บทที่ 13
ระบบย่อย การย่อยและการดูดซึมอาหาร

ระบบย่อยอาหาร (Digestive System **หรือ** Alimentary System)

ระบบย่อยอาหารประกอบด้วยส่วนที่เป็นทางเดินอาหาร (Digestive tube หรือ Gastrcintestinal tract หรือ Alimentary canal) และอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร

ระบบย่อยอาหารนี้มีหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยอาหาร ดูดอาหารเข้าสู่ร่างกาย และช่วยระบายอาหารจากร่างกายด้วย เพราะอาหารที่เรารับประทานเข้าไปส่วนมากเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันที ต้องมีการย่อยให้โมเลกุลเล็กลง เพื่อดูดซึมเข้าไปเลี้ยงร่างกายได้ มีอาหารเพียงไม่กี่ชนิดที่ไม่ต้องอาศัยการย่อยได้แก่ กลูโคส น้ำ กรดอะมิโนบางชนิด เช่น ผงชูรส และกรดไขมันที่มีคาร์บอนน้อยกว่าสิบตัว พวกนี้ถูกดูดซึมได้ทันทีที่กินเข้าไป

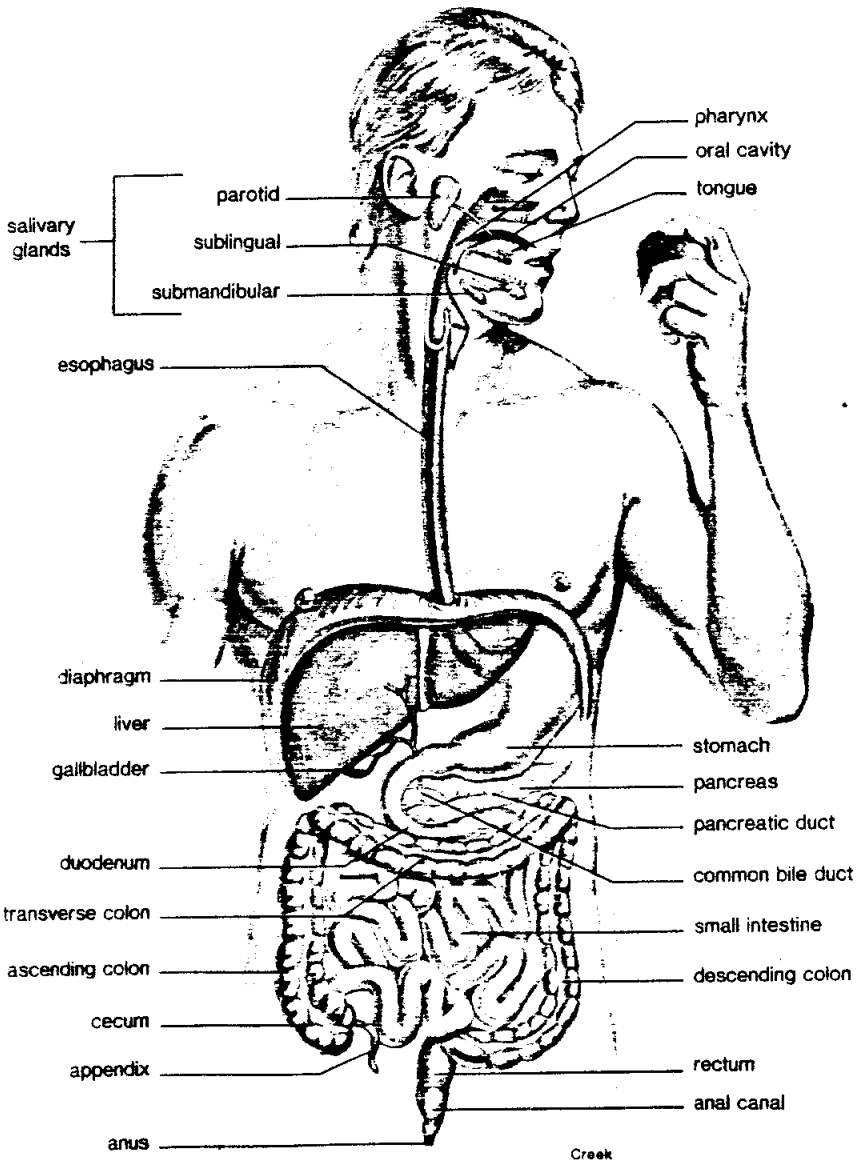
ทางเดินอาหาร ทางเดินอาหารหรืออวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร เป็นท่อยาวประมาณ 30 ฟุต หรือ 9 เมตร ตั้งแต่ปากถึงทวารหนัก ทางเดินอาหารส่วนมากขดอยู่ในช่องท้อง

ปากและช่องทวารหนักประกอบด้วยกล้ามเนื้อพวกที่อยู่ใต้การควบคุมของจิตใจ (Voluntary Muscle) ส่วนที่เหลือประกอบด้วยกล้ามเนื้อพวกที่อยู่นอกการควบคุมของจิตใจ (Involuntary Muscle)

ทางเดินอาหารประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ เรียงตามลำดับจากปลายบนไปล่างดังต่อไปนี้

1. ปาก (Mouth)
2. คอหอย (Pharynx)
3. หลอดอาหาร (Esophagus)
4. กระเพาะอาหาร (Stomach หรือ Gaster)
5. ลำไส้เล็ก (Small Intestine)
6. ลำไส้ใหญ่ (Large Intestine)
7. รูทวารหนัก (Anus)

ระบบย่อยอาหาร



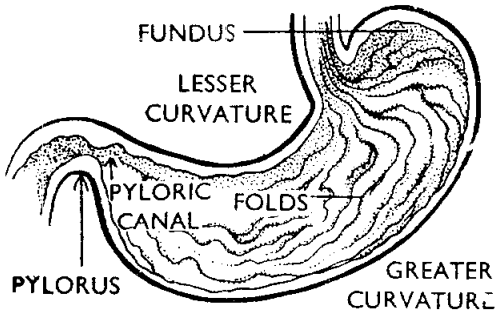
ปากและคอหอย ปรกติอาหารเข้าสู่ร่างกายทางปาก จากปากอาหารจะถูกกลืน (Deglutition) ลงไปในคอหอย ซึ่งคอหอยประกอบด้วยกล้ามเนื้อต่อจากปากไปหาหลอดอาหารสองข้างของคอหอยมีต่อมน้ำเหลืองคอยกั้นเอาเชื้อโรคไว้ คือต่อมทอนซิล (Tonsil) แต่ก่อนจะถึงคอหอยมีแผ่นเนื้อชิ้นเล็ก ๆ อยู่ เรียก "ลิ้นไก่" (Uvula)

หลอดอาหาร หลอดอาหารเป็นท่อที่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ ยาวประมาณ 9-10 นิ้ว หรือ 22.5 - 25 เซ็นติเมตร ตั้งต้นจากปลายล่างของคอหอย อยู่เบื้องหลังของหลอดลม (Trachea) ข้างหน้ากระดูกสันหลัง ทะลุกะบังลมไปติดต่อกับปลายของกระเพาะอาหาร

กระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารเป็นส่วนหนึ่งของทางเดินอาหารที่พองออก อยู่ต่อจากหลอดอาหารตั้งเฉียงอยู่ในบริเวณลิ้นปี่ บริเวณสะดือและบริเวณชายโครงของท้องกะบังลม รูปและตำแหน่งของกระเพาะอาหารนี้ จะเปลี่ยนแปลงไปได้โดยปริมาณของอาหารที่อยู่ในกระเพาะอาหาร ของระยะการย่อยอาหาร ความเจริญและอำนาจของกล้ามเนื้อที่ประกอบเป็นผนังกระเพาะอาหารและลำไส้มาเบียดหรืออัดกันอยู่ ตามลักษณะร่างของคนและตำแหน่งของร่างกาย คือในท่ายืนจะลงมาต่ำ ท่านอนจะขึ้นสูง คนอ้วนอยู่ขวาง คนผอมอยู่ตามยาว กระเพาะอาหารมีความจุประมาณ 1,000 - 1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขณะกินอาหารเต็มที่กระเพาะอาหารจะขยายใหญ่ยาว 10 นิ้ว กว้างราว 5 นิ้ว

กระเพาะอาหารแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนต่าง ๆ ของกระเพาะอาหาร



1. Fundus คือ ส่วนบนของกระเพาะอาหารที่ขึ้นเลยช่องที่ต่อกับหลอดอาหาร โดยมากมีอากาศอยู่ถ้าไม่มีของอื่น ตรงช่องที่ Fundus ต่อกับหลอดอาหารมีหูรูด Cardiac Sphincter ซึ่งทำหน้าที่เหมือนลิ้น (Valve) ป้องกันไม่ให้อาหารในกระเพาะย้อนกลับขึ้นสู่หลอดอาหารอีก

2. Body คือ ส่วนกลางของกระเพาะอาหารอยู่ระหว่าง Fundus กับ Pyloric Part แยกจาก Pyloric ตรง Angular notch

3. Pyloric Part คือ ส่วนปลายล่างของกระเพาะอาหารตรงที่พองออกของส่วนนี้เรียกว่า Pyloric Antrum

พื้นผิวในกระเพาะมีลักษณะคล้ายลูกคลื่น เรียกว่า รูกี (rugae)

หน้าที่ของกระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารมีหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. เป็นที่เก็บอาหารหรือเป็นที่พักอาหารชั่วคราว ซึ่งอาหารจะอยู่ในกระเพาะอาหารประมาณ 2 - 4 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหาร ชนิดของอาหาร (ไขในอยู่ได้นานที่สุดราว 4 - 5 ช.ม. โปรตีนอยู่ได้ราว 2 - 3 ช.ม. คาร์โบไฮเดรทอยู่ได้ราว 1 - 2 ช.ม. ส่วนน้ำใช้เวลาอยู่ในกระเพาะน้อยที่สุด) และสภาวะของจิตใจ (Psychologic Factors)

2. เป็นอวัยวะย่อยอาหาร ด้วยในผนังของกระเพาะอาหารมีต่อมสำหรับสร้างน้ำย่อย

3. ให้สารที่เรียกว่า intrinsic factor ซึ่งจำเป็นต่อการดูดซึมของวิตามิน บี $_{12}$ สำหรับสร้างเม็ดโลหิตแดง

ลำไส้เล็ก ลำไส้เล็กเป็นทางเดินอาหารที่ต่อจาก Pylorus ของกระเพาะอาหาร ขดม้วนไปมาอยู่ในบริเวณตรงกลางและส่วนล่าง ๆ ของช่องท้อง ลำไส้เล็กนี้ยาวประมาณ 20 ฟุต หรือ 6 - 6.5 เมตร (แต่บางคนก็ว่ายาวประมาณ 23 ฟุต หรือ 7 เมตร) ที่ต้องยาวขนาดนี้ก็เพื่อชลอให้อาหารอยู่นานพอที่การย่อยจะเสร็จสมบูรณ์ ตอนต้น ๆ ของลำไส้เล็กกว้างประมาณ 1 ½ นิ้ว หรือ 3.8 เซ็นติเมตร แล้วขนาดค่อย ๆ เล็กลงทุกทีจนตอนปลายที่สุดกว้างประมาณ 1 นิ้ว ตรงบริเวณที่ต่อกับ Pylorus ของกระเพาะอาหารมีหูรูดกั้นเรียกว่า Pyloric Sphincter

ลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

1. ตอนต้นเรียก Duodenum ยาวประมาณ 10 -12 นิ้ว หรือประมาณ 25 ซม. (Duodenum) เป็นภาษาลาตินมาจากคำว่า Duodecum แปลว่า 12) ต่อจากกระเพาะอาหารขดเป็นรูปตัว ก หรือตัว C หรือตัว U ตอนกลางมีท่อน้ำดีจากตับและน้ำย่อยจากตับอ่อนมาเปิดเข้า

2. ตอนกลางเรียก Jejunum หรือ Empty inestine (Jejunum เป็นภาษาลาตินมาจากคำว่า Jejunus แปลว่า "ว่างเปล่า" เพราะพบว่าคนที่ตายแล้ว Jejunum นี้ว่างเปล่า) ยาวประมาณ 7.5 - 8 ฟุต เป็นตอนที่มีการย่อยและการดูดซึมได้มากที่สุด

3. ตอนปลายเรียก Ileum หรือ Twisted intestine (การที่เรียก Twisted intestine เพราะมันขดไปขดมามาก) เป็นลำไส้เล็กส่วนที่ยาวที่สุด คือยาวประมาณ 10 - 12 ฟุต ผนังด้านนอกเป็นมันลื่น ผนังชั้นในเป็นที่ปล่อยน้ำย่อยออกมา ขณะเดียวกันก็ดูดซึมเอาอาหารที่ย่อยแล้วเข้าไป ผนังนี้จะมีชายขื่นออกมามากมาย ที่ชาวบ้านเรียกกันว่า "ผ้าขี้ริ้ว"

หน้าที่ของลำไส้เล็ก

1. เป็นที่ที่มีการย่อยอาหาร (Digestion) และการดูดซึมอาหาร (Absorption) มากที่สุด ซึ่งในการนี้จะใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

2. รับน้ำดี (Bile) จากตับ (Liver) และน้ำตับ (Pancreatic Juice) จากตับอ่อน (Pancrease)

3. ขับน้ำย่อย (Secretion) ที่เรียกว่าน้ำย่อยของลำไส้เล็ก (Succus entericus) และเซลล์ของลำไส้เล็กตอนต้น (Duodenal cells) ขับ Prosecretin ซึ่งเมื่อถูกกับคายม์ที่เป็นกรด (Acid Chyme) คืออาหารที่คลุกเคล้ากับน้ำย่อย มีลักษณะครึ่งแข็งครึ่งเหลว คล้ายข้าวต้มหรืออาเจียนหรืออ้วก (Vomit) มีปฏิกริยาเป็นกรดจะเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน Secretin ไปตามกระแสโลหิตสู่ ตับอ่อนและส่วนอื่น ๆ ของลำไส้ ซึ่งจะกระตุ้นให้อวัยวะเหล่านั้นหลั่งน้ำย่อย (Secretion) เข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้น (Duoeunum) มากขึ้น

ลำไส้ใหญ่ เป็นส่วนที่ต่อจาก Ileum โดยมีหูรูด Ileocolic sphincter หรือบางทีเรียก Ileo-cecal sphinctea กั้นไปจนถึงช่องทวารหนัก (Anus) ยาวประมาณ 5 ฟุต หรือ 1.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางราว 2 นิ้ว แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

1. Caecum คือ ส่วนที่ต่อมาจากลำไส้เล็ก เป็นที่ตั้งต้นของลำไส้ใหญ่ และเป็นส่วนที่เป็นกระพุ้งใหญ่ มีลักษณะเป็นถุงขึ้นลงไปจากที่ลำไส้เล็กมาต่อและติดต่อกัน ที่ส่วนปลายของ Caecum มีไส้ติ่ง (Vermiform Appendix) ยาวประมาณ 2 - 4 นิ้ว อยู่ตรงเหนือท้องน้อยด้านขวา

2. Colon ต่อจาก Caecum แบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เรียก Ascending colon เป็นส่วนที่ทอดขึ้นไปข้างบนทางขวาของช่องท้องไปจนถึงพื้นล่างใต้ตับ เป็นตอนที่ส่งกากอาหารขึ้นข้างบน ยาวประมาณ 8 นิ้ว

ตอนที่ 2 เรียก Transverse colon เป็นส่วนที่ทอดขวางช่องท้องจากขวาไปซ้าย กากอาหารจะถูกส่งจากขวาไปซ้าย ยาวประมาณ 14 นิ้ว

ตอนที่ 3 เรียก Descending colon เป็นส่วนที่ทอดลงมาข้างล่างด้านซ้ายของช่องท้อง ซึ่งเป็นที่ที่กากอาหารเคลื่อนลงข้างล่าง ยาวประมาณ 12 - 14 นิ้ว ส่วนปลายของมันทอดโค้งคล้ายรูปอักษร "S" เรียกว่า Sigmoid colon

3. Rectum (ไส้ตรง) เป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้ใหญ่ที่ต่อจาก Descending colon ยาวราว 5 - 6 นิ้ว อุจจาระจะถูกขับออกจากลำไส้ทางทวารหนักนี้ โดยปรกติอุจจาระออกจากร่างกายหลังจากกินอาหารแล้วประมาณ 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า ทางรูทวารหนัก (Anal canal)

หน้าที่ของลำไส้ใหญ่

1. ช่วยย่อยอาหาร และดูดซึมอาหารที่ยังเหลืออยู่จากลำไส้เล็ก
2. ถ่ายระบายของเสีย (Waste Products) ซึ่งได้แก่เศษอาหารออกจากร่างกาย
3. ดูดน้ำ ทำให้กากอาหารข้นเข้า และดูดของบางอย่าง จึงเป็นหนทางให้น้ำ อาหาร และยาแก่ผู้ป่วยได้ทางทวารหนัก

อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร มี

1. ฟัน (Teeth หรือ Dentes)
2. ลิ้น (Tongue)
3. ต่อมสร้างน้ำย่อย (Digestive glands) ประกอบด้วย
   3.1 ต่อมน้ำลาย (Salivary glands)
   3.2 ต่อมสร้างน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร (Gastric glands)
   3.3 ตับอ่อน (Pancreas)
   3.4 ต่อมสร้างน้ำย่อยในลำไส้ (intestinal glands)
   3.5 ตับ (Liver หรือ Hepar)

ฟัน เมื่ออาหารถูกส่งเข้าสู่ช่องปาก ฟันซึ่งอยู่ในปากจะทำหน้าที่เคี้ยวบดให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะได้คลุกเคล้ากับน้ำลาย น้ำย่อย และพร้อมที่จะกลืนได้สะดวก

ลิ้น ลิ้นเป็นอวัยวะที่มีกล้ามเนื้อหนาแน่นมาก มีปุ่มสำหรับรู้สึกรสอยู่ทั่วไป ทำหน้าที่ช่วยในการพูด ช่วยเลือกอาหารให้ถูกต้องโดยอาศัยปุ่มรส ช่วยในการเคี้ยวอาหาร (mastiction) ด้วยการเคลื่อนไหวของลิ้นจะช่วยผลักอาหารให้ฟันเคี้ยว ช่วยในการกลืน (deglutition) ด้วยการคลุกเคล้าอาหารเข้ากับน้ำลาย ทำให้อาหารลื่นกลืนลงไปในคอได้ง่าย

ต่อมน้ำลาย น้ำลายสร้างจากต่อมน้ำลาย 3 คู่ ซึ่งอยู่ในบริเวณปาก แล้วขับเข้าไปในปากทางท่อน้ำลาย น้ำลายที่สร้างขึ้นแบ่งตามลักษณะได้ 2 ชนิดคือ ชนิดใส (serous) และชนิดเหนียว (mucous) ต่อมน้ำลายทั้ง 3 คู่ คือ

