

คู่มือเรียนรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



BIOLOGY

ชีววิทยา

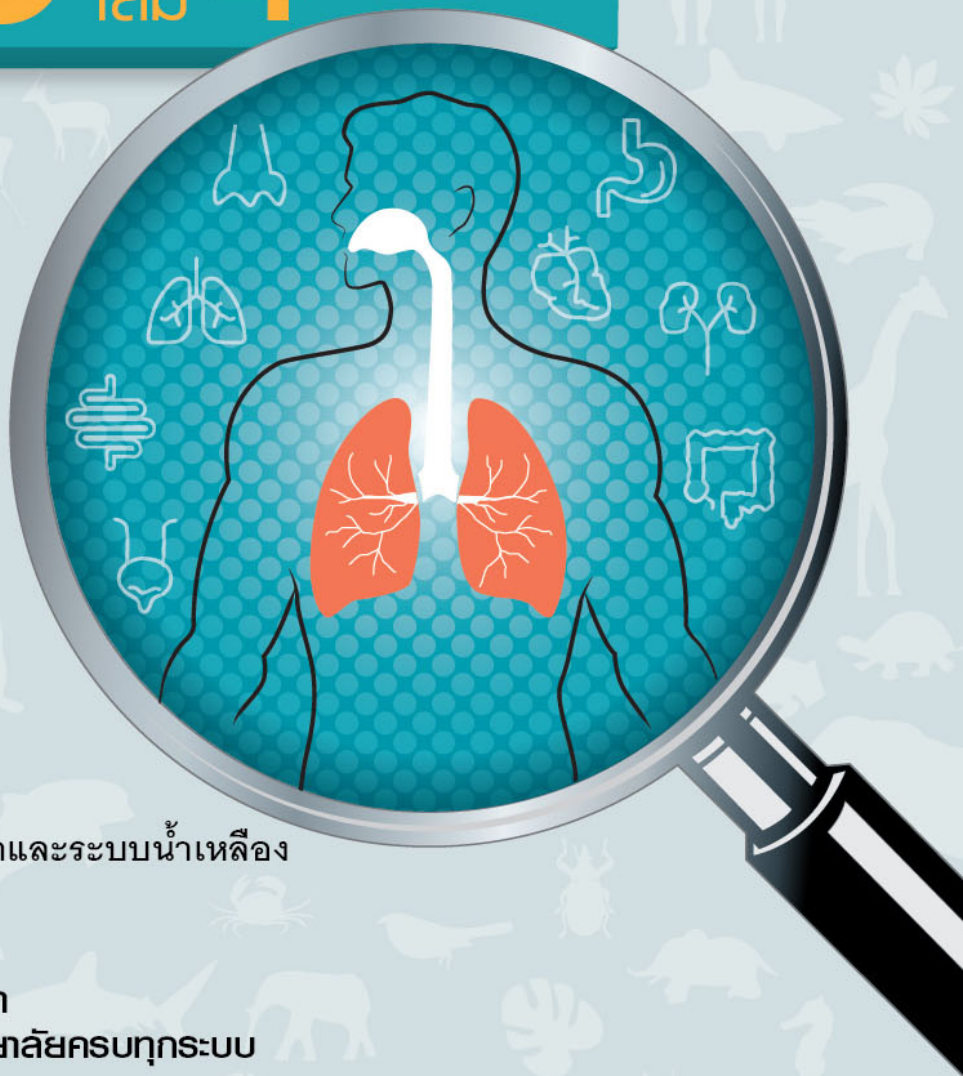
ม.5 เล่ม 4

พศ.ประสงค์ หล้าสะอาด

กศ.บ. ชีววิทยา (เทียบเคียงระดับ 1)
วท.ม. (สัตววิทยา จุฬาลงกรณ์)
Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed.
and Research Supervision (University of Sydney, Australia)
อาจารย์สอนวิชาชีววิทยา CHEM. HOUSE

พศ.ดร.จิตเกษม หล้าสะอาด

วท.ม. (ชีววิทยา, จุฬาลงกรณ์), วท.ด. (กีฏวิทยา, ม.เกษตรศาสตร์)



สรุปเนื้อหาสำคัญ

- ระบบย่อยอาหาร
- ระบบหายใจ
- ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง
- ระบบภูมิคุ้มกัน
- ระบบขับถ่าย

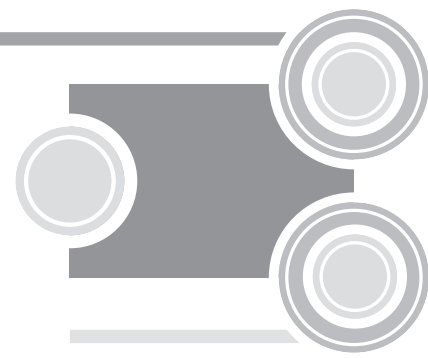
แบบทดสอบท้ายบท

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยครบทุกระบบ

พร้อมเฉลยครบถ้วน



คู่มือรายวิชา เพิ่มเติม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



เพิ่มเติม ชีววิทยา ม.5 เล่ม 4

- ระบบย่อยอาหาร
- ระบบหายใจ
- ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง
- ระบบภูมิคุ้มกัน
- ระบบขับถ่าย

เหมาะสำหรับ

- ☑ เน้นสำหรับนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์
- ☑ ใช้สอบ Entrance เข้ามหาวิทยาลัยระบบ Admissions PAT 2 และ O-NET
- ☑ ใช้สอบตรงเพื่อเข้ามหาวิทยาลัยประเภทโควตา
- ☑ สอบประจำภาคเรียน
- ☑ สามารถใช้ศึกษาด้วยตนเอง

พศ.ประสงค์ หล้าสะอาด

กศ.บ. ชีววิทยา (เกียรติยศอันดับ 1), วท.ม. (ศึกษาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์)
Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed. and Research Supervision
(University of Sydney, Australia)

พศ.ดร.จิตเกษม หล้าสะอาด

วท.ม. (ชีววิทยา, จุฬาลงกรณ์), วท.ด. (ภูมิศาสตร์, ม.เกษตรศาสตร์)



● สนวนลิขสิทธ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558

เพิ่มเติม จิตยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ชีววิทยา

ม.5 เล่ม 4

ผู้เรียบเรียง : ผศ.ประสงค์ หลัสะฮาด
ผศ.ดร.จิตเกษม หลัสะฮาด

กองบรรณาธิการ : อรศรี ไรจน์พจนรัตน์, ณัฏฐ์ธินัน ลูกเสือดิรา, อมรศักดิ์ บุญเรือง, พิรุณนิชา ไบสุวรรณ
สถาพร พุศิริจิรพร, มณฑญา กมลวานนท์, ยุภาภรณ์ แดงมณี

จัดพิมพ์ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด
12 หม่อมแฝ้ว แยก 3 ถ.พระราม 6 (ซ. 41) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร 02-279-6222 (อัตโนมัติ 15 คู่สาย) โทรสาร 02-279-6203-4

พิมพ์ที่ : บริษัท ธนรัชการพิมพ์ จำกัด
43/100 หมู่ที่ 5 ซ.เทอดพระเกียรติ 1 ถ. เทอดพระเกียรติ ต.วัดชลอ อ.บางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130

ผู้พิมพ์ - ผู้โฆษณา
นางนงลักษณ์ ธนกุลโรจน์



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษรีไซเคิล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



คู่มือเรียนรายวิชา **เพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.5 เล่ม 4** นี้ ได้เรียบเรียงขึ้นตามโครงสร้างใหม่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตรงตามหลักสูตรสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมใหม่ล่าสุดตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสสวท. ทบทวนได้เพิ่มเติมเนื้อหาที่เห็นว่านักเรียนระดับนี้ควรจะได้รู้ได้เข้าใจเอาไว้ด้วย เพื่อให้ นักเรียนได้มีความรอบรู้อย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นประโยชน์ในการสอบประจำภาค และสอบเข้าศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้สรุปไว้เป็นบทๆ ตามลำดับ พร้อมด้วยภาพประกอบจำนวนมาก เพื่อให้เข้าใจ แก่การเข้าใจ ทำแบบทุกบทมีตัวอย่างข้อสอบ วัดความรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นจำนวนมาก เพื่อให้ครอบคลุม เนื้อหาในทุกแง่มุมให้นักเรียนได้ลองฝึกทำ นอกจากนี้ผู้เรียบเรียงยังได้เฉลยข้อสอบอย่างละเอียด โดยให้เหตุผล ประกอบด้วยทุกข้อ เพื่อความสะดวกของนักเรียนที่ใช้หนังสือเล่มนี้ ผู้เรียบเรียงขอแนะนำ วิธีการใช้หนังสือเล่มนี้ อย่างถูกต้องคือ อ่านและทำความเข้าใจเนื้อหาก่อน ต่อจากนั้นจึงลองทำตัวอย่างข้อสอบหากสงสัยหรือไม่เข้าใจ หรือทำไม่ได้จึงค่อยเปิดแบบเฉลยดู และควรดูที่เหตุผลที่ให้ได้ด้วยว่าทำไมจึงเลือกข้อนั้น หากท่านปฏิบัติได้ดังนี้ ผู้เรียบเรียงเชื่อว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นหนังสือ คู่มือเรียน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)** ของท่านอย่างแท้จริง

ในการจัดทำหนังสือเล่มนี้อาจมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ผู้เรียบเรียงยินดีรับความคิดเห็นและ ข้อเสนอแนะจากผู้ทุกท่าน เพื่อจะได้แก้ไขปรับปรุงสำหรับการพิมพ์ครั้งต่อไป

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือ คู่มือเรียน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)** นี้ คงอำนวยประโยชน์ให้แก่ นักเรียนมากพอสมควร

ด้วยความปรารถนาดีอย่างจริงใจ



(ผศ.ประสงค์ หล้าสะอาด)

ในนามผู้เรียบเรียง

สารบัญ

บทที่ 13 ระบบย่อยอาหาร	1
13.1 การย่อยอาหารของจุลินทรีย์	3
13.2 การย่อยอาหารของสัตว์	6
▶ การย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีกระดูสันหลัง	6
▶ การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีกระดูสันหลัง	15
13.3 การย่อยอาหารของมนุษย์	20
▶ ปากและการย่อยอาหารในปาก	23
▶ คอหอยและการกลืน	27
▶ หลอดอาหาร	28
▶ กระเพาะอาหารและการย่อย	29
▶ ลำไส้เล็กและการย่อยในลำไส้เล็ก	35
▶ ลำไส้ใหญ่และการย่อยในลำไส้ใหญ่	43
▶ อวัยวะช่วยในการย่อยอาหาร	45
▶ การดูดซึมสารอาหารของร่างกาย	45
▶ โรคบางชนิดของระบบย่อยอาหาร	50
▶ ความรู้เพิ่มเติม	50
13.4 คุณค่าของสารอาหารต่อร่างกาย	53
▶ เศษส่วนการหายใจ	54
▶ ปริมาณแคลอรีที่คนต้องการต่อวัน	57
▶ โทษของการขาดสารอาหาร	58
▶ การขาดโปรตีน	58
▶ การขาดวิตามิน	59
▶ การขาดแร่ธาตุ	60
* ตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 13	61
◆ เฉลยตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 13	72
■ แบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 13	78
■ เฉลยแบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 13	90

บทที่ 14 ระบบหายใจ	97
14.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	97
▶ การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์น้ำ	97
▶ การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์บก	106
14.2 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์	110
▶ ระบบทางเดินหายใจ	111
▶ ถุงลมและถุงลมย่อย	114
14.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส	116
▶ ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สและการขนส่งแก๊ส	117
▶ การขนส่งแก๊สออกซิเจน	118
▶ การขนส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	119
14.4 การหายใจ	121
▶ โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ	121
▶ ปริมาตรและความจุของปอด	124
▶ ศูนย์ควบคุมการหายใจ	127
▶ การวัดอัตราการหายใจ	128
▶ สารพิษในอากาศ	131
▶ การลดปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอน	135
▶ โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ	136
* ตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 14	138
▶ เฉลยตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 14	146
■ แบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 14	152
■ เฉลยแบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 14	160

สารบัญ

บทที่ 15	ระบบทฤษฎีเวียนเกิดและระบบห้าเหลี่ยม	165
15.1	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	167
▪	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ที่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด	167
▪	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือด	168
▪	อวัยวะสูบฉีดโลหิตของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	173
15.2	การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	178
▪	หัวใจ	178
▪	เส้นเลือดที่หัวใจ	182
▪	คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ	183
▪	การควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ	185
▪	ความดันเลือด	188
▪	วงจรไหลเวียนเลือด	189
▪	หลอดเลือดหรือเส้นเลือด	191
▪	เลือด	192
▪	หมู่เลือดและการให้เลือด	206
15.3	ระบบน้ำเหลือง	209
▪	น้ำเหลือง	209
▪	หลอดหรือท่อน้ำเหลือง	209
▪	อวัยวะน้ำเหลือง	210
▪	ต่อมไทมัส	210
▪	หน้าที่ของระบบน้ำเหลือง	210
บทที่ 16	ระบบภูมิคุ้มกัน	212
16.1	กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	212
▼	กลไกการต่อต้านแบบไม่จำเพาะ	213
▼	กลไกการต่อต้านแบบจำเพาะ	214

16.2 การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	217
▼ ภูมิคุ้มกันตัวเอง	217
▼ ภูมิคุ้มกันที่รับมา	217
16.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	220
▼ โรคภูมิแพ้	220
▼ ภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตัวเอง	221
▼ ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV	221
* ตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 15 - 16	224
◆ เฉลยตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 15 - 16	241
■ แบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 15 - 16	251
■ เฉลยแบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 15 - 16	262
บทที่ 17 ระบบขับถ่าย	269
17.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	271
17.2 การขับถ่ายของสัตว์	273
◆ การขับถ่ายของหนอนตัวแบน	273
◆ การขับถ่ายของหนอนตัวกลม	273
◆ การขับถ่ายของแอนเนลิด	274
◆ การขับถ่ายของอาร์โทรพอด	275
◆ การขับถ่ายของนกและสัตว์เลื้อยคลาน	277
17.3 การขับถ่ายของมนุษย์	278
◆ ไต	279
◆ เพพรอน	280

