไร

การย่อยคาร์โบไฮเดรต

ตับอ่อนสร้างอะไมเลสแล้วส่งมาที่ลำไส้เล็กเพื่อย่อยแป้ง ไกลโคเจน และเดกซ์ทรินให้เป็นมอลโทส ส่วนเซลล์บุผิวที่ผนังด้านในลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัมจะผลิตเอนไซม์มอลเทสย่อยมอลโทสให้เป็นกลูโคส ดังรูป 13.22 นอกจากนี้ผนังลำไส้เล็กยังผลิตเอนไซม์ซูเครสย่อยซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรักโทส และเอนไซม์แล็กเทสย่อยแล็กโทสให้เป็นกลูโคสและกาแล็กโทส



รูป 13.22 การย่อยคาร์โบไฮเดรต

? เพราะเหตุใดผักและผลไม้บางชนิดที่รับประทานเข้าไปจึงไม่สามารถย่อยได้หมด ยังคงเหลือเป็นเส้นใยที่ย่อยไม่ได้



ความรู้เพิ่มเติม

ผู้ที่ขาดแล็กเทสจะไม่สามารถย่อยน้ำตาลแล็กโทส เมื่อดื่มนมที่มีแล็กโทสในปริมาณมาก อาจจะทำให้มีแก๊สมากในทางเดินอาหารทำให้มีอาการปวดท้อง ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน สาเหตุของการขาดแล็กเทสมีทั้งที่เกิดจากพันธุกรรมและไม่ได้เกิดจากพันธุกรรม คือ เกิดจากการลดลงของเอนไซม์หลังจากการหย่านมและจะลดลงเรื่อยๆ ตามอายุที่มากขึ้น การลดลงของเอนไซม์นี้จะขึ้นอยู่กับชาติพันธุ์ จัดเป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม เช่น การติดเชื้อไวรัสหรือการอักเสบเรื้อรังของเซลล์บุผิวผนังลำไส้เล็ก ซึ่งอาการจะดีขึ้นเมื่อลำไส้เล็กกลับสู่สภาพปกติ

การดูแลรักษาผู้ที่ขาดแล็กเทส อาจทำได้โดยดื่มนมที่ไม่มีแล็กโทส นมถั่วเหลือง นมที่ทำจากข้าว หรือโยเกิร์ตที่ใส่แบคทีเรียที่มีการสร้างแล็กเทส ปัจจุบันมีแล็กเทสสำเร็จรูปสำหรับผู้ขาดแล็กเทส

การย่อยลิพิด

ตับ ทำหน้าที่สร้างน้ำดี (bile) เก็บไว้ที่ถุงน้ำดี (gallbladder) จากถุงน้ำดีจะมีท่อนำน้ำดีมาเปิดเข้าสู่ดูโอดินัม ดังรูป 13.19 การทำงานของน้ำดีสามารถศึกษาได้จากกิจกรรมต่อไปนี้



กิจกรรม 13.3 ทดสอบสมบัติของน้ำดี

จุดประสงค์

ศึกษาสมบัติของน้ำดีในกระบวนการย่อยลิพิด

วัสดุและอุปกรณ์

1. น้ำดี
2. น้ำมันพืช
3. น้ำ
4. สีชูดาน
5. กระบอกตวงหรือหลอดฉีดยา
6. หลอดหยด
7. หลอดทดลอง

