บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 โยเกิร์ต

โยเกิร์ต (yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่เติมเชื้อเริ่มต้น *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* supsp. *bulgaricus* โดยอาจมีการเติมเชื้อเริ่มต้นที่แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น *L. helveticus* และ *L. delbrueckii* supsp. *lactis* โดยผลิตภัณฑ์ประเภทนมหมักนั้นถูกพัฒนาขึ้นอย่างเรียบง่ายเพียงเพื่อต้องการรักษาคุณค่าทางโภชนาการของนมเพียงอย่างเดียว โดยสามารถนำโยเกิร์ตรับประทานเป็นทั้งขนมรับประทานเล่นหรือเป็นส่วนหนึ่งของมื้ออาหาร บริโภคในรูปแบบของหวาน หรือเป็นอาหารเรียกน้ำย่อยที่เพราะสามารถหามาบริโภคได้ทั้งปีและยังเป็นอาหารที่ได้การยอมรับในด้านสุขภาพและทางด้านโภชนาการ ซึ่งนำไปสู่การบริโภคในประชากรอย่างกว้างขวางอีกด้วย แต่ในเวลาต่อมาได้มีการค้นพบว่าการหมักนมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ต่างชนิดกันนั้นมีโอกาสที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างทั้งในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส ส่วนประกอบ รวมถึงคุณประโยชน์ทางด้านสุขภาพ (Tamime, 2002; Mckinley, 2005)

นับตั้งแต่ ปี ค.ศ.1986 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในโยเกิร์ตนั้นได้ถูกเพิ่มเติมหรือแทนที่โดยเชื้อ *Bifidobacterium* spp. เพื่อส่งเสริมคุณค่าทางด้านโภชนาการบำบัดของโยเกิร์ต และเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของตลาดว่าเป็นอาหารที่มีหน้าที่การทำงานเกี่ยวกับโภชนาการบำบัด อีกทั้งยังได้รับการแนะนำว่าเหมาะที่จะเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเมื่อต้องการควบคุมการบริโภคอาหาร เพราะสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดได้ (Mann, 1977; Kailasapathy and Rybka, 1997)

2.1.1 ชนิดของโยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในท้องตลาดขณะนี้มีอยู่มากมาย ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค โดยอาจมาในรูปแบบเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน อาจเป็นลักษณะปริมาณของไขมัน หรือตามลักษณะสารปรุงแต่งก็ได้ โยเกิร์ตแบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้ (Brian, 2002; Dairy Australia, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (set yoghurt)

โยเกิร์ตชนิดเซ็ตเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ปล่อยให้นมหมักตกตะกอนและควบคุมอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุนั้นโดยไม่มีการกวน โยเกิร์ตชนิดเซ็ตอาจมีทั้งรสธรรมชาติหรือแต่งกลิ่นวานิลลา หรืออาจเติมผลไม้ลงไปในภาชนะบรรจุก่อน โยเกิร์ตชนิดเซ็ตมีลักษณะเนื้อที่เข้มข้นและไม่มีการแยกชั้น

2) โยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yoghurt)

โยเกิร์ตชนิดกวนคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตในถังบรรจุขนาดใหญ่ หลังจากนั้นจะนำไปใส่ในภาชนะที่ใช้บรรจุจัดจำหน่ายหรืออาจเติม ผลไม้ น้ำผลไม้ กวนให้เข้ากันก่อนใส่ในภาชนะบรรจุโดยลักษณะเนื้อโยเกิร์ตจะมีความกลมกลืนกว่าแบบโยเกิร์ตชนิดเซ็ต ซึ่งเป็นลักษณะที่เป็นที่นิยมในทางการค้า

3) นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (drinking yoghurt)

นมเปรี้ยวพร้อมดื่มคือ ผลิตภัณฑ์ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังแล้วเพิ่มน้ำนมและแต่งกลิ่นผสมให้เข้ากันเติมน้ำผลไม้หรือน้ำเชื่อมเพื่อเพิ่มรสชาติ

4) โยเกิร์ตแช่แข็ง (frozen yoghurt)

โยเกิร์ตแช่แข็งคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ ผสมน้ำตาล สารให้ความคงตัวและแต่งกลิ่นลงไปในโยเกิร์ตชนิดกวนรสธรรมชาติ ก่อนนำไปแช่แข็งเพื่อทำโยเกิร์ตแช่แข็ง

5) โยเกิร์ตแต่งกลิ่นและรสชาติ (flavoured yoghurt)

โยเกิร์ตแต่งกลิ่นและรสชาติคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในท้องตลาดนั้นมีความหลากหลาย อาจเป็นลักษณะปริมาณของไขมันเช่น เช่น โยเกิร์ตไขมันสูง โยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำ โยเกิร์ตชนิดปราศจากไขมัน หรือตามลักษณะสารปรุงแต่ง โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โยเกิร์ตรสผลไม้ โยเกิร์ตผสมธัญพืช โดยนิยมกวนรวมไปกับโยเกิร์ต หรืออาจใส่ลงไปในภาชนะบรรจุก่อนหรือหลังเติมโยเกิร์ตชนิดเซ็ตก็ได้เพื่อเพิ่มความหวานและส่งเสริมรสชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการ (nutrition profile) ของโยเกิร์ต

นมในโยเกิร์ตนั้นเป็นแหล่งของโปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินบี 12 รวมถึง โฟเลต ไนอาซิน แมกนีเซียม และสังกะสี โดยโปรตีนที่มีในโยเกิร์ตประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการ (essential amino acids) วิตามินและแร่ธาตุที่พบในโยเกิร์ตสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย โดยส่วนประกอบหลักของโยเกิร์ตนั้นคือนม แต่คุณสมบัติทางโภชนาการของโยเกิร์ตแต่ละชนิดนั้น อาจแตกต่างกันบ้างจากส่วนผสมอื่นเช่นผลไม้หรือธัญพืชที่ผสมอยู่ (ตารางที่ 2.1) (Mckinley, 2005)