สารบัญ

17.4 การทำงานของหน่วยไต	282
◆ การกรองที่โกลเมอรูลัส	282
◆ การดูดกลับที่ท่อหน่วยไต	285
◆ การหลั่งสารโดยท่อหน่วยไต	289
17.5 ไตกับการรักษาสมดุลของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกาย	292
◆ การรักษาสมดุลน้ำ	293
◆ การรักษาสมดุลของแร่ธาตุหรือเกลือแร่	296
◆ การรักษาสมดุลของกรดเบส	300
17.6 ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไต	303
17.7 การขับถ่ายของเสียออกทางผิวหนัง	305
* ตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 17	307
◆ เฉลยตัวอย่าง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 17	320
■ แบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 17	327
■ เฉลยแบบทดสอบ วัดความรู้ บทที่ 17	338

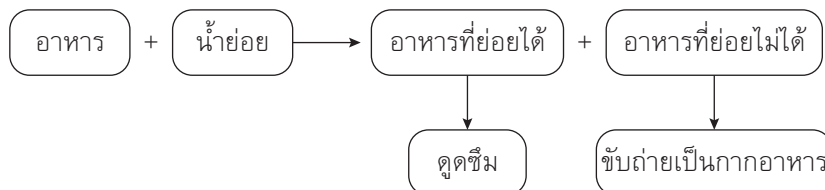


บทที่ 13 ระบบย่อยอาหาร

อาหารเป็นสิ่งสำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เพราะอาหารเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์และร่างกายของสิ่งมีชีวิต ความต้องการอาหารและการได้มาซึ่งอาหารโพธิสต์ พืชและสัตว์จะแตกต่างกัน พืชและสัตว์โพธิสต์บางชนิดสามารถสังเคราะห์หรือสร้างอาหารได้เอง แต่สัตว์และโพธิสต์อีกบางชนิดไม่สามารถสร้างอาหารได้ ดังนั้น สัตว์และโพธิสต์บางชนิดพวกนี้ จึงได้รับสารอาหารจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารอาหารเหล่านั้นอาจจะได้มาจากพืชเป็นผู้ผลิตหรือจากสัตว์เป็นผู้บริโภคด้วยกันเองก็ได้ สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เองเรียกว่า ออโตทรอฟ (autotroph) เช่น พืชและแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ (photosynthetic bacteria) ส่วนพวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ เรียกว่า เฮเทอโรทรอฟ (heterotroph) ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. **ฮอโลทรอฟิก (holotrophic) หรือ ฮอโลโซอิก (holozootic)** เป็นการดำรงชีพแบบสัตว์ทั่ว ๆ ไป โดยการกินอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน แล้วมีการบดให้ละเอียดและย่อยสลายให้ขนาดโมเลกุลของสารเล็กลง จนสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ การย่อยสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงนี้จะต้องใช้เอนไซม์หรือน้ำย่อยเป็นตัวสลาย

2. **แซปโรทรอฟิก (saprotrophic)** เป็นการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับอาหารพวกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว หรือเศษอินทรีย์โดยการส่งเอนไซม์หรือน้ำย่อยออกมาย่อยสารแล้วจึงดูดซึมเข้าไปใช้ในเซลล์ เช่น แบคทีเรียและเห็ดราทั่ว ๆ ไป การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 13 - 1 การย่อย การดูดซึมสารอาหารของสิ่งมีชีวิต

โภชนาการหรือโภชนศาสตร์ (nutrition) เป็นวิชาที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ของสารอาหารที่มีต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพและร่างกายของสิ่งมีชีวิตด้วย มีการศึกษาถึงสารอาหารชนิดต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารภายในร่างกาย การย่อย การดูดซึม การนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ให้พลังงานแก่ร่างกาย หรือนำไปเสริมสร้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้เจริญเติบโต และดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยสุขภาพและอนามัยที่ดี

อาหาร (food) คือ สิ่งที่มีมนุษย์กินหรือดื่มเข้าไปแล้ว ทำให้เกิดสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ให้พลังงาน โดยอาจจะอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน หรือพลังงานในรูปของสารเคมีต่าง ๆ
2. การเจริญเติบโตตลอดจนการเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย
3. การควบคุมระบบความสมดุลและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในร่างกาย โดยการปรับให้ร่างกายเข้าสู่สภาวะปกติที่เหมาะสม

สารอาหาร (nutrients) คือ สารประกอบที่มีอยู่ในอาหารสารอาหารเหล่านี้ จะทำหน้าที่อย่างไรอย่างหนึ่งใน 3 ลักษณะที่กล่าวมาแล้ว หรือทำหน้าที่ทั้ง 3 ลักษณะ ประกอบกัน สารอาหารแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ

1. **คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)** ได้แก่ สารอาหาร จำพวกแป้ง และน้ำตาล จากข้าว เผือก มัน อ้อย เป็นต้น
2. **ไขมัน (lipid)** ได้แก่ ไขมันจากสัตว์ และน้ำมันจากพืช
3. **โปรตีน (protein)** ได้แก่ โปรตีน จากเนื้อสัตว์ ไข่ นม ถั่วเหลือง เป็นต้น
4. **วิตามิน (vitamins)** ได้แก่ วิตามิน เอ บี ซี ดี อี เค เป็นต้น
5. **เกลือแร่ (mineral salts)** ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไอโอดีน แมกนีเซียม โซเดียม กำมะถัน โพแทสเซียม เป็นต้น
6. **น้ำ (water)** ได้แก่ น้ำที่ร่างกายได้รับทั้งในรูปน้ำดื่ม และน้ำที่อยู่ในอาหารชนิดต่าง ๆ

อาหารหลัก 5 หมู่ อาหารหลักของคนไทยแบ่งออกเป็น 5 หมู่ ดังนี้

หมู่ที่ 1 อาหารประเภทโปรตีน ได้แก่ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ นม ถั่ว ไข่

หมู่ที่ 2 อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ อาหารพวกข้าว เผือก มัน แป้ง และน้ำตาล

หมู่ที่ 3 อาหารประเภทพืชผักต่าง ๆ ได้แก่ ผักกาด ผักคะน้า กะหล่ำปลี แตงกวา และผักอื่น ๆ ซึ่งจะให้วิตามินและเกลือแร่เป็นส่วนสำคัญ

หมู่ที่ 4 อาหารประเภทผลไม้ต่าง ๆ ได้แก่ ส้ม กล้วย เงาะ สับปะรด องุ่น มังคุด มะม่วง และผลไม้ อื่น ๆ ซึ่งจะให้น้ำตาล วิตามิน และเกลือแร่ เป็นส่วนสำคัญ

หมู่ที่ 5 อาหารประเภทไขมัน ได้แก่ ไขมันจากสัตว์ และน้ำมันจากพืช

อาหารปรุ่สมดุล (balance diet) คือ อาหารปรุ่ (diet) ซึ่งปรุ่แต่งให้รับประทานได้โดยประกอบด้วย คุณภาพ และสารอาหารที่ร่างกายต้องการอย่างเพียงพอ ซึ่งต้องประกอบด้วย

1. ให้พลังงานหรือแคลอรีที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย
2. มีโปรตีนซึ่งเป็นส่วนที่ให้พลังงานประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 10 - 15 ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด
3. มีไขมันซึ่งเป็นส่วนที่ให้พลังงานประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 20 - 25 ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด
4. มีคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นส่วนที่ให้พลังงานประกอบอยู่ร้อยละ 60 - 70 ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด
5. ให้เกลือแร่ และวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างเพียงพอ
6. ให้กากอาหารซึ่งช่วยในการขับถ่ายของร่างกายอย่างเพียงพอ

13.1 การย่อยอาหารของจุลินทรีย์

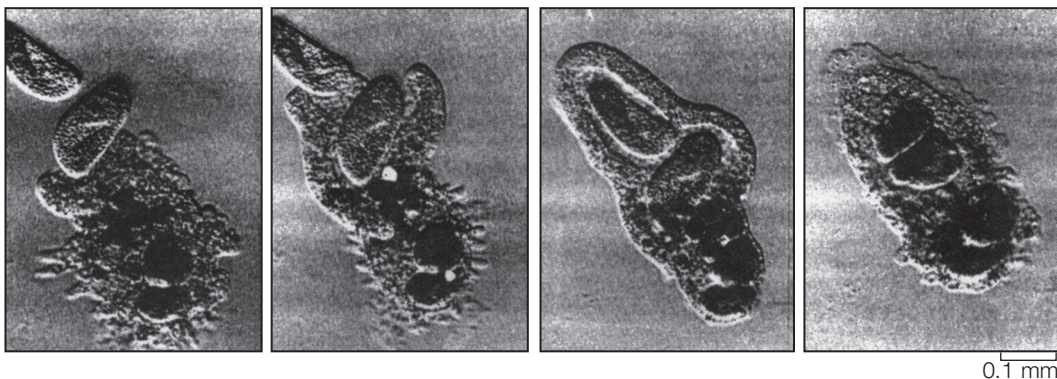
13.1.1 การย่อยอาหารของแบคทีเรียและรา

การย่อยเป็นการย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) เนื่องจากแบคทีเรีย และ รา มีผนังเซลล์ จึงไม่สามารถนำสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ได้ จึงต้องส่งน้ำย่อยหรือเอนไซม์ออกมาย่อย สารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นสารโมเลกุลเล็กก่อนแล้วจึงดูดซึมสารโมเลกุลเล็กเข้าสู่เซลล์ การย่อยสลาย โดยแบคทีเรียและรา จะขึ้นอยู่กับเอนไซม์ของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ ว่า สามารถย่อยสารใดได้บ้าง ทำให้เกิดความเฉพาะเจาะจงของจุลินทรีย์ต่อสารที่จะเจริญ เช่น ยีสต์ มีเอนไซม์ในการย่อยสลายน้ำตาล แต่ไม่มี เอนไซม์ย่อยแป้ง ยีสต์จึงเจริญได้ดีในอาหารพวกน้ำตาล เป็นต้น

ในปัจจุบันความเจริญทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) เช่น การนำเอนไซม์ของจุลินทรีย์ มาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ใช้เอนไซม์อะไมเลส ลิเพส ทริปซิน ในการย่อยสลายสาร และใช้กระบวนการย่อยอาหารของแบคทีเรียและราทำให้เกิดการหมัก เช่น การหมักแอลกอฮอล์ การหมัก กรดแลกติก ซึ่งมีประโยชน์อย่างมาก ในอุตสาหกรรมทำเครื่องดื่มชนิดต่างๆ

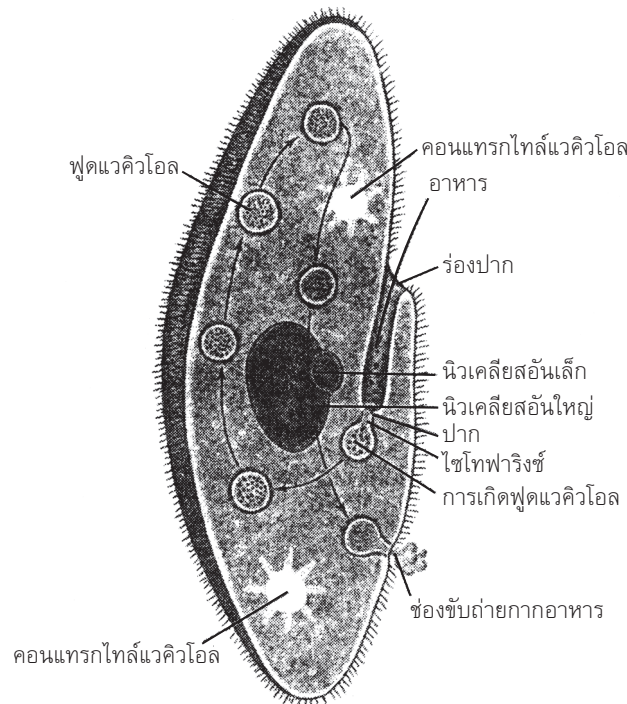
13.1.2 การย่อยอาหารของโพรโทซัว

พวกโพรโทซัวจัดเป็นโพรทิสต์ที่มีลักษณะคล้ายสัตว์เพราะสร้างอาหารเองไม่ได้ ไม่มี ผนังเซลล์ แต่สามารถเคลื่อนที่ได้ โพรโทซัว ไม่มีระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหารโดยเฉพาะ แต่อาศัยส่วนต่างๆ ของเซลล์ช่วยในการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ แล้วจึงมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ซึ่ง เรียกว่า การย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion) เช่น อะมีบาและพารามีเซียม



รูปที่ 13 - 2 การกินอาหารของเซลล์อะมีบาแบบฟาโกไซโทซิส และการย่อยภายในเซลล์

(1) **การย่อยอาหารของอะมีบา** อะมีบาเป็นโพรทิสต์ที่เคลื่อนที่ด้วยขาเทียม อาหารของอะมีบาประกอบด้วยเศษสารอินทรีย์ เซลล์แบคทีเรีย สาหร่ายและสิ่งมีชีวิตเล็กๆ อื่นๆ อะมีบานำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยการยื่นส่วนของขาเทียมออกไปโอบล้อมอาหารทำให้อาหารตกเข้าไปอยู่ภายในเซลล์ เรียกอาหารที่อยู่ในเซลล์นี้ว่า ฟูดแวคิวโอล (food vacuole) การกินโดยการยื่นส่วนของขาเทียมออกไปโอบล้อมอาหารนี้เรียกว่าฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) ซึ่งจะพบได้ในพวกเซลล์เม็ดเลือดขาวด้วย ต่อจากนั้นส่วนไซโทพลาซึมของอะมีบาก็จะสร้างน้ำย่อยซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดเกลือ (HCl) ออกมาย่อยอาหารภายในฟูดแวคิวโอลอีกทีหนึ่ง การเคลื่อนไหวของไซโทพลาซึมจะทำให้สารอาหารต่างๆ ถูกลำเลียงไปทั่วเซลล์ ส่วนที่เหลือจากการย่อยจะถูกขับออกทางผิวของเซลล์ในรูปของกากอาหารต่อไป