คู่ที่ 1 อยู่ข้างกกหู เรียก Parotid glands เป็นต่อมน้ำลายที่ใหญ่ที่สุด ตั้งอยู่ข้างหน้าและข้างใต้หู หรือที่โคนกรรไกร มีท่อเรียกว่า Parotid duct ทอดมาข้างหน้ามาเปิดเข้าสู่ปากที่

บริเวณกระพุ้มแก้ม ถ้าต่อมนี้อักเสบ บริเวณข้างกกหูจะบวมแดงและเจ็บ เรียกว่าโรคคางทูม (Mump หรือ Acute epidemic parotitis) Parotid glands สร้างน้ำลายชนิดในเพียงอย่างเดียว

คู่ที่ 2 อยู่ที่คางหรือใต้ขากรรไกร เรียก Submaxillary glands ตั้งอยู่ใต้ขากรรไกรล่างเยื้องไปข้างหลังใกล้กับ Ramus ของขากรรไกรล่าง มีท่อ Wharton's duct ไปเปิดเข้าในพื้นของปากใต้ลิ้น ต่อมน้ำลายคู่นี้สร้างน้ำลายทั้งชนิดเหนียวและชนิดใส แต่มีชนิดใสมากกว่าชนิดเหนียว

คู่ที่ 3 อยู่ใต้ลิ้น เรียก Sublingual glands มีท่อ Rivinus's duct ไปเปิดเข้าในพื้นของปากใต้ลิ้น ใกล้ ๆ กับท่อของ Submaxillary glands ต่อมคู่นี้สร้างน้ำลายชนิดผสมกันแต่มีชนิดเหนียวมากกว่าชนิดใส

ต่อมที่สร้างน้ำลายชนิดใสมักสร้างน้ำย่อย (enzyme) ด้วย ได้แก่ ไทอะลิน (Ptyalin) หรือที่เรียกว่า Salsvary amytase ส่วนต่อมที่สร้างน้ำลายชนิดเหนียวมักไม่สร้างน้ำย่อย แต่สร้างเมือก (Mucin) [1] ออกมาซึ่งมีความสำคัญมาก เพราะเมือกนี้จะไปเคลือบอาหารทำให้เป็นก้อนลื่นสะดวกแก่การกลืน นอกจากนี้มันยังถูกกลืนลงไปเคลือบผนังของกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ทำให้น้ำย่อยไม่สามารถไปย่อยผนังกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กได้ ปรกติน้ำลายมีฤทธิ์เป็นด่าง จึงทำให้แคลเซียมในฟันไม่ถูกละลาย ด้วยแคลเซียมละลายในสารละลายที่เป็นกรด

น้ำลายเริ่มออกสู่ช่องปากตั้งแต่เราเริ่มคิดถึงอาหาร พูดถึงอาหาร ได้กลิ่น ได้เห็น ได้แตะต้องอาหาร โดยเฉพาะการพูดถึงอาหารที่มีรสเปรี้ยว น้ำลายก็ยิ่งออกมา ครั้นอาหารเข้าสู่ปากเราได้รับรสด้วยปุ่มรับรส (taste bud) ที่ลิ้น ก็ยิ่งจะทำให้น้ำลายออกมากขึ้น คนเราหลั่งน้ำลายออกมาประมาณวันละ 1 ถึง 1.5 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่กิน ที่จริงน้ำลายไม่ใช่ได้มาจากต่อมน้ำลายเพียงแหล่งเดียว แต่ได้จากต่อมเล็ก ๆ อื่น ๆ ของปากด้วย นั่นคือต่อมน้ำลายขับ Secretion ออกมาปนกับ Secretion ของต่อมเล็ก ๆ อื่น ๆ ของปาก แล้วรวมกันเรียกว่า น้ำลาย (Saliva)

ส่วนประกอบของน้ำลาย น้ำลายประกอบด้วย

1. น้ำประมาณ 99.4% สำหรับละลายอาหาร

2. Inorganic Salts คือ เกลือแร่ต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียม โปตัสเซียม โซเดียม เป็นต้น

3. Organic คือ พวกสารอินทรีย์ ได้แก่ สารเมือก (mucous) สำหรับทำให้อาหารลื่นและน้ำย่อย Salivary amylase ที่มีชื่อว่า ptyalin น้ำย่อยนี้มีมากที่สุดในคน สัตว์อื่น ๆ มีน้อย โดยเฉพาะในสุนัขไม่มีเลย สุนัขจึงกลืนกินอาหารทั้งก้อน เว้นแต่อาหารนั้นก้อนใหญ่เกินไปมันจึงจะเคี้ยวย่อยให้เป็นชิ้นเล็กลงบ้างเท่านั้น นอกจากนี้ในน้ำลายยังมีพวกเซลล์เยื่อเมือก (epithelial cells) และเม็ดโลหิตขาวปนออกมาด้วย

หน้าที่ของน้ำลาย

1. ช่วยหล่อลื่นก้อนอาหารเพื่อสะดวกในการกลืน เมื่ออาหารที่กินเข้าไปได้คลุกเคล้ากันน้ำลายมักจะอ่อนตัวลงมีพื้นผิวลื่นขึ้น น้ำลายนอกจากจะเคลือบอาหารให้ลื่นแล้ว ยังไปคลุกเคล้าให้ปั้นเป็นคำ ๆ เรียกว่า bolus เพื่อสะดวกต่อการกลืน

2. ละลายอาหารที่กินเข้าไปให้เป็นของเหลวซึ่งเป็นสารละลายของอาหาร เพื่อไปกระตุ้นปุ่มลิ้มรสบนเพดานลิ้น ช่วยในการลิ้มรสอาหาร

3. ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ภายในปากชุ่มชื้น ช่วยให้การพูดสะดวก เพราะถ้าปากแห้งการพูดจะฝืดเคือง

4. ทำให้ปากและฟันสะอาดจากเศษอาหาร ด้วยน้ำลายจะชะล้างเศษอาหารและคราบอาหารที่ติดอยู่ตามซอกฟัน หลืบเหงือก และในบริเวณอื่น ๆ เช่นคราบของไขมัน เศษของไขมัน คราบคาร์โบไฮเดรท และเศษของคาร์โบไฮเดรท ที่อยู่ตามตัวฟันและซอกฟันจะถูกน้ำลายละลายให้หลุดหายไป แม้แต่โปรตีนซึ่งน้ำลายไม่สามารถย่อยได้ น้ำลายก็ยังทำให้เศษเนื้อที่ติดอยู่ตามซอกฟันมีขนาดเล็กลงจนอาจหลุดออกจากซอกฟันได้

5. ช่วยขับถ่ายของเสีย สารจำพวกโลหะหนักและยาบางอย่าง ถูกขับออกทางน้ำลายโดยต่อมน้ำลาย

6. ในน้ำลายมีน้ำย่อยไทอะลิน ซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้งที่สุก หรือแป้งที่ละลายได้ ให้เป็นเดรกซ์ตรินและย่อยเดรกซ์ตริน และไกลโคเจนให้เป็นน้ำตาลมอลโทส นอกจากนี้ในน้ำลายยังมีน้ำย่อยจำพวกมอลเทส (Maltase) อยู่บ้างเล็กน้อย การย่อยจึงไม่อาจเป็นไปอย่างสมบูรณ์ได้ น้ำย่อยในน้ำลายจะทำงานได้ดีที่ pH 6.6 - 6.8

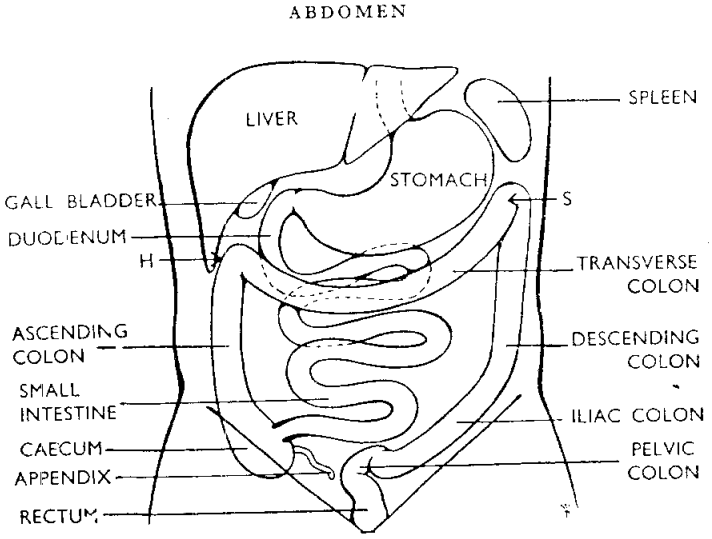
ต่อมสร้างน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร

น้ำย่อยในกระเพาะอาหารจะหลั่งออกมาสู่กระเพาะอาหารหลังจากที่น้ำลายไหลในปากราว 5 นาที จากการที่เราคิดถึงอาหารที่ชอบ การพูดถึง การได้กลิ่น ได้เห็น และการได้ลิ้มรส แล้วเกิดปฏิกิริยาเฟล็กซ์ (reflex) โดยกระแสประสาทจากมันสมองซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ในมันสมองจะไปเร้าต่อมน้ำย่อยจากกระเพาะอาหารให้ขับน้ำย่อยออกมา ปริมาณน้ำย่อยและระยะเวลาที่ออกขึ้นอยู่กับสภาพทางจิตของเจ้าที่สัมพันธ์กับอาหาร ถ้าเป็นอาหารที่ชอบ ที่ถูกปาก มีกลิ่นชวนรับประทาน น้ำย่อยจะออกมากและออกอยู่นาน ตรงกันข้ามหากเป็นอาหารที่ไม่ชอบ รสชาติไม่ถูกปาก มีกลิ่นไม่ควรรับประทานสำหรับเขาคนนั้นแล้วก็จะทำให้น้ำย่อยแทบจะไม่ออกเอาเสียเลย เหตุนี้อาหารที่รับประทานเข้าไปซึ่งมีเพียงเล็กน้อยอยู่แล้วก็ไม่สามารถย่อยได้เป็นปกติ ทำให้เกิดการหมักเปรี้ยวมีก๊าซเกิดขึ้น ที่เรียกกันว่าธาตุพิการอาหารไม่ย่อย หรือท้องอืดท้องเฟ้อ

ฉะนั้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดความอยากและน้ำย่อยออกมาก จึงมีการจัดตบแต่งอาหารให้น่าดูปรุงกลิ่นให้ชวนรับประทาน จากหลักการอันนี้เองได้มีการจัดอาหารเบา ๆ ขั้วน้ำย่อยที่เรียกว่า "แอปเปอะไตเซอร์" (aipetizer คือผู้ทำให้เกิดความหิว) เช่นของว่างสำหรับขบเคี้ยวเล่นเป็นสิ่งละอันพันละน้อยที่เรียกว่า "ออร์เดิฟ" (Hors doeuvres) ซุบในที่เรียกว่า "คอนซอมเม่" (Consomme) เพื่อเรียกน้ำย่อย ทำให้เกิดความหิว แล้วอาหารได้มาก

ปรกติน้ำย่อยในกระเพาะอาหารออกมาน้อย ๆ อยู่ตลอดเวลา แต่ภายหลังเริ่มกินอาหารแล้วมันจะออกมากมากที่สุด ซึ่งการออกมาของน้ำย่อยในกระเพาะ มีลักษณะเดียวกับการที่เหงื่อออกจากผิวหนังนั่นเอง

น้ำย่อยจากกระเพาะมีหลายชนิด แต่การหลั่งน้ำย่อยแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับการกระตุ้นของอาหารแต่ละชนิด นั่นคืออาหารแต่ละชนิดจะกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยได้ต่างกัน เช่น อาหารโปรตีนจะกระตุ้นน้ำย่อยที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารชนิดนั้นให้หลั่งออกมา หรือถ้าเป็นไขมันก็จะไปกระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งน้ำย่อยสำหรับน้ำย่อยสำหรับย่อยไขมัน และมีน้ำดีไหลจากตับมาสู่ลำไส้มากยิ่งขึ้น



การที่น้ำย่อยและกรดเกลือในกระเพาะอาหาร จะหลั่งออกมามาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับสาเหตุโดยสรุปดังนี้

น้ำย่อยและกรดเกลือหลั่งออกมาก	น้ำย่อยและกรดเกลือหลั่งออกน้อย
1. การกลูกกระตุ้นโดยสารเคมีในอาหาร ได้แก่ สารในเนื้อสัตว์ เครื่องเทศ เหล้า อาหาร ที่เป็นกรด 2. อาหารที่ประดับตกแต่งให้ดูสวยงาม 3. อาหารที่ชอบสี กลิ่น รส ชวนรับประทาน 4. มีความสุขกายสบายใจ อารมณ์ดี สดชื่น แจ่มใน ร่าเริง เบิกบาน 5. บรรยากาศและสถานที่น่าอภิรมย์ ในการรับประทาน	1. อาหารที่มีมันเลี่ยนมากเกินไป เช่นอาหารที่ปรุงโดยวิธีทอด 2. รับประทานอาหารมากเกินไป 3. อาหารที่เค็ยวยาก 4. อาหารที่เห็นแล้วมีลักษณะจืดชืด ไม่น่ารับประทาน 5. อาหารที่ไม่ชอบ สี กลิ่น รส ไม่น่ารับประทาน 6. สูบบุหรี่จัด โดยเฉพาะสูบบุหรี่เสร็จแล้วรับประทานอาหารทันที 7. มีความกังวล โกรธ กลัว เจ็บปวด 8. ออกกำลังกายทันทีภายหลังรับประทานอาหาร

ต่อมของกระเพาะอาหาร

น้ำย่อยในกระเพาะอาหารออกมาจากต่อมที่ผนังกระเพาะ ซึ่งมีผนังกระเพาะมีต่อมอยู่ประมาณ 35 ล้านต่อม แบ่งเป็นต่อมใหญ่ ๆ 3 ชนิด คือ

1. Cardiac glands อยู่ใกล้กับช่องต่อระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหารที่เรียกว่า Cardiac orifice ทำหน้าที่ขับน้ำเมือก (Mucin)
2. Gastric glands หรือ Fundic glands อยู่ที่ Fundus และ Body ของกระเพาะอาหาร ต่อมพวกนี้ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ
   (1) Chief Cells หรือ Central Cells มีหน้าที่ขับน้ำย่อย Pepsinogen และ Rennin

(2) Parietal Cells หรือ Oxyntic Cells อยู่ข้างหลัง Chief Cells ขับกรดเกลือ (Hydrochloric acid = HCI)

เมื่ออาหารสัมผัสผนังกระเพาะ เซลล์ที่ผนังกระเพาะจะผลิตฮอร์โมน Gastrin ซึ่งจะไปเร่ง Chief cells และ Parietal cells ให้ผลิตและขับน้ำย่อย Pepsinogen และกรดเกลือ เมื่อ Pepsinogen รวมกับกรดเกลือ กลายเป็น เพปซิน (Pepsin)

(3) Pyloric glands มีอยู่ทั่วไปใน Pylorus ทำหน้าที่ขับ Pepsinogen น้ำเมือก (Mucin) และ Rennin

น้ำหลั่ง (Secretion) ที่ขับออกมาจากต่อมต่าง ๆ เหล่านี้ รวมกันเรียกว่าน้ำย่อยจากกระเพาะ (Gastric Juice) ซึ่งน้ำย่อยจากกระเพาะอาหารเป็นของเหลวใส สีเหลืองจางมีลักษณะเหนียวเล็กน้อย มีความเป็นกรดสูง pH = 0.87 - 1 ในวันหนึ่ง ๆ มีน้ำย่อยออกมาประมาณ 2 - 3 ลิตร

ส่วนประกอบของน้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร

น้ำย่อยจากกระเพาะอาหารเป็นสารเคมีที่ประกอบด้วย

1. น้ำ

2. พวกแร่ธาตุ ที่มีประจุบวก เช่น Na^+, K^+, Mg^{++} และ H^+ ส่วนที่มีประจุลบ เช่น SO_4, PO_4 และ CI^- ส่วนประกอบของแร่ธาตุเปลี่ยนแปลงตามอัตราการขับของน้ำย่อยกระเพาะอาหาร

3. พวกสารเมือก สารเมือกหรือน้ำเมือกถูกขับออกมาจากผนังกระเพาะแล้วเคลือบหรือไล้ผิวภายในกระเพาะ เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งใดผ่านเข้าไปทำอันตรายกล้ามเนื้อกระเพาะได้ ทำให้ความเป็นกรดลดลง และช่วยหล่อลื่น เมื่อเพปซินทำงานได้ดีในสารละลายที่เป็นกรด เมื่อเข้ามาในที่เป็นด่างมันจะทำงานไม่ได้ จึงทำให้เพปซิน ไม่สามารถทำงายโปรตีนในเซลล์ของเยื่อบุกระเพาะอาหารจัดเป็นการป้องกันกระเพาะอาหารอักเสบหรือเป็นแผล หรือแม้แต่กรดเกลือ ซึ่งปรกติหากถูกมือ มือจะพองทันที แต่กรดเกลือที่รุนแรงนั้นก็ผ่านน้ำเมือกเข้าไปทำลายผนังกระเพาะไม่ได้ สรุปได้ว่าน้ำเมือกจะทำหน้าที่ขวางกั้นไม่ให้น้ำย่อย หรือสิ่งอื่นใดที่มีรสจัดเช่นเผ็ดหรือร้อนจัดจากพวกเครื่องเทศหรือเปรี้ยวจัดจากน้ำส้มสายชู ทำอันตรายกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารได้ กระเพาะอาหารจะเป็นแผลและปวดท้องได้ก็ด้วยภาวะไม่ปรกติของจิตใจ โดยเฉพาะภาวะของจิตใจขณะที่มีอาหารอยู่เต็มกระเพาะ เช่น โกรธ โมโห เกลียด วิตกกังวล จะทำให้กรดกระฉอกไปทั่วกระเพาะ ทำให้กระเพาะร้อนเป็นไฟแต่จะไม่เป็นอันตรายเพราะมีน้ำเมือกกั้นไว้ และกรดอันรุนแรงนั้นยังพุ่งออกไปสู่ลำไส้

เล็กตอนต้นที่เรียกดูโอดีนัมโดยที่ไม่ได้ปะปนกับอาหาร ดูโอดินัม ซึ่งไม่มีเมือกป้องกันกรดก็จะถูกกรดกัดเป็นแผลได้โดยง่ายแล้วทำให้ปวดท้องส่วนอารมณ์กลัวจะทำให้น้ำย่อยในกระเพาะออกน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการ และทำให้กระเพาะทำงานเนื่อยหรือหยุดทำงานเป็นเหตุให้กระเพาะเป็นแผลได้ ฉะนั้นถ้ามีอารมณ์เครียดบ่อย ๆ อาการเจ็บป่วยก็จะเกิดขึ้นแก่กระเพาะได้

4. Pepsinogen เป็น Proenzyme ตัวมันเองยังย่อยโปรตีนไม่ได้ ต้องเปลี่ยนเป็น Pepsin ก่อนจึงทำหน้าที่ได้ การที่ Pepsinogen จะเปลี่ยนเป็น Pepsin ต้องได้รับการช่วยเหลือ จากกรดเกลือ หรือต้องมี Pepsin จำนวนเล็กน้อยในน้ำย่อยกระเพาะอาหาร ดังนี้

