

ระบบย่อยอาหาร

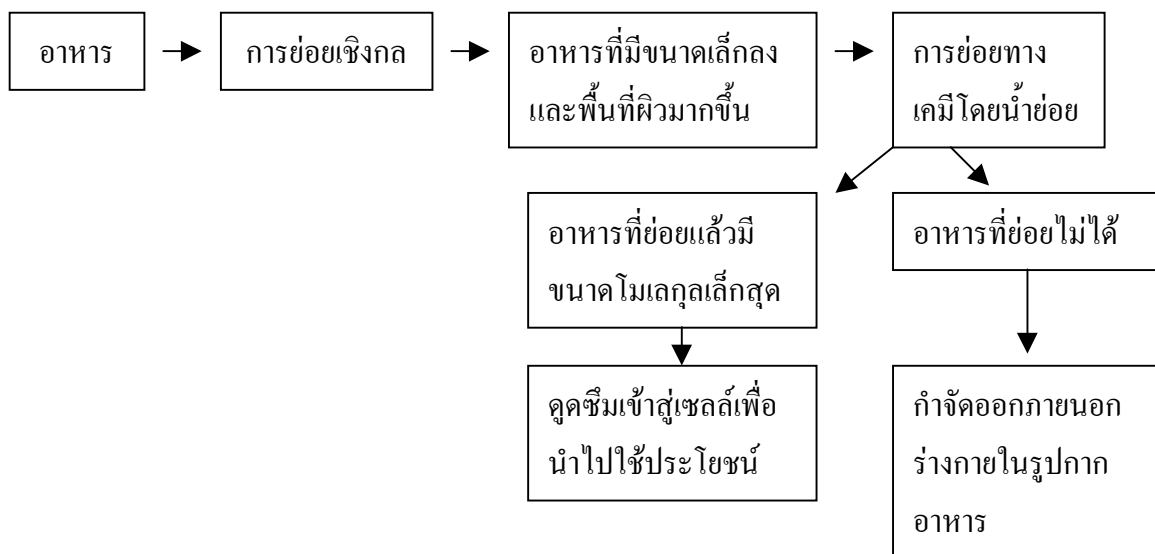
ระบบย่อยอาหาร (Digestive system)

การย่อยอาหาร (digestion) คือ ขบวนการแปรสภาพของสารอาหารจากขนาดโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลงจนเซลล์สามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้

การแปรสภาพอาหารหรือการย่อยอาหาร มี 2 วิธี คือ

1. การย่อยเชิงกล (mechanical digestion) เป็นขบวนการที่ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง โดยการบดเคี้ยวด้วยฟันหรือการบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหาร การย่อยแบบนี้จะมีผลทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงและมีพื้นที่ผิวมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้อัตราการย่อยทางเคมีเกิดได้เร็วขึ้น

2. การย่อยทางเคมี (chemical digestion) เป็นขบวนการย่อยสลายโมเลกุลอาหารให้มีขนาดเล็กลงโดยอาศัยเอนไซม์ที่ใช้ย่อยอาหารโดยเฉพาะ ซึ่งเรียกว่า “น้ำย่อย” ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นต้องอาศัยน้ำ (H_2O) เข้าร่วมเสมอ การแตกสลายโมเลกุลของสารอาหารให้มีขนาดเล็กลงโดยมีน้ำเข้าร่วมในปฏิกริยาเรียกว่า ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) อาหารที่ย่อยแล้วจะมีโมเลกุลที่เล็กที่สุด ดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้



แผนภาพสรุปขบวนการแปรสภาพอาหาร

ตำแหน่งการย่อยอาหาร

ตำแหน่งการย่อยอาหาร ตำแหน่งที่มีการย่อยอาหารมี 2 แบบ คือ

1. การย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion) อาหารถูกนำเข้าสู่ภายในเซลล์แล้วจึงมีการย่อยเกิดขึ้น พบในโพรโทซัว ฟองน้ำ เซลล์ย่อยอาหารของไฮดรา (digestive cells) และพลาเนเรีย

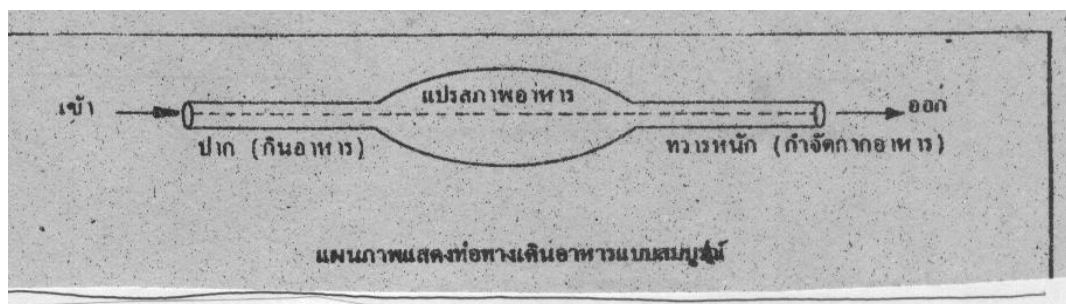
2. การย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) อาหารจะอยู่ภายในช่องทางเดินอาหารหรือภายนอกตัว กลุ่มเซลล์หรืออวัยวะที่สร้างน้ำย่อยจะหลั่งน้ำย่อยออกมาแปรสภาพอาหารจนมีขนาดโมเลกุลเล็กสุด แล้วจึงดูดซึมสารอาหารนั้นเข้าสู่เซลล์พบในเหิน รา แบคทีเรีย ช่องแกสโตรวาสคิวลาร์ของไฮดราและสัตว์ชั้นสูงทั่ว ๆ ไป

ท่อนำทางเดินอาหาร (Digestive tract)

1. ท่อนำทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete digestive tract) มีช่องเปิด คือ ช่องปากเพียงทางเดียวทำหน้าที่ทั้งกินอาหารและกำจัดกากอาหาร และสิ่งขับถ่ายอื่น ๆ พบในซีเลนเตอเรต เช่น ไฮดรา แมงกะพรุน ปะการัง และหนอนตัวแบน เช่น พลาเนเรีย พยาธิใบไม้ ยากเห็บ พยาธิตัวตืด ไม่มีทางเดินอาหาร

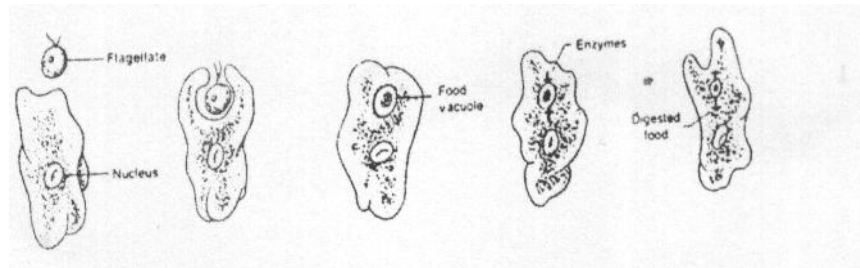


2. ท่อนำทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ (complete digestive tract) มีช่องเปิด 2 ช่อง แยกกัน คือ ช่องปากทำหน้าที่กินอาหาร และช่องทวารหนักทำหน้าที่กำจัดกากอาหาร พบในพยาธิตัวกลมเป็นพวกแรกสุด นอกจากนี้พบในไส้เดือน อาร์โทรพอด (Arthropod) มอลลัสก์ (Mollusk) เอไคโนเดิร์ม (Echinoderm) และพวกคอร์ดีเตด (Chordate) ทุกชนิด



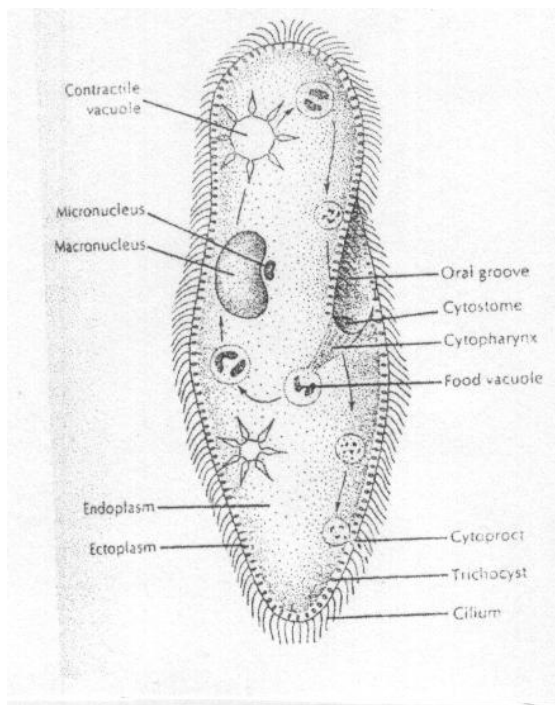
การย่อยอาหารของจุลินทรีย์

1. Ameba – จะใช้ขาเทียม (pseudopodium) จับสารอาหารเข้ามาภายในเซลล์ เก็บในรูป food vacuole แล้วใช้ enzyme ย่อยอาหารและดูดซึมเข้าสู่ไซโทพลาสซึม ส่วนที่ไม่ได้ย่อยจะถูกนำออกนอกเซลล์



รูปการย่อยอาหารของ Ameba

2. Paramecium – จะใช้ปากที่มีซีเลียพัดอาหารเข้าสู่ช่องปากแล้วบดตัวและกลายเป็น food vacuole จากนั้นจะเหมือนอะมีบาแต่จะมีการเคลื่อนไหวที่เรียกว่า cyclosis แล้วนำสารอาหารดูดซึมเข้าสู่เซลล์

