

บทที่ 3 อาหารและสารอาหารที่จำเป็น สำหรับชีวิตมนุษย์ในวัยต่างๆ (1)



ที่มาของภาพ: <http://www.krusarawut.net/wp/?p=199>

รายวิชา : 4072801 โภชนศาสตร์สาธารณสุข (Public Health Nutrition)

อาจารย์ผู้สอน : อาจารย์ธวัชพร มุลิกะบุตร



NPRU
Nakhon Pathom
Rajabhat University



เนื้อหาประจำบท

1. สารอาหารและแหล่งของสารอาหาร
2. ความต้องการสารอาหารและพลังงานของร่างกาย
3. กระบวนการย่อยและการดูดซึมของสารอาหาร
4. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ
5. อาหารในแต่ละช่วงวัย
 - 4.1 อาหารสำหรับหญิงตั้งครรภ์
 - 4.2 อาหารสำหรับหญิงให้นมบุตร
 - 4.3 อาหารสำหรับวัยทารก
 - 4.4 อาหารสำหรับวัยก่อนเรียน
 - 4.5 อาหารสำหรับวัยเรียน
 - 4.6 อาหารสำหรับวัยรุ่น
 - 4.7 อาหารสำหรับวัยผู้ใหญ่
 - 4.8 อาหารสำหรับวัยผู้สูงอายุ



1. สารอาหารและแหล่งของสารอาหาร



ที่มาของภาพ: <http://www.healthcarethai.com/>



1.1 อาหารและสารอาหาร

1.1.1 อาหาร (Food)

- หมายถึง ของแข็ง/ของเหลว ที่กิน/ดื่มเข้าสู่ร่างกายแล้วจะทำให้เกิด
 - พลังงานและความร้อนแก่ร่างกาย
 - ทำให้ร่างกายเจริญเติบโต
 - ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย
 - ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆในร่างกาย
 - ช่วยให้อวัยวะต่างๆของร่างกายทำงานและดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ
 - อาหารต้องไม่เป็นพิษและไม่ทำให้เกิดโทษต่อร่างกาย

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.2 สารอาหาร (Nutrient)

- หมายถึง ส่วนประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในอาหารที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
- อาหารประกอบด้วยสารอาหารหลักชนิดต่างๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามินต่างๆ และแร่ธาตุต่างๆ



อาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรต



อาหารที่ให้โปรตีน

สารอาหาร



อาหารที่ให้ไขมัน



อาหารที่ให้วิตามินและเกลือแร่

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)



อาหาร 5 หมู่

ที่มาของรูปภาพ : <http://www.krusarawut.net>

หมู่ที่ 1 เนื้อสัตว์ ไข่ นม ถั่วเมล็ดแห้ง
สารอาหารหลัก โปรตีน

หมู่ที่ 2 ข้าว แป้ง
สารอาหารหลัก คาร์โบไฮเดรต

หมู่ที่ 3 ผัก
สารอาหารหลัก วิตามิน แร่ธาตุ และพฤษเคมี

หมู่ที่ 4 ผลไม้
สารอาหารหลัก วิตามิน แร่ธาตุ และพฤษเคมี

หมู่ที่ 5 ไขมันและน้ำมัน
สารอาหารหลัก ไขมัน

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)



1.1.2 สารอาหาร (Nutrient)

- สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายได้รับจากการบริโภคอาหาร ซึ่งร่างกายจะนำไปใช้สร้างเป็นสารประกอบต่างๆ ภายในร่างกาย
- นอกจากนั้นในอาหารยังมีส่วนประกอบอื่นๆ คือ น้ำ กากอาหาร (Fiber) สารให้กลิ่น และสารสี ซึ่งไม่จัดว่าเป็นสารอาหาร เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วไม่ทำให้เกิดพลังงาน



ที่มาของรูปภาพ : <https://www.sanook.com/women/41169/>

<https://healinglifestyles.com/importance-of-high-fiber-foods/>

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)



1.1.2 สารอาหาร (Nutrient)

- สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายได้รับจากการบริโภคอาหาร ซึ่งร่างกายจะนำไปใช้สร้างเป็นสารประกอบต่างๆ ภายในร่างกาย
- นอกจากนั้นในอาหารยังมีส่วนประกอบอื่นๆ คือ น้ำ กากอาหาร (Fiber) สารให้กลิ่น และสารสี ซึ่งไม่จัดว่าเป็นสารอาหาร เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วไม่ทำให้เกิดพลังงาน



ที่มาของรูปภาพ : <https://www.sanook.com/women/41169/>

<https://healinglifestyles.com/importance-of-high-fiber-foods/>



1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.3 หน้าที่ของสารอาหารในร่างกาย

3.1 หน้าที่ทาง สรีรวิทยา

- ให้พลังงานแก่ร่างกาย ใช้ทำกิจกรรมต่างๆ ย่อย ดูดซึม ขนถ่าย และสังเคราะห์สารต่างๆ ในการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์

3.2 โครงสร้างของ ร่างกาย

- เป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของอาหารและสารอาหาร ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่ในครรภ์ไปจนถึงวัยชรา

3.3 ควบคุมกิจกรรม ต่างๆ ของร่างกาย

- เช่น การเต้นของหัวใจ การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การหดตัวของกล้ามเนื้อ การแข็งตัวของเลือด การขับของเสีย ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึม



1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.4 สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย

- หมายถึง สารอาหารที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น

ไขมันสังเคราะห์ได้จากคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตและไขมัน
สามารถสังเคราะห์ได้จาก
กรดอะมิโนบางชนิด (โปรตีน)

ร่างกายจำเป็นต้องรับ ไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบใน
โมเลกุลของ “กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid)” เพื่อสังเคราะห์
เป็นโปรตีนชนิดใหม่และสารประกอบอื่นๆ ตามที่ร่างกายต้องการ

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.4 สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย

4.1 กรดอะมิโนจำเป็น

(Essential หรือ indispensable amino acid)

- ไลซีน (lysine)
- ลิวซีน (leucine)
- ไอโซลิวซีน (isoleucine)
- เมตไทโอนีน (methionine)
- ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)
- ทรีโอนีน (threonine)
- ทริปโตเฟน (tryptophan)
- วาลีน (valine)

ในเด็กมีเพิ่มอีก 2 ตัว ดังนี้

- ฮิสติดีน (histidine)
- อาร์จินีน (arginine)

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.4 สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย

4.2 แร่ธาตุอนินทรีย์

เป็นกลุ่มของสารอนินทรีย์ที่ร่างกายขาดไม่ได้

แร่ธาตุที่ร่างกายต้องใช้ในปริมาณมาก

(Macro minerals) มากกว่า 100 มก./วัน

- แคลเซียม (Calcium)
- ฟอสฟอรัส (Phosphorous)
- โพแทสเซียม (Potassium)
- แมกเนเซียม (Magnesium)
- โซเดียม (Sodium)
- กำมะถัน (Sulphor)
- คลอไรด์ (Chloride)

แร่ธาตุที่ร่างกายต้องใช้ในปริมาณน้อย

(Trace minerals) น้อยกว่า 100 มก./วัน

- เหล็ก (Iron)
- สังกะสี (Zinc)
- ซีลีเนียม (Selenium)
- แมงกานีส (Manganese)
- ทองแดง (Copper)
- ไอโอดีน (Iodine)
- โครเมียม (Chromium)
- โคบอลต์ (Cobalt)
- ฟลูออไรด์ (Fluoride)
- โมลิบดีนัม (molybdenum)
- วานาเดียม (Vanadium)

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.4 สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย

4.3 วิตามิน

วิตามินที่ละลายในไขมัน

- A, D, E, K

วิตามินที่ละลายในน้ำ

- วิตามินซี
- วิตามินบีรวม (B Complex vitamins)
 - Biotin
 - Pyridoxine (B6)
 - Folic acid
 - Riboflavin (B2)
 - Niacin
 - Thiamine (B1)
 - Pantothenic acid
 - Cyanocobalamin (B12)

4.4 สารที่มีสมบัติคล้ายวิตามิน

- Choline
- Inositol

4.5 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว

- กรดลิโนเลอิก



1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

1.1.5 แหล่งของสารอาหาร

แหล่งอาหารที่ให้โปรตีน

- โปรตีนคุณภาพดีต้องมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนและปริมาณสูง
- อาหารที่มาจากสัตว์จะมีคุณภาพของโปรตีนสูงกว่าอาหารที่มาจากพืช

(ม.สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2561)



ที่มาของรูปภาพ : http://cr.lnwfile.com/_/cr/_raw/iu/e6/d4.jpg

อาหาร	ปริมาณ 1 ส่วน	โปรตีน	
		กรัมต่อ 1 ส่วน	กรัมต่อ 100 กรัม
เนื้อสัตว์			
ไก่	1 ช้อนกินข้าว (15 กรัม)	3.0	19.8
หมู/เนื้อวัว		3.2	21.0
ปลา		3.2	21.6
ไข่		3.2	12.8
ถั่วเมล็ดแห้ง			
ถั่วเหลือง	1 ช้อนกินข้าว (12 กรัม)	4.1	34.0
ถั่วแดง		2.7	22.5
ถั่วเขียว		2.6	21.7
ธัญพืชและผลิตภัณฑ์			
ข้าวเจ้าสุก 1 ทัพพี (1/2 ถ้วยตวง)		1.4	6.1
ขนมปัง 1 แผ่น (30 กรัม)		3.3	11.1
ขนมจีน 1 จับ (83 กรัม)		1.2	1.4
นมและผลิตภัณฑ์นม			
นมจืด 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร)		6.4	3.2
นมพร่องมันเนย 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร)		7.4	3.7
ผัก			
คะน้า 2 ทัพพี (80 กรัม)		1.9	2.4
กะหล่ำปลี 2 ทัพพี (80 กรัม)		1.2	1.5
ผลไม้			
กล้วยน้ำว้า 1 ผลใหญ่ (99 กรัม)		0.8	0.8
ส้มเขียวหวาน 1 ผลใหญ่ (116 กรัม)		1.2	1.0

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งอาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรต

- มาจากพืช ยกเว้น น้ำตาลแล็คโทสที่มาจากนม พลังงาน ส่วนใหญ่ในอาหารได้มาจากธัญพืช ผลไม้และผัก
 - คาร์โบไฮเดรตที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะถูกดูดซึมได้ เร็ว ทำให้เกิดภาวะการเพิ่มของน้ำตาลในเลือดอย่างรวดเร็ว
 - คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนจะถูกย่อยอย่างช้าๆ จึงทำให้ค่าน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นช้าๆ
- (ม.สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2561)

แสดงปริมาณน้ำตาลในอาหารและอาหารสำเร็จรูป

อาหาร	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	ปริมาณน้ำตาลต่อ 1 หน่วยบริโภค (ช้อนชา)
น้ำอัดลม 12 ออนซ์	150	9
เจลลี่ 2 ถ้วยตวง	83	4
ซอสมะเขือเทศ 1 ช้อนโต๊ะ	16	0.6
โยเกิร์ตรสผลไม้ 8 ออนซ์	260	6.5
น้ำผลไม้ 8 ออนซ์	120	7



ที่มาของรูปภาพ : <http://www.thaifoodworld.com>

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งสารอาหารไขมัน

○ น้ำมันจากพืชและไขมันจากสัตว์ ตลอดจนไขมันที่แทรกในเนื้อสัตว์ต่างๆ

○ อาหารประเภทพืชทั่วไปมีปริมาณพลังงานของไขมันต่ำกว่าแหล่งอาหารจากสัตว์

(ม.สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2561)



ที่มาของรูปภาพ : <https://siripansiri.files.wordpress.com/2013/01/5497.gif>

อาหาร	ไขมันทั้งหมด (ร้อยละ)	ไขมันอิ่มตัว (ร้อยละ)	ไขมันไม่อิ่มตัว	
			พันธะคู่ 1 ตำแหน่ง (ร้อยละ)	กรดลิโนเลอิก (ร้อยละ)
น้ำมันปรุงอาหาร				
ข้าวโพด	100	13	24	59
ถั่วเหลือง	100	14	23	58
งา	100	14	40	42
ถั่วลิสง	100	17	46	32
ปาล์ม	100	49	37	9
มะกอก	100	14	74	8
มะพร้าว	100	87	6	2
ปาล์มเคอร์เนล	100	81	11	2
เนย	81	51	23	3
มาการีน	80	17	39	21
น้ำมันหมู	100	39	45	11
ปลาดิบ				
ปลาซัลมอน	9	2	2	4
ปลาทู	13	5	3	4
ปลาทูน่า	5	2	1	1
ถั่วเปลือกแข็ง				
ถั่วลิสง/เนยถั่ว	51	17	46	32
ถั่วบราซิล	67	13	32	17
ไข่แดง	33	10	12	4
อาโวคาโด	16	3	7	2

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งสารอาหารวิตามิน



ที่มาของรูปภาพ : <http://4.bp.blogspot.com>
https://i1.wp.com/www.rakbankerd.com/kaset/Plant/2632_1.jpg

วิตามิน	แหล่งอาหาร
วิตามินเอ	พบมากใน ตับ ไข่แดง ผักใบเขียวเข้ม และผัก ผลไม้สีแดง สีส้ม
วิตามินดี	พบมากในแหล่งอาหารจากสัตว์ เช่น ไข่แดง นม เนย น้ำมันตับปลา และในอาหาร การเสริมวิตามินดี
วิตามินอี	พบมากในน้ำมันพืช เมล็ดพืช จมูกข้าวสาลี และอาหารที่มีการเสริมวิตามินอี
วิตามินเค	พบมากในผักใบสีเขียว และแบคทีเรียในลำไส้สามารถสร้างวิตามินเคได้ด้วย ผักที่มีวิตามินเอสูง ได้แก่ ผักตระกูลกะหล่ำ กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ผักกาดหอม เป็นต้น
วิตามินซี	พบมากในผลไม้และผักสด เช่น ฝรั่ง ส้ม กล้วย แคนตาลูป พริกหวาน บรอกโคลี ดอกกะหล่ำ เป็นต้น
โฟเลท	พบมากในจมูกข้าวสาลี ตับ ยีสต์ แต่มีการบริโภคน้อย แหล่งที่ดี คือ ผลไม้และผัก ๆ ส้ม สตอเบอร์รี่ หน่อไม้ฝรั่งและผักใบเขียวเข้มอื่นๆ เป็นต้น
วิตามินบี 2	มีเฉพาะในแหล่งอาหารจากสัตว์ เช่น ตับ และเนื้อสัตว์ แบคทีเรียในลำไส้คนสามารถสร้างวิตามินบี 12 ได้ แต่ดูดซึมได้น้อย
วิตามินบี 6	พบมากในเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ ปลา ตับ ไข่แดง และพบได้ใน ธัญพืชไม่ขัดสี กล้วย มันฝรั่ง

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งสารอาหารวิตามิน



ที่มาของรูปภาพ : <http://4.bp.blogspot.com>
http://i1.wp.com/www.rakbankerd.com/kaset/Plant/2632_1.jpg

วิตามิน	แหล่งอาหาร
วิตามินบี 1	พบมากในข้าวไม่ขัดสี จมูกข้าว เนื้อหมู ปลา ไก่ ถั่วเมล็ดแห้ง
วิตามินบี 2	พบทั่วไปทั้งแหล่งจากสัตว์และพืช นมเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินชนิดนี้
ไนอะซิน	พบมากใน ตับ เนื้อสัตว์ ไก่ และถั่วเมล็ดแห้ง และแหล่งอาหารที่มีกรดอะมิโน ทรีปโตเฟน
กรดแพนโทเทนิก	พบในแหล่งอาหารทั่วไปทั้งสัตว์และพืช ที่มีมากคือ อาโวคาโด บรอกโคลี รำ ข้าวเครื่องในสัตว์
ไบโอติน	พบในอาหารแทบทุกชนิด ส่วนใหญ่จับอยู่กับโปรตีน แหล่งที่มีสูงคือ เครื่องใน สัตว์ เนย ถั่ว ไข่แดง และยีสต์ พืชที่มีมากคือ พืชตระกูลกะหล่ำ และถั่วเหลือง
โคลีน	พบได้ในอาหารที่มีไขมัน ได้แก่ ไข่ ตับ ถั่วเมล็ดแห้ง ข้าวโอ๊ต และปลา
โคเอนไซม์คิว (ยูนิควินอน)	พบในถั่วเหลือง ไขมันพืช และเนื้อสัตว์ทั่วไป
คาร์นิทีน	พบมากในเนื้อสัตว์โดยเฉพาะเนื้อแดง นม และผลิตภัณฑ์นม



1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งสารอาหารแหล่ง สารอาหารอิเล็กโทรไลต์ และแร่ธาตุ



ที่มาของรูปภาพ :

https://www.honestdocs.co/system/blog_articles/images/000/001/653/large/iStock-525969744_M.jpg

วิตามิน	แหล่งอาหาร
อิเล็กโทรไลต์: โซเดียม	พบมากในเนื้อสัตว์ เกลือแกง เครื่องปรุงรส อาหารหมักดอง ผงชูรส ผงฟู และอาหารสำเร็จรูปที่มีการปรุงรสแล้ว
โพแทสเซียม	พบมากในผลไม้และผัก ถั่วลิสง ส้ม เห็ด บรอกโคลี ผักโขม
คลอไรด์	ส่วนใหญ่ได้รับในรูปของเกลือแกง และมีบางส่วนที่ได้จากน้ำ
แร่ธาตุปริมาณ มาก: แคลเซียม	แหล่งที่ดี คือ นมและผลิตภัณฑ์ ผักใบเขียวเข้มที่ไม่มีกรดออกซาลิก จะมีแคลเซียมสูง เช่น คื่นช่าย กวางตุ้ง ขึ้นฉ่าย และพบมากในปลาเล็กปลาน้อยที่บริโภคทั้งก้าง
ฟอสฟอรัส	พบมากในอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ ปลา ไก่ ไข่ นม และกลุ่มธัญพืช
แมกนีเซียม	แหล่งที่ดี คือ ผักใบเขียว ถั่วเมล็ดแห้ง อาหารทะเล ธัญพืช และผลิตภัณฑ์นม
แร่ธาตุปริมาณ น้อย: เหล็ก	พบมากในเนื้อสัตว์ ผัก ผักใบเขียวเข้ม และอาหารที่มีการเติมแร่ธาตุเหล็ก
สังกะสี	พบทั่วไปทั้งในสัตว์และพืช แหล่งที่มีสูงคือ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ไข่ นม และธัญพืชไม่ขัดสี

1.1 อาหารและสารอาหาร (ต่อ)

แหล่งสารอาหารแหล่ง สารอาหารอิเล็กทรอนิกส์ และแร่ธาตุ



ที่มาของรูปภาพ :

https://www.honestdocs.co/system/blog_articles/images/000/001/653/large/iStock-525969744_M.jpg

วิตามิน	แหล่งอาหาร
ทองแดง	ปริมาณทองแดงในอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีในดิน แหล่งที่ดีคือ ตับ อาหารทะเล เห็ด ข้าวไม่ขัดสี ไข่ ผัก ใบเขียว
ไอโอดีน	พบได้ในอาหารทะเล แหล่งอื่นคือ น้ำและพืชซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณไอโอดีนในดิน เกลือไอโอดีนเป็นแหล่งที่ดีและจำเป็น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดไอโอดีน
ซีลีเนียม	แหล่งอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณซีลีเนียมในดิน พบมากในเครื่องในสัตว์ อาหารทะเล เนื้อสัตว์และพืชบางชนิด เช่น กระเทียม เป็นต้น
แมงกานีส	แหล่งที่ดีคือ พืชผัก ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณแมงกานีสในดิน และน้ำ พบมากในธัญพืช ผักใบเขียวและชา
โมลิบดีนัม	พบมากในนมและผลิตภัณฑ์นม ถั่วเมล็ดแห้ง เนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังพบได้ในธัญพืช ไม่ขัดสีพบน้อยในผักผลไม้
โครเมียม	แหล่งที่ดีคือ เนื้อสัตว์ ธัญพืชไม่ขัดสี และยีสต์ที่ใช้ทำเบียร์ สำหรับนม ผัก ผลไม้ มี ปริมาณต่ำ



2. ความต้องการสารอาหารและพลังงานของร่างกาย



ที่มาของภาพ: <http://www.healthcarethai.com/>



3.1 ความต้องการสารอาหาร

ความเป็นมาของการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร

- คณะกรรมการอาหารและโภชนาการของสหรัฐอเมริกา กำหนดค่าแนะนำการได้รับอาหาร (Recommended Dietary Allowances: RDA)
- เพื่อจุดมุ่งหมายให้ประชาชนมีภาวะโภชนาการดี และเพื่อเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของเป้าหมาย
- การประยุกต์ใช้ค่า RDA คือ การประเมินการได้รับอาหารและสารอาหาร และการวางแผนอาหารและโภชนาการ
- ประเทศไทยได้กำหนดค่า RDA เช่นเดียวกับสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศแคนาดาใช้คำว่า ค่าแนะนำการได้รับสารอาหาร (Recommended Nutrient Intakes: RNI)



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

ความเป็นมาของการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร

- ปัจจุบัน มีค่าอ้างอิงที่ใช้รวมๆ เรียกว่า ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (Dietary Reference Intake: DRI) ซึ่งมีแนวคิดที่แตกต่างจากค่า RDA และ RNI คือ
 - 1) ถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยที่ชัดเจน การกำหนดค่าข้อเสนอแนะจะไม่ใช่ว่าเฉพาะค่าที่ป้องกันการขาดแต่จะครอบคลุมไปถึงปริมาณที่จะช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังด้วย
 - 2) ถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยเพียงพอจะมีการกำหนดค่าสูงสุดที่แนะนำการได้รับสารอาหาร เพื่อไม่ทำให้มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารอาหารเกินจนเกิดพิษภัยต่อสุขภาพ
 - 3) ในอนาคตหากมีข้อมูลงานวิจัยเพียงพอ จะมีการกำหนดค่าปริมาณการบริโภคสารอาหารที่มีในอาหาร



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

ความเป็นมาของการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร

- ถ้ามีข้อมูลทางวิชาการยืนยันชัดเจน การกำหนดค่าของปริมาณอ้างอิงของสารอาหารแต่ละตัวจึงไม่ได้เป็นค่าเดียวเหมือนแต่ก่อน แต่จะกำหนดเป็นค่าหลายค่า ได้แก่ ค่าคาดการณ์ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ย ค่าปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน ค่าปริมาณสารอาหารที่พอเพียงในแต่ละวัน และค่าปริมาณสูงสุดของสารอาหารที่บริโภคได้โดยไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

ความเป็นมาของการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร

- วัตถุประสงค์ของการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร ในคนปกติที่มีสุขภาพดี ในช่วงอายุต่างๆ คือ
 - 1) เพื่อเป็นแนวทางแก้ปัญหาโภชนาการระดับชาติ
 - 2) เพื่อวางแผนการจัดหาอาหารให้เพียงพอสำหรับประชากรกลุ่มต่างๆ
 - 3) เพื่อสามารถอธิบายข้อมูลจากบันทึกการบริโภคอาหารของบุคคลหรือกลุ่มบุคคล
 - 4) เพื่อจัดทำมาตรฐานในการวางแผนโครงการด้านอาหารต่างๆ
 - 5) เพื่อใช้ในการประเมินการผลิตอาหารให้เพียงพอกับความต้องการทางด้านโภชนาการระดับชาติ
 - 6) เพื่อวางแผนการดำเนินการโภชนศึกษา
 - 7) เพื่อให้ผู้ประกอบการด้านผลิตอาหารสามารถพัฒนาอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของประชาชน
 - 8) เพื่อจัดทำแนวทางการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่ดี
 - 9) เพื่อจัดทำแนวทางการกำหนดสารอาหารบนฉลากโภชนาการ



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

- คือ ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน หรือปริมาณสารอาหารที่ร่างกายควรได้รับต่อวัน
- ค่านี้จะแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มของประชากร เช่น เด็ก วัยเรียน เด็กวัยรุ่น ผู้หญิง ผู้ชาย หญิงมีครรภ์ หญิงให้นมบุตร และผู้สูงอายุ
- คาคะเนปริมาณพลังงานและสารอาหารสำหรับผู้ที่มีสุขภาพดี
- เป็นคำแนะนำที่ดัดแปลงมาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณที่บริโภคต่อวัน ไม่ได้เป็นปริมาณสารอาหารที่ต้องการของแต่ละคน

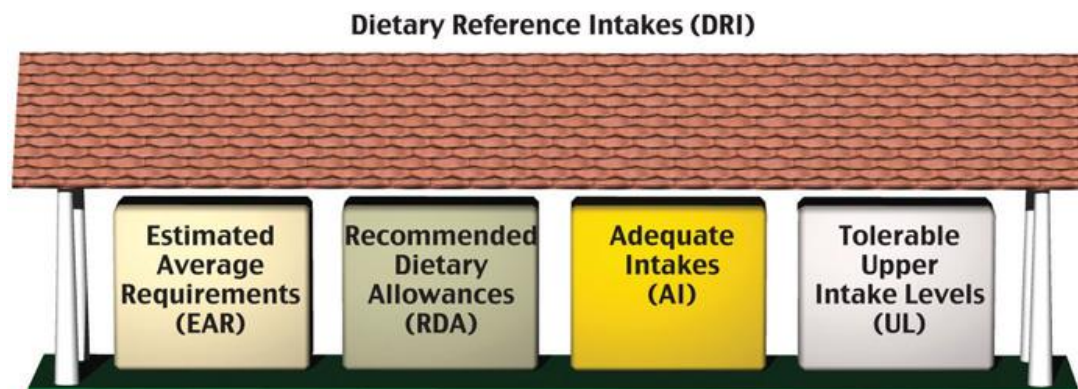


3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

- 1) Estimated Average Requirement (EAR)
- 2) Recommended Dietary Allowance (RDA)
- 3) Adequate Intake (AI)
- 4) Tolerable Upper Intake Level (UL)



ที่มาของภาพ : <https://med.libretexts.org/@api/deki/files/1940/a4fcc001d6054d48efb6233232a0fffb.jpg?revision=1>



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

1) Estimated Average Requirement (EAR)

- คาคาดการณ์ความต้องการของสารอาหารเฉลี่ย
- ปริมาณสารอาหารบริโภคที่คาดว่าจะครอบคลุมความต้องการสารอาหารครึ่งหนึ่งของคนที่มีความสุขภาพดีในแต่ละเพศแต่ละวัย เป็นค่าเฉลี่ยความต้องการของสารอาหารแต่ละตัว
- เป็นค่าปริมาณต่ำสุดของสารอาหารที่ได้รับอย่างต่อเนื่องเพียงพอที่จะทำให้คนมีภาวะโภชนาการปกติและมีสุขภาพดี
- เป็นค่าที่จะนำไปคำนวณหาค่า Recommended Dietary Allowance (RDA) ต่อไป จะนำไปใช้เลยโดยตรงไม่ได้

3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

2) Recommended Dietary Allowance (RDA)

- ค่าปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน
- กำหนดโดย คณะกรรมการอาหารและโภชนาการแห่งชาติ (Food and Nutritional Board of Nutritional Council) ของสหรัฐอเมริกา มีการปรับปรุงทุก 5 ปี
- เป็นค่าการบริโภคอาหารที่ทำให้ได้สารอาหารเพียงพอกับความต้องการของร่างกายของประชากรที่มีสุขภาพดีในแต่ละเพศแต่ละวัยเกือบทั้งหมด (97-98% ของประชากร)
- ค่า RDA จะเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น
 - Dietary Standards
 - Safe Intake of Nutrients
 - Recommended Nutrient Intakes / Recommended Dietary Intakes (RDI)



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

3) Adequate Intake (AI)