กรดเกลือ (HCl) หรือ

Pepsinogen ——————————→ Pepsin

Pepsin จำนวนเล็กน้อย

เพปซินออกฤทธิ์ได้ดีที่ความเป็นกรด pH ประมาณ 2.0

ในยางลูกมะละกอดิบ มีน้ำย่อยชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ปาเปอิน (Papain) มีฤทธิ์คล้ายเพปซิน เพราะฉะนั้นเมื่อเอายางลูกมะละกอดิบคลุกเนื้อ เนื้อก็จะเปื่อยยุ่ยทันตาเห็นทีเดียว

5. เรนนิน (Rennin) เป็นน้ำย่อยที่มีในกระเพาะของเด็กหรือสัตว์ที่อ่อนอายุ สำหรับย่อยสารโปรตีนในน้ำนม คือเคซีน (Casein) และ เคซิโนเจน (Caseinogen) ให้เป็นก้อนข้นและแข็งตัว (Curd) เพราะในกระเพาะของเด็กมีกรดเกลือถูกขับออกมาน้อย ไม่สามารถทำให้โปรตีนของน้ำนมจับตัวกันเป็นก้อนแข็งได้ แต่ในกระเพาะของผู้ใหญ่ก็ไม่มีเรนนินหรือมีก็น้อยมากด้วย ในกระเพาะของผู้ใหญ่มีการขับกรดเกลือออกมามากพอที่จะทำให้นมตกตะกอนเป็นก้อนได้อยู่แล้ว การที่ต้องจับตัวเป็นก้อนแข็งก็เพื่อป้องกันมิให้มันไหลผ่านกระเพาะรวดเร็วเกินไป ไม่ทันถูกย่อย และการที่เป็นก้อนจะได้มีโอกาสถูกย่อยโดยเพปซินได้ดีขึ้น

เรนนินเมื่อถูกขับออกมาครั้งแรกอยู่ในรูปของ Proenzyme คือ Prorennin เมื่อถูกกับกรดเกลือจะเปลี่ยนเป็นเรนนิน เรนนินจะทำให้โปรตีนในนมคือ เคซีนเปลี่ยนเป็นพาราคาซีเนท (Paracaseinate) แล้วจะรวมตัวกับแคลเซียมเป็นตะกอนแคลเซียมพาราคาซีเนท (Calcium Paracaseinate) ซึ่งจะอยู่ในกระเพาะนานพอที่เพปซินจะย่อยได้

เรนนินทำงานได้ที่ความเป็นกรด pH 4.0 - 6.0 และไม่ทำงานที่ pH ต่ำกว่า 4.0

6. กรดเกลือ (Hydrochloric acid = HCl) กรดเกลือสร้างจาก Parietal cells ในต่อมของกระเพาะ เซลล์ชนิดนี้อยู่บริเวณกึ่งกลางของกระเพาะ (ส่วน body) เป็นจำนวนมากบริเวณ Pylorus ไม่มีอยู่เลย เพราะฉะนั้นน้ำย่อยที่หลั่งออกมาจึงมีฤทธิ์เป็นด่าง

วันหนึ่ง ๆ กรดเกลือจะถูกขับออกมาจากกระเพาะ ประมาณ 0.4 - 0.5 % ของปริมาณน้ำย่อยทั้งหมด 2 - 3 ลิตร มีความเข้มข้น 0.2 - 0.4 %

กรดเกลือเมื่อขับออกมาจากกระเพาะใหม่ ๆ จะเข้มข้นและมีอำนาจรุนแรงที่สุดในบรรดาน้ำย่อยทั้งหมดในกระเพาะ ซึ่งเมื่อเอามือไปถูกเข้า มือจะพองทันที แต่แปลกที่มันไม่ทำอันตรายกระเพาะเลย ทั้งนี้ด้วยเหตุผลดังได้กล่าวแล้ว กรดเกลือที่หลั่งออกมาบางส่วนจะเป็นกลางโดยผสมกับด่างซึ่งขย้อนขึ้นมาจากลำไส้เล็ก ดังนั้นกรดจากกระเพาะจะจางลงเมื่อมีอาหารรวมอยู่ด้วย ในภาวะที่ผิดปรกติกรดจะเพิ่มปริมาณขึ้นหรือลดลงหรือไม่มีเลยก็ได้

หน้าที่ของกรดเกลือ มีดังนี้

(1) ช่วยกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อย เพปซิน และเรนนิน ทำให้โปรตีนจากอาหารผิดลักษณะเดิม เหมาะที่เพปซินจะออกฤทธิ์ย่อยได้

(2) ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมและเหล็ก โดยเฉพาะเหล็กจะถูกทำให้เป็นเกลือ ferrous ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้

(3) ช่วยให้น้ำตาลสองชั้น เช่น ซูโครส และ Nucleoprotein แตกตัว

(4) มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย ที่ปะปนเข้าไปกับอาหารและน้ำ ทำให้อาหารไม่บูดเน่าหรือไม่เกิดการติดเชื้อขึ้น จัดเป็น antiseptic สำหรับกระเพาะอาหาร

7. Intrinsic factor เป็นสารที่พบได้ในน้ำย่อยกระเพาะอาหาร มีความสำคัญมากสำหรับดูดซึมวิตามิน $บี_{12}$ ซึ่งจำเป็นสำหรับสร้างเม็ดเลือดแดง ถ้าเยื่อเมือกของกระเพาะอาหารไม่สร้างแฟคเตอร์นี้ จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางอย่างแรง (pernicious anemia) ปัจจุบันเรายังไม่ทราบชนิดของเซลล์ที่สร้างแฟคเตอร์นี้อย่างแน่นอน แต่มีความโน้มเอียงที่จะเชื่อว่า mucous neck cells เป็นตัวสร้าง

8. Gastric Lipase เป็นน้ำย่อยไขมัน (Lipid คำนี้มาจากภาษากรีก แปลว่า "ไขมัน") ที่มีอยู่บ้างในกระเพาะอาหาร แต่น้อยมาก จึงไม่ค่อยสำคัญ และมันออกฤทธิ์ย่อยไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้ดีที่ pH 5 - 6 ส่วนไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นต้องมี pH ประมาณ 7.5 จึงจะถูก

ย่อยได้ดี แต่ในกระเพาะอาหารมีฤทธิ์เป็นกรด pH 1 คือต่ำมาก Lipase ในกระเพาะจึงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพมากนัก ดังนั้นน้ำย่อยนี้จะย่อยเฉพาะไขมันที่แตกตัว หรือในสภาพที่เป็น emulsion เช่น ไข่แดงและนม ให้แตกตัวเป็นกรดไขมัน และกรีเซอรอล ส่วนไขมันอื่นต้องไปย่อยในลำไส้เล็ก

อย่างไรก็ตาม น้ำย่อยไขมันนี้ไม่ถูกทำลายด้วยกรดในกระเพาะอาหาร ดังนั้นเมื่อมันลงไปที่ลำไส้เล็กซึ่งมีความเป็นกรดลดลง มันจึงทำงานต่อได้

น้ำย่อยจากกระเพาะอาหารที่ประกอบด้วยน้ำย่อยหลายชนิดนี้ จะทำปฏิกริยากับอาหารชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะเพื่อแยกออกเป็นสารเคมีต่าง ๆ ที่มีอณูขนาดเล็กลงเสียชั้นหนึ่งก่อนก่อนที่จะส่งให้ลำไส้ย่อยต่อไป น้ำย่อยอาหารนี้เมื่อถูกชิ้นเนื้อที่เหนียวที่สุดที่คนกลืนเข้าไปถึงกระเพาะเนื้อก็จะเปื่อยภายในเวลาอันรวดเร็ว แต่น่าแปลกใจว่าทำไมน้ำย่อยนี้จึงไม่ย่อยกระเพาะของคนให้แหลกลาญไป แต่ถ้าคนกินกระเพาะหมูเข้าไป กลืนเข้าไปเฉย ๆ ไม่ต้องเคี้ยวก่อนก็ได้ น้ำย่อยอาหารจากกระเพาะของคนจะย่อยกระเพาะให้แหลกลาญไปในเวลาไม่เกิน 15 นาที

ต่อมสร้างน้ำย่อยในลำไส้เล็ก ต่อมสร้างน้ำย่อยในลำไส้เล็กมี 2 ต่อม คือ

1. Intestinal glnds หรือ Crypts of Lieberkuhn ต่อมพวกนี้พบทั่วไปในลำไส้เล็ก มีรูปคล้ายหลอดแก้ว (simple tubular glands) มีรูกลม ๆ มาเปิดที่พื้นของลำไส้มีหน้าที่สร้างเอนไซม์ (Intestinal Juice) หลายชนิด คือ

(1) เอนไซม์ย่อยโปรตีน น้ำย่อยจากลำไส้เล็กไม่สามารถย่อยโปรตีนที่กินเข้าไปโดยตรงได้ แต่สามารถย่อยพวกเพปไทด์ต่าง ๆ (Peptides) ซึ่งเป็นบางส่วนของโปรตีนที่ถูกย่อยแล้วโดยน้ำย่อยจากกระเพาะหรือตัวอ่อนโดยน้ำย่อยพวก เพปติเดส (Peptidase) ซึ่งทำปฏิกริยากับเพปไทด์ น้ำย่อยดังกล่าว ได้แก่

- Aminopeptidase หรือ Polypeptidase ย่อย Polypeptide ให้เป็น Dipeptide หรือ Tripeptide กับกรดอะมิโน
- Dipeptidase (Erepsin) ย่อย Dipeptide ให้เป็นกรดอะมิโน
- Tripeptidase ย่อย Tripeptide ให้เป็นกรดอะมิโน

(2) เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรท เรียก Disaccharases ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบ-ไฮเดรท พวกน้ำตาลสองขั้น (Disaccharide) มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ

- Sucrase หรือ Invertase ย่อย sucrose ให้เป็น glucose และ fructose น้ำย่อยทำงานได้ดีที่ pH 5.0 - 7.0
- Maltase ย่อย maltose ให้เป็น glucose สองโมเลกุล น้ำย่อยนี้ทำงานได้ดีที่ pH 5.8 - 6.2

- Lactase ย่อย Lactose ให้เป็น glucose และ galactose น้ำย่อยนี้ทำงานได้ดีที่ pH 5.4 - 6.0

(3) เอนไซม์ย่อยไขมัน คือ Intestinal Lipase ย่อยไขมันเฉพาะ Triglycerides ให้เป็นกรดไขมัน กับกลีเซอรอลหรือกลีเซอรีน

(4) เอนไซม์ Enterokinase เอนไซม์นี้ไม่ได้ช่วยย่อยอาหาร แต่ช่วยเปลี่ยนเอนไซม์ trypsinogen ที่หลั่งมาจากตับอ่อนและอยู่ในสภาพสารที่ไม่มีประสิทธิภาพให้เป็น trypsin ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพย่อยสารโปรตีนได้

นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อื่น ๆ อีก คือ

- Phosphatase และ insomatase หรือ 1 ; 6 glucosidase ทำงานได้ดีที่ pH 7.6 จะย่อย organic phosphate ออกเป็น phosphate อิสระ (free phosphate)

- Polynucleotidase จะย่อยกรด nucleic เป็น nucleic เป็น nucleotides

- Nucleotidase ย่อย purin หรือ pyrimidine nucleotides เป็น purine หรือ pyrimidine base และ pentose phosphate

2. Duodenal glands ต่อมเหล่านี้พบใน Submucous tissue ของ Duodenum เท่านั้นมีหน้าที่ขับ Secretin ซึ่งช่วยในการขับน้ำย่อยจากตับอ่อน (Pancreatic juice)

Intestinal glands และ Duodenal glands นี้ขับ intestinal digestive fluid ซึ่งเรียกว่า Suceus entericus

วันหนึ่ง ๆ ลำไส้เล็กสร้างน้ำย่อยออกมาประมาณ 3,000 มิลลิลิตร มีฤทธิ์เป็นด่าง pH 7.0 - 8.0 ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 98 อีกร้อยละ 2 เป็นส่วนอื่น ซึ่งในจำนวนนั้นมีขุยหรือคราบของเซลล์ที่หลุดออกมาจากผนังของลำไส้เล็กปนอยู่ด้วย

การขับน้ำย่อยออกจากลำไส้เล็กเป็นไปอย่างอัตโนมัติและเป็นปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ (reflex) ชนิดหนึ่ง ซึ่งคนจะจงใจบังคับให้ทำงานหรือหยุดทำงานไม่ได้ แต่ความสะเทือนใจหรืออารมณ์ของคนมีประสิทธิผลถึงการทำงานของลำไส้ นั่นคือเมื่ออาหารจากกระเพาะซึ่งมีทธิ์เป็นกรดที่เรียกว่า acid chyme กระตุ้นให้ Pyloric Sphinctor เปิดแล้วกระเพาะทำอาการหดรีดหรือบีบรูด (Peristalis) ให้คายม์นั้นผ่านลงไปในลำไส้เล็กตอนต้น อำนาจความเป็นกรดของคายม์เมื่อถูกกับผนังลำไส้เล็ก ก็จะเร่งให้ผนังลำไส้เล็กผลิตฮอร์โมน ชื่อ ซีเครตีน (Secretin) ฮอร์โมนนี้จะไหลเข้าสู่กระแสโลหิต และโดยการไหลเวียนของโลหิต ซีเครตีนจะถูกพาไปยังตับอ่อน ซึ่งเป็นอวัยวะหนึ่งมีท่อติดต่อกับลำไส้เล็กตอนต้น กระตุ้นผนังลำไส้เล็กให้ผลิตน้ำย่อยและเมื่อไปถึงตับก็จะกระตุ้นตับให้ปล่อยน้ำดีออกมาจากถุงน้ำดีสำหรับช่วยย่อยอาหารไขมัน การที่น้ำย่อยชนิดใดจะหลั่งน้ำย่อยสำหรับ

ย่อยคาร์โบไฮเดรทออกมามาก ถ้าเป็นไขมันก็จะกระตุ้นให้หลั่งน้ำย่อยสำหรับย่อยไขมัน ไลเปสจากตับอ่อนและน้ำดีจากตับอ่อนมามาก เป็นต้น

ด้วยน้ำย่อยในลำไส้เล็กมีฤทธิ์เป็นด่าง ก็จะทำให้อาหารที่ผ่านมาจากกระเพาะซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอยู่บ้างในตอนแรก กลายเป็นด่างหรือมีฤทธิ์เป็นด่างด้วย

ตับอ่อน ตับอ่อนทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ

ก. ขับน้ำย่อยจากตับอ่อน (Pancreatic juice) ซึ่งเป็นน้ำย่อยอาหารที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งเข้าไปในลำไส้เล็กตอนต้นระหว่างที่มีการย่อยอาหารในลำไส้เล็ก น้ำย่อยนี้จัดเป็น External secretion

ข. ให้ Internal secretion ซึ่งช่วยในการสะสมและเผาผลาญ (oxidation) กลูโคส เรียกว่า อินซูลิน (Insulin) แล้วซึมเข้าไปในโลหิตและนำไปสู่เนื้อเยื่อ (Tissues) ของร่างกาย

วันหนึ่ง ๆ ตับอ่อนสร้างน้ำย่อยประมาณ 800 มิลลิลิตร เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 98 อีกร้อยละ 2 เป็นน้ำย่อย (enzyme) ปรกตินำ้ย่อยจากตับอ่อนมีปฏิกิริยาเป็นด่างเนื่องจากมี bicarbonate มาก น้ำย่อยนี้สามารถย่อยบางส่วนหรือทั้งหมดของโปรตีน คาร์โบไฮเดรท และไขมัน และจะออกฤทธิ์ได้ดีในภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย ทั้งน้ำดี น้ำย่อยจากตับอ่อนและน้ำย่อยจากลำไส้เล็ก มีเกลือด่างมากพอที่จะเปลี่ยนอาหารเหลวที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระเพาะอาหารให้กลายเป็นกลาง ขณะอดอาหารพบว่าสิ่งที่อยู่ในลำไส้เล็กส่วนต้นมีฤทธิ์เป็นด่าง คือ pH ประมาณ 8.0 แต่ขณะมีการย่อยอาหารพบว่ามีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย คือ pH ประมาณ ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของกรดเกลือจากกระเพาะอาหาร แต่พวกน้ำย่อยของตับอ่อนก็คงทำงานได้

น้ำย่อยจากตับอ่อนไหลผ่านท่อตับอ่อน (Pancreatic Duct) ซึ่งมารวมกับท่อน้ำดี (Bile Duct) เป็นท่อรวม (Common Duct) เปิดเข้าลำไส้เล็กตอนต้น

น้ำย่อยจากตับอ่อนหรือเอนไซม์จากตับอ่อนมี 3 ชนิด คือ

1. เอนไซม์ย่อยโปรตีน ได้แก่

(1) Trypsinogen เป็น Proenzyme ซึ่งไม่สามารถย่อยโปรตีนได้ ต้องเปลี่ยนเป็น Trypsin ก่อนโดยอาศัย Enterodinase ซึ่งเป็นน้ำย่อยจากต่อมของผนังลำไส้เล็ก หรือตัว Trypsin เอง ในจำนวนเล็กน้อยก็ได้ ดังสมการ

$$\text{Trypsinogen} \xrightarrow{\text{enterokinase}} \text{Trypsin}$$

หรือ trypsin เล็กน้อย

Trypsin จะออกฤทธิ์ย่อยโปรตีนที่มีในธรรมชาติซึ่งกินเข้าไปโดยตรง หรือโปรตีนที่ถูกย่อยมาบ้างแล้วจากกระเพาะอาหารได้แก่ Proteoses และ Peptones ให้เป็น Polypeptides กับ dipeptides ในลำไส้เล็ก และย่อยต่อไปจนถึงขั้นกรดอะมิโน ทริฟซินมี pH 5.2 - 6.0 หาก pH ในลำไส้เล็กสูงกถึง 7.9 ทริฟซินจะย่อยตัวเอง หรือย่อยเซลล์ของตับอ่อนซึ่งเป็นโปรตีนได้ (Antocatalysis) แต่ร่างกายคนมีการป้องกันไว้โดยธรรมชาติ คือในน้ำสกัดจากต่อมอ่อนจะมี trypsin inhibitor อยู่ เพื่อกันตับอ่อนย่อยตัวเอง

(2) Chymotrypsinogen เป็น Proenzyme ที่ยังไม่สามารถทำงานได้ต้องเปลี่ยนเป็น Chymotrypsin โดยอาศัย trypsin ดังสมการ

$$\text{chymotrypsinogen} \xrightarrow{\text{Trypisn}} \text{chymotrypsin}$$

Chymotrypsin มีฤทธิ์เหมือน Trypsin แต่จะออกฤทธิ์ได้ดีที่ pH 8.9 ทั้ง Pepsin, trypsin และ chymotrypsin ออกฤทธิ์ร่วมกันช่วยย่อยโปรตีนให้เป็น Polypeptide และกรดอะมิโน

