



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศรัณยา	พีระเกียรติขจร	ปร.ด.(เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.ม.(เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.บ.(ชีววิทยา)
น.สพ.ศิวะ	พีระเกียรติขจร	สพ.บ.(สัตวแพทยศาสตร์)

ผู้ตรวจ

ดร.นวิยา	สุยเป้า	ปร.ด.(สรีรวิทยา), วท.ม.(สรีรวิทยา), วท.บ.(ชีววิทยา)
ดร.พรสวรรค์	สุทธินนท์	ปร.ด.(ชีววิทยา), วท.ม.(พฤกษศาสตร์), วท.บ.(ชีววิทยา)
ดร.ชิตติพงษ์	ทิพบรรจง	ปร.ด.(กายวิภาคศาสตร์และชีววิทยาโครงสร้าง), วท.บ.

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.พิศเรศ	คู่ยต์วน	ปร.ด.(สรีรวิทยา), วท.บ.(ชีววิทยา)
---------------	----------	-----------------------------------

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓

พิมพ์ครั้งที่ ๑

จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม

ISBN : 978-616-07-2046-0

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายการเงินและบัญชี, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง :

๖๙/๑๐๙ หมู่ ๑ ซ.พระแม่การุณย์ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐
โทร. ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๕, ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๓, ๐-๒๕๖๑-๕๕๕๐-๒ โทรสาร ๐-๒๕๖๑-๕๕๕๓

ฝ่ายวิชาการ :

๘๗/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐
โทร. ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๕-๒๐, ๐-๒๕๕๓-๘๑๖๘-๙ โทรสาร ๐-๒๕๕๐-๒๕๒๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

คำนำ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๔ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบเวียนเลือด และ ระบบหายใจ นอกจากนี้ในหนังสือยังมี QR Code (Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ เล่มนี้ จะอำนวยความสะดวกต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหาร ระบบทางเดินอาหารในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง การย่อยอาหารของมนุษย์ การดูดซึมสารอาหาร การขับถ่ายของเสีย ระบบภูมิคุ้มกัน กลไกสร้างภูมิคุ้มกัน โรคและความผิดปกติของภูมิคุ้มกัน ระบบหมุนเวียนเลือด รูปแบบการลำเลียงสารภายในร่างกายของสัตว์ รูปแบบของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดในสัตว์ชนิดต่างๆ ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ การศึกษาองค์ประกอบของเลือด ระบบน้ำเหลือง โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไก การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ การสร้างภูมิคุ้มกันตัวเอง และภูมิคุ้มกันรับมา
6. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง
7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
8. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลาและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด
9. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์

10. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา
11. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก
12. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
13. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์
14. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

สารบัญ



หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย (Digestive and excretory system)	1
	ระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหาร	2
	ระบบทางเดินอาหารในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง	10
	การย่อยอาหารของมนุษย์	15
	การดูดซึมสารอาหาร	26
	การขับถ่ายของเสีย	28
	กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	41

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6	ระบบภูมิคุ้มกัน (Immunity system)	42
	ระบบภูมิคุ้มกัน	43
	กลไกสร้างภูมิคุ้มกัน	57
	โรคและความผิดปกติของภูมิคุ้มกัน	63
	กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	70

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7	ระบบหมุนเวียนเลือด (Circulatory system)	71
	ระบบหมุนเวียนเลือด	72
	รูปแบบการลำเลียงสารภายในร่างกายของสัตว์	74
	รูปแบบของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดในสัตว์ชนิดต่างๆ	77
	ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์	84
	การศึกษาองค์ประกอบของเลือด	97
	ระบบน้ำเหลือง	112
	กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	115

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8	ระบบหายใจ (Respiratory system)	116
	โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	117
	โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	123
	โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์	124
	กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	131

บรรณานุกรม





แนวคิด

สิ่งมีชีวิตหลายชนิด ไม่สามารถสร้างพลังงานในร่างกายของตนเองได้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องได้รับพลังงานและสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในรูปของอาหาร ซึ่งได้รับจากการกินเข้าไปโดยร่างกายจะต้องมีการเปลี่ยนรูปจากสารอาหารให้เป็นพลังงาน และใช้เพื่อเป็นสารตั้งต้นในการสร้างโครงสร้างและเกิดเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ในร่างกาย และเมื่อร่างกายได้เปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานหรือเมตาบอลิซึมแล้ว ร่างกายมีความจำเป็นต้องกำจัดของเสียผ่านระบบขับถ่าย เพื่อกำจัดสิ่งที่เป็นของเสียในร่างกายเพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียเหล่านั้นถูกเปลี่ยนเป็นสารพิษในร่างกายได้



สาระการเรียนรู้

1. ระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหาร
2. ระบบทางเดินอาหารในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง
3. การย่อยอาหารของคน
4. การขับถ่าย