- ค่าปริมาณสารอาหารที่เพียงพอในแต่ละวัน
- ปริมาณสารอาหารที่พอเพียงสำหรับผู้ที่มีสุขภาพดี โดยมีฐานข้อมูลมาจากการทำการทดลองหรือการสำรวจการบริโภคอาหารในกลุ่มประชากรที่มีสุขภาพดี
- ใช้สำหรับกำหนดสารอาหารบางอย่างที่ไม่สามารถหาค่า RDA ได้เพราะยังมีข้อมูลไม่ครบถ้วน แต่มีมากพอที่จะกำหนดค่าปริมาณสารอาหารที่ต้องการได้บ้าง
- ค่านี้อาจเป็นข้อมูลเบื้องต้น ที่จะต้องทำการวิจัยต่อไปเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)

4) Tolerable Upper Intake Level (UL)

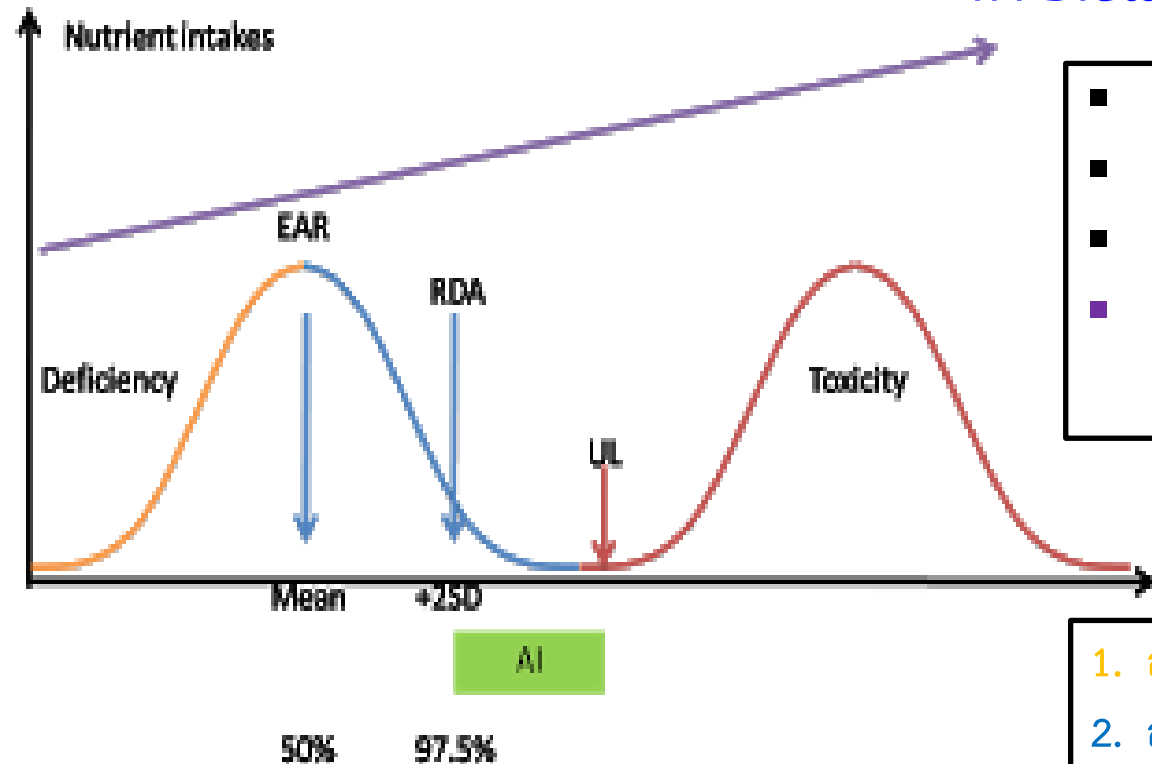
- ค่าปริมาณสูงสุดของสารอาหารที่บริโภคได้โดยไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ
- ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปริมาณสารอาหารที่ประชากรทั่วไปบริโภคได้ โดยไม่มีความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพ
- แต่เมื่อบริโภคมากกว่า UL จะเพิ่มความเสี่ยงของอันตรายต่อสุขภาพ



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)



- เริ่มจากกราฟซ้ายมือสุดก่อนเริ่มจาก 0
- แกนตั้ง แสดงปริมาณสารอาหารที่กินเข้าไป
- แกนนอน แสดงจำนวนคน
- เส้นกราฟสีม่วง แสดงปริมาณสารอาหารที่กินเข้าไป ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

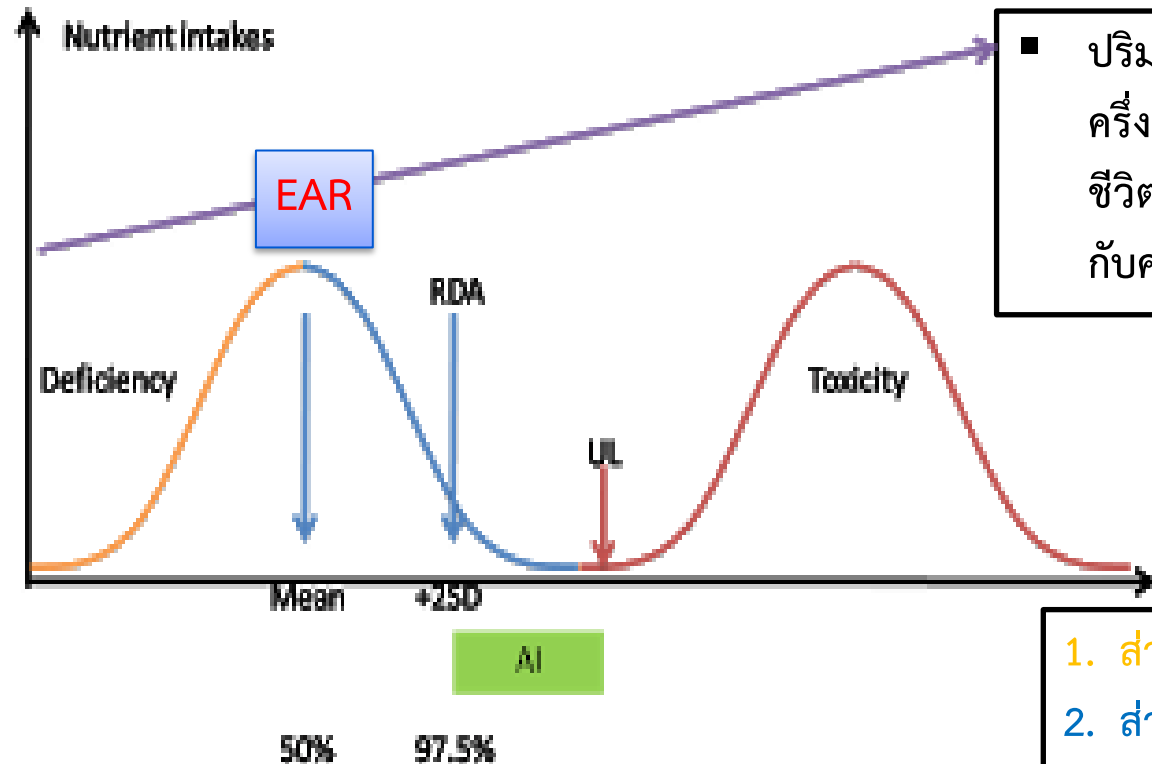
1. ส่วนสีส้ม ขาดสารอาหาร (deficiency)
2. ส่วนสีฟ้า ได้รับสารอาหารพอดี (Adequate)
3. ส่วนสีแดง ได้รับเยอะเกินไป เป็นโทษต่อร่างกาย (Toxicity)



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)



- ปริมาณสารอาหารที่กินเข้าไปต่อวัน แล้วทำให้คนครึ่งหนึ่งในการทดลองเพียงพอต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ค่านี้เรียกว่า **EAR** ซึ่งจะเห็นว่าตรงกับค่า mean พอดี

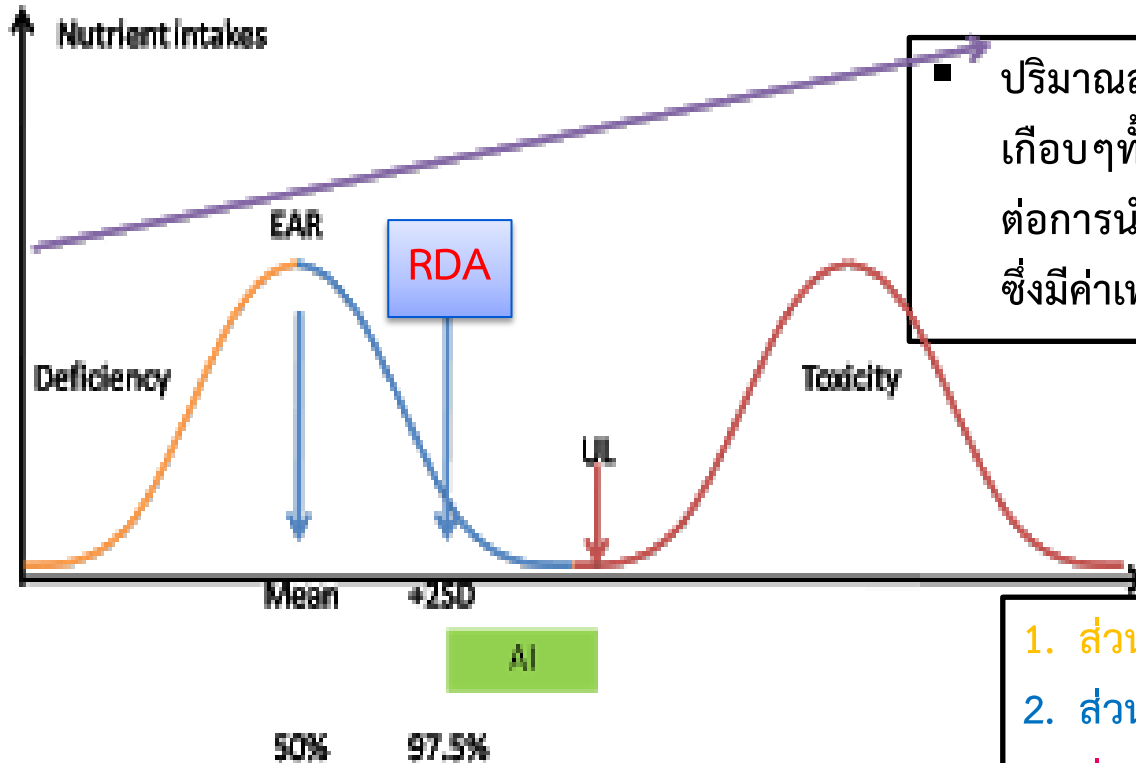
1. ส่วนสีส้ม ขาดสารอาหาร (deficiency)
2. ส่วนสีฟ้า ได้รับสารอาหารพอดี (Adequate)
3. ส่วนสีแดง ได้รับเยอะเกินไป เป็นโทษต่อร่างกาย (Toxicity)



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)



ปริมาณสารอาหารที่กินเข้าไปต่อวัน แล้วทำให้คนเกือบๆทั้งหมดในการทดลอง (97.5%) เพียงพอต่อการนำไปใช้ในชีวิตรประจำวัน เรียกว่าค่า **RDA** ซึ่งมีค่าเท่ากับ $EAR + 2SD$

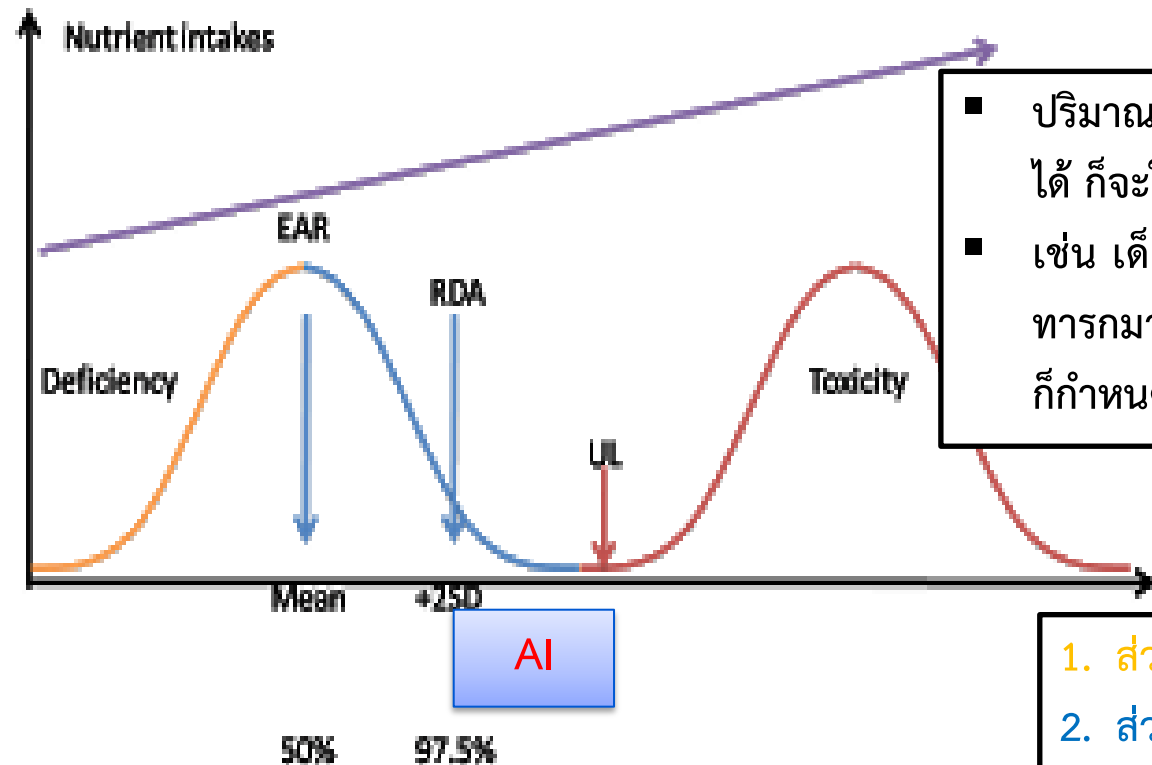
1. ส่วนสีส้ม ขาดสารอาหาร (deficiency)
2. ส่วนสีฟ้า ได้รับสารอาหารพอดี (Adequate)
3. ส่วนสีแดง ได้รับเยอะเกินไป เป็นโทษต่อร่างกาย (Toxicity)



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)



- ปริมาณสารอาหารที่ไม่สามารถกำหนดเป็นค่าที่แน่นอนได้ ก็จะใส่เป็นช่วงกว้างๆไว้ เราเรียกค่านี้ว่า **AI**
- เช่น เด็กทารกต้องการโปรตีนเท่าไร? ไม่มีใครนำเด็กทารกมาทดลอง จึงเทียบจากโปรตีนในนมแม่แทนแล้ว ก็กำหนดมาเป็นค่า AI

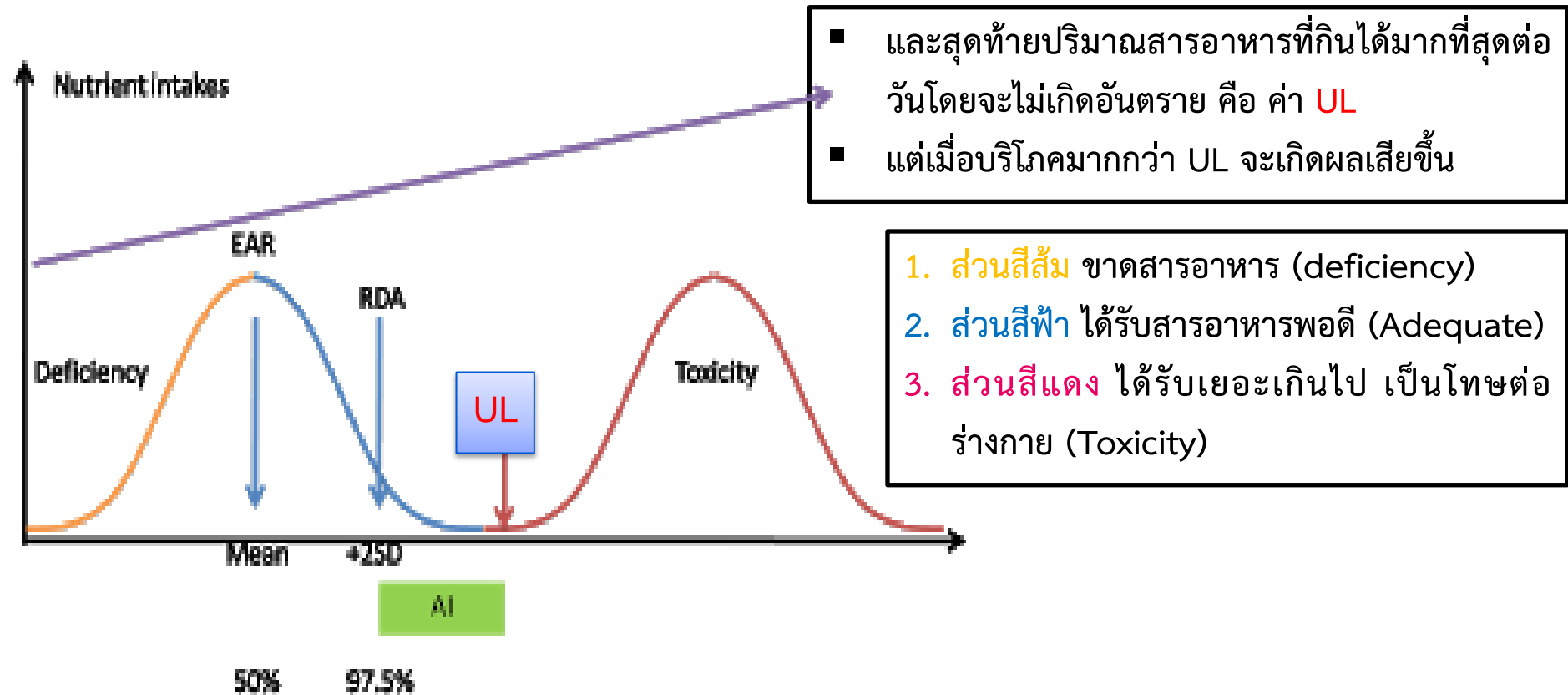
1. ส่วนสีส้ม ขาดสารอาหาร (deficiency)
2. ส่วนสีฟ้า ได้รับสารอาหารพอดี (Adequate)
3. ส่วนสีแดง ได้รับเยอะเกินไป เป็นโทษต่อร่างกาย (Toxicity)



3.1 ความต้องการสารอาหาร

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า Dietary Reference Intakes (DRI)





3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า DRI	สำหรับบุคคล	สำหรับกลุ่มบุคคล
ค่าคาดการณ์ปริมาณความต้องการสารอาหารเฉลี่ย (EAR)	- ใช้ในการดูความเป็นไปได้ของการที่ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ	- ใช้ในการคาดคะเนอุบัติการณ์ การได้รับสารอาหารไม่เพียงพอภายในกลุ่มประชากรที่ศึกษา
ค่าปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน (RDA)	- หากได้รับสารอาหารจากอาหารปกติ เท่ากับหรือมากกว่าปริมาณที่กำหนด แสดงว่าโอกาสขาดสารอาหารมีน้อยมาก	- ค่านี้ไม่ได้ใช้ในการประเมินการได้รับสารอาหารในกลุ่มประชากร



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า DRI	สำหรับบุคคล	สำหรับกลุ่มบุคคล
ค่าปริมาณสารอาหารพอเพียงในแต่ละวัน (AI)	- หากได้รับสารอาหารจากอาหารปกติเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณที่ปริมาณที่กำหนดแสดงว่าโอกาสขาดสารอาหารมีน้อยมาก	- ค่าเฉลี่ยการได้รับสารอาหารปกติเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณที่กำหนดตีความได้ว่าจะมีอุบัติการณ์ของการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอเล็กน้อย (แต่ถ้าค่านี้ไม่ได้มาจากค่าเฉลี่ยของคนที่มีสุขภาพดีความเชื่อมั่นจะลดลง)

3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

ค่า DRI	สำหรับบุคคล	สำหรับกลุ่มบุคคล
ค่าปริมาณสูงสุดของสารอาหารที่บริโภคได้โดยไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ (UL)	- หากได้รับสารอาหารจากอาหารปกติสูงกว่าค่านี้จะทำให้บุคคลนั้นมีความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพที่ได้รับอาหารในปริมาณที่สูงเกินกำหนด	- ค่านี้เมื่อใช้ในกลุ่มประชากรมักเป็นการประเมินความเสี่ยงของอันตรายต่อสุขภาพเป็นร้อยละในกลุ่มประชากรที่มีการบริโภคสารอาหารในปริมาณที่สูงเกินกำหนด



3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

Thai RDI (Thai Recommended Daily Intakes) หรือค่า RDA หมายถึง ปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี โดยมีเกณฑ์ ดังนี้

- โปรตีน ตามน้ำหนักตัว กรัม
(เช่น น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ควรได้รับโปรตีนต่อวันคือ 50 กรัม)
- ไขมันทั้งหมด น้อยกว่า 65 กรัม
- กรดไขมันอิ่มตัว น้อยกว่า 20 กรัม
- คอเลสเตอรอล น้อยกว่า 300 มิลลิกรัม
- คาร์โบไฮเดรต ทั้งหมด 300 กรัม
- ใยอาหาร 25 กรัม
- โซเดียม น้อยกว่า 2,400 มิลลิกรัม

3.1 ความต้องการสารอาหาร (ต่อ)

1.1.6 ค่าความต้องการสารอาหาร

Thai RDI (Thai Recommended Daily Intakes)

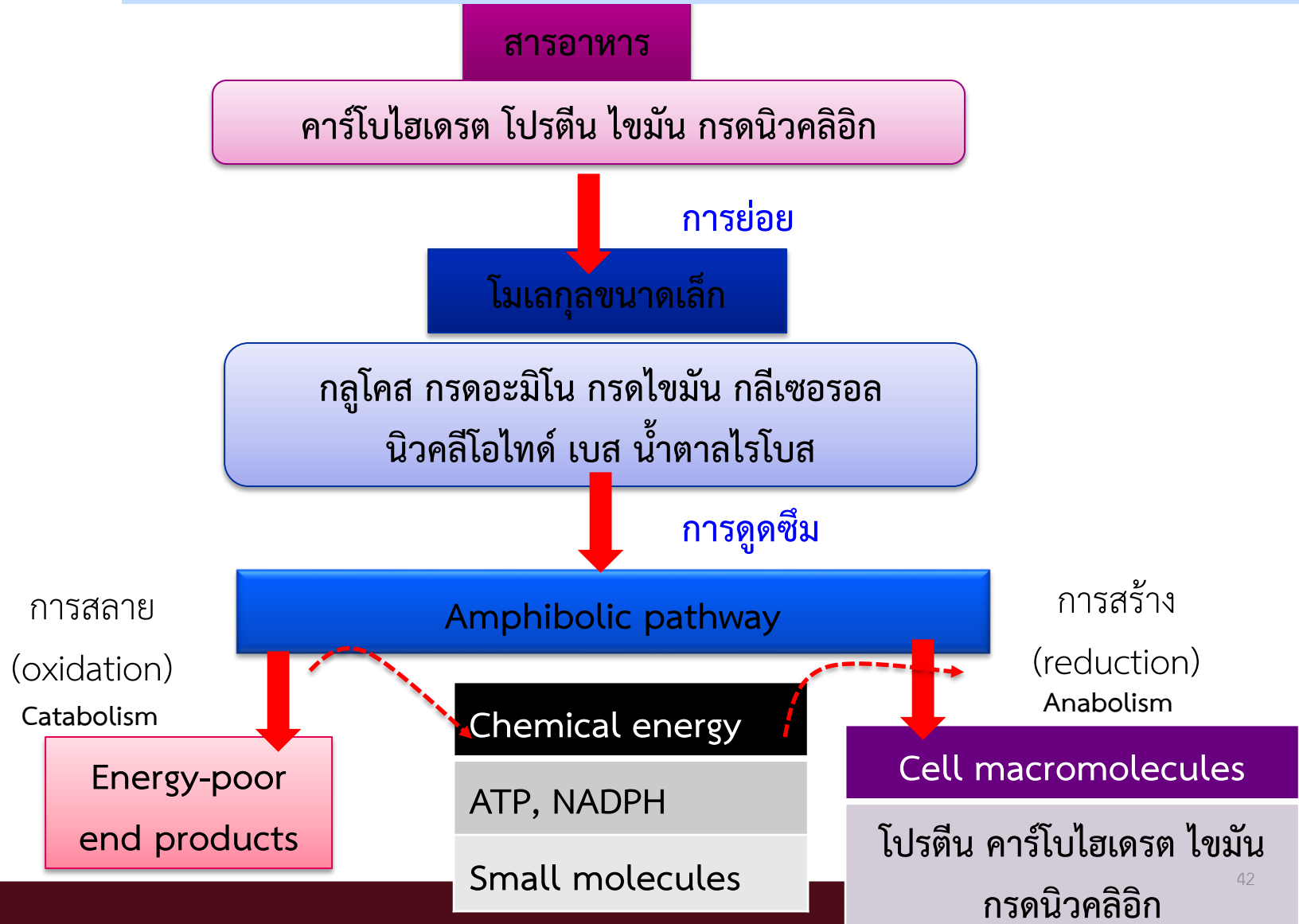
- การคำนวณพลังงานจากอาหาร ตามข้อเสนอแนะของ Thai Recommended Daily Intakes (Thai RDI) ปริมาณสารอาหารที่ แนะนำให้บริโภคในฉลากโภชนาการ จะสามารถคำนวณหา ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ที่ควรบริโภคในแต่ละวันได้ ดังนี้

สารอาหาร	สัดส่วนพลังงาน (%)	แคลอรี/กรัม		แคลอรีที่ควรได้/วัน	ปริมาณที่ควรบริโภค (กรัม/วัน)
คาร์โบไฮเดรต	60	4	$(60/100) \times 2,000$	1,200	$1,200/4 = 300$
โปรตีน	10	4	$(10/100) \times 2,000$	200	$200/4 = 50$
ไขมัน	30	9	$(30/100) \times 2,000$	600	$600/9 = 66.66$

- พลังงานจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) ร้อยละ 10 จากทั้งหมด 2,000 แคลอรี
 - คิดเป็น $(10/100) \times 2,000 = 200$ แคลอรี
 - ซึ่งจะต้องได้จากกรดไขมันชนิดอิ่มตัว $200/9 =$ ประมาณ 20 กรัม



3.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย





3.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หลักการของเมแทบอลิซึมของสารอาหาร (amphibolic pathway)

- **กระบวนการสร้าง (Anabolism)** เป็นกระบวนการสังเคราะห์ คือ การเปลี่ยนสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กให้เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่เป็นการสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่จากสารโมเลกุลเล็ก จะมีการใช้พลังงาน ATP และ NADH เช่น การสังเคราะห์โปรตีน เป็นเอนไซม์ แอนติบอดี รวมทั้งคาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิกและไขมันต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นองค์ประกอบของเซลล์ต่อไป

พลังงาน + สารประกอบขนาดเล็ก $\rightarrow$ สารประกอบเชิงซ้อน

ตัวอย่าง

พลังงาน + amino acid $\rightarrow$ protein

- กระบวนการทางเคมีที่สร้างหรือซ่อมแซมอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย



3.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หลักการของเมแทบอลิซึมของสารอาหาร (amphibolic pathway)

- กระบวนการสลาย (Catabolism) เป็นการสับเคราะห์โมเลกุลใหญ่จากสารโมเลกุลเล็ก ทำให้มีพลังงาน ATP NADH และสารโมเลกุลเล็กเกิดขึ้น รวมทั้งของเสียที่ร่างกายต้องขับออกไป เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสารอาหารโปรตีนให้เป็นกรดแอมิโน