(3) Procarboxypeptidase ตัวของมันเองไม่สามารถทำการย่อยได้ ต้องเปลี่ยนเป็น carboxypeptidase ก่อน โดยอาศัย trypsin หรือ enterokinase ตัวใดตัวหนึ่ง ดังสมการ

$$\text{Procarboxypeptidase} \xrightarrow[\text{enterokinase}]{\text{Trypsin หรือ}} \text{carboxypeptidase}$$

Carboxypeptidase จะย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน

2. เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรท ได้แก่

Pancreatic Amylase (Amylopsin) ทำหน้าที่เช่นเดียวกับไทอะลินของน้ำลายคือประสิทธิภาพในปฏิกริยาที่เป็นด่างหรือเป็นกลาง และในภาวะที่ pH ประมาณ 7.1 ทำงานได้ดีที่สุด น้ำย่อยนี้จะย่อยพวกแป้งที่สุกแล้ว ไกลโคเจนและเดกซ์ตริน ให้เป็นน้ำตาลมอลโทส

3. เอนไซม์ย่อยไขมัน ได้แก่

Pancreatic Lipase ไลเปสนี้บางครั้งเรียก Steapsin น้ำย่อยนี้มีความสำคัญมากสำหรับย่อยและดูดซึมไขมัน ถ้าไม่มีน้ำย่อยไขมันจะถูกขับถ่ายออกทางอุจจาระมาก เรียก **Steatorrhoea**

ไลเปสเป็นน้ำย่อยที่มีฤทธิ์อ่อน แต่จะทำงานได้ดีถ้ามีแคลเซียมไอออน หรือน้ำดีร่วมด้วยและมี pH 8.0 ทั้งนี้เพราะแคลเซียมไอออนจะทำปฏิกริยากับไขมันเกิดสบู่ขึ้นซึ่งไลเปสจะย่อยได้ง่ายขึ้น ส่วนน้ำดีจะไปทำให้ไขมันกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ น้ำย่อยเข้าไปย่อยได้ง่ายขึ้น การย่อยของไลเปสทำให้ไขมันที่เรียก Emulsified Lipids ซึ่งมีลักษณะดังกล่าวแตกตัวออกได้เป็นกรดไขมัน กลีเซอรอล Monoglycerides และ Diglycerides พร้อมที่จะดูดซึมต่อไป

นอกจากนี้ยังมีน้ำย่อยไขมันอื่น ๆ อีก แต่ไม่ค่อยสำคัญนัก คือ

Cholesterol Esterase ไปเปลี่ยน ester ของ cholesterol เป็น cholesterol อิสระกับกรดไขมัน โดยอาศัยเกลือของน้ำดีช่วย

Lecithinase ย่อย Lecithin ออกเป็น diglycerides กับ Phosphorylcholine

Ribonuclease ย่อย ribonucleic acid เป็น nucleotides

Deoxyribonuclease ย่อย deoxyribonucteic acid ให้เป็น nuclectides

Elastase ย่อยเนื้อเยื่อ elastic

ตับ

ตับเป็นต่อมที่ใหญ่ที่สุดของร่างกาย และเป็นอวัยวะสำคัญที่สุดของร่างกาย มีนทำหน้าที่มากกว่าอวัยวะอื่น ๆ หลายอวัยวะ ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่ย่อยอาหารแล้ว ตับยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีก คือ

1. สร้างน้ำดี ซึ่งทำหน้าที่เป็นน้ำย่อยอาหารและเป็นตัวขับถ่ายของสารจำพวกโคเลสเตอรอล
2. สร้างเม็ดเลือดแดงในทารกขณะอยู่ในครรภ์ (embryo) เมื่อทารกคลอดหน้าที่นี้จะหยุดไปและให้ hematinic plinciple หมายถึงควบคุมการสร้างสีแดงของเลือดในผู้ใหญ่ ถ้าขาดจะเป็นโรคโลหิตจาง (anemia)[1] ชนิดหนึ่ง
3. สร้างโปรตีนที่พบในพลาสม่า (Plasma) เช่น albumin, heparin ซึ่งป้องกันการแข็งตัวของเลือด และ fibrinogen ซึ่งจำเป็นสำหรับทำให้เลือดแข็งตัว
4. เก็บสะสมธาตุเหล็กและทองแดง
5. ควบคุมจำนวนเลือกให้มีระดับสม่ำเสมอกัน
6. มีเซลล์พวก Histiocytes ซึ่งทำหน้าที่กินเชื้อโรค (Phagacytosis)

---

[1] anomia คำนี้มาจากภาษากรีก แปลว่า "ไม่มีเลือด"

7. ทำลายสิ่งที่เป็นพิษ (detaxification) ต่อร่างกายด้วยวิธีการต่าง ๆ กำจัดแอมโมเนียในเลือด โดยเปลี่ยนให้เป็นยูเรีย (urea) ซึ่งมีพิษน้อย
8. เป็นที่เผาผลาญโปรตีน (Protein Metabllism) เกี่ยวกับ Deamination สร้าง Dmino acid, urea, uric acid และ hippuric acid และทำลาย uric acid ด้วย
9. เป็นศูนย์กลางเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท (Carbohydate Metabloism) ช่วยเปลี่ยนกลูโคสจากเลือดให้เป็นไกลโคเจนเก็บไว้ที่ตับ และช่วยเปลี่ยนไกลโคเจนให้กลับเป็นกลูโคสเมื่อเวลาที่ต้องการ
10. เป็นศูนย์กลางเผาผลาญไขมัน (Fat Metabolism)
11. ทำให้เกิดความร้อน (Heat Production)
12. เป็นที่เก็บสะสมวิตามิน เอ และวิตามิน ดี
13. สังเคราะห์ prothrombin โดยอาศัยวิตามิน เค ช่วย
14. เคลื่อนย้ายหมู่อะมิโนออกจากกรดอะมิโน (transamination)
15. สลายฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเลือดแดง (เม็ดเลือดแดงที่มีอายุมากถูกทำลายโดยม้าม) ออกเป็น ฮีม (heme) [2] และโกลบิน (globin) จากนั้น Kuppfer's cell ในตับจะสลายฮีมออกเป็น bileverdin และแร่ธาตุเหล็ก (Fe)
16. เป็นที่เก็บสะสมวิตามิน บี $_{12}$ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างเม็ดเลือดแดง เพื่อป้องกันโรคโลหิตจาง

น้ำดี (Bile)

น้ำดีเป็นของเหลวที่ตับผลิตขึ้นแล้วนำมาเก็บไว้ในถุงน้ำดี (Gall Bladder) เมื่อต้องการใช้หรือมีการย่อยอาหารไขมัน อาหารพวกไขมัน ฮอร์โมน secretin และเกลือน้ำดี (Bile salts) เองไปเร่งหรือกระตุ้นให้ถุงน้ำดีหดตัวบีบเอาน้ำดีออกมาในลำไส้เล็กตอนต้น ทางท่อน้ำดีรวม (common bile duct) เข้าใจว่า acid chyme ในลำไส้เล็กตอนต้นทำให้หูรูดของท่อน้ำดีหย่อนตัวเปิดทางให้น้ำดีที่ ถูกบีบไหลลงสู่ลำไส้เล็กตอนต้น วันหนึ่ง ๆ ตับสร้างน้ำดี 500 ถึง 1,000 มิลลิลิตร และน้ำดีมีปฏิกิริยาเป็นด่าง pH ราว 7.5

---

[2] heme มาจากภาษากรีก แปลว่า "โลหิต"

น้ำดีมีสีเขียวอมเหลือง หรือมีสีเหลืองขณะเจือจางและสีน้ำตาลดำขณะเข้มข้น มีรสขม ข้นและเหนียว ประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 98 และสารอื่น ๆ อีกร้อยละ 2 น้ำดีไม่ใช่น้ำย่อยและไม่มีน้ำย่อยอยู่ในน้ำดี แต่มีความจำเป็นต่อการย่อยอาหารไขมัน โดยน้ำดีจะผสมกับอาหารที่ผ่านเข้ามาในลำไส้เล็กให้มีฤทธิ์เป็นด่าง แล้วมันจะย่อยเม็ดไขมันใหญ่ ๆ ของอาหารนั้นให้เป็นเม็ดไขมันเล็ก ๆ ชนิดที่ละลายเรียกไมเซลผสม (mixed micelle) ในน้ำได้ เม็ดไขมันเล็ก ๆ นี้จะถูกน้ำย่อย ย่อยเป็นอาหารสำเร็จอีกต่อหนึ่ง สำหรับที่จะถูกดูดซึมเข้าไปเลี้ยงร่างกาย โดยน้ำดีนี้อีกแหละที่เป็นตัวพาไปที่ปุ่มซึม (micro villus) ของผนังลำไส้ (mucosal cells) เพื่อได้มีการดูดซึมต่อไป

น้ำดีประกอบด้วย เกลือน้ำดี, เมือก, กรดไขมัน, lecithin, cholesterol, เกลืออินทรีย์ และสารสีของน้ำดี (bile pigments) คือ Biliberdin มีสีเหลืองปนเขียวกับเหล็ก พบมากในสัตว์กินพืช และ bilirubin มีสีน้ำตาล พบในสัตว์กินเนื้อ ซึ่งสารสีของน้ำดีนี้ดับสร้างมาจากการสลายตัวของฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงที่ตายแล้ว (เม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน) สารสีของน้ำดีนี้จะขับออกมากับอุจจาระ ทำให้อุจจาระมีสีเหลือง

เกลือน้ำดีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งของน้ำดี ในการช่วยย่อยอาหาร ซึ่งเกลือน้ำดีได้แก่ Sodium glycocholate และ Sodium taurochorate เกลือเหล่านี้ทำให้ไขในในอาหารผสมกับน้ำย่อยได้กลมกลืนกัน (emulsification) เพื่อน้ำย่อยไขมัน (lipase) จากตับอ่อนจะได้ทำการย่อยให้เป็นกลีเซอรอลกับกรดไขมัน แล้วจึงดูดซึมได้ นอกจากนี้เกลือน้ำดียังมีหน้าที่อื่นอีก คือทำให้อาหารมีฤทธิ์เป็นด่าง ช่วยให้ลำไส้เล็กทำงานดีขึ้น ช่วยให้น้ำดีไหลมากขึ้น ช่วยให้กรดไขมัน, monoglyceride, cholesterol ไขมันอื่น ๆ และวิตามิน เอ ดี อี เค ในลำไส้ถูกดูดซึมได้ดีขึ้น

ปรกติเกลือน้ำดีต้องจับอยู่กับฟอสโฟไลปิด (phospholipids) และโคเลสเตอรอลในสัดส่วน 12.5 : 2.5 : 1 อยู่ในรูปไมเซลผสม (mixed micelle) หากสัดส่วนนี้เปลี่ยนไป โดยมีเกลือของน้ำดีลดลง หรือโคเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น โคเลสเตอรอลจะตกตะกอน ทำให้เกิดเป็นนิ่วในถุงน้ำดีขึ้นได้

การเปลี่ยนแปลงอาหารภายหลังการกิน

เมื่อเรากินอาหาร อาหารจะเคลื่อนเข้าไปทางระบบทางเดินอาหาร ซึ่งตลอดระยะทางที่เคลื่อนผ่านไปนี้อาหารจะถูกเปลี่ยนแปลง เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. การย่อย (Digestion)
2. การดูดซึม (Absorption)
3. การเผาผลาญอาหารหรือการครองธาตุ (Metabolism)
4. การขับถ่าย (Excretion)

การย่อยอาหาร (Digestion)

การย่อยอาหาร คือ ขบวนการภายในอวัยวะทางเดินอาหารเพื่อเปลี่ยนแปลงในลักษณะสภาพและสลายตัวอณูอันซับซ้อนของอาหารให้สารเคมีที่เป็นสารต้น (basic unit) ของส่วนประกอบของอาหารนั้น เพื่อจะได้ดูดซึมเข้ากระแสเลือดและหลอดน้ำเหลืองไปเป็น ประโยชน์แก่ร่างกายได้

ด้วยอาหารที่เรารับประทานเข้าไปนั้น ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากมีโมเลกุลใหญ่ อณูสลับซับซ้อน จะต้องทำอาการแยกสลายออกให้มีโมเลกุลเล็กลงเหมาะที่จะผ่านผนังลำไส้เข้าสู่เส้นโลหิตและท่อน้ำเหลืองซึ่งสารอาหารต่าง ๆ ซึมผ่านไปนี่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ตามความจำเป็นและความต้องการ ตามแต่คุณสมบัติของสารนั้น ๆ

การย่อยอาหารอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกลไก (mechanical phase) และทางเคมี (chemical phase) หลายครั้งหลายหราวในระบบทางเดินอาหาร ตั้งแต่ปากจนถึงลำไส้ใหญ่ แต่จะมีการย่อยได้ดีที่สุดในลำไส้เล็ก ในลำไส้เล็กไม่ใช่แต่เป็นแหล่งย่อยอาหารที่ดีที่สุดเท่านั้น ยังเป็นที่ดูดซึมอาหารได้ดีที่สุดอีกด้วย

การหุงต้มอาหารช่วยให้อาหารย่อยง่ายขึ้น ดังนั้นอาหารสุกจึงย่อยง่ายกว่าอาหารดิบ ในการหุงต้มถ้ามีกรดอยู่ด้วย น้ำตาลสองชั้นจะแตกตัวเป็นน้ำตาลชั้นเดียว โมเลกุลของแป้งบางส่วนก็จะแตกตัวเล็กลงด้วย นอกจากนี้ความร้อนอาจทำให้โปรตีนผิดไปจากเดิม (Denature) หรือเป็นก้อนแข็ง (Caogulate) ซึ่งช่วยให้ย่อยง่ายขึ้น

องค์ประกอบของการย่อยอาหาร

ในการย่อยอาหารซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีของอาหารนั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบสำคัญ 5 อย่าง คือ

1. ฮอร์โมน (Hormone) เป็นของเหลว ประกอบด้วยอินทรีย์สารพวกโปรตีน ซึ่งผลิตโดยต่อมไร้ท่อในร่างกาย มีหน้าที่เป็นตัวเร่งหรือช่วยควบคุมการทำงานของต่อหรืออวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ในกรณีเกี่ยวกับการย่อยอาหาร เมื่อเยื่อเมือกของกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ซึ่งมีเซลล์พิเศษบุอยู่ถูกกระตุ้นด้วยอาหารก็จะสร้างฮอร์โมนแกสตริน (gastrin) และซีเครตีน (secretin) ตามลำดับ แล้วฮอร์โมนเหล่านี้จะไหลเข้าสู่กระแสโลหิต ไปออกฤทธิ์กระตุ้นให้ผนังกระเพาะ ผนังลำไส้เล็กและตับอ่อน ผลิตน้ำย่อยออกมา และกระตุ้นให้ตับปล่อยน้ำดีออกมา นั่นคือ

ฮอร์โมนเหล่านั้นเป็นตัวการที่จะกระทำให้กระเพาะ ลำไส้เล็ก ตับอ่อนและตับทำงานหรือหยุดการทำงานแล้วแต่ว่ามันถูกสร้างขึ้นมาหรือไม่

2. เอนไซม์ (Enzymes) เป็นสารพวกโปรตีนซึ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นมาทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (organic catalyst หรือ Biological catalyst) ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในร่างกายให้เป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ โดยที่ตัวมันเองไม่เปลี่ยนแปลงและผลจากปฏิกิริยาทำให้สารอาหารเปลี่ยนจากโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็ก พอที่จะดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

เอนไซม์มีหลายชนิด แต่ละชนิดทำหน้าที่ต่างกันและทำหน้าที่เฉพาะของมันเท่านั้น เช่น ไทอะลิน จะย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลเท่านั้น จะไม่ย่อยเนื้อหรืออาหารอื่น และหลังจากที่เอนไซม์นี้สำแดงฤทธิ์แล้วตัวมันเองจะไม่เปลี่ยนแปลง ยังคงเป็นไทอะลินเช่นเดิม และเอนไซม์จะทำหน้าที่ได้ดีที่สุดก็ในเวลาที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ เช่น ในระดับอุณหภูมิของร่างกาย แต่ส่วนมากไม่ทนความร้อน (Heat - labile) ถ้าอุณหภูมิสูง เอนไซม์จะถูกทำลาย แต่ถ้าต่ำจะย่อยได้ช้าหรือได้เล็กน้อย และเอนไซม์ชนิดหนึ่ง ๆ จะต้องการภาวะ (medium) ที่มีฤทธิ์ (reaction) เฉพาะ คือเป็นกรด (acid) เป็นด่าง (alkaline) อ่อนแก่โดยเฉพาะหรือเป็นกลาง (neutral) เช่น เพปซิน ออกฤทธิ์เฉพาะในภาวะที่เป็นกรด ทริปซิน ย่อยโปรตีนในภาวะที่เป็นด่างหรือเป็นกลางเท่านั้น

เอนไซม์มีความสำคัญมากในขบวนการเติบโตของสิ่งมีชีวิต การเผาผลาญอาหารในร่างกาย เช่น น้ำตาลเพื่อให้ได้พลังงานความร้อนนั้น เพียงแต่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำคือระดับอุณหภูมิของร่างกาย 32^{0} เซลเซียส ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นง่ายและรวดเร็วมากแต่ถ้าทำในหลอดแก้วหรือห้องปฏิบัติการ ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก และใช้เวลานานกว่าน้ำตาลจะไหม้หมด ที่เป็นเช่นนี้เพราะการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในร่างกาย การย่อยอาหารก็เช่นกัน ถ้าไม่มีเอนไซม์อาหารที่กินเข้าไปก็ไม่สามารถย่อยและดูดซึมเข้าไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ แต่การผลิตเอนไซม์ในเซลล์ขึ้นอยู่กับความสามารถของยีน (genes) ที่มีอยู่ในเซลล์นั้น

นอกจากเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยอาหารโดยตรงแล้ว ยังมีเอนไซม์อื่นอีก 2 ชนิด คือ

(1) Proezymes (Zymogen)

เป็นเอนไซม์ที่ยังไม่สามารถออกฤทธิ์ทำงานได้ ต้องมีสารอื่นมากระตุ้นให้เปลี่ยนเป็นเอนไซม์ก่อน เช่น

HCI หรือ

Pepsinogen ——————————— Pepsin

Pepsin ทำนวนเล็กน้อย

โปรเอนไซม์ เอนไซม์

(2) Coenzymes (organic Activator)

เป็นสารที่ผลิตในนิวเคลียสของเซลล์ มีหน้าที่ช่วยทำงานของเอนไซม์บางตัว หรือทำงานร่วมกัน เมื่อเสร็จปฏิกิริยาแล้วตัวของมันเองจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด โคเอนไซม์มักเป็นเกลือแร่ หรือวิตามิน ไม่ใช่สารพวกโปรตีน ส่วนใหญ่ทนความร้อน เอนไซม์บางตัวจะทำงานได้ต้องมีโคเอนไซม์ทำงานร่วมด้วย บางตัวก็ไม่จำเป็นต้องมีโคเอนไซม์