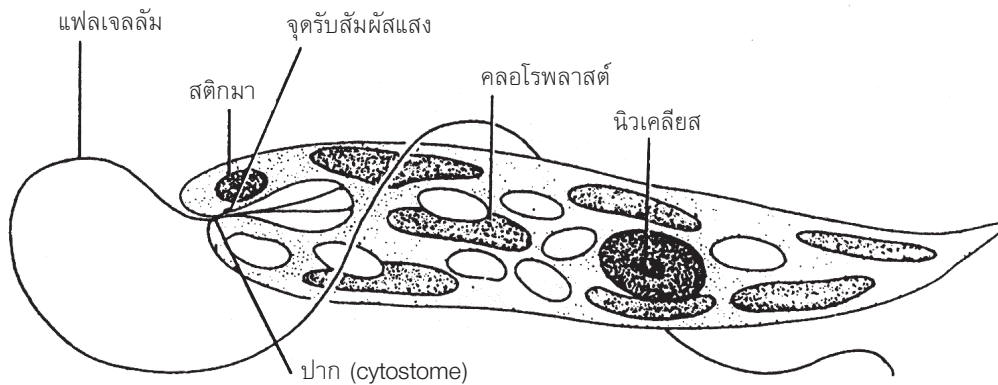


รูปที่ 13 - 3 การกินอาหารของพารามีเซียม การย่อยและการขับถ่ายกากอาหาร

(2) **การย่อยอาหารของพารามีเซียม** พารามีเซียมเป็นโพรทิสต์ที่เคลื่อนที่ด้วยขนเซลล์ (cilia) อาหารของพารามีเซียมก็คล้ายกับของอะมีบา ขนเซลล์ที่บริเวณร่องปาก (undulating membrane) จะทำหน้าที่ในการโบกพัดให้อาหารตกลงสู่ร่องปาก (oral groove) จนถึงส่วนของคอหอยและถูกสร้างเป็นฟูดแวคิวโอลขึ้น ซึ่งฟูดแวคิวโอลนี้จะเคลื่อนที่ไปรอบๆ เซลล์โดยการไหลเวียนของไซโทพลาซึมในขณะที่ฟูดแวคิวโอลเคลื่อนที่ไปก็จะมีกรย่อยอาหารเกิดขึ้นด้วย ทำให้ฟูดแวคิวโอลมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ และสารอาหารที่ได้จากการย่อยก็จะกระจายและแพร่ไปได้ทั่วทุกส่วนของเซลล์ ส่วนที่เหลือจากการย่อยก็จะถูกขับออกจากเซลล์ในรูปของกากอาหารต่อไป

อะมีบาและพารามีเซียม มีวิธีการกินอาหารที่ต่างกันคือ อะมีบานำอาหารเข้าสู่เซลล์ โดยวิธีการฟาโกไซโทซิส เพราะไม่มีอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นทางนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยเฉพาะแต่ของพารามีเซียม มีขนเซลล์บริเวณช่องปากและช่องปากทำหน้าที่เป็นทางเข้าของอาหารที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงกว่า

(3) การย่อยอาหารของยูกลีนา ยูกลีนาได้อาหารโดยวิธีการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากมีโครมาโทพอร์ (chromatophore) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีอยู่ด้วย จึงสังเคราะห์ด้วยแสงได้ นอกจากนี้ยังดำรงชีวิตแบบแซโพรไฟต์ได้ด้วยโดยย่อยสารอาหารที่อยู่รอบ ๆ ตัว และส่งเข้าช่องปาก ส่วนการดำรงชีวิตโดยการกินอาหารแบบสัตว์นั้นหายากมากหรืออาจไม่พบเลยนอกจากนี้ช่องปากและคอหอย (gullet) ยังเป็นทางผ่านของของเหลว และแก๊สต่าง ๆ ออกจากคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลด้วย



รูปที่ 13 - 4 ยูกลีนา แสดงส่วนของ ช่องปาก อวัยวะรับสัมผัสและคลอโรพลาสต์

ฟิลัม/สัตว์	ระบบทางเดินอาหาร	วิธีการกินอาหาร	การพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร
ราและแบคทีเรีย	ไม่มี	การย่อยนอกเซลล์	สร้างน้ำย่อยภายในเซลล์แล้วส่งน้ำย่อยมานอกเซลล์ ย่อยสารโมเลกุลใหญ่ให้โมเลกุลเล็กลงแล้วดูดซึมเข้าสู่เซลล์
โพรโทซัวอะมีบา	ไม่มี	ฟาโกไซโทซิส	พุดแวคิวโอล (food vacuole) ส่วนใหญ่ย่อยโดยการดกลืน
พารามีเซียม	ไม่มี	การพัดโบกของขนซีเลียให้อาหารตกลงสู่ช่องปาก	พุดแวคิวโอล และการเคลื่อนตัวของพุดแวคิวโอลในเซลล์

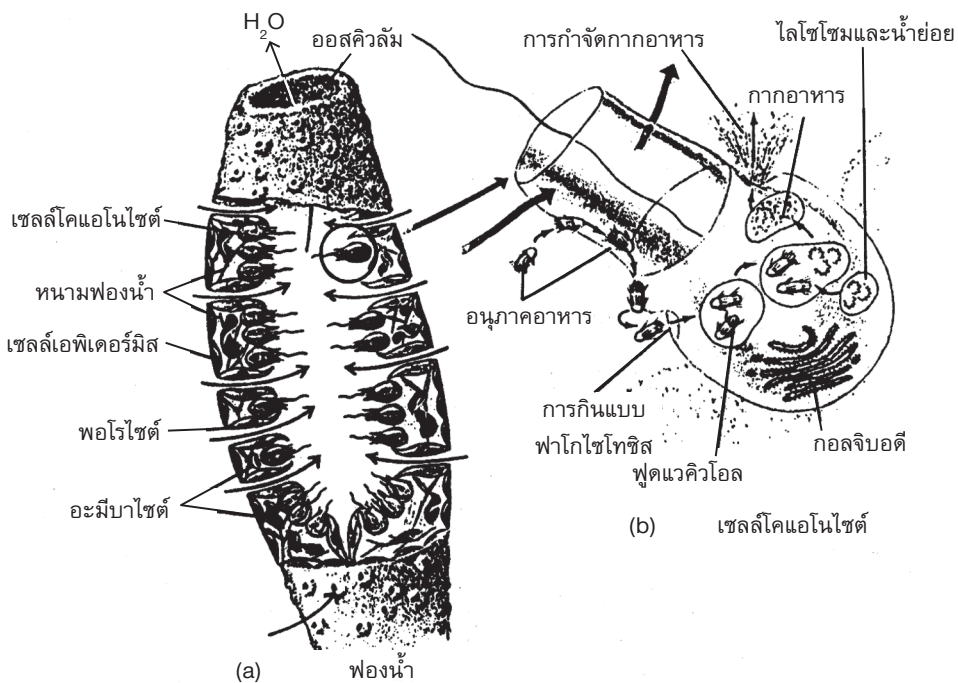
ตารางที่ 13 - 1 สรุปการย่อยอาหารของแบคทีเรียและโพรโทซัว

13.2 การย่อยอาหารของสัตว์

13.2.1 การย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง

(1) การย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

ฟองน้ำ (sponge) เป็นสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหารหรือมีทางเดินอาหารเป็นแบบช่องว่างแห (channel network) ซึ่งเป็นทางเดินอาหารที่ไม่ใช่ทางเดินอาหารที่แท้จริง แต่เป็นเพียงทางผ่านของน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในลำตัวฟองน้ำเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วยรูเปิดเล็ก ๆ เรียกว่าออสเทีย (ostia) ทำหน้าที่เป็นทางน้ำไหลเข้าสู่ลำตัวฟองน้ำ ส่วนทางน้ำไหลออกจากตัวฟองน้ำเรียกว่าออสคิวลัม (osculum) ซึ่งเป็นรูที่มีขนาดใหญ่กว่าออสเทียและมักอยู่กลางลำตัว ที่ผนังด้านในของฟองน้ำมีเซลล์พิเศษซึ่งมีแฉะเซลล์เรียกว่าเซลล์โคแอโนไซต์ (choanocyte) โบกพัดแฉะเซลล์อยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำเข้าทางรูออสเทีย และไหลออกทางรูออสคิวลัม อาหารของฟองน้ำ ได้แก่ พวกแพลงก์ตอนที่ติดมากับน้ำ จะถูกเซลล์โคแอโนไซต์จับและย่อยแล้วส่งต่อไปให้กับเซลล์ที่เคลื่อนที่ได้คล้ายอะมีบาเรียกว่า เซลล์อะมีโบไซต์ (amoebocyte) ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยและนำอาหารที่ย่อยได้แล้วไปส่งให้กับเซลล์อื่นๆ ทั่วตัวฟองน้ำ



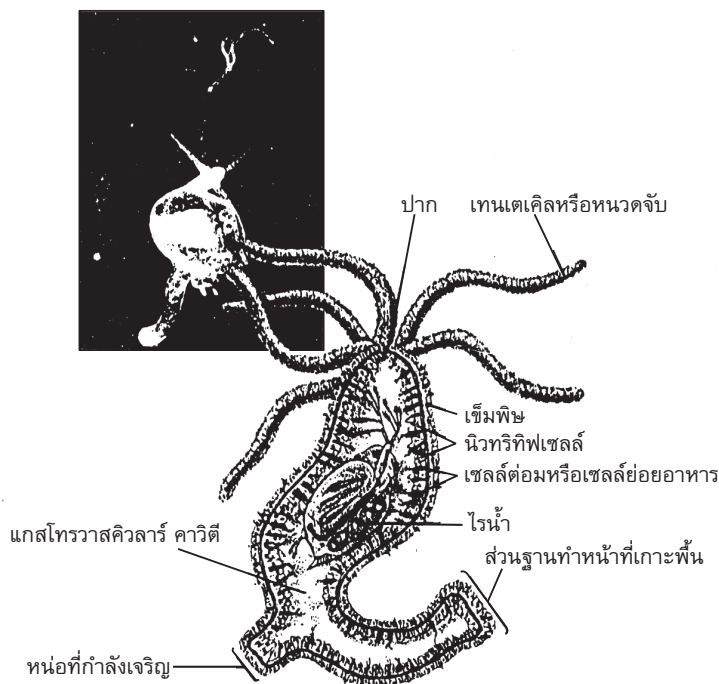
รูปที่ 13 - 5 การย่อยอาหารของฟองน้ำ (a) โครงสร้างภายในตัวฟองน้ำแสดงทิศทางการไหลของน้ำ (b) เซลล์โคแอโนไซต์แสดงการย่อยอาหาร

ฟองน้ำมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ เช่นเดียวกับ โปรโทซัว แต่ต่างกันที่ฟองน้ำเป็นสัตว์หลายเซลล์และมีเซลล์เฉพาะ คือ เซลล์อะมีโบไซต์ทำหน้าที่ในการย่อยอาหารและลำเลียงอาหาร แต่ถึงอย่างไรก็ตามการย่อยอาหารของฟองน้ำก็เป็นแบบเดียวกับโปรโทซัวซึ่งเป็นการย่อยที่ไม่สลับซับซ้อนนัก

(2) การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

ทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์หรือทางเดินอาหารแบบปากถุง (on - hole - sac) เป็นทางเดินอาหารที่มีทางเปิดทางเดียวคือ มีปากแต่ไม่มีทวารหนัก ปากทำหน้าที่เป็นทั้งทางเข้าของอาหารและทางออกของกากอาหารไปพร้อม ๆ กัน ทำให้อาหารและกากอาหารมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่สวนทางกัน ระบบทางเดินอาหารจึงยังไม่พัฒนามากนัก

ก. การย่อยอาหารของไฮดรา ไฮดราจัดเป็นซีเลนเทอเรตชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในไฟลัมซีเลนเทอรตา (coelenterata) มีทางเดินอาหารเป็นแบบปากถุง อาหารของไฮดรา ได้แก่ ตัวอ่อนของกุ้ง ปู ไรน้ำเล็กๆ ที่อยู่ใต้น้ำ ไฮดราใช้อวัยวะคล้ายหนวด เรียกว่า หนวดจับ (tentacle) ซึ่งมีอยู่รอบปากจับอาหาร และใช้เซลล์ที่มีเนมาโทซิสต์ (nematocyst) หรือเข็มพิษที่อยู่ที่หนวดจับแทงและฆ่าเหยื่อ ต่อจากนั้นจึงส่งเหยื่อเข้าปาก ทางเดินอาหารของไฮดราอยู่กลางลำตัวเป็นท่อกลองเรียกว่า ช่องแกสโตรวาสคิวลาร์ (gastrovascular cavity) ซึ่งบุด้วยเซลล์ทรงสูงเรียกว่า ชั้นแกสโทรเดอริมิส (gastrodermis) เป็นเยื่อชั้นในบุช่องว่างของลำตัว ซึ่งประกอบด้วย

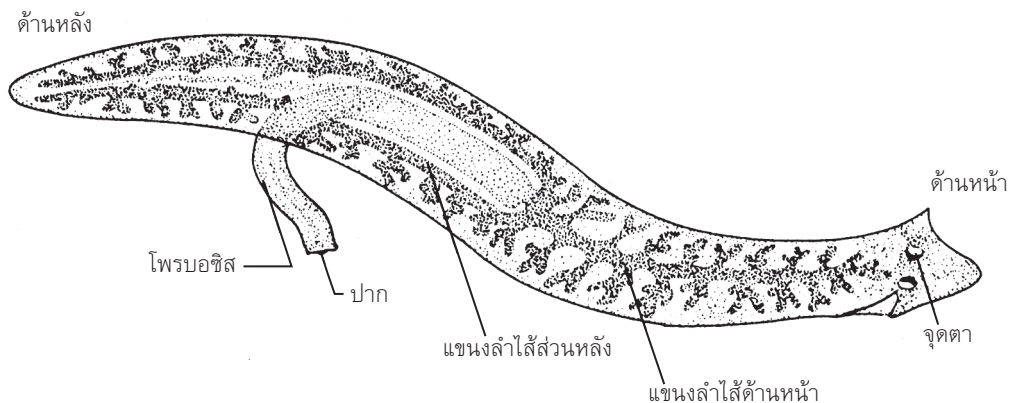


รูปที่ 13 - 6 แสดงการกินอาหารของไฮดราและแสดงโครงสร้างภายในตัวไฮดรา

1. นิวทริทิฟ เซลล์ (nutritive cell) เป็นเซลล์ที่มีลักษณะอ้วน บางเซลล์มีแฉะเซลล์ 1 หรือ 2 เส้น เรียกว่า แฟลเจลเลตเซลล์ (flagellate cell) บางเซลล์มีลักษณะคล้ายอะมีบา เรียกว่า อะมีบอยด์เซลล์ (amoeboid cell) ทำหน้าที่ยื่นขาเทียมออกมาล้อมจับอาหาร แล้วจึงย่อยอาหารและทำหน้าที่ดูดอาหารที่ย่อยแล้ว ส่วนแฟลเจลเลตเซลล์ มีหน้าที่โบกพัดให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและอาหารภายในช่องแกสโตรวาสคิวลาร์ และโบกพัดให้กากอาหารเคลื่อนที่ออกทางปากต่อไป