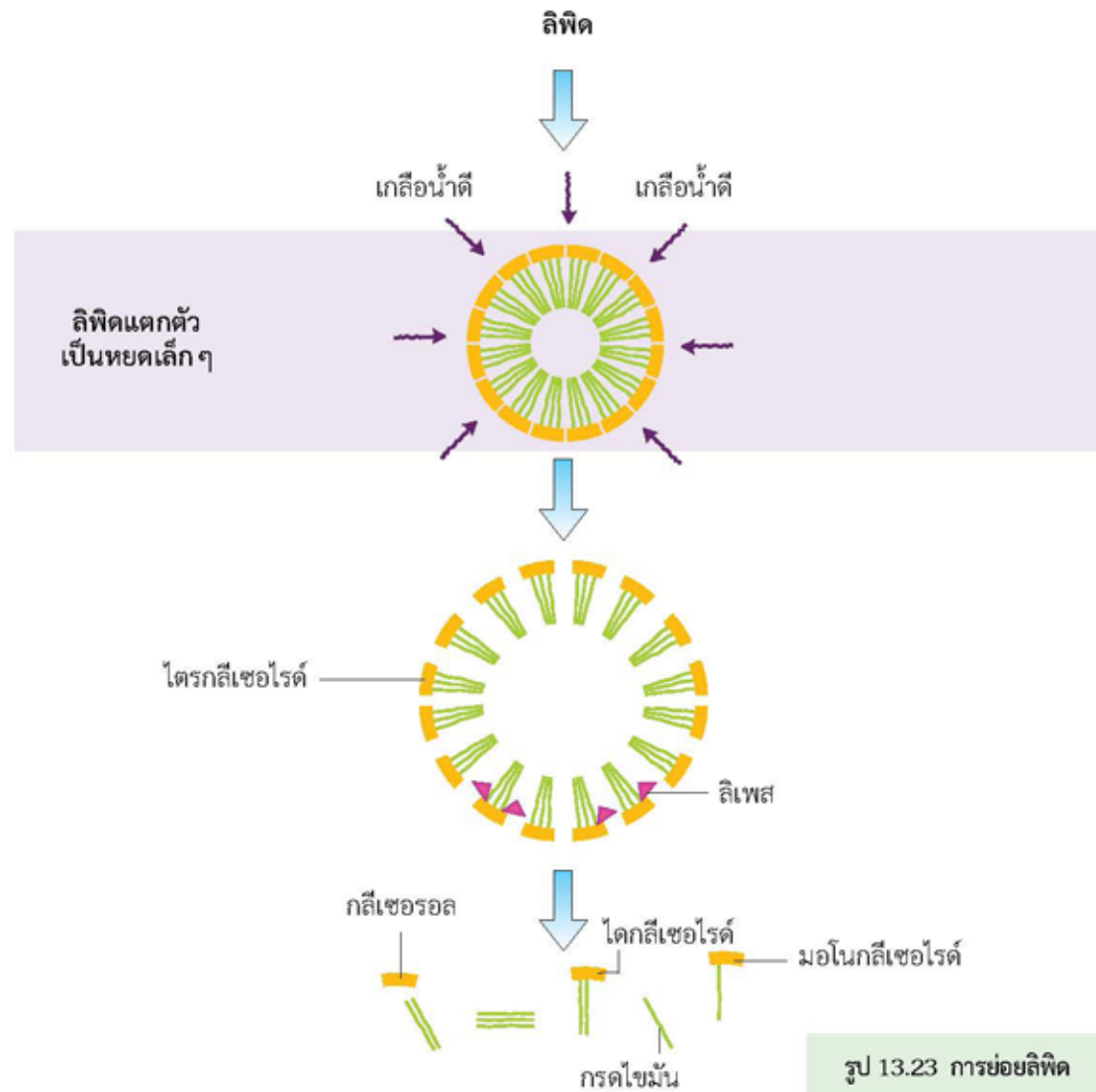
วิธีการทำกิจกรรม

1. นำน้ำมันพืช 1 mL ผสมกับสีชูดาน 1 หยด และเติมน้ำ 1 mL ลงไปในหลอดทดลอง จำนวน 2 หลอด
2. เติมน้ำดีลงในหลอดทดลองที่ 1 จำนวน 3-4 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้สักครู่
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างหลอดที่ 1 กับหลอดที่ 2 และบันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสองเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ?** น้ำดีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันพืชอย่างไร

น้ำดีมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ **เกลือน้ำดี** (bile salt) ซึ่งช่วยให้ลิพิดแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ และแขวนลอยอยู่ในน้ำในรูป **อิมัลชัน** (emulsion) ตับอ่อนและเซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็กจะสร้างลิเพส ซึ่งจะย่อยลิพิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล ดังรูป 13.23 หลังจากนั้นเกลือน้ำดี จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก เพื่อให้ตับนำกลับมาใช้ใหม่



- ? ในกรณีผู้ป่วยที่ถูกตัดกระเพาะอาหารเนื่องจากเป็นมะเร็งที่กระเพาะอาหารจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ? ผู้ป่วยที่ถูกตัดลำไส้เล็กออกไปบางส่วนจะมีผลต่อการย่อยอาหารอย่างไร

การย่อยกรดนิวคลีอิก

ตับอ่อนทำหน้าที่สร้างเอนไซม์แล้วส่งมาที่ลำไส้เล็กเพื่อย่อยกรดนิวคลีอิกทั้ง DNA และ RNA โดยเอนไซม์**ดีออกซีไรโบนิวคลีเอส** (deoxyribonuclease) ย่อย DNA และเอนไซม์**ไรโบนิวคลีเอส** (ribonuclease) ย่อย RNA ได้เป็นนิวคลีโอไทด์ และมีเอนไซม์**นิวคลีโอไทเดส** (nucleotidase) ย่อยนิวคลีโอไทด์ได้เป็นนิวคลีโอไซด์และฟอสเฟต ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสของเซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็ก จากนั้นนิวคลีโอไซด์จะถูกย่อยโดยเอนไซม์**นิวคลีโอไซด์เอส** (nucleosidase) ได้เป็นน้ำตาลเพนโทส และไนโตรจีนัสเบส



ตรวจสอบความเข้าใจ

? สรุปกระบวนการย่อยอาหารโดยอาศัยเอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์โดยเติมข้อมูลในตารางให้สมบูรณ์

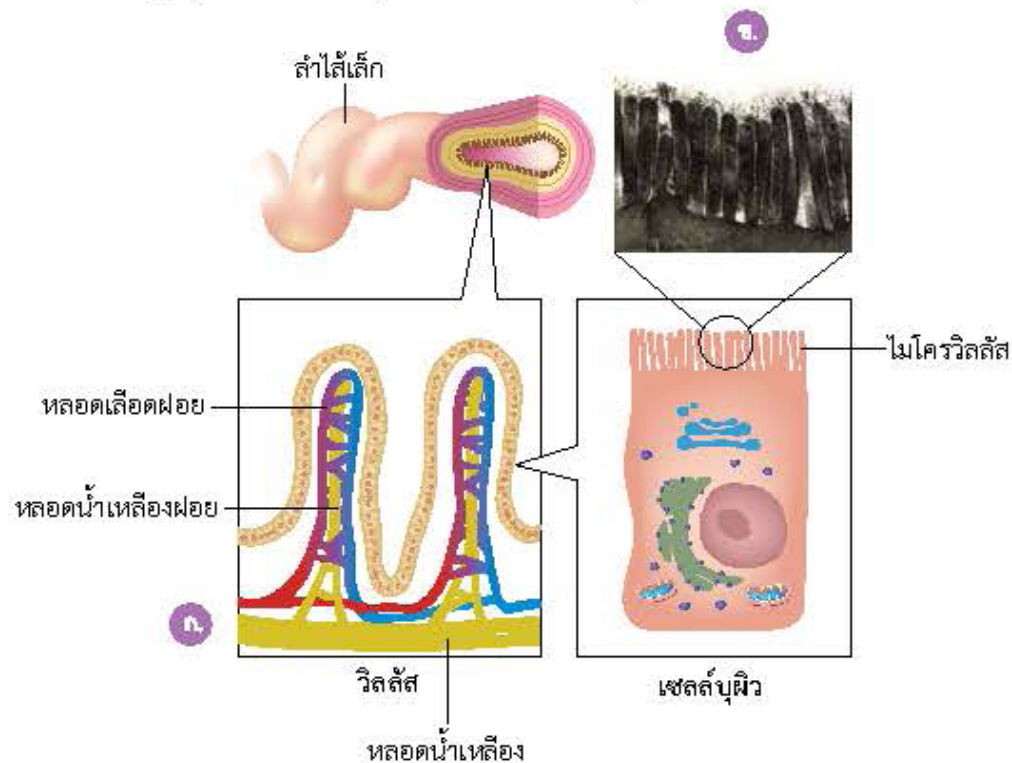
ส่วนของทางเดินอาหารที่มีการย่อยอาหาร	การย่อยคาร์โบไฮเดรต	การย่อยโปรตีน	การย่อยลิพิด	การย่อยกรดนิวคลีอิก
ช่องปาก	แป้งและไกลโคเจน ↓ อะไมเลส เดกซ์ทริน มอลโทส			
กระเพาะอาหาร				
ลำไส้เล็ก				