2.1.3 คุณประโยชน์ของโยเกิร์ตทางด้านสุขภาพ

ปัจจุบันการบริโภคโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากโยเกิร์ตมีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพซึ่ง Metchnikoff เป็นคนแรกที่มีการนำเสนอว่าการบริโภคโยเกิร์ตนั้นมีผลทำให้ชีวิตยืนยาวขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง โดยมีหลักฐานยืนยันว่า จุลินทรีย์ที่พบในโยเกิร์ตซึ่งได้แก่ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *S. thermophilus* นั้น สามารถยับยั้งการหมักแบบเน่าเสียของจุลินทรีย์ในลำไส้ (intestinal flora) ได้นอกจากนี้โยเกิร์ตยังช่วยในการควบคุมน้ำหนักและลดภาวะอาการแพ้น้ำตาลแลกโตสได้อีกด้วย (Mckinley, 2005) ประโยชน์ของโยเกิร์ตสรุปได้ดังนี้

1) การควบคุมน้ำหนัก

การบริโภคผลิตภัณฑ์นมอาจมีผลทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ทำให้มีคำเตือนให้งดการบริโภค อย่างไรก็ตามจากข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์และสัตว์ทดลอง ในเบื้องต้นพบว่าการบริโภคนม และผลิตภัณฑ์นมจะช่วยส่งเสริมการเจริญในด้านน้ำหนักและไขมัน แต่พบว่าการรับประทานแคลเซียมที่มาจากโยเกิร์ตนั้นสามารถลดปริมาณของไขมันในร่างกายลงได้ (Mckinley, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

คุณค่าทางโภชนาการ	โยเกิร์ตรสธรรมชาติ (150กรัม)	โยเกิร์ตรสผลไม้ (150กรัม)	โยเกิร์ตไขมันต่ำรสธรรมชาติ (150 กรัม)	โยเกิร์ตไขมันต่ำรสผลไม้(150 กรัม)	โยเกิร์ตไร้ไขมันรสผลไม้ (150กรัม)	โยเกิร์ตสไตล์กรีก (150กรัม)	ทวินพอทโยเกิร์ต (175 กรัม)	โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (200 กรัม)
โปรตีน (กรัม)	8.6	6.0	7.2	6.3	7.2	8.6	7.2	6.2
โฟเลต (ไมโครกรัม)	27	15	27	24	12	9	23	24
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	2.3	1.3	1.7	1.7	1.7	2.5	2.0	1.6
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.40	0.24	0.33	0.32	0.44	0.20	0.33	0.32
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	0.09	0.18	0.18	0.18	0.06	0.18	0.11	0.06
วิตามินบี12 (ไมโครกรัม)	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0	0.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	300	183	243	210	195	189	228	200
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	29	20	24	23	20	20	23	22
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	255	144	215	180	165	207	186	162
สังกะสี (มิลลิกรัม)	1.1	0.6	0.9	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6

ที่มา : Mckinley (2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การลดภาวะอาการแพ้น้ำตาลแลกโตส (lactose intolerance)

แลกโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตหลักที่พบในนมและผลิตภัณฑ์นม เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่ประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสองโมเลกุล คือกลูโคส และกาแลกโตส ร่างกายสามารถย่อยได้โดยอาศัยเอนไซม์แลกเตสและจะถูกดูดซึมภายในลำไส้เล็กเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานในร่างกาย

ภาวะบกพร่องของการย่อยแลกโตส (lactose maldigestion) คือการที่ร่างกายย่อยสลายแลกโตสไม่ได้เพราะขาดเอนไซม์แลกเตส (lactase enzyme) และเมื่อแลกโตสที่ไม่ได้รับการย่อยผ่านมาถึงลำไส้ใหญ่ แลกโตสจะถูกหมักด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้เกิดอาการที่ไม่ปกติในระบบลำไส้ เช่น ภาวะมีแก๊สมากในกระเพาะอาหาร การเกิดท้องเสีย และมีอาการปวดท้อง เป็นต้น โดยอาการแพ้น้ำตาลแลกโตสเป็นลักษณะอาการที่ปรากฏหลังจากที่ได้รับประทานแลกโตสของผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะบกพร่องของการย่อยแลกโตส อย่างไรก็ตาม มีรายงานที่สอดคล้องกันที่แสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตนั้นช่วยให้ร่างกายสามารถต้านทานการแพ้น้ำตาลแลกโตสได้เมื่อเทียบกับการดื่มนม เพราะโยเกิร์ตมีความหนืดที่สูงกว่า มีผลทำให้สามารถที่จะกระจายอยู่ในส่วนของระบบลำไส้ ได้นาน อาจช่วยให้มีการดูดซึมได้ดีขึ้น และเป็นการช่วยลดการแบกรับของลำไส้ใหญ่อีกด้วย (Mckinley, 2005)

2.1.4 เชื้อโพรไบโอติคในโยเกิร์ต

เชื้อโพรไบโอติค (probiotics) คือจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่ได้รับเพิ่มเติมจากการรับประทานและมีประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ที่รับประทานเข้าไป โดยเข้าไปมีผลในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ อย่างไรก็ตามนิยามนี้ไม่ได้หมายความรวมถึงเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากที่อื่นนอกเหนือจากในอาหารมนุษย์หรืออาหารสัตว์หรือเชื้อที่ไม่ได้มีอยู่เดิมในระบบย่อยอาหาร โดยจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่หมักกรดแลคติก (lactic acid bacteria) บางสายพันธุ์ และ จุลินทรีย์ในสกุล *Bifidobacterium* spp. โดยเชื้อในกลุ่มนี้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่น (micro flora) ในระบบลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ โดยเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติคไม่มีผลเสียที่เกี่ยวกับสุขภาพในมนุษย์และสัตว์ (Suskovic *et al*., 2001)

การเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติคในระบบย่อยอาหารนั้นสามารถแบ่งได้เป็นสองวิธี วิธีแรกก็คือการรับประทานเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตเข้าไป วิธีนี้เรียกว่าโพรไบโอติคนั่นเอง ส่วนอีกวิธีหนึ่งก็คือการรับประทานสารอาหารที่พบอยู่ในลำไส้ที่เชื้อในลำไส้ใช้เป็นแหล่งอาหาร ซึ่งเรียกว่า พรีไบโอติค (prebiotics) (Gibson and Roberfoid, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปัจจุบันความสนใจในการนำเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติคในการสร้างเสริมสุขภาพนั้นมีมากขึ้นและได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติคนิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการหมัก เช่น โยเกิร์ต เป็นต้น โดยความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภทนมหมักที่เติมเชื้อโพรไบโอติคนั้นเป็นที่ต้องการของตลาด โดยในตลาดทั่วโลกพบว่ามีการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ประมาณ 80 ชนิด โดยเฉพาะโยเกิร์ตที่มีการเติมเชื้อโพรไบโอติคมีส่วนแบ่งทางการตลาดอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 ของปริมาณโยเกิร์ตที่มีในยุโรป (Champagne and Gardner, 2005) โดยจุลินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 จุลินทรีย์โพรไบโอติคที่นำมาใช้ในการผลิตยาและ/หรือใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์นม

สกุล (genus)	สายพันธุ์ (species)
Lactobacillus	*acidophilus*
	delbrueckii subsp. *bulgaricus*
	casei
	crispatus
	johnsonii
	lactis
	paracasei
	fermentum
	plantarum
	rhamnosus
	reuteri
	salivarius
Bifidobacterium	*adolescenti*
	bifidum
	breve
	essensis
	infantis
	lactis
	longum
Enterococcus	*faecalis*
	faecium
Pediococcus	*acidilactici*
Propioniobacterium	*freudenreichii*
Saccharomyces	*boulardii*
Streptococcus	*thermophilus*

ที่มา : Champagne and Gardner (2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 *Bifidobacterium* spp.

2.2.1 ลักษณะสัณฐานและคุณสมบัติทางชีวเคมี

Bifidobacteria ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Henry Tissier เมื่อปี ค.ศ. 1899 จากการแยกแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนจากอุจจาระของเด็กทารก โดยครั้งแรกถูกตั้งชื่อว่า *Bacillus bifidus* มีลักษณะเซลล์เป็นรูปแท่งบางครั้งอาจมีรูปร่างเป็นตัววาย (Y-shape) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram-positive) ไม่เคลื่อนที่ (non-motile) ไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) ไม่สร้างแก๊ส (non-gas-producing) เป็นแบคทีเรียประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ไม่เจริญในสภาพที่มีออกซิเจนโดยมีบางสายพันธุ์ที่สามารถทนออกซิเจนได้ ให้ผลลบต่อการทดสอบคะตะเลส (catalase test) ยกเว้น *B. indicum* และ *B. asteroids* (Ventura, 2004)

Bifidobacterium spp. สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 20-46 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการเจริญคือ 6.5-7 สามารถหมักน้ำตาลแลกโตส และเจริญได้ดีในนม โดย *B. adolescentis*, *B. breve*, *B. infantis* และ *B. longum* สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้อย่างหลากหลาย ส่วนเชื้อ *B. bifidum* สามารถใช้ประโยชน์ จากน้ำตาลแลกโตส ฟรุคโตส และกาแลกโตสได้ โดยเชื้อ Bifidobacteria นั้นหมักน้ำตาลกลูโคสโดยผ่านกระบวนการฟรุกโตส-6-ฟอสเฟต (fructose-6-phosphate shunt) เพราะมีรายงานว่าพบเอนไซม์ฟรุกโตส-6-ฟอสเฟต ฟอสโฟคีโตเลส (fructose-6-phosphate phosphoketolase) จากสารสกัดภายในเซลล์ ซึ่งแตกต่างจากเชื้อ *Lactobacillus* spp. ที่หมักเฮกโซสโดยใช้กระบวนการกลูโคส-6-ฟอสเฟต (glucose-6-phosphate shunt) (Arunachalam, 1999) โดยปัจจุบันพบเชื้อ bifidobacteria มากกว่า 30 สายพันธุ์โดยส่วนใหญ่สามารถแยกได้จากในระบบลำไส้ของทั้งคนและสัตว์หลายชนิดโดยแหล่งที่พบเชื้อในแต่ละสายพันธุ์แสดงในตารางที่ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 แหล่งที่พบเชื้อ Bifidobacteria ในแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์	แหล่งที่พบ	สายพันธุ์	แหล่งที่พบ
B. adolescentis	อุจจาระทารกและผู้ใหญ่ ช่องปาก ช่องคลอด และไส้ติ่ง	*B. longum*	อุจจาระทารกและผู้ใหญ่ และช่องคลอด
B. angulatum	อุจจาระผู้ใหญ่	*B. lactis*	นมหมัก
B. animalis	มูลของหนู ไก่ กระต่าย และ ลูกวัว	*B. magnum*	มูลกระต่าย
B. asteroides	น้ำผึ้ง	*B. merycicum*	กระเพาะวัว
B. bifidum	อุจจาระทารกและผู้ใหญ่ และช่องคลอด	*B. minimum*	สิ่งปฏิกูล
B. boum	กระเพาะวัวและมูลหมู	*B. pseudocatenulatum*	อุจจาระทารก
B. breve	อุจจาระทารก และช่องคลอด	*B. psuedolongum*	กระเพาะวัว มูลของลูกหมู หนู ไก่และ ลูกวัว
B. catenulatum	อุจจาระทารกและผู้ใหญ่ ช่องคลอด	*B. psuedolongum* subsp. *globosum*	กระเพาะวัว มูลของกระต่าย ลูกหมู หนู แกะ และลูกวัว
B. choerinum	มูลหมู	*B psychraerophilum*	ลำไส้ใหญ่หมู
B. coryneforme	น้ำผึ้ง	*B. pullorum*	มูลไก่
B. cuniculi	มูลกระต่าย	*B. ruminantium*	กระเพาะหมู
B.denticolens	ฟันผุ	*B. saeculare*	มูลกระต่าย
B. dentium	ฟันผุ ช่องปาก และอุจจาระผู้ใหญ่	*B. scardovii*	อุจจาระผู้ใหญ่
B. gallicum	อุจจาระผู้ใหญ่	*B. subtile*	สิ่งปฏิกูล
B. gullinarium	มูลไก่	*B. suis*	มูลลูกหมู
B. infantis	อุจจาระทารก และช่องคลอด	*B. termacidophilum*	มูลหมู
B. inopinatum	ฟันผุ	*B. thermophilum*	กระเพาะวัว มูลของลูกหมู ไก่และ ลูกวัว
		B. termacidophilum supsp. *porcinum*	มูลลูกหมู

ที่มา : Biavati *et al.* (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 ปัจจัยในการเจริญของเชื้อ *Bifidobacterium* spp.