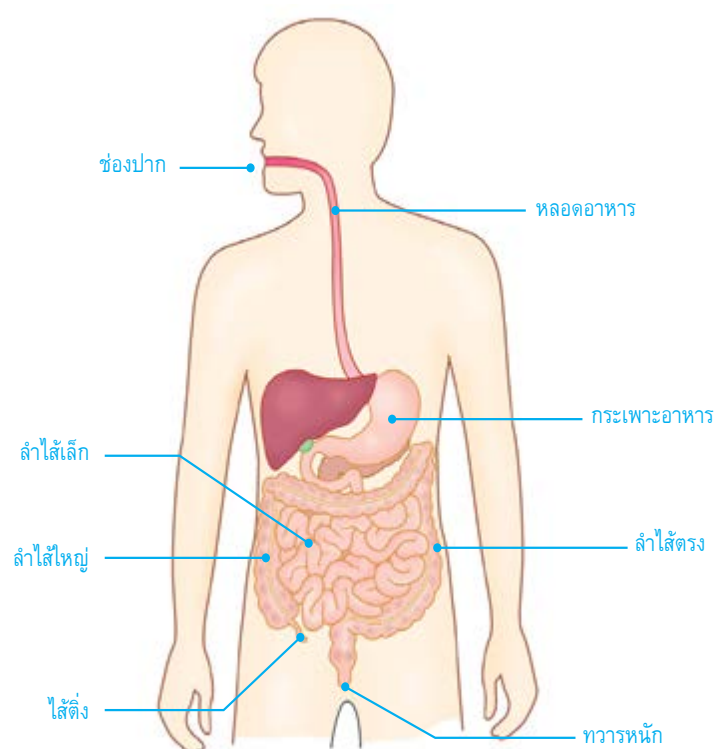


ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์



ระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหาร



ร่างกายของเรา สามารถได้รับพลังงานจากอาหาร เนื่องจากอาหารเป็นแหล่งสะสมพลังงานและแร่ธาตุ และสารเคมีต่างๆที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การที่คนเรารับประทานอาหาร ก็เพื่อให้ร่างกายได้รับพลังงานที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตและสารอาหารที่จำเป็น ไม่ว่าจะเป็นผักผลไม้ ผลิตภัณฑ์จากพืช และเนื้อสัตว์ต่างๆ ซึ่งในอาหารเหล่านี้ จะประกอบด้วยสารอาหารซึ่งมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ การที่จะนำสารอาหารต่างๆ ให้เข้าสู่ร่างกายและไปถึงระดับเซลล์นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องทำให้สารอาหารเหล่านี้ถูกย่อยในขณะที่มีโมเลกุลที่เล็กลงร่างกายสามารถดูดซึมเข้าสู่ กระแสเลือดและนำไปสู่เซลล์ต่างๆได้

แต่กระนั้น ก็ไม่ใช่ทุกส่วนของอาหารที่ร่างกายสามารถย่อยและก่อให้เกิดการดูดซึมได้ จึงมีการขับทิ้งออก จากทางเดินอาหารสู่ภายนอก นอกจากนี้แล้ว สารอาหารบางชนิดเมื่อผ่านกระบวนการ สลายอาหารในระดับเซลล์แล้ว มีความเป็นพิษต่อร่างกายหรือสามารถก่อให้เกิดพิษได้ ร่างกายจึงมีการ กำจัดทิ้งออกจากกระแสเลือด ช่วยระบบขับถ่าย

ในหน่วยการเรียนรู้นี้เราจะศึกษาถึง ร่างกายมีกระบวนการอย่างไรที่ทำให้ อาหารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาดที่เล็กลง รวมถึงการทำงานของระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายของคน และสิ่งมีชีวิตต่างๆ



อาหารและการย่อยอาหาร

สิ่งมีชีวิตหลายชนิดไม่สามารถสังเคราะห์หรือสร้างพลังงาน ด้วยตนเองได้ อย่างเช่นในพืช สิ่งมีชีวิตจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำอาหารเข้าสู่ร่างกาย เพื่อสร้างเป็นพลังงาน โดยสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ กลูโคส กรดอะมิโน เซลล์พืชสามารถนำไปใช้ได้แทบในทันที เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลที่เล็ก แล้วมีช่องทางในการลำเลียงเข้าสู่เซลล์ สำหรับอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด เป็นอาหารที่จะต้องถูก ทำให้เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ได้ การที่ทำให้อนุภาคของอาหาร มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง เราเรียกกระบวนการนี้ว่าการย่อยอาหาร (digestion)

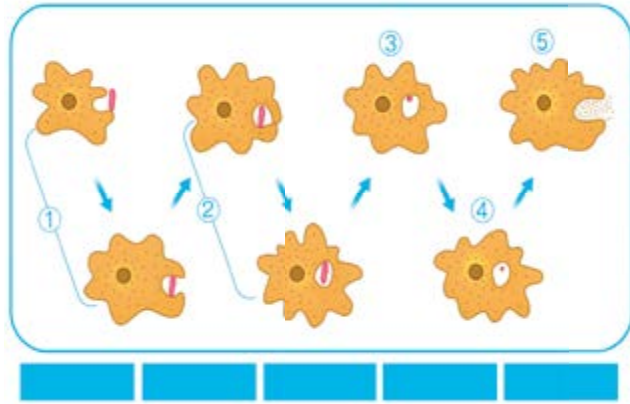


4



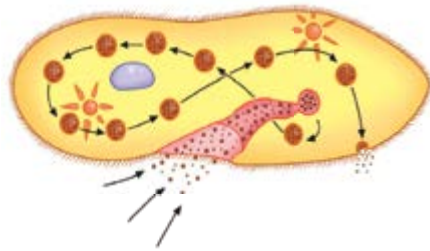
การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวนั้นจะแตกต่างจากจุลินทรีย์ตรงที่ไม่ได้ดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์ (decomposer) ในระบบนิเวศ รูปแบบของการกินอาหาร จึงมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ โดยมีรูปแบบการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ที่แตกต่างกัน เช่น amoeba อาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีฟาโกไซโทซิสและพินไซโทซิส