เมื่ออาหารผ่านกระบวนการย่อยแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนของกระบวนการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป อาหารในทางเดินอาหารที่ผ่านกระบวนการย่อยแล้วจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ได้อย่างไร

การดูดซึมสารอาหาร

การดูดซึมสารอาหารเป็นกระบวนการที่มีการนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์บุผิวของทางเดินอาหาร ที่กระเพาะอาหารจะมีการดูดซึมสารบางชนิด เช่น แอลกอฮอล์ คาเฟอีน และยาบางชนิด แต่ดูดซึมสารอาหารได้น้อย ส่วนลำไส้เล็กจะดูดซึมสารอาหารได้มากกว่า โดยสารอาหารจะถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน เช่น กลูโคสลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีแอกทีฟทรานสปอร์ต ฟรักโทสลำเลียงโดยการแพร่แบบฟาซิลิเทต และกลีเซอรอลลำเลียงโดยการแพร่แบบธรรมดา

ผนังด้านในของลำไส้เล็กซึ่งบุด้วยเซลล์บุผิวชั้นเดียว มีส่วนยื่นเล็ก ๆ คล้ายนิ้ว เรียกว่า วิลลัส (villus) เป็นจำนวนมาก ความหนาแน่นของวิลลัสมีประมาณ 20-40 หน่วยต่อ 1 ตารางมิลลิเมตร และด้านนอกเซลล์บุผิวของวิลลัสยังมีส่วนยื่นออกไปเรียกว่า ไมโครวิลลัส (microvillus) ซึ่งมีเป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึม ภายในวิลลัสมีหลอดเลือดฝอย และหลอดน้ำเหลืองฝอย ซึ่งจะรับสารอาหารที่ถูกดูดซึมผ่านเซลล์บุผิวของวิลลัสเข้าไป ดังรูป 13.24