Bifidobacterium spp. จะถูกกระตุ้นโดยปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการเจริญที่ได้จากการเมแทบอลิซึมโดยร่างกายหรือจากเชื้อจุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหารที่มีลักษณะคล้ายสารทรีโอนิน (threonine) ยีสต์เอ๊กแตรกซ์ (yeast extract) ซีสเทอีน (cystein) เป็ปโตน (peptone) เดร็กซ์ตริน (dextrin) มอลโทส (maltose) และ เบต้า-กลีเซอโรฟอสเฟต (β-glycerophosphate) และ ไบฟิโดจีนิคแฟคเตอร์ (bifidogenic factor) ซึ่งเป็นสารที่ร่างกายปล่อยออกมาจากลำไส้ใหญ่เพื่อให้เชื้อ *Bifidobacterium* spp. ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยรวมถึง แลคทูโลส (lactulose) แลคโตเฟอร์ริน (lactoferrin) ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharides) โพลีโฮโลไซด์ (polyholosides) แลคทิทอล (lactiol) และโอลิโกโฮโลไซด์ (oligoholosides) (Ventura *et al.*, 2004)

Kaneko *et al.* (1994) พบว่า กรดไขมันสายสั้น ฟอร์เมต (formate) อะซิเตต (acetate) โพรพิโอเนต (propionate) และ บิวทีเรต (buterate) สามารถกระตุ้นการเจริญของเชื้อ Bifidobacteria และสามารถใช้ แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน โดยพบว่ามีการสังเคราะห์กรดอะมิโน อะลานิน (alanine) วาลิน (valine) แอสปาเตต (aspatate) และทรีโอนิน (threonine) ในหลอดทดลอง ทั้งยังพบอีกว่า Bifidobacteria สายพันธุ์ที่แยกได้ในมนุษย์ต้องการวิตามินบี 1 บี 6 บี 9 และ บี 12 สำหรับการเจริญ โดยเชื้อแต่ละสายพันธุ์ยังสามารถสังเคราะห์วิตามินได้แตกต่างกัน (Aluchanalam, 1999) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.2.3 ประโยชน์ของ *Bifidobacterium* spp. ต่อสุขภาพ

หน้าที่การทำงานของเชื้อโพรไบโอติคโดยทั่วไปแต่อาจแบ่งได้เป็น 4 หลักการดังนี้

- สามารถผลิตสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์
- มีความสามารถในการแข่งขันการเกาะติดอวัยวะที่สัมผัส
- มีความสามารถในการแย่งสารอาหารกับเชื้อก่อโรค
- การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับประโยชน์ของเชื้อโพรไบโอติค ที่มีต่ออาการท้องผูก โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และ โรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น (Aluchanalam, 1999) สำหรับ Bifidobacteria มีประโยชน์ต่อสุขภาพดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.4 การสังเคราะห์วิตามินของ *Bifidobacterium* spp.

วิตามิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	จุลินทรีย์				
	B. adolescentis	*B. bifidum*	*B. breve*	*B. infantis*	*B. longum*
Thiamin	0.02	0.23	0.09	0.2	0.09
Folic acid	0.01	0.058	0.008	0.04	0.02
Pyridoxine	0.043	0.046	0.2	0.59	0.42
Nicotine	0.17	1.04	0.39	11.23	0.61
Cynocobalamin	0.35	0.65	0.49	0.39	0.46
Ascorbic acid	l.c.	n.s.	l.c.	l.c.	l.c.
biotin	l.c.	n.s.	l.c.	l.c.	l.c.
Riboflavin	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

l.c. = ความเข้มข้นต่ำ n.s. = ไม่สังเคราะห์

ที่มา : Aluchanalam (1999)

1) การต้านโรคท้องร่วง

โรคท้องร่วงเป็นปัญหาสาธารณสุขหลักของโลก โดยมีผู้เสียชีวิตนับล้านคนต่อปี โดยผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่เป็นเด็กในประเทศกำลังพัฒนา สาเหตุเกิดมาจากการติดเชื้อโรคท้องร่วงที่เกิดจากอาหาร (World Health Organization 2003) Bifidobacteria นั้นมีผลต่อการป้องกันการติดเชื้อท้องร่วงเฉียบพลันที่เกิดจากเชื้อไวรัสโดยพบว่า *B. bifidum* กับ *S. thermophilus* ในนมสามารถลดการติดเชื้อที่เกิดจากเชื้อโรตาไวรัส (rotavirus) (Saavedra *et al.*, 1994) ในขณะที่เชื้อ *B. breve* ก็สามารถยับยั้งเชื้อโรตาไวรัสในเด็กแรกเกิดและเด็กเล็กเช่นกัน (Bae *et al.*, 2002) ทั้งยังพบว่า *B. longum* ยังสามารถช่วยลดโอกาสการเกิดโรคท้องเสียที่เกิดจากการเจริญของเชื้อก่อโรคที่ดื้อยาอาจเป็นผลข้างเคียงในการใช้ยาปฏิชีวนะ (Orrhage, 2000)