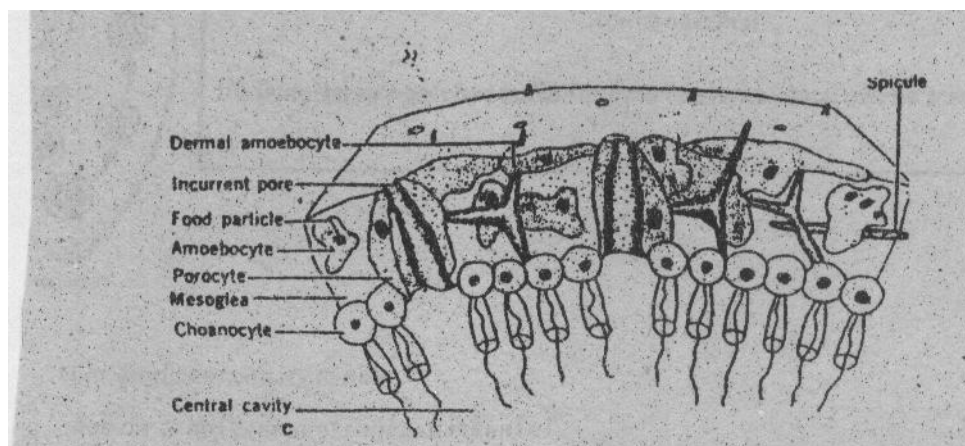
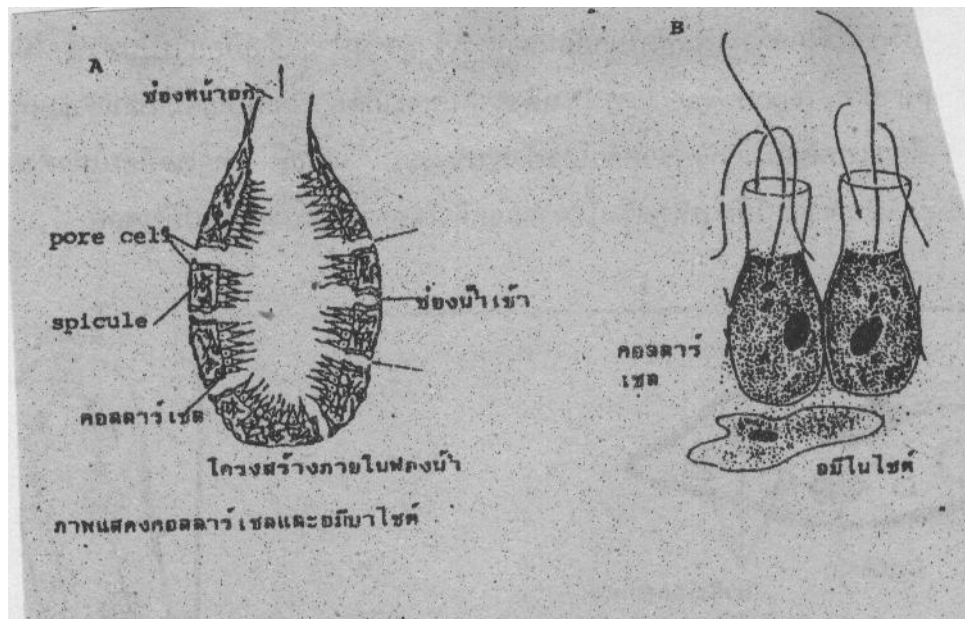


รูปการย่อยอาหารของ Paramecium

การย่อยอาหารของสัตว์

1. การย่อยอาหารของสัตว์ไม่มีทางเดินอาหาร

- ฟองน้ำ – มีเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อย 2 ชนิด คือ
 1. Collar cell หรือ Choanocyte – เซลล์นี้จะอยู่ที่ผนัง จะทำหน้าที่จับพวกแบคทีเรียและอินทรีย์สารขนาดเล็ก
 2. Amobocyte – จะมีขนาดใหญ่กว่า Collar cell จะอยู่ที่ผนัง จะทำหน้าที่จับพวกอินทรีย์สารขนาดใหญ่



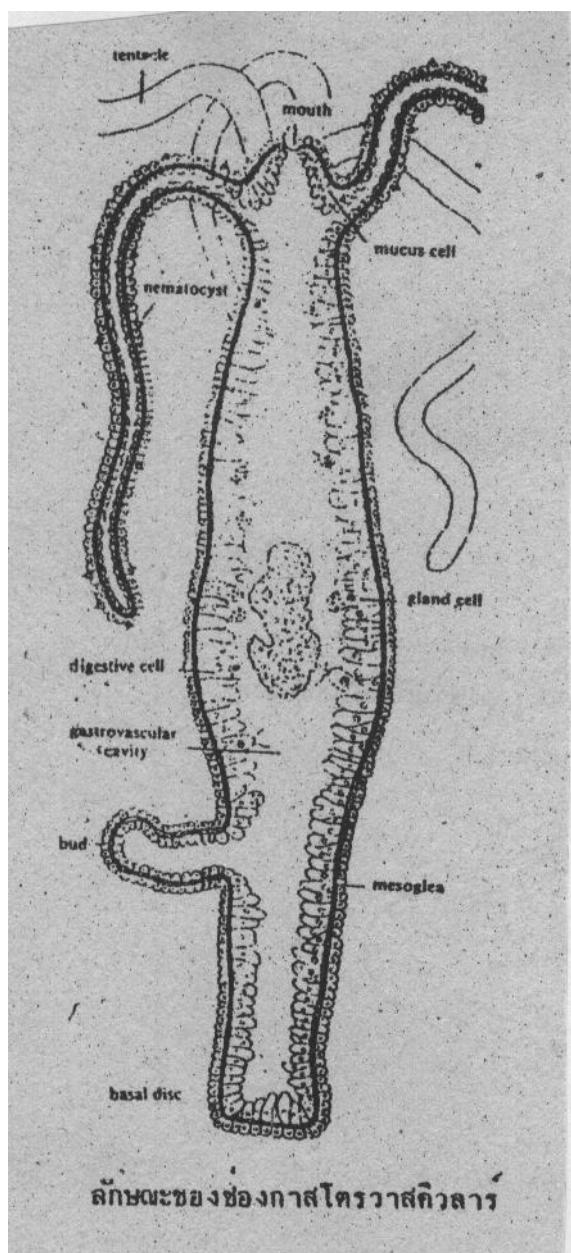
การจัดตัวของ choanocyte และ amoebocyte ภายในร่างของฟองน้ำ

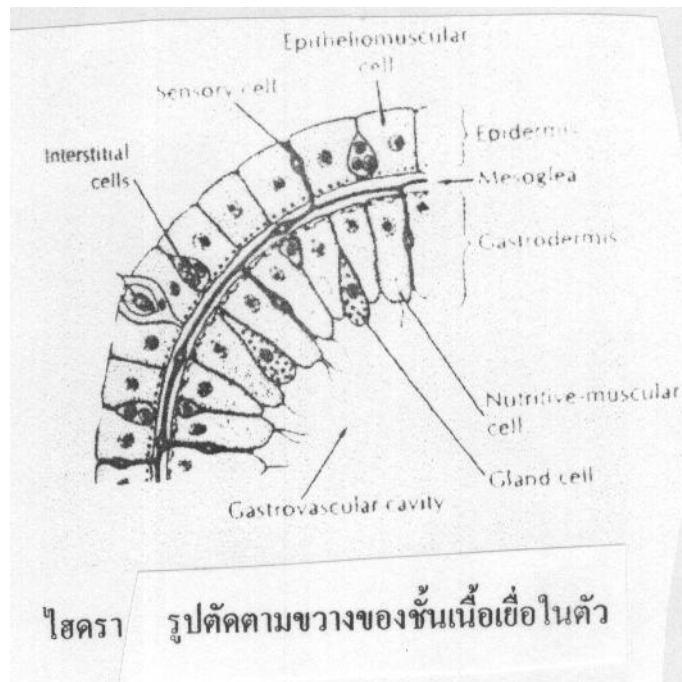
2. การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

ไฮดรา (hydra) ไฮดราจะใช้เข็มพิษ (nematocyst) ที่แทงตาเคล็ดออกมาทำร้ายเหยื่อในน้ำแล้วจับเหยื่อส่งเข้าสู่ปาก เหยื่อหรืออาหารนั้นจะผ่านเข้าไปอยู่ในช่องกลางลำตัวที่เรียกว่าช่องกาสโตรวาสคิวลาร์ (gastrovascular cavity) เซลล์เยื่อบุผนังชั้นในช่องนี้เรียกว่า แกสโตรเดอर्मิส (gastrodermis) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอาหาร 2 ชนิด คือ

1. เซลล์ต่อม (Gland cells) เป็นเซลล์ขนาดเล็ก ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยออกไปย่อยอาหารที่อยู่ในช่องกาสโตรวาสคิวลาร์ ซึ่งเป็นการย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular digestion)

2. เซลล์ย่อยอาหาร (digestive หรือ nutritive cells) เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ต่อม ตรงปลายของเซลล์ชนิดนี้จะมีแฟลกเจลลัมอยู่ด้วย ทำหน้าที่จับเอาอาหารขนาดเล็กเข้ามาสร้างเป็นแวคคิวโอลอาหารได้แบบเดียวกับอมีบา และทำการย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion)

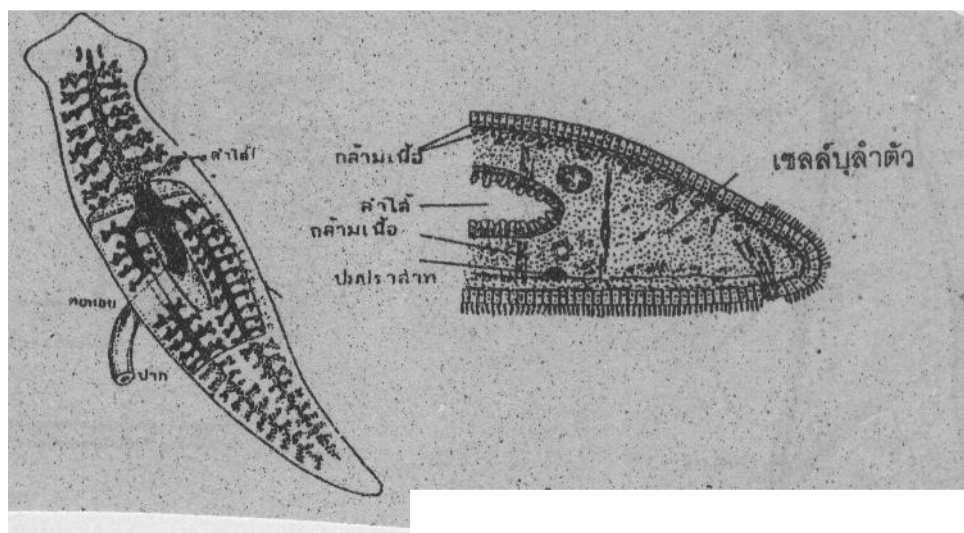




2. หนอนตัวแบน (Flat worm)