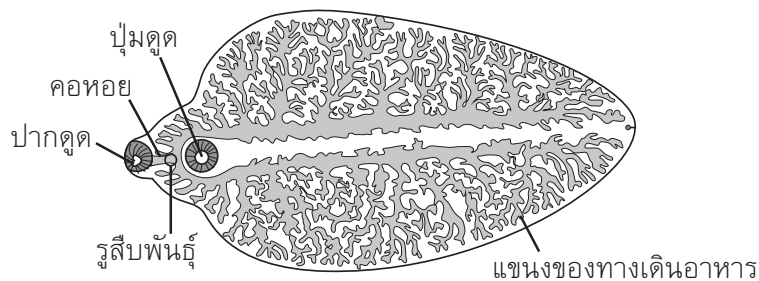
2. เซลล์ต่อมหรือเซลล์ย่อยอาหาร (gland cell or digestive cell) เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยแล้วปล่อยน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารพบมากบริเวณใกล้ๆ ปาก จะเห็นได้ว่า การย่อยอาหารโดยเซลล์ต่อม จัดเป็นการย่อยแบบนอกเซลล์ ส่วนการย่อยโดยอะมีบอยด์เซลล์จัดเป็นการย่อยอาหารแบบภายในเซลล์

ข. การย่อยอาหารของหนอนตัวแบน หนอนตัวแบนเป็นสัตว์ที่จัดอยู่ในไฟลัมแพลทีเฮลมินเทส (platyhelminthes) ได้แก่ พลาณาเรีย พยาธิใบไม้และพยาธิตัวตืด



รูปที่ 13 - 7 ระบบย่อยอาหารของพลาณาเรีย (Dugesia)

1. **การย่อยอาหารของพลาณาเรีย** พลาณาเรียจัดเป็นสัตว์จำพวกหนอนตัวแบน อาหารของพลาณาเรีย ได้แก่ พวกเนื้อสัตว์ชิ้นเล็กๆ ตัวอ่อนของแมลง ไรน้ำ หนอนเล็กๆ ทางเดินอาหารของพลาณาเรียมี 3 แฉก ปากอยู่บริเวณกลางลำตัวและมีวงหรือโพรบอซิส (probosis) ที่ยืดหดได้ ทางเดินอาหารแยกไปทางส่วนหัว 1 แฉก และแยกออกทางด้านข้างลำตัวอีก 2 แฉก แต่ละแฉกจะมีแขนงของทางเดินอาหารแตกแขนงแยกย่อยออกไปอีก เรียกว่า ไคเวอร์ทิคูลัม (diverticulum) โพรบอซิส มีหน้าที่ช่วยจับอาหารเข้าสู่ปาก ต่อจากนั้นอาหารจะเข้าสู่ทางเดินอาหาร ซึ่งจะถูกรย่อยและดูดซึมไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อไป ส่วนกากอาหารก็จะถูกขับออกทางปากเช่นเดียวกับไฮดรา

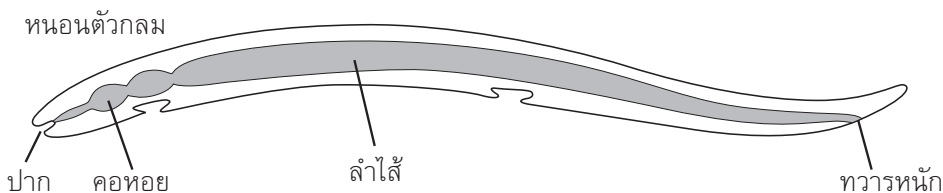


รูปที่ 13 - 8 ระบบย่อยอาหารของพยาธิใบไม้

2. การย่อยอาหารของพยาธิใบไม้ ทางเดินอาหารของพยาธิใบไม้ประกอบด้วยปากอยู่ทางด้านบนสุดต่อจากปากเป็นคอหอย (pharynx) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหนา ต่อจากคอหอยเป็นหลอดอาหารสั้นๆ ซึ่งจะต่อกับลำไส้ (intestine) ซึ่งแตกแขนงเป็น 2 แฉกใหญ่ๆ อยู่ข้างลำตัว แต่ละแฉกยังมีแฉกย่อยอีกมากมายแยกออกไปทั่วร่างกาย แขนงย่อยหรือไดเวอร์ทิคิวลัมนี้ ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างทั่วถึง โดยไม่ต้องอาศัยระบบการลำเลียงโดยเฉพาะส่วนกากอาหารก็ถูกกำจัดออกทางปากเช่นเดียวกับไฮดราและพลาเนเรีย

3. การย่อยอาหารของพยาธิตัวตืด พยาธิตัวตืดเป็นสัตว์ที่ไม่มีระบบทางเดินอาหาร ที่ส่วนหัวของพยาธิตัวตืด มีแว่นดูด (sucker) ทำหน้าที่ดูดเกาะตัวถูกเบียนหรือโฮสต์ (host) ในพยาธิตัวตืด หมูและพยาธิตัวตืดวัว มีแว่นดูด 4 อัน นอกจากนี้ยังมีขอ (hook) ซึ่งทำหน้าที่เกาะและยึดติดกับผนังลำไส้ของตัวถูกเบียน พยาธิตัวตืดได้อาหารโดยการแพร่ของสารอาหารที่ย่อยแล้วผ่านเข้าทางผิวหนังลำตัวและสะสมเป็นไกลโคเจน ซึ่งจะเป็แหล่งของพลังงาน ถ้าพยาธิตัวตืดขาดแคลนอาหารจะนำไกลโคเจนมาใช้และถ้าหมดจะนำไข่แดงมาใช้ ถ้าไข่แดงหมดจะนำอวัยวะสืบพันธุ์มาใช้ซึ่งทำให้ตัวมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ และตายยากมาก

(3) การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์

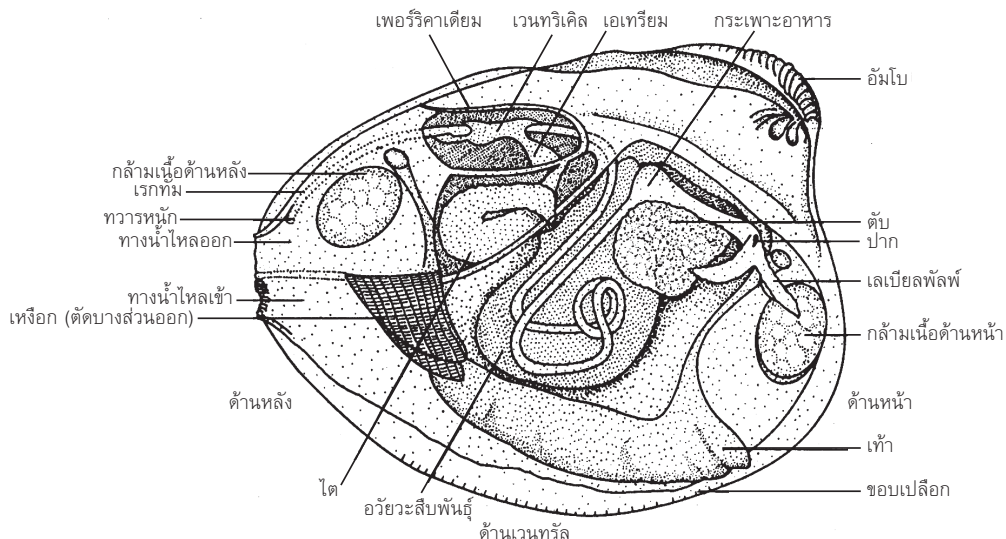


รูปที่ 4 - 9 ระบบย่อยอาหารแบบสมบูรณ์ของหนอนตัวกลม

ก. การย่อยอาหารของหนอนตัวกลม หนอนตัวกลมเป็นสัตว์จัดอยู่ในไฟลัมเนมาโทดา (nematoda) หนอนตัวกลมมีทางเดินอาหาร เป็นแบบช่องเปิด 2 ทาง หรือท่อกลอง (two hole tube) ทางเดินอาหารเริ่มต้นด้วยปากกัดไปเป็นคอหอย ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหนาและสั้นต่อจากนั้นเป็นลำไส้เล็กยาวไปจนถึงทวารหนักซึ่งอยู่ที่ส่วนท้ายของตัว ในพยาธิไส้เดือนตัวกลมตัวผู้มีทวารหนักเปิดรวมกับท่อของระบบสืบพันธุ์เป็นทวารร่วมหรือโคลเอกา (cloaca) ส่วนตัวเมียทวารหนักและท่อของอวัยวะสืบพันธุ์จะแยกกัน อาหารที่หนอนตัวกลมกินเข้าไปจะถูกย่อยและถูกดูดซึมโดยลำไส้ที่มีความยาวเกือบตลอดลำตัว ทางเดินอาหารของหนอนตัวกลมเรียงตามลำดับได้ดังนี้

ปาก → คอหอย → ลำไส้เล็ก → ทวารร่วม → ทวารหนัก

ข. การย่อยอาหารของหอยกาบ หอยกาบมีทางเดินอาหารแบ่งออกเป็นส่วนๆ คือ



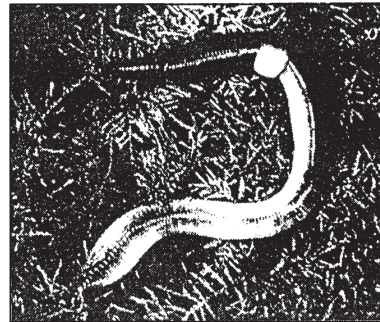
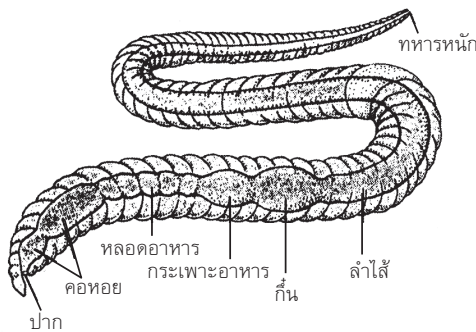
รูปที่ 13 - 10 หอยกาบผ่าบางส่วนออกให้เห็นระบบย่อยอาหารและอวัยวะภายในบางส่วน

1. ปาก อยู่ใต้กล้ามเนื้อยึดฝาทางด้านหัว ประกอบด้วยช่องปากเล็กๆ สองข้างของปากมีแผ่นเนื้อรูปสามเหลี่ยมเรียกว่า เลเบียลพัลพ์ (labial palp) ข้างละ 1 คู่ ช่วยโบกพัดให้อาหารตกลงไปในปาก
2. หลอดอาหารเป็นท่อสั้น ต่อจากปากเข้าสู่กระเพาะอาหาร
3. กระเพาะอาหาร เป็นถุงเล็กๆ ผืนหนังโดยกระเพาะอาหารจะฝังอยู่ในตับ (digestive gland) ซึ่งตับจะสร้างน้ำย่อยปล่อยลงสู่กระเพาะอาหาร
4. ลำไส้ มีลักษณะเป็นท่อยาวขดไปขดมาฝังอยู่ในอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) ส่วนปลายของลำไส้วกกลับขึ้นมาข้างบนในระดับเดียวกับกระเพาะอาหาร
5. ลำไส้ตรง เป็นท่อที่ต่อจากลำไส้โดยมีลักษณะเป็นท่อตรงยาวไปตามความยาวของลำตัวด้านหลัง และผ่านเข้าไปในเพอร์ริคาร์เดียมและแทงทะลุหัวใจส่วนเวนทริเคิลออกไป
6. ทวารหนัก เป็นส่วนปลายของลำไส้ตรงอยู่เหนือกล้ามเนื้อยึดฝาทางตอนท้ายของลำตัวโดยทวารหนักเปิดออกตรงช่องน้ำออก (excurrent siphon) ของหอยกาบ

อาหารของหอยกาบ ได้แก่ พืชและสัตว์เล็กๆ ซึ่งไหลปะปนมากับน้ำที่ไหลเข้าทางช่องน้ำเข้า (incurrent siphon) เลเบียลพัลพ์ทำหน้าที่โบกพัดและกวาดให้อาหารตกลงไปในปาก ต่อจากนั้นจึงเข้าสู่หลอดอาหาร กระเพาะอาหารและลำไส้ตามลำดับ น้ำย่อยจากตับทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร ส่วนกากอาหารที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกทางทวารหนัก และกำจัดออกจากตัวหอยพร้อมกับน้ำที่ไหลออกทางช่องน้ำออกต่อไป ทางเดินอาหารของหอยกาบเรียงตามลำดับได้ดังนี้