2) การต้านการติดเชื้อ

นอกจากผลจากเชื้อ Bifidobacteria ที่ต้านทานการติดเชื้อที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วงแล้วนั้น Bifidobacteria ยังสามารถยับยั้งการเจริญและกิจกรรมต่าง ๆ ของเชื้อก่อโรคอื่นๆ อีกด้วย (Servin, 2004) โดย Silva *et al.*(1999) พบว่า *B. longum* มีการต่อต้านการติดเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในหนู ในขณะที่ *B. breve* และ *B. pseudocatenulatum* ช่วยป้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กันหนูไมส์ (mice) จากการติดเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7 (Asahara *et al.*, 1999) ทั้งยังพบว่า *Bifidobacterium* spp. สามารถต้านทานการติดเชื้อ *Listeria monocytogenes* ได้อีกด้วย (Toure *et al.*, 2003)

3) การลดความเสี่ยงในการเกิดเนื้องอกและโรคมะเร็ง

มะเร็งลำไส้ นั้นเป็นปัญหาสำคัญอันดับสองรองลงมาจาก มะเร็งปอดในผู้ชายและมะเร็งเต้านมในผู้หญิงโดยพบว่ามีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้น สาเหตุเกิดจากการกินอาหารประเภทเนื้อสัตว์และ ไขมันมากเกินไปในขณะที่การรับประทานอาหารประเภทเส้นใยกลับลดน้อยลง เป็นผลทำให้จุลินทรีย์ที่หมักของเสียมีจำนวนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับของเชื้อ *Bifidobacterium* spp.ซึ่งเป็นเชื้อโพรไบโอติคที่ช่วยป้องกันหรือชะลอการเกิดมะเร็งนั้นลดลงนั่นเอง ซึ่งจุลินทรีย์ที่หมักของเสียเหล่านี้จะมีกิจกรรมที่ใช้เอนไซม์มากขึ้น เช่น เบต้า-กลูคูโรนิเดส อะโซรีดักเตส ยูรีเอส และไนโตรรีดัคเตส ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะเปลี่ยนสารตั้งต้นของสารก่อมะเร็งให้เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้มีการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ (Leahy, 2005)

Pool-Zobel *et al.* (1999) ยังพบว่า *B. longum* และ *B. breve* สามารถป้องกันการทำลาย ดีเอ็นเอ (DNA) จากสารก่อมะเร็ง ในขณะที่ *B. animalis* สามารถลดอัตราการเกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่ผิดปกติในลำไส้ใหญ่ซึ่งเป็นอาการที่เกิดก่อนโรคมะเร็ง ที่เรียกกันว่า aberrant crypt foci (AFC)ในหนูโดยลดลง 60-90 เปอร์เซ็นต์ (Tavan *et al.*, 2002) และยังพบว่า *B. longum* ก็สามารถลดอัตราการเกิด AFC ในหนูได้เช่นกัน (Rowland, 1998)

4) การสร้างระบบภูมิคุ้มกัน

ภายในระบบลำไส้นั้นมีหน้าที่การทำงานที่หลากหลายทั้งหน้าที่ในการย่อยและดูดซึมอาหาร และยังเป็นอวัยวะส่วนที่ยาวที่สุดในร่างกายที่ต้องป้องกันสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ให้กับร่างกายเชื้อโพรไบโอติคจึงจัดว่าเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของระบบลำไส้ที่ใช้ในการปกป้องและต่อต้านแอนติเจนต่าง ๆ ทั้งจากอาหารและเชื้อจุลินทรีย์นั่นเอง (Leahy, 2005)

Lee *et al.* (2004) พบว่า *B. infantis* สามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในการยับยั้งทีเอช 2 ไซโตไคน์ (Th2 cytokine) ที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ ในขณะที่ *B. bifidum* สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันร่วมกับเชื้อโพรไบโอติคอื่น ๆ เมื่อมีการบริโภคเนยแข็ง (Medici *et al.*, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) การปรับปรุงการทำงานของลำไส้

Bifidobacterium spp. สามารถปรับปรุงกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนโดยมีกิจกรรมของ ฟอสโฟโปรตีน ฟอสฟาเตส (phosphoprotein phosphatase activity) ซึ่งช่วยการดูดซึมโปรตีนในนมโดยการย่อยเคซีน (casein)ในนม *Bifidobacterium* spp. สามารถผลิตวิตามินบี1 ปริมาณ 7.5 ไมโครกรัมและวิตามินบี 2 ปริมาณ 25 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม การรับประทานเชื้อ Bifidobacteria จะช่วยยับยั้ง *Bacillus thiaminolyticus* ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้เล็กโดยแบคทีเรีย *B. thiaminolyticus* จะทำลายวิตามินบี 1ทำให้ร่างกายมีอาการขาดวิตามินบี 1 (Arunachalam, 1999)

6) การลดคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด

ในช่วงปี ค.ศ.1970-1980 มีรายงานถึงการลดลงของคอเลสเตอรอลในซีรั่มหลังจากการได้รับประทานผลิตภัณฑ์ประเภทนมหมักเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ โดยพบว่า *B. longum* และ *B. lactis* ในโยเกิร์ตนมกระบือ และโยเกิร์ตถั่วเหลือง สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดของหนูได้ (Ibrahim *et al.*, 2005)

2.3 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง (brown rice) คือ ข้าวเปลือกที่กะเทาะเอาแปลือก (แกลบ) ออกอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการขัดสีเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกเหมือนข้าวสารขาวทั่วไป จึงมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขาวมาก และมีกากมากกว่าทำให้ท้องไม่ผูก แต่เมื่อหุงต้มแล้วจะแข็งกระด้างกว่าข้าวขาว ข้าวกล้องมักมีสีคล้ำกว่าข้าวขาว บางพันธุ์มีสีน้ำตาล น้ำตาลเทา น้ำตาลเข้ม น้ำตาลแดง ม่วง และบางที่ม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวกล้องชนิดขาวดังแสดงในตารางที่ 2.5 (มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวในข้าว 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
โปรตีน	กรัม	7.60	6.40
วิตามินบีรวม			
บี 1 (B1 Thaiamine)	มิลลิกรัม	0.34	0.07
บี 2 (B2 Riboflavin)	มิลลิกรัม	0.05	0.03
ไนอะซิน (Niacin)	มิลลิกรัม	0.62	0.11
กรดแพนโทเธนิค (Pantothenic acid)	มิลลิกรัม	1.5	0.22
กรดโฟลิค (Folic acid)	มิลลิกรัม	20	3.6
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.6	0.8
แคลเซียม	มิลลิกรัม	32	24
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม	52	14
แมงกานีส	มิลลิกรัม	1.5	0.9
สังกะสี	มิลลิกรัม	1.9	1.5
โคบอลท์	ไมโครกรัม	4.2	0.9
ทองแดง	ไมโครกรัม	360	230
ซิลิเนียม	ไมโครกรัม	38.8	31.8
ไอโอดีน	ไมโครกรัม	2.2	2