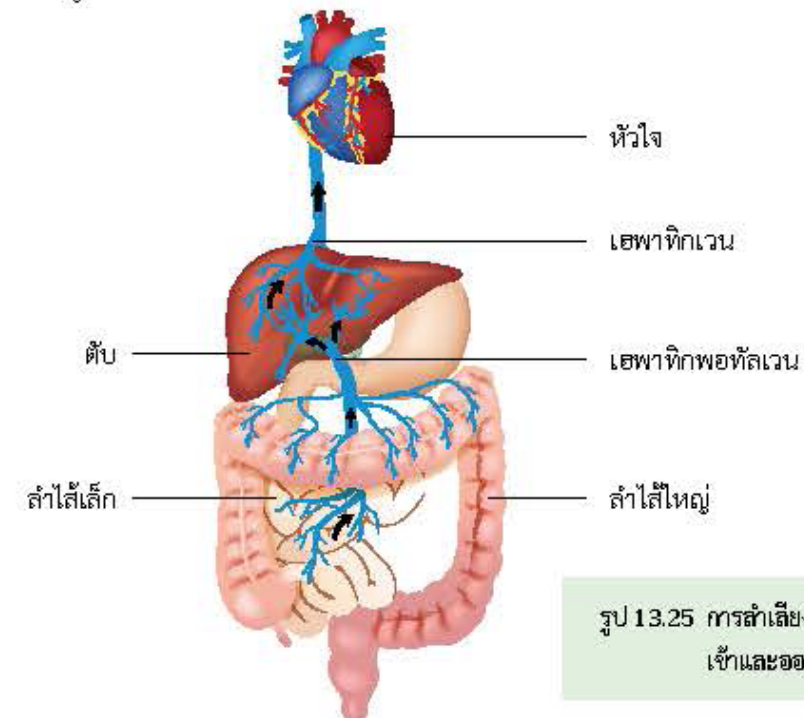


รูป 13.24 ก. วิลลัสและเซลล์บุผิว

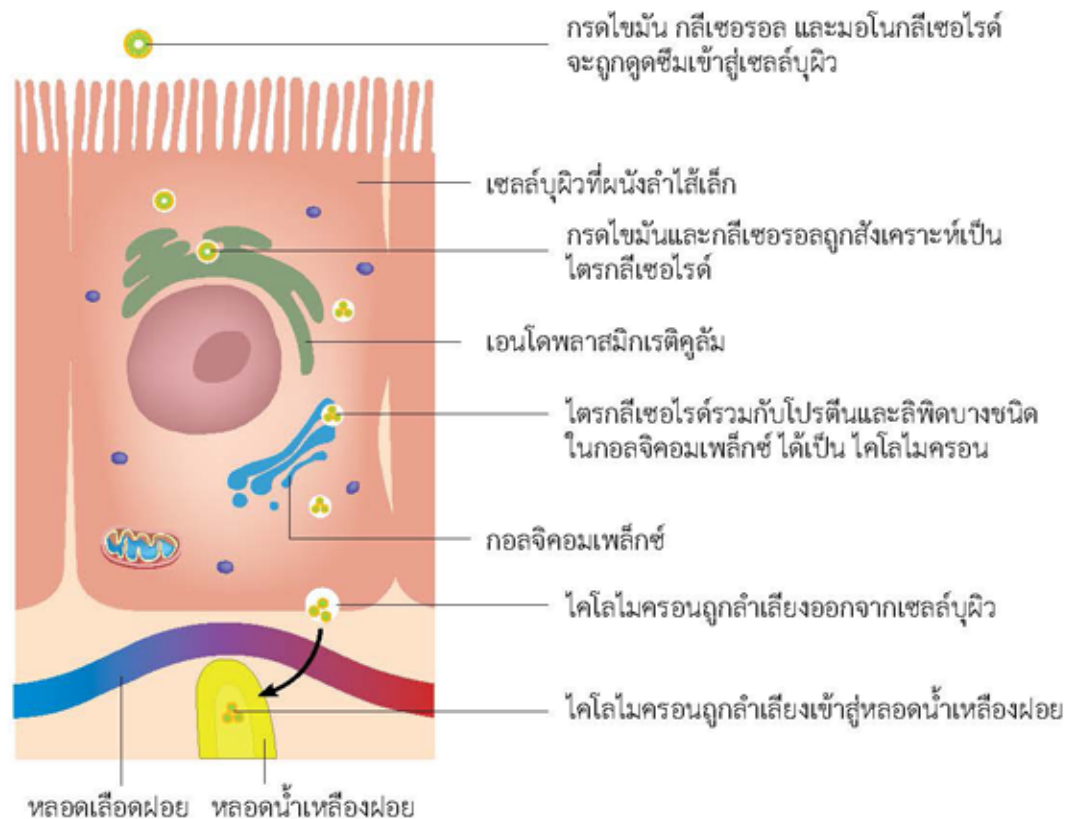
ข. ไมโครวิลลัสจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



สารอาหารที่ย่อยแล้ว เช่น กรดแอมิโน โมโนแซ็กคาไรด์ รวมทั้งวิตามินบางชนิด และธาตุอาหาร จะถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสของเซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็ก แล้วลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอย ผ่านทางหลอดเลือดเวนจากลำไส้เล็กเข้าสู่ตับ เรียกว่า เฮพาติกพอร์ทัลเวน (hepatic portal vein) ซึ่งสารอาหารเหล่านี้จะมีสารพิษหรือจุลินทรีย์ปะปนอยู่ จากนั้นเซลล์ตับจะกำจัดสารพิษและทำลายจุลินทรีย์ ก่อนที่สารอาหารเหล่านี้จะถูกลำเลียงออกจากตับทางหลอดเลือดเวน เรียกว่า เฮพาติกเวน (hepatic vein) เข้าสู่หัวใจ ดังรูป 13.25



ส่วนสารอาหารจำพวกกรดไขมัน กลีเซอรอล และวิตามินที่ละลายในลิพิดจะมีขนาดเล็กเกินไปซึ่งไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยได้ แต่จะถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย เมื่อลิพิดที่ย่อยแล้วถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสของเซลล์บุผิว กรดไขมันและกลีเซอรอลจะถูกสังเคราะห์ให้เป็นไตรกลีเซอไรด์ภายในเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมของเซลล์บุผิวของวิลลัส จากนั้นไตรกลีเซอไรด์จะรวมกับโปรตีนและลิพิดบางชนิดภายในกอลจิคอมเพล็กซ์ ได้เป็นสารที่เรียกว่า ไคโลไมครอน (chylomicron) แล้วจึงลำเลียงออกนอกเซลล์เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอยไปยังหลอดน้ำเหลืองแล้วลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดเวนก่อนเข้าหัวใจโดยไม่ผ่านตับ เลือดที่ออกจากหัวใจจะนำสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ดังรูป 13.26



รูป 13.26 การลำเลียงกรดไขมันและกลีเซอรอลเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย

? วิตามินเอ เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสแล้วจะมีการลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยหรือหลอดน้ำเหลืองฝอย เพราะเหตุใด



ความรู้เพิ่มเติม

สารที่ช่วยในการขนส่งลิพิด

ไคโลไมครอน เป็นลิพิดที่พบในเลือดหลังจากรับประทานอาหารที่มีลิพิดมาก ประกอบด้วย ไตรกลีเซไรด์ประมาณร้อยละ 84 ปกติจะไม่พบไคโลไมครอนในเลือดหลังจากอดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ไคโลไมครอนถูกสร้างที่เซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ขนส่งไตรกลีเซไรด์ที่ได้จากอาหารไปสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน

LDL (low-density lipoproteins) เป็นลิโฟโปรตีนมีส่วนประกอบของคอเลสเตอรอลประมาณร้อยละ 45 ร่างกายสร้าง LDL เพื่อทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลจากตับไปยังผนังหลอดเลือด เนื้อเยื่อไขมัน และกล้ามเนื้อทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น ถ้าสูงเป็นระยะเวลานานจะเกิดการสะสมและเกาะตามหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดเกิดการอุดตันหรือเปราะได้ หากมีมากเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

HDL (high-density lipoproteins) เป็นลิโฟโปรตีนที่ร่างกายสร้างจากตับและลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลจากเซลล์ต่าง ๆ ไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำดี ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำลง หากมี HDL มากจะส่งผลดีต่อร่างกาย