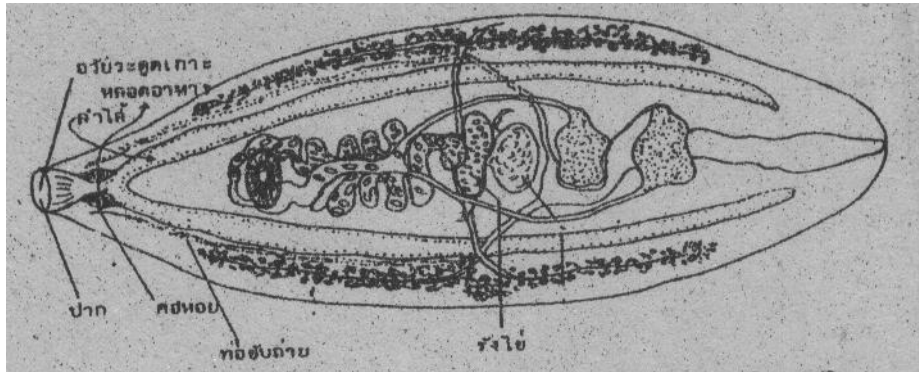
1. พลาณาเรีย

โครงสร้างพลาณาเรียตัดตามขวาง
แสดงลำไส้และเซลล์บุลำตัว



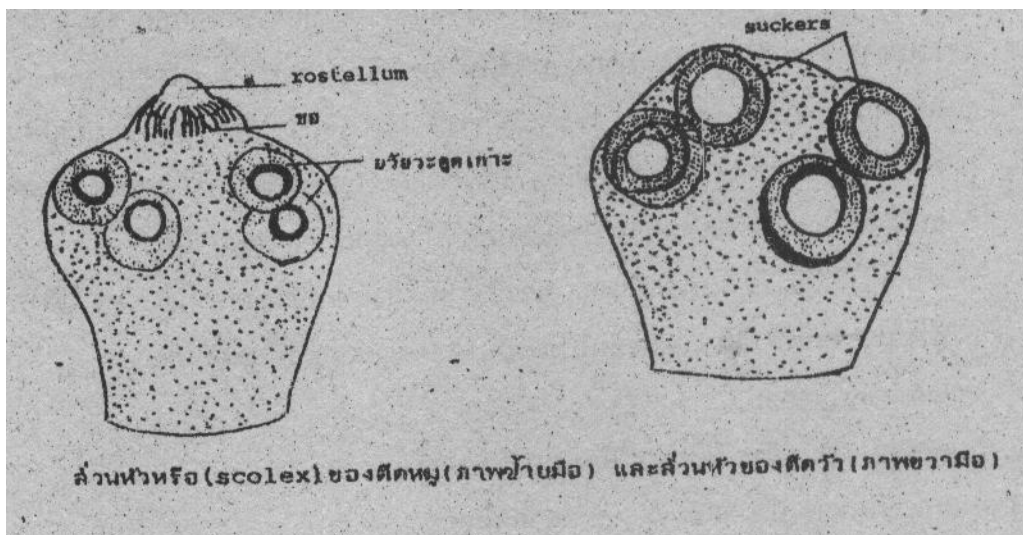
ภาพแสดงทางเดินอาหารของพลาณาเรีย

2. พยาธิใบไม้ มีทางเดินอาหารคล้ายปลานาเรีย แต่ทางเดินอาหารส่วนลำไส้ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ปากอยู่ตรงกลางของอวัยวะดูดเกาะ (oral sucker)



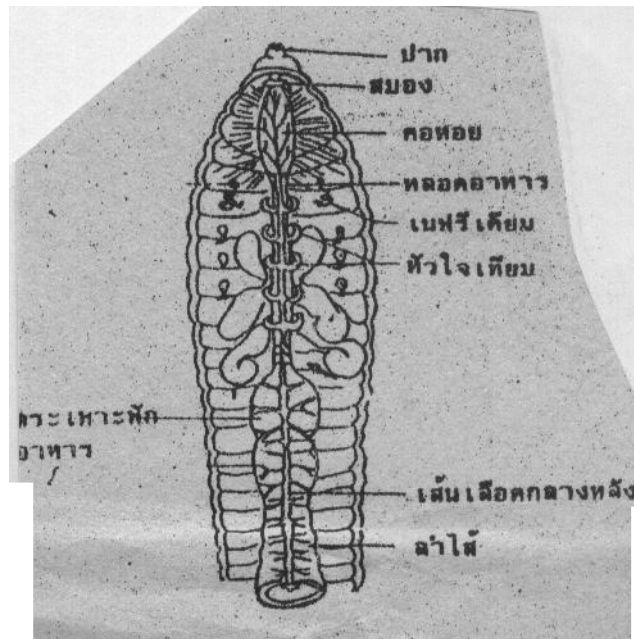
ภาพแสดงทางเดินอาหารของพยาธิใบไม้และอวัยวะภายในบางชนิด

3. พยาธิตัวติด ไม่มีทั้งช่องเปิด และทางเดินอาหารภายในร่างกาย เพราะอาหารที่ได้รับส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ถูกแปรสภาพเรียบร้อยแล้ว โดยผู้ถูกอาศัย ที่รอบ ๆ ส่วนหัว (scolex) จะมีอวัยวะดูดเกาะหลายอัน



3. การย่อยอาหารของสัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์

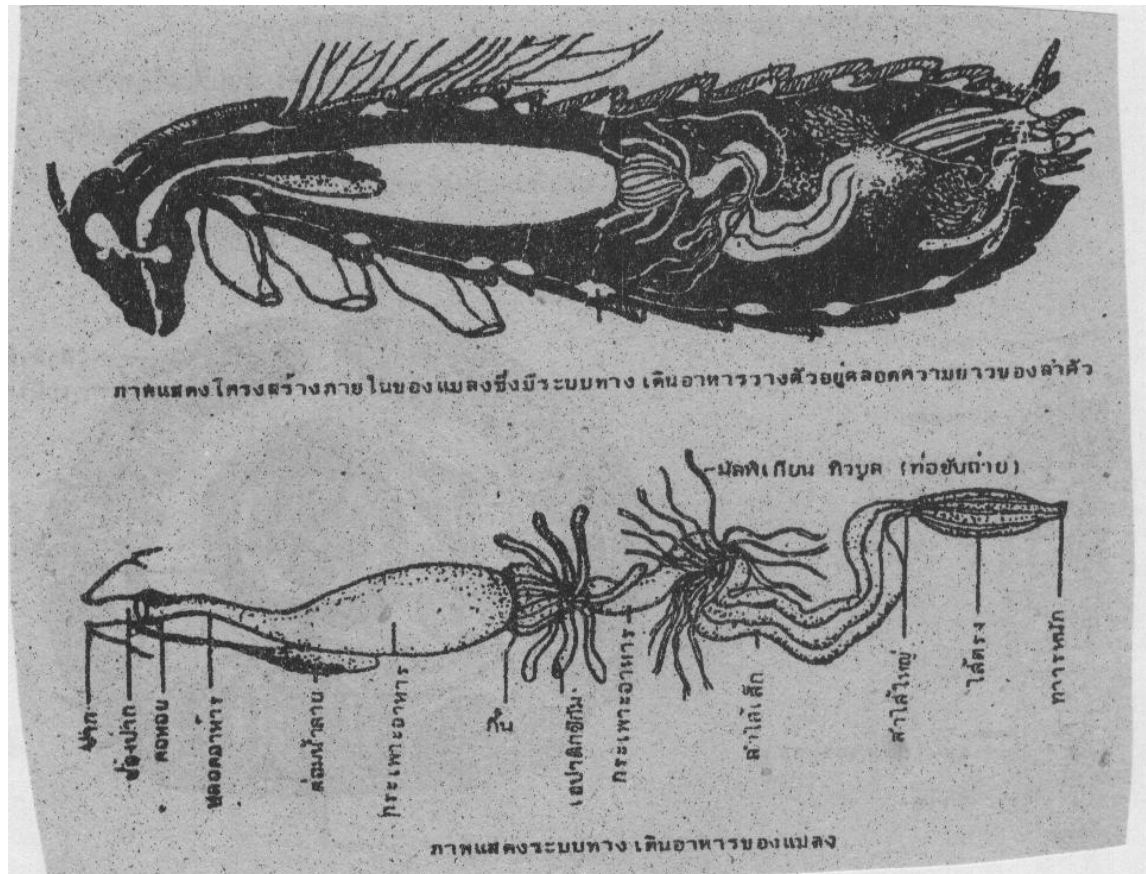
1. ไส้เดือนดิน มีต่อทางเดินอาหารเป็นแบบสมบูรณ์ ระบบทางเดินอาหารของไส้เดือน ประกอบด้วย
ปาก → คอหอย → หลอดอาหาร → กระเพาะพักอาหาร (crop) → ก้อน (gizzard)
→ ลำไส้ → ทวารหนัก



ภาพแสดงทางเดินอาหารของไส้เดือน

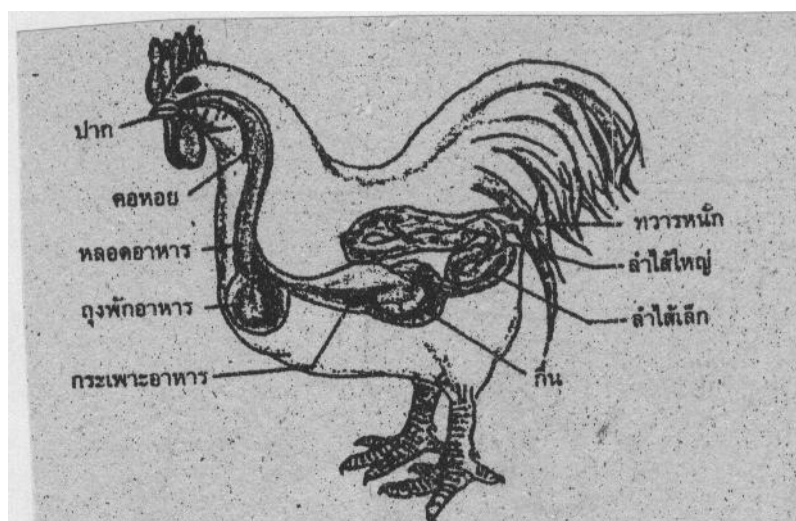
2. แมลง ทางเดินอาหารประกอบด้วย

ปาก (ดูด, กัด, แทะดูด) → คอหอย → หลอดอาหาร → กระเพาะพักอาหาร (crop)
→ ก้อน (gizzard) → กระเพาะอาหาร → ลำไส้เล็ก → ลำไส้ใหญ่ → ทวารหนัก