ค. การย่อยอาหารของไส้เดือน ไส้เดือนเป็นสัตว์จำพวกหนอนตัวกลมมีปล้องจัดอยู่ในไฟลัมแอนเนลิดา อาหารของไส้เดือน ได้แก่ เศษพืช เศษอินทรีย์ต่างๆ ที่เน่าเปื่อยผุพัง ตัวอ่อนของสัตว์เล็กๆ บางชนิดที่อยู่ในดิน ทางเดินอาหารของไส้เดือนประกอบด้วยปากซึ่งเป็นรูเปิดทางด้านหน้าของปล้องที่หนึ่ง ต่อจากปากก็เป็นช่องปาก (buccal cavity) คอหอย (pharynx) ซึ่งเป็นส่วนที่มีลักษณะพองออกเพราะที่คอหอยนี้ จะมีกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยุบดินและดันให้ดินพร้อมอาหารผ่านเข้าสู่หลอดอาหาร (esophagus) และไปพักอยู่ที่กระเพาะพักอาหาร (crop) ต่อจากกระเพาะพักอาหารจะเป็นกั้น (gizzard) หรือกระเพาะบดอาหาร ซึ่งภายในมีกล้ามเนื้อหนาและแข็งแรงมาก ทำหน้าที่บดอาหารที่ไส้เดือนกินเข้าไปให้มีขนาดเล็กลง ต่อจากกระเพาะบดอาหารจะเป็นส่วนของลำไส้ซึ่งเป็นช่วงของทางเดินอาหารที่มีความยาวมากที่สุดเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้จะสร้างน้ำย่อย ปล่อยออกมาย่อยอาหาร ต่อจากนั้นอาหารที่ได้รับการย่อยแล้วก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบลำเลียงเลือดเพื่อส่งสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อไป ส่วนสารที่ย่อยไม่ได้ก็จะถูกขับออกทางช่องทวารหนักที่อยู่ทางส่วนท้ายของลำตัวเป็นกากอาหาร



รูปที่ 13 - 11 ระบบย่อยอาหารของไส้เดือน

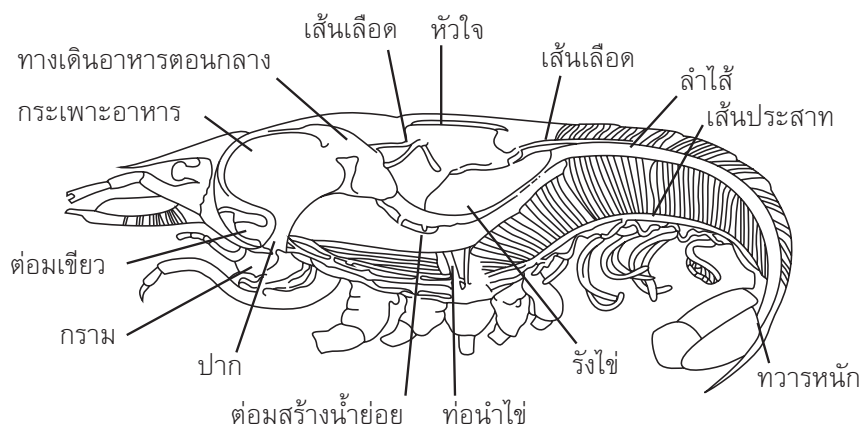
ทางด้านบนของลำไส้ไส้เดือน จะมีส่วนที่ยื่นลงมา เรียกว่า ไทโฟลโซล (typhlosole) ช่วยให้ลำไส้ขยายขนาดขึ้นเมื่อมีอาหารอยู่ภายใน ทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยและการดูดซึมดีขึ้นด้วย ทางเดินอาหารของไส้เดือนเรียงเป็นลำดับได้ดังนี้



ง. การย่อยอาหารของกิ้ง กิ้งเป็นสัตว์ขาปล้องจัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอดา ทางเดินอาหารของกิ้งแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

1. ทางเดินอาหารตอนหน้า (stomodaeum) เป็นส่วนของทางเดินอาหารที่ประกอบด้วยปากอยู่ทางด้านล่างของตอนหัวมีรยางค์รอบปาก 3 คู่ ช่วยในการกินและเคี้ยวอาหาร และมีต่อมน้ำลาย (salivary gland) ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อย ต่อจากปากเป็นหลอดอาหารสั้นๆ นำอาหารเข้าสู่กระเพาะอาหาร ซึ่งมีลักษณะเป็นถุงใหญ่ ซึ่งอยู่ที่บริเวณส่วนหัวจนถึงอก ทางตอนล่างของกระเพาะมีกล้ามเนื้อหนาช่วยในการบดอาหาร จึงเรียกส่วนนี้ว่า แกสทริกมิลล์ (gastric mill) กระเพาะของกิ้งมีหน้าที่ 2 อย่างคือ เป็นที่พักและบดอาหาร

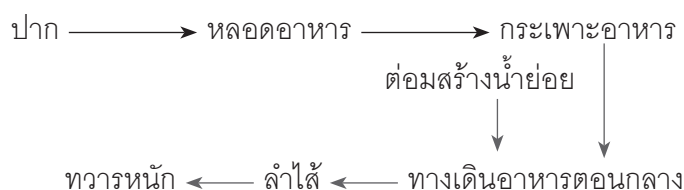
2. ทางเดินอาหารตอนกลาง (mesenteron) มีลักษณะเป็นกระเปาะอยู่ถัดจากกระเพาะอาหารไปทางหลัง และฝังอยู่ในต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) และมีช่องรับน้ำย่อยด้วย ทางเดินอาหารส่วนนี้จึงทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร



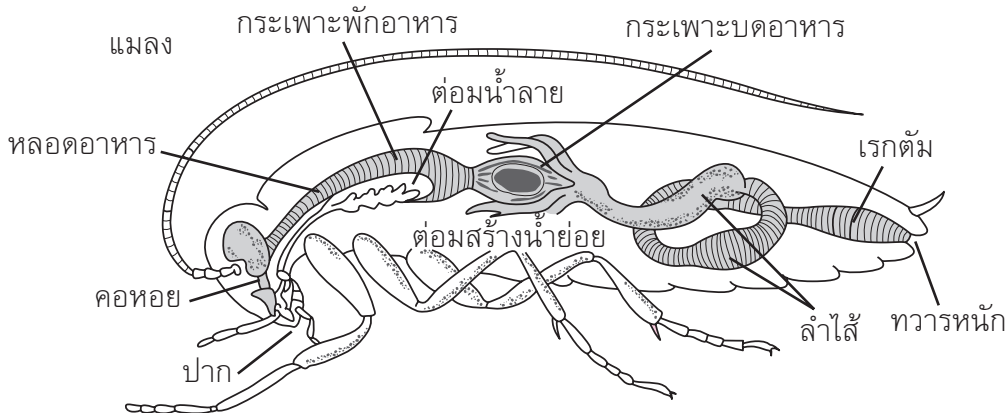
รูปที่ 13 - 12 ระบบย่อยอาหารของกิ้ง และอวัยวะภายในอื่นๆ

3. ทางเดินอาหารตอนปลาย (protodaeum) เป็นส่วนที่เรียกว่า ลำไส้ เป็นท่อเล็กๆ พาดไปทางด้านหลังของลำตัวและไปเปิดออกที่ส่วนท้ายของส่วนท้องเรียกว่า ทวารหนัก

ต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) เป็นต่อมขนาดใหญ่มีสีเหลืองแกมแดงอยู่ในช่องอกซึ่งเรียกกันว่า มันทัก มีหน้าที่สร้างน้ำย่อยและปล่อยเข้าสู่ทางเดินอาหารตอนกลางและดูดซึมสารอาหารที่ย่อยแล้วเพื่อส่งไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อไป ทางเดินอาหารของกิ้งเรียงตามลำดับได้ดังนี้

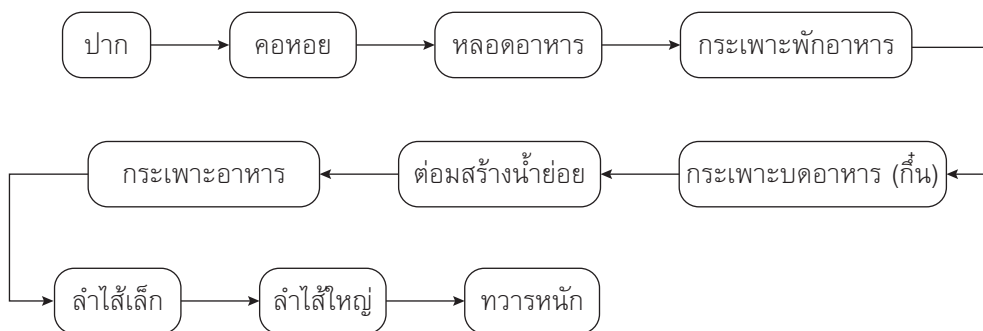


จ. การย่อยอาหารของแมลง แมลงเป็นสัตว์ในกลุ่มของสัตว์ขาปล้อง จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โธรพอดา อาหารของแมลงมีหลายชนิด อาจจะเป็นเศษอาหาร พืช แมลงด้วยกันเอง หรือสัตว์อื่นๆ ก็ได้ ดังนั้น ปากของแมลงจึงมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันออกไป เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพของอาหารที่แมลงแต่ละชนิดกิน แต่ถึงอย่างไรก็ตามลักษณะทางเดินอาหารของแมลงก็มีลักษณะพื้นฐานที่เหมือนกัน คือ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะพักอาหารซึ่งมีขนาดใหญ่อยู่บริเวณทรวงอกและอาจยื่นลงไปในช่วงท้องด้วย ต่อจากกระเพาะพักอาหารจะเป็นกระเพาะบดอาหารหรือกีน (gizzard) ช่วยในการกรองและบดอาหาร ต่อจากกีนเป็นกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก ซึ่งอยู่ทางท้ายสุดของลำตัวแมลง



รูปที่ 13 - 13 ระบบย่อยอาหารของแมลง

ระหว่างปากและคอหอยมีต่อมน้ำลาย ทำหน้าที่สร้างน้ำลาย ซึ่งมีน้ำย่อยที่ย่อยแบ่งอยู่ด้วย ระหว่างก้นและกระเพาะอาหาร มีส่วนที่ยื่นออกมาคล้ายนิ้วมือ 8 อัน เรียกว่า ต่อมสร้างน้ำย่อย (digestive glands) ช่วยสร้างน้ำย่อยชนิดต่าง ๆ และส่งเข้าสู่กระเพาะอาหารเพื่อย่อยอาหารต่อไป ในพวกแมลงปากดูด เช่น ผีเสื้อมีส่วนของคอหอย ช่วยในการดูดอาหารเข้าสู่หลอดอาหารอีกทีหนึ่ง ทางเดินอาหารของแมลงเรียงตามลำดับดังนี้



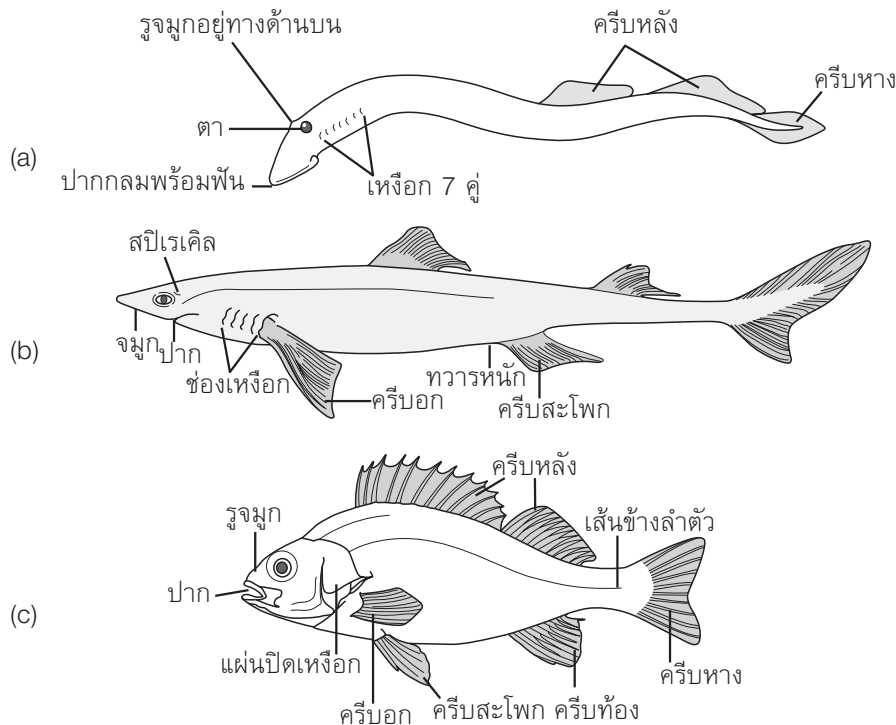
สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบปากถุงซึ่งมีช่องเปิดเดียว เซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารจะทำหน้าที่ทั้งการย่อยและการดูดซึมตลอดทางเดินอาหารนั้น และทำให้เกิดการปะปนกันของอาหารและกากอาหาร เนื่องจากการเคลื่อนของอาหารและกากอาหารในทิศทางที่สวนทางกัน แต่ในพวกสัตว์ที่มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดสองทางนั้น อาหารจะมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ไม่สวนทางกัน ทำให้ส่วนของทางเดินอาหารทำหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งในด้านการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร เป็นผลให้ประสิทธิภาพของการย่อยและการดูดซึมดีกว่าทางเดินอาหารแบบช่องเปิดเดียว ในแมลงมีปากซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าปากของไส้เดือน เพราะสามารถบดอาหารได้ และยังมีต่อมสร้างน้ำย่อย ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารดีขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