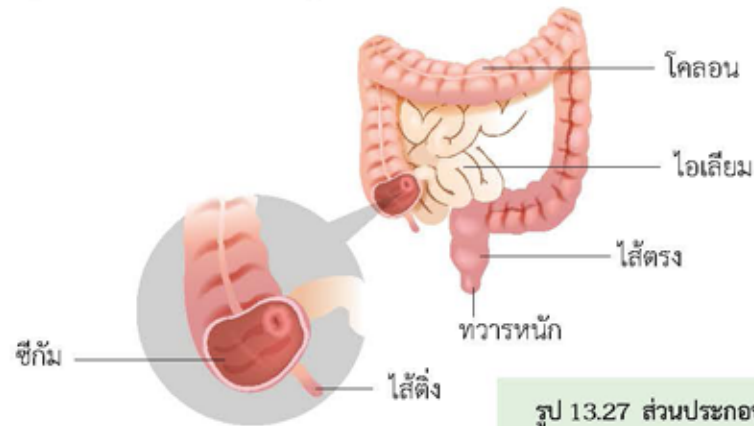
สารอาหารที่ผ่านการย่อยแล้วจะนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ใช้ในการหายใจระดับเซลล์ และการสังเคราะห์สารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่

หลังจากการย่อยและดูดซึมสารอาหารแล้ว อาหารที่ย่อยไม่ได้หรือที่เหลือจากการย่อยร่างกายจะมีกระบวนการกำจัดออกจากร่างกายอย่างไร

การถ่ายอุจจาระ

สารอาหารส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก อาหารที่ย่อยไม่หมดหรือย่อยไม่ได้เรียกว่ากากอาหาร รวมทั้งน้ำ วิตามิน และธาตุอาหารบางส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็กจะเข้าสู่ลำไส้ใหญ่โดยผ่านทวารที่กั้นระหว่างลำไส้เล็กกับลำไส้ใหญ่

ลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ยาวประมาณ 1.5 เมตร ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ซีกัม (caecum) โคลอน (colon) และไส้ตรง (rectum) ซึ่งต่อกับทวารหนัก (anus) ส่วนของซีกัมมีส่วนยื่นออกมาเรียกว่า ไส้ติ่ง (appendix) ซึ่งไม่ได้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยอาหาร แต่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกัน และเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ดังรูป 13.27



รูป 13.27 ส่วนประกอบของลำไส้ใหญ่

เซลล์ที่ผนังด้านในของลำไส้ใหญ่จะดูดซึมน้ำ วิตามิน ธาตุอาหาร และขับเมือกออกมาหล่อลื่น เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของกากอาหาร และพบว่าในบริเวณลำไส้ใหญ่มีไมโครไบโอม (microbiome) ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ทั้งหมดในสภาวะแวดล้อมหนึ่ง จุลินทรีย์ที่พบในลำไส้ใหญ่ส่วนใหญ่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น *E. coli* ดำรงชีวิตโดยอาศัยสารอาหารจากกากอาหาร และช่วยสังเคราะห์วิตามินเค วิตามินบี 7 วิตามินบี 9 วิตามินบี 12 ซึ่งถูกดูดซึมและลำเลียงไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้แบคทีเรียบางกลุ่มในลำไส้ใหญ่ยังย่อยสลายกากอาหารแล้วได้แก๊สมีเทนและแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งบางครั้งจะถูกขับออกมาโดยการผายลม

ในทางเดินอาหารพบไมโครไบโอมมากกว่า 100 ชนิด นอกเหนือจากชนิดที่มีประโยชน์แล้ว บางชนิดก่อให้เกิดโรค เช่น พบว่าบุคคลที่มีแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ในกระเพาะอาหาร มีโอกาสเป็นเนื้องอก มะเร็ง และแผลในกระเพาะอาหารมากกว่าคนที่ไม่พบแบคทีเรียชนิดนี้ ไมโครไบโอมในลำไส้ใหญ่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ลำไส้อักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับโรคอ้วน โรคหัวใจ โรคข้อรูมาตอยด์ โรคไขข้ออักเสบ โรคตับแข็ง และโรคมะเร็งตับ

- ? ถ้ากากอาหารอยู่ในลำไส้ใหญ่นาน ๆ จะเกิดผลอย่างไร
- ? การรับประทานอาหารที่มีเส้นใยมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างไร
- ? การรับประทานยาปฏิชีวนะจะส่งผลต่อไมโครไบโอมในทางเดินอาหารอย่างไร



ความรู้เพิ่มเติม

โพรไบโอติก (probiotic) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร โดยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ให้มากขึ้น ลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นโทษลง โดยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อต่อสู้กับจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคไม่ให้สามารถเกาะติดกับผนังลำไส้ โดยวิธีการหลั่งสารออกมาด้านจุลินทรีย์ชนิดอื่นหรือเจริญเติบโตไปแข่งขันกับจุลินทรีย์ก่อโรคไม่ให้เจริญและทำให้จุลินทรีย์ก่อโรคถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ จุลินทรีย์ที่จัดเป็นโพรไบโอติก เช่น lactic acid bacteria (LAB) และ *Bifidobacteria* sp. พบอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์นมแปรรูป เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต อาหารหมัก เช่น ข้าวหมาก และ ผักดอง