3. ปลา ปลาที่กินพืชเป็นอาหารจะมีทางเดินอาหารยาวกว่าปลากินสัตว์เป็นอาหาร

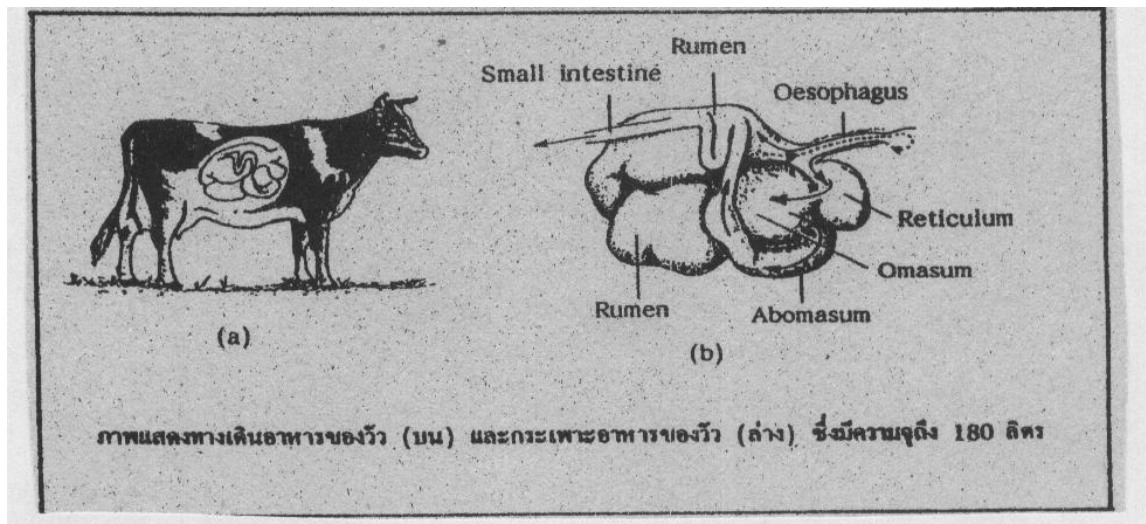
4. สัตว์ปีก เช่น นก เป็ด ไก่



ภาพทางเดินอาหารของไก่

5. สัตว์เคี้ยวเอื้อง กระเพาะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

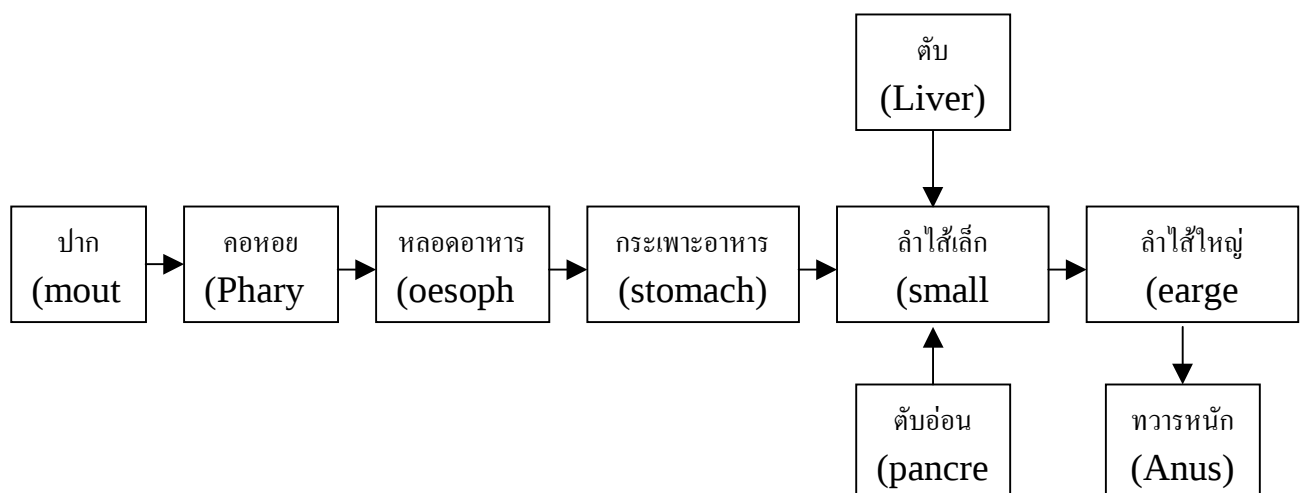
1. รูเมน (rumen) เป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
2. เรติคิวลัม (reticulum)
3. โอมาซั่ม (omasum)
4. แอบโอมาซั่ม (abomasum) เป็นกระเพาะที่แท้จริง



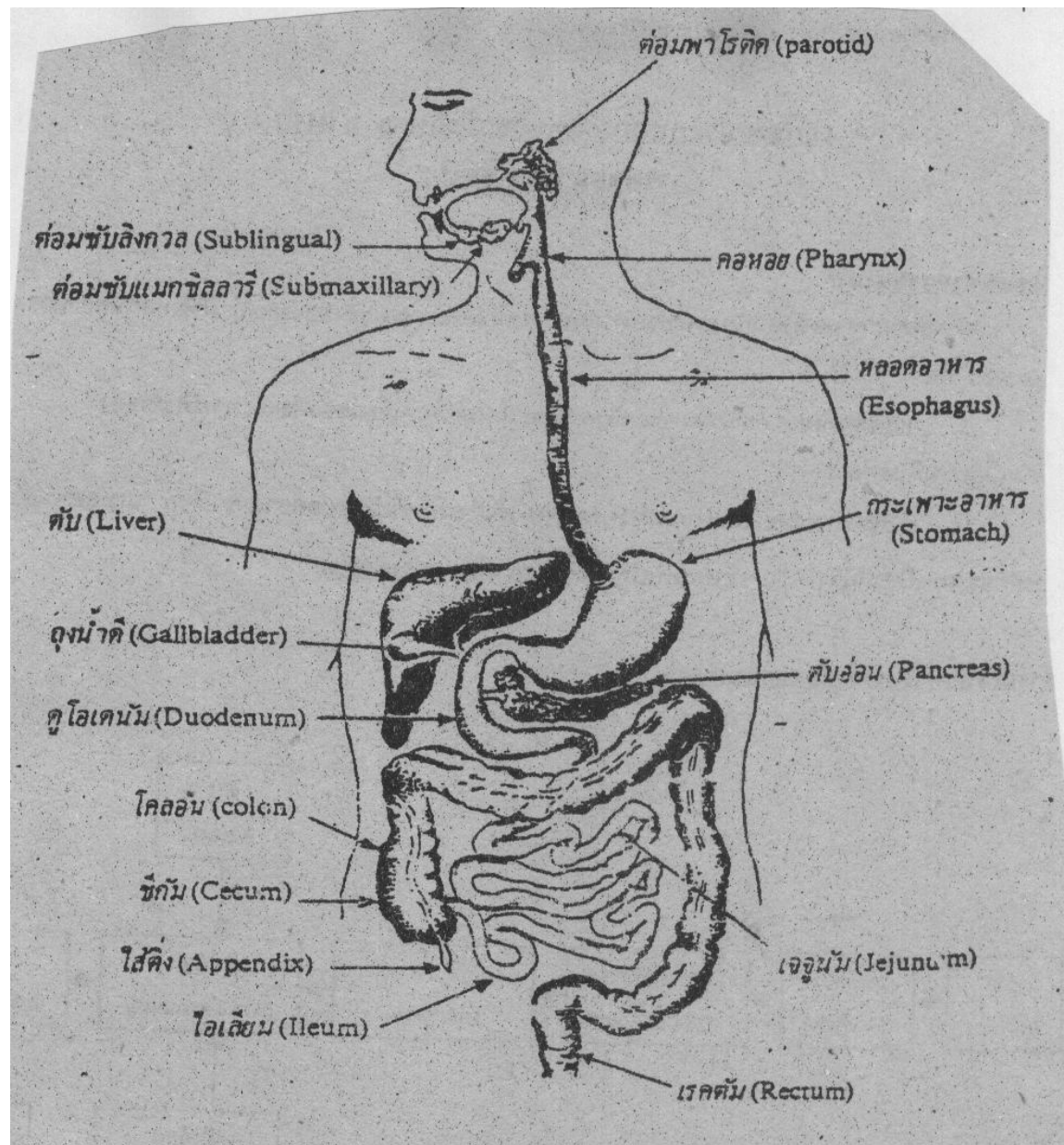
การย่อยอาหารของคน

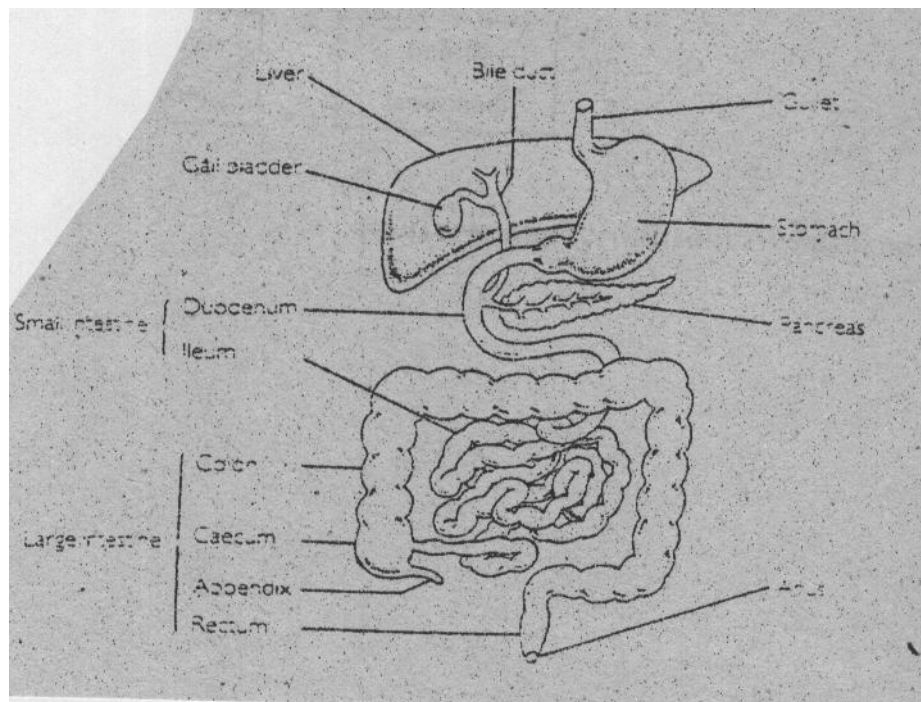
การย่อยอาหารของคนเป็นการย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) วิธีการย่อยมี 2 แบบ คือ ย่อยเชิงกล และย่อยทางเคมี

ทางเดินอาหารของคนประกอบด้วย



แผนผังลำดับทางเดินอาหารและอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารในคน





ส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอาหารในคน

1. ปาก

โครงสร้างเกี่ยวกับการย่อย ได้แก่

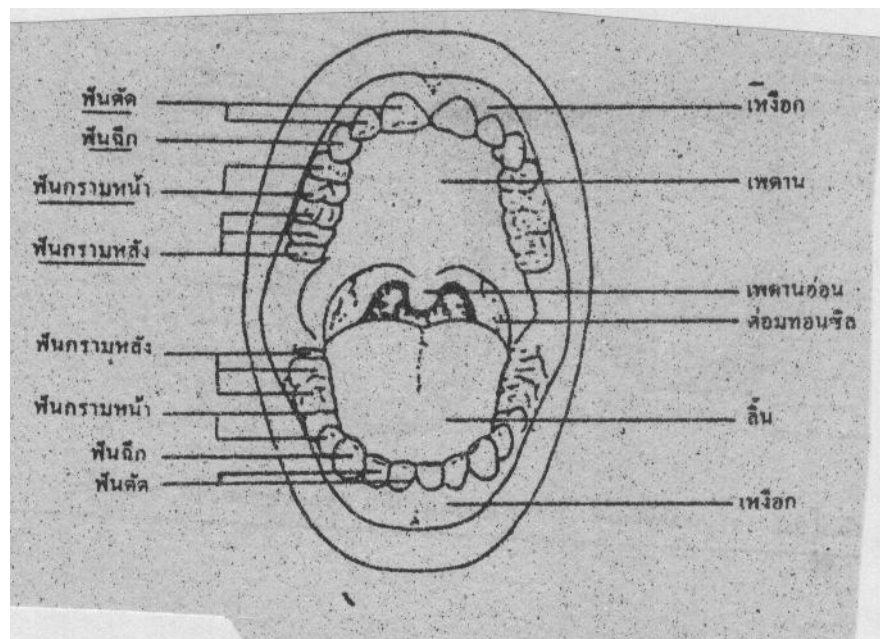
1. ฟัน - ทำหน้าที่บดเคี้ยว ฟันของคนมี 2 ชุด คือ

1. ฟันน้ำนม - ฟันชุดแรกมี 20 ซี่
2. ฟันแท้ - ฟันชุดที่ 2 มีทั้งหมด 32 ซี่

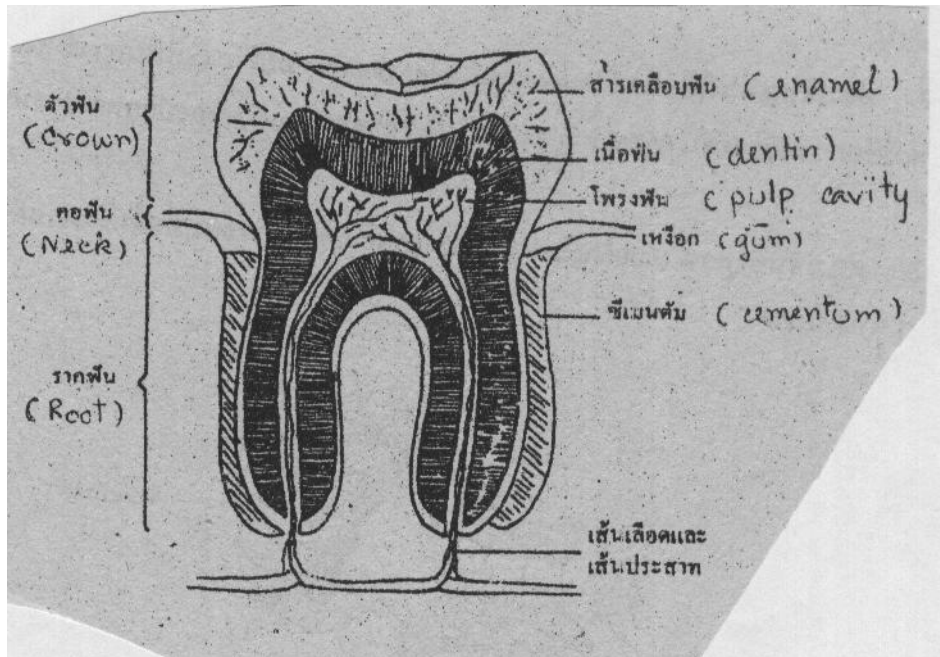
ชนิดของฟัน มี 4 ชนิด คือ ฟันตัด, ฟันฉีก, ฟันกรามหน้า, ฟันกรามหลัง

สูตรของฟัน

	2.1.2.3
--	---------

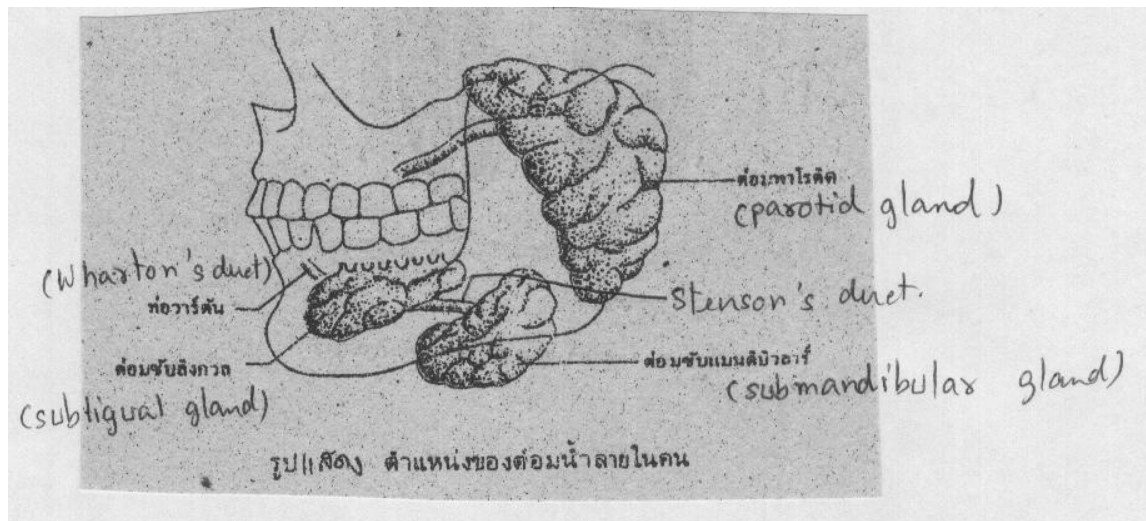


แสดงตำแหน่งของฟันที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน



โครงสร้างของฟันกรามตัดตามยาว

2. ต่อมน้ำลาย (salivary gland) มี 3 คู่

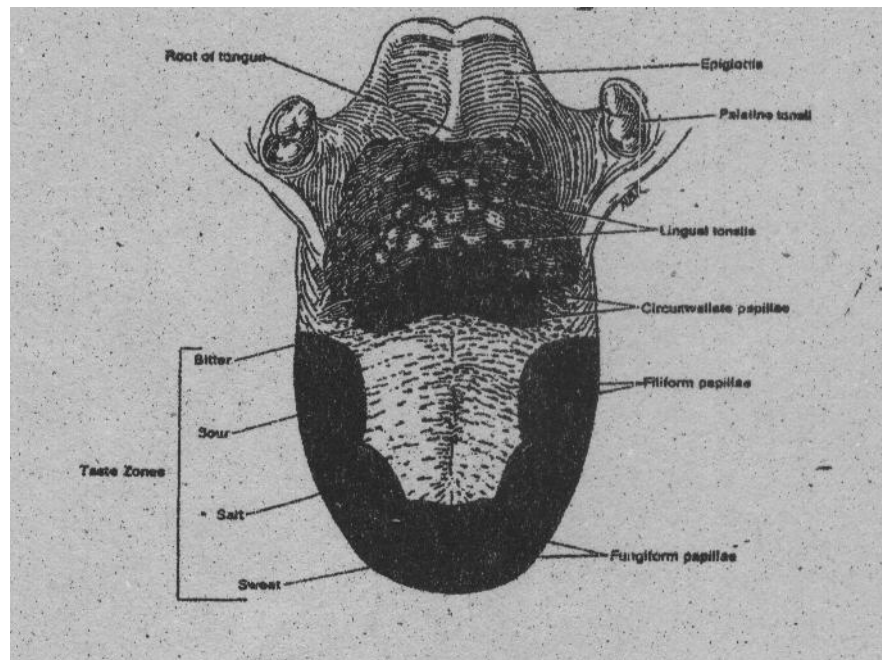


ต่อมน้ำลายจะผลิตน้ำลายวันละประมาณ 1 – 1.5 ลิตร น้ำลายประกอบด้วย เอนไซม์ไทอลิน (ptyalin) หรืออะไมเลส (amylase) , สารเมือก อิเล็กโทรไลต์ และน้ำ pH ประมาณ 6.2 – 7.4

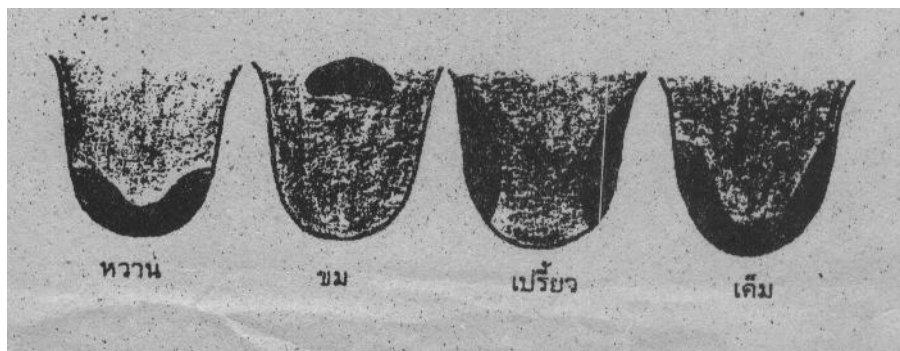
3. ลิ้น

ลิ้น ทำหน้าที่รับรสอาหาร และช่วยคลุกเคล้าอาหารให้เข้ากับน้ำลายเพื่อสะดวกในการย่อย และการกลืน

ตุ่มรับรสมีอยู่ 4 ชนิด คือ ตุ่มรับรสเค็ม ตุ่มรับรสหวาน ตุ่มรับรสเปรี้ยว ตุ่มรับรสขม ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปบนลิ้น ในบริเวณต่าง ๆ ดังนี้