ที่มา : พรชัย ภู่โสภา (2549)

2.3.1 ส่วนประกอบของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2538)

เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ epicarp mesocarp และ endocarp เยื่อหุ้มผลมีลักษณะเป็น fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เยื่ออาลูโรน (aleurone) อยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) และ คัพภะ (embryo) เยื่ออาลูโรนมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยน้ำมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

ส่วนที่เป็นแป้งหรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อะไมโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของ ดี-กลูโคส (D-glucose) ที่ต่อกันเป็นสายโซ่แขนง (branch chain) และอะไมโลส (amylose) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของ ดี-กลูโคส (D-glucose) ที่ต่อกันเป็นสายโซ่ตรง (linear chain) ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลส อยู่ประมาณร้อยละ 0-2 ส่วนที่เหลือเป็นอะไมโลเพคติน ส่วนในข้าวเจ้ามีอะไมโลสมากกว่าคือ ประมาณร้อยละ 7-33 ของน้ำหนักข้าวสาร

คัพภะอยู่ติดกับเนื้อเมล็ด (endosperm) ทางด้านเลมมา (lemma) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป คัพภะประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) เอมบริโอเป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

2.3.2 ประโยชน์ของข้าวกล้อง

วิวัฒน์ ศีตมโนชญ์และคณะ (2548) พบว่าผู้ทดลองที่มีระดับคอเลสเตอรอลรวมมากกว่า 240 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรหลังจากรับประทานข้าวกล้องเป็นเวลา 2 เดือน โดยรับประทานอย่างน้อย 2 มื้อต่อวัน และ 5 วันต่อสัปดาห์ ร่างกายมีค่าระดับคอเลสเตอรอลรวม ไตรกลีเซอไรด์ และแอลดีแอลคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไนอะซินที่มีในข้าวกล้องยังสามารถลดไขมันในเลือดได้ทั้งคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ สามารถเพิ่มไขมันเอชดีแอลได้มากที่สุดในบรรดายาที่มีอยู่ โดยไนอะซินลดแอลดีแอลคอเลสเตอรอลได้ร้อยละ 20-30 ลดไตรกลีเซอไรด์ได้ร้อยละ 20-50 เพิ่มเอชดีแอลได้มากถึงร้อยละ 15-35 และ เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) ที่พบใน ข้าวกล้องยังสามารถช่วยลดความดันโลหิตและ ช่วยควบคุมน้ำหนักได้อีกด้วย (Behall *et al.*, 2006; โครงการรักหัวใจใส่ใจโคเลสเตอรอล, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 น้ำผึ้ง

น้ำผึ้งเป็นน้ำเชื่อมธรรมชาติประกอบไปด้วยน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสเป็นส่วนใหญ่ โดยมีน้ำตาลชนิดอื่นๆเป็นส่วนประกอบร่วมด้วย เช่น น้ำตาลมอลโทส น้ำตาลซูโครส และโอลิโกแซคคาไรด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 โดยในน้ำผึ้งนั้นมีส่วนประกอบที่มีความหลากหลายมีคุณสมบัติเป็นโพลีเมอร์โดยส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่มีในน้ำผึ้งนั้นมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับแหล่งของดอกไม้

มีรายงานว่าน้ำผึ้งสามารถส่งเสริมการเจริญและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้เชื้อ *Bifidobacterium* spp. ทั้งในน้ำนมและในระบบลำไส้ทั้งนี้อาจเนื่องจากตำแหน่งของคาร์โบไฮเดรต ที่เป็นส่วนประกอบจำเพาะของโอลิโกแซคคาไรด์ที่ปรากฏในน้ำผึ้งมีลักษณะที่ต่อกันด้วยพันธะ β (β linkage) ซึ่งจะไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหาร (Shin, 2005)

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบในน้ำผึ้ง

	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อัตราส่วนฟรุกโตส/กลูโคส	1.23	0.76-1.86	0.126
ฟรุกโตส (ร้อยละ)	38.38	30.91-44.26	1.77
กลูโคส (ร้อยละ)	30.31	22.89-40.75	3.04
แร่ธาตุ(เถ้า) (ร้อยละ)	0.169	0.020-1.028	0.15
ความชื้น (ร้อยละ)	17.2	13.4-22.9	1.46
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	76.75	61.39-83.72	2.76
ซูโครส (ร้อยละ)	1.31	0.25-7.57	0.87
ความเป็นกรดเป็นด่าง (meq/กิโลกรัม)	3.91	3.42-6.10	-
ปริมาณกรด	29.12	8.68-59.49	10.33
โปรตีน มิลลิกรัม/100 กรัม	168.6	57.7-567	70.9

ที่มา : The National Honey Board (2003)

2.4.1 ประโยชน์ทางด้านสุขภาพของน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งจะมีประโยชน์ทางด้านสุขภาพมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำผึ้งนั้น ๆ โดยสารอาหารที่พบในน้ำผึ้งนั้นมีคุณสมบัติควบคุมการเกิดมะเร็งและเนื้องอก รวมไปถึงสารตั้งต้นที่มีในน้ำผึ้ง เช่นphenylethyl caffeate, methyl caffeate phenylethyl, dimethylcaffeate และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

caffeic acid โดยพบว่า สารเหล่านี้มีคุณสมบัติป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ในสัตว์ โดยยับยั้ง กิจกรรมของเอนไซม์ phosphatidylinositol-specific phospholipase C และ lipoxygenase และการรับประทานน้ำผึ้งเป็นประจำ จะเพิ่มระดับสารต้านทานอนุมูลอิสระในกระแสเลือดโดยการทดลองให้รับประทานน้ำผึ้งเป็นเวลา 29 วัน พบว่ามีการเพิ่มระดับของสารต้านอนุมูลอิสระในกระแสเลือด