3. กรดเกลือ (HCI) หลังออกมาจากส่วนกลางของกระเพาะอาหาร เป็นตัวช่วยในการย่อย โดยปรับสภาพกรด - ด่าง ให้พอเหมาะกับปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละตัว

4. น้ำดี (Bile) เป็นน้ำที่ตับสร้างขึ้นแล้วเก็บไว้ในถุงน้ำดี เมื่อถุงน้ำดีถูกกระตุ้นจากฮอร์โมนซีเครตีน ก็จะบีบตัวให้น้ำดีหลั่งเข้าไปในลำไส้เล็กส่วนต้น น้ำดีช่วยในการย่อยโดยเป็นตัวทำให้ไขมันเม็ดใหญ่แตกตัวเล็กลงเพื่อให้น้ำย่อยอื่นย่อยได้ เสร็จแล้วจะเป็นตัวพาไขมันที่ย่อยแล้วนั้นไปที่ปุ่มซึมของผนังลำไส้เล็ก เพื่อให้มีการดูดซึมต่อไป

5. การหดรีดหรือบีบรูดของอวัยวะในระบบทางเดินอาหาร การบีบรูดนี้ทำให้เกิดลูกติดต่อกัน ช่วยให้อาหารเคลื่อนไปตามส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินอาหาร และช่วยให้อาหารผสมกันกับน้ำย่อยในอวัยวะเหล่านั้นได้ดีขึ้น สะดวกแก่การทำงานของเอนไซม์ ทำให้การย่อยอาหารเป็นไปโดยรวดเร็ว

กระบวนการย่อยอาหาร การย่อยอาหารมี 2 วิธี คือ

1. กระบวนการทางการใช้กำลัง (Mechanical Process) เกิดจากการเคลื่อนไหวของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่

(1) การเคี้ยวอาหาร (Mastication) เป็นการที่ฟันเคี้ยวบดอาหารให้มีขนาดเล็ก คลุกเคล้าอาหารให้ผสมกับน้ำลายและน้ำย่อยในปาก เพื่อสะดวกในการย่อยและกลืน

(2) การกลืน (Deglutition หรือ Swallowing) คือการที่อาหารจากปากผ่านลงสู่คอหอยและหลอดอาหาร เพื่อเข้าสู่กระเพาะอาหาร ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 อยู่ในปาก (Buccal stage) การกลืนระยะนี้อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ อาหารถูกปั้นเป็นสีดำ ๆ โดยเพดานอ่อนของปากร่วมกับส่วนหลังของคอหอย (Pharynx) ภายหลังจากการเคี้ยวและคลุกเคล้ากับน้ำลายแล้ว อาหารที่เป็นคำ ๆ หรือก้อนอาหาร (bolus) จะกระตุ้นปลายประสาทที่ลิ้นและคอหอย ให้ส่งผลไปกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ฐานลิ้นและเพดานปากให้ดึงลิ้นขึ้นข้างบนแล้วเลื่อนไปข้างหลัง ก้อนอาหารก็จะถูกผลักให้ลงสู่คอหอย ขณะเดียวกันการหายใจจะหยุดชั่วครู่ ลิ้นไก่จะกระดกลงปิดหลอดลม (larynx) ไว้เพื่อไม่ให้อาหารตกลงไปในหลอดลม หากเกิดความผิดพลาดขึ้นก็จะสำลักออกมา

ระยะที่ 2 อยู่บริเวณคอหอย (Pharyngeal stage) เมื่ออาหารเป็นคำ ๆ ตกถึงคอหอย มันจะไปกระตุ้นประสาทบริเวณรอบคอหอย ทำให้กล้ามเนื้อรอบคอหอยหดตัวผลักอาหารจากคอหอยลงไปยังหลอดอาหาร เพดานอ่อนจะถูกยกขึ้น ทำให้การหายใจหยุดชั่วครู่ แต่ถ้าของที่กลืนเป็นน้ำหรือของเหลวกล้ามเนื้อคอหอยจะไม่หดตัว การกลืนระยะนี้อยู่นอกอำนาจจิตใจ หากมีอาหารพลัดเข้าไปในจมูกจะถูกขัดโดยการจาม ส่วนที่เข้าหลอดลมจะขับออกโดยการไอ

ระยะที่ 3 อยู่บริเวณหลอดอาหาร (Esophageal stage) การกลืนระยะนี้อยู่นอกอำนาจจิตใจอาหารที่ผ่านมาจากคอหอยจะไปกระตุ้นเยื่อเมือกที่ผนังของหลอดอาหาร ทำให้กล้ามเนื้อของผนังหลอดอาหารหดตัวไล่ต่อกันเป็นคลื่น (Peristalsis) โดยวิธีที่กล้ามเนื้อหาก้อนอาหารคลายตัว ขณะที่กล้ามเนื้อเรียบที่เรียงตามวงขวางบริเวณหลังก้อนอาหารหดตัว ในขณะเดียวกันกับที่กล้ามเนื้อของหูรูดระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหาร (Cardiac sphincter) คลายตัวทำให้อาหารถูกรีดลงสู่กระเพาะ แล้วกล้ามเนื้อหูรูดนั้นจะกลับหดตัวใหม่อีก เพื่อป้องกันอาหารสำรอกกลับออกมา

(3) การเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหารและลำไส้ (Movements of the stomach and the intestines) ด้วยผนังของกล้ามเนื้อกระเพาะและลำไส้ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ 2 แบบ คือ พวกที่เป็นวงกลม (Circular fibers) ซึ่งเมื่อกล้ามเนื้อหดตัว จะบดให้อาหารละเอียดลงและทำให้อาหารผสมเข้าเป็นเนื้อเดียว อีกพวกหนึ่งเป็นเส้นยาว (longitudinal fibers) ซึ่งเมื่อหดตัวจะบีบให้อาหารเคลื่อนไปตามส่วนต่าง ๆ ของทางเดิ นอาหารเป็นระยะ ๆ การทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 2

แบบนี้ เรียกการหดรีดหรือการบีบรูด (Peristalsis) ซึ่งในกระเพาะจะมีการหดรีด 3 ครั้ง ต่อ 1 นาที ส่วนในลำไส้จะมีการหดรีดประมาณ 9 ถึง 18 ครั้ง ต่อ 1 นาที

กระบวนการทางการใช้กำลังนี้ ควบคุมโดยระบบประสาทที่มายังอวัยวะทางเดินอาหาร การรบกวนทางประสาท เช่น ตื่นเต้น ตกใจ ดีใจ เสียใจ เหนื่อย ความวิตกกังวล หรือความรีบร้อนจะมีผลถึงกระบวนการย่อยอาหาร

การเคลื่อนตัวของกระเพาะและลำไส้จะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับสาเหตุต่อไปนี้

กระเพาะและลำไส้เคลื่อนตัวเร็ว	กระเพาะและลำไส้เคลื่อนตัวช้า
1. อาหารที่ปรุงใหม่ ๆ ยังร้อนอยู่ 2. อาหารอ่อนเหลว 3. อาหารที่มีกากพอสมควร เช่น ผัก ผลไม้ 4. มีแป้งมาก ไขมันน้อย 5. อาหารที่แต่งกลิ่น และรสหวานจัด	1. อาหารเย็นชืด 2. อาหารลักษณะแข็ง แห้ง 3. อาหารที่ไม่ค่อยมีกาก 4. อาหารทอด หรือแกงที่มีมันมาก 5. อาหารที่ขาดคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะขาดวิตามิน บี$_1$ 6. บุคคลที่มีอาชีพนั่งทำงานเป็นประจำเป็นเวลานาน ๆ 7. ร่างกายอ่อนเปลี้ย เพลียแรง 8. มีความกังวล โกรธ กลัว เจ็บปวด

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical Process) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร โดยอาศัยเอนไซม์ย่อยสารอาหารให้มีโมเลกุลเล็กลงพอที่จะดูดซึมเข้าสู่ร่างกายไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น อาหารคาร์โบไฮเดรทจะต้องย่อยให้เป็นน้ำตาลชั้นเดียว อาหารไขมันจะต้องย่อยให้เป็นกลีเซอรีนและกรดไขมัน อาหารโปรตีนจะต้องถูกย่อยให้เปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน

ชื่อของเอนไซม์มักจะแสดงถึงวัตถุที่ย่อยเช่น คำที่ลงท้าย (suffix) ว่า "แอส" (ase) เป็นต้น แต่มีบางคำที่คำที่เติมข้างหน้าแสดงถึงที่มาของเอนไซม์นั้น คำคุณศัพท์ซึ่งประกอบให้ทราบว่า เอนไซม์นั้นไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) คือการแยกย่อยสลายตัวโดยมีอณูของน้ำเข้าร่วม สารอาหารชนิดใด จะต้องเพิ่ม "ไลติค" (lytic) ไปทำคำแรกที่สารอาหารนั้นถูกไฮโดรไลซ์ เช่น

- Amylases ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง (starch - hydrolyzing enzymes) อาจเรียกว่า amtlolytic enzymes ได้ (amy 1 เป็นภาษากรีก แปลว่า "แป้ง")
- Disaccharases ซึ่งรวมทั้ง Sucrase, Lactase และ maltase ซึ่งสิ่งเหล่านี้ hydrolyze disaccharides
- Lipases หรือ Lipolytic enzymes ซึ่ง hydrolyze lipids
- Proteases หรือ Proteolytic enzymes ซึ่ง hydorlyze proteins

เอนไซม์แบ่งตามหน้าที่ในการย่อยอาหารได้ 3 พวก คือ

(1) เอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrases) ได้แก่ มอลเทส (Maltase) แลคเทส (Lactase) ซูเครส (Sucrass) ไทอะลิน (Ptyatin หรือ Salivary anylase) ฯลฯ

(2) เอนไซม์ที่ย่อยไขมัน (lipases) ได้แก่ Gastric Lipase และ Pancreatic Lipase (Steapsin) ฯลฯ

(3) เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (Proteases) ได้แก่ เพปซิน (Pepsin) ทริปซิน (Trypsin) ไทโมทริปซิน (Chymotrypsin) และเรนนิน (Rennin) ฯลฯ

การผลิตและหลั่งออกมาของน้ำย่อยในอวัยวะทางเดินอาหาร ขึ้นอยู่กับสื่อเร่ง 3 อย่างคือ สื่อเร่งทางการใช้กำลัง (Mechanical Stimuli) เช่นการเคี้ยวบดอาหาร ทางประสาทหรือจิตใจ (Nervous or Psychic Stimuli) เช่นการนึกถึง รูป รส และกลิ่นของอาหาร และสื่อเร่งทางเคมี (Chemical Stimuli) อันได้แก่การที่อาหารไปกระตุ้นให้อวัยวะทางเดินอาหารสร้างฮอร์โมนต่าง ๆ ไปเร่งให้เกิดการหลั่งน้ำย่อยออกมา

การย่อยอาหารในแต่ละอวัยวะของทางเดินอาหาร

1. การย่อยอาหารในปาก ในขณะที่อาหารอยู่ในปาก ฟันจะทำหน้าที่ตัดและบดเคี้ยวอาหารนั้นให้เล็กลงและละเอียดทั่วกัน แล้วคลุกเคล้ากับน้ำลาย ทำให้อาหารเปียก อ่อนนุ่ม และลื่นสะดวกแก่การเคี้ยวและกลืน

ในน้ำลายมีน้ำย่อย Salivary Amylase ที่มีชื่อว่าไทอะลิน (Ptyalin) ทำหน้าที่ย่อยแป้งที่สุกเพราะปลอกที่หุ้มห่อเมล็ดแป้งพองตัวและแตกออก แล้วคลุกเคล้ากับน้ำย่อยได้ง่าย ไทอะลินไม่สามารถย่อยแป้งดิบได้ ไทอะลินย่อยแป้งสุกให้เป็นเดกซ์ตริน (Dextrin) แล้วย่อยเดกซ์ตรินและไกลโคเจน (Glyvogen) ให้เป็นน้ำตาลมอลโทส (Maltose) ซึ่งจะสังเกตได้จากการที่เรารู้สึกหวานหลังจากที่เคี้ยวข้าวสุกไปสักพักหนึ่ง ในน้ำลายยังมีน้ำย่อยมอลเทส (Maltase) อยู่บ้างเล็กน้อย น้ำย่อยนี้จะย่อยมอลโทสให้เป็นกลูโคส แต่เนื่องจากอาหารอยู่ในปากเป็นเวลาที่สั้นมากน้ำย่อยเกือบจะไม่ได้ทำหน้าที่ย่อยแป้งเลย

2. การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร อาหารเมื่อถูกกลืนลงสู่กระเพาะอาหารครั้งแรกจะไปอยู่ที่ผนังของกระเพาะ ฉะนั้นอาหารคาร์โบไฮเดรทที่มีไทอะลินจากน้ำลายผสมอยู่ไปถูกกับน้ำย่อยจากกระเพาะ (Gastric juice) ซึ่งมีกรดเกลืออยู่ อาหารนั้นก็จะมีฤทธิ์เป็นกรดไทอะลินย่อยต่อไปอีกไม่ได้ ส่วนอาหารที่เข้าไปในกระเพาะอาหารตอนหลัง ๆ มันจะไปอยู่ตรงกลางของอาหารที่ผ่านลงไปก่อน ทำให้ไทอะลินมีโอกาสย่อยอาหารแป้งได้ต่อไปอีกจนกว่าจะไปถูกกับน้ำย่อยจากกระเพาะจึงจะหยุดย่อย ซึ่งกินเวลาประมาณครึ่งชั่วโมงภายหลังที่อาหารผ่านเข้าไปอยู่ในกระเพาะอาหารแล้วค่อย ๆ บีบต่อ ๆ ไปจนถึงกระเพาะอาหารส่วนปลาย (Pylorus) เป็นระยะ ๆ เพื่อคลุกเคล้าอาหารให้ปนกับน้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร

ในกระเพาะอาหารมีน้ำย่อยอาหารที่สำคัญ 3 ชนิด คือ

(1) เพปซิน (Pepsin) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน ในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acid Medium) ให้มีโมเลกุลเล็กลงกว่าเดิมเป็น โปรตีโอส (Proteoses) และเพปโตน (Peptones) ซึ่งยังไม่สำเร็จและไม่สามารถถูกดูดซึมได้ต้องอาศัย ทริปซิน (Trypsin), โปลีเพปติเดส (Polypeptidase) และไดเพปติดเดส (Dipeptidase) ในลำไส้เล็กช่วยย่อยต่อให้เป็นกรดอะมิโน (Amino Acids)

(2) เรนนิน (Rennin) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนในนม ซึ่งเรียกว่า เคซีน (Casein) ให้เป็นก้อนเล็ก ๆ เรียกว่าเคิด (Curd) แล้วต้องอาศัยเพปซินช่วยย่อย และทริปซินในลำไส้เล็กช่วยย่อยอีกต่อหนึ่งจึงจะสำเร็จ

(3) แกสตริค ไลเพส (Gastric Lipase) ทำหน้าที่ย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรีน แต่ไม่ค่อยได้ผลมากนักเพราะมีน้ำย่อยชนิดนี้อยู่น้อยประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งเนื่องจากภาวะไม่เหมาะ ด้วยว่าไขมันย่อยในภาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acid Medium) อยู่ในกระเพาะอาหารนี้ได้ยากมาก

3. การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก อาหารที่ถูกย่อยไปบ้างแล้ว และได้คลุกเคล้ากับน้ำย่อยในกระเพาะอยู่ในสภาพที่เป็นกรด มีลักษณะเหมือนข้าวต้ม เรียกว่าคายม์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acid Chyme) คายม์มีฤทธิ์เป็นกรดนี้จะผ่านลงสู่ลำไส้เล็ก แล้วถูกย่อยต่อในลำไส้เล็กอาหารถูกย่อยและดูดซึมมากที่สุดลำไส้เล็กนี้เอง ประมาณ 92 - 97 % ของอาหารทั้งหมดที่กินเข้าไป

อาหารในสภาพคายม์เมื่อตกถึงลำไส้เล็ก จะถูกย่อยโดยการเคลื่อนไหวของลำไส้เล็ก น้ำย่อยจากตับอ่อน (Pancreatic juice) , น้ำย่อยจากลำไส้เล็กเอง (Intestinal juice หรือ Succns entericus) และน้ำดี (Bile)

การเคลื่อนไหวของลำไส้เล็ก ลำไส้เล็กมีการเคลื่อนไหวหรือการบีบตัว 2 แบบ คือ

1. เป็นการเคลื่อนไหวแบบหดรีดอาหารเป็นลูกคลื่นส่งต่อ ๆ ไปในระยะทางใกล้ ๆ หรือไกล ๆ ตลอดลำไส้ เรียกการเคลื่อนไหวของลำไส้เล็กแบบนี้ว่า Perislaltic movement
2. เป็นการเคลื่อนไหวแบบบีบรูดอาหารให้แบ่งออกเป็นท่อนเล็ก ๆ โดยการหดตัวเฉพาะที่ของลำไส้เพื่อคลุกเคล้าอาหารให้ปนกับน้ำย่อยอาหาร เรียกการเคลื่อนไหวแบบนี้ว่า Segmental Contraction

น้ำย่อยจากตับอ่อน น้ำย่อยจากตับอ่อนจะถูกขับออกมาสู่ลำไส้เล็กตอนต้น ภายใน 1 - 2 นาที ภายหลังเริ่มกินอาหารโดยปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ จากการกระตุ้นที่ปุ่มรับรส (Taste Bud) และมี Impulse จากสมองมาตาม Vegus Nerve น้ำย่อยจากตับอ่อนมีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งประกอบด้วยน้ำย่อยที่สำคัญ 5 ชนิด คือ

1. ทริปซิน (Trypsin) ย่อยอาหารโปรตีน โปรตีโอส และเพปโตน ที่ได้จากการย่อยของเพปซินให้เป็นกรดอะมิโน แต่ก็ยังมีเหลือเป็นเพปโตนและเพปไทด์ (Peptides) คือโพลี-เพปไทด์ และไดเพปไทด์

2. ไคโมทริปซิน (Chymotripsin) ย่อยโปรตีนให้เป็นโพลีเพปไทด์ ไดเพปไทด์ (ทั้งสองอย่างเรียกรวม ๆ ว่า เพปไทด์) และกรดอะมิโน

3. **โปลิเพปติเดส** (Polypeptidase) หรือคาร์บอกซิเพปติเดส (Carboxypeptidase) ย่อยเพปโตน โปรตีโอส และเพปไทด์ ที่เหลือจากการย่อยของทริปซินและเพปซิน ให้เป็นกรดอะมิโน ไตรเพปไทด์ และไดเพปไทด์

4. **อะมิเลส** (Amylase) หรือ อะมิลอปซิน (Amylopsin) ย่อยทั้งแป้งที่สุกและแป้งดิบให้เป็นเดกซ์ตริน แล้วย่อยเดกซ์ตรินและไกลโคเจนให้เป็นน้ำตาลมอลโทส