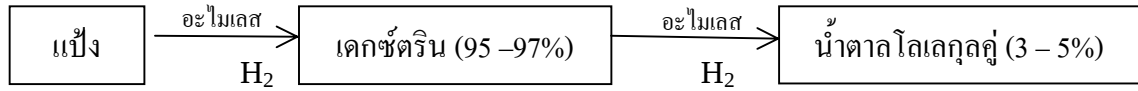
ภาพลิ้นแสดงตำแหน่งของต่อมรับรส



ภาพแสดงบริเวณของลิ้นที่มีตุ่มรับรสต่าง ๆ กระจายอยู่

สรุป การย่อยอาหารภายในปาก

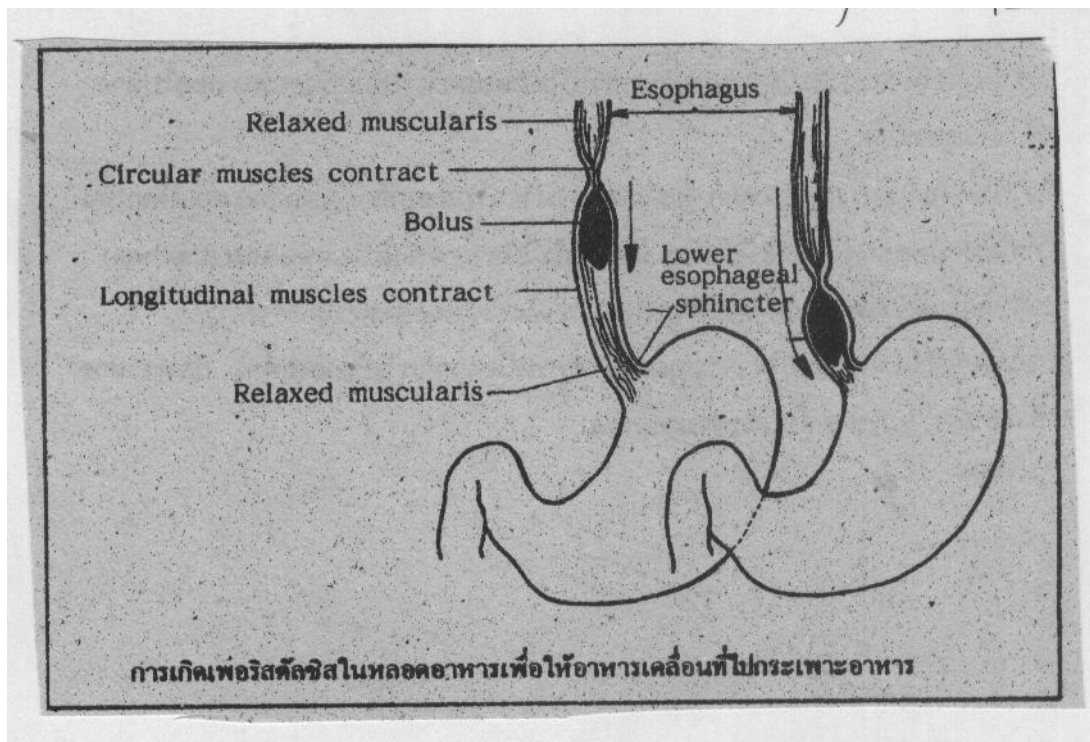
1. การย่อยเชิงกล โดยการบดเคี้ยวของฟัน
2. การย่อยทางเคมี โดยเอนไซม์ Amylase หรือ Thyalin



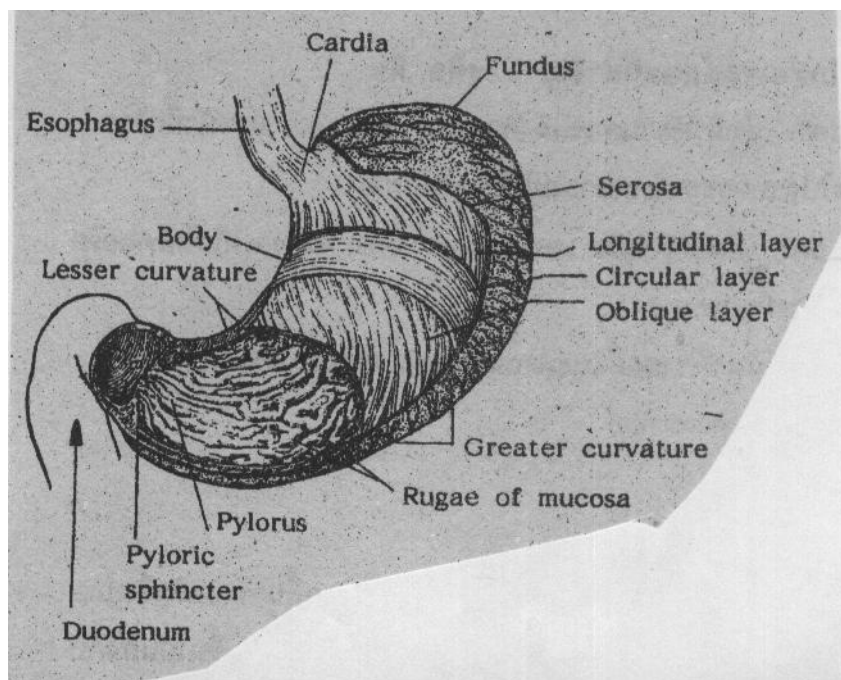
2. คอหอย (Pharynx) เป็นทางผ่านของอาหารไม่การย่อย

3. หลอดอาหาร (Esophagus)

กล้ามเนื้อทางเดินอาหารจะหดและคลายตัวเป็นช่วง, เรียก **peristalsis** เป็นการย่อยเชิงกล



4. กระเพาะอาหาร (stomach)



การย่อยในกระเพาะอาหาร

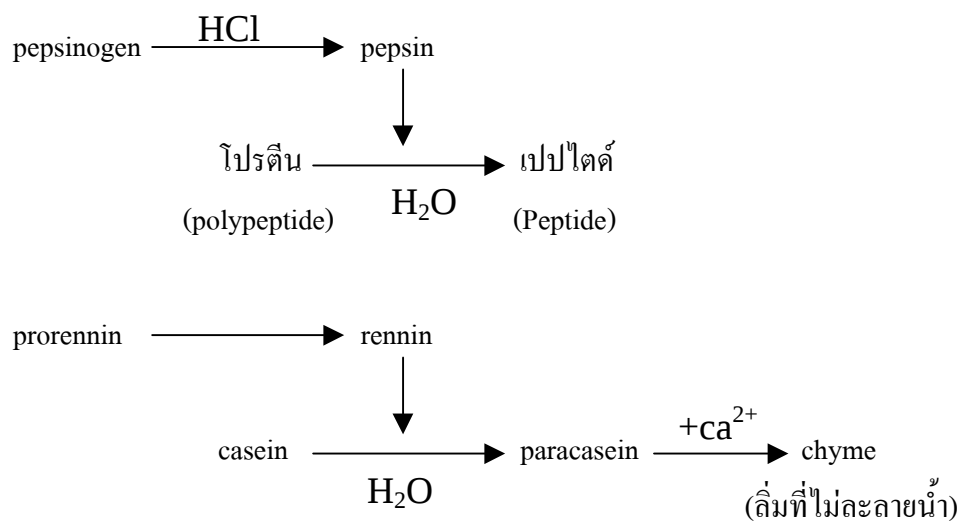
1. การย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหารแบบ

1.1 tonic contraction

1.2 peristalsis

2. การย่อยทางเคมีโดยเอนไซม์ - pepsinogen

- prorennin

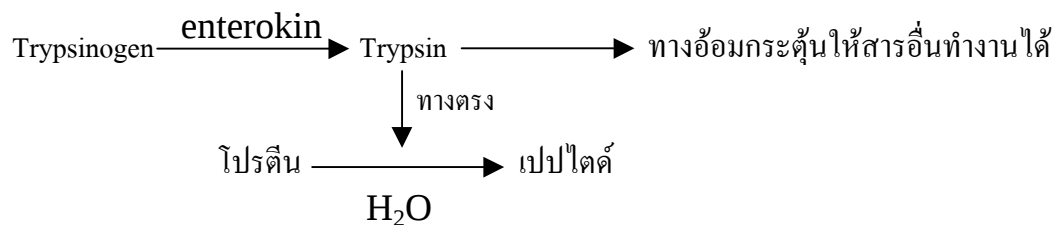


∴ ในกระเพาะอาหารย่อยโปรตีนอย่างเดียวเท่านั้น

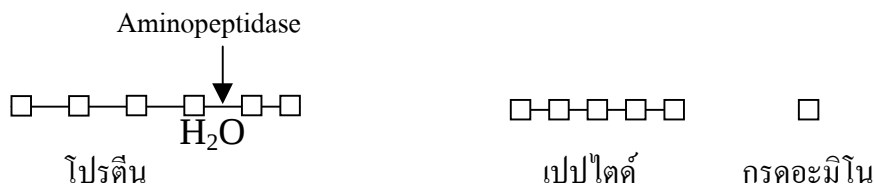
5. ลำไส้เล็ก (small intestine) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. Duodenum บริเวณนี้มีท่อที่นำน้ำดีจากตับและเอนไซม์จากตับอ่อนมาเปิดเข้าสู่ duodenum และผนังของ duodenum สร้างเอนไซม์ได้เรียก **intestinal juice** ได้แก่

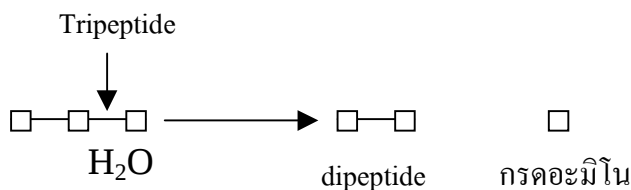
1. enterokinase กระตุ้นสารอื่นให้ทำงานได้ เช่น



2. Aminopeptidase ย่อยโปรตีน → เปปไทด์ + กรดอะมิโน



3. Tripeptidase ย่อย Tripeptide → dipeptide + กรดอะมิโน



4. Dipeptidase ย่อย Dipeptide → Amino Acid 2 โมเลกุล

5. Maltase ย่อย Maltose → กลูโคส + กลูโคส

6. Sucrase ย่อย Sucrose → กลูโคส + ฟรุกโตส

7. Galactase ย่อย Galactose → กลูโคส + กาแลกโตส

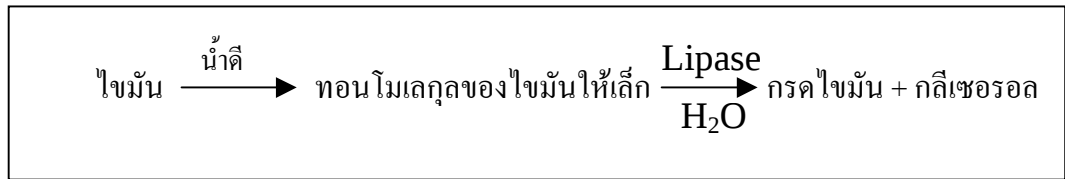
8. Lipase ย่อย ไขมัน → กรดไขมัน + กลีเซอรอล