ในน้ำผึ้งมีเอนไซม์ กลูโคสออกซิเดส (glucose oxidase) เมื่อรวมตัวกับน้ำ จะสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ อีกทั้งน้ำผึ้งยังมีสารต้านการออกซิเดชัน (antioxidants) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานแบคทีเรีย อีกทั้งยังมี pinocembrin ที่พบในน้ำผึ้ง ก็มีคุณสมบัติต้านทาน *Staphylococcus aureus* และยังมีรายงานว่าน้ำผึ้งยังมีคุณสมบัติ ต้านทาน เชื้อ *E. coli* และ *Candida albicans* อีกทั้งยังพบว่าน้ำผึ้งนั้นสามารถช่วย ร่างกายในการดูดซึมแคลเซียมได้ดีขึ้นอีกด้วย (The World's Healthiest Foods, 2005; The National Honey Board, 2003; Shin, 2005)

การรับประทานน้ำผึ้งจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ซึ่งการทดลองในผู้ที่มีสุขภาพดี ผู้มีระดับคอเลสเตอรอลสูง ผู้ป่วยที่มีระดับคอเลสเตอรอลและ ซี-รีแอคทิพ โปรตีน (C-reactive protein) และผู้ป่วยเบาหวาน พบว่าการให้สารละลายน้ำตาลเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งและน้ำผึ้งปลอม โดยในกลุ่มของคนปกติน้ำตาลและน้ำผึ้งปลอมให้ประโยชน์น้อยมาก ในขณะที่น้ำผึ้งธรรมชาตินั้นสามารถลดระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ซี-รีแอคทิพ โปรตีน น้ำตาลในกระแสเลือดและเพิ่ม เอชดีแอลคอเลสเตอรอล สำหรับในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูง น้ำผึ้งปลอมจะทำให้แอลดีแอลคอเลสเตอรอล มีระดับเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่น้ำผึ้งจากธรรมชาตินั้นสามารถลดคอเลสเตอรอลแอลดีแอลคอเลสเตอรอล และ ซี-รีแอคทิพ โปรตีน ส่วนในกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานนั้นน้ำผึ้งธรรมชาติ สามารถลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการรับประทานน้ำตาลเดรกโตรสและน้ำตาลซูโครส (Al-Waili, 2004)

2.5 โรคอ้วน

โรคอ้วน หมายถึง สภาวะที่ร่างกายมีไขมันสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมากเกินไป บางครั้งการมีน้ำหนักมากอย่างเดียวไม่ได้หมายถึงเป็นโรคอ้วนจะต้องมีไขมันสะสมมากด้วยจึงถือว่าเป็นโรคอ้วน โดยปกติร่างกายจะมีไขมันใช้สำรองเป็นอาหารให้ความอบอุ่นห่อหุ้มร่างกาย ปกติผู้หญิงจะมีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 25-30 ของน้ำหนักตัวส่วนผู้ชายจะมีประมาณร้อยละ 18-23 ของน้ำหนักตัว ถ้าหากผู้หญิงมีไขมันมากกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนักตัวและผู้ชายมีมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนักตัวถือว่าเป็นโรคอ้วนโดยวัดจากค่าที่เรียกว่าดรรชนีมวลกาย (Body Mass

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Index : BMI) โดยเอาน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมหารด้วยความสูงที่มีหน่วยเป็นเมตรยกกำลังสองในโดยค่าดรรชนีมวลกายแสดงในตารางที่ 2.7 (เมตตา โพธิ์กลิ่น, 2547)

ตารางที่ 2.7 ค่าดรรชนีมวลกาย

ค่าดรรชนีมวลกายที่ใช้ในคนยุโรป		
18.5-24.9	หมายถึง	ปกติ
25-29.9	หมายถึง	เกินปกติ
30-39.9	หมายถึง	อ้วน
มากกว่า 40	หมายถึง	อ้วนอันตราย
ค่าดรรชนีมวลกายที่ใช้ในคนเอเชีย		
18-22.9	หมายถึง	ปกติ
23-24.9	หมายถึง	เกินปกติ
25-30	หมายถึง	อ้วน
มากกว่า 30	หมายถึง	อ้วนอันตราย

ที่มา : เมตตา โพธิ์กลิ่น (2547)

2.6 ไขมันในร่างกาย

ไขมันในร่างกายแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ (Asavisanu, 2006) คือ

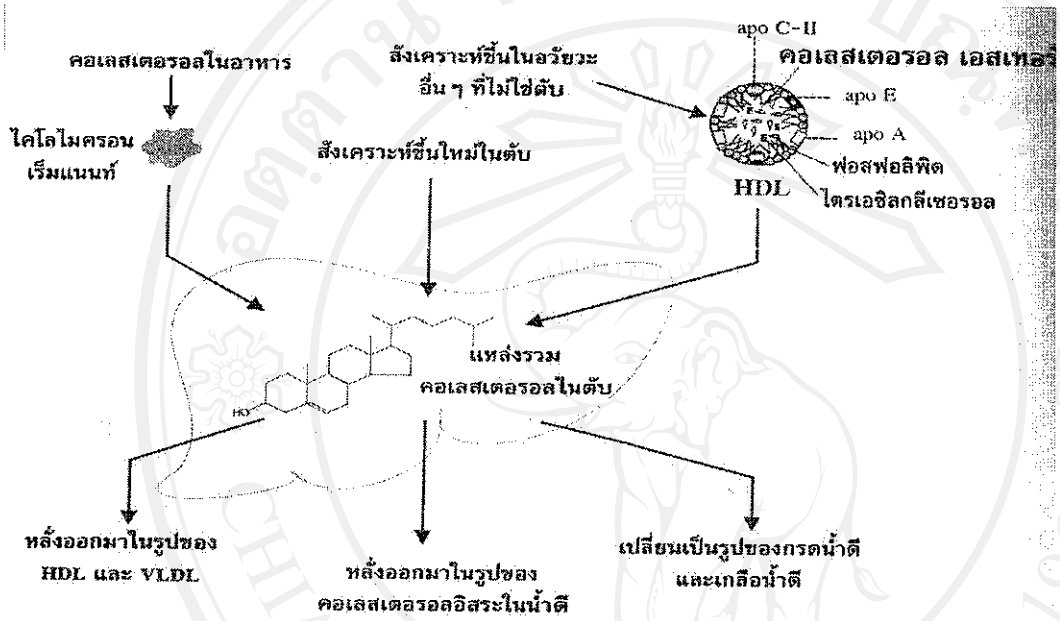
- ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides)
- ฟอสโฟไลปิด (phospholipid)
- คอเลสเตอรอล (cholesterol)
- กรดไขมันอิสระ (free fatty acid)