พรีไบโอติก (prebiotic) เป็นส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารช่วยกระตุ้นการเจริญและกิจกรรมของแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ พรีไบโอติก ส่วนมากเป็นสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ นอกจากนี้ พรีไบโอติกและโพรไบโอติกยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ลดอาการท้องผูก ป้องกันการเกิดอาการท้องเสีย ท้องเดิน ช่วยแผลผาสุก ลดการดูดซึมแคลเซียม ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและป้องกันมะเร็งลำไส้ เป็นต้น พรีไบโอติกส่วนใหญ่พบในผักผลไม้ เช่น หัวหอม กล้วย น้ำว่า กระเทียม และหน่อไม้ฝรั่ง

จากการศึกษาพบว่า อาหารที่รับประทานเข้าไปจะไปถึงลำไส้ใหญ่ได้ภายในเวลา 4 ชั่วโมง และจะอยู่ในลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอนประมาณ 8-9 ชั่วโมง จากนั้นอีกประมาณ 3-4 ชั่วโมง กากอาหารจะเคลื่อนถึงบริเวณไส้ตรง และอยู่ในไส้ตรงระยะหนึ่งจึงขับออกทางทวารหนัก

- ? อาหารเคลื่อนมาตามหลอดอาหารจนถึงทวารหนักได้อย่างไร
- ? การป้องกันไม่ให้เกิดอาการท้องผูกและโรคริดสีดวงทวารสามารถทำได้อย่างไร
- ? ถ้าการทำงานของลำไส้ใหญ่ผิดปกติเพราะได้รับสารบางอย่าง เช่น ดีเกลือ (แมกนีเซียมซัลเฟต) หรือจุลินทรีย์บางชนิด เช่น เชื้อบิด เชื้ออหิวาตกโรค จะทำให้ผนังลำไส้ใหญ่ดูดน้ำและธาตุอาหารกลับได้น้อยกว่าปกติจะเกิดผลอย่างไรต่อร่างกาย

ระบบย่อยอาหารมีการทำงานร่วมกันกับระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบต่อมไร้ท่อ และมีการควบคุมโดยระบบประสาท เมื่อรับประทานอาหารเข้าสู่ร่างกายศูนย์ควบคุมเกี่ยวกับการย่อยอาหารที่สมองจะส่งสัญญาณมายังทางเดินอาหารเพื่อให้อาหารเคลื่อนที่และเกิดการย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก โดยจะมีฮอร์โมนไปกระตุ้นการสร้างและหลั่งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร และเกิดการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลืองเพื่อลำเลียงไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

โครงสร้างที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างของร่างกายซับซ้อนจะมีโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารที่ซับซ้อน เช่น มีอวัยวะที่สร้างเอนไซม์เพื่อทำหน้าที่ย่อยอาหารแต่ละชนิด มีการปรับสภาพของทางเดินอาหารให้เหมาะสมต่อการย่อยอาหาร มีการปรับสภาพความเป็นกรด-เบสให้เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร เป็นต้น อาหารที่ผ่านการย่อยจนมีโมเลกุลขนาดเล็กลงจนสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์บุผิวที่ผนังทางเดินอาหาร และเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อลำเลียงไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายต่อไป



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

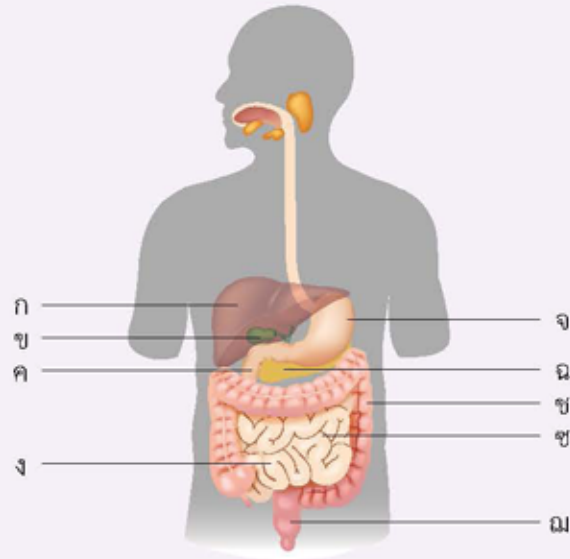
1. การย่อยอาหารภายนอกเซลล์เป็นการปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารภายนอกเซลล์แล้วดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ ส่วนการย่อยอาหารภายในเซลล์ อาหารจะเข้าสู่เซลล์เกิดเป็นฟูดแวคิวโอล แล้วถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากไลโซโซม
2. สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร เช่น ฟองน้ำ จะย่อยอาหารภายในเซลล์ โดยนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส และย่อยอาหารภายในฟูดแวคิวโอล
3. สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ เช่น ไฮดราและพลาเนเรีย มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว ซึ่งเป็นทั้งทางเข้าของอาหารและทางออกของกากอาหาร
4. ไฮดรามีเซลล์ที่ผนังด้านในของลำตัวซึ่งทำหน้าที่สร้างเอนไซม์เพื่อปล่อยออกสู่ทางเดินอาหารมาย่อยอาหารภายในช่องลำตัวซึ่งจัดเป็นการย่อยอาหารภายนอกเซลล์ เซลล์บางเซลล์สามารถนำอาหารเข้าสู่เซลล์และมีการย่อยอาหารภายในเซลล์อีกด้วย

5. พลาเนเรียมีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้เป็นชิ้นเล็กลงภายนอกตัวและอาหารบางส่วนที่ย่อยแล้วจะถูกย่อยต่อในช่องภายในลำตัวและภายในเซลล์จนสมบูรณ์ ส่วนกากอาหารก็จะขับออกทางปาก
6. สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิด 2 ช่องโดยปลายด้านหนึ่งเป็นปากและปลายอีกด้านหนึ่งเป็นทวารหนัก
7. มนุษย์มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ ประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก และมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องคือ ต่อม้ำลาย ตับ และตับอ่อน ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกันในการกิน การย่อย การดูดซึม และการถ่ายอุจจาระ
8. การย่อยอาหารของมนุษย์มีการย่อยเชิงกลโดยการบดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง และการย่อยทางเคมีโดยเอนไซม์ ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้
9. ในปากมีต่อมน้ำลายทำหน้าที่ผลิตน้ำลายซึ่งมีอะไมเลสทำหน้าที่ย่อยแป้งและไกลโคเจนให้มีโมเลกุลเล็กลง
10. ในกระเพาะอาหาร ประกอบด้วยเซลล์ที่สำคัญหลายชนิด โดยเมื่อมีการกระตุ้นจะมีการหลั่งกรดไฮโดรคลอริก กรดไฮโดรคลอริกจะเปลี่ยนเพปซิโนเจนซึ่งยังไม่สามารถทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ให้เป็นเพปซิน เพื่อย่อยโปรตีนได้เป็นพอลิเปปไทด์สายสั้นลง
11. การย่อยอาหารในลำไส้เล็กเกี่ยวข้องกับการทำงานของตับ ตับอ่อน และเซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็ก ซึ่งหลั่งสารหลายชนิดออกมาทำงานร่วมกัน โดยดูโอติเนียมจะสร้างฮอร์โมนไปกระตุ้นตับอ่อนให้สร้างและหลั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งเป็นเบสออกมาสู่ดูโอติเนียมเพื่อลดความเป็นกรดของอาหารภายในดูโอติเนียมมีการย่อยอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก
12. มอนแซ็กคาไรด์ กรดแอมิโน รวมทั้งวิตามินบางชนิด และธาตุอาหารจะถูกดูดซึมที่วิลลัสเข้าสู่หลอดเลือดฝอย ส่วนกรดไขมัน กลีเซอรอล และวิตามินที่ละลายในลิพิดจะถูกดูดซึมเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย
13. ผนังลำไส้ใหญ่จะดูดซึมน้ำ ธาตุอาหาร และวิตามินบางชนิดได้บางส่วนโดยส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดออกจากร่างกายไปพร้อมกับกากอาหารทางทวารหนัก



แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13

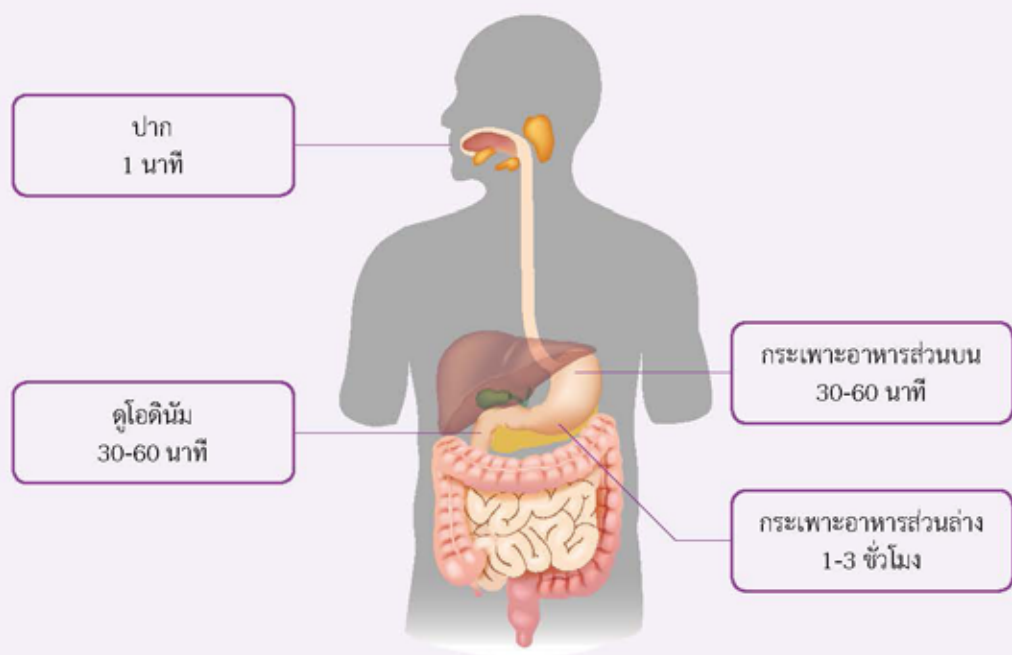
1. จงนำตัวอักษรที่แสดงอวัยวะต่าง ๆ ของระบบย่อยอาหารของมนุษย์ เติมลงในช่องว่างหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน อาจตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ



-1.1 มีเซลล์สร้างเมือก กรดไฮโดรคลอริก และเพปซินोजен
-1.2 เป็นส่วนของทางเดินอาหารที่มีท่อเปิดจากตับอ่อนและท่อน้ำดี
-1.3 เป็นบริเวณที่ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำ วิตามิน และธาตุอาหาร
-1.4 สร้างสารที่ทำให้ลิพิดแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ
-1.5 สร้างเอนไซม์ย่อยอาหารทุกประเภทและสร้างสารที่มีฤทธิ์เป็นเบส