- สลายสารอาหารดังกล่าวให้อยู่ในรูปพลังงานที่พร้อมนำไปใช้เสริมสร้างการเจริญเติบโต หรือซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย
- หากได้รับพลังงานที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันมากเกินไป ร่างกายจะนำสารอาหารส่วนเกินมาเก็บสะสมในรูปของไขมัน



3.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หน่วยของพลังงาน

หน่วยของพลังงาน	รายละเอียด
1 แคลอรี (Calorie, cal)	จำนวนความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส
1 กิโลแคลอรี (Kilocalorie, Kcal)	จำนวนความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส
1 จูล (Joule)	จำนวนพลังงานที่ใช้ในการทำงาน เมื่อวัตถุหนัก 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 1 เมตร ต้องใช้แรงเท่ากับ 1 นิวตัน



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หน่วยของพลังงาน

- พลังงานที่ได้จากกระบวนการ Catabolism จะอยู่ในรูปพลังงานความร้อน ที่มีหน่วยเป็น แคลอรี
- หน่วยพลังงานแต่เดิมนิยมใช้เป็นแคลอรี (calories)
- ปริมาณแคลอรีที่ร่างกายจะได้จากสารอาหารของอาหารแต่ละชนิดสามารถหาได้ด้วยเครื่องมือที่จะสันดาปอาหารจนสมบูรณ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เรียกว่า bomb-calorimeter จะวัดเป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในหน่วยของ กิโลแคลอรี (heat energy, kcal)



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หน่วยของพลังงาน

- 1 แคลอรีอาหาร จะมีค่าเท่ากับ 1 กิโลแคลอรี (kcal) หรือ 1,000 แคลอรี ซึ่งอาจจะเรียกเพียง “แคลอรี” แทนการเรียกชื่อเต็มว่า “กิโลแคลอรี” ก็ได้
- โดยจะมีค่าเทียบเท่ากับพลังงานที่ทำให้ น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับ 4.186 กิโลจูล (kilojoule หรือ KJ)



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

หน่วยของพลังงาน

- ปัจจุบันจะใช้หน่วยของพลังงานเป็น Joule (J) ซึ่งเป็นหน่วยพลังงานจริง (unit of energy) ที่หมายถึงพลังงานที่ใช้เมื่อยกของหนัก 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไป 1 เมตร โดยแรงเท่ากับ 1 นิวตัน แต่เนื่องจาก 1 Joule มีค่าน้อย นักโภชนาการจะใช้เป็น kilojoule (kJ)

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ จูล}$$

$$1 \text{ Kcal} = 4,184 \text{ จูล} = 4.184 \text{ กิโลจูล}$$

$$1,000 \text{ Kcal} = 4,184,000 \text{ จูล} = 4.184 \text{ เมกะจูล}$$

- สารอาหารคาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารชนิดแรกที่ร่างกายเปลี่ยนให้เป็นพลังงาน รองลงมา เป็นไขมัน และโปรตีน ตามลำดับ

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ค่าพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)

- การเผาผลาญอาหารที่สมบูรณ์โดยใช้เครื่อง bomb-calorimeter จะให้พลังงานความร้อนแตกต่างกัน ดังนี้

สารอาหารคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงานความร้อน 4.10 กิโลแคลอรี

สารอาหารโปรตีน 1 กรัม ให้พลังงานความร้อน 5.65 กิโลแคลอรี

สารอาหารไขมัน 1 กรัม ให้พลังงานความร้อน 9.45 กิโลแคลอรี

- เผาผลาญอาหารโดยใช้เครื่อง bomb-calorimeter ให้พลังงานความร้อนไม่เท่ากัน ถึงแม้เป็นอาหารกลุ่มเดียวกันก็ตาม เช่น สารอาหารคาร์โบไฮเดรต (กลูโคส 1 กรัม = 3.7 Kcal, สตาร์ช 1 กรัม = 4.1 Kcal, ซูโครส 1 กรัม = 4.0 Kcal) **แต่ในอาหารมีสตาร์ชมากกว่าคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ จึงถือว่า สารคาร์โบไฮเดรตให้พลังงาน 4.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม**



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ค่าพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)

- การเผาผลาญอาหารในร่างกาย กับการเผาผลาญอาหารโดยใช้เครื่อง bomb-calorimeter ค่าพลังงานที่ได้จะน้อยกว่า เนื่องจากผลผลิตสุดท้ายที่ถูกขับออกมาต่างกัน และมีอาหารบางส่วนถูกย่อยและดูดซึมไม่สมบูรณ์ บางส่วนถูกขับออกทางอุจจาระ จึงเรียกว่า “Physiological fuel value”
- คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ถูกออกซิไดส์ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนโปรตีน ถูกออกซิไดส์ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ยูเรีย และแอมโมเนีย ซึ่งถูกขับออกมาทางปัสสาวะ ทำให้พลังงานที่เกิดขึ้นในร่างกายลดน้อยลง เมื่อนำสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับออกมาจากปัสสาวะไปเผาผลาญโดยใช้เครื่อง bomb-calorimeter มีสารออกซิไดส์ไม่สมบูรณ์เหลืออยู่ 1.25 กิโลแคลอรีต่อกรัมของโปรตีนที่ถูกออกซิไดส์ **ทำให้โปรตีนที่ถูกออกซิไดส์ในร่างกายจึงให้พลังงานเท่ากับ $5.65 - 1.25 = 4.40$ กิโลแคลอรี**



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ค่าพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)

- เมื่ออาหารเข้าสู่ร่างกาย จะต้องผ่านกระบวนการย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แล้วดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น การย่อยและการดูดซึมนี้อาจมีสารอาหารบางส่วนสูญเสียไป
 - คาร์โบไฮเดรต สูญเสียไป 2% (ดูดซึมได้ 98%)
 - ไขมัน สูญเสียไป 5% (ดูดซึมได้ 95%)
 - โปรตีน สูญเสียไป 8% (ดูดซึมได้ 92%)
- ดังนั้น จำนวนพลังงานที่เกิดจากการออกซิไดส์สารอาหารในร่างกายจริงๆ จะลดลง
 - คาร์โบไฮเดรต $4.10 * (98/100) = 4.10$ กิโลแคลอรีต่อกรัม
 - ไขมัน $9.45 * (95/100) = 8.98$ กิโลแคลอรีต่อกรัม
 - โปรตีน $4.10 * (92/100) = 4.05$ กิโลแคลอรีต่อกรัม

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ค่าพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)

สารอาหาร	พลังงานความร้อนที่เกิดจาก การเผาไหม้		พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น ในร่างกาย	
	Kcal/g	KJ/g	Kcal/g	KJ/g
คาร์โบไฮเดรต	4.10	17	4.00	17
โปรตีน	5.65	24	4.00	17
ไขมัน	9.45	39	9.00	37

ที่มา : ข้อมูลจาก Mudambi and Rajagopal (2007)



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ค่าพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)

- แอลกอฮอล์ที่มีในเบียร์ ไวน์ และเหล้าชนิดต่างๆเป็นเอทิลแอลกอฮอล์เมื่อดื่มเข้าสู่ร่างกาย ดูดซึมรวดเร็วที่กระเพาะอาหาร เนื่องจากมีโมเลกุลขนาดเล็กและให้พลังงาน 7 กิโลแคลอรี หรือ 29 กิโลจูลต่อกรัม





1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีการคำนวณพลังงานของสารอาหาร

- ตัวอย่าง เช่น ข้าวสารน้ำหนัก 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 11.8 กรัม โปรตีน 7 กรัม ไขมัน 0.7 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 80.2 กรัม สามารถคำนวณได้ว่า ข้าวสาร 100 กรัม จะให้พลังงานเท่าใด ดังนี้

พลังงานที่เกิดจากโปรตีน

$$4 * 7 = 28 \text{ กิโลแคลอรี}$$

พลังงานที่เกิดจากไขมัน

$$9 * 0.7 = 6.3 \text{ กิโลแคลอรี}$$

พลังงานที่เกิดจากคาร์โบไฮเดรต

$$4 * 80.2 = 320.8 \text{ กิโลแคลอรี}$$

ดังนั้น ข้าวสาร 100 กรัม ให้พลังงาน

$$= 28 + 6.3 + 320.8$$

$$= 355.1 \text{ กิโลแคลอรี}$$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

พลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน (energy requirement)

- ☐ ร่างกายของคนเราต้องการพลังงานจากสารอาหารหลัก ในการทำกิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการอ่าน เขียนหนังสือ การเดิน การนั่ง แม้แต่ขณะนอนหลับ กล้ามเนื้อหัวใจก็ต้องทำงานตลอดเวลา
- ☐ พลังงานเพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ ในผู้ใหญ่จากสารอาหารหลักเป็นสัดส่วน
 - คาร์โบไฮเดรต 45-55% (3-5 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)
 - โปรตีน 10-15% (0.8-1.0กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)
 - ไขมัน 25-35% (0.5-1.5กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)
- ☐ ควรได้รับปริมาณ total calorie intake ประมาณ 30 – 35 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

พลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน (energy requirement)

ความต้องการพลังงาน แตกต่างตามอาชีพและขนาดของร่างกายของแต่ละบุคคลนั้น พลังงานทั้งหมดที่ร่างกายต้องผลิตขึ้นมาตลอดเวลาเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน จากสารอาหารหลักทั้ง 3 ประเภท



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

พลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน (energy requirement)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- ร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนแรกสำหรับ ควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ใช้ในการเต้นของหัวใจ การหายใจ การทำงานของปอด ตับ ไต ระบบประสาท ระบบหมุนเวียนเลือด และการทำงานของอวัยวะภายในอื่นๆ ขณะที่ตื่นและร่างกายกำลังพักผ่อนอยู่ในที่ๆ มีอุณหภูมิเหมาะสม ภาวะนี้ร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นจำนวนน้อยที่สุด
- Basal Metabolism ของร่างกายขึ้นอยู่กับมวลของโปรโตพลาซึมภายในเซลล์ของร่างกาย ที่มีอัตราการหายใจเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิวของร่างกาย วัดออกมาในรูป basal metabolic rate (BMR) หรือ resting metabolic rate (RMR) หรือ resting energy expenditure (REE)



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- การวัด metabolic rate ที่ประกอบด้วยสภาวะต่อไปนี้
 1. ในขณะพักสงบมากที่สุด นิยมวัดตอนเช้าหรือหลังจากตื่นนอน โดยไม่ทำกิจกรรมใดๆทั้งสิ้น
 2. หลังมื้ออาหารเป็นเวลา 10 -12 ชั่วโมง
 3. มีอารมณ์สดชื่น แจ่มใส อยู่ในที่อุณหภูมิเหมาะสมและคงที่ (ประมาณ 26 องศาเซลเซียส)
 4. และขณะวัดจะต้องไม่มีการพูดคุยกัน หรือมีเสียงรบกวนจากภายนอก
- วิธีการวัดค่า BMR ทำได้หลายวิธี ได้แก่
 1. การวัดโดยตรง เป็นการวัดความร้อนที่ปล่อยออกมาจากร่างกาย
 2. การวัดระดับฮอร์โมนไทรอกซินในเลือด ฮอร์โมนนี้มีหน้าที่ควบคุม BMR
 3. วัดโดยทางอ้อมโดยใช้ indirect calorimetry เป็นการวัดอัตราการหายใจ หรือปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ร่างกายใช้ในการออกซิไดส์สารอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

Harris & Benedict's Equation

$$\text{BMR (F)} = \underline{655.1} * + 9.56 W + 1.85 H - 4.68 A$$

$$\text{BMR (M)} = 66.5 + 13.75 W + 5.0 H - 6.78 A$$

W = Weight (kg), H = Height (cm), A = Age (yr.)

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

Harris & Benedict's Equation

ตัวอย่าง สมมติว่า A เป็นผู้หญิง อายุ 30 ปี ส่วนสูง 165 ซม. น้ำหนัก 60 กก. BMR จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{BMR (F)} &= 655.1 + 9.56 W + 1.85 H - 4.68 A \\ &= 655.1 + (9.6 \times 60) + (1.8 \times 165) - (4.7 \times 30) \\ &= 1,397 \text{ กิโลแคลอรี} \end{aligned}$$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- จากตัวอย่าง พลังงานที่จำเป็นพื้นฐานในการมีชีวิต หมายถึง A ต้องการพลังงานอย่างน้อย 1,397 กิโลแคลอรี ในการดำรงชีวิตในแต่ละวัน ในกรณีที่วันนั้น A ไม่ได้ทำกิจกรรมอะไรเลย
- จากสูตรนี้เห็นได้ว่า คนที่มีส่วนสูงและน้ำหนักมาก จะมีค่า BMR มากกว่าคนที่มีส่วนสูงและน้ำหนักน้อยกว่า หรือกรณีที่อายุมากขึ้น ค่า BMR ก็ sẽลดลงไปด้วย เพราะยิ่งคนมีอายุมากขึ้น อัตราการเผาผลาญของร่างกาย หรือที่เรียกว่า "เมตาบอลิซึม" ก็จะปรับลดลงตามไปด้วย

<https://health.kapook.com/view103730.html>



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- ในแต่ละวันเราต้องทำกิจกรรมมากมาย ทั้งนั่ง เดิน นอน ดูทีวี ทำงาน ออกกำลังกาย ซึ่งกิจกรรมของแต่ละคนไม่เหมือนกัน พลังงานที่ต้องการในแต่ละวันจึงไม่เท่ากันด้วย
- ดังนั้นเราต้องมาคำนวณหาปริมาณแคลอรีที่เราใช้ในแต่ละวัน หรือค่าของพลังงานที่เราสามารถใช้ได้หมดในแต่ละวัน ที่เรียกว่า TDEE (Total Daily Energy Expenditure)

<https://health.kapook.com/view103730.html>



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- ค่าของพลังงานที่เราสามารถใช้ได้หมดในแต่ละวัน TDEE (Total Daily Energy Expenditure)
 - นั่งทำงานอยู่กับที่ และไม่ได้ออกกำลังกายเลย หรือน้อยมาก
= $BMR \times 1.2$
 - ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเล็กน้อย 1-3 วัน/สัปดาห์, เดินบ้างเล็กน้อย ทำงานออฟฟิศ
= $BMR \times 1.375$
 - ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬานานกลาง 3-5 วัน/สัปดาห์, เคลื่อนที่ตลอดเวลา
= $BMR \times 1.55$
 - ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนัก 6-7 วัน/สัปดาห์
= $BMR \times 1.725$
 - ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนัก หรือเป็นนักกีฬา ทำงานที่ใช้แรงงานมาก
= $BMR \times 1.9$

<https://health.kapook.com/view103730.html>

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- จากตัวอย่างด้านบน คุณ A มีค่า BMR = 1,397 กิโลกรัมแคลอรี
- ถ้าเป็นคนที่แทบไม่ได้ออกกำลังกายเลย เท่ากับต้องนำ $BMR \times 1.2$ ก็จะได้ปริมาณแคลอรีที่ต้องการในหนึ่งวันเป็น $1,397 \times 1.2 = 1,676.4$
- ดังนั้น ถ้าต้องการควบคุมน้ำหนัก ไม่ควรทานอาหารมากเกินไปกว่า 1,676.4 กิโลแคลอรี เพราะ ร่างกายเราสามารถเผาผลาญได้เพียง 1,676.4 กิโลแคลอรี ถ้าทานมากกว่านี้ส่วนที่เหลือก็เป็นส่วนเกิน

<https://health.kapook.com/view103730.html>



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

1. พลังงานพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย (Basal Metabolism)

- ปัจจัยที่มีผลต่อค่า BMR
 - ขนาดของร่างกาย $\uparrow$ BMR $\uparrow$
 - ส่วนประกอบของร่างกาย
 - อายุ เด็ก > ผู้ใหญ่ > ผู้สูงอายุ
 - เพศ ชาย > หญิง
 - ฮอร์โมน
 - สภาวะร่างกาย ขาดสารอาหาร BMR $\downarrow$
 - อุณหภูมิ $\uparrow 1^\circ \text{C}$ BMR $\uparrow$ 13%
 - อารมณ์และจิตใจ
 - ความผิดปกติของร่างกาย
 - การนอนหลับ
- ร่างกายใช้พลังงานสำหรับ BMR ประมาณ 60% ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมด

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

2. พลังงานที่ร่างกายผลิตเพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงอาหาร (specific dynamic action (SDA)/ thermic effect of food (TEF))

- พลังงานที่ใช้ในกระบวนการการย่อย การดูดซึม การขนส่งสู่เซลล์ การเก็บสะสมเมแทบอลิซึม และการขับถ่ายสาร
- สารอาหารแต่ละชนิดจะมีค่า SDA แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารอาหารที่กินเข้าไป
 - คาร์โบไฮเดรต กระตุ้นให้ร่างกายปล่อยพลังงานเพิ่มขึ้น 5-6 %
 - ไขมัน กระตุ้นให้ร่างกายปล่อยพลังงานเพิ่มขึ้น 4 %
 - โปรตีน กระตุ้นให้ร่างกายปล่อยพลังงานเพิ่มขึ้น 20-30 %
 - อาหารผสม (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน) ค่า SDA เท่ากับ 10%



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

2. พลังงานที่ร่างกายผลิตเพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงอาหาร (specific dynamic action (SDA)/ thermic effect of food (TEF))

- ตัวอย่างเช่น สารอาหารโปรตีน จำนวน 40 กรัม
 - จะให้พลังงานเท่ากับ $40 * 4 = 160$ Kcal
 - เมื่อกินโปรตีนเข้าสู่ร่างกาย จะกระตุ้นให้เกิด SDA สูงถึง $0.3 * 160 = 48$ Kcal
(เป็นพลังงานที่ร่างกายจะสูญเสียไป)
 - ดังนั้น ร่างกายได้รับพลังงานที่แท้จริงจากโปรตีน 40 กรัม เพียง $160 - 48 = 112$ Kcal

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

3. พลังงานที่ร่างกายผลิตเพื่อใช้สำหรับการออกแรงทำงานต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน (physical activity)

- การทำงานของสมอง ใช้พลังงานเพียง 3-4% แต่พลังงานที่ใช้มาก คือ พลังงานที่ใช้สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ เพื่อทำกิจกรรมต่างๆ และการออกกำลังกาย เช่น
 - การวิ่ง ใช้พลังงาน 7 Kcal/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง
 - การเดิน ใช้พลังงาน 2 Kcal/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/ชั่วโมง
- จำนวนพลังงานที่ร่างกายต้องการใช้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ชนิดของกิจกรรมและระยะเวลาที่ทำกิจกรรมนั้นๆ

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

เพศและอายุ	สมการคำนวณค่า B.M./ วัน
ผู้ชาย	
0-3	$(60.9 \times wt^a) - 54$
3-10	$(22.7 \times wt^a) + 495$
10-18	$(17.5 \times wt^a) + 651$
18-30	$(15.3 \times wt^a) + 679$
30-60	$(11.6 \times wt^a) + 879$
> 60	$(13.5 \times wt^a) + 487$
ผู้หญิง	
0-3	$(61.0 \times wt^a) - 51$
3-10	$(22.5 \times wt^a) + 499$
10-18	$(12.2 \times wt^a) + 746$
18-30	$(14.7 \times wt^a) + 496$
30-60	$(8.7 \times wt^a) + 829$
> 60	$(10.5 \times wt^a) + 596$

1. คำนวณ BMR จาก น้ำหนักของร่างกาย

(สูตรในตาราง)

^aน้ำหนักตัวหน่วยเป็นกิโลกรัม

หากใช้สูตรนี้ไม่ต้องหักค่าพลังงานที่ใช้ในการพักผ่อน (นอนหลับ)

ที่มา : Whitney, Eleanor Noss and Rolfs, Sharon Rady. 2002
อ้างถึงใน อัจฉรา ดลวิทยาคูณ, 2556



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

2. คำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ทำกิจกรรมภายนอกร่างกาย P.A. โดยใช้สูตร

$$P.A. = \text{พลังงานที่ร่างกายใช้สำหรับทำกิจกรรม} \times \text{น้ำหนักตัว} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ทำกิจกรรม}$$



NPRU

Nakhon Pathom
Rajabhat University

กิจกรรม	แคลอรี/กิโลกรัม/ชั่วโมง
- นอนนิ่ง (ไม่หลับ) นั่งพักผ่อน อ่านหนังสือ	0.1
- ดักลูกไม้ รับประทานอาหาร เช็ดผ้าด้วยมือหรือจักรไฟฟ้า	0.4
- ยืนตามสบาย	0.5
- ยืนระวังตรง ยืนทำงาน เล่นไวโอลิน เช็ดผ้าด้วยจักรใช้เท้าถีบ ดักไหมพรม	0.6
- ร้องเพลงออกเสียง เล่นเปียโน	0.7
- พิมพ์ติดอย่างเร็ว รีดผ้า ล้างชาม	0.9
- ล้างพื้นห้อง	1.0
- ว่ายน้ำอย่างเบาๆ	1.2
- อาบน้ำ/แต่งตัว	1.6
- ขับรถยนต์ นั่งเขียนหนังสือ	1.7
- เดินช้าๆ (ชั่วโมงละ 3 ไมล์)	2.0
- ทำอาหาร	2.8
- ชีจักรยาน (5.5 ไมล์) เดินแอโรบิกอย่างเบา	3.0
- พายเรือแคนู	3.3
- ทำความสะอาด (ผู้ชาย)	3.5
- เดินชอปปีง เล่นกอล์ฟ	3.6
- ทำความสะอาด (ผู้หญิง)	3.7
- เล่นโบว์ลิง	3.9
- เล่นกีฬาเพาะกล้ำอย่างเบา	4.0
- เดินแอโรบิกปานกลาง	5.0
- โยเลอส์เก็ต ชีม้าเหาะๆ	5.1
- สเก็ตน้ำแข็ง	5.8
- ร้องออกกำลังกายช้าๆ	7.0
- เล่นกีฬาเพาะกล้ำอย่างหนัก เดินแอโรบิกอย่างหนัก	8.0
- เดินเร็วมาก (ชั่วโมงละ 8.5 กิโลเมตร)	8.3
- เดินทางไกล ร้องออกกำลังกายความเร็วปานกลาง	9.0
- ชีจักรยาน (21 กิโลเมตร)	9.7
- เล่นบาสเกตบอลอย่างหนัก	10.0
- ร้องออกกำลังกาย (16 กิโลเมตร)	13.2



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

3. คำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงอาหารในร่างกาย S.D.A. โดยใช้สูตร

$$\text{S.D.A.} = \frac{\text{พลังงานที่ได้จากการทำกิจกรรม} \times 10}{100}$$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

4. ผลรวมพลังงานที่ร่างกายใช้ใน 1 วัน โดยใช้สูตร

$$\text{ผลรวมพลังงาน} = \text{ข้อ 1} + \text{ข้อ 2} + \text{ข้อ 3}$$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

ตัวอย่างการคำนวณความต้องการพลังงานสำหรับใช้ประกอบกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน

ผู้หญิงอายุ 21 น้ำหนัก 47 กิโลกรัม ทำงานเบามากโดยมีกิจกรรมประจำวันดังนี้

1. นอนหลับ	7 ชั่วโมง
2. รับประทานอาหาร 3 มื้อ มื้อละ 1 ชั่วโมง รวม	3 ชั่วโมง
3. อาบน้ำแต่งตัวเข้า-เย็น รวม	1 ชั่วโมง
4. อ่านหนังสือ	8 ชั่วโมง
5. ขับรถยนต์ไป-กลับบ้าน	1 ชั่วโมง
6. ขึ้นบันได 2 เทียว 30 ชั้น	
7. ลงบันได 2 เทียว 30 ชั้น	
8. ถักไหมพรม	2 ชั่วโมง
9. พิมพ์ดีดงาน	2 ชั่วโมง
รวม	24 ชั่วโมง



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

เพศและอายุ	สมการคำนวณค่า B.M./ วัน
ผู้ชาย	
0-3	$(60.9 \times wt^a) - 54$
3-10	$(22.7 \times wt^a) + 495$
10-18	$(17.5 \times wt^a) + 651$
18-30	$(15.3 \times wt^a) + 679$
30-60	$(11.6 \times wt^a) + 879$
> 60	$(13.5 \times wt^a) + 487$
ผู้หญิง	
0-3	$(61.0 \times wt^a) - 51$
3-10	$(22.5 \times wt^a) + 499$
10-18	$(12.2 \times wt^a) + 746$
18-30	$(14.7 \times wt^a) + 496$
30-60	$(8.7 \times wt^a) + 829$
> 60	$(10.5 \times wt^a) + 596$

1. คำนวณ BMR จาก น้ำหนักของร่างกาย

(สูตรในตาราง)

^aน้ำหนักตัวหน่วยเป็นกิโลกรัม

หากใช้สูตรนี้ไม่ต้องหักค่า
พลังงานที่ใช้ในการพักผ่อน
(นอนหลับ)

ที่มา : Whitney, Eleanor Noss
and Rolfs, Sharon Rady. 2002
อ้างอิงใน อัจฉรา ดลวิทยาคูณ, 2556



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

เพศและอายุ	สมการคำนวณค่า B.M./ วัน
ผู้ชาย	
0-3	$(60.9 \times wt^a) - 54$
3-10	$(22.7 \times wt^a) + 495$
10-18	$(17.5 \times wt^a) + 651$
18-30	$(15.3 \times wt^a) + 679$
30-60	$(11.6 \times wt^a) + 879$
> 60	$(13.5 \times wt^a) + 487$
ผู้หญิง	
0-3	$(61.0 \times wt^a) - 51$
3-10	$(22.5 \times wt^a) + 499$
10-18	$(12.2 \times wt^a) + 746$
18-30	$(14.7 \times wt^a) + 496$
30-60	$(8.7 \times wt^a) + 829$
> 60	$(10.5 \times wt^a) + 596$

1. คำนวณ BMR จากน้ำหนัก
ของร่างกาย

$$\begin{aligned} \text{B.M.} &= (14.7 \times 47) + 496 \\ &= 1,186.9 \text{ Cal} \end{aligned}$$

1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

2. คำนวณค่าพลังงานที่ใช้ทำกิจกรรมภายนอกร่างกาย P.A. โดยใช้สูตร

$$P.A. = \text{พลังงานที่ร่างกายใช้สำหรับทำกิจกรรม} \times \text{น้ำหนักตัว} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ทำกิจกรรม}$$

1. รับประทานอาหาร 3 มื้อ มื้อละ 1 ชั่วโมง	$= 0.4 \times 47 \times 3$	$= 56.4 \text{ Cal}$
2. อาบน้ำแต่งตัวเข้า-เย็น รวม	$= 1.6 \times 47 \times 1$	$= 75.2 \text{ Cal}$
3. อ่านหนังสือ	$= 0.1 \times 47 \times 8$	$= 37.6 \text{ Cal}$
4. ขับรถยนต์ไป-กลับบ้าน	$= 1.7 \times 47 \times 1$	$= 49.9 \text{ Cal}$
5. ขึ้นบันได 2 เทียว 30 ชั้น	$= 0.036 \times 47 \times 2$	$= 3.38 \text{ Cal}$
6. ลงบันได 2 เทียว 30 ชั้น	$= 0.012 \times 47 \times 2$	$= 1.13 \text{ Cal}$
7. ถักไหมพรม	$= 0.4 \times 47 \times 2$	$= 37.6 \text{ Cal}$
8. พิมพ์ดีดงาน	$= 0.9 \times 47 \times 2$	$= 84.6 \text{ Cal}$
รวม		$= 345.81 \text{ Cal}$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