ภาพการย่อยอาหารของอะมีบา

ส่วนพารามีเซียมนั้นจะใช้ cilia ที่อยู่บริเวณร่องปาก (oral groove) ทำหน้าที่ในการบดอัดอาหารให้เข้าสู่เซลล์โดยสร้างฟูดแวคิวโอล food vacuole เพื่อเป็นช่องว่างภายในเซลล์ในการบรรจุอาหารที่ถูกบดอัด ซึ่งทำหน้าที่ในการรวมกับไลโซโซม lysosome ซึ่งบรรจุไปด้วยเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร ในขณะที่มีการลำเลียงฟูดแวคิวโอล อาหาร จะถูกย่อยเรื่อยๆ และถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์เรื่อยๆ ทั่วเซลล์ ส่วนกากอาหาร ก็จะถูกกำจัดออกนอกเซลล์ โดยวิธีเอกไซโซโทซิส



ภาพการย่อยอาหารของพารามีเซียม

5



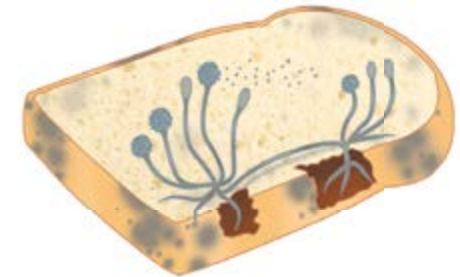
การย่อยอาหารของจุลินทรีย์

หลายครั้งที่เราตั้งอาหาร ที่ยังไม่ได้รับประทานไว้ในสภาพอากาศที่ร้อนชื้นของบ้านเรา หากตั้งทิ้งไว้นานเกินไป อาหารก็อาจจะเกิดการบูดเสีย หรือแม้แต่ขนมปังที่เราตั้งทิ้งไว้นานเกินไป หากเก็บไว้ในสภาพอากาศชื้นอยู่ในถุงปิด หรือแม้แต่ตั้งทิ้งภายนอกนานๆ หากความชื้นในขนมปังมีพอก็จะทำให้เกิดเชื้อราได้ (รูปที่ 1-1)



ภาพขนมปังที่ขึ้นรา

จุลินทรีย์ จำพวกแบคทีเรีย และเห็ดรา จะมีกระบวนการสลายสารอินทรีย์ ที่เป็นอาหาร โดยการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อย ภายนอกเซลล์ ให้โครงสร้างของอาหารนั้นถูกย่อยให้กลายเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กที่สามารถให้พลังงานได้ จากนั้นจุลินทรีย์เหล่านั้นจึงดูดซึมอาหารที่ถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กนั้นแล้วให้เข้าสู่เซลล์ โดยเฉพาะเชื้อราที่สามารถปล่อยน้ำย่อยออกทางไรซอยด์ เพื่อย่อยโครงสร้างอาหารและสิ่งที่ยึดเกาะ



ภาพขนมปังที่ขึ้นรา

แบคทีเรียบางชนิดสามารถสลายสารอินทรีย์ ที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ แต่บางชนิดก็สามารถสลายได้เฉพาะสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก และบางชนิดไม่สามารถสลายสารอินทรีย์ได้ แต่เลือกที่จะดูดซึมสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กซึ่งผ่านการย่อยมาแล้วจากสิ่งมีชีวิตอื่นเข้าสู่ในเซลล์



นักเรียนสงสัยหรือไม่ ทำไมเห็ดรา และแบคทีเรียต่างชนิดกัน จึงสามารถเจริญได้ดีในอาหารต่างชนิดกัน?

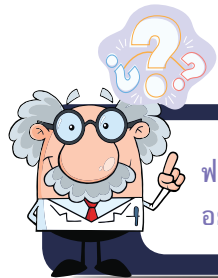
นักเรียนคิดว่ามนุษย์เราสามารถประโยชน์จากการสลายสารอินทรีย์ภายนอกเซลล์ ของจุลินทรีย์ได้หรือไม่? อย่างไรบ้าง?