2. Jejunum ดูดซึม

3. Ileum ดูดซึม ดูดน้ำดีกลับ

อวัยวะที่ช่วยในการย่อย

1. ตับ (liver) สร้างน้ำดี แล้วเก็บไว้ที่ถุงน้ำดี (gall bladder)

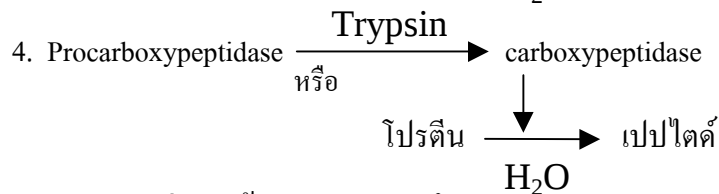
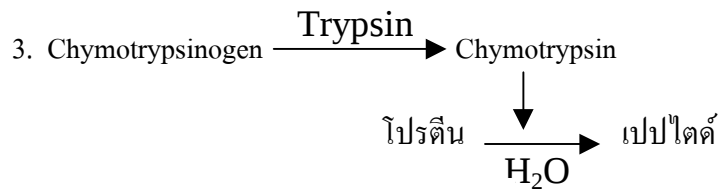
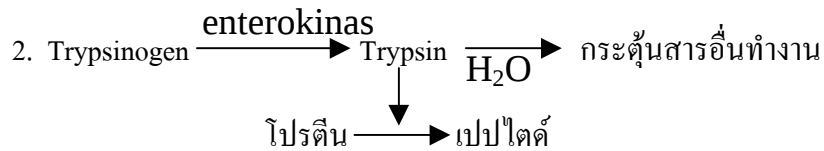


น้ำดีไม่ใช่เอนไซม์เพราะ

1. ไม่ใช่สารประกอบประเภทโปรตีน
2. เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วเสียสภาพไป

2. ตับอ่อน (pancreases) สร้างเอนไซม์ และสารดังนี้

1. $\text{NaHCO}_3 \longrightarrow$ ลำไส้เล็กมีสภาพเป็นเบส



5. Amylase ย่อย แป้ง $\longrightarrow$ มอลโทส

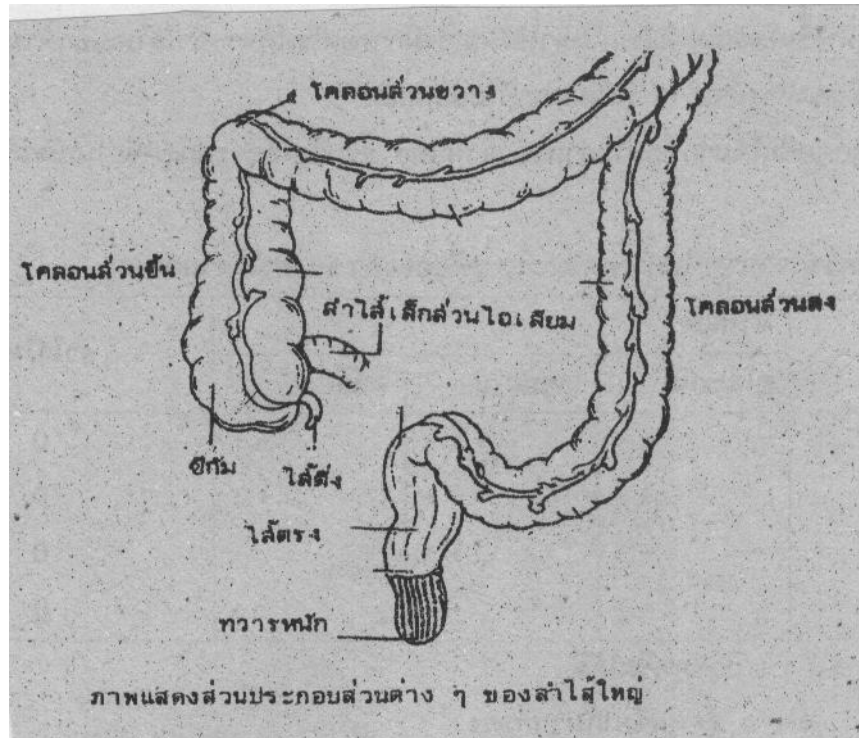
6. lipase ย่อย ไขมัน $\longrightarrow$ กรดไขมัน + กลีเซอรอล

7. Ribonuclease ย่อย RNA $\longrightarrow$ Nucleotide

8. Deoxyribonuclease ย่อย DNA $\longrightarrow$ Nucleotide

6. ลำไส้ใหญ่ (large intestine) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. caecum มีไส้ติ่ง (appendix) ติดอยู่
2. colon
3. rectum

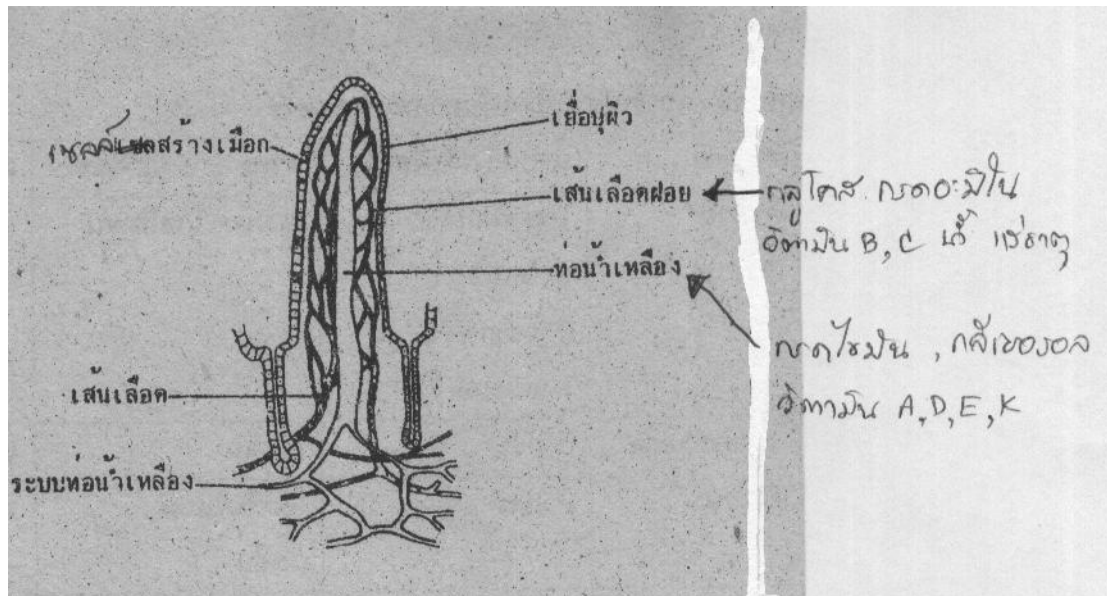


หน้าที่ของลำไส้ใหญ่

1. เก็บกากอาหาร
2. ดูดซึมน้ำ/เกลือแร่ แต่ไม่ดูด กรดอะมิโน/ กรดไขมัน/ กลีเซอรอล/ น้ำตาล (โมเลกุลเดี่ยว)
3. มีแบคทีเรีย บางชนิดสังเคราะห์ B12 จากกากอาหารแล้วดูดกลับไปได้