5. **ไลเพส** (Lipase) หรือ สตีปซิน (Steapsin) ย่อยไขมันที่ได้ผสมกับน้ำดีจนแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ สามารถละลายในน้ำได้ (Emulsified Lipids) ให้เป็นกรดไขมันกลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) ซึ่งพร้อมที่จะดูดซึมต่อไป

น้ำย่อยจากลำไส้เล็ก มีลักษณะเป็นน้ำใสสีเหลืองมีฤทธิ์เป็นด่าง ประกอบด้วยน้ำย่อยที่สำคัญ 6 ชนิด คือ

1. อะมิโนเพปติเดส (Aminopeptidase) หรือโปลิเพปติเดส (Polypeptidase) ย่อยโพลีเพปไทด์ให้เป็นไตรเพปไทด์ และกรดอะมิโน
2. ไดเพปติเดส (Dipeptidase) หรืออีเรปซิน (Erepsin) ทำหน้าที่ย่อยไดเพปไทด์ให้เป็นกรดอะมิโน
3. ซูเครส (Sucrase) หรือ อินเวอร์เทส (Invertase) ย่อยซูโครสให้เป็นกลูโคส และฟรุคโทส
4. มอลเทส (Maltase) ย่อยมอลโทสให้เป็นกลูโคส
5. แลคเทส (Lactase) ย่อยแลคโทสให้เป็นกาแลคโทส กับกลูโคส
6. อินเทสตินอลไลเพส (Intestinal Lipase) ย่อยไขในไตรกลีเซอไรด์ ให้เป็นกรดไขมันกับกลีเซอรอล

การย่อยอาหารในลำไส้เล็กจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของอาหารที่รับประทานเข้าไป อาหารจะอยู่ในลำไส้เล็กประมาณ 6 ชั่วโมง ภายหลังที่รับประทานอาหารแล้วอาหารจะเคลื่อนไปถึงลำไส้ใหญ่ใช้เวลา 2 - 5 ชั่วโมง ถ้านับตั้งแต่อาหารเริ่มเข้าสู่ปากจนไปขับออกเป็นอุจจาระใช้เวลาประมาณ 18 - 36 ชั่วโมง

การย่อยอาหารในลำไส้ใหญ่ อาหารเมื่อตกถึงลำไส้ใหญ่จะมีการย่อยเล็กน้อย ด้วยน้ำย่อยจากลำไส้เล็กที่หลงเหลืออยู่ ในลำไส้ใหญ่ไม่มีน้ำย่อยมีแต่น้ำหลั่ง (Sectetion) ที่ประกอบด้วยเยื่อมูกและน้ำเมือก (Mucin) น้ำหลั่งนี้มีฤทธิ์เป็นด่าง

ในลำไส้ใหญ่มีแบคทีเรียและจุลินทรีย์หลายชนิด บางชนิดช่วยสร้างวิตามิน เช่น วิตามินเค วิตามิน บีรวม บางตัว เช่น กรดโฟลิค วิตามิน $บี_{12}$ ไบโอติน การกินยาที่ไปทำลายแบคทีเรียพวกนี้ เช่น ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดการขาดวิตามินดังกล่าวได้

แบคทีเรียบางพวกทำให้น้ำตาลหลายชั้นที่ไม่ถูกย่อยกลายเป็นกรดไขมันดูดซึมเข้าสู่ร่างกายไปใช้ประโยชน์ได้ แบคทีเรียเจริญงอกงามได้ดีในน้ำหลั่งจากลำไส้ใหญ่ ซึ่งเป็นน้ำเลี้ยงเชื้อ (Medium) ที่เหมาะ บางพวกของแบคทีเรียทำให้โปรตีนที่เหลือจากการย่อยในลำไส้เล็กเน่าเปื่อย (Putrefaction) เกิดเป็นก๊าซและสารที่เป็นพิษขึ้น เช่น ทำให้กรดอะมิโนกลายเป็นคาร์บอนไดอ๊อกไซด์และสารประกอบที่มีไนโตรเจนซึ่งเรียกว่าอะมีน (Amine) อะมีนส่วนมากเป็นพิษ นอกจากนี้แบคทีเรียยังเปลี่ยนโปรตีนให้เป็น อินโดล (Indole) สเคโตล (Skatol) ฟีนอล (Phonol) กรดไขมัน (Fatty acids) ก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (Carbon Dioxide) ก๊าซไข่เน่าที่มีชื่อว่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulphide) ฯลฯ สิ่งที่เกิดขึ้นนี้บางอย่างถูกขับออกพร้อมอุจจาระและบางอย่างถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือดไปยังตับ ตับจะกำจัดพิษหรือเปลี่ยนแปลงให้สิ่งนั้นมีพิษต่อร่างกายน้อยลง แล้วขับสารนั้นออกไปปนไปกับปัสสาวะ

ทารกที่เกิดใหม่ไม่มีแบคทีเรียและจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ แต่เมื่อโตขึ้นจะมีอยู่ในลำไส้ใหญ่กว่า 1,000 ล้านตัวในแต่ละคน

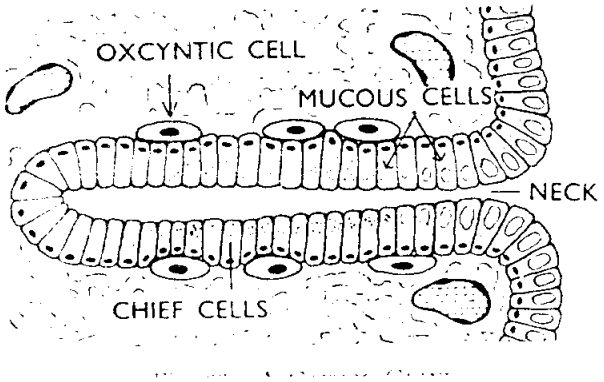
การย่อยสารอาหารแต่ละชนิด

หากเราพิจารณาถึงการย่อยสารอาหารแต่ละชนิดในระบบทางเดินอาหารแล้ว จะพบว่าสารอาหารแต่ละชนิดถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ดังนี้

การย่อยคาร์โบไฮเดรท ในปากแป้งสุกจะถูกเปลี่ยนโดยน้ำย่อยไทอะลินในน้ำลายให้เป็นเดกซ์ตริน แล้วเดกซ์ตริน และไกลโคเจน จะเปลี่ยนต่อไปให้เป็นมอลโทสโดยน้ำย่อยตัวเดียวกัน ครั้นอาหารเคลื่อนไปถึงลำไส้เล็กทั้งแป้งสุกและแป้งดิบจะถูกย่อยโดยอะมิลอบซิน หรือ อะมิเลส (Amylase เป็นภาษากรีก แปลว่า แป้ง) จากตับอ่อนให้เป็นเดกซ์ตรินแล้วย่อยเดกซ์ตรินและไกลโคเจนให้เป็นมอลโทส พวกน้ำตาลสองชั้นก็จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยมอลเทสให้เป็นกลูโคส น้ำตาลซูโครสถูกย่อยโดยน้ำย่อยซูโครสให้เป็นฟรุคโทสและกลูโคส และน้ำตาลแลคโทสถูกน้ำย่อยแลคโทสย่อยเป็นกาแลคโทสกับกลูโคส

การย่อยไขมัน ไขมันจะมีการย่อยบ้างเล็กน้อยในกระเพาะอาหาร แต่จะถูกย่อยเฉพาะที่แตกตัวหรือ Emulsified มาแล้ว เช่น ไขมันในไข่แดง และไขมันในนมโดยน้ำย่อยไลเพสจากผนังกระเพาะอาหาร (Gastric Lipase) ให้แตกตัวเป็นกรดไขมันและกลีเซอรีน ครั้งไขมันต่ำไปถึงลำไส้เล็ก น้ำดีจากตับจะทำให้ไขมันแยกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ แล้วน้ำย่อยไลเพสจากตับอ่อน (Pancreatic Lipase) เป็นส่วนมาก และจากผนังลำไส้เล็ก (Intestinal Lipase) ย่อยให้เป็นกรดไขมันกับกลีเซอรอลและอาจได้ Monoglyceride และ Diglyceride บ้าง

การย่อยโปรตีน โปรตีนเริ่มย่อยในกระเพาะอาหาร แต่น้อยมากโดยน้ำย่อยเพปซินร่วมกับกรดเกลือย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลงเป็นโปรตีโอส และ/หรือ เพปโตน เมื่ออาหารเคลื่อนไปถึงลำไส้เล็กแล้วโปรตีนที่เหลือส่วนใหญ่จะถูกย่อยในลำไส้เล็กนี้ โดยน้ำย่อยทริปวินจากตับอ่อนทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้เป็นโปรตีโอส และเพปโตน แล้วย่อยโปรตีโอสและเพปโตนให้เป็นโพลีเพปไทด์ โมเลกุลใหญ่ไตเพปไทด์ และกรดอะมิโน น้ำย่อยไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) ในน้ำย่อยจากตับอ่อนย่อยโพลีเพปไทด์ โมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็กไดเพปไทด์และกรดอะมิโน ต่อจากนั้นคาร์บอกซิเพปติเดส (Carboxypeptidase ในน้ำย่อยจากตับอ่อน) และอะมิโนเพปติเดส (Aminopeptidase ในน้อยย่อยจากผนังลำไส้เล็ก) บางทีเรียกน้ำย่อยทั้งสองนี้ว่า โพลีเพปติเดส (Polypeptidase) ย่อยโพลีเพปไทด์โมเลกุลเล็ก ให้เป็นไตรเพปไทด์ และไดเพปไทด์ซึ่งเป็นพวกเพปไทด์ โปราตีโอส และเพปโตนและยังได้เป็นกรดอะมิโนด้วย ไตรเพปไทด์ถูกย่อยโดยน้ำย่อยไตรเพปติเดส (Tripeptidase) จากผนังลำไส้เล็กให้เป็นกรดอะมิโน และไดเพปติเดส (Dipeptidase) หรือ อีเรปซิน (Erepsin) ในน้ำย่อยจากผนังลำไส้เล็ก ย่อยไดเพปไทด์ พวกโปรตีโอสและเพปโตนให้เป็นกรดอมิโน



ตารางขบวนการย่อยอาหาร

อวัยวะที่มีการย่อย	ที่ผลิต Enzyme	ชื่อ Enzyme	สิ่งที่ย่อย	ผลที่ได้
ปาก	ต่อมน้ำลายในปาก	Salivary Amylase (Ptyalin)	แป้งที่สุกและไกโคเจน	Maltose
กระเพาะอาหาร	ต่อมผนังกระเพาะอาหาร	Pepsin	โปรตีน	Proteoses, Peptones
		Rennin	Casein ของนม	นมที่ตกตะกอนแข็ง
		Gastric Lipase	ไขมัน	กรดไขมัน, Glycerine
ลำไส้เล็ก	ตับอ่อน	Amylase (Amylopsin)	แป้ง	Maltosel
		Lipase (Steapsin)	ไขมัน	กรดไขมัน, Glycerol Monoglycerides Diglycerides
		Ribonuclease	Ribonucleic acid	Nucleotides
		Deoxyribonuclease	Deoxyribonucleic acid	Nucleotides
		Cholesterol esterase	Cholesterol ester	Cholesterol อิสระกับกรดไขมัน
		Trypsin	โปรตีน Proteoses Peptones	กรดอะมิโน Polypeptides Dipeptides
		Chymotrypsin	โปรตีน	เหมือน Trypsin ทำให้นมตกตะกอนได้

อวัยวะที่มีการย่อย	ที่ผลิต Enzyme	ชื่อ Enzyme	สิ่งที่ย่อย	ผลที่ได้
		Carboxy Peptidase (Polypeptidase)	Polypeptides ที่มีหมู่ Carboxy อิสระ (Proteoses, Peptons, Peptides)	Peptides ที่อณูเล็กลง,กรดอะมิโนอิสระ
	ต่อมที่ผนังลำไส้เล็ก	Aminopeptidase (Polypeptidase)	Polypeptides ที่มีหมู่อะมิโนอิสระ (Proteose, Peptones, Peptides)	Peptides ที่อณูเล็กลง, กรดอะมิโนอิสระ
		Dipeptidase (Erepsin)	Dipeptides (Proteoses, Peptones)	กรดอะมิโน
		Tripeptidase	Tripeptide	กรดอะมิโน
		Intestinal Lipase	Triglycerides	กรดไขมันกับ Glycerol
		Sucrase	Sucrose	Fructose, Glucose
		Maltase	Maltose	Glucose
		Lactase	Lactose	Gallactose, Glucose

การดูดซึมอาหาร (Absorption)

การดูดซึมของสารอาหารคือการที่สารอาหารที่ถูกย่อยจนมีอณูเล็กลงแล้ว เช่น กลูโคส กรดไขมัน กรดอะมิโน ซึมผ่านผนังทางเดินอาหาร (Alimentary canal) เข้าสู่กระแสโลหิต แล้วถูกนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

วิธีการซึมผ่านของสารต่าง ๆ เป็นไปโดย **ดิฟฟิวชั่น** (Diffusion) และ อ๊อสโมสิส (Osmosis) ในลักษณะของเอ็นโดสโมสิส (Endosmosis)

Diffusion คือการกระจายของโมเลกุลของสาร ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ไปยังในที่ ๆ มีความเข้มข้นต่ำกว่า เพื่อทำให้การกระจายของโมเลกุลของสารมีเท่า ๆ กัน หรือมีความเข้มข้นเท่ากัน

Osmosis คือการซึมผ่านของโมเลกุลของสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า หรือมีสารต่าง ๆ ละลายอยู่น้อยกว่าผ่านทะลุผนังเยื่อบาง ๆ (membrane) ที่กั้นอยู่ไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่า หรือมีสารต่าง ๆ ละลายอยู่มากกว่า เพื่อทำให้ทั้งสองส่วน มีสารละลายเสมอกัน หรือ มีความเข้มข้นเท่ากัน

Endosmosis คือการซึมผ่านของโมเลกุลของสารละลายนอกเซลล์ เข้าสู่เซลล์

การดูดซึมอาหาร ในแต่ละอวัยวะทางเดินอาหาร

อาหารที่ผ่านการย่อยแล้วส่วนใหญ่จะมีการดูดซึมที่ผนังของลำไส้ ในปาก ในกระเพาะอาหาร และในลำไส้ใหญ่มีการดูดซึมสารอาหารบางอย่าง แต่น้อย

ในปาก มีการดูดซึมน้อยมาก จนไม่คำนึงถึงก็ได้ เพราะรู้สึกจะมีแต่น้ำเท่านั้นที่ดูดซึมผ่านเยื่อในปากได้

ในกระเพาะอาหาร มีการดูดซึมอาหารเข้ากระแสเลือดบ้างเล็กน้อย ในจำพวกสารอาหารต่าง ๆ ที่ดูดซึมที่ในกระเพาะอาหารนี้ แอลกอฮอล์เท่านั้นที่ถูกดูดซึมมากกว่าเพื่อน คือประมาณ 30 - 40 % ของแอลกอฮอล์ที่ดื่มเข้าไป ที่เหลือไปถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก อันนี้เป็นเหตุผลอธิบายได้ว่าคนดื่มสุราขณะท้องว่างจะเมาเร็ว นอกจากนี้ในกระเพาะอาหารยังมีการดูดซึม น้ำ น้ำตาลกลูโคส เกลือแร่ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำ เช่น เกลือ วิตามินประเภทละลายน้ำ เช่น วิตามิน บี และ ซี ไขมัน

ที่ Emulsified มาบ้างแล้ว และยางบางชนิด (พวกฝิ่น เฮโรอีน ดูดซึมทางกระเพาะอาหารเข้าสู่กระแสเลือดได้มาก)

ในลำไส้เล็ก อาหารต่าง ๆ เมื่อถูกย่อยแล้ว จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กเกือบทั้งหมดคือ ประมาณ 95 % ทั้งนี้เพราะ **เยื่อเมือก** (Epithelial cells) ของผนังลำไส้เล็กนอกจากจะย่นพับไปมาแล้ว ยังมีส่วนที่เรียกว่า **ปุ่มซึม** (villi) ยื่นออกมาจากผนังลำไส้ มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ ในคนมีประมาณ 18 ถึง 40 ปุ่ม ต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร หรือประมาณ 4 - 5 ล้านปุ่ม ตลอดผนังลำไส้เล็กทั้งหมด เป็นการเพิ่มพื้นผิวของลำไส้เล็กประมาณ 3 - 18 เท่า ทำให้เกิดเนื้อที่มากมายที่อาหารจะมาสัมผัสเพื่อถูกดูดซึมได้มากขึ้นและเร็วขึ้น เซลล์เมือกที่ผนังของปุ่มซึมจะเลือกคัด (Selective Absorption) ให้สารอาหารที่เหมาะสมบางสารเท่านั้นซึมผ่านได้ เช่น ตามลักษณะแล้ว น้ำตาลกาแลคโทสจะผ่านได้ดีกว่าฟรุคโทส และกลูโคส แต่ความจริงแล้ว กลูโคสกลับซึมผ่านได้ง่ายกว่าอีกสองชนิด ทั้งนี้เพราะร่างกายใช้กลูโคสมากที่สุด

ปุ่มซึมแต่ละอัน (villus) มีกล้ามเนื้อซึ่งสามารถยืดหดได้ ภายในปุ่มซึมมีเส้นเลือดฝอยมากมาย (Capillaries) ทั้งหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ ติดต่อกันเป็นตาข่าย เพื่อรับอาหารที่ถูกย่อยแล้วดูดซึมเข้าไป ส่วนแกนกลางเป็นท่อน้ำเหลือง (Lacteals หรือ Chyle Vessels) (ดูภาพที่ 10) ทำหน้าที่ดูดซึมไขมัน ได้แก่กรดไขมันกลีเซอรอลโมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์และวิตามินที่ละลายในไขมัน คือวิตามิน เอ ดี อี และ เค

การดูดซึมในลำไส้เล็กจึงมี 2 ทาง คือ

1. ทางเส้นเลือดฝอย กรดอะมิโน น้ำตาลชั้นเดียว และไขมันเพียงส่วนน้อย ประมาณ 1 ใน 3 ของไขมันทั้งหมด ผ่านเข้าทางเส้นเลือดฝอยของปุ่มซึมไปยังเส้นเลือดดำ (Portal Vein) เข้าสู่ตับ แล้วผ่านไปเข้าเส้นเลือดใหญ่ ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2. ทางหลอดน้ำเหลือง ไขมันส่วนมาก คือประมาณ 2 ใน 3 ของไขมันทั้งหมด และวิตามินที่ละลายในไขมัน จะผ่านเข้าทางหลอดน้ำเหลืองของปุ่มซึม ไปยังหลอดน้ำเหลืองใหญ่สู่ Thoracic Duct และหลอดเลือดใต้กระดูกไหปลาร้าด้านซ้าย (Left Subclavian Vein) Left Innominate Vein หลอดเลือดที่นำเลือดจากส่วนบนของร่างกาย (Superior Vena Cava) เข้าสู่หัวใจห้องบนด้านขวา (Right Atrium)