การย่อยอาหารของสัตว์

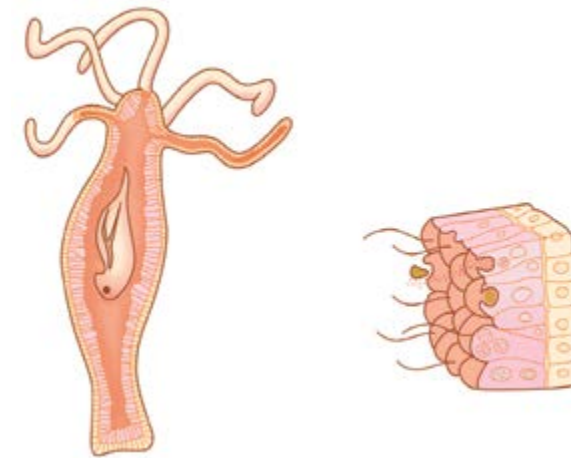
สัตว์แต่ละชนิดมีรูปแบบการนำอาหารเข้าสู่ร่างกายและย่อยอาหารที่เข้าสู่ร่างกายนั้นด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งสิ่งที่ต้องการสุดท้าย คือสารอาหารที่ถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กพอที่เซลล์ของร่างกาย จะสามารถนำไปใช้ได้

ฟองน้ำ (sponge) เป็นสัตว์ที่ไม่มีเนื้อเยื่ออย่างแท้จริง ร่างกายของฟองน้ำจะมีรูโดยรอบ ซึ่งในผนังด้านในของฟองน้ำจะมีเซลล์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า โคเอโนไซต์ (choanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีแฟลเจลลัม (flagellum) และมีปลอกหุ้ม ซึ่งแต่ละโคเอโนไซต์ จะใช้แฟลเจลลัมของตัวเอง ในการปกครอบอาหาร ที่มากับน้ำเข้าไปในปอด แล้วนำเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีเช่นเดียวกับอะมีบา ที่อาศัยฟาโกไซโทซิส ในการสร้างฟูดแวคิวโอล และมีการย่อยอาหารในฟูดแวคิวโอลนอกจากนี้ ยังพบเซลล์ใกล้เคียงโคเอโนไซต์ ที่มีลักษณะคล้ายอะมีบาโดยสามารถนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กๆ เข้าสู่เซลล์และย่อยอาหาร แล้วส่งไปยังเซลล์อื่น ๆ ต่อไปได้



ฟองน้ำมีการย่อยอาหารเหมือนหรือต่างกับอะมีบาและพารามีเซียมอย่างไรบ้าง?

ไฮดรา (hydra) มีรูเปิดทางเดียว มีช่องว่างในลำตัว และมีหนวด หรือ เทนทาเคิล (tentacle) อยู่รอบๆ รูเปิดนี้ ซึ่งไฮดราจะใช้เทนทาเคิล ในการจับเหยื่อหรืออาหารแล้วส่งเข้าสู่รูเปิดซึ่งรูเปิดนี้จะนำอาหารสู่ช่องว่างในลำตัว โดยช่องว่างนี้จะมีเซลล์บุทำหน้าที่ในการสร้างเอนไซม์มาย่อยอาหารในช่องลำตัว ในขณะที่เซลล์ อีกส่วนทำหน้าที่ในการนำอาหาร ไปย่อยต่อภายในเซลล์



ภาพการย่อยอาหารของไฮดรา

หนอนตัวแบน (platyhelminthes) เป็นสัตว์ที่มีลักษณะรูปร่างแบน ที่แผ่ขยายออกไปสองข้าง ซึ่งมีหลายชนิดเช่นพยาธิตัวแบน ซึ่งดำรงชีวิตแบบปรสิต หรือปลานาเรียที่ดำรงชีพอิสระ หนอนตัวแบนจะมีทางเดินอาหารที่ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารตามยาวของลำตัว ซึ่งมีแขนงออกทั้ง 2 ข้างตามขวางของลำตัว มีช่องปากทางด้านล่าง ซึ่งติดจากคอหอย (pharynx) ซึ่งแขนงของคอหอยจะติดกับทางเดินอาหารหลัก โดยส่วนของปากและคอหอยมีลักษณะเหมือนท่อยื่นออกจากร่างกาย หนอนตัวแบนจะปล่อยน้ำย่อยออกมาให้เป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กๆ ซึ่งอาหารที่ถูกย่อยแล้วจะถูกดูดเข้าทางท่อผ่านทางเดินอาหารและย่อยในเซลล์ สิ้นสุดท้ายกากอาหารก็จะถูกขับออกทางปาก



ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของปลานาเรีย

8

สัตว์ที่กล่าวถึงในช่วงต้นนั้นจะมีช่องที่นำอาหารเข้า และกำจัดกากอาหารที่เหลือจากการย่อยออกในช่องทางเดียวกัน จึงจัดเป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ในสัตว์ที่ชั้นสูงขึ้นจะเริ่มมีทางเดินอาหารที่สมบูรณ์ นั่นหมายความว่ามีส่วนของช่องปากและทวารหนักเป็นคนละส่วนกัน

พยาธิตัวแบนและพยาธิตัวกลม จัดเป็นสัตว์ที่ยังไม่มีพัฒนาการทางเดินอาหาร ทางเดินอาหารจึงทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหารที่ผ่านการย่อยแล้ว จากระบบทางเดินอาหารของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในสภาวะปรสิตร



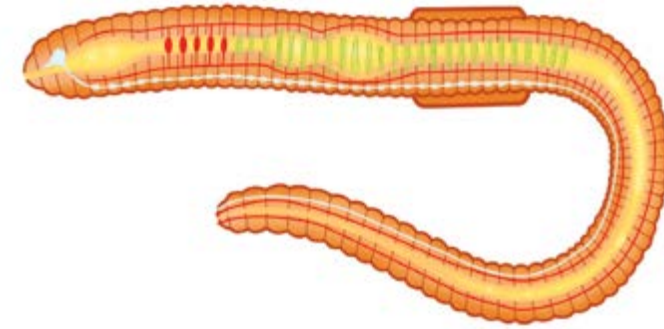
ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของพยาธิตัวแบน

เส้นทางเดินอาหารของพยาธิตัวแบน : ปาก → คอหอย → ลำไส้ → ทวารหนัก

ไส้เดือนดิน กุ้ง และแมลงเริ่มมีทางเดินอาหารที่ถูกแบ่งเป็นส่วน โดยแต่ละส่วนมีการทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ไส้เดือนดินและสัตว์ขาปล้อง (earthworm & arthropods) เช่นแมลง แมง กุ้ง เป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ซึ่งปลายด้านหนึ่งเป็นทางเข้าของอาหารซึ่งเป็นส่วนปาก เริ่มมีส่วนที่ช่วยย่อยอาหารทางกายภาพ เช่นปากกัด หรือกิน เนื่องจากต้องกินอาหารด้วยตนเอง จึงต้องมีอวัยวะช่วยลดขนาดทางกายภาพ และกากของอาหารที่ไม่ผ่านการย่อยและดูดซึมเป็นส่วนของทวารหนัก สัตว์ขาปล้องเป็นสัตว์กลุ่มใหญ่ที่มีความหลากหลายสูง รูปแบบการกินอาหารก็มีหลากหลาย โดยส่วนของปากมีความจำเพาะต่อลักษณะอาหารและรูปแบบการย่อยอาหาร เช่นแบบปากกัด แบบปากดูด และแบบปากเลีย ซึ่งบางรูปแบบก็มีการลำเลียงอาหารเข้าไปภายในและย่อยในร่างกาย แต่บางชนิดก็ยังคงมีการปล่อยน้ำย่อยออกมาภายนอก เช่นแบบปากขับดูด (sponge type) ในแมลงวัน ซึ่งสัตว์อาจมีอวัยวะช่วยย่อยอาหารเพิ่มเช่นมีต่อมน้ำลาย หรือต่อมสร้างเอนไซม์ในทางเดินอาหาร เช่นในกุ้ง จะมีตับและตับอ่อน (hepatopancreas) ที่ทำหน้าที่ในการผลิตเอนไซม์ช่วยย่อย

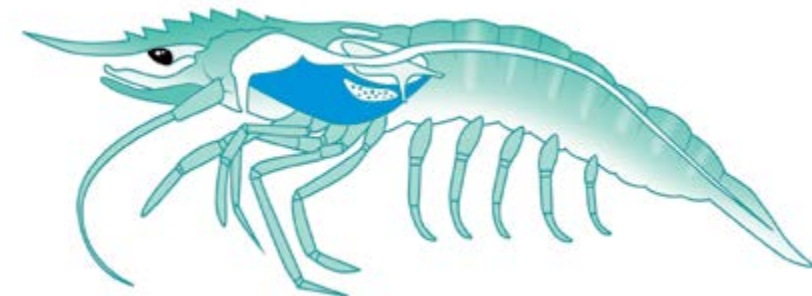


9



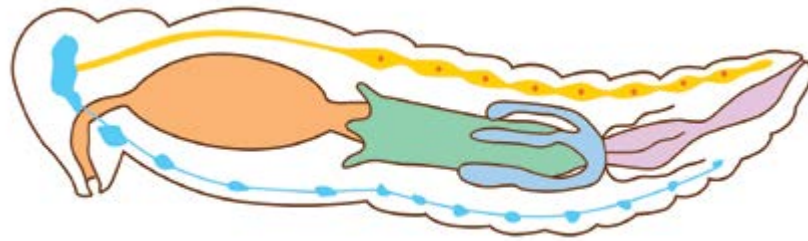
ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของไส้เดือนดิน

เส้นทางเดินอาหารของไส้เดือนดิน : ปาก → คอหอย → กระเพาะพัก → กิน → ลำไส้ → ทวารหนัก



ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของกุ้ง

ทางเดินอาหารของกุ้ง : ปาก → กระเพาะอาหาร → ลำไส้ส่วนกลางตัว (midgut) → ลำไส้ส่วนท้ายตัว (hindgut) → ทวารหนัก



ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของแมลง

ทางเดินอาหารของแมลง : ปาก → คอหอย → กระเพาะพัก → กระเพาะหรือก้น →
กระเพาะย่อยอาหาร → ลำไส้ (ileum) → ไส้ตรง (rectum) → ทวารหนัก