วิธีคำนวณความต้องการพลังงานของร่างกายใน 1 วัน

3. คำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงอาหารในร่างกาย S.D.A. โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} \text{S.D.A.} &= \frac{345.81 \times 10}{100} \\ &= \mathbf{34.58 \text{ Cal}} \end{aligned}$$

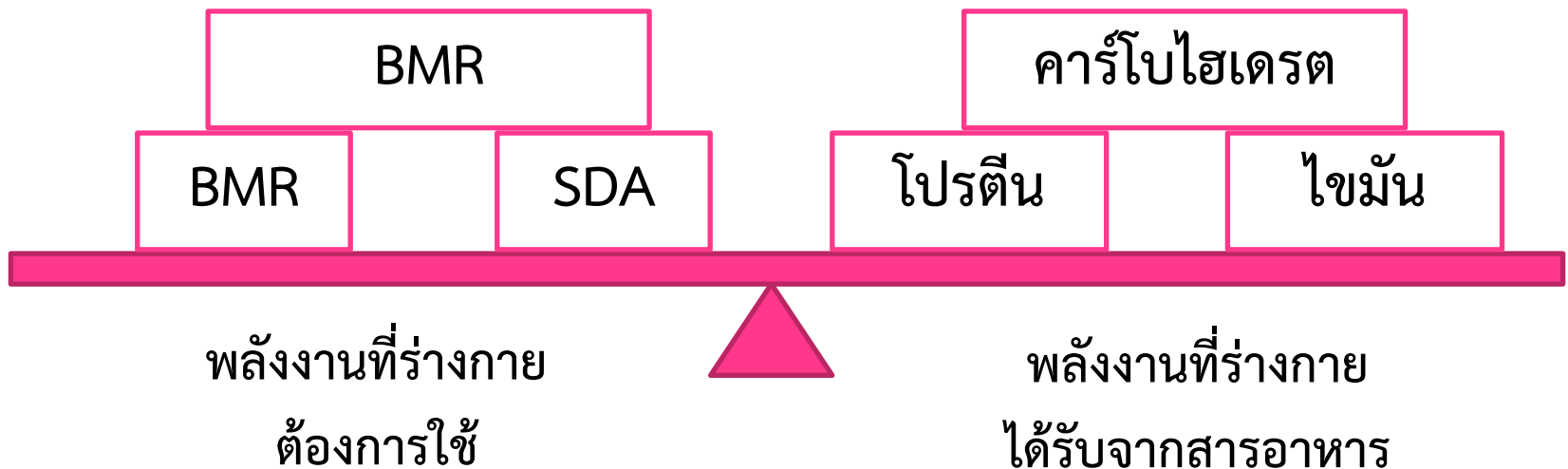
4. ผลรวมพลังงานที่ร่างกายใช้ใน 1 วัน โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} \text{ผลรวมพลังงาน} &= 1,186.9 + 345.81 + 34.58 \\ &= 1,567.29 \end{aligned}$$



1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

ภาวะสมดุลของพลังงาน (Energy Balance)





1.2 ความต้องการพลังงานของร่างกาย (ต่อ)

แคลอรีที่ได้จากอาหาร (100%) =

BMR (65%) + TEF/SDA (10%) + PA (25%)

กินอาหาร 2,000 กิโลแคลอรีในหนึ่งวัน

BMR และ TEF 1,500 กิโลแคลอรี และ PA 500 กิโลแคลอรี



3. กระบวนการย่อยและการดูดซึม ของสารอาหาร

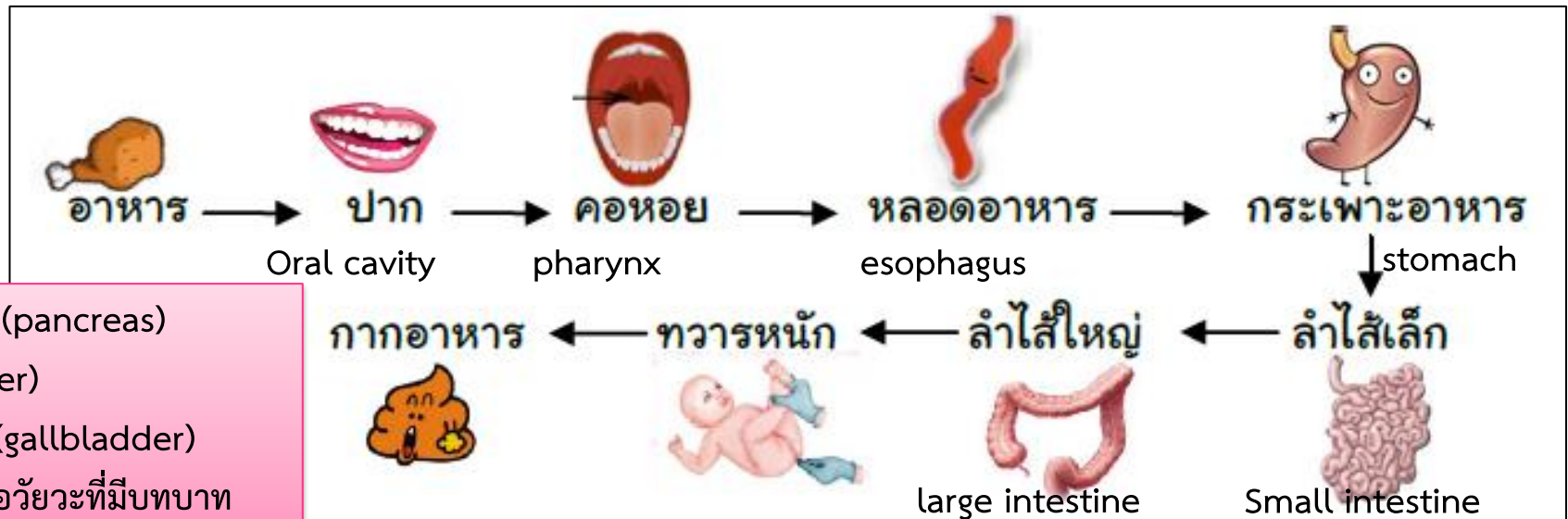


ที่มาของภาพ: <http://www.healthcarethai.com/>



กระบวนการย่อยและการดูดซึม

- กระบวนการย่อย เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการเมแทบอลิซึม เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสารอาหารโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็ก จนเป็นโมเลกุลเดี่ยว เพื่อเข้าสู่กระบวนการดูดซึม และขนย้ายไปยังเซลล์เนื้อเยื่อทั่วร่างกาย



ตับอ่อน (pancreas)
ตับ (Liver)
ถุงน้ำดี (gallbladder)
เป็นอวัยวะที่มีบทบาท
ในการช่วยย่อย

ลำดับการเคลื่อนที่ของอาหาร

ที่มาของภาพ : <http://www.mvsk.ac.th/science/download/1-digestive.pdf>



3.1 ขั้นตอนการย่อยอาหาร

การย่อยอาหารมี 2 ขั้นตอน

- การย่อยเชิงกล (Mechanical digestion) เป็นกระบวนการทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนที่และการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไป โดยการบดเคี้ยว รวมทั้งการบีบตัวของทางเดินอาหาร ยังไม่สามารถทำให้อาหารมีขนาดเล็กสุด จึงไม่สามารถดูดซึมเข้าเซลล์ได้
- การย่อยทางเคมี (Chemical digestion) เป็นการย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กที่สุด โดยการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง อาหาร กับ น้ำ โดยตรง และจะใช้เอนไซม์หรือน้ำย่อยเข้าเร่งปฏิกิริยา



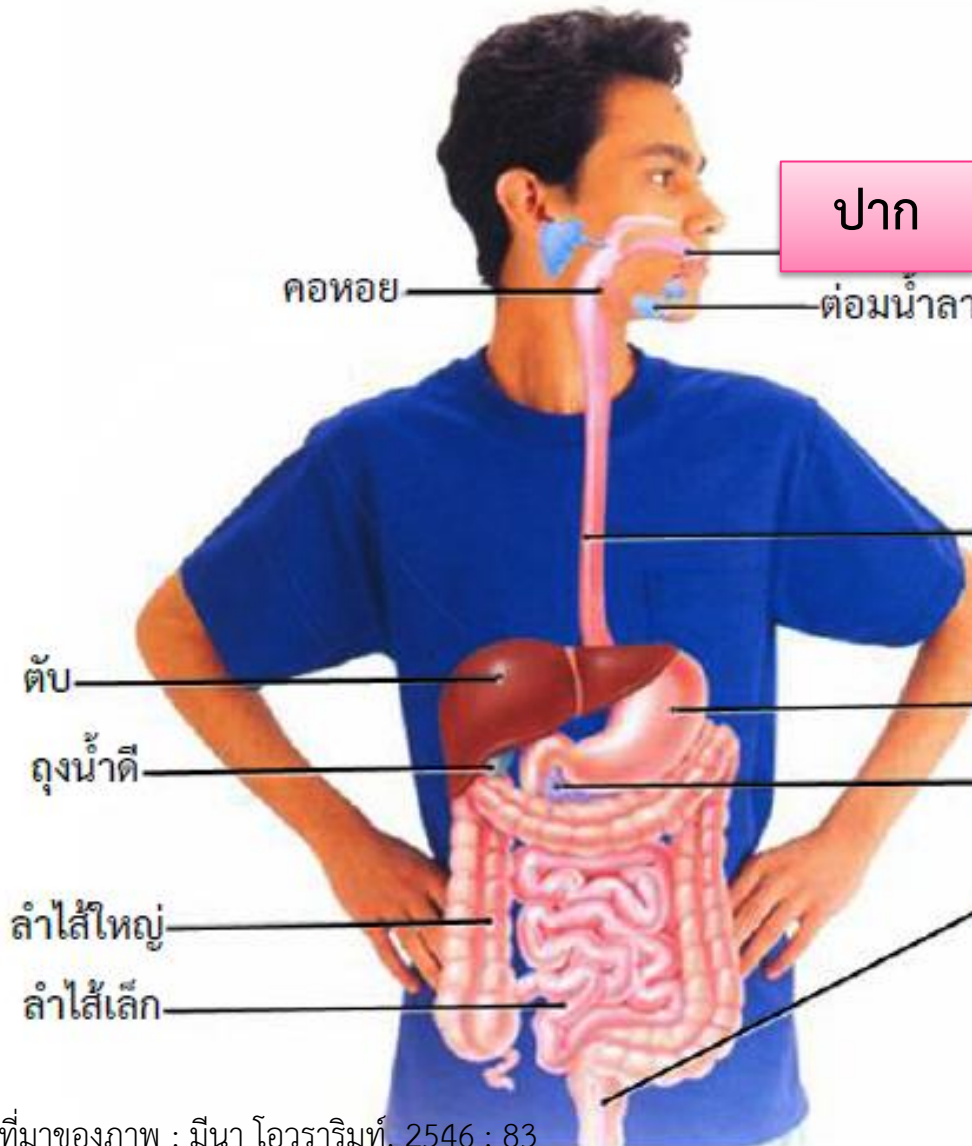
3.2 กระบวนการย่อยอาหาร

- กระบวนการย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหาร แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ
 1. การย่อยในช่องปาก
 2. การย่อยในกระเพาะอาหาร
 3. การย่อยในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่

ของเหลวในระบบย่อยอาหาร	สารอาหารที่ถูกย่อย		
	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน
น้ำลาย	ย่อยได้บางส่วน	ไม่มีการย่อย	ไม่มีการย่อย
น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร	ไม่มีการย่อย	ย่อยได้เล็กน้อย	มีการย่อย
น้ำย่อยจากตับอ่อน	มีการย่อย	มีการย่อย	มีการย่อย
น้ำย่อยจากลำไส้เล็ก	มีการย่อย	มีการย่อย	มีการย่อย
น้ำดี	ไม่มีการย่อย	มีการย่อย	ไม่มีการย่อย

ที่มา : Stenesh , 1988 อ้างถึงใน นิธิยา รัตนปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนปนนท์, 2556

1) การย่อยในช่องปาก



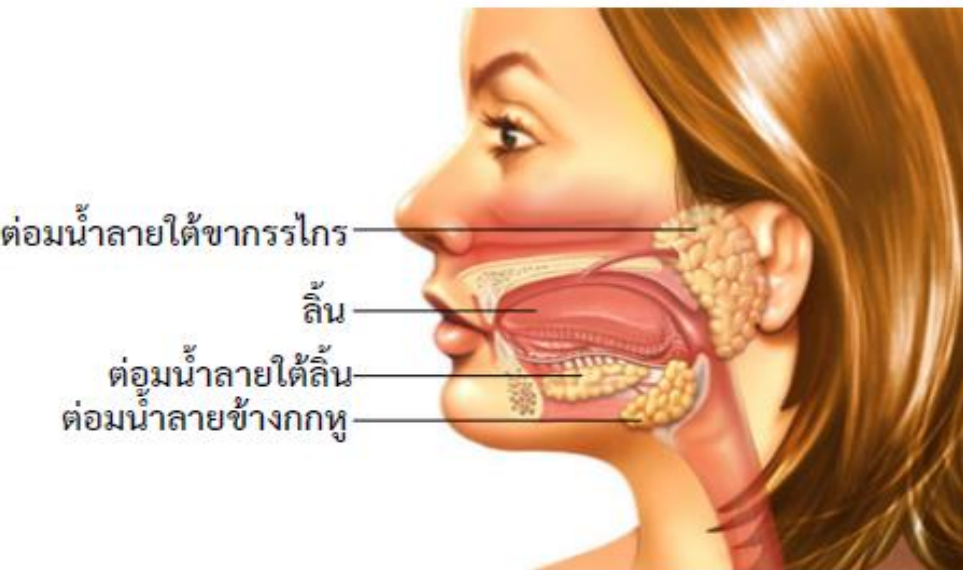
- ปากเป็นส่วนของทางเดินอาหารลำดับแรก
- มีทั้งการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี
- ฟัน (teeth) ทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นการย่อยเชิงกล
- ลิ้น (tongue) ทำหน้าที่คลุกเคล้าอาหาร ช่วยดันก้อนอาหารในการกลืน ให้อาหาร ผ่านไปยังคอหอยและหลอดอาหาร และทำหน้าที่ในการรับรสอาหาร
- ต่อมน้ำลาย (salivary gland) มี 3 คู่ คือ ต่อมข้างกกหู ต่อมใต้ขากรรไกร และต่อมใต้ลิ้น ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย ที่ประกอบด้วยน้ำย่อยอะไมเลส (amylase)/ไทยาลิน (ptyalin) ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลมอลโทส



1) การย่อยในช่องปาก (ต่อ)



ที่มาของภาพ : มินา โอวาริมท์. 2546 : 83



- ต่อมน้ำลาย (salivary gland) มี 3 คู่ คือ ต่อมข้างกกหู ต่อมใต้ขากรรไกร และต่อมน้ำลายใต้ลิ้น ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย ที่ประกอบด้วย น้ำย่อยอะไมเลส (amylase)/ไทยาลิน (ptyalin) ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลมอลโทส

ที่มาของภาพ : http://www.myvmc.com/uploads/VMC/Anatomy/gastro/mouth_450.jpg



1) การย่อยในช่องปาก (ต่อ)

การย่อยเชิงเคมีที่เกิดขึ้นในปาก มีเฉพาะการย่อยแป้ง โดยเอนไซม์อะไมเลสเท่านั้น

แป้ง + น้ำลาย $\xrightarrow{\text{อะไมเลส}}$ เดกซ์ทริน + มอลโทส

กลูโคสสายสั้นๆ

น้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุลต่อกัน
ในธรรมชาติพบในเมล็ดข้าวบาเลย์และเมล็ดข้าวมอลท์ที่กำลังงอก

ที่มาของภาพ : อภิระดี แสงสุริยันต์. <http://www.mvsk.ac.th/science/download/Digestive%20system.pdf>



1) การย่อยในช่องปาก (ต่อ)

คอหอย

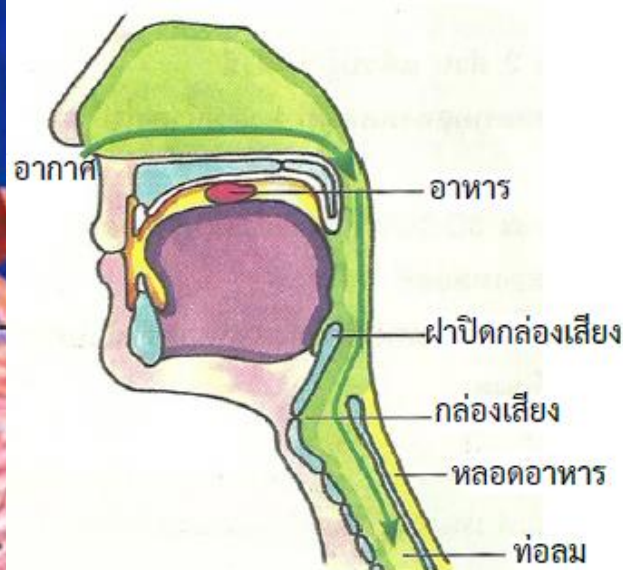
- บริเวณทางร่วมของทั้งทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ
- ในขณะที่กลืนอาหารจึงต้องมีกลไกที่มีฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) เลื่อนลงมาปิดช่องลม เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารตกลงไปในหลอดลม แต่ให้ไหลลงไปในหลอดอาหาร (esophagus) ไม่เช่นนั้นจะเกิดการสำลัก

ตับ

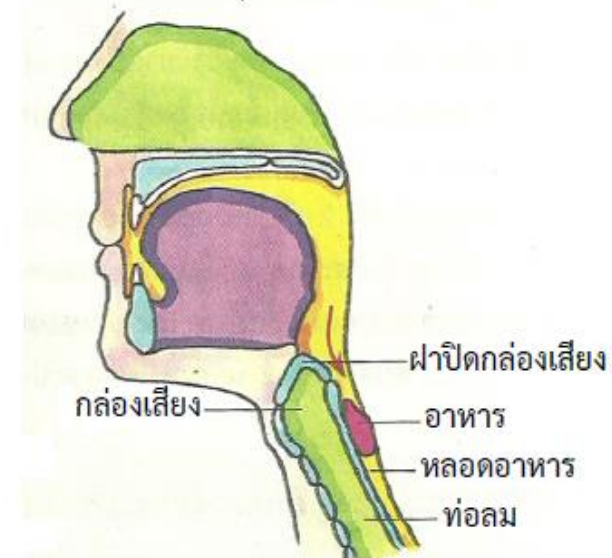
ถุงน้ำดี

ลำไส้ใหญ่

ลำไส้เล็ก

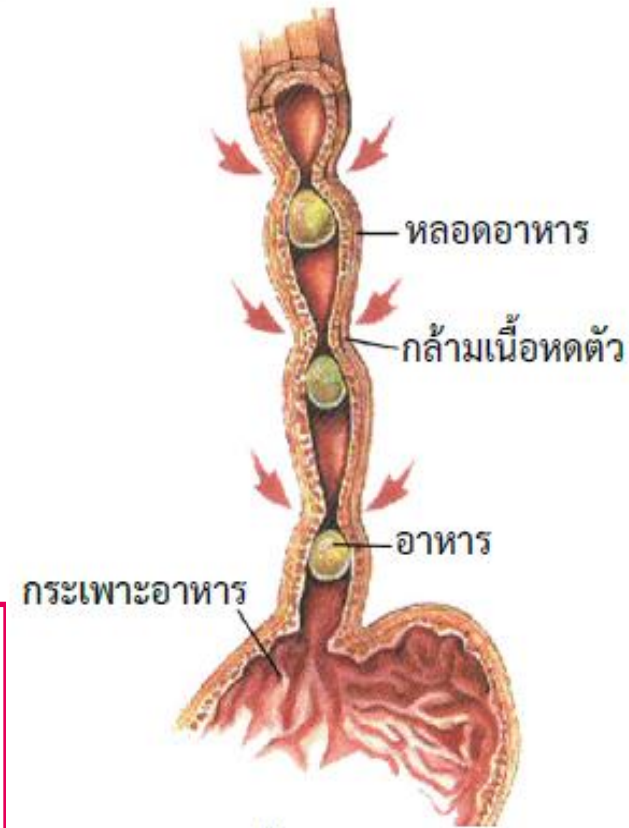


ขณะหายใจเข้า



ขณะกลืนอาหาร

1) การย่อยในช่องปาก (ต่อ)



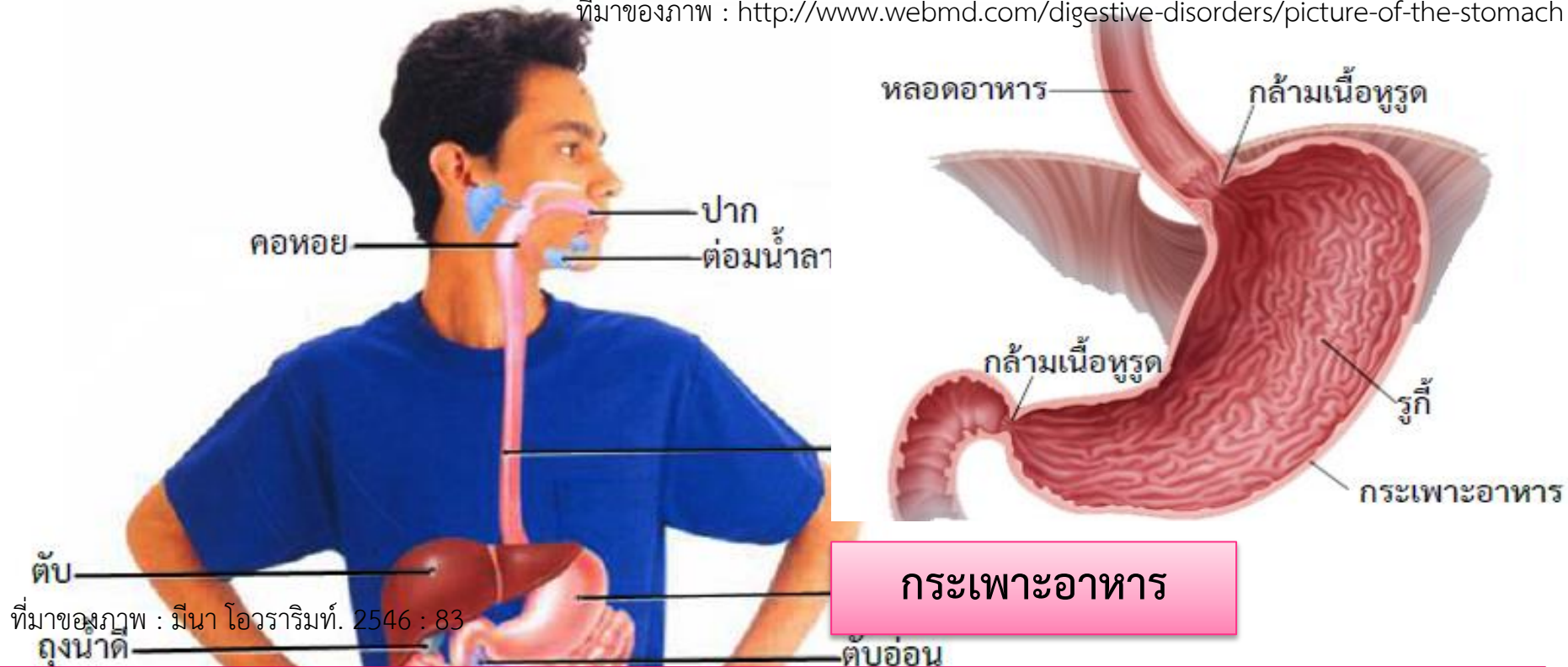
กลไกเพอริสตัลซิส (peristalsis)

ที่มาของภาพ :

http://www.pw.ac.th/main/website/sci/3_data.files/image001.jpg

2) การย่อยในกระเพาะอาหาร

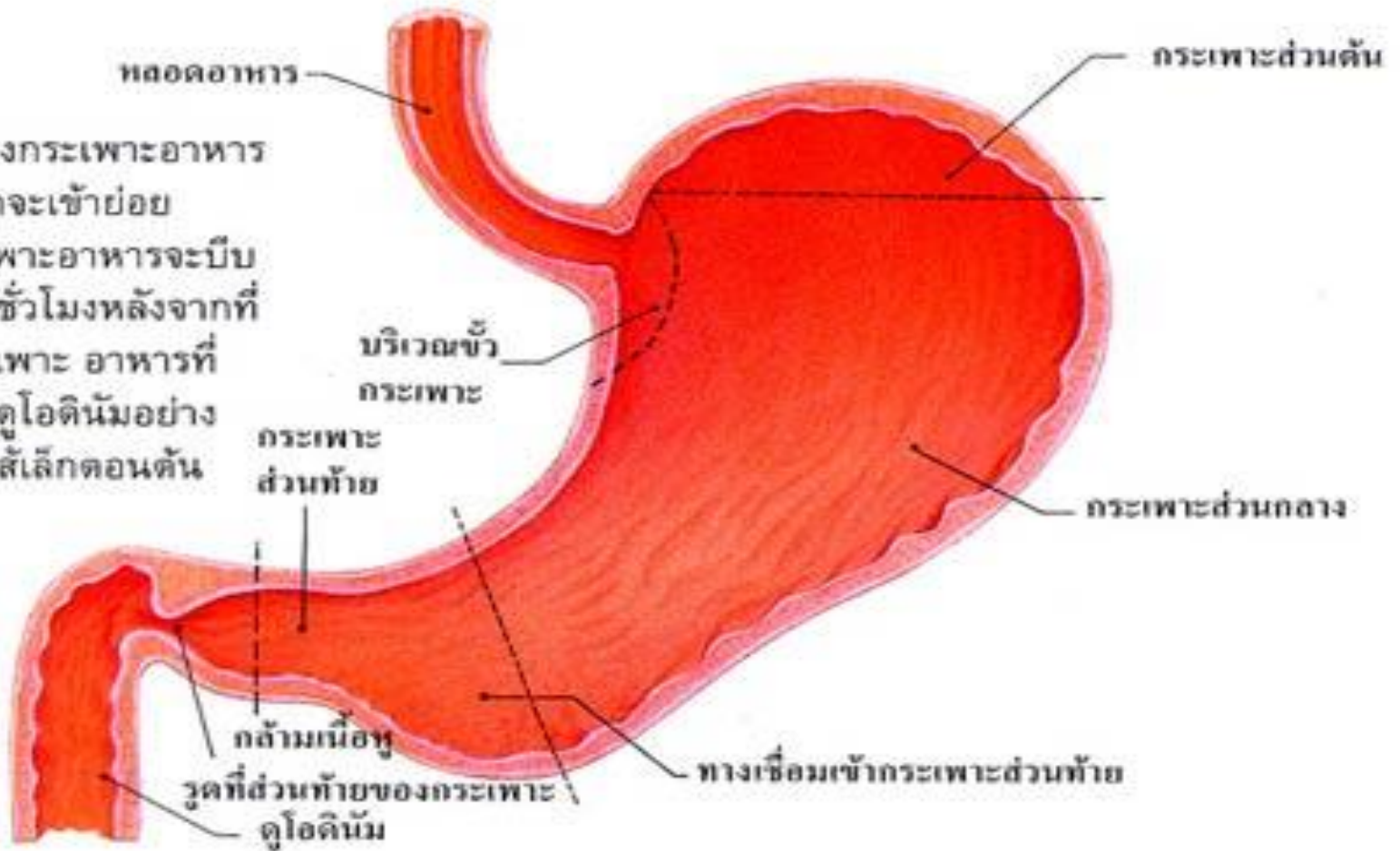
ที่มาของภาพ : <http://www.webmd.com/digestive-disorders/picture-of-the-stomach>



- กระเพาะอาหารถือว่าเป็นส่วนของทางเดินอาหารที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
- จะมีขนาดประมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสามารถ ขยายตัวเมื่อมีอาหารได้ 10 - 40 เท่า
- กระเพาะอาหารจะมีหูรูดอยู่ 2 แห่ง คือ กล้ามเนื้อหูรูดส่วนที่ติดต่อกับหลอดอาหาร และส่วนที่ติดต่อกับลำไส้เล็ก