ในลำไส้เล็กนอกจากจะมีการดูดซึม คาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีนแล้ว ยังมีการดูดซึมเกลือแร่ วิตามิน และน้ำ ตลอดความยาวของลำไส้เล็ก

ในลำไส้ใหญ่ การดูดซึมในลำไส้ใหญ่ส่วนมากได้แก่น้ำ ซึ่งติดมากับกากอาหารจากลำไส้เล็กกากอาหารนี้เรียกว่าอุจจาระได้แล้ว ซึ่งชาวบ้านเรียกกันว่า **ขี้อ่อน** ลำไส้ใหญ่จะดูดน้ำกลับเข้าไปในร่างกายที่ให้ขี้อ่อนเป็นขี้แข็งและเหนียว เหมาะที่จะถ่ายออกได้พอดี ๆ แต่ถ้าท้องผูก (Constipation) ไม่ถ่ายตามกำหนด ยิ่งนาน การดูดน้ำก็ยิ่งมากขึ้น จนอุจจาระแห้งและแข็งทำให้ถ่ายยากและทรมานที่สุด

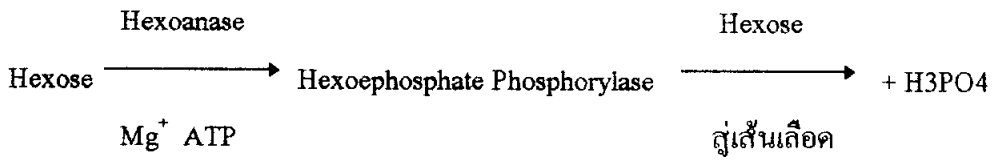
นอกจากนั้นแล้ว ลำไส้ใหญ่ยังทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหารอื่นอีกบ้างเล็กน้อย เนื่องจากย่อยที่อื่นไม่ได้จำต้องย่อยด้วยแบคทีเรีย เช่น เซลลูโลส เป็นต้น

การดูดซึมสารอาหารแต่ละชนิด

อาหารที่รับประทาน จะถูกย่อยแล้วดูดซึมเข้าร่างกายได้เกือบหมด คือประมาณ 95% ถ้าเป็นคาร์โบไฮเดรทล้วน ๆ จะย่อยและดูดซึมได้มากที่สุด คือ ประมาณ 98 % ไขมันย่อยและดูดซึมได้น้อยลง คือ ประมาณ 95 % ส่วนโปรตีนย่อยและดูดซึมได้น้อยที่สุด คือ ประมาณ 92 % ส่วนที่หายไปเป็นการสูญเสียเนื่องจากการย่อย การดูดซึมสารอาหารแต่ละชนิดต่างกัน ทั้งในกระบวนการ ตำแหน่งของทางเดินอาหาร และปริมาณ คือ

1. **การดูดซึมคาร์โบไฮเดรท** น้ำตาลชั้นเดียวที่ได้จากการย่อยอาหารพวกแป้งและน้ำตาล เช่น กลูโคสจะดูดซึมผ่านเยื่อบุลำไส้ เข้าไปในเส้นเลือดฝอยของปุ่มซึม ซึ่งในการดูดซึมกลูโคสนี้ต้องอาศัยโซเดียมเป็นตัวช่วยให้ดูดซึมได้เร็วขึ้น น้ำตาลชั้นเดียวที่ถูกดูดซึมแล้วจะเข้าไปในเส้นเลือดฝอย จากนั้นจะเข้าเส้นเลือดดำใหญ่ (Protal Vein) ไปยังตับ เข้าสู่หัวใจห้องขวาบน แล้วไปตามเส้นเลือดใหญ่ เพื่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ส่วนน้ำตาลชั้นเดียวที่เหลือใช้จะถูกเก็บสะสมไว้ที่ตับและเนื้อเยื่ออื่น ๆ โดยเฉพาะที่ตับในรูปของไกลโคเจน

ระหว่างที่น้ำตาลชั้นเดียวดูดซึมผ่านเยื่อบุลำไส้เล็กนั้น จะต้องเกิดขบวนการที่เรียกว่า (Phosphorylatio) คือจะต้องกลายเป็นน้ำตาลฟอสเฟตก่อน ขบวนการฟอสฟอริเลชั่นนี้ต้องมีเอนไซม์ Hexernase มักนิเซียมไอออน (Mg^{++}) และสารที่ให้พลังงานสูงคือ ATP ด้วย และเมื่อผ่านผนังลำไส้เล็กแล้ว ก่อนจะเข้าเส้นเลือด น้ำตาลฟอสเฟตจะสลายตัวให้น้ำตาลตามเดิม โดยอาศัยเอนไซม์ Phosphorylase ดังสมการ



ถ้าไม่เกิด Phosphorylation น้ำตาลชั้นเดียวจะไม่สามารถดูดซึมได้ น้ำตาลชั้นเดียวที่ต้องผ่าน Phosphorylation ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโทส กาแลคโทส แมนโทส ส่วนเพนโทสดูดซึมได้โดยไม่ต้องผ่าน Phosphorylation

โดยคุณสมบัติแล้วน้ำตาลชั้นเดียวแต่ละชนิดดูดซึมได้เร็วช้าต่างกัน ทั้งนี้โดยที่น้ำตาลพวกนี้มีโครงสร้างของอุณหภูมิแบบเดียวกัน จึงมีฤทธิ์ยับยั้งซึ่งกันและกัน เพราะมันจะแย่งกันจับตัวพาตัวเดียวกัน ถ้าให้อัตราการดูดซึมของกลูโคส = 100 การดูดซึมของกาแลคโทสจะ = 110 ฟรุคโทส = 4 แมนโทส = 13 และเพนโทส = 10 แต่ในการดูดซึมจริง ๆ แล้ว กลูโคสดูดซึมได้มากกว่าเพื่อน

จากการวิจัยในระยะหลังพบว่า น้ำตาลสองชั้น เช่น ซูโครส แลคโทส มอลโทส อาจดูดซึมเข้าผนังลำไส้ได้ โดยไม่ต้องถูกย่อยเป็นน้ำตาลชั้นเดียว และในการดูดซึมก็ต้องผ่านขบวนการ Phosphorylation เช่นเดียวกับน้ำตาลชั้นเดียว

2. การดูดซึมไขมัน ไขมันส่วนใหญ่ถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) ตอนต้นเข้าสู่ระบบไหลเวียนในร่างกาย 2 ทางคือ ทางเส้นเลือดฝอย และทางหลอดน้ำเหลืองของปุ่มซึมทั้งนี้แล้วแต่ขนาดของอนุภาค และจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของไขมันที่ผ่านการย่อยแล้ว

1. ทางเส้นเลือดฝอย ไขมันที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน (Micron)[1] หรือไขมันโมเลกุลเล็กมีคาร์บอน 10 ตัว หรือน้อยกว่า มักเป็นพวกไขมันที่สะเทินหรือเป็นกลาง (Neutral Fat) เช่น ไขมันในไข่แดง นม หรือกรดไขมัน โมเลกุลสั้น ๆ จะถูกดูดซึมผ่านเข้าเส้นเลือดฝอย เข้าสู่เส้นเลือดดำของตับ ผ่านตับ แล้วเข้าไปสู่หัวใจห้องบนด้านขวา ก่อนจะเข้าเส้นเลือดไขมันพวกนี้จะรวมตัวกับเกลือน้ำดี หรือฟอสฟอรัส เป็นฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) หรือที่เรียกว่า เลซิทิน (Lacithin) ซึมผ่านผนังลำไส้และแยกออกเป็นกรดไขมันอิสระ

2. ทางหลอดน้ำเหลือง ส่วนไขมันที่มีขนาด 0.5 ไมครอน หรือไขมันที่โมเลกุลใหญ่ คือมีคาร์บอน 10 ตัว หรือมากกว่า ได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล คมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์ จะถูกดูดซึมเข้าหลอดน้ำเหลืองเล็ก ๆ (Lecteal) ภายในปุ่มซึมของลำไส้เล็ก ผ่านไปเข้าหลอดน้ำเหลืองใหญ่ หลอดเลือดดำใหญ่ เข้าสู่หัวใจห้องบนด้านขวา

---

[1] ไมครอน = 1/1,000 ม.ม.

ไขมันส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมในรูปของ ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) แม้ว่าผลจากการย่อยเพื่อให้ดูดซึมได้สะดวกในตอนแรกจะเป็น กรดไขมันกลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์ ก็ตาม แต่หลังจากถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กแล้ว เซลล์ของลำไส้เล็กจะสังเคราะห์สารเหล่านั้นให้เป็น ไตรกลีเซอไรด์ใหม่ แล้วจึงเข้าหลอดน้ำเหลือง

การดูดซึมไขมัน ไม่ว่าจะเป็นโดยทางใดก็ตาม ก่อนจะมีการดูดซึมเข้าเส้นเลือดฝอยและหลอดน้ำเหลืองไขมันที่ผ่านการย่อยแล้วนั้น จะจับกับโปรตีนเป็นหยดเล็ก ๆ ที่คงตัว เรียกว่า **คายโลไมครอน** (Chylomivrons) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง จาก 0.5 ถึง 1.0 ไมครอน ด้วยเหตุนี้ไขมันในหลอดน้ำเหลืองจึงมีสีขุ่นขาวเหมือนน้ำนม เรียกว่า **คายล์** (Chyle) และเลือดก็มีสีขาวขุ่นเช่นกัน หลังจากกินอาหารเสร็จใหม่ ๆ หากร่างกายขาดโปรตีนที่จะมาสร้างเป็นคายโลไมครอน ผลิตผลจากการย่อยไขมัน ก็ไม่สามารถนำเข้าสู่ระบบไหลเวียนไปใช้ในร่างกายได้

3. การดูดซึมโปรตีน โปรตีนซึ่งผ่านการย่อยจนถึงขั้นสุดท้ายเป็นกรดอะมิโนแล้วนั้น จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนทางเส้นเลือดฝอยของปุ่มซึมในลำไส้เล็กเข้าสู่เส้นเลือดดำของตับ ผ่านตับแล้วไปเข้าหัวใจห้องบนด้านขวา ออกสู่เส้นเลือดใหญ่อีกทีหนึ่ง

ผนังลำไส้ของสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม เอาเป็นว่าคนนี่แหละ ลูกซึ่งคลอดออกมาใหม่ๆ ลำไส้สามารถดูดซึมโปรตีนทั้งโมเลกุลที่อยู่ในน้ำนมแม่ได้ ความสามารถนี้จะหมดไปหลังคลอดแล้ว 2-3 วัน วิธีการนี้สำคัญมากเพราะทำให้สามารถดูดซึมเอาสิ่งต่อต้านที่เรียกว่า แอนติบอดี (Antibodies) ซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันโรคของแม่จากน้ำเหลืองน้ำนม (Colostrum) ไว้ใช้ต่อต้านโรค ดังนั้นน้ำนมของแม่สัตว์ใดจึงเหมาะกับลูกของสัตว์นั้น และควรให้ลูกได้ดื่มน้ำเหลืองน้ำนม ซึ่งออกมาครั้งแรกจากเต้านมหลังจากคลอด เพราะอุดมด้วยแอนติบอดี ไม่ควรรีดทิ้ง

เมื่อโตขึ้นการดูดซึมโปรตีนที่มีโมเลกุลใหญ่กว่ากรดอะมิโนจะหมดไป อาจจะเป็นเพราะกระเพาะอาหารและลำไส้หลั่งกรดและน้ำย่อยได้ดีขึ้น หรือเพราะเป็นการป้องกันตนเอง เนื่องจากสร้างภูมิคุ้มกันได้เองแล้ว ดังนั้นหากยังดูดซึมโปรตีนโมเลกุลใหญ่ อย่างเช่น เพปไตด์ (Peptides) เข้าไปโปรตีนพวกนี้จะทำหน้าที่เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดอำนาจต่อต้านโรค ที่เรียกว่า **แอนติเจน** (Antigen) กระตุ้นร่างกายให้สร้าง **แอนติบอดี** ขึ้น ทำให้บางรายเกิดอาการแพ้ (Allergic reaction) ได้

4. การดูดซึมเกลือแร่ เกลือแร่ดูดซึมในกระเพาะอาหารได้บ้างเล็กน้อย แต่ส่วนมากจะดูดซึมที่ลำไส้เล็ก การดูดซึมเกลือแร่นี้จะเกิดขึ้นทันทีที่ร่างกายขาดเกลือแร่ชนิดนั้น ๆ

ก. เกลือแร่ที่ละลายน้ำได้ เช่น โซเดียมและโปแตสเซียม เป็นเกลือแร่ที่ดูดซึมได้ง่าย ก็จะซึมซาบได้เลยที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ถ้ามีมากเกินความต้องการของร่างกายก็จะถูกขับออกจากร่างกายโดยไต

ข. แคลเซียม ซึมผ่านได้ตลอดความยาวของลำไส้เล็ก แต่ซึมผ่านผนังลำไส้เล็กตอนต้นและในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรดได้มากและดีกว่าลำไส้เล็กตอนปลายซึ่งมีสภาพค่อนข้างเป็นด่าง เมื่อแคลเซียมซึมผ่านผนังลำไส้เล็กแล้วก็จะเข้าสู่เส้นเลือดส่งไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายตามที่ต้องการ การดูดซึมของแคลเซียมจะได้ดีหรือไม่ยังมีปัจจัยหลายอย่าง ที่หลายอย่างช่วยในการดูดซึมและหลายอย่างขัดขวางการดูดซึม

สิ่งที่ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียม มีหลายอย่าง ได้แก่

1. วิตามิน ดี แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้แคลเซียมสะสมอยู่ในโลหิตมากเกินปรกติ อาจเป็นอันตรายได้
2. แลคโทสในนมช่วยในการดูดซึมดีขึ้น
3. โปรตีน
4. วิตามิน ซี
5. ฮอร์โมนบางชนิด เช่น ฮอร์โมนเพศ ได้แก่ เอสโตรเจนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้แคลเซียม หญิงที่อยู่ในระยะหมดประจำเดือนอาจเกิดโรคขาดแคลเซียมได้ เพราะเอสโตรเจนไม่มีหรือมีก็น้อยมาก

ฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Hormone) เป็นตัวควบคุมการดูดซึมแคลเซียมตามความต้องการของร่างกาย ให้ระดับแคลเซียมในเลือดเป็นปรกติ (10 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรของซีรัม)

สิ่งที่ขัดขวางการดูดซึมของแคลเซียม ก็มีหลายอย่างที่ทำให้การดูดซึมได้ไม่สมบูรณ์ 100 % ได้แก่

1. อาหารบางชนิด หรือผักบางอย่าง เช่น ผักโขม ซึ่งเป็นผักที่มีแคลเซียมสูง แต่ขณะเดียวกันผักโขมมีกรดอ๊อกซาลิค (Oxalic Acid) ซึ่งจะไปรวมกับแคลเซียมเกิดเป็นแคลเซียมอ๊อกซาเลท (Calcium Oxalate) ตกเป็นตะกอนไม่สามารถจะดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้ หรือพืชบางชนิดมีกรดไฟติค (Phytic Acid) ซึ่งมีอยู่ในพวกข้าว เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี จะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมเช่นกัน

2. เกลือคาร์บอเนตและเกลือฟอสเฟตจะไประงับการดูดซึมของแคลเซียม เพราะมันจับกับแคลเซียมแล้วเกิดเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แล้วขับออกทางอุจจาระ

3. กรดไขมัน จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม เกิดเป็นสบู่ซึ่งไม่ละลายน้ำแล้วถูกขับออกทางอุจจาระ ทำให้กรดดูดซึมแคลเซียมลดลง

4. อาหารที่มีกากมาก ทำให้การเคลื่อนตัวผ่านทางเดินของอาหารเร็ว จะทำให้แคลเซียมถูกขับออกเสียก่อนที่จะถูกดูดซึมได้เต็มที่

5. การกินยาระบาย ก็ทำให้การดูดซึมของแคลเซียมน้อยลง เนื่องจากถูกขับถ่ายออกเร็วเกินไป ยังดูดซึมได้ไม่เต็มที่

การดูดซึมของแคลเซียมแตกต่างกันแล้วแต่ละบุคคล จำนวนแคลเซียมที่รับประทานและภาวะร่างกายที่ต้องการแคลเซียม การดูดซึมแคลเซียมในเด็กอ่อนมีประมาณ 50-70 % (แคลเซียมในนม) เด็กอายุ 4 - 12 ปี ประมาณ 16 -34 % ผู้ใหญ่ 30 - 50 %

หญิงที่ตั้งครรภ์และขณะที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีการดูดซึมของแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของเด็กในครรภ์ โดยเฉพาะในการสร้างกระดูกและฟันของเด็ก นอกจากนี้ก็เพื่อใช้ในการสร้างน้ำนมของมารดาด้วย ฉะนั้นหากมารดารับประทานอาหารที่มีแคลเซียมไม่พอ ร่างกายจะดึงเอาแคลเซียมจากกระดูกและฟันในร่างกายเอาไปใช้ในการดังกล่าว หญิงมีครรภ์จึงมักจะฟันผุและเป็นรู ด้วยเหตุนี้จึงควรได้รับประทานอาหารที่มีแคลเซียมให้มากพอกับความต้องการของร่างกายในขณะที่ตั้งครรภ์และให้นมลูก

แคลเซียมจะถูกเก็บสะสมไว้ในกระดูกตรงส่วนปลายกระดูกที่เรียกว่า Trabeculac ถ้าเกิดการขาดแคลนแคลเซียม ส่วนที่เก็บไว้นี้จะถูกนำไปใช้ แต่ถ้าไม่มีชดใช้ก็จะดึงเอาจากกระดูกนั่นเอง ทำให้กระดูกเป็นโพรงและเปราะ

ค. เหล็ก ถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กตอนต้นเข้าสู่เส้นเลือดและเป็นสารอาหารที่ซึมซาบได้ยากกว่าแร่ธาตุอย่างอื่น ส่วนปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการของร่างกาย เหล็กจะถูกดูดซึมได้ก็ต่อเมื่ออยู่ในสภาพเฟอรัส (Ferrous Iron) ธาตุเหล็กที่เรากินเข้าไปจากอาหารเป็นเหล็กที่อยู่ในสภาพเฟอริค (Ferric Iron) ซึ่งมีเวเลนซี่ (Valency) 3 จะถูกกรดในกระเพาะอาหาร วิตามิน ซี และ อี เปลี่ยนให้เป็นเหล็กเฟอรัส ซึ่งมีวาเลนซี 2 ก่อน เมื่อดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่พลาสม่าแล้วอ๊อกซิไดซ์กลับเป็นเฟอริค เฟอริคนี้จะรวมตัวกับโปรตีนชนิดหนึ่งในผนังลำไส้เล็กที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นมีชื่อว่า อะโปเฟอร์ริติน (Apoferritin) เกิดเป็นเฟอร์ริติน (Ferritin) ซึ่งเป็นสารประกอบของสารโปรตีนกับธาตุเหล็กที่ซับซ้อนแล้วเก็บสะสมไว้ในเซลล์เยื่อเมือกของลำไส้เล็กใน