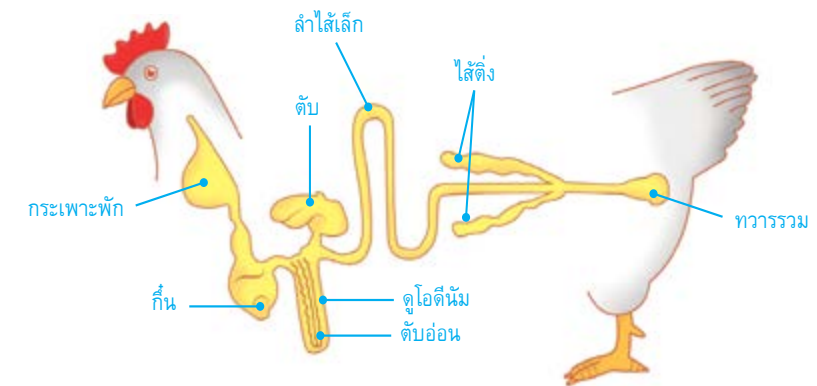
ระบบทางเดินอาหารในสัตว์ ที่มีกระดูกลิ้นหลัง

ระบบทางเดินอาหารในสัตว์ที่มีกระดูกลิ้นหลัง มีความซับซ้อนของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับอาหาร และการย่อยมากขึ้น คือนอกจากจะมีส่วนต่างๆของทางเดินอาหารแล้วอาจยังมีอวัยวะส่วนอื่นๆอีกที่เกี่ยวข้อง กับกระบวนการช่วยย่อยอาหาร เช่นอาจมีฟันที่ทำหน้าที่ในการฉีกและบดเคี้ยวอาหาร การสร้างเอนไซม์รูปแบบต่างๆ และรูปแบบของเอนไซม์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องเริ่มมีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งชนิดของอาหารที่กิน มีอิทธิพลในการปรับเปลี่ยนรูปแบบ แม้แต่สัตว์จำพวกเดียวกัน แต่รูปแบบอาหารที่กินต่างกัน ลักษณะโครงสร้างการเจริญของอวัยวะในทางเดินอาหารและรูปแบบ เอนไซม์ก็อาจมีความแตกต่างกันได้



การย่อยอาหารของสัตว์ปีก

สัตว์ปีก (avian) มีทางเดินอาหารที่ประกอบด้วยปาก ซึ่งไม่มีฟัน สามารถสร้างเมือกเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและช่วยหล่อลื่นอาหาร มีคอหอยสั้น หลอดอาหารยาว มีกระเพาะพักอาหาร (crop) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นถุงที่ช่วยชะลอการเดินทางของอาหาร สามารถเก็บย่อยภายหลังได้ มีกระเพาะอาหารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กระเพาะตอนหน้าหรือกระเพาะย่อย (proventriculus) ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยและย่อยอาหาร และก้นหรือกระเพาะบด (gizzard) เป็นโครงสร้างที่อยู่ถัดจากกระเพาะย่อย ถัดจากก้น จะเป็นลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ส่วนท้ายเป็นโคลเอกา (cloaca) ที่มีโครงสร้างส่วนท้ายของลำไส้ ท่อไตและท่อของระบบสืบพันธุ์มาเปิดเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นส่วนท้ายสุด



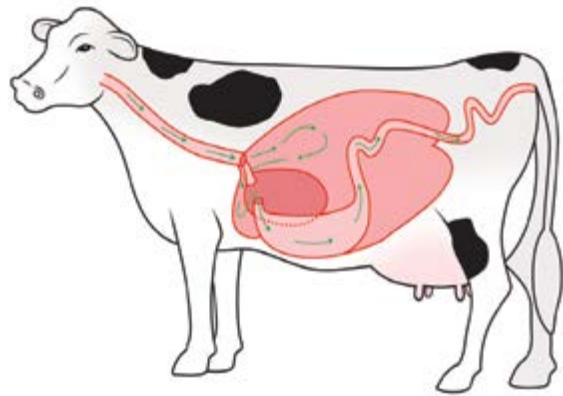
ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของสัตว์ปีก

ทางเดินอาหารของแมลง : ปาก → กระเพาะพัก → กระเพาะย่อย → กระเพาะบด →
ลำไส้เล็ก → ลำไส้ใหญ่ → โคลเอกา



การย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืชเป็นอาหาร ในบางชนิด เช่น โคน โค กระบือ จะมีลักษณะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีส่วนของทางเดินอาหาร ที่มีความแตกต่าง จากของมนุษย์ โดย ทางเดินอาหารเช่น กระเพาะหรือลำไส้ มักถูกแบ่งออกเป็นสอง ส่วน เป็นพิเศษ เพื่อทำหน้าที่ในการช่วยหมักย่อยเส้นใยในพืชให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพโครงสร้างทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ความมีประสิทธิภาพของทางเดินอาหารของสัตว์ที่กินพืช มีปัจจัยที่สำคัญมาก คือ เรื่องของพื้นที่ผิว เนื่องจากเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยเซลลูโลสซึ่งเป็นโครงสร้างสำคัญของพืชนั้น มักสร้างได้ดีจากจุลินทรีย์ มากกว่าในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง การมีพื้นที่ผิวมากขึ้นในทางเดินอาหารส่วนที่เกี่ยวกับการหมักย่อย เช่น การย่นเป็นทรงนิ้วมือ การเป็นรอยพับ การขึ้นเป็นขบ จึงมีความสำคัญในแง่ของการมีพื้นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารเหล่านี้และอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคี้ยวอาหารด้วย