2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)

ส่วนประกอบของกระเพาะอาหาร
เอนไซม์และกรดจะเข้าย่อย
อาหารและกระเพาะอาหารจะบีบ
ตัวราว 3 ถึง 6 ชั่วโมงหลังจากที่
อาหารเข้าสู่กระเพาะ อาหารที่
ย่อยจะผ่านไปที่ดูโอดินัมอย่าง
ช้าๆ ซึ่งเป็นลำไส้เล็กตอนต้น





2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)



ที่มาของภาพ : <http://www.mvsk.ac.th/science/download/Digestive%20system.pdf>

สารที่หลั่งในกระเพาะอาหาร ประกอบด้วย

1. กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดเกลือ (HCl) ทำหน้าที่ปรับสภาพให้เป็นกรด (ค่า pH ประมาณ 2) ซึ่งเหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร
2. แกสตริน เป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่กระตุ้นการหลั่งกรดไฮโดรคลอริก
3. น้ำย่อยเพปซิโนเจนและโปรเรนนิน (เอนไซม์ที่ยังไม่พร้อมทำงาน ต้องถูกกระตุ้นจากกรดไฮโดรคลอริก ให้เป็นเพปซินและเรนนินเสียก่อน)
4. เมื่อมีสมบัติเป็นเบส ทำหน้าที่เคลือบกระเพาะอาหารไม่ให้เซลล์ถูกทำลายจากกรดไฮโดรคลอริก



2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)



ที่มาของภาพ : <http://www.mvsk.ac.th/science/download/Digestive%20system.pdf>

1. อาหารจะถูกคลุกเคล้าอยู่ในกระเพาะอาหาร ด้วยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่แข็งแรง 3 ชั้น
2. เซลล์ภายในกระเพาะอาหารจะสร้างน้ำเมือก กรดไฮโดรคลอริก และเอนไซม์เพปซิน ซึ่งอยู่ในสภาพไม่พร้อมทำงาน เรียกว่า **เพปซิโนเจน**
3. กรดไฮโดรคลอริกทำให้เอนไซม์เพปซิโนเจนเปลี่ยนเป็นเอนไซม์เพปซินที่พร้อมทำงานได้



2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)



ที่มาของภาพ : <http://www.mvsk.ac.th/science/download/Digestive%20system.pdf>

4. เอนไซม์เพปซินจะทำหน้าที่ย่อยโปรตีนจนมีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นโปรตีนสายสั้นๆ เรียกว่า เพปไทด์
5. ส่วนเรนนินช่วยย่อย เคซีน (Casein) ซึ่งเป็นโปรตีนในน้ำนม โดยจะไม่มี การย่อยไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่กระเพาะอาหาร



2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)

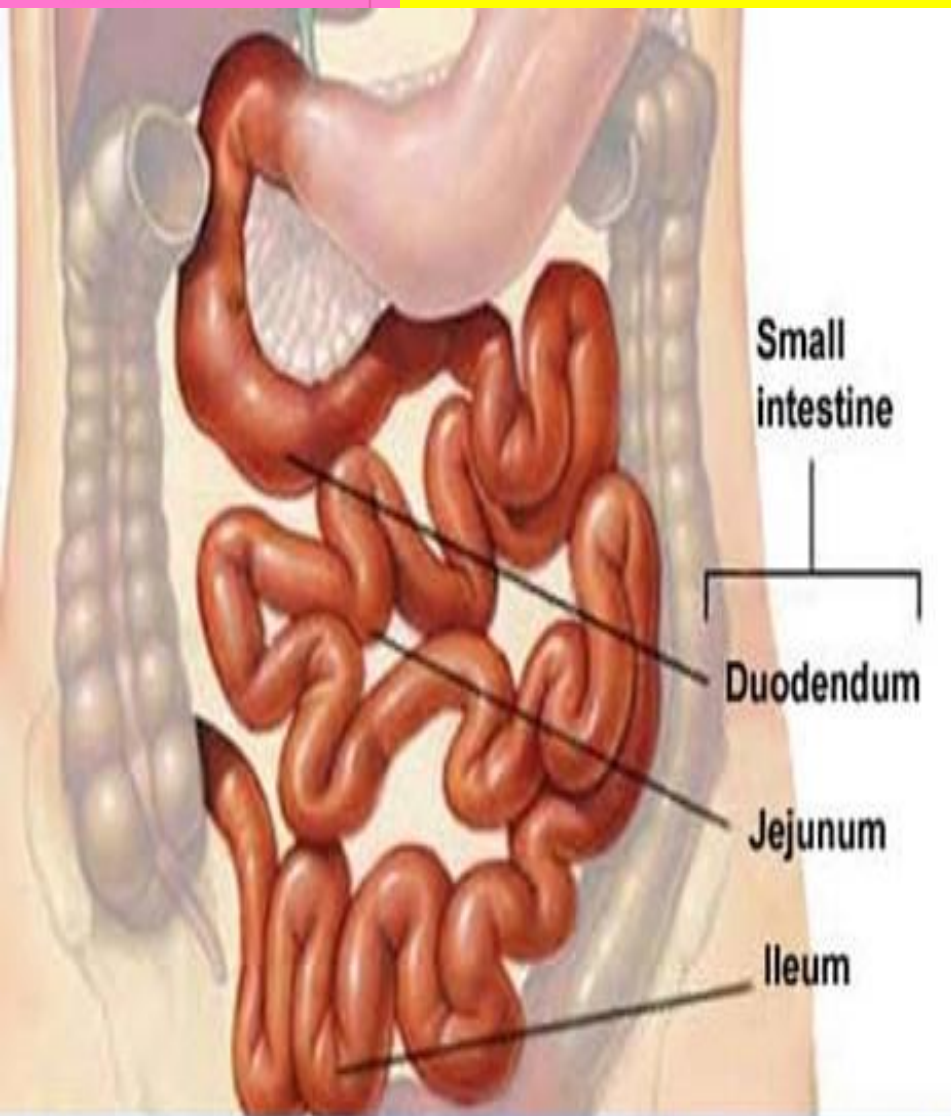
- เซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารจะถูกทำลายโดยกรดไฮโดรคลอริกตลอดเวลา จึงมีการสร้างใหม่ขึ้นมาทดแทนอย่างรวดเร็ว
- ในกระเพาะอาหาร น้ำย่อยลิเพสไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากมีสภาพเป็นกรด
- อาหารจะคงค้างอยู่ในกระเพาะอาหาร จนกระทั่งวัสดุสารที่เป็นของแข็งถูกย่อยเป็นของเหลว นาน 30 นาทีถึง 6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารนั้นๆ
- กระเพาะอาหารมีการดูดซึมอาหารบางชนิดได้แต่ปริมาณน้อยมาก เช่น น้ำแร่ธาตุ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยจะดูดซึมแอลกอฮอล์ได้ดี



2) การย่อยในกระเพาะอาหาร (ต่อ)

- **กระเพาะอาหารดูดซึมแอลกอฮอล์ได้ดี**
- อาหารโปรตีน เช่น เนื้อวัว ย่อยยากกว่าเนื้อปลา ในการปรุงอาหาร เพื่อให้ย่อยง่าย อาจใช้การหมักหรือใส่สารบางอย่างลงไปเนื้อสัตว์เหล่านั้น เช่น ยางมะละกอ หรือสับปะรด
- **โรคแผลในกระเพาะอาหาร** ที่เกิดจากภาวะมีกรดในกระเพาะอาหารมากเกินไป
- **โรคกรดไหลย้อน** เกิดจาก กล้ามเนื้อหูรูดส่วนที่ติดกับหลอดอาหารมีการคลายตัวผิดปกติ ทำให้กรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารไหลย้อนกลับไปยังหลอดอาหาร

3) การย่อยในลำไส้เล็ก



- ลำไส้เล็กเป็นส่วนของทางเดินอาหารที่ยาวที่สุด อยู่ต่อจากกระเพาะอาหาร มีลักษณะเป็นท่อขดไปมา ยาวประมาณ 6 - 7 เมตร
- มีการย่อยอาหารและดูดซึมอาหารมากที่สุด แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. **ดูโอดีนัม (duodenum)** ทำหน้าที่ย่อยอาหารมากที่สุด รับน้ำย่อยจากตับอ่อนมาช่วยในการย่อย และน้ำดีจากตับซึ่งช่วยในการทำให้ไขมันแตกตัว

2. **เจจูนัม (jejunum)** ทำหน้าที่ดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วมากที่สุด

3. **ไอลีอัม (ileum)** ทำหน้าที่ย่อยอาหารและดูดซึมอาหารส่วนที่เหลือ



3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

- อาหารที่ผ่านการย่อยจากกระเพาะอาหารจะเข้าเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้เล็ก โดยในลำไส้เล็กก็จะมีเอนไซม์หลายชนิดที่มาย่อยอาหาร

เอนไซม์	อาหารที่ย่อย	ผลการย่อย
อะไมเลส	เดกซ์ทริน	มอลโทส
ไลเปส	ไขมัน	กรดไขมัน และกลีเซอรอล
ทริปซิน	โปรตีน	เปปไทด์
เพปติเดส	เพปไทด์	กรดอะมิโน



3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

- สารอาหารที่ถูกดูดซึมจะต้องเป็นสารโมเลกุลเล็กที่สุด เช่น

- คาร์โบไฮเดรต จะถูกดูดซึมในรูปน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว
- โปรตีน จะถูกดูดซึมในรูปกรดอะมิโน
- ไขมัน จะถูกดูดซึมในรูปกรดไขมันและกลีเซอรอล

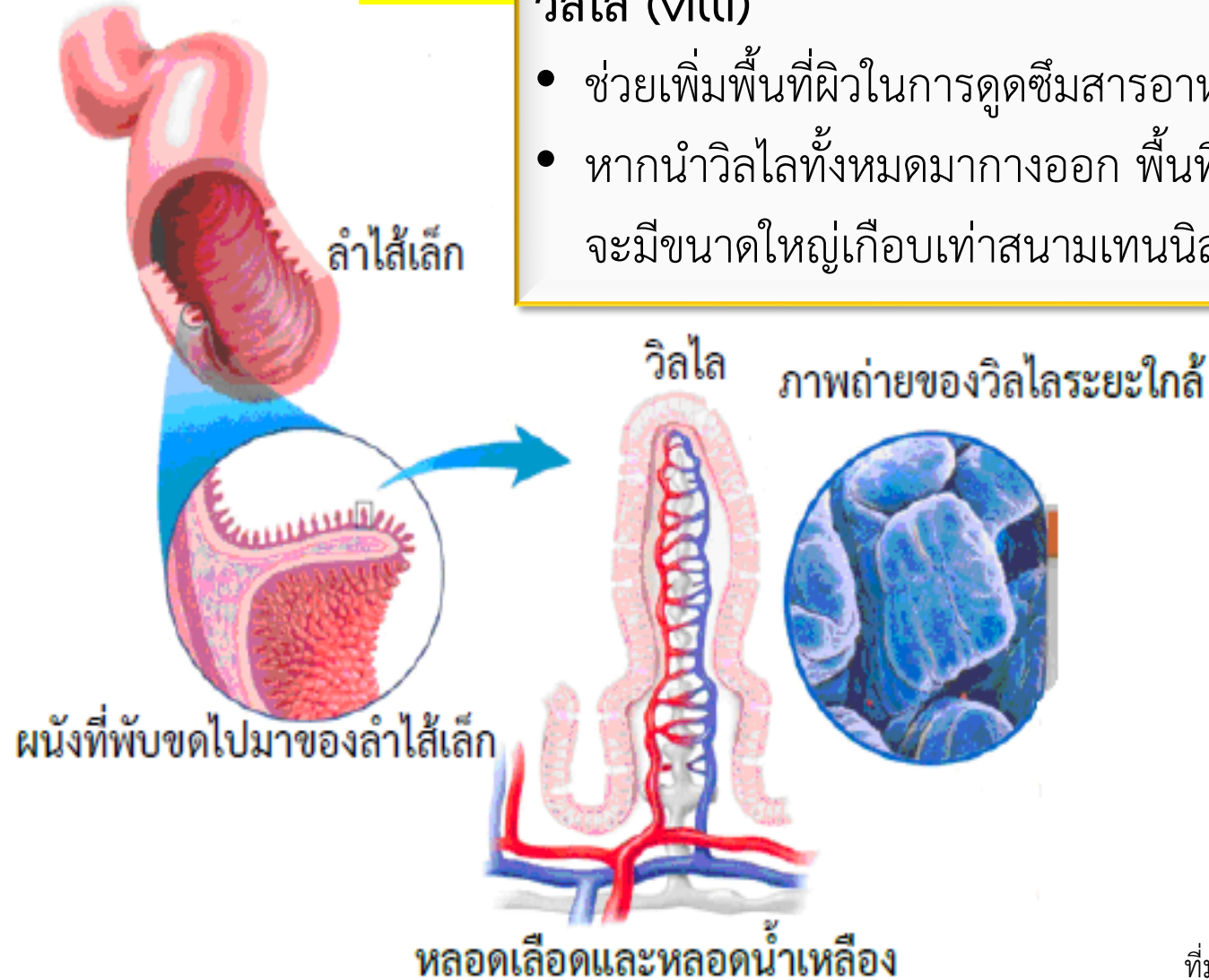


สามารถดูดซึมผ่านเซลล์บุผนังลำไส้เล็กได้ เพราะที่ผนังด้านในของลำไส้เล็ก ปกคลุมไปด้วยโครงสร้างเล็กๆ คล้ายนิ้วมือยื่นออกมา เรียกว่า วิลไล (villi) จำนวนล้านๆ หน่วย

3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

วิลไล (villi)

- ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมสารอาหาร
- หากนำวิลไลทั้งหมดมากางออก พื้นที่ผิวทั้งหมดของลำไส้เล็ก จะมีขนาดใหญ่เกือบเท่าสนามเทนนิส





3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

- น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน รวมทั้งวิตามิน แร่ธาตุและน้ำ จะถูกดูดซึมผ่านเซลล์บุผนังลำไส้เล็กเข้าสู่หลอดเลือดฝอย
- ส่วนกรดไขมันและกลีเซอรอล จะถูกดูดซึมที่หลอดน้ำเหลือง เพื่อลำเลียงไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย
- นอกจากนี้ยังมีอวัยวะอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยในการย่อยอาหารในลำไส้เล็ก โดยการผลิตเอนไซม์ และสารประกอบอื่นๆ ส่งมายังลำไส้เล็ก ได้แก่
 - ตับอ่อน (pancreas)
 - ตับ (liver)



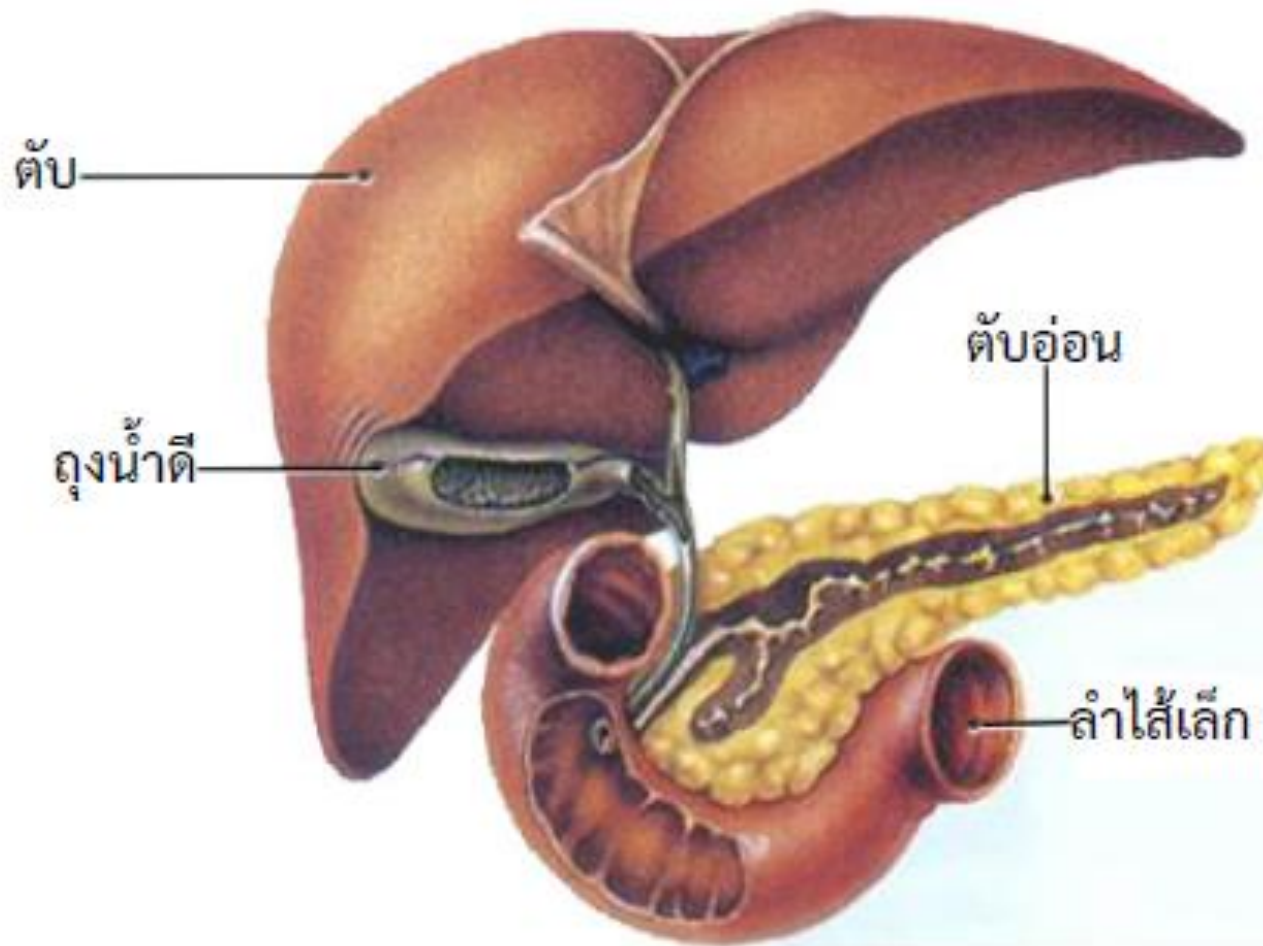
3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

- ตับอ่อน (pancreas) มีลักษณะเป็นต่อมขนาดใหญ่มีสีเหลืองอ่อน อยู่ใกล้กับลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ทำหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการผลิตเอนไซม์ส่งให้ลำไส้เล็กประกอบด้วย

เอนไซม์	อาหารที่ย่อย	ผลการย่อย
อะไมเลส	เดกซ์ทริน	มอลโทส
ไลเปส	ไขมัน	กรดไขมัน และกลีเซอรอล
ทริปซิน	โปรตีน	เปปไทด์

- ผลิตโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) ซึ่งไม่ใช่เอนไซม์ มีสมบัติเป็นเบส ปล่อยลงสู่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม เพื่อลดความเป็นกรดของอาหารจากกระเพาะอาหารเพื่อให้เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์ในลำไส้เล็ก

3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)



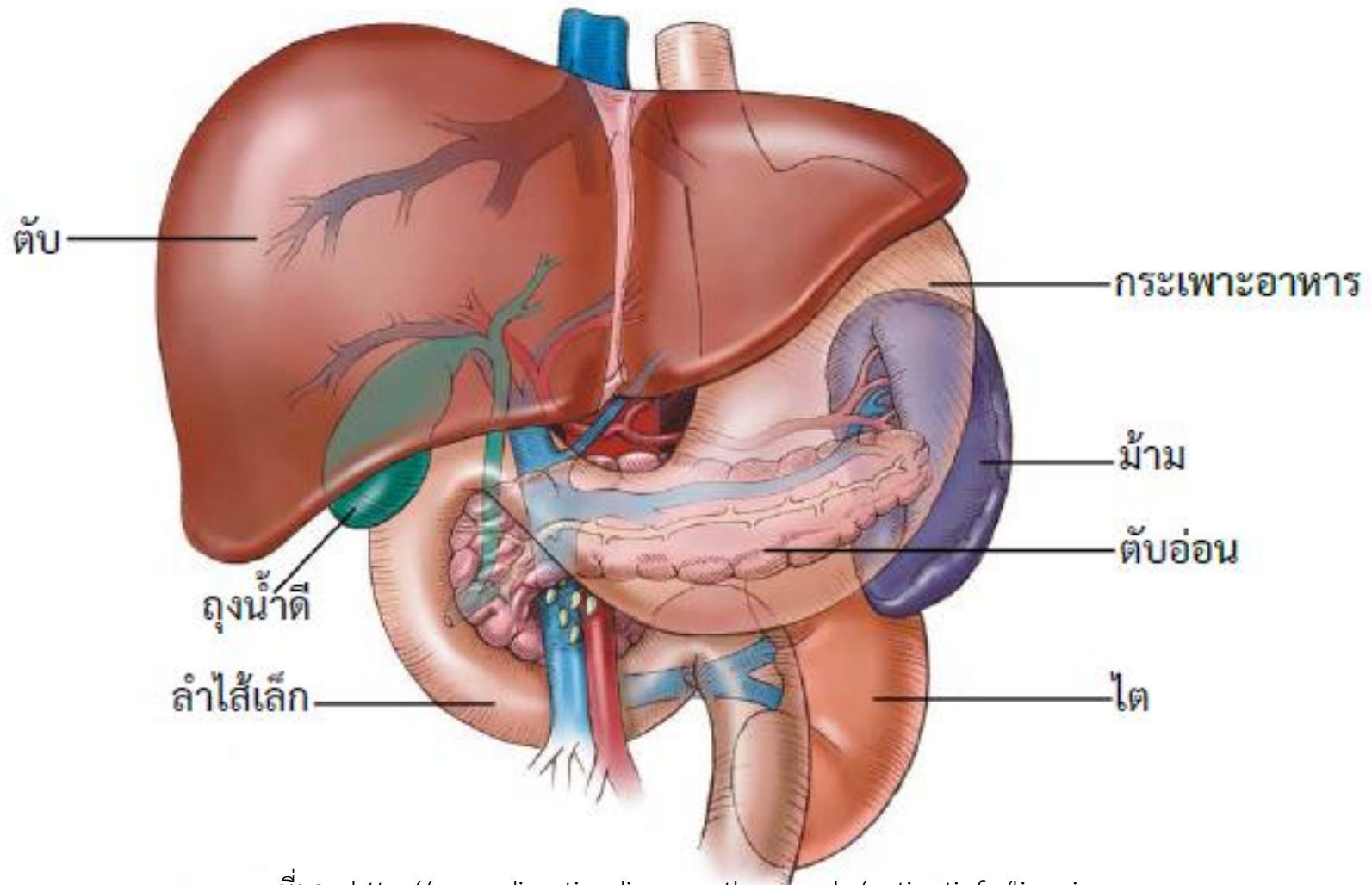
ที่มาของรูปภาพ : มีนา โอวาริมท์. 2546 : 92



3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

- ตับ (liver) เป็นอวัยวะที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับสองรองจากผิวหนัง และยังจัดเป็นต่อมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกาย ตับมีหน้าที่ ดังนี้
 - เก็บสำรองอาหาร โดยเก็บน้ำตาลกลูโคสไปสะสมไว้ในเซลล์ตับ ในรูปของไกลโคเจน และเมื่อร่างกายต้องการใช้พลังงาน ก็จะทำาการเปลี่ยนไกลโคเจนมาเป็นน้ำตาลกลูโคส
 - แหล่งสะสมวิตามินต่างๆ เช่น วิตามิน A D และ B12
 - ขจัดสารพิษที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด
 - แหล่งสังเคราะห์ยูเรีย จากการเผาผลาญสารอาหารประเภทโปรตีน
 - สร้างน้ำดีและไปเก็บที่ถุงน้ำดี

3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)



ที่มา : <http://www.digestivedisease.uthscsa.edu/patientinfo/liver.jpg>



3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

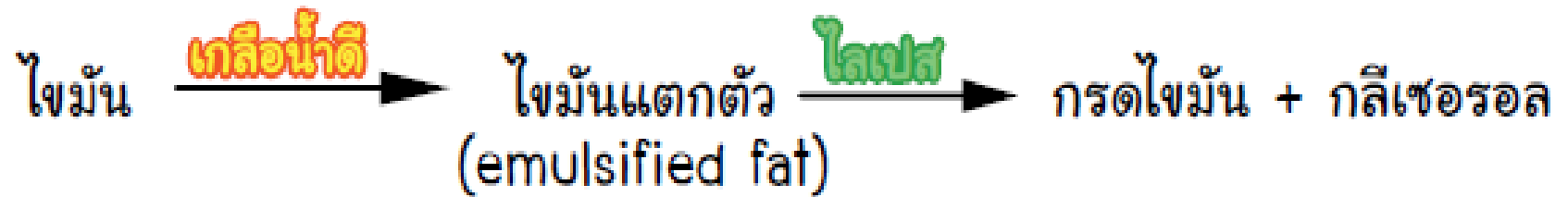
- น้ำดี (Bile)

- มีสีเขียว รสขม มีสมบัติเป็นเบส ช่วยลดความเป็นกรดของอาหารที่มาจากกระเพาะอาหาร
- จะมีเกลือน้ำดี ทำให้ไขมันแตกตัวออก เป็นเม็ดเล็กๆ เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส เพื่อให้เอนไซม์จากตับอ่อนย่อยไขมันได้ดีขึ้น
- ไม่ใช่เอนไซม์ การทำให้ไขมันแตกตัว โมเลกุลของไขมันจะเล็กลง แต่ไม่ได้เปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีของไขมัน ดังนั้น กระบวนการที่เกิดขึ้นจึงเป็นการย่อยเชิงกล



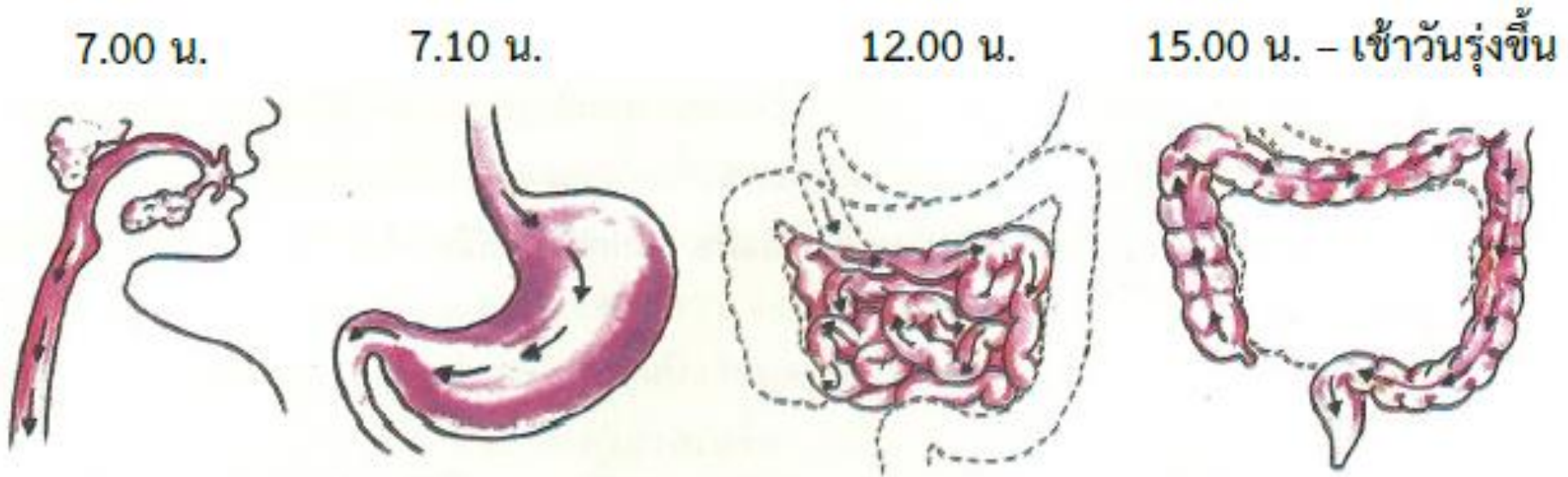
3) การย่อยในลำไส้เล็ก (ต่อ)