อัตราส่วนที่สมดุลย์กับธาตุเหล็กในกระแสเลือด ครั้นเมื่อเลือดมีธาตุเหล็กต่ำเฟอร์ริตินจะปล่อยเหล็กออก แล้วเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของอะโปเฟอร์ริตินเหล็กที่ถูกปล่อยออกจะเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อใช้ในการสร้างฮีโมโกลบิน และเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูกวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป เหล็กที่เกินความต้องการของร่างกายจะถูกขับออกโดยลำไส้ใหญ่ ถ้าหากเรากินเหล็กเกินส่วนไปอุจจาระที่มีเหล็กออกมาด้วยจะมีสีดีจัด

อะโปเฟอร์ริติน ช่วยให้เหล็กถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดของปุ่มซึมในลำไส้เล็กได้ หากขาดสารอะโปเฟอร์ริติน แม้เราจะกินเหล็กมากมายเพียงใดก็ตาม ร่างกายก็ไม่สามารถดูดซึมไว้ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้

ถ้าร่างกายขาดเหล็ก การสร้างฮีโมโกลบินไม่พอหรือเม็ดเลือดแดงอาจมีขนาดเล็กลง ทำให้เลือดมีสีจาง ที่เรียกว่าโรคโลหิตจาง มีมากในทารกและเด็ก โดยเฉพาะในทารกที่มารดาขาดเหล็ก การขาดเหล็กเกิดขึ้นได้กับคนทุกวัย หญิงที่มีโลหิตออกมากขณะมีประจำเดือน หรือหมดประจำเดือนแล้วมีโอกาสขาดมาก

ง. ฟอสฟอรัส ดูดซึมจากผนังลำไส้เล็ก และการดูดซึมนี้ดีกว่าแคลเซียม ฟอสฟอรัสขับถ่ายออกทางปัสสาวะ ปริมาณของการขับถ่ายขึ้นอยู่กับว่าได้ดูดซึมมากน้อยเพียงใดจากลำไส้เล็ก การขาดฟอสฟอรัสปกติแล้วไม่เกิดแก่คน เพราะมีอยู่ในอาหารหลายชนิด แต่สัตว์จะพบว่ามีการขาดธาตุนี้สัตว์จะเกิดข้อแข็ง และกระดูกเปราะหักง่าย และเติบโตช้า สำหรับคนนั้นถ้าได้รับอาหารที่ให้แคลเซียมอย่างเพียงพอแล้วก็จะได้ฟอสฟอรัสด้วยในขณะเดียวกัน

ไอโอดีน ดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่เส้นเลือด แล้วเข้าสู่ต่อมไทรอยด์ และเนื้อเยื่ออื่น ๆ เมื่อไอโอดีนเข้าสู่ต่อมไทรอยด์ก็จะรวมตัวกับสารอื่น (โปรตีน) เกิดเป็นสารใหม่ขึ้น 3 ชนิด คือ ไทร็อกซิน (Thyroxine) โมโนไอโอโดไทรอซิน (Monoiodotyrosine) และไอโอโดไทโอนิน (Iodothyronine) สารทั้งสามชนิดรวมกันเรียกว่า ไทรโอโกลบูลิน (Thyroglobulin) ในสารทั้ง 3 อย่างนี้ ไทร็อกซินเท่านั้นที่จะถูกส่งมาในโลหิตที่ทำหน้าที่ให้ร่างกาย

พวกแร่ธาตุจะถูกดูดซึมในส่วนต้น ๆ ของลำไส้เล็กได้เร็วและดีกว่าส่วนปลาย ๆ พวกประจุ 1 เช่น Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^- จะถูกดูดซึมได้เร็วกว่าพวกที่มีประจุมากกว่า 1 เช่น Ca^{++}, Mg^{++}, $SO_4^=$ เป็นต้น

5. การดูดซึมวิตามิน การดูดซึมของวิตามินแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1. วิตามินที่ละลายน้ำ ดูดซึมเข้าทางกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กโดยตรง โดยวิธีผ่านซึม (Diffusion) จากอาหารธรรมดา เว้นแต่วิตามิน บี $_{12}$ ต้องอาศัยสารที่เรียกว่า Intrinsic Factor จากกระเพาะมาจับตัวมันก่อน จึงจะซึมผ่านลำไส้เล็กได้ และในการจับกันระหว่างวิตามิน บี $_{12}$ กับ Intrinsic Factor นั้น จะต้องอาศัยแคลเซียมช่วยด้วย เมื่อสารประกอบที่ซับซ้อนนี้ผ่านเข้าสู่เซลล์ของผนังลำไส้เล็กแล้ว จะแตกออกจากกันทันทีกลายเป็นวิตามินบี 12 อิสระแล้วเข้าสู่กระแสเลือดต่อไป วิตามิน บี $_{12}$ ถูกดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย

ด้วยการดูดซึมวิตามิน บี $_{12}$ ต้องอาศัย Intrinsic Factor ดังนั้นในผู้ป่วยที่เป็นโรคกระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารของเขาไม่อาจผลิต Intrinsic Factor ได้เหมือนปรกติทำให้ขาด Intrinsic Factor ไป ร่างกายจึงไม่สามารถดูดซึมวิตามิน บี $_{12}$ ไว้ใช้ได้ เกิดเป็นโรคโลหิตจาง ชนิดขาดวิตามิน บี $_{12}$ ตามมา

วิตามินที่ละลายน้ำ มีความสามารถดูดซึมได้มากที่สุดในพวกวิตามินด้วยกัน คือประมาณวันละ 0.1 - 1 กรัม วิตามินพวกนี้จะถูกเก็บไว้ในร่างกายเพียงเล็กน้อย ถ้ากินมากเกินกว่าความต้องการที่จะทำให้โลหิตอิ่มตัวแล้ว ส่วนที่เกินไปนั้นจะผ่านออกทางไตปนกับปัสสาวะ

2. วิตามินที่ละลายในไขมัน จะถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก ทางหลอดน้ำเหลืองของปุ่มซึม การดูดซึมของวิตามินประเภทนี้ต้องอาศัยไขมันจากอาหารที่รับประทานเข้าไป เป็นตัวทำละลาย ร่วมกับไมเซลล์ผสม (Mixed Micelle) จากน้ำดีหรือเกลือน้ำดี เพราะไขมันเป็นตัวละลายส่วนไมเซลล์ผสมหรือเกลือน้ำดีเป็นตัวพา หากร่างกายได้รับวิตามินพวกนี้มากเกินไป จะถูกเก็บไว้ที่ตับ และมีเป็นส่วนน้อยที่จะถูกขับออกไปกับปัสสาวะหรืออุจจาระ

ร่างกายจะขาดวิตามินเหล่านี้ ถ้าการดูดซึมไขมันหยุดชะงัก เช่นการขาดน้ำย่อยจากตับอ่อนหรือไม่มีน้ำดีเข้ามายังลำไส้เล็ก เพราะท่อน้ำดีอุดตัน เป็นต้น

6. การดูดซึมน้ำ น้ำถูกดูดซึมโดยวิธี Osmosis ตลอดทางเดินอาหาร คือทั้งในปาก กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ แต่ในลำไส้เล็กจะมีการดูดซึมมากที่สุด คือประมาณ 80% วันหนึ่ง ๆ เราได้รับน้ำเข้าไปในระบบทางเดินอาหารจาก อาหาร เครื่องดื่ม และน้ำที่ดื่มเข้าไปประมาณ 1.5 ลิตร นอกจากนี้ยังมีน้ำจากน้ำลาย น้ำหลั่งจากกระเพาะ ลำไส้ และตับอ่อนอีกจำนวนมาก น้ำทั้งหมดนี้ร่างกายจะดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารกลับเข้าไปในร่างกายประมาณวันละ 8 ลิตร ส่วนที่เหลือจะขับถ่ายออกไปกับอุจจาระวันละประมาณ 0.1 ลิตร (100 ลบ.ซม.)

หากเราดื่มน้ำมากเกินไป จนสามารถจะทำให้โลหิตจางได้ ไตจะทำหน้าที่ดึงเอาออกไปเสียบ้างเพื่อเป็นการรักษาให้ส่วนประกอบของโลหิตคงอยู่โดยถูกต้องเสมอ การควบคุมโดยอัตโนมัติของไตดังกล่าวนี้จะเป็นไปอย่างว่องไวและรวดเร็วมาก ภายใน 1 ชั่วโมง หรือไม่ถึงด้วยซ้ำ น้ำที่ดื่มเข้าไปเกินความต้องการของร่างกายนั้นจะถูกส่งผ่านออกจากไตเป็นปัสสาวะทันที ฉะนั้นด้วยเหตุนี้เอง เวลาเราดื่มสุราผสมโซดามาก ๆ หรือดื่มเบียร์มาก จึงรู้สึกปวดปัสสาวะและถ่ายปัสสาวะบ่อย ๆ

ในกรณีที่ผนังลำไส้เกิดระคายเคืองหรืออักเสบจากการติดเชื้อ อาจจะจากแบคทีเรียหรือสารที่เป็นพิษ (Toxin) เช่นโรคท้องร่วง ลำไส้จะเคลื่อนไหวหดรีดเร็วขึ้น อาหารไม่ทันได้ย่อยเหมือนปรกติ และน้ำก็ไม่ทันดูดซึมเข้าสู่ร่างกายก็ถูกลำไส้หดรีดให้ออกเป็นอุจจาระเสียก่อน อุจจาระนั้นจึงมีลักษณะเหลวคือมีน้ำมากกว่าที่ควร เรียกว่าท้องเดิน (Diarrhoea) ทำให้ร่างกายขาดน้ำ (Dehydration)

การขับถ่าย

การขับถ่ายเป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายของการย่อยและการดูดซึมสารอาหารในระบบย่อยอาหาร ซึ่งอาหารที่เหลือจากการย่อยและการดูดซึมในลำไส้จะถูกขับออกมาเป็นอุจจาระทางทวารหนัก (Anus)

อาหารที่เคลื่อนจากลำไส้ใหญ่ เป็นอาหารที่ไม่ได้ย่อย เช่น เส้นใยของเนื้อแป้งและไขมันบางส่วน อาหารที่ย่อยไม่ได้ เช่น เยื่อหรือเซลลูโลสในผักและผลไม้ แร่ธาตุบางอย่าง

สรุป หัวข้อการย่อยและการดูดซึม

จากการที่เราได้อธิบายระบบการย่อยและการดูดซึมอาหารมาแล้วจากข้างต้นเราสามารถที่จะสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ก. สารคาร์โบไฮเดรท

ปาก เอ็นไซม์ไทอะลินเปลี่ยนแปลงเป็นเดร็กซตรินและมอลโทส

กระเพาะอาหาร ไทอะลินจะหมดฤทธิ์เพราะผสมกับกรดเกลือ

ลำไส้เล็ก อะไมเลสของตับอ่อน ย่อยแป้งเป็นเดร็กซตรินและมอลโทส
เอ็นไซม์ไดแซคคาเรส ย่อยไดแซคคาไรด เป็นกลูโคส

กลูโคสซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้รวดเร็ว และมาก
ฟรุ๊กโทส หรือกาแลคโทส ผ่านได้แต่น้อยมาก

เมทาโบลิซึม กลูโคสสลายให้พลังงาน คาร์บอนไดอ๊อกไซด์
และน้ำ กลูโคสรวมเป็นไกลโคเจน มีในอวัยวะต่าง ๆ
กลูโคสมีในกระแสโลหิตและในบางอวัยวะ กลูโคสที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นไขมัน
สะสม

ข. สารไขมัน

ในปากอาหารไขมันจะคลุกเคล้ากับอาหารอื่นในกระเพาะอาหารบางส่วน
ของ Emulsified Fat ซึ่งมีอยู่น้อย อาจสลายให้กรดไขมันและไกลเซอรอล

ตับอ่อนทำไลเปสส่งให้ ⟶ ลำไส้เล็ก ⟵ ตับ นำ น้ำดีส่งให้
ก้อนไขมันจะแยกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ โดยน้ำดีและเกลือน้ำดี
เอนไซม์ไลเปส ย่อยให้กรดไขมันและไกลเซอรอล
การซึมผ่าน กรดไขมันรวมกับเกลือน้ำดี หรือฟอสฟอรัส
เป็นฟอสโฟไลปิด ซึมผ่านผนังลำไส้

และแยกออกเป็นกรดไขมันอิสระ

ส่วนใหญ่ซึมเข้าท่อน้ำเหลืองซึ่งอาจมีไวตามิน และสารละลายในไขมันเข้าสู่หลอดโลหิตดำใหญ่ เข้าสู่หัวใจ

บางส่วนเข้าเส้นโลหิตฝอย เข้าสู่เส้นโลหิตดำใหญ่ของตับ เมื่อผ่านตับจะเข้าสู่หัวใจ

ในตับและกระแสโลหิต

- ส่งไปยังอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย สำหรับใช้ความต้องการ
- ตับรับไว้ รวมกับโปรทีน และฟอสฟอรัส เป็นฟอสโฟไลปิด
- ใช้ในเมทาโบลิซึม
- เหลือจากใช้ จะเปลี่ยนเป็นไขมันสะสม อยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ

ค. สารโปรทีน

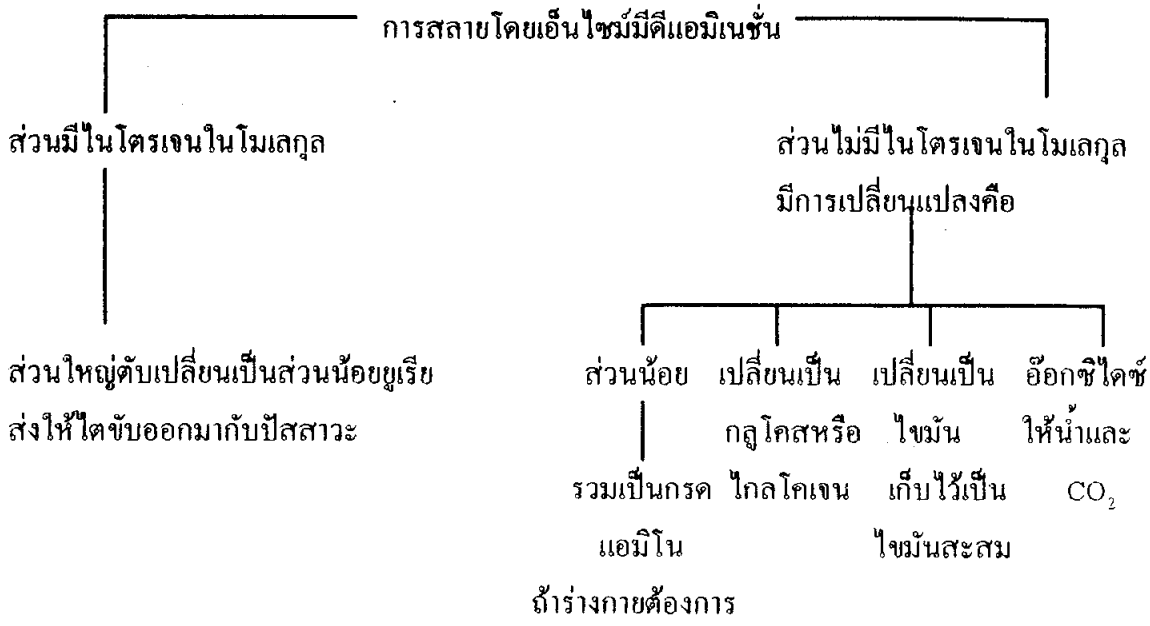
ในปากไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เปลี่ยนบางลักษณะให้กระด้างขึ้นในกระเพาะอาหารเอ็นไซม์เปปซินร่วมกับกรดเกลือย่อยสารโปรทีนเป็นโปรทีโอสและเปปโทน

ตับอ่อนให้ทริฟซิน ⟶ ลำไส้เล็ก ⟵ ลำไส้เล็กให้ อีเรปซิน

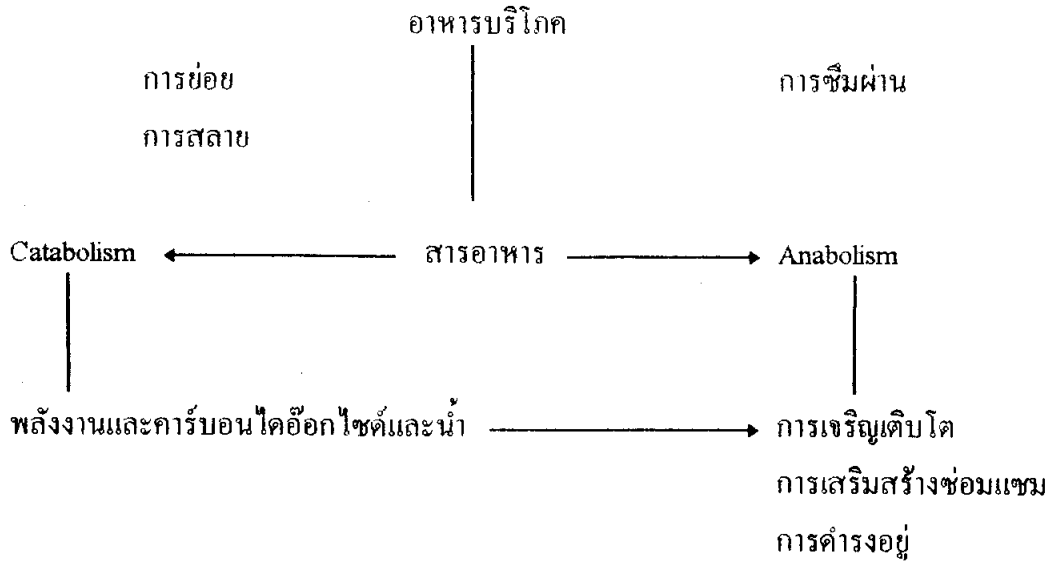
อีเรปซินย่อยโปรทีโอสและเปปโทน เป็นกรดแอมิโน ทริฟซินย่อยสารโปรทีเอสและเปปโทน และย่อยโปรทีเอส เปปโทน เป็นกรดแอมิโน

กรดแอมิโนซึมผ่านผนังลำไส้เข้าเส้นโลหิต ไปยังตับและไปยังหัวใจ หัวใจส่งไปยังอวัยวะต่าง ๆ

อวัยวะต่าง ๆ รับ เพื่อทำการสร้างโปรทีนให้แก่เซลล์ ทำสารโปรทีนให้แก่โลหิตและน้ำเหลืองทำเอ็นไซม์ ทำฮีโมโกลบิน ทำฮอร์โมน ทำ Secretions ต่าง ๆ กรดที่เหลือจะผ่านกลับมายังตับส่วนใหญ่จะเกิด



ง. วิธีการของเซลล์ที่นำสารอาหารไปใช้



หนังสืออ้างอิง โภชนาศาสตร์ ของ ค้วน ขาวหนู