ภาพโครงสร้างกระเพาะหมักและกระเพาะส่วนผ้าขี้ริ้ว หรือรูเมน (rumen) (ด้านซ้าย) และกระเพาะส่วนรังผึ้ง หรือเรติคิวลัม (reticulum) (ด้านขวา)

อีกทั้งการย่อยอาหารจำพวกพืชในสัตว์ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารจำเป็นต้องอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน เนื่องจากการหมักของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน หรือมีออกซิเจนน้อยๆ เนื่องจากหากมีออกซิเจนที่มากเกินไป ออกซิเจนอาจสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นสารที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ หรือ สารพวกรเปอร์ออกไซด์ (superoxide or peroxide radical) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้นโครงสร้างของทางเดินอาหารจึงจำเป็นต้องสามารถปิดกั้นอากาศจากภายนอกได้ค่อนข้างสมบูรณ์

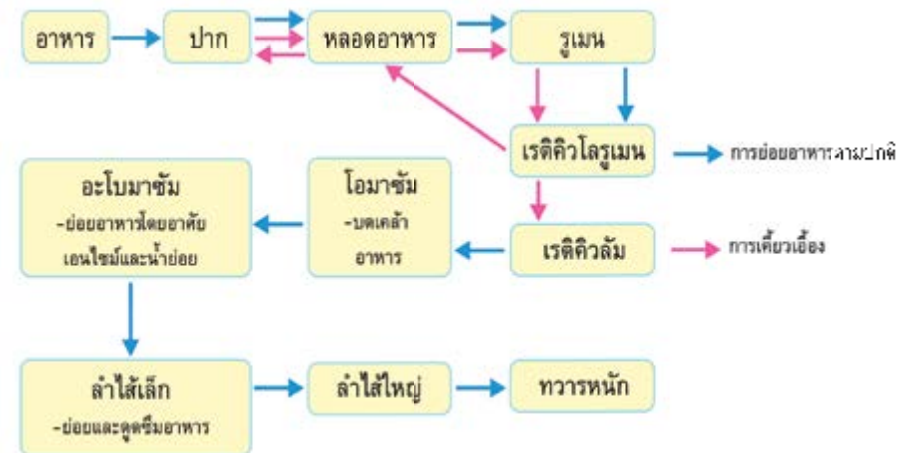
นอกจากนี้แล้ว อัตราความเร็วของการไหลของอาหารผ่านทางเดินอาหารก็มีความสำคัญ หากอาหารถูกหมักย่อยนานขึ้นโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารส่วนใดก็ตาม การเปลี่ยนอาหาร ให้กลายเป็นสารอาหารขนาดเล็กก็ยิ่งเกิดได้มากขึ้น

โคและกระบือ จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหาร ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยพืชสูง เนื่องจากมีโครงสร้างของกระเพาะ ที่เอื้อต่อการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ ทั้งในด้านการมีพื้นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารที่มาก เนื่องจากโครงสร้างกระเพาะมีความหลากหลายและมีประสิทธิภาพในการช่วยคลุกเคล้าอาหาร รวมทั้งมีรูปแบบการทำงานที่เอื้อต่อการหมักย่อยจากการที่ช่วยควบคุมอัตราการไหลผ่านให้ผ่านไปอย่างช้าๆ



กลไกบางอย่างในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความสำคัญต่อการช่วยหมักย่อย เช่น หากขนาดของหญ้ายังไม่เล็ก หรือถูกย่อยมากพอ จะเกิดการบีบตัวย้อนกลับของกระเพาะอาหารออกจากกระเพาะหมักจากส่วนเรติคิวโลรัม (reticulorumen) ย้อนกลับมายังหลอดอาหาร และมาที่ปากเพื่อให้เกิดการเคี้ยวซ้ำ เพื่อลดขนาดทางกายภาพของอนุภาคอาหารซ้ำเรียกว่า การเคี้ยวเอื้อง (rumination)

แผนภาพแสดงการเคลื่อนของอาหารในทางเดินอาหารและการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง



ในระหว่างการเคี้ยวเอื้องน้ำลายของวัวจะช่วยให้สภาพ ภายในกระเพาะมากนั้นเหมาะสมต่อการหมักย่อยมากขึ้นได้อีกทางหนึ่งด้วย



แล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถได้รับสารอาหารที่จำเป็นต่าง ๆ ได้อย่างไร? โดยเฉพาะโปรตีน และไขมัน เนื่องจากเซลล์จากพืช

หากกระเพาะอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง อยู่ในสภาวะที่ปราศจากจุลินทรีย์ จะส่งผลอย่างไรต่อการย่อยอาหาร?