ปฏิกิริยาในการย่อยไขมัน



สรุป ระบบการย่อยอาหาร

ระยะเวลาที่อาหารเคลื่อนที่ไปตามทางเดินอาหารเริ่มตั้งแต่ปากจนถึงทวารหนัก



ที่มาของภาพ : <http://www.mvsk.ac.th/science/download/Digestive%20system.pdf>

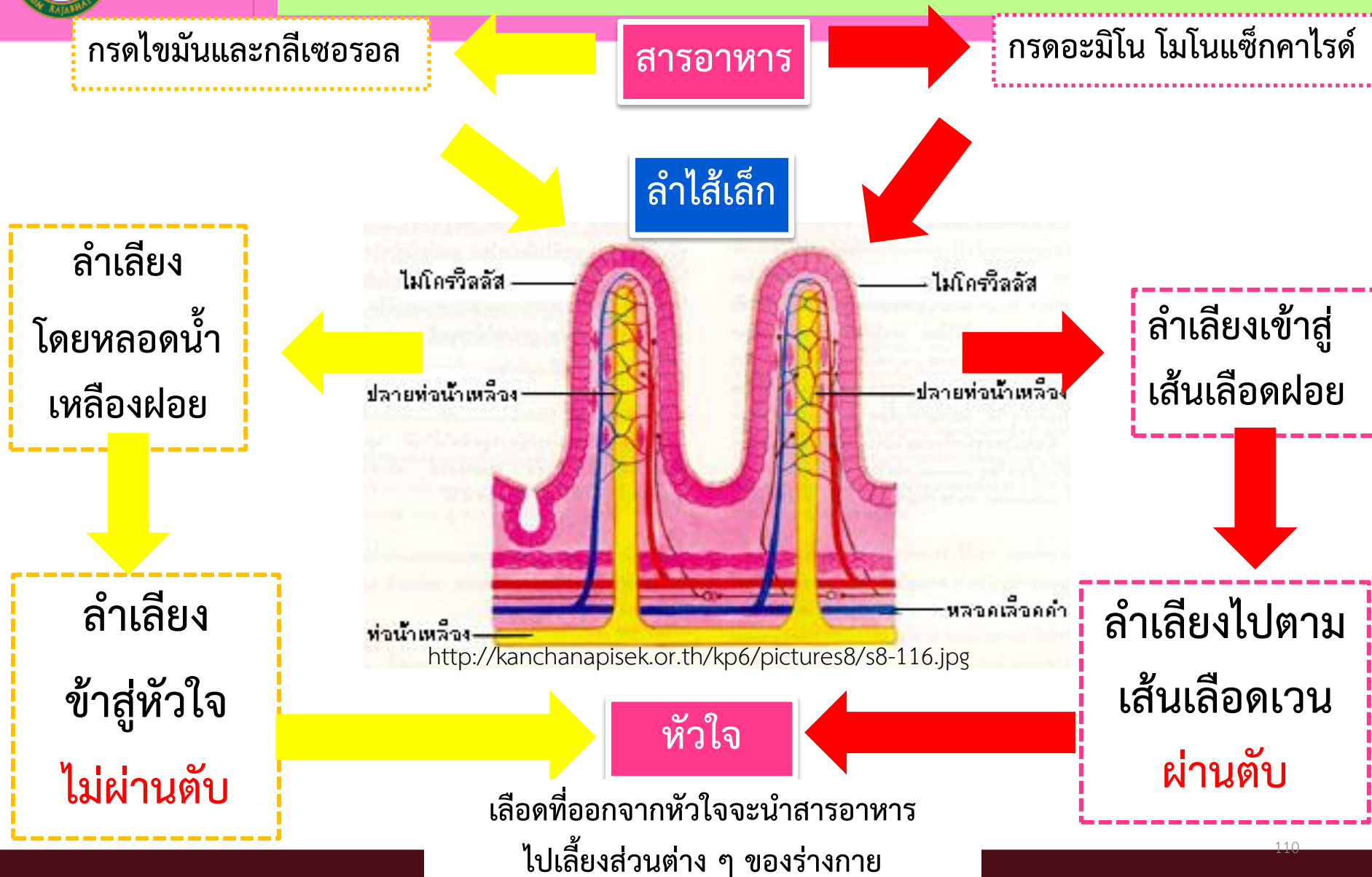


สรุป ระบบการย่อยอาหาร (ต่อ)

ส่วนของทางเดินอาหาร และอวัยวะที่เกี่ยวข้อง	เอนไซม์	สารอาหารที่ย่อย	ผลการย่อย
ปาก	อะไมเลส (ภาวะเบส)	แป้ง	เดกซ์ทริน, มอลโทส
กระเพาะอาหาร	เพปซิน (ภาวะกรด)	โปรตีน	เปปไทด์
ลำไส้เล็ก	มอลเทส ซูเครส แลกเทส ไลเปส เพปติเดส (ภาวะเบส)	มอลโทส ซูโครส แลคโทส ไขมัน เปปไทด์	กลูโคส กลูโคส และ ฟรักโทส กลูโคส และ กาแลคโทส กรดไขมัน และ กลีเซอรอล กรดอะมิโน
ตับอ่อน (ส่งไปยังลำไส้เล็ก)	ทริปซิน ไลเปส อะไมเลส	โปรตีน ไขมัน เดกซ์ทริน	เปปไทด์ กรดไขมัน และ กลีเซอรอล มอลโทส



3.3 กระบวนการดูดซึมอาหาร ที่ลำไส้เล็ก

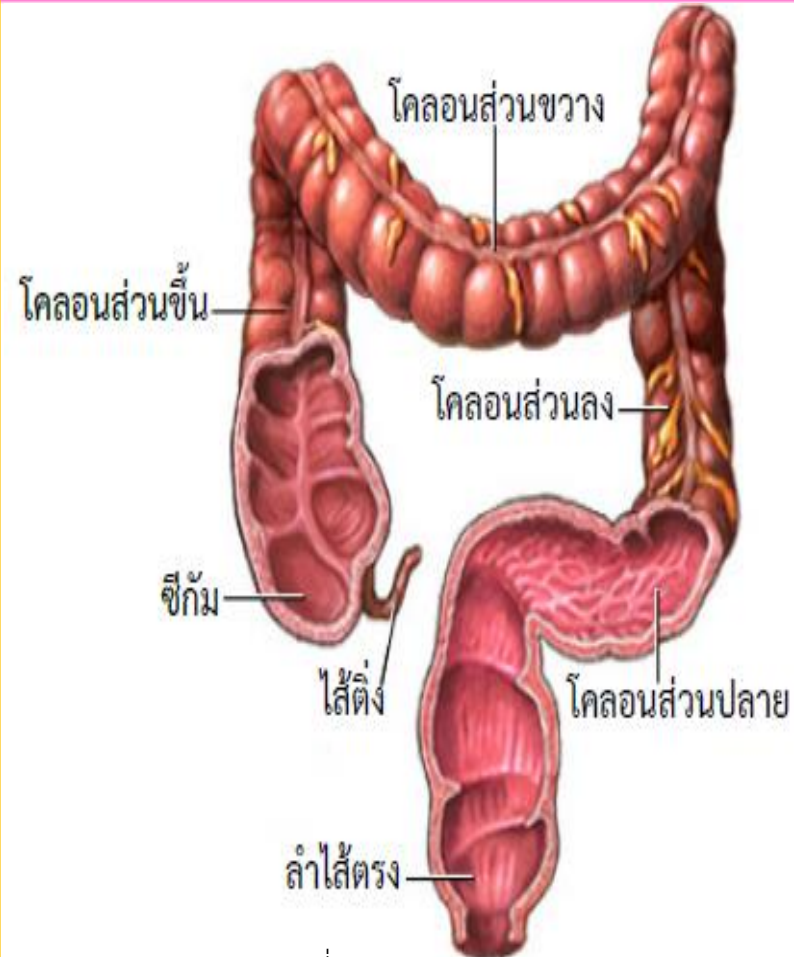




3.4 กระบวนการดูดซึมอาหาร ที่ลำไส้ใหญ่

ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

- เป็นทางผ่านของอาหารที่ลำไส้เล็กย่อยไม่ได้ เช่น เส้นใยอาหาร จะเป็นกากอาหารที่เคลื่อนที่เข้าสู่ลำไส้ใหญ่
- มีลักษณะคล้ายรูปเกือกม้า แบ่งออก เป็น 4 ส่วน คือ
 1. **ส่วนต้น (caecum)** มีไส้ติ่ง (appendix)
 2. **โคลอน (colon)** เป็นรูปตัวยูกว่า มีความยาวมากที่สุด แบ่งเป็น 4 ส่วน (ดังรูป)
 3. **ลำไส้ตรง (rectum)** ถ้ากากอาหารมาที่ลำไส้ตรง จะกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่หดตัวและขับกากอาหารออกทางทวารหนัก
 4. **ทวารหนัก (anus)** รอบๆจะมีกล้ามเนื้อหูรูด มีกล้ามเนื้อแข็งแรง บีบตัวช่วยในการขับถ่ายกากอาหาร



ที่มาของรูปภาพ :

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/19220.html>



3.4 กระบวนการดูดซึมอาหาร ที่ลำไส้ใหญ่ (ต่อ)

ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

- หน้าที่ของลำไส้ใหญ่ คือ
 1. **ดูดซึมน้ำ แร่ธาตุ และวิตามินบางชนิดกลับเข้าสู่ร่างกาย** ส่วนที่เหลือเป็นกากอาหารจะเคลื่อนที่ไปรวมกันที่ส่วนปลายของลำไส้ใหญ่หรือลำไส้ตรง กระตุ้นให้เกิดการขับถ่ายออกจากร่างกายทางทวารหนัก
 2. **มีการขับเมือกออกมาหล่อลื่น** เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของกากอาหาร
 3. **มีแบคทีเรียอีโคไล (E.coli)** อาศัยอยู่ ซึ่งจะช่วยสังเคราะห์วิตามิน B12 วิตามิน K กรดโฟลิก และไบโอติน ทำให้มีแก๊ส ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายอาหารของแบคทีเรีย เช่น มีเทนและไฮโดรเจนซัลไฟด์ บางครั้งจะถูกขับออกมาโดยการผายลม



3.4 กระบวนการดูดซึมอาหาร ที่ลำไส้ใหญ่ (ต่อ)

ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

- หน้าที่ของลำไส้ใหญ่ คือ
 4. ถ้าผนังลำไส้ติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย จะทำให้ลำไส้ใหญ่ดูดน้ำกลับไม่ได้ ทำให้เกิดโรคท้องร่วง
 5. ถ้ากากอาหารอยู่ในลำไส้ใหญ่นานเกินไป (ประมาณ 12 - 14 ชั่วโมง) กากอาหารจะถูกดูดน้ำออกไปมาก ทำให้เกิดโรคท้องผูก



ตำแหน่งในระบบทางเดินอาหารที่สารอาหารถูกดูดซึม

ตำแหน่งในระบบทางเดินอาหาร	ชนิดของสารอาหารที่ถูกดูดซึม
กระเพาะอาหาร	น้ำ เอทานอล ทองแดง ไอโอดีน ฟลูออไรด์ และโมลิบดีนัม
ลำไส้เล็ก ดูโอดีนัม	แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง ซีลีเนียม วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง ไนอะซิน ไบโอดีน โฟเลต วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค โมโนแซ็กคาร์ไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ กรดอะมิโน และเพปไทด์สั้นๆ
ลำไส้เล็ก เจจูนัม	แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี โคโรเมียม แมงกานีส โมลิบดีนัม วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง ไนอะซิน ไบโอดีน โฟเลต วิตามินบีหก วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค โมโนแซ็กคาร์ไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ กรดอะมิโน และเพปไทด์สั้นๆ

ตำแหน่งในระบบทางเดินอาหารที่สารอาหารถูกดูดซึม (ต่อ)

ตำแหน่งในระบบทางเดินอาหาร	ชนิดของสารอาหารที่ถูกดูดซึม
ลำไส้เล็ก ไอลีียม	วิตามินซี โฟเลต วิตามินบีสิบสอง วิตามินดี วิตามินเค แมกนีเซียม คลอไรด์ กรดน้ำดี เกลื่อน้ำดี และคลอเลสเทอรอล
ลำไส้ใหญ่	น้ำ ไบโอดีน วิตามินเค โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ แอมโมเนีย น้ำตาลคีโท และกรดไขมันสายสั้นๆ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Eastwood (2003) และ Gropper et al. (2005)



4. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ



ที่มาของภาพ: <http://www.healthcarethai.com/>



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

1. น้ำตาล (Sugar)

1.1 น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharide)

1.1.1 Glucose

- พบใน น้ำผึ้ง น้ำผลไม้ ผัก ผลไม้ และน้ำตาลทราย

1.1.2 Fructose

- หวานที่สุด พบใน ผัก ผลไม้ น้ำผึ้ง เครื่องดื่ม ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

1.1.3 Galactose

- พบมากในนม และผลิตภัณฑ์จากนม

1.2 น้ำตาลสองชั้น (Disaccharide)

1.1.1 Sucrose

- glucose + fructose

1.1.2 Lactose / milk sugar

- glucose + galactose

1.1.3 Maltose

- glucose + glucose

1.3 น้ำตาลแอลกอฮอล์ (Polyols)

- Sorbitol
- Xylitol



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

2. โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide)

2.1 Malto - Oligosaccharide

- ได้แก่ maltodextrin เกิดขึ้นระหว่างการแตกตัว/การย่อยของแป้ง โดยอยู่กับ CHO ชนิดอื่น เช่น น้ำผึ้ง น้ำเชื่อม

2.2 Resistant Oligosaccharide

2.2.1 Galactosylsucrose

- Raffinose
- Stachyose ในถั่วเมล็ดแห้ง (legume) เช่น ถั่วลิสง และ ถั่วเหลือง
- Verbascose

2.2.2 Fructo - Oligosaccharide

- หรือ Oligofructose
- พบใน ข้าวสาลี ข้าวไรย์ หัวหอม เป็นต้น



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

3. น้ำตาลหลายชั้น (Polysaccharides)

3.1 แป้ง (Starch)

3.1.1 อะมิโลส (Amylose)

- กลูโคสเรียงตัวเป็นเส้นตรง

3.1.2 อะมิโลเพคติน (Amylopectin)

- กลูโคสเรียงตัวเป็นแขนงเหมือนกิ่งไม้

****แป้ง ส่วนใหญ่จะมีทั้ง อะมิโลส กับอะมิโลเพคติน**

3.2 น้ำตาลหลายชั้นที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharide)

- เกิดตามผนังเซลล์ของพืช ช่วยให้ความแข็งแรงแก่พืช
- พบตามใบผัก ก้านผัก และเปลือกนอกของผลไม้
- ร่างกายคนไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้
- ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ไฮโดรคอลลอยล์ เป็นต้น
- เป็นส่วนประกอบสำคัญของ เส้นใยอาหาร



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ โยอาหาร (Dietary fiber)

1. โยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble fiber)

ลักษณะเป็นเมือกใสๆ หรือข้น พบมากในผลไม้ พืชตระกูลถั่วบางชนิด และธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ โยอาหารชนิดนี้ ถึงแม้จะละลายน้ำได้โดยอยู่ในรูปเจล แต่จะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่

- เพคติน (pectin) มีลักษณะคล้ายวุ้น พบมากในผนังเซลล์พืช ทำหน้าที่ยึดเซลล์ให้เชื่อมติดต่อกัน
- กัม (gums) เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนมาก และในหมู่โมเลกุลน้ำตาล บางหมู่มีกลุ่มกรดยูโรนิก ไม่มีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนสำหรับกัม และกัมบางชนิดก็ไม่ละลายน้ำ
- มิวซิเลจ (mucilages) จะหลังจาก endosperm ของเซลล์พืช เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการเกิด dehydration มากเกินไป



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ โยอาหาร (Dietary fiber)

2. โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber)

- มีโมเลกุลขนาดใหญ่ คุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้อาหารมีปริมาณมาก ทำให้อิ่มเร็ว
- จะเห็นเป็นกากใยเพราะไม่ละลายน้ำและร่างกายไม่สามารถย่อยได้
- ได้แก่ พวกร cellulose ซึ่งจะเป็นส่วนประกอบสำคัญในกลุ่มเส้นใย พบมากในพืชผัก มีหน้าที่สำคัญภายในลำไส้ โดยทำหน้าที่เป็นมวลให้อาหารและกากอาหารเคลื่อนที่ได้ดีในลำไส้ การมีเซลลูโลสและเส้นใยในอาหารและยังพบว่าทำให้มีการขับกรด น้ำดี และโคเลสเตอรอล ออกมาในทางเดินอาหารได้ดี และลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด ประกอบด้วย
 - เซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนที่เสริมโครงสร้างของลำต้นและกิ่งก้านของ พืช ผักและผลไม้ให้แข็งแรง
 - เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) ชนิดต่างๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน 100 โมเลกุล
 - ลิกนิน (lignin) เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ที่ช่วยเสริมความแข็งแรง ให้กับเนื้อเยื่อของพืช โดยสะสมตามผนังเซลล์ของพืช ทำให้เนื้อไม้มีความแข็งแรง



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ โยอาหาร (Dietary fiber)

3. โยอาหารที่มีหน้าที่เฉพาะในการทำงานของร่างกายหรือโยอาหารฟังก์ชัน (functional fiber)

เป็นอนุพันธ์ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร มีการดูดน้ำคล้ายเจลช่วยในการขับถ่าย มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น

- เบต้ากลูแคน (beta-glucans) สกัดจาก oats, mushrooms, and yeast ช่วยลดไขมันคอเลสเตอรอล

- Fructooligosaccharides (FOS) เป็น fermentable fibers สร้างจาก sucrose. สกัดจากหัวหอม กระตุ้นการเจริญเติบโตเพิ่มแบคทีเรียที่ดีในลำไส้ใหญ่ (prebiotics) และลดสารพิษ



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ไกลโคเจน (Glycogen หรือ animal starch)

- ร่างกายคนสะสมไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ ปริมาณไม่เกิน 400 กรัม
- เก็บไว้ที่ตับ ประมาณ $1/3$ และที่กล้ามเนื้อ $2/3$
- เมื่อร่างกายต้องใช้พลังงาน ไกลโคเจนที่ตับถูกดึงมาเผาผลาญให้เป็นพลังงาน แต่ไกลโคเจนที่กล้ามเนื้อ นำไปใช้ได้แค่เป็นพลังงานแก่กล้ามเนื้อที่เก็บไว้เท่านั้น



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ไกลซีมิก (Glycemic)

- หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีการเมแทบอลิซึมในร่างกาย

➤ นอนไกลซีมิก (Non-glycemic)

- หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเมแทบอลิซึมในร่างกาย



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ดรรชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI)

- ตัวบ่งชี้ระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากบริโภคอาหารนั้นไปแล้วจะขึ้นมากน้อยเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำตาลที่เกิดจากการดื่มกลูโคส ซึ่งมีค่า เท่ากับ 100
- ค่า GI ของอาหารไม่ได้เป็นตัววัดปริมาณน้ำตาลของอาหาร แต่เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าอาหารนั้นย่อยได้เร็วเพียงใด และน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดเร็วเพียงใด
- ปัจจัยที่มีผลทำให้ ค่า GI สูง ขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากบริโภคอาหารนั้น เช่น
 - ปริมาณเส้นใยอาหารมาก ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้าๆ
 - ผักและผลไม้สุก มีน้ำตาลมากกว่าไม่สุก ค่า GI สูง
 - ชนิดของแป้ง เช่น แป้งในมันฝรั่งย่อยและดูดซึมเร็ว ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น
 - ลักษณะทางกายภาพ อาหารละเอียดหรือเป็นผง ย่อยและดูดซึมเร็ว ค่า GI สูงกว่าอาหารชนิดเดียวกันที่หยาบ



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ดรรชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI)

- การได้รับคาร์โบไฮเดรตประเภทน้ำตาลและแป้งมากมีค่า GI สูง ส่วนหนึ่งจะสะสมในรูปไกลโคเจนไว้ที่ตับและ skeletal muscle ได้จำกัด ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นไขมัน (triglyceride) สะสมไว้ที่เนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังได้
- อาหารที่มี ค่า GI ต่ำ ทำให้ระดับในเลือดสูงขึ้นช้าๆ ตับอ่อนไม่ต้องผลิตอินซูลินในปริมาณมาก และผลิตอินซูลินที่สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ ตับอ่อนไม่ต้องทำงานหนัก
- อาหารที่มี GI ต่ำ และใยอาหารสูง ช่วยควบคุมน้ำหนัก ทำให้รู้สึกอิ่มนานกว่าอาหารที่มี GI สูง



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ดรรชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI)

- อาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำกว่า 55 แสดงถึง อัตราการย่อยอาหารและการดูดซึมกลูโคสที่ช้ากว่าและมีผลต่อการหลั่งอินซูลินที่ต่ำกว่า ทำให้คนเรารู้สึกอิ่มนานและยืดเวลาของความอยากอาหารหลังการรับประทานอาหารมื้อหนึ่งไปแล้ว
- อาหารที่มีดัชนีน้ำตาลปานกลาง เท่ากับ 55-70
- อาหารที่มีดัชนีน้ำตาลสูง มากกว่า 70 -100 อัตราการย่อยอาหารและการดูดซึมกลูโคสอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้มีการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินที่สูงและมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดและเกิดความอยากอาหาร



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ดรรชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI)

ผลไม้		ผลิตภัณฑ์นม		เครื่องดื่ม		ของว่าง ขนมขบเคี้ยว	
แอปเปิ้ล	38	นมช็อคโกแลต	35	น้ำแอปเปิ้ล	40	ช็อคโกแลตแท่ง	49
กล้วย	56	ไอศกรีมวนิลาไขมันต่ำ	60	โคล่า	65	ข้าวโพด แผ่นทอดกรอบ	72
อินทผลัม	103	นมขาดมันเนย	32	เกเตอเรท	78	โดนัท	76
เกรปฟรุต	25	นมสด	40	น้ำเกรปฟรุต	48	พิชซ่าหน้าชีส	60
ส้ม	43	โยเกิร์ตผลไม้	36	น้ำส้ม	46	มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	56
ลูกพรุน	15	โยเกิร์ตธรรมชาติ	14	น้ำสับปะรด	46	เพรสเชลล์	83
แตงโม	72						
สับปะรด	66						
แคนตาลูป	65						



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ไกลซีมิกโหลด (Glycemic Load :GL)

- เป็นค่าที่แสดงผลของ GI และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของอาหารที่กินต่อระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งค่า GL มักจะต่ำกว่าค่า GI
- และผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าค่า GL เป็นตัวชี้วัดที่ดีกว่า
- การบริโภคอาหารที่มีค่า GL ต่ำจะช่วยป้องกัน และควบคุมโรคต่างๆ เช่น เบาหวาน หลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และโรคอ้วนได้ดี



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ไกลซีมิกโหลด (Glycemic Load :GL)

- เนื่องจาก GI มีข้อจำกัดในอาหารบางชนิด เช่น แดงโมมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตต่ำในอาหารต่อ 100 กรัม แต่มีค่า GI สูง (72) จึงมีคำถามมากกว่าบริโภคแดงโมได้หรือไม่ ดังนั้นมีการเสนอสำคัญให้ใช้ GL แทน โดย

$$GL = GI \times \text{จำนวนคาร์โบไฮเดรต} / 100$$

- และสามารถบริโภคแดงโมได้ เนื่องจากมีค่า GL ต่ำ โดยแดงโมมีคาร์โบไฮเดรต 5 กรัม
 - คำนวณ $GL = 72 \times 5 / 100 = 3.6$
 - มีค่า GI ต่ำที่บริโภคได้



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.2 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต

➤ ไกลซีมิกโหลด (Glycemic Load :GL)

- มีการแบ่งกลุ่มอาหารที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตตามค่า GL เป็น 3 กลุ่ม เช่นกันดังรูป

เกณฑ์ค่า GL	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของอาหาร
GL ต่ำ ≤ 10	มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อย
GL ปานกลาง 11 - 22	มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตปานกลาง
GL สูง ≥ 21	มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมาก

ดังนั้นค่า GI และค่า GL ต่ำ แสดงว่าอาหารมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ และน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดช้าลง



ดัชนีน้ำตาลในอาหาร ประเภทแป้ง¹

ประเภทแป้ง	ดัชนี น้ำตาล	glycemic load
เค้กกล้วยหอม 60 ก.	47	14
ขนมปังที่ทาแยมเบอร์เกอร์ 30 ก.	61	9
ขนมปังขาว 30 ก.	71	10
ขนมปังโฮลวีท	71	9
ขนมปังโฮลเกรน 100% 30 ก.	51	7
มักกะโรนี 180 ก.	47	23
สปาเก็ตตี้ขาว 180 ก.	46	22
คอนเฟล็กซ์ 30 ก.	93	23
มูสลี่ 30 ก.	66	16
ข้าวโอ๊ต (แบบเค็มเม็ด) 250 ก.	55	13
ข้าวโอ๊ต (แบบโรย) 250 ก.	83	30
ควินัว (Quinoa) 150 ก.	53	13
ข้าวขาวหัวไปโดยเฉลี่ย 150	89	43

ดัชนีน้ำตาลในอาหาร ประเภทแป้ง¹

ประเภทแป้ง	ดัชนี น้ำตาล	glycemic load
...		
ข้าวขาวหัก ² 150 ก.	86	37
ข้าวขาวหอมมะลิ 150 ก.	109	46
ข้าวกล้อง 150 ก.	50	16
ข้าวบาร์เลย์ 150 ก.	28	12
ข้าวโพดหวาน 150 ก.	60	20
ข้าวเหนียว ² 150 ก.	98	31
เส้นเล็ก ² 180 ก.	61	39
เส้นหมี่ ² 180 ก.	58	23
เส้นใหญ่ ² 190 ก.	90	36
วุ้นเส้น ² 180 ก.	45	20
เฟรนช์ฟราย 150 ก.	75	22
พืชข้าสัท ขุปเปอร์ขุปริม 100 ก.	36	9
...		
โดนัท 50 ก.	75	15



ประเภทเครื่องดื่ม¹

ประเภทเครื่องดื่ม	ดัชนี glycemic น้ำตาล load	
ค็อกเทลแคนเบอร์รี 250 มล.	68	24
น้ำแอปเปิ้ล 250 มล. (ไม่เติมน้ำตาล)	44	10
น้ำส้ม 250 มล. (ไม่เติมน้ำตาล)	50	12
น้ำมะเขือเทศกระป๋อง 250 มล.	38	4
โค้ก 250 มล.	63	16
แฟนต้าน้ำส้ม 250 มล.	68	23