ไฟล์ม/สัตว์	ระบบทางเดินอาหาร	วิธีการกินอาหาร	การพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร
พอร์เฟอรา ฟองน้ำ	ช่องว่างแห (channel network)	เซลล์โคแคโนไซต์จับและย่อยอาหาร เซลล์อะมีโบไซต์ย่อยอาหาร	ยังไม่มีปากและทวารหนักที่แท้จริง
ซีเลนเทอรดา ไฮดรา	แบบปากถุง (one hole sac)	ใช้เทนต์เซลล์จับอาหารใส่ปาก(ที่เทนต์เซลล์มีเข็มใช้ในการฆ่าเหยื่อ)	มีปากแต่ยังไม่มีทวารหนัก การย่อยมีทั้งย่อยภายในเซลล์และย่อยภายนอกเซลล์
แพลทีเฮลมินเทส พลาณาเรีย	แบบปากถุง (one hole sac)	ใช้ปากที่อยู่ที่โพรบอซิส (probosis) กินอาหาร	มีปากแต่ยังไม่มีทวารหนัก ทางเดินอาหารมี 3 แขนงและมีการแตกแขนงย่อย (diverticulum)
พยาธิใบไม้ตับ	แบบปากถุง (one hole sac)	ใช้ปากปุ่มดูด (oral sucker) ที่มีปากดูด กินอาหารจากโฮสต์	มีปุ่มดูด มีทางเดินอาหารแตกเป็น 2 แขนงและมีการแตกแขนงย่อยแทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อของร่างกายมากมาย
พยาธิตัวดีด	ไม่มี	ใช้การแพร่ของสารอาหารที่ย่อยแล้วเข้าสู่ร่างกาย	ไม่พัฒนา
เนมาโทดา พยาธิไส้เดือน	ช่องเปิด 2 ทาง (two hole tube)	ใช้ปากดูดกินอาหารจากลำไส้และผนังลำไส้	มีคอหอยที่เป็นกล้ามเนื้อหนาช่วยในการดูดอาหาร มีลำไส้ยาวตลอดตัว
มอลลัสกา หอยกาบ	ช่องเปิด 2 ทาง (two hole tube)	ใช้เลเบียลฟิลล์ช่วยโบกพัดให้อาหารตกลงในปาก	มีปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร มีตับช่วยสร้างน้ำย่อยให้กับกระเพาะอาหาร มีลำไส้เล็ก ลำไส้ตรงและทวารหนัก
แอนเนลิดา ไส้เดือนดิน	ช่องเปิด 2 ทาง (two hole tube)	ใช้ปากกินพวกเศษอาหารและสิ่งเน่าเปื่อยผุพังในดิน	มีคอหอยที่มีกล้ามเนื้อหนาช่วยในการสูบกิน มีกระเพาะพักอาหาร และมีกึ๋นช่วยในการบดอาหาร
อาร์โทรพอดา กุ้ง	ช่องเปิด 2 ทาง (two hole tube)	ใช้ปากซึ่งมีรยางค์ รอบปาก 3 คู่ ช่วยในการกินและเคี้ยวอาหาร	มีปากและอวัยวะรอบปาก 3 คู่ มีกระเพาะอาหารที่มีกล้ามเนื้อหนาบดอาหารมีต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) ช่วยในการย่อยอาหาร
แมลง	ช่องเปิด 2 ทาง (two hole tube)	มีปากกินอาหารซึ่งพัฒนาไปมากและมีวิธีการกินหลายวิธี เช่น กัดกิน กัดเลีย ขับดูด เจาะดูด	มีปากที่พัฒนาไปมาก มีต่อมน้ำลาย มีกระเพาะพักอาหาร กระเพาะบดอาหาร (กึ๋น) มีต่อมสร้างน้ำย่อย (digestive gland) มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ 8 อัน ยื่นออกมาจากทางเดินอาหารระหว่างกึ๋นและกระเพาะอาหาร

ตารางที่ 13 - 2 สรุปการย่อยอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ

13.2.2 การย่อยอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

(1) **การย่อยอาหารของปลา** ปลาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัมคอर्डาตา (chordata) ปลา มีทั้งปลาปากกลมซึ่งเป็นปลาที่ไม่มีขากรรไกร ปากกลมเหมือนลูกสูบเปิดถ้าอยู่เสมอและกลางช่อง มีลิ้นจุกอยู่ บนปลายลิ้นและขอบปากมีฟันสั้นอยู่มาก โดยมันจะดำรงชีวิตแบบปรสิตภายนอก ได้แก่ แลมเพรย์ (lamprey) โดยแลมเพรย์จะใช้ปากกลมเกาะโฮสต์ (host) เช่น ปลาขนาดใหญ่อื่นๆ แล้วดูดติดเอาไว้แล้วใช้ฟันที่ลิ้นและขอบปากขูดเนื้อและดูดกินเนื้อและเลือดปลาจนตายได้



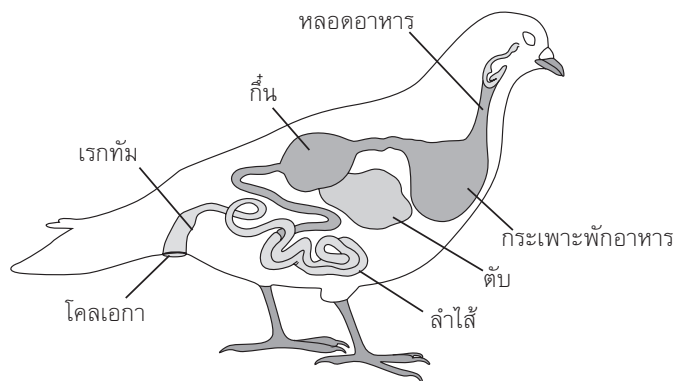
รูปที่ 13 - 14 ปลาทั้ง 3 กลุ่ม

- (a) ปลาปากกลม ขอบของปากและลิ้นมีฟันใช้ขูดเนื้อและดูดกินเลือดสัตว์อื่น
- (b) ปลาฉลาม มีปากอยู่ทางด้านล่างของส่วนหัว
- (c) ปลาระดุกแข็งมีปากอยู่ทางด้านหน้า

ในพวกฉลามจะมีปากอยู่ทางด้านล่างและมีฟันจำนวนมากซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากเกล็ดใช้ในการกัดกินเหยื่อ นอกจากนี้ฉลามยังมีลำไส้สั้นและภายในมีลิ้นซึ่งมีลักษณะเหมือนบันไดเวียน (spiral valve) ช่วยในการถ่วงเวลาไม่ให้อาหารเคลื่อนตัวไปเร็ว ฉลามมีตัวขนาดใหญ่และมีตับอ่อนช่วยในการย่อยอาหารด้วย

ประเภทของปลา	ตัวยาว/เซนติเมตร	ลำไยยาว/เซนติเมตร	อัตราส่วน/ลำไย
กินเนื้อ			
ปลาตาเหลือก	24.7	10.5	1/0.4
ปลาน้ำดอกไม้	20.2	8	1/0.4
ปลากระทุงเหว	31.5	14.0	1/0.4
ปลาช่อน	24.0	21.8	1/0.9
ปลากินพืชและไรน้ำ			
ปลากระบอก	26.0	51.0	1/2
ปลาทุ	18.5	76.5	1/4
ปลานวลจันทร์ทะเล	22.2	147.4	1/6.5
ปลาสลิด	15.5	103.5	1/6.7

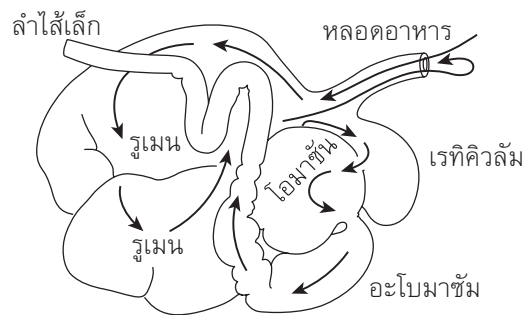
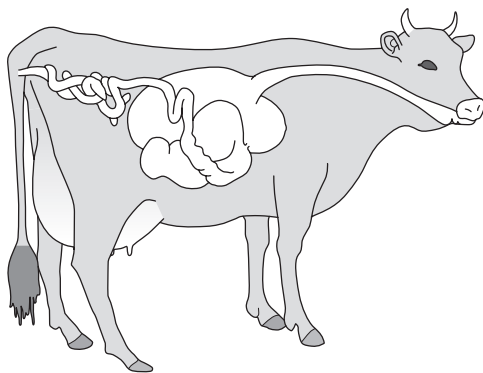
(2) **การย่อยอาหารของสัตว์ปีก สัตว์ปีก** ได้แก่ นก เป็ด ไก่ ซึ่งเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัมคอร์ดาตา คลาสเอวิส (aves) ทางเดินอาหาร ประกอบด้วย ปาก ซึ่งไม่มีฟัน ต่อมน้ำลายเจริญไม่ดี แต่ก็สามารถสร้างเมือกสำหรับคลุกเคล้าอาหารและหล่อลื่นได้ มีคอหอยสั้น แต่หลอดอาหารยาว มีถุงพักอาหาร (crop) ซึ่งทำหน้าที่เก็บอาหารสำรองไว้ย่อยภายหลัง กระเพาะอาหารของสัตว์ปีกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กระเพาะตอนหน้าหรือกระเพาะย่อย (proventriculus) ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยและกระเพาะตอนท้ายหรือกระเพาะบด (กิน, gizzard) มีกล้ามเนื้อหนาแข็งแรง ผนังด้านในเป็นสันใช้ในการบดและตัดอาหาร ต่อจากกระเพาะบดเป็นลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ส่วนท้ายเป็นโคลเอกา (cloaca) ที่มีท่อไตและท่อของระบบสืบพันธุ์มาเปิดเข้าด้วยกัน และทวารหนักซึ่งเป็นส่วนท้ายสุด



รูปที่ 13 - 15 ระบบย่อยอาหารของนก

(3) การย่อยอาหารของสัตว์กินพืช ในพวกสัตว์กินพืช เช่น วัว ควาย จะมีโครงสร้างของทางเดินอาหารแตกต่างจากคนและสัตว์กินเนื้ออื่นๆ อยู่ 2 ประการ คือ

3.1. การมีทางเดินอาหารที่ยาวมากๆ อาจยาวมากถึง 40 เมตร ทำให้ระยะเวลาในการย่อย และการดูดซึมสารอาหารนานยิ่งขึ้น และสภาพของกระเพาะอาหารค่อนข้างเป็นกรด กระเพาะอาหารของวัวและควายยังแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยกระเพาะอาหาร 3 ส่วนแรก เป็นส่วนที่ขยายขนาดขึ้นของหลอดอาหาร ไม่มีการสร้างน้ำย่อยในการย่อยอาหาร กระเพาะอาหารส่วนที่ 4 เป็นกระเพาะอาหารจริง กระเพาะอาหาร ทั้ง 4 ส่วนมีชื่อและลักษณะเฉพาะคือ



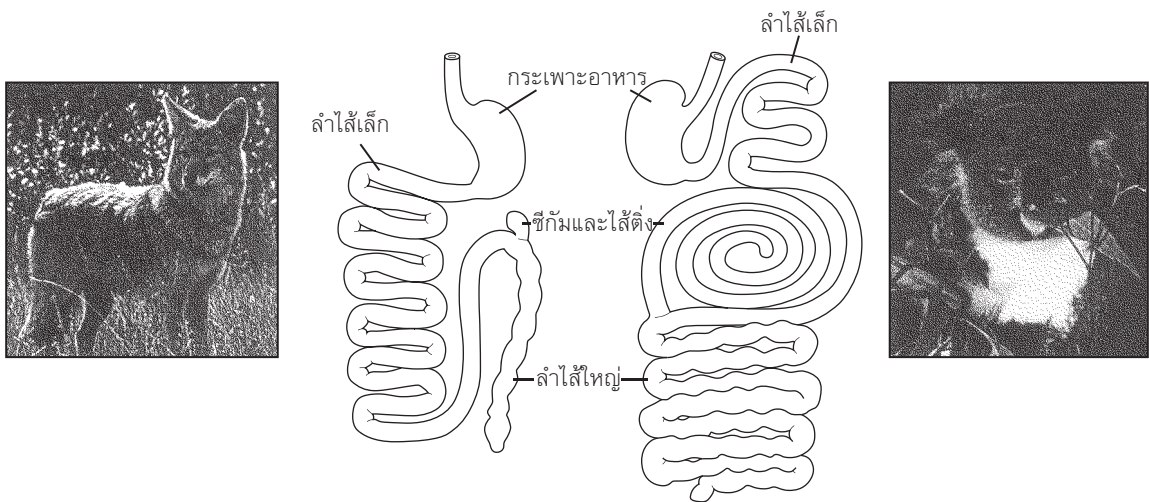
รูปที่ 13 - 16 ระบบย่อยอาหารของวัว ซึ่งมี 4 กระเพาะ ลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาหารที่กินและเคี้ยวเอื้อง

(1) กระเพาะผ้าขี้ริ้วหรือรูเมน (rumen) เป็นกระเพาะอาหารที่มีจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียและโพรทิสจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถสร้างน้ำย่อยเซลลูเลสช่วยย่อยสลายสารเซลลูโลสจากพืชที่กินเข้าไปได้ นอกจากนี้ยังสามารถสารถอาหารออกมาเคี้ยวเอื้องเป็นครั้งคราวเพื่อบดเส้นใยให้ละเอียดได้ด้วยจึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่า สัตว์เคี้ยวเอื้อง แบคทีเรียและโพรทิสยังสามารถสังเคราะห์กรดไขมันจากสารคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้และสังเคราะห์กรดอะมิโนจากยูเรียและแอมโมเนียหรือได้จากการย่อยสลายโปรตีนจากพืช อาหารเหล่านี้จะถูกส่งเข้าสู่กระเพาะอาหาร ส่วนเรติคิวลัมและอโม่ต่อไป

(2) กระเพาะรวงผึ้งหรือเรติคิวลัม (*reticulum*) ทำหน้าที่ย่อยนม เมื่อโค กระบือยังเล็กอยู่ และมีแบคทีเรียเช่นเดียวกับกระเพาะอาหารส่วนแรก

(3) กระเพาะสามสิบกลีบหรือโอมาซั่ม (*omasum*) ทำหน้าที่ผสมและบดอาหารนอกจากนี้ยังดูดซึม และขับน้ำจากกระเพาะน้ำขี้วัวด้วย