การย่อยอาหารของมนุษย์

อาหารที่คนกินเข้าไป จะผ่านไปตามทางเดินอาหาร ระยะเดินทางของอาหารราว 5 ถึง 6 เท่าของความสูงของมนุษย์ ซึ่งสั้นกว่าของสัตว์กินพืชในภาพรวมถึงลาวเกือบครึ่งหนึ่ง โดยทางเดินอาหารของมนุษย์ก็มีการแบ่งเป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนก็มีโครงสร้างและหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป



คนเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถกินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหารได้ นักเรียนคิดว่าทางเดินอาหารของคนมีลักษณะแตกต่างจากของสัตว์กินพืชหรือไม่อย่างไร



การย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในช่องปาก

จุดเริ่มต้นของทางเดินอาหารของคนเริ่มตั้งแต่ช่องปาก โดยมีการพัฒนามาจากเนื้อเยื่อของเอ็มบริโอในส่วนเนื้อเยื่อชั้นในสุด (endoderm) ซึ่งพัฒนาเป็นอวัยวะในทางเดินของอาหาร การย่อยอาหารในช่องปากสามารถเกิดขึ้นได้ทั้ง **การย่อยอาหารเชิงกล (mechanical digestion)** ที่เป็นการลดขนาดอนุภาคอาหารทางกายภาพ และ **การย่อยอาหารเชิงเคมี (chemical digestion)** โดยเอนไซม์ซึ่งก่อให้เกิดการย่อยอาหารให้ขนาดโมเลกุลเล็กลงได้ โดยอวัยวะที่อยู่ในช่องปากที่สำคัญที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารและการกลืนได้แก่ ฟัน ต่อมน้ำลาย ลิ้น ฝาปิดกล่องเสียงและเพดานอ่อน

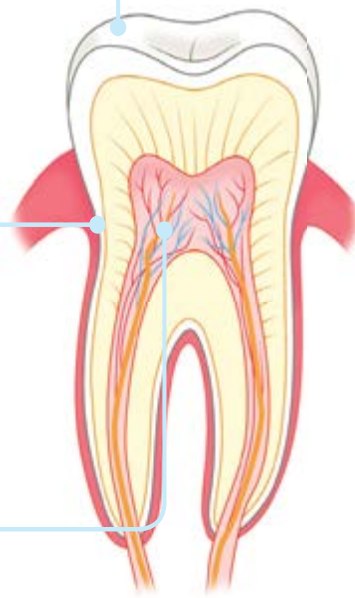


ฟัน (tooth) เป็นส่วนที่มีบทบาทในการย่อยในเชิงกายภาพโดยมีหน้าที่ในการลดขนาดอนุภาคของอาหาร ซึ่งการลดขนาดอนุภาคนี้ มีประโยชน์ในการ เพิ่มพื้นที่หน้าตัดที่เอนไซม์สามารถย่อยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยฟันแต่ละซี่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือตัวฟัน (crown) และรากฟัน (root)

ตัวฟันส่วนนอกสุด คือสารเคลือบฟัน (enamel) ซึ่งสร้างขึ้นจากแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นสำคัญ โดยจับตัวกันอยู่ในรูปแคลเซียมและฟอสเฟตสร้างเป็นผลึกที่เรียกว่า แคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ (calcium hydroxyapatite) ซึ่งมีความแข็งแรงสูงมาก

ในชั้นถัดมาคือส่วนของเนื้อฟัน (dentin, dentine) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในชั้นถัดมาจากสารเคลือบฟัน มีโครงสร้างผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์บ้าง โดยมีความแข็งแรงมากกว่ากระดูกแต่อ่อนกว่าสารเคลือบฟัน

ถัดเข้ามาชั้นในสุด จะเป็นโพรงฟัน ซึ่งภายในมีหลอดเลือดและเส้นประสาทเข้ามาเลี้ยงอยู่ โดยรากฟันจะฝังเข้าอยู่ในเบ้ากระดูกขากรรไกร ชั้นนอกสุดของรากฟัน คือสารเคลือบรากฟัน (cementum)



ภาพโครงสร้างฟันของคน

ต่อมน้ำลาย (salivary gland) ในช่องปาก มี 3 คู่ ได้แก่ ข้างกกหู (parotid gland) ใต้ลิ้น (sublingual gland) และใต้ขากรรไกร (submandibular gland) ซึ่งต่อมน้ำลายทำหน้าที่ในการผลิตน้ำลายออกมา โดยน้ำลายนี้ส่วนประกอบหลักคือน้ำ มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.2 ถึง 7.4 ซึ่งองค์ประกอบสำคัญของน้ำลายที่มีส่วนช่วยในทางเดินอาหาร คือ เอนไซม์โดยเอนไซม์ที่สำคัญในน้ำลายได้แก่อะไมเลสซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง เป็นโมโนแซ็กคาไรด์ไดแซ็กคาไรด์ หรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส มอลโทส หรือ เด็กซ์ทริน



ภาพโครงสร้างต่อมน้ำลายของคน

นอกจากนี้แล้วน้ำลายยังช่วยทำความสะอาดให้ช่องปากเนื่องจากมีสารต่อต้านจุลชีพบางชนิด และเอนไซม์ในการย่อยอาร์เอ็นเอ ที่สามารถพบในไวรัสบางกลุ่ม ซึ่งการหลั่งน้ำลายถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system ; ANS)



ทำไมในน้ำลายจึงมีความจำเป็นต้องมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก?
นักเรียนคิดว่า ความสำคัญของน้ำในน้ำลาย คือการช่วยในหน้าที่อะไรบ้าง?