ประเภทผลไม้

ประเภทผลไม้	ดัชนีน้ำตาล glycemic load	
แอปเปิ้ล 120 ก.	39	6
กล้วยหอมสุก 120 ก.	62	16
อินทผลัม 60 ก.	42	18
เกรปฟรุต 120 ก.	25	3
องุ่น 120 ก.	59	11
ส้ม 120 ก.	40	4
ลูกพีช 120 ก.	42	5
ลูกพีชเชื่อมบรรจุกระป๋อง 120 ก.	40	5
ลูกแพร์ 120 ก.	38	4
ลูกพรุน 60 ก.	29	10
ลูกเกด 60 ก.	64	28
แดงโม 120 ก.	72	4
มะละกอสุก ² 120 ก.	60	17
มะละกอดิบ ² 120 ก.	60	9
สับปะรด ² 120 ก.	66	6



ประเภทผัก¹

ประเภทผัก	ดัชนีน้ำตาล glycemic load	
แครอท* 80 ก.	35	2
ถั่วลิสงเตาสด 80 ก.	51	4
มันฝรั่งขาวต้ม 150 ก.	82	21
มันฝรั่งบด 150 ก.	87	17
มันเทศ** 150 ก.	70	22
ฟักทอง ² 80 ก.	66	12
เผือก ² 150 ก.	56	4

*แครอทดิบ ดัชนีไกลซีมิก ต่ำ แครอทยิ่งต้มนาน ดัชนีไกลซีมิกยิ่ง สูง

** ค่าเฉลี่ย มันเทศมีหลากหลายประเภท ดัชนีไกลซีมิก อาจน้อยกว่านี้มาก หรืออาจสูงกว่านี้มาก

ประเภทถั่ว¹

ประเภท ถั่ว ^a	ดัชนีน้ำตาล glycemic load	
ถั่วลูกไก่ (Chick peas) 150 ก.	10	3
ถั่วแดงเมล็ดใหญ่ 150 ก.	29	7
ถั่วเลนทิล 150 ก.	29	5
ถั่วขาว 150 ก.	31	9
ถั่วเหลือง 150 ก.	15	1
ถั่วดำ 150 ก.	30	7
เม็ดมะม่วงหิมพานต์ 50 ก.	27	3
ถั่วลิสง 50 ก.	7	0

ประเภทของกินเล่น¹

ประเภทขนม	ดัชนี glycemic น้ำตาล load	
บิออคอรัน ไม่แต่งรสชาติ 20 ก.	55	6
ขนมข้าวโพดอบกรอบ 50 ก.	42	11
มันฝรั่งแผ่นอบกรอบ 50 ก.	51	12
Snickers Bar 60 ก.	51	18
Pretzels อบ 30 ก.	83	16
M & M เคลือบถั่วลิสง 30 ก.	33	6

*ถั่วต้มสุก ที่ไม่ใช่ถั่วกระป๋อง ถั่วถั่วกระป๋อง ค่าดัชนีไกลซีมิก สูงขึ้น

ประเภทนม¹

ประเภทนม	ดัชนี น้ำตาล	glycemic load
นมจืด (whole milk) 250 มล.	41	5
นมขาดมันเนย 250 มล.	32	4
โยเกิร์ตไขมันต่ำ ผสมผลไม้ 200 ก.	33	11
ไอศกรีมธรรมดา 50 ก.	57	6
ไอศกรีมพรีเมียม 50 ก.	38	3

ประเภทน้ำตาล³

ประเภทน้ำตาล	ดัชนี น้ำตาล	glycemic load
น้ำตาลฟรุกโตส	12 - 25	19
น้ำตาลกลูโคส	85 - 111	100
น้ำตาลกลูโคสร่วมกับ ไฟเบอร์	57 - 85	
น้ำตาลกลูโคสร่วมกับ โปรตีนและไขมัน	56	
น้ำตาลแลคโตส	46	
น้ำตาลซูโครส	58 - 65	68*
น้ำผึ้ง ¹ 25 ก.	61	12



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.3 น้ำที่และประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรต

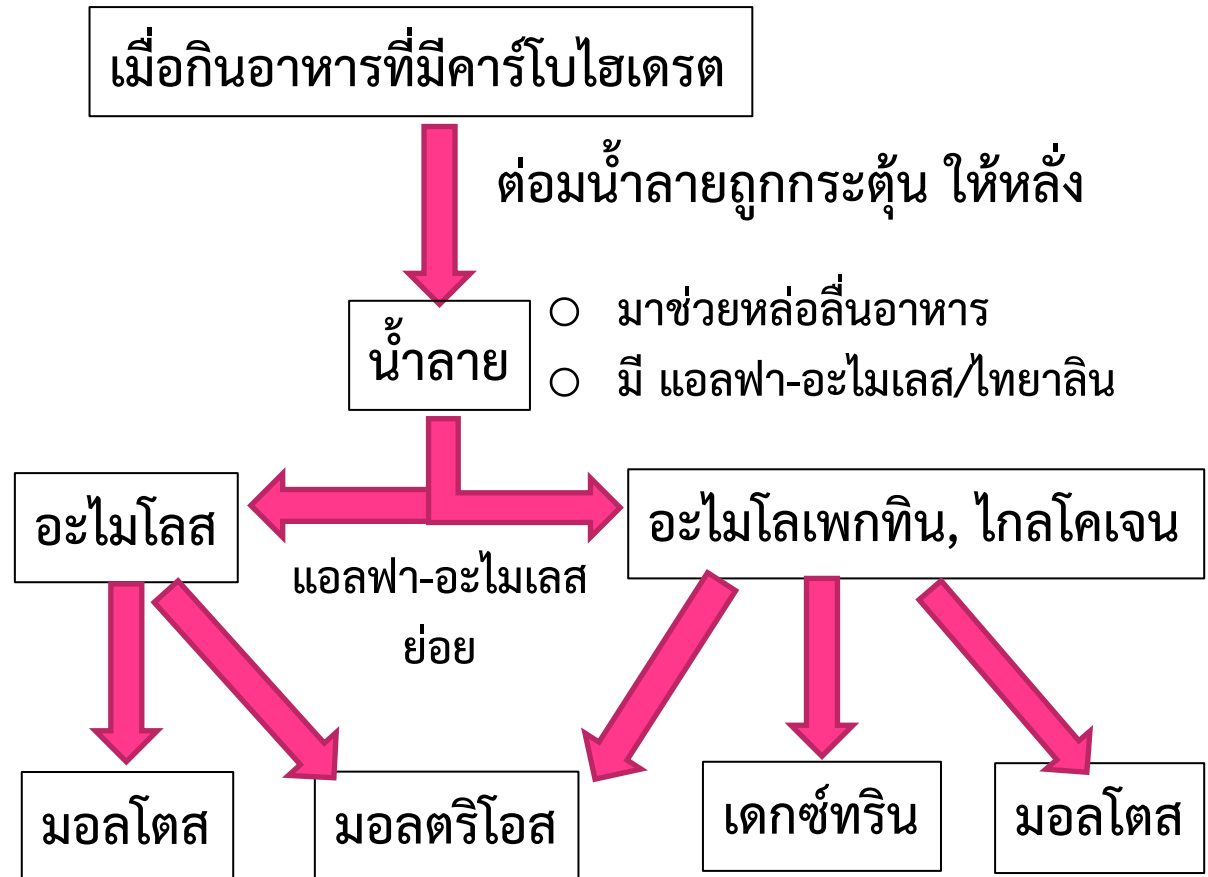
- ให้พลังงานและความร้อน
- ช่วยทำให้ไขมันเผาไหม้สมบูรณ์
- ช่วยประหยัดการใช้โปรตีนของร่างกาย
- ช่วยในการทำงานของลำไส้
- ช่วยรักษาสภาพของร่างกายให้คงที่
- ช่วยทำลายพิษที่ปนเปื้อนในร่างกาย
- สามารถเปลี่ยนเป็นไขมันและกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นแก่ร่างกายได้



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.4 การย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

1) การย่อยในปาก





4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.4 การย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

2) การย่อยในกระเพาะ

- ไม่มีการย่อยในกระเพาะ อาหารถูกกล้ำเลียงผ่านกระเพาะอาหาร
- เมื่ออาหารผสมกับน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร จะทำให้อาหารมีภาวะเป็นกรดมากขึ้น น้ำย่อย แอลฟา-อะไมเลส จะหยุดทำงาน



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.4 การย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

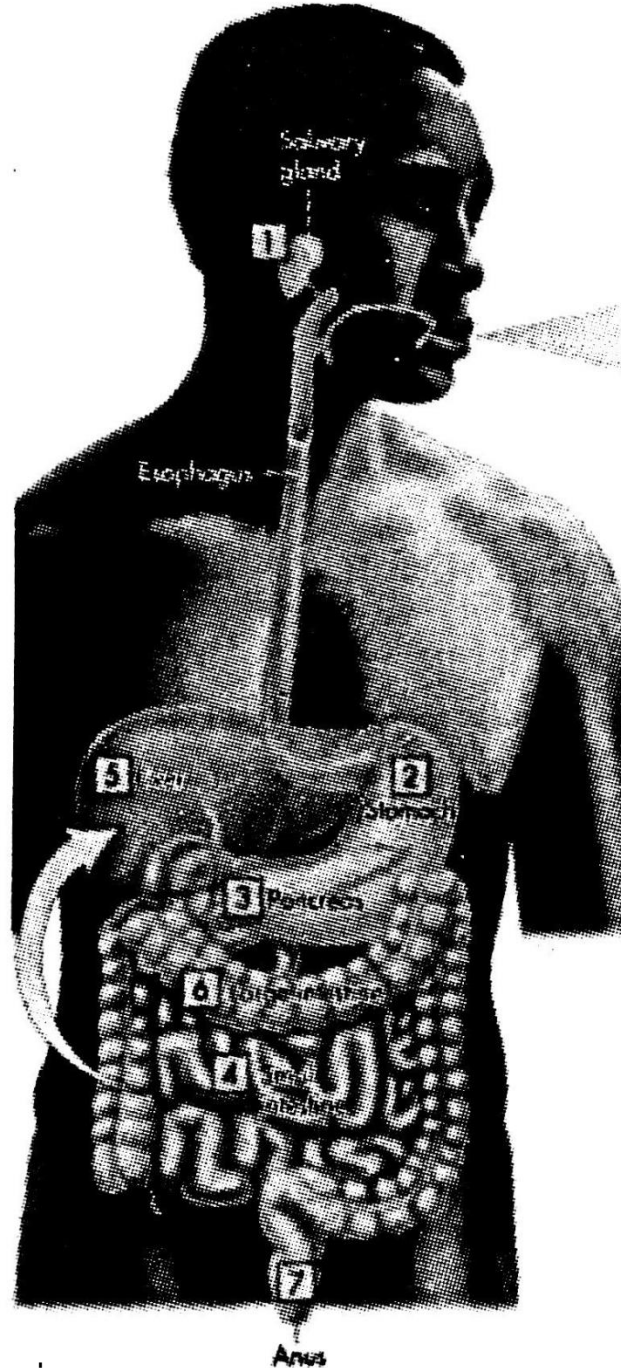
3) การย่อยในลำไส้เล็ก

- ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในลำไส้เล็ก



NPRU
Nakhon Pathom
Rajabhat University

การเปลี่ยนแปลง คาร์โบไฮเดรต ในร่างกาย



Carbohydrates



- [1] ต่อมบางชนิดถูกย่อยให้มีขนาดเล็กกลาย
กลายเป็นมอลโทสด้วยเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลาย
- [2] สภาวะที่เป็นกรดสูงของกระเพาะอาหารจะหยุด
การทำงานของเอนไซม์จากน้ำลาย
- [3] ดับอ่อนผลิตเอนไซม์อะไมเลสย่อยสตาร์อื่นๆ
ให้กลายเป็นมอลโทส
- [4] เอนไซม์จากผนังลำไส้เล็กเปลี่ยนน้ำตาลสองชั้น
ให้เป็นน้ำตาลชั้นเดียว เช่น เปลี่ยนซูโครสเป็น
กลูโคสและฟรุกโทส, มอลโทสเป็นกลูโคส 2 โมเลกุล
- [5] ดับทำหน้าที่ดูดซึมกลูโคส, ฟรุกโทสและ
กาแล็กโทส เข้าสู่กระแสเลือด
- [6] เส้นใยที่ละลายน้ำบางชนิดถูกย่อยโดยจุลินทรีย์
ในลำไส้ใหญ่ทำให้เกิดกรดและแก๊ส
- [7] เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำจะช่วยเพิ่มปริมาตรของ
อุจจาระ

ที่มาของภาพ: อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, 2556

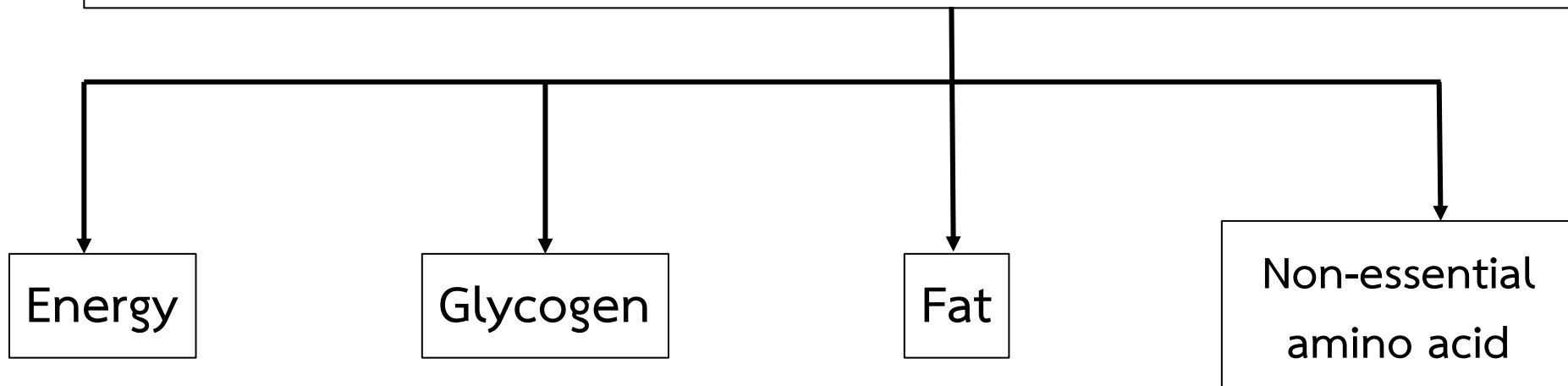


4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.4 การย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

การดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

- ตับทำหน้าที่ดูดซึมกลูโคส ฟรุคโตส และกาแล็กโทส เข้าสู่กระแสเลือด
- เส้นใยที่ละลายน้ำบางชนิดถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ทำให้เกิดกรดและแก๊ส
- เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ จะช่วยเพิ่มปริมาตรของอุจจาระ





4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.5 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ควรได้รับ

○ ผลจากการได้รับคาร์โบไฮเดรตน้อย

- **ภาวะ Hypoglycemia** ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำกว่า 60 มก./เดซิลิตร มีอาการเพลีย ตาลาย ง่วงนอน ตัวสั่น อารมณ์รุนแรงอาจชัก หหมดสติ
- **ภาวะ Ketosis** ร่างกายเผาผลาญไขมันแทน ซึ่งในการเผาผลาญไขมันก็จำเป็นต้องใช้คาร์โบไฮเดรต หากได้รับน้อย ทำให้การเผาผลาญไม่สมบูรณ์ เกิดสารเป็นกรดในร่างกายสูง ส่งผลให้การทำงานของสมองและประสาทเสื่อม



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.5 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ควรได้รับ

- ผลจากการได้รับคาร์โบไฮเดรตมาก
 - ทำให้น้ำหนักตัวมากเกินไป
 - ทำให้ได้รับสารอาหารอื่นน้อยลง
 - ทำให้อาการของโรคเบาหวานกำเริบ
 - ฟันผุ
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่แนะนำให้รับประทาน (Thai RDI)
 - ควรได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต 300 กรัม
 - หรือ 50-55% ของพลังงานทั้งหมด
 - และควรได้รับไม่น้อยกว่า 100 กรัม/วัน เพื่อป้องกันภาวะคีโตซิส



4.1 คาร์โบไฮเดรต

4.1.6 การคำนวณพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรต

- ปริมาณสารอาหารในวัตถุดิบ ดูได้จากตารางแสดงคุณค่าสารอาหารในอาหาร 100 กรัม

$$\text{ปริมาณ CHO ในอาหาร} = \frac{\text{จำนวนกรัมของอาหาร} \times \text{ปริมาณ CHO ของอาหารจากตาราง}}{100}$$

- ตัวอย่าง คำนวณหา CHO ในขนมเค้กหนึ่งชิ้นหนัก 250 กรัม เปิดตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม พบว่า ให้ CHO เท่ากับ 62.6 กรัม
- $$= \frac{250 \times 62.6}{100}$$
- = 156.5 กรัม (ขนมเค้กหนัก 250 กรัม ให้สารอาหารคาร์โบไฮเดรต 156.5 กรัม)



สรุปการเลือกอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต

- ควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มีคุณสมบัติทำให้น้ำตาลในเลือดสูง (ดัชนีน้ำตาลสูง-high glycemic index)

- ข้าวขาว ขนมหังข้าว ข้าวเหนียว
ทุเรียน ลำไย



- เพิ่มไตรกลีเซอไรด์
- ลด HDL

- ควรเลือกรับประทานอาหารที่มี low glycemic index และมีใยอาหารสูง

- ข้าวกล้อง วนเส้น ก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ สปาเก็ตตี้
สั้ม ก๋วย มะละกอ พุทรา แอปเปิ้ล ฝรั่ง



- เพิ่ม HDL
- ลด LDL



4.2 โปรตีน

4.2.1 ประเภทของโปรตีน

ประเภทโปรตีน แบ่งตามคุณสมบัติทางโภชนาการ

1. โปรตีนสมบูรณ์ (Complete protein)

- High quality protein
- มีกรดอะมิโนครบทุกชนิด และปริมาณเพียงพอต่อร่างกาย
- เช่น ไข่ นม เนยแข็ง เนื้อสัตว์

2. โปรตีนกึ่งสมบูรณ์ (Partially incomplete protein)

- มีกรดอะมิโนในปริมาณและสัดส่วนที่จะซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอได้ แต่ไม่ช่วยการเจริญเติบโต
- เช่น ในพืช ธัญพืช และผลไม้ต่างๆ

3. โปรตีนไม่สมบูรณ์ (Totally incomplete protein)

- มีกรดอะมิโนในปริมาณและสัดส่วนที่ไม่ช่วยในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
- โปรตีนในพืชส่วนใหญ่



4.2 โปรตีน

4.2.2 ประเภทของกรดอะมิโน

- โปรตีนเป็นสารอินทรีย์สาร ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์
- โปรตีนมี **กรดอะมิโน** เป็นหน่วยย่อย ซึ่งมี กรดอะมิโนใช้สร้าง โปรตีนมี 20 ชนิด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ



กรดที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ต้องได้รับจากอาหาร

สภาวะปกติร่างกายสามารถสร้างได้โดยสร้างจากกรดอะมิโนในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่ใน **บางสภาวะสร้างไม่ได้** เช่น ภาวะเครียดรุนแรง ไม่สามารถสร้าง glycine ได้ หรือทารกคลอดก่อนกำหนดไม่สามารถสร้าง cysteine จาก methionine ได้ เป็นต้น



4.2 โปรตีน

4.2.2 ประเภทของกรดอะมิโน

กรดอะมิโนจำเป็น

(Essential หรือ indispensable amino acid)

มี 9 ชนิด ได้แก่

- Isoleucine
- Leucine,
- Lysine
- Methionine
- Phynylalanine
- Threonine
- Tryptophan
- Valine
- Histidine

กรดอะมิโนไม่จำเป็น

(Nonessential หรือ dispensable amino acid)

มี 11 ชนิด ได้แก่

- Glycine
- Alanine
- Serine
- Cystein
- Proline
- Tyrosine
- Arginine
- Aspartic acid
- Asparagine
- Glutamic acid
- Glutamine

กรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เพียงพอกับความต้องการ ถึงแม้อยู่ในช่วงทารก คือ สังเคราะห์จากสารประกอบไนโตรเจน หรือจากกรดอะมิโนที่จำเป็น หรือจากไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต เรียกว่า กรดอะมิโนไม่จำเป็นแท้จริง (Truly dispensable) ในทารกมีเพียง 5 ตัว คือ Alanine, Aspartic acid, Asparagine, Glutamic acid, Serine



4.2 โปรตีน

4.2.3 หน้าที่และประโยชน์ของโปรตีน

- 1) ช่วยในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมและสร้างโปรตีนส่วนที่ใช้หมดไปอยู่ตลอดเวลา
- 2) เป็นสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่
 - เอนไซม์ ฮอร์โมน ฮีโมโกลบิน
 - สารที่ช่วยการแข็งตัวของเลือด
 - สารภูมิคุ้มกัน
 - เป็นสารตั้งต้นของวิตามิน
 - เป็นส่วนประกอบของโปรตีนในผม เล็บ และผิวหนัง
- 3) เป็นตัวขนถ่ายสารอาหารจากผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด และขนส่งไปทั่วร่างกาย
- 4) ควบคุมสมดุลน้ำภายนอกและภายในเซลล์
 - รักษาอุณหภูมิ – ต่างในเลือด โปรตีนทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (ตัวกลางจัดปรับปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดในร่างกายไม่ให้เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว)
 - มีหน้าที่ป้องกันร่างกาย (โปรตีนสารภูมิคุ้มกัน) และทำลายสารพิษ (เอนไซม์โปรตีนที่ตับ)



4.2 โพรตีน

4.2.3 หน้าที่และประโยชน์ของโปรตีน

5) ให้พลังงานแก่ร่างกาย

6) ช่วยกำจัดสารพิษบางอย่าง ได้แก่

- ร่างการได้รับสารเบนโซอิก มีเป็นสารกันบูดในอาหารกระป๋อง ที่เป็นพิษต่อร่างกาย ตับทำลายโดยรวมกับกรดอะมิโนไกลซีนให้กลายเป็นกรด ที่กำจัดออกทางปัสสาวะ

7) เปลี่ยนสารชนิดอื่นๆได้ เช่น เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรต/กรดไขมันที่ไม่จำเป็น หรือเปลี่ยนวิตามิน เช่น เปลี่ยนทริฟโตเฟนเป็นไนอะซินได้ ถ้ามีวิตามิน B6 เพียงพอ

8) ช่วยป้องกันโรคไขมันสะสมมากผิดปกติ

- เด็กที่ขาดโปรตีนมีไขมันสะสมมากที่ตับ หากได้รับโปรตีนสมบูรณ์ ภาวะไขมันสะสมที่ตับจะหายไป



4.2 โปรตีน

4.2.4 การย่อยและดูดซึมโปรตีน

ปาก

กระเพาะอาหาร

เริ่มต้นที่กระเพาะ เนื่องจาก
ในปากไม่มีน้ำย่อยโปรตีน

ลำไส้เล็ก

โดนย่อยด้วยน้ำย่อยที่ผนัง
ลำไส้เล็ก

① โปรตีน

② โปรตีน

Pepsin enzyme

จากกระเพาะและตับอ่อน

③ protease (โปรติโอส)

③ peptones (เพปโทน)

trypsin enzyme

④ peptones

⑤ polypeptides

⑧ Amino acid

⑦ dipeptides

⑥ tripeptides



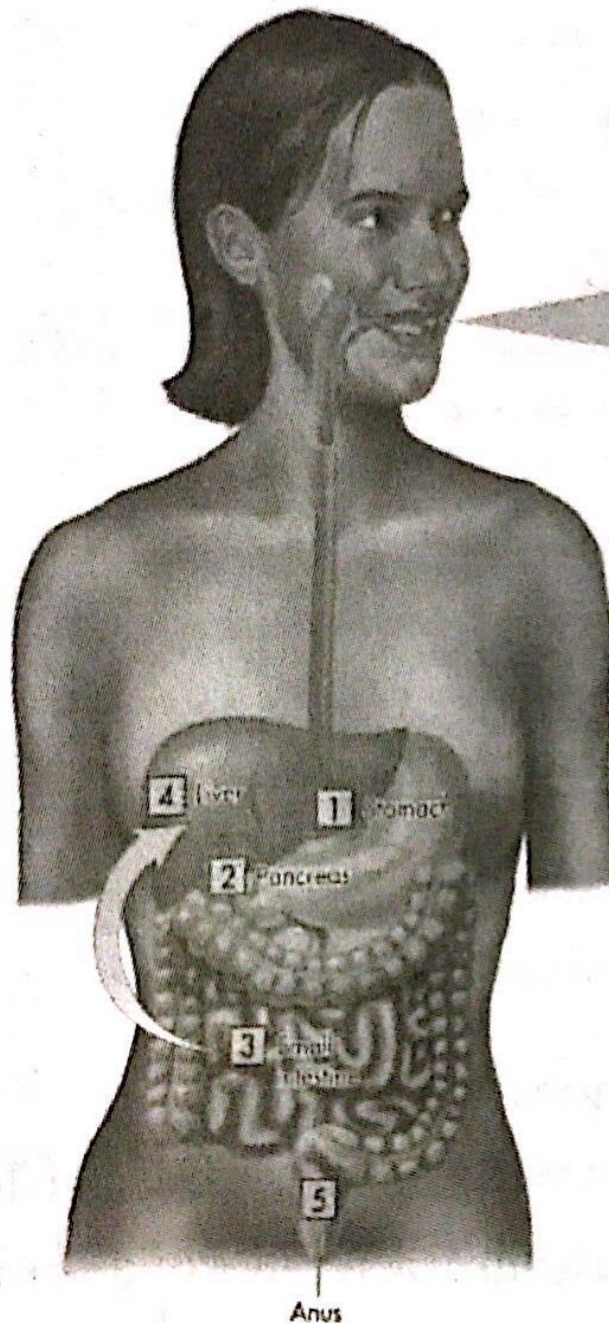
4.2 โพรตีน

4.2.4 การย่อยและดูดซึมโปรตีน

การดูดซึมโปรตีน

- กรดอะมิโนที่ถูกย่อย จะถูกดูดซึมผ่านเข้าผนังลำไส้เล็ก
- เข้าสู่กระแสเลือดและท่อน้ำเหลือง ผ่านเข้าสู่เส้นเลือดดำ
- แล้วไปยังตับ ตับจะรับกรดอะมิโนตามชนิด และตามจำนวนที่ตับต้องการขณะนั้น ส่วนที่เหลือไหลผ่านเลือดไปยังหัวใจ เพื่อสูบฉีดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย
- โปรตีนส่วนน้อยที่ไม่ดูดซึม จะถูกขับออกทางอุจจาระ

การเปลี่ยนแปลง โปรตีนในร่างกาย



โปรตีน



- [1] โปรตีนบางส่วนถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพปซินและกรดในกระเพาะ
- [2] โปรตีนส่วนอื่นๆจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อน
- [3] สุดท้ายโปรตีนถูกย่อยเป็นกรดแอมิโนและส่วนใหญ่ถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ของลำไส้เล็ก
- [4] กรดแอมิโนจะถูกดูดซึมต่อเข้าสู่หลอดเลือดดำและส่งผ่านไปยับดับ ซึ่งตับจะทำหน้าที่ส่งกรดแอมิโนเข้าสู่กระแสเลือดต่อไป
- [5] โปรตีนส่วนน้อยที่ไม่ดูดซึมจะถูกขับออกทางอุจจาระ

ที่มาของภาพ: อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, 2556



4.2 โปรตีน

4.2.5 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับ

- ผลจากการได้รับโปรตีนน้อย
 - เกิดโรคขาดทั้งโปรตีนและพลังงาน (Protein energy malnutrition)
- ผลจากการได้รับโปรตีนมาก
 - ร่างกายจะเปลี่ยนโปรตีนเป็นคาร์โบไฮเดรตและไขมันเก็บสะสมไว้ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้รับพลังงานมากขึ้น
 - ทำให้ตับทำงานหนักในการขับไนโตรเจนให้ออกมาในรูปยูเรีย อาจทำให้เกิดภาวะยูเรียในเลือดสูง (uremia)
 - มีส่วนเกี่ยวข้องกับโรคมะเร็ง และไขมันอุดตันในเส้นเลือด