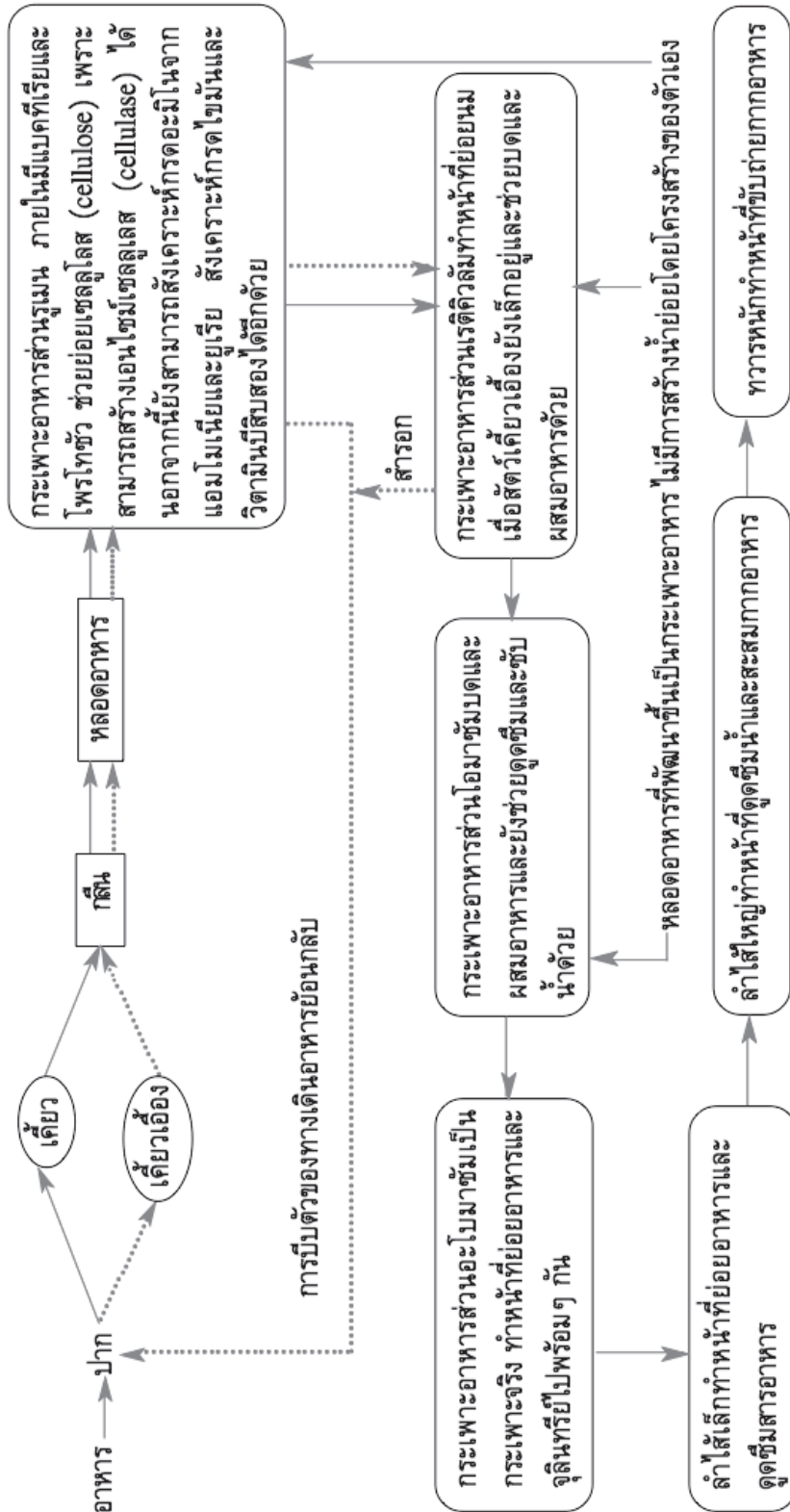
(4) กระเพาะจริงหรืออะโบมาซั่ม (*abomasum*) เป็นส่วนกระเพาะอาหารจริง มีการย่อยอาหารและจุลินทรีย์ไปพร้อม ๆ กัน แล้วจึงส่งอาหารต่อไปยังลำไส้เล็ก เพื่อย่อยให้สมบูรณ์ ดังนั้น วัว ควาย จึงได้สารอาหารจากอาหารและจุลินทรีย์ไปพร้อม ๆ กัน จึงเพียงพอต่อความต้องการ เมื่ออาหารย่อยในกระเพาะอาหารแล้วจะผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้น จะมีการย่อยโปรตีน ไขมันและแป้งจากน้ำย่อยของตับอ่อน และน้ำดีจากตับจะช่วยให้ไขมันแตกตัวและย่อยได้ง่ายขึ้น ต่อจากนั้นจึงดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตต่อไป



รูปที่ 13 - 17 แสดงส่วนของซีกัมและไส้ติ่งของสัตว์กินเนื้อที่มีขนาดเล็กและสั้น (สุนัข)

ส่วนสัตว์กินพืชมีขนาดใหญ่และยาวมาก (โคอาลา)

3.2 การมีไส้ติ่งขนาดใหญ่ ไส้ติ่งของสัตว์กินพืชจะมีขนาดใหญ่และก็เป็นบริเวณที่มีการย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์เช่นกัน ทำให้สัตว์กินพืช เช่น กระต่าย โคอาลา วัว และควายย่อยอาหารที่ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ได้เป็นอย่างดี สำหรับไส้ติ่งของสัตว์กินเนื้อจะมีขนาดเล็ก และไม่ได้มีหน้าที่ใด ๆ แล้ว



รูปที่ 13 - 18 ภาพแสดงการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์	ระบบทางเดินอาหาร	วิธีการกินอาหาร	การพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร
ปลา			
ปลาปากกลม	สมบูรณ์ ปากไม่มี ขากรรไกร มีฟันที่ลิ้น และขอบปาก	ใช้ปากกลมเกาะโฮสต์แล้ว ใช้ฟันขูดเนื้อและเลือดกิน	มีโครงสร้างของปากที่เหมาะสมใน การเป็นปรสิตภายนอก
ปลาฉลาม	สมบูรณ์ มีปากอยู่ทาง ด้านล่าง	ใช้ปากที่มีฟันจำนวนมาก กัดกินเหยื่อ	มีลิ้นเวียน (spiral valve) ภายใน ลำไส้ช่วยในการถ่วงเวลาอาหาร มี ตับขนาดใหญ่และตับอ่อนช่วยย่อย อาหาร
ปลากระดูกแข็ง	สมบูรณ์ มีปากอยู่ทาง ด้านบน	กินเนื้อและกินพืชเป็น อาหาร กินสัตว์ที่เล็กกว่า เป็นอาหารและกินพืชน้ำ	กินเนื้อมักมีปากใหญ่ ลำไส้สั้นตรง และมีสีขาวย พวกกินพืชมีปากเล็ก มักมีลำไส้ยาวและมีสีดำ
สัตว์ปีก	สมบูรณ์ มีจะงอยปาก ไม่มีฟัน ต่อมน้ำลาย ไม่เจริญ	กินอาหารโดยการจิกกิน ไม่มีการเคี้ยวอาหาร	มีกระเพาะหรือถุงพักอาหาร มีก้น ช่วยในการบดหรือตัดอาหาร
สัตว์กินพืช (สัตว์เคี้ยวเอื้อง)	สมบูรณ์ ทางเดิน อาหารมักมีขนาดยาว มาก หรือมีไส้ติ่งขนาด ใหญ่	กินอาหารโดยการกัดกิน มีการเคี้ยวและมีการเคี้ยว เอื้องโดยการสำรอกอาหาร ออกมาเคี้ยวได้อีก	มีฟันบดช่วยบดต้นพืช มีลำไส้ยาว หรือมีกระเพาะอาหารแบ่งเป็นส่วน ๆ มีจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียโปรโตซัว ช่วยย่อยเซลลูโลสและมีไส้ติ่งขนาด ใหญ่ช่วยย่อยเซลลูโลส

ตารางที่ 13 - 4 ภาพแสดงการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

13.3 การย่อยอาหารของมนุษย์

การย่อยและการดูดซึมสารอาหารที่ย่อยแล้ว อวัยวะในระบบย่อยอาหารของคน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. อวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร ได้แก่

1.1 ปากและโพรงปาก (mouth and mouth cavity) ซึ่งมี ฟัน ลิ้นและต่อมน้ำลายเป็นส่วนประกอบ

1.2 คอหอย (pharynx)

1.3 หลอดอาหาร (esophagus)

1.4 กระเพาะอาหาร (stomach)

1.5 ลำไส้เล็ก (small intestine)

1.6 ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

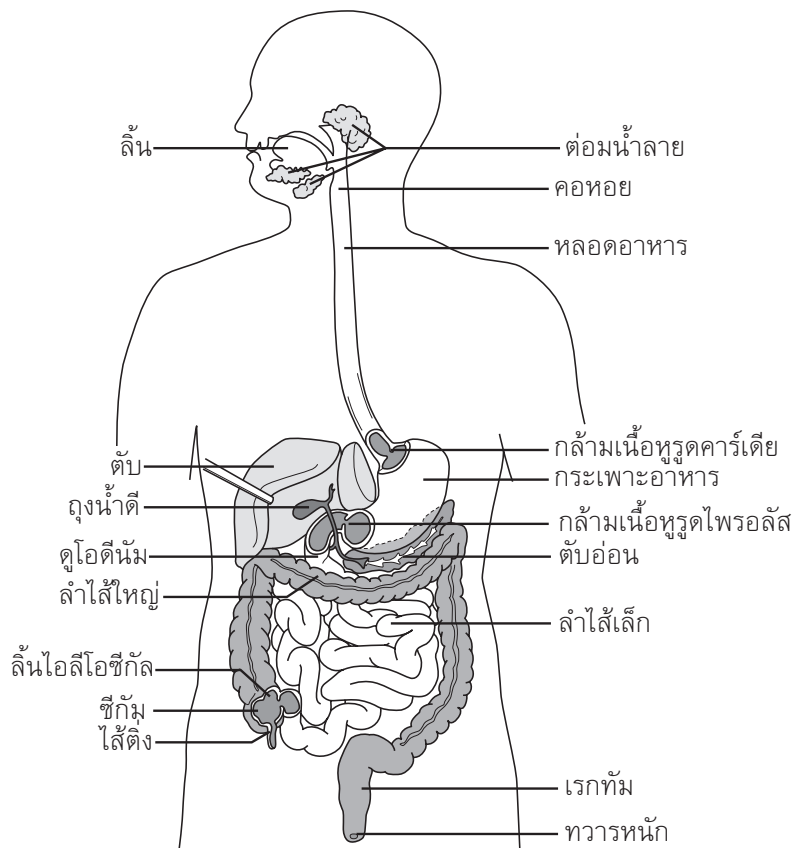
1.7 ไส้ตรง (rectum)

1.8 ทวารหนัก (anus)

2. อวัยวะที่ช่วยย่อยอาหารแต่ไม่ใช่ทางเดินอาหาร ได้แก่

2.1 ตับ (liver) และ ถุงน้ำดี (gall bladder)

2.2 ตับอ่อน (pancreas)

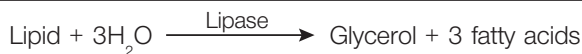
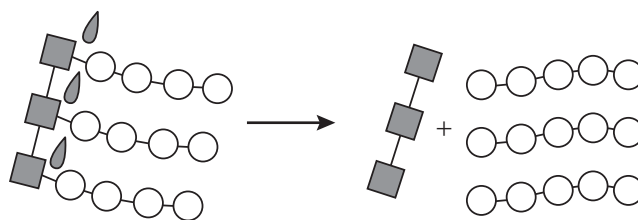
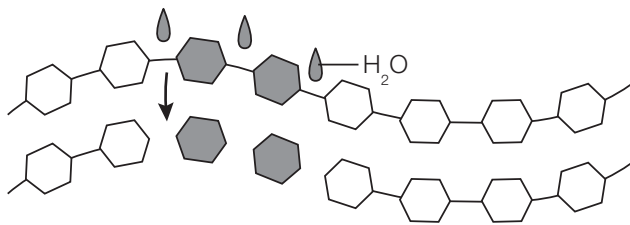
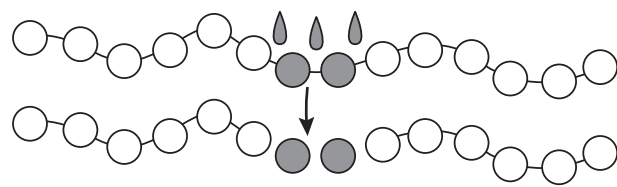


รูปที่ 13 - 19 ระบบย่อยอาหาร แสดงส่วนประกอบทั้งอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร และอวัยวะช่วยย่อยอาหาร

การย่อยอาหาร การย่อยอาหารประกอบด้วยการย่อย 2 วิธี คือ

1. การบดให้ละเอียด (mechanical digestion) เป็นการทำให้สารโมเลกุลใหญ่มีขนาดเล็กลงโดยการบดของฟัน การเคลื่อนที่ของกระเพาะอาหารและลำไส้เป็นจังหวะ (peristalsis) ทำให้อาหารคลุกเคล้า กันและเคลื่อนที่ไปได้เพื่อให้การย่อยในระดับที่ 2 ดียิ่งขึ้น

2. การย่อยทางเคมี (chemical digestion) เป็นการย่อยที่ต้องใช้เอนไซม์หรือน้ำย่อย ซึ่งสร้างจากต่อมต่างๆ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร เป็นชนิดที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับน้ำ จึงเรียกเอนไซม์พวกนี้ว่า ไฮโดรเลส (hydrolase) เอนไซม์เป็นสารจำพวกโปรตีน ช่วยทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในร่างกายให้ดำเนินไปในลักษณะตามความต้องการของร่างกาย



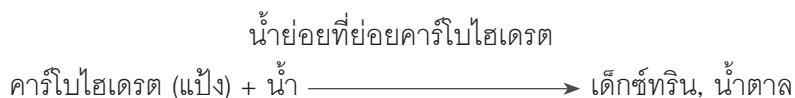
รูปที่ 13 - 20 ภาพแสดงการย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยน้ำย่อยโปรตีเอส คาร์โบไฮเดรต และ ลิเพสตามลำดับ

น้ำย่อยหรือเอนไซม์ ที่ทำหน้าที่ในการย่อยอาหารนี้ แบ่งออกตามประเภทของอาหารที่ย่อย ได้แก่

1. **น้ำย่อยที่ย่อยโปรตีน (protease)** ช่วยย่อยสารโปรตีนซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นเพปไทด์ หรือกรดอะมิโนซึ่งมีขนาดเล็กลง



2. **น้ำย่อยที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต (carbohydrase)** ทำหน้าที่ย่อยพวกแป้ง ซึ่งเป็นสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นพวกน้ำตาลซึ่งมีโมเลกุลเล็กลง