การดูดซึมอาหาร

- โดยโครงสร้าง วิลลัส (Villus)
- บริเวณลำไส้เล็ก



โครงสร้างวิลลัส

สรุปแหล่งสร้างน้ำย่อย

1. แหล่งสร้างน้ำย่อยคาร์โบไฮเดรต สร้างจาก

- ต่อมน้ำลายในปาก
- ตับอ่อน
- ลำไส้เล็ก

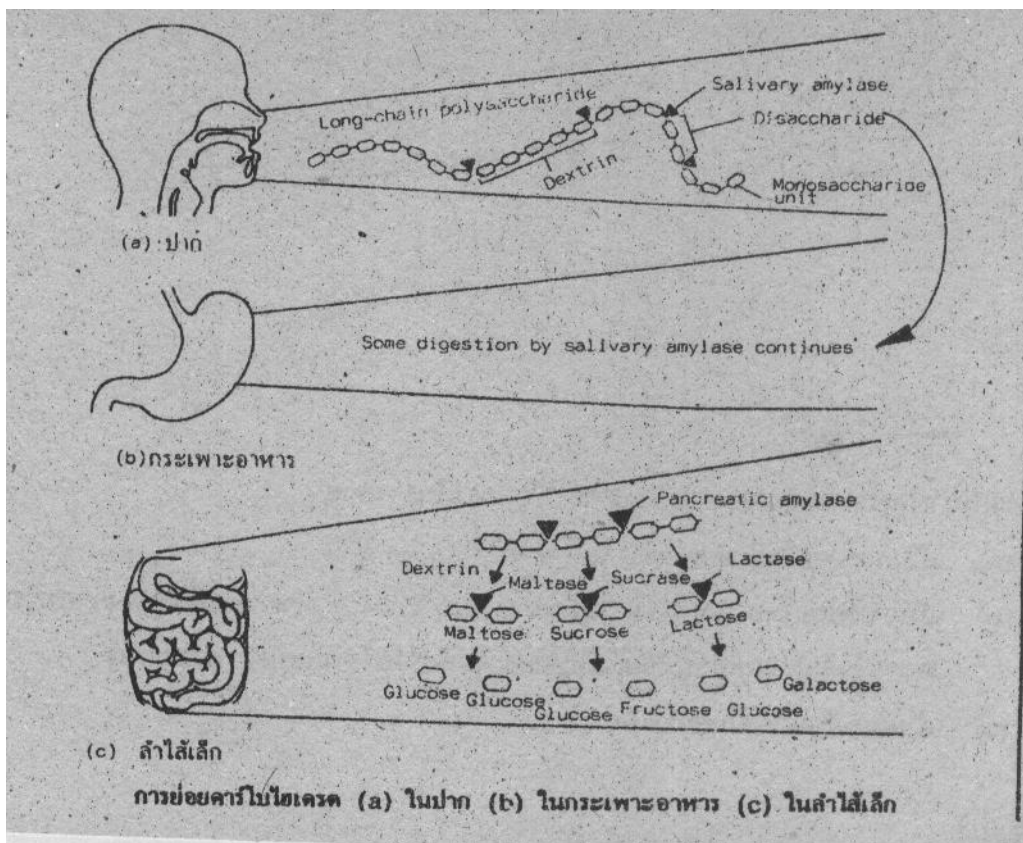
2. แหล่งสร้างน้ำย่อยโปรตีน สร้างจาก

- กระเพาะ
- ตับอ่อน
- ลำไส้เล็ก

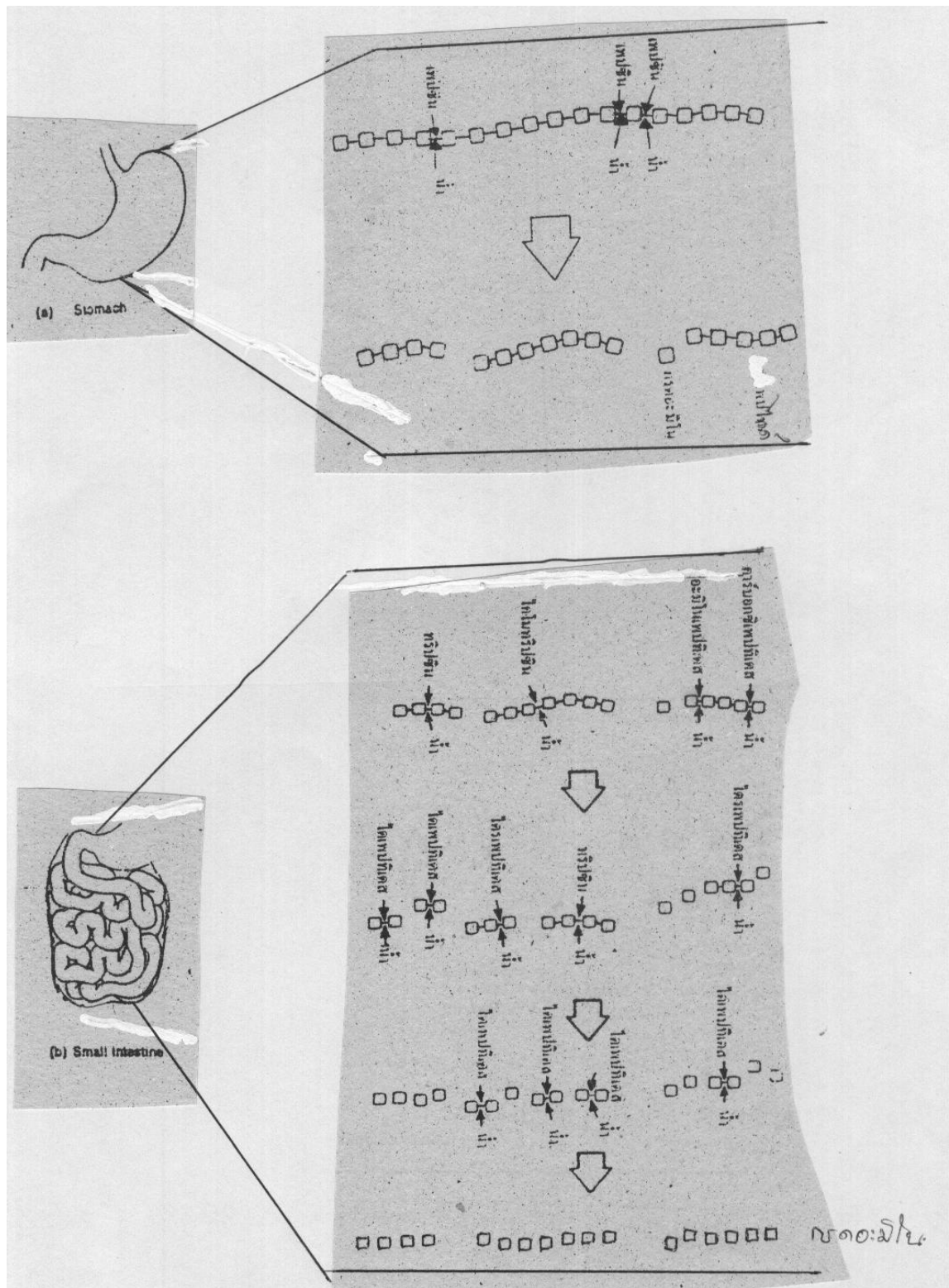
3. แหล่งสร้างน้ำย่อยไขมัน สร้างจาก

- ตับอ่อน
- ลำไส้เล็ก

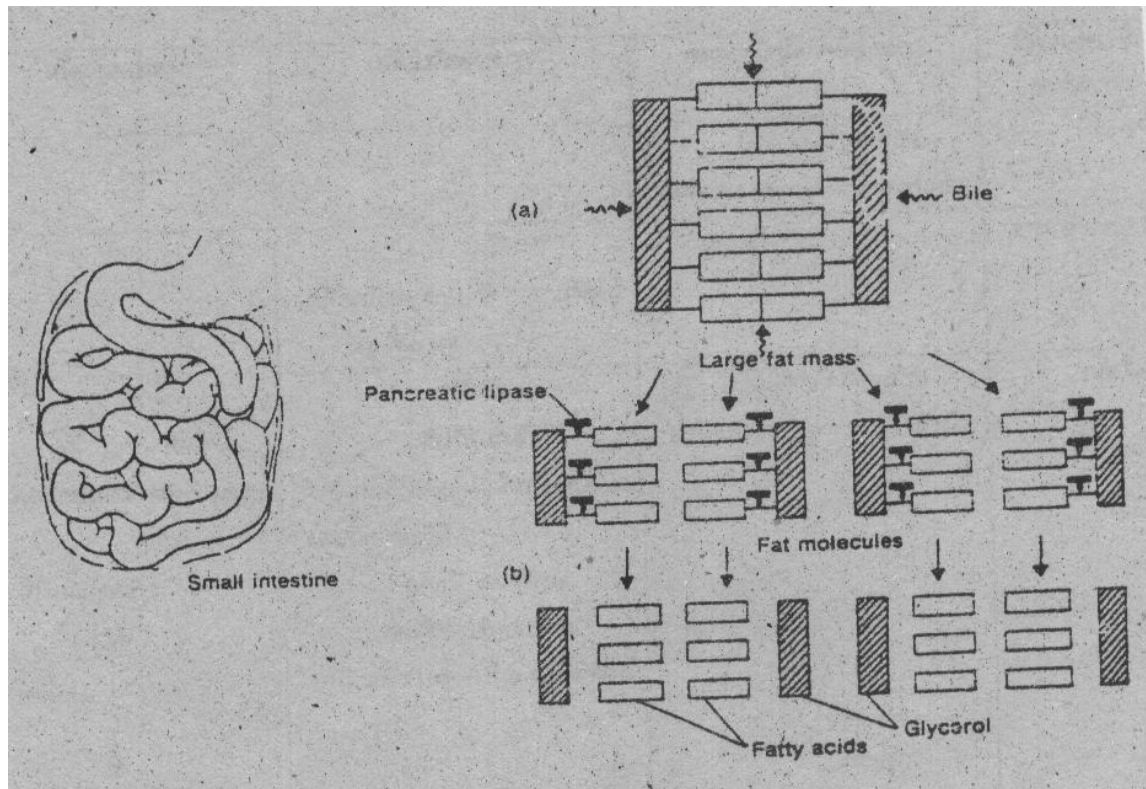
แผนภาพสรุปการย่อยคาร์โบไฮเดรตในร่างกาย



แผนภาพสรุปการย่อยโปรตีนที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก



แผนภาพสรุปการย่อยไขมันภายในลำไส้เล็ก



ตัวอย่างข้อสอบ

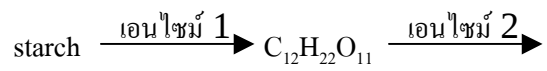
การย่อยอาหาร

1. ฟันส่วนที่เรียกว่า เขี้ยว และทำหน้าที่ในการฉีกอาหาร คือ
 1. incisor
 2. canine
 3. premolar
 4. molar
2. น้ำย่อยที่ไม่ได้สร้างจาก gastric คือ
 1. pepsinogen
 2. lipase
 3. prorennin
 4. trypsinogen
3. การย่อยทางเคมีในทางเดินอาหารของคนใช้เอนไซม์
(ก) ลิเพส (ข) เกลื่อน้ำดี (ค) ทริปซิน (ง) คาร์บอนซีเพปติเดส สำหรับปฏิกิริยาใน
สมการ : โปรตีน $\xrightarrow{1}$ เพปไทด์ $\xrightarrow{2}$ กรดอะมิโน และสมการ ก่อนไขมัน $\xrightarrow{3}$ ไขมันที่แตกตัว
 $\xrightarrow{4}$ กรดไขมัน เอนไซม์ สำหรับปฏิกิริยา 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ เป็นดังนี้
 1. ก. ข. ค. ง.
 2. ค. ง. ข. ก.
 3. ข. ง. ค.
 4. ค. ง. ก. ข.
4. ก่อนไขมัน $\xrightarrow{ก.}$ ไขมันที่แตกตัว $\xrightarrow{ข.}$ กรดไขมัน + กลีเซอรอล
น้ำ
จากสมการแสดงการย่อยอาหารจำพวกไขมันในทางเดินอาหารนี้ สาร (ก) และ (ข) หลังมาจากที่ใด
 1. (ก) ตับ (ข) ลำไส้เล็ก
 2. (ก) ตับ (ข) ลำไส้เล็ก และตับอ่อน
 3. (ก) ลำไส้เล็ก (ข) ตับอ่อน
 4. (ก) ตับอ่อน (ข) กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก
5. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยอาหารประเภทเดียวกัน คือ เอนไซม์ชนิดใด
 1. maltase, pepsin
 2. pepsin, lipase
 3. lipase, sucrase
 4. sucrase, maltase
6. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยอาหารแตกต่างกัน คือ เอนไซม์ชนิดใด
 1. trypsin, peptidase
 2. maltase, amylase
 3. amylase, lipase
 4. pepsin, chymotrypsin
7. กรดไขมัน และกลีเซอรอล ถูกดูดซึมโดยลำไส้เล็กทางใด
 1. เส้นเลือดแดง
 2. เส้นเลือดดำ
 3. เส้นเลือดฝอย
 4. ท่อน้ำเหลือง
8. สารอาหารที่มีการย่อยภายในกระเพาะอาหาร คือ
 1. เนื้อวัว
 2. น้ำตาลอ้อย
 3. น้ำมันหมู
 4. แป้งจากหัวเผือก

9. น้ำย่อยที่พบทั้งใน pancreatic juice และ intestinal juice คือข้อใด

1. maltase 2. lipase 3. trypsin 4. chymotrypsin

10. ในทางเดินอาหารของคน การย่อยตามสมการข้างล่างนี้คือ เอนไซม์ชนิดใด



เอนไซม์ 1

เอนไซม์ 2

- | | |
|------------|----------|
| 1. อะไมเลส | ลิเพส |
| 2. อะไมเลส | มอลเทส |
| 3. มอลเทส | ซูเครส |
| 4. เพปซิน | เพปทิเคส |