4.2 โปรตีน

4.2.5 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับ

- ปริมาณโปรตีนที่แนะนำให้รับประทาน (Thai RDI)
 - ควรได้รับพลังงานจากโปรตีนตามน้ำหนักตัว
(เช่น น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ควรได้รับโปรตีนต่อวันคือ 50 กรัม)



4.2 โปรตีน

4.2.6 การคำนวณพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารโปรตีน

- ปริมาณสารอาหารในวัตถุดิบ ดูได้จากตารางแสดงคุณค่าสารอาหารในอาหาร 100 กรัม

$$\text{ปริมาณโปรตีนในอาหาร} = \frac{\text{จำนวนกรัมของอาหาร} \times \text{ปริมาณโปรตีนของอาหารจากตาราง}}{100}$$

- ตัวอย่าง คำนวณหา โปรตีนในแฮมติดมันรมควัน 5 ชิ้น น้ำหนัก 180 กรัมเปิดตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม พบว่า ให้โปรตีน เท่ากับ 16.9 กรัม
- $$= \frac{180 \times 16.9}{100}$$
- = 30.42 กรัม (แฮมติดมันรมควัน 5 ชิ้น น้ำหนัก 180 กรัม ให้สารอาหารโปรตีน 30.42 กรัม)



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

ประเภทไขมัน ในอาหาร

1. ไขมันเชิงเดี่ยว (Simple lipid)

- 1.1 ไตรกลีเซอไรด์/ไตรกลีเซอรอล
 - พบมากในน้ำมันพืช และไขมันสัตว์ต่างๆ
- 1.2 แวกซ์/ไข
 - เช่น ขี้ผึ้ง

2. ไขมันเชิงซ้อน (Complex lipid)

- 2.1 ฟอสโฟล
 - เช่น เลซิทีน เวฟาลิน และสฟิงโกไมอีลิน
- 2.2 ไกลโคลิพิด
 - คือ ไขมันที่รวมอยู่กับคาร์โบไฮเดรต
- 2.3 ลิโปโปรตีน
 - คือ ไขมันที่รวมอยู่กับโปรตีน

3. ไขมันอนุพันธ์ (Derived lipid)

- กรดไขมันชนิดต่างๆ
- แคโรทีนอยด์
- คอลเลสเตอรอล
- สเตอรอยด์ฮอร์โมน
- วิตามินที่ละลายในไขมัน



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

กรดไขมัน

1.กรดไขมันอิ่มตัว

(saturated fatty acid : SFA)

- เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืช และ ไขมันสัตว์ทั่วไป
- ถ้ารับประทานมากจะเพิ่มระดับ โคเลสเตอรอลในเลือด
- แนะนำให้บริโภค < 10%/day

2.กรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว

(unsaturated fatty acid : UFA)

2.1 ไขมันที่มีพันธะคู่มาก

(polyunsaturated fatty acid, PUFA)

2.2 ไขมันที่มีพันธะคู่เพียงตำแหน่งเดียว

(monounsaturated fatty acid, MUFA)



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

กรดไขมัน

2.กรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid : UFA)

2.1 ไขมันที่มีพันธะคู่มาก (polyunsaturated fatty acid, PUFA)

- ร่างกายสร้างขึ้นไม่ได้ต้องรับจากอาหาร พวกกลุ่มโอเมก้า 3, 6 พบมากใน เมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง เนื้อสัตว์สีแดง
- แนะนำให้บริโภค < 10%/day ช่วยลดไขมันชนิดเลว LDL (Low density lipoprotein) ในเลือด
- แต่มีข้อเสียคือ จะไปลดไขมันชนิดดี HDL (Low density lipoprotein)
- เมื่อนำไปทำอาหารห้ามใช้ความร้อนสูงเกิน 180 องศาเซลเซียส นานเกิน 20 นาที เพราะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เป็นสาเหตุของมะเร็งและโรคหัวใจ



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

กรดไขมัน

2.กรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว
(unsaturated fatty acid : UFA)

2.2 ไขมันที่มีพันธะคู่เพียงตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid, MUFA)

- ที่พบมากในน้ำมันมะกอก น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง และ canola oil จะเป็นชนิดที่แนะนำให้บริโภค
- ในปัจจุบันมีผลดีต่อสุขภาพ สามารถลดโคเลสเตอรอลและไขมันชนิดเลว LDL แต่ไม่ลด HDL แนะนำให้บริโภค 18-20%/day



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

	%SFA	%MUFA	%PUFA
เนย	66	30	4
น้ำมันมะกอก (Olive oil)	14	77	9
น้ำมันปาล์ม (Palm oil)	49	42	9
น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil)	92	6	2
น้ำมันดอกคำฝอย (Safflower oil)	10	13	77
น้ำมันดอกทานตะวัน (Sunflower oil)	11	20	69
น้ำมันจากเมล็ดคาโนลา (Canola oil)	6	62	32
น้ำมันถั่วลิสง (Peanut oil)	18	49	33
น้ำมันหมู	41	47 163	12

ปริมาณร้อยละ
ของกรดไขมัน
ชนิดต่างๆในเนย
และน้ำมันต่างๆ



4.3 ไขมัน

4.3.1 ประเภทของไขมัน

กรดไขมัน ตามความต้องการของร่างกาย

1. กรดไขมันจำเป็น

(essential fatty acid / วิตามิน F)

- ร่างกายสร้างเองไม่ได้ จำเป็นต้องได้จากอาหาร
- 1.1 ทรูกลไลโนเลอิก (linoleic) / กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6
 - ได้รับจากน้ำมันพืช
 - ใช้สร้าง prostaglandins ฮอร์โมนควบคุมการทำงานของอวัยวะ
- 1.2 ทรูกลไลโนเลนิก (linolenic) / กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3
 - พบมากในปลาน้ำจืด น้ำลึก และน้ำมันพืชบางส่วน
 - กรดไอโคซาเพนตะอีโนอิก (EPA)
 - กรดโดโคซาเฮกซาอีโนอิก (DHA)

2. กรดไขมันไม่จำเป็น

(non essential fatty acid)

- 2.1 ฟอสโฟลิพิด
- 2.2 คลอเลสเทอรอล
- 2.3 ไตรกลีเซอไรด์



4.3 ไขมัน

4.3.2 หน้าที่และประโยชน์ของไขมัน

- 1) ให้พลังงานแก่ร่างกาย
- 2) เป็นส่วนประกอบของร่างกาย โครงสร้างผนังเซลล์ และสร้างเซลล์สมอง
- 3) ช่วยดูดซึมและขนส่งวิตามินที่ละลายในไขมัน
- 4) เป็นแหล่งกรดไขมันจำเป็น
- 5) ป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะ
- 6) จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพผิวของทารกและเด็ก



4.3 ไขมัน

4.3.2 หน้าที่และประโยชน์ของโปรตีน

- 7) สามารถเปลี่ยนเป็นคาร์โบไฮเดรตและกรดไขมันไม่จำเป็นได้เมื่อร่างกายต้องการ
- 8) ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายโดยไขมันใต้ผิวหนัง
- 9) คลอเลสเทอรอล จำเป็นต่อการสังเคราะห์ provitamin D , adrenocortical hormone, steroid sex hormones and bile salts
- 10) ฟอสโฟลิพิด ทำหน้าที่เป็น emulsifying agents ในการย่อยและดูดซึมไขมัน และช่วยเซลล์เอากรดไขมันไปใช้
- 11) ไขมันที่ผิวเซลล์ประสาท ช่วยส่งสัญญาณประสาท
- 12) ช่วยเพิ่มรสชาติและลักษณะเนื้อให้อาหาร
- 13) ทำให้มีมันมากกว่าอาหารประเภทอื่น
- 14) เป็นตัวนำความร้อนที่ดี อาหารสุกเร็ว และหล่อลื่นได้ดี



4.3 ไขมัน

4.3.3 การย่อยและดูดซึมไขมัน

ปาก

- ไขมันที่เข้าสู่ร่างกายของ Triglycerides
- โดยมี ฟอสโฟลิพิด คลอเลสเตอรอล และวิตามินที่ละลายในไขมันปนอยู่ด้วย

① Triglycerides

Lingual lipase
หลั่งมาพร้อมน้ำลาย

② Triglycerides

② Diglycerides และกรดไขมันอิสระ

② Triglycerides

② Diglycerides และกรดไขมันอิสระ

Gastric lipase

③ Diglycerides

③ Monoglyceride

กระเพาะอาหาร

- ย่อยไขมันที่ย่อยง่าย เช่น ไขมันในไข่แดง ในนม
- ไขมันจากเนื้อสัตว์ เนย น้ำมัน ยังไม่ถูกย่อย



3.3 ไขมัน

3.3.3 การย่อยและดูดซึมไขมัน

กระเพาะอาหาร

- ย่อยไขมันที่ย่อยง่าย เช่น ไขมันในไข่แดง ในนม
- ไขมันจากเนื้อสัตว์ เนย น้ำมัน ยังไม่ถูกย่อย

② Triglycerides

② Diglycerides และกรดไขมันอิสระ

Gastric lipase

③ Diglycerides

③ Monoglyceride

ลำไส้เล็ก

- ④ ไขมันถูกผสมกับน้ำดี
แตกตัวเป็นหยดเล็กๆ ผสมกับ
น้ำดี เกิดเป็น emulsion
ช่วยให้มีผิวผสมกับน้ำย่อยได้

③ Diglycerides

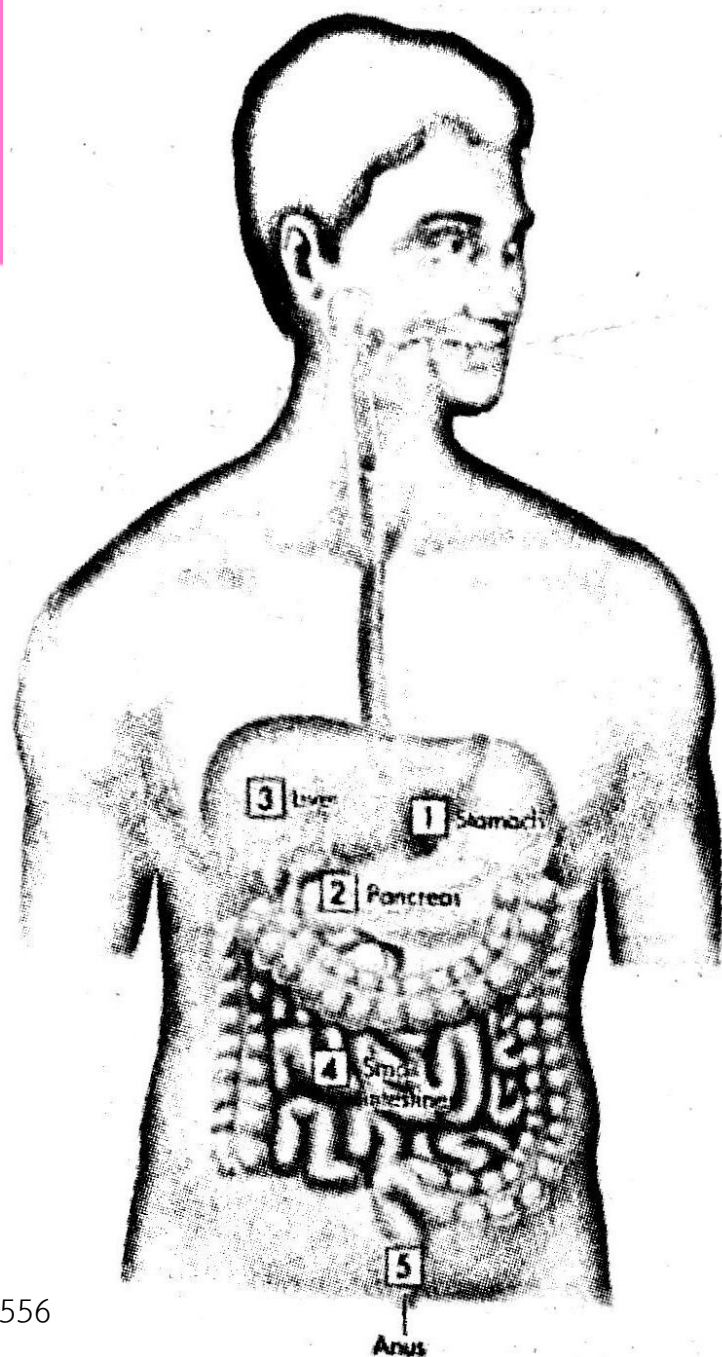
③ Monoglyceride

⑤ Pancreatic lipase
Intestinal lipase

⑤ Monoglyceride

⑥ Glyceride + Fatty acid

การเปลี่ยนแปลง ไขมันในร่างกาย



ไขมัน



- [1] ไขมันที่มีขนาดเล็กจะถูกย่อยในกระเพาะอาหาร
- [2] ไขมันส่วนใหญ่ถูกย่อยเป็นโมโนกลีเซอไรด์ และกรดไขมันโดยเอนไซม์ไลเพสจากตับอ่อน
- [3] ตับผลิตน้ำดีช่วยในการย่อยและดูดซึมไขมัน
- [4] กรดไขมันขนาดใหญ่รวมตัวกันใหม่อีกครั้ง กลายเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่บริเวณลำไส้เล็กและจับตัวกับโปรตีนเรียกว่า ไคโลไมครอนและถูกขนส่งผ่านระบบน้ำเหลือง
- [5] ไขมันส่วนน้อย (น้อยกว่า 5%) ถูกขับออกทางอุจจาระ

ที่มาของภาพ: อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, 2556



4.3 ไขมัน

4.3.3 การย่อยและดูดซึมไขมัน

การดูดซึมไขมัน

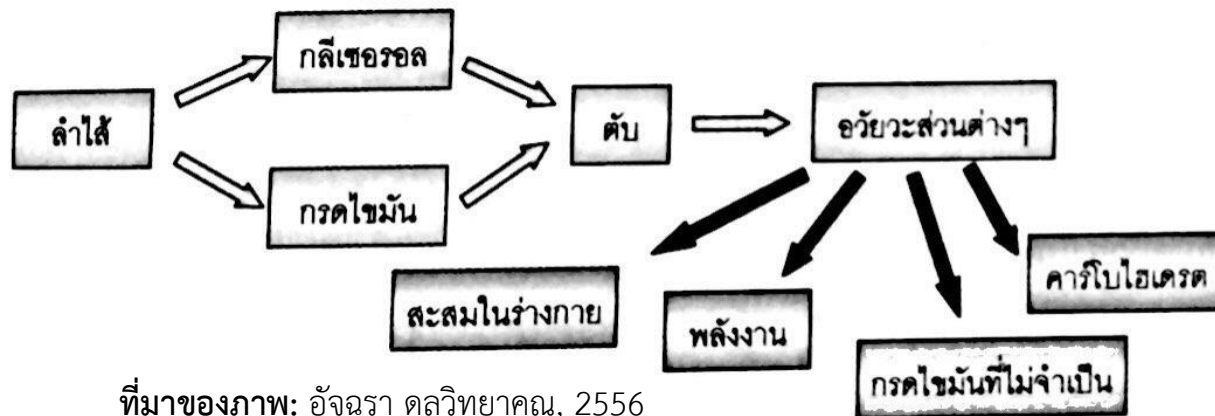
- ไขมันพวกฟอสโฟลิพิดบางชนิด ถูกดูดซึมได้โดยตรงไม่ต้องมีการย่อย เช่น เลซิทีน แต่บางชนิดถูกย่อยเป็นโคเลลินก่อนจึงถูกดูดซึม
- คลอเลสเทอรอล ถูกดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้เล็ก โดยอาศัยน้ำดี หลังดูดซึมแล้วจะไปรวมกับโปรตีนเช่นเดียวกับไตรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิพิด เพื่อขนส่งต่อไป

4.3 ไชมัน

4.3.3 การย่อยและดูดซึมไขมัน

การดูดซึมไขมัน

- กรดไขมันขนาดใหญ่รวมตัวอีกครั้ง กลายเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่ลำไส้เล็ก และจับตัวกับโปรตีน เรียกว่า ไคโลไมครอน และถูกขนส่งผ่านระบบน้ำเหลือง
- ไขมันส่วนน้อย (น้อยกว่า 5%) ถูกขับออกทางอุจจาระ



ที่มาของภาพ: อัจฉรา ดลวิทยาคูณ, 2556



4.3 ไขมัน

4.3.4 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณไขมันที่ควรได้รับ

○ ผลจากการได้รับไขมันน้อย

- เกิดการสลายไขมันที่สะสมไว้มากเกินไป ทำให้เกิดภาวะเป็นกรดในเลือด (Ketone bodies) ทำให้เกิดอาการชัก
- พลังงานในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอ จึงใช้พลังงานโปรตีนแทน เกิดการสลายโปรตีนเป็นพลังงาน เนื่องจาก โปรตีนเป็นพลังงานที่สำคัญ
- ทำให้การดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันลดลง



4.3 ไขมัน

4.3.4 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณไขมันที่ควรได้รับ

○ ผลจากการได้รับไขมันมาก

- โรคอ้วน
- โรคไขมันในเลือดสูง
 1. ไตรกลีเซอไรด์สูง
 - เกิดจากการกินไขมัน หรือกินคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอล์
 2. คอเลสเตอรอลสูง
 - จากการกินอาหาร และการสังเคราะห์ในร่างกาย



4.3 ไขมัน

4.3.4 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณไขมันที่ควรได้รับ

○ ปริมาณไขมันที่แนะนำให้รับประทาน

- อาหารทารกควรมีไขมันไม่น้อยกว่า 15% ของพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน (สภากาชาดและโภชนาการสาธารณสุข)
- ผู้ใหญ่ควรบริโภคไขมัน 25 % ของพลังงานทั้งหมด หรือประมาณ 65 กรัม/วัน (กองโภชนาการ, 2543)



4.3 ไขมัน

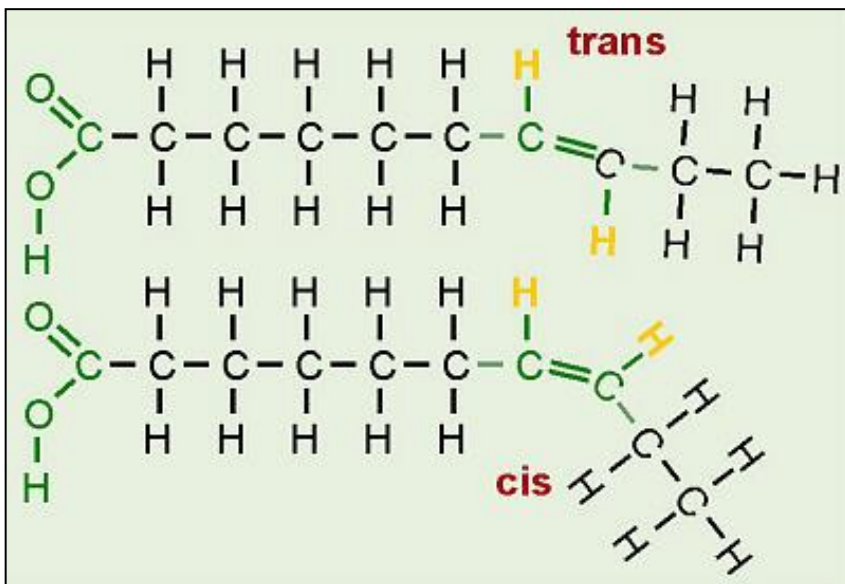
4.3.4 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณไขมันที่ควรได้รับ

○ ปริมาณไขมันที่แนะนำให้รับประทาน

- กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย อย่างน้อย 1-2% ของพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน
- กินไขมัน 20-30 % ของพลังงานทั้งหมด และควรเป็นไขมันพืช : ไขมันสัตว์ = 1 : 1 หรือ 3 : 1 เป็นอย่างน้อย (องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ)
- ในประเทศไทย แนะนำว่าควรบริโภคไขมันไม่น้อยกว่า 20-25 % ของพลังงานทั้งหมด และควรกินอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว

4.3 ไขมัน

4.3.4 ผลที่เกิดจากการบริโภคและปริมาณไขมันที่ควรได้รับ



โครงสร้างไขมันแบบ
cis- และ trans-

- พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบทรานส์ (trans unsaturated fatty acid) มากกว่าแบบซิส ในเนยเทียม (margarine) ซึ่งผลิตจากน้ำมันด้วยวิธี hydrogenation และในอาหารทอดทุกชนิด มีรายงานการศึกษาพบว่า กรดไขมันแบบทรานส์เป็นตัวอันตรายต่อสุขภาพ จะเพิ่มอัตราส่วนของ LDL-C/HDL-C และเพิ่มโอกาสเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ



4.3 ไขมัน

4.3.6 การคำนวณพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารไขมัน

- ปริมาณสารอาหารในวัตถุดิบ ดูได้จากตารางแสดงคุณค่าสารอาหารในอาหาร 100 กรัม

$$\text{ปริมาณไขมันในอาหาร} = \frac{\text{จำนวนกรัมของอาหาร} \times \text{ปริมาณไขมันของอาหารจากตาราง}}{100}$$

- ตัวอย่าง คำนวณหา ไขมันในซ็อกโกแลตหนึ่งแท่งหนัก 160 กรัม เปิดตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม พบว่า ให้ไขมัน เท่ากับ 32.3 กรัม
- $$= \frac{160 \times 32.39}{100}$$
- = 51.68 กรัม (ซ็อกโกแลตหนึ่งแท่งหนัก 160 กรัม ให้สารอาหารไขมัน 51.68 กรัม)

4.4 แร่ธาตุ

4.4.1 ประเภทของแร่ธาตุ

แร่ธาตุแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามองค์ประกอบพื้นฐานของร่างกาย คือ

1. แร่ธาตุที่พบมากในร่างกาย (major elements) ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โพแทสเซียม คลอรีน แมกนีเซียม กำมะถัน ร่างกายต้องการในปริมาณ **มากกว่าวันละ 100 mg/day**

- * Sodium : ควบคุมออสโมซิสในสารละลายความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลล์การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
- * Potassium : ความต่างศักย์ที่เยื่อหุ้มเซลล์และการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
- * Calcium : เกี่ยวกับกล้ามเนื้อและระบบย่อยอาหาร สร้างกระดูก
- * Magnesium : เกี่ยวกับ ATP โคแฟกเตอร์ เอนไซม์ การสร้างของกระดูก
- * Phosphorus : เป็นส่วนประกอบของกระดูก และเกี่ยวกับ energy processing
- * Sulfur : สำหรับกรดอะมิโนจำเป็น 3 ตัว และโปรตีนหลายชนิด รวมทั้งเป็น cofactor ด้วย



4.4 แร่ธาตุ

4.4.1 ประเภทของแร่ธาตุ

2. แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในระดับต่ำ (microminerals or trace mineral) คือ ร่างกายต้องการน้อยกว่าวันละ 100 mg/day ได้แก่ Fe, I, Cu, Zn, Mn, Co, Cr, Se, Mo, F, Sn, Si, V
- Iodine : สำหรับการสร้าง thyroxin
 - Iron : สำหรับโปรตีน และเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งฮีโมโกลบิน
 - Selenium : สำหรับ peroxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ
 - Zinc : สำหรับเอนไซม์หลายชนิด เช่น carbonic anhydrase



4.4 แร่ธาตุ

4.4.2 หน้าที่และประโยชน์ของแร่ธาตุ

- 1) เสริมสร้างความเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อร่างกาย
- 2) ควบคุมความเป็นกรด – ด่างของร่างกาย
- 3) รักษาสมดุลน้ำในร่างกาย
- 4) ช่วยการทำงานของเอนไซม์และฮอร์โมนบางชนิด
- 5) ช่วยควบคุมการยืดหดกล้ามเนื้อ



4.5 วิตามิน

4.5.1 ประเภทของวิตามิน

➤ วิตามิน คือ สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายที่สำคัญที่มนุษย์และสัตว์ส่วนใหญ่สร้างไม่ได้ มีทั้งหมด 14 ชนิด แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (fat soluble vitamin)

ได้แก่ A, D, E, K

2. วิตามินที่ละลายน้ำ (water soluble vitamin)

ได้แก่ C, B complex ; Thiamin (B1), Riboflavin (B2),
Niacin, Pantothenic acid, Pyrodoxine (B6), Biotin,
Folic acid, Cobalamin (B12)



4.5 วิตามิน

4.5.2 หน้าที่และประโยชน์ของวิตามิน

- 1) การสร้างเนื้อเยื่อ (anabolism) การสลายตัวของเนื้อเยื่อ(catabolism) การสะสมพลังงาน และการนำพลังงานออกมาใช้ หน้าที่ของวิตามินในกระบวนการเหล่านี้จึงเป็นหน้าที่ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างยิ่ง
- 2) วิตามินบางชนิดทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme)



คำถามท้ายบท

1. จงบอกแหล่งสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง
2. ทำไมจึงต้องมีการกำหนดค่าความต้องการสารอาหาร
3. ถ้ายังไม่มีค่า RDA ของสารอาหารใดสารอาหารหนึ่ง ท่านจะแนะนำให้ใช้ค่าอะไรเป็นตัวกำหนดค่าแนะนำการได้รับสารอาหารนั้นๆ เพราะเหตุใด
4. จงอธิบายกระบวนการย่อยและการดูดซึม
5. จงบอกกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายว่ามีอะไรบ้าง
6. จงอธิบายชนิดของใยอาหารและประโยชน์ต่อร่างกาย
7. จงอธิบายข้อแตกต่างระหว่างไขมันประเภท MUFA กับ PUFA
8. วิตามินแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง และจงบอกแหล่งอาหารของวิตามินในแต่ละชนิด
9. จงอธิบายค่าที่เกี่ยวข้องกับพลังงานของสารอาหาร (Energy value of nutrient)



เอกสารอ้างอิง

1. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2552. **โภชนศาสตร์สาธารณสุข (Nutrition in health) หน่วยที่ 1-7**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช.
2. อัจฉรา คลวิทยาคุณ. 2556. **พื้นฐานโภชนาการ**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
3. นิธิยา รัตนปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนปนนท์. 2556. **หลักโภชนศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
4. สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2550. **โภชนศาสตร์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
5. สง่า ดามาพงศ์. 2555. **กินอยู่อย่างสง่า**. สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย. ค้นหาเมื่อ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2560, จาก <http://www.stta.or.th/images/pdf/seminar01.pdf>.
6. สรชัย ศรีสุขมะ. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. **Energy Metabolism**. ค้นหาเมื่อ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2560, จาก http://www.ps.si.mahidol.ac.th/courseware/storerresources/51_SS_Energy%20Metabolism.pdf.



เอกสารอ้างอิง

7. พุทธพร ส่องศรี. สาขาวิชาชีวเคมี สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.*ภาพรวมเมแทบอลิซึม*. ค้นหาเมื่อ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2560, จาก <http://biochem.flas.kps.ku.ac.th/01402313/01402313256met1.pdf>
8. ประสงค์ เทียนบุญ.) *ความต้องการสารอาหาร (Nutrition requirement*. ค้นหาเมื่อ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2560, จาก <http://www.med.cmu.ac.th/dept/nutrition/DATA/COMMON/cmunut-deptped/ped401-prasong/ped401-nutrition%20requirement-prasong1.pdf>.

แหล่งที่มาของรูปภาพ

1. <http://www.healthornutrition.com/fat-loss-foods-complete-guide/>
2. <http://sukkaphap-d.com>
3. <https://www.maerakluke.com/topics/1530>
4. <https://sites.google.com/>



NPRU
Nakhon Pathom
Rajabhat University

Thank You