3. **น้ำย่อยที่ย่อยลิพิด (lipase)** ทำหน้าที่ย่อยสารพวกลิพิดซึ่งได้แก่ พวกไขมัน (fat) หรือน้ำมัน (oil) ให้เป็นกรดไขมันกับกลีเซอรอล



ปากและการย่อยอาหารในปาก

ปากเป็นอวัยวะส่วนแรกของระบบทางเดินอาหาร ทำหน้าที่เป็นทางเข้าของอาหารโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่

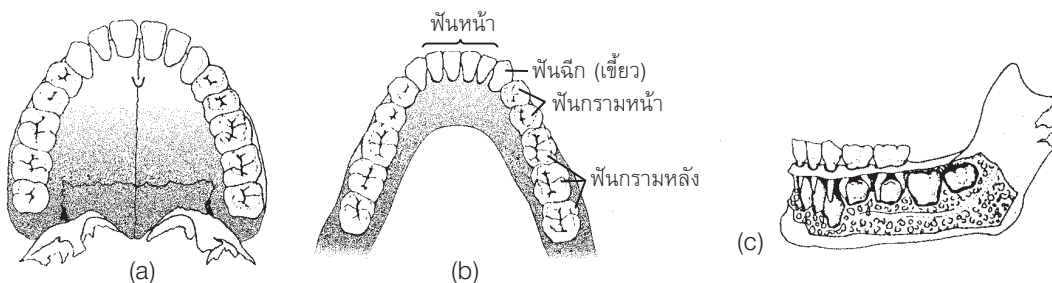
1. **ฟัน (teeth)** ทำหน้าที่ในการตัด ฉีก และบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง ฟันของคนมี 2 ชุด คือ ฟันน้ำนม (temporary teeth) มี 20 ซี่ ซึ่งจะเริ่มงอกเมื่ออายุได้ประมาณ 6 เดือน และจะเริ่มหักและหลุดออกไปเมื่อมีอายุประมาณ 6 ขวบ ต่อจากนั้นจะมีฟันชุดที่ 2 คือ ฟันแท้ (permanent teeth) งอกขึ้นมาแทน ฟันแท้มีทั้งสิ้น 32 ซี่ แต่ในบางคนฟันแท้อาจมีแค่ 28 ซี่ ก็ได้เนื่องจากฟันกรามซี่สุดท้าย 4 ซี่ ไม่งอกฟันแท้แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะรูปร่างและหน้าที่คือ

1.1 **ฟันตัด (incisor)** เป็นฟันที่อยู่หน้าสุดของปาก มีทั้งหมด 8 ซี่ ข้างล่าง 4 ซี่ ข้างบน 4 ซี่ มีรากฟัน 1 ราก

1.2 **ฟันฉีก (canine)** หรือ ที่เรียกกันว่า เขี้ยว ช่วยในการฉีกอาหารอยู่ถัดจากฟันตัดเข้าไป มีทั้งหมด 4 ซี่ มีรากฟัน 1 ราก.

1.3 **ฟันกรามหน้า (premolar)** เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากฟันฉีกเข้ามาทางด้านในทั้งข้างล่างและข้างบน ช่วยในการบดอาหารให้ละเอียดมีทั้งหมด 8 ซี่ มีรากฟัน 1 หรือ 2 ราก

1.4 **ฟันกรามหลัง (molar)** เป็นส่วนที่อยู่ในสุดมีทั้งหมด 12 ซี่ แต่บางคนอาจมีแค่ 8 ซี่ เท่านั้น มีรากฟัน 2 - 3 ราก

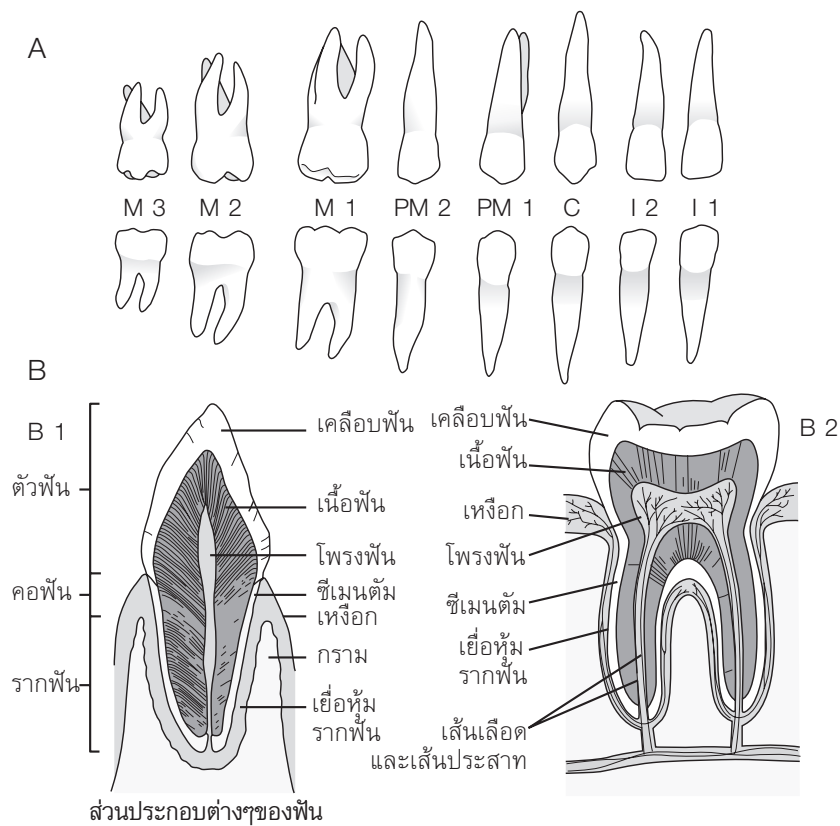


รูปที่ 13 - 21 ฟันของคน

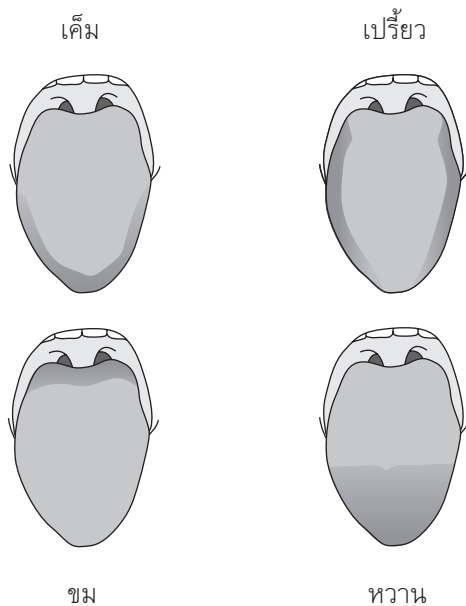
(a) ขากรรไกรบน แสดงฟันทั้ง 4 ชนิด

(b) ขากรรไกรล่าง แสดงฟันทั้ง 4 ชนิด

(c) ขากรรไกรล่างของเด็ก แสดงฟันแท้ซึ่งอยู่ด้านล่างฟันน้ำนม



รูปที่ 13 - 22 ฟันชนิดต่างๆ (a) รูปร่างลักษณะของตัวฟัน คอฟันและรากฟันทั้ง 4 ชนิด
 (b) ฟันแสดงส่วนประกอบภายใน b1 ฟันตัด b2 ฟันกราม



รูปที่ 13 - 23 ลิ้นและตำแหน่งของต่อมรับรสชนิดต่างๆ บนผิวลิ้น

สูตรฟันของคนเฉพาะ $\frac{1}{4}$ ของปากเท่านั้น คือ I : C : PM : M = 2 : 1 : 2 : 3

ฟันแต่ละซี่จะมีส่วนที่โผล่พ้นเหงือกขึ้นมา เรียกว่า ตัวฟัน (crown) ส่วนที่ต่อจากฟันเรียกว่า คอฟัน (neck) และส่วนที่มีลักษณะเรียวยาวต่อจากคอฟันมีลักษณะคล้ายขาเรียกว่า รากฟัน (root) รากฟันฝังอยู่ในช่องกระดูกขากรรไกรมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและสารซีเมนต์ (cementum) หุ้มทำให้ฟันยึดกับกระดูกขากรรไกรได้อย่างแข็งแรง ส่วนของตัวฟันจะมีสารเคลือบฟัน (enamel) ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงเหนียวมาหุ้มอยู่ช่วยไม่ให้ฟันผุง่าย ต่อจากเคลือบฟันเข้าไปจะเป็นเนื้อฟัน (dentine) และต่อจากเนื้อฟันจะเป็นโพรงฟันซึ่งมีเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยง ดังนั้นถ้าหากเคลือบฟันถูกทำลายจะทำให้ฟันผุง่าย และถ้าเกิดเหงือกบวมก็อาจทำให้ฟันโยกและหักหลุดได้ ในกรณีที่ฟันผุนถึงโพรงฟันจะทำให้เกิดการเจ็บปวดและเลือดออกด้วย

2. **ลิ้น (tongue)** ทำหน้าที่ในการรับรสอาหาร และคลุกเคล้าอาหารให้เป็นก้อน (bolus) แล้วช่วยส่งอาหารเข้าสู่ทางเดินอาหารส่วนถัดไป ลิ้นมีต่อมรับรส (taste bud) 4 ชนิด คือรับรสหวานอยู่บริเวณปลายลิ้น สารให้รสหวาน ได้แก่ น้ำตาล แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดอะมิโน รับรสเค็มที่บริเวณปลายลิ้นและข้างลิ้น สารที่ให้รสเค็มคือ โซเดียมไอออน (Na^+) ของเกลือ รับรสเปรี้ยวบริเวณข้างลิ้น สารที่ให้รสเปรี้ยวคือ กรด ยังมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) มาก ยิ่งเปรี้ยวมาก และรับรสขมบริเวณโคนลิ้น สารที่ให้รสขม คือ สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลยาวๆ และสารพวกแอลคาลอยด์ (alkaloid) เช่น คิวนิน คาเฟอีน นิโคติน เป็นต้น

3. **ต่อมน้ำลาย (salivary gland)** สร้างน้ำลาย (saliva) น้ำลายประกอบด้วยน้ำร้อยละ 97 - 99 เมือก (mucin) น้ำย่อยอะไมเลส (amylase) สำหรับย่อยแป้งและสารอื่นๆ อีกเล็กน้อยน้ำลายหลังออกมามีวันละประมาณ 1,000 - 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร pH อยู่ระหว่าง 6.2 - 7.4 ต่อมน้ำลายมี 3 คู่คือ



รูปที่ 13 - 24 ตำแหน่งของต่อมน้ำลายและท่อน้ำลายทั้ง 3 คู่

3.1 ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (sublingual gland) เป็นต่อมน้ำลายที่มีขนาดเล็กที่สุดสร้างน้ำลายชนิดเหนียวมากกว่าชนิดใส และสร้างน้ำลายเพียงร้อยละ 5 ของน้ำลายทั้งหมดเท่านั้น

3.2 ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร (submaxillary gland) สร้างน้ำลายชนิดใสมากกว่าชนิดเหนียว ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรนี้สร้างน้ำลายมากที่สุดโดยสร้างน้ำลายถึงร้อยละ 69 ของน้ำลายทั้งหมด

3.3 ต่อมน้ำลายข้างกกหู (parotid gland) เป็นต่อมน้ำลายขนาดใหญ่ สร้างน้ำลายชนิดใสอย่างเดียว และสร้างได้ประมาณร้อยละ 26 ของน้ำลายทั้งหมด

น้ำลายชนิดใสเป็นน้ำลายที่มีน้ำย่อยอะไมเลส ซึ่งเป็นน้ำย่อยแบ่งอยู่ด้วย ส่วนน้ำลายชนิดเหนียวจะมีเมือก (mucin) อยู่มากทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นอาหาร เพื่อสะดวกต่อการกลืน และการผ่านของอาหารลงสู่กระเพาะอาหาร

หน้าที่ของน้ำลาย

- (1) ช่วยให้อาหารอ่อนและลื่นทำใหกลืนได้ง่าย
- (2) ทำให้อวัยวะในปากเปียกชุ่มไม่แห้งและสะดวกแก่การพูด
- (3) ช่วยให้ปากและฟันสะอาดช่วยลดการเจริญของแบคทีเรียได้บ้าง
- (4) ช่วยรักษาสมดุลน้ำ เพราะถ้าร่างกายขาดน้ำ น้ำลายจะข้นและทำให้กระหายน้ำ
- (5) ย่อยแบ่งและไกลโคเจนเพราะในน้ำลายมีน้ำย่อยอะไมเลส (salivary amylase) ทำให้โมเลกุลของแป้งแตกตัวเป็นน้ำตาลมอลโทส แต่อาหารอยู่ในปากในช่วงเวลาสั้น ๆ จึงทำให้ย่อยได้ไม่สมบูรณ์จึงมักจะย่อยได้แค่เดกซ์ทรินเท่านั้น แต่ถ้าอมอาหารอยู่ในปากนาน ๆ จะทำให้ย่อยได้ถึงน้ำตาลมอลโทส และน้ำตาลกลูโคสได้บ้าง



การควบคุมการหลั่งน้ำลาย

การควบคุมการหลั่งน้ำลาย ถูกควบคุมโดยระบบประสาท แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. โดยประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) การกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nerve) จะทำให้ต่อมน้ำลายใต้ลิ้นและใต้ขากรรไกรหลั่งน้ำย่อยออกมาน้อยลง และเป็นชนิดเหนียว แต่ถ้ากระตุ้นระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic nerve) จะทำให้ต่อมน้ำลายใต้ลิ้นและใต้ขากรรไกรหลั่งน้ำลายชนิดใสออกมามากขึ้น

2. โดยรีเฟล็กซ์ (reflex) เมื่ออวัยวะรับสัมผัสที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น ตา จมูก ปาก ถูกกระตุ้น จะมีกระแสประสาทไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหลั่งน้ำลายที่เมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) ทำให้มีกระแสประสาทส่งมายังต่อมน้ำลาย ทำให้หลั่งน้ำลายออกมา หรืออาจเกิดจากรีเฟล็กซ์ที่มาจากกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนต้น ทำให้หลั่งน้ำลายออกมาเพิ่มขึ้น