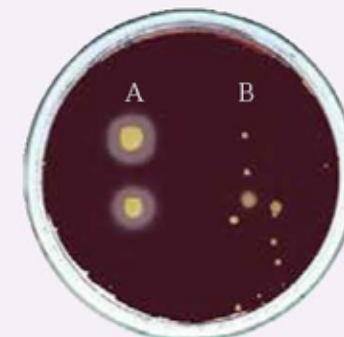
2. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (x) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออกหรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง
-2.1 ไฮโดรพลอยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายในช่องภายในลำตัว และมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ด้วย
-2.2 หน้าที่ย่างหนึ่งของเอนไซม์ที่สร้างจากเซลล์บุผิวของดูโอดินัม คือการเปลี่ยนเอนไซม์บางชนิดจากตับอ่อนที่ยังไม่พร้อมที่จะทำงานให้เป็นเอนไซม์ที่พร้อมจะทำงาน
-2.3 อาหารประเภทลิพิดเมื่อย่อยแล้ว จะลำเลียงเข้าหลอดเลือดฝอยภายในวิลลัสของลำไส้เล็ก
-2.4 ลำไส้ใหญ่มีหน้าที่ดูดซึมน้ำ วิตามิน ธาตุอาหาร และหลังเมือก เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของกากอาหาร
-2.5 ผู้ป่วยที่ท่อน้ำดีอุดตันจะไม่มีมีการย่อยอาหารประเภทลิพิด
3. การหลั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งเป็นเบสจากตับอ่อนมีประโยชน์ต่อการย่อยอาหารอย่างไร

4. นักเรียนคนหนึ่งถูกละทิ้งเกี่ยวกับคดีฆาตกรรม เรื่องมีอยู่ว่า นาย ก. หายออกจากบ้านไปตอนหลังอาหารกลางวันของวันที่ 1 จนกระทั่งเช้าวันที่ 3 มีผู้พบศพในห้องเย็นสำหรับแช่ปลา ซึ่งถ้าดูจากสภาพการเปลี่ยนแปลงของศพไม่สามารถบอกได้ว่าเสียชีวิตเมื่อใด เนื่องจากศพอยู่ในห้องเย็นจึงดูจากการแข็งตัวของกล้ามเนื้อและการลดลงของอุณหภูมิร่างกายไม่ได้ แต่การผ่าศพพบว่าอาหารส่วนใหญ่อยู่ในกระเพาะอาหาร มีเส้นก๋วยเตี๋ยว ชิ้นผัก และชิ้นเนื้ออีกหลายชิ้น รวมปริมาณอาหารประมาณครึ่งกระเพาะอาหาร และภรรยาของนาย ก. แจ้งว่านาย ก. รับประทานอาหารกลางวันเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เสร็จเมื่อเวลาประมาณ 12.00 น. นักสืบจึงสันนิษฐานว่า นาย ก. เสียชีวิตเมื่อเวลาประมาณ 24.00 น. ของวันที่หายตัวไป นักเรียนเห็นด้วยกับนักสืบในละครหรือไม่ เพราะเหตุใด



รูปแสดงระยะเวลาที่อาหารอยู่ในส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหาร

5. จากการทดลองเพื่อศึกษาการย่อยแป้งด้วยอะไมเลสที่แบคทีเรียสร้างขึ้น โดยเลี้ยงแบคทีเรีย A และ B บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแป้ง (starch agar) เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นเทสารละลายไอโอดีนลงไปบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าบริเวณรอบๆ ที่แบคทีเรีย A เจริญ ไม่มีการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขณะที่บริเวณรอบๆ ที่แบคทีเรีย B เจริญมีการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังรูป



- 5.1 แบคทีเรียชนิดใดสามารถสร้างอะไมเลสได้ ทราบได้อย่างไร
 5.2 เมื่อนำแบคทีเรีย A ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่มีแป้งเป็นเวลา 3 วัน แยกเซลล์แบคทีเรียออกมาแล้วทำให้เซลล์แตกและนำส่วนที่สกัดจากเซลล์ไปทดสอบการย่อยแป้งของอะไมเลส พบว่าสารสกัดที่ได้จากแบคทีเรีย A สามารถย่อยแป้งได้เล็กน้อย เพราะเหตุใด
6. เติมเครื่องหมาย ✓ ลงในตารางให้ตรงกับลักษณะทางเดินอาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้

สิ่งมีชีวิต	ทางเดินอาหาร			การย่อยอาหาร	
	ไม่มีทางเดินอาหาร	ไม่สมบูรณ์	สมบูรณ์	ภายในเซลล์	ภายนอกเซลล์
อะมีบา					
พารามีเซียม					
ฟองน้ำ					
ไฮดรา					
พลาเนเรีย					
ไส้เดือนดิน					

7. นำสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้เติมลงในช่องว่างหน้าข้อให้สัมพันธ์กับลักษณะของระบบย่อยอาหาร

ด้กแดน
ไส้เดือนดิน

ปลานาเรีย
นก

ไฮดรา
ปลา

-7.1 มีกระเพาะอาหารบริเวณอก ใช้โพรงทรีคิวลัสช่วยบดอาหาร มีต่อมสร้างเอนไซม์
-7.2 ไม่มีฟันและต่อมน้ำลาย ใช้กินช่วยบดอาหาร มีตับ ตับอ่อนสร้างเอนไซม์ ขับกากอาหารทางทวารหนัก
-7.3 จับเหยื่อด้วยเข็มพิษ ปล่อยเอนไซม์จากเนื้อเยื่อชั้นในของช่องภายในลำตัว
-7.4 กินอาหารทางปาก ไม่มีฟัน ลำไส้สร้างเอนไซม์มาย่อยอาหาร มีกระเพาะพักอาหาร
-7.5 ส่วนใหญ่มีฟัน มีตับ ถุงน้ำดี และมีตับอ่อนสร้างเอนไซม์ ขับกากอาหารทางทวารหนัก
-7.6 ปล่อยเอนไซม์จากทางเดินอาหารผ่านคอหอยมาย่อยอาหารภายนอกตัว และย่อยต่อในช่องภายในลำตัว ขับกากอาหารออกทางปาก

8. ถ้าตัดส่วนเทนทาเคิลของไฮดราออกจะส่งผลต่อกระบวนการย่อยอาหารหรือไม่ เพราะเหตุใด