2.6.1 คอเลสเตอรอล (Cholesterol)

คอเลสเตอรอลเป็นสารประกอบสเตียรอยด์มีลักษณะโครงสร้างเฉพาะตัว ไม่ละลายน้ำ เป็นสารสเตียรอยด์ที่พบได้มากที่สุดในร่างกาย พบทั้งในรูปของคอเลสเตอรอลอิสระ และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ โดยได้รับจากอาหารหรือสังเคราะห์ขึ้นในร่างกายก็ได้ (ภาพที่ 2.1) คอเลสเตอรอลเป็นสารสเตียรอยด์ที่มีหน้าที่สำคัญมากมาย เช่น เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นสารต้นกำเนิดของน้ำดีและสเตียรอยด์ฮอร์โมนต่าง ๆ ในร่างกาย แต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกินไปร่วมกับมีพยาธิสภาพของหลอดเลือดก็จะไปสะสมและอุดตันบริเวณผนังหลอดเลือดมีผลทำให้เลือดไปเลี้ยงบริเวณนั้นลดน้อยลง ถ้าเป็นเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจก็จะก่อให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (ischemic) จนกระทั่งกล้ามเนื้อหัวใจตาย (myocardial infraction) ไปในที่สุด (Asavisanu, 2006)

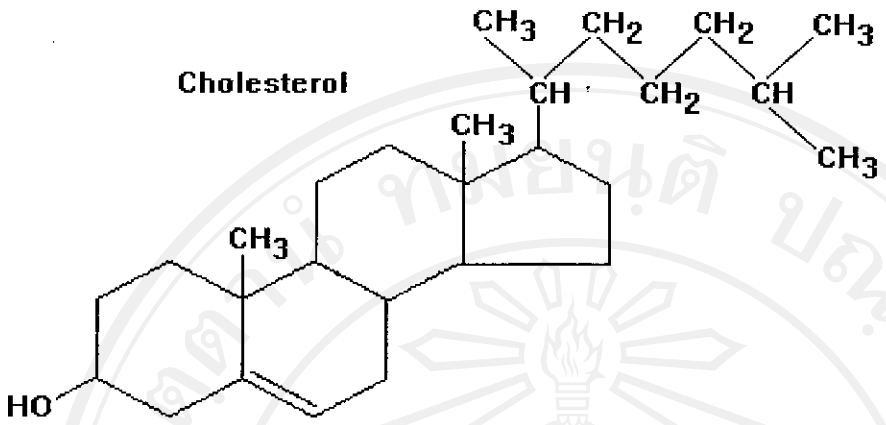


ภาพที่ 2.1 แหล่งที่มาของคอเลสเตอรอลในร่างกาย
ที่มา : ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ (2546)

1) โครงสร้างของคอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลมีลักษณะเป็นวงแหวนไซโคลเพนตะโนเปอร์ไฮโดรฟีแนนทรีน (cyclopentanoperhydrophenanthrene) หรือ วงแหวนสเตอรอล (sterol ring) ซึ่งเป็นวงแหวน 4 วงเชื่อมติดกัน แต่ละวงมีลักษณะเป็นอักษร A B C และ D โดยที่วงแหวน A ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 3 จะมีหมู่ –OH จับอยู่และที่วงแหวน D ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 17 จะมีสายไฮโดรคาร์บอนจับอยู่ จะเห็นได้ว่าจากลักษณะโมเลกุลของคอเลสเตอรอลนั้นแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 2.2 (Asavisanu, 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของคอเลสเตอรอล
ที่มา : ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ (2546)

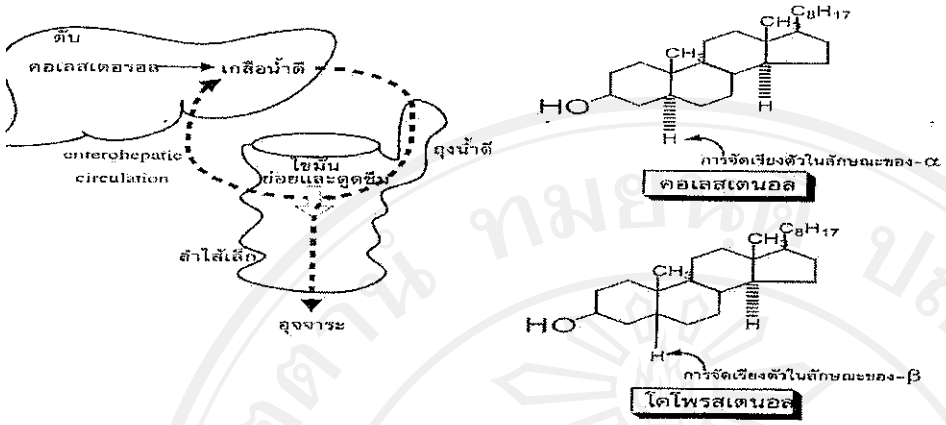
2) แหล่งที่มาของคอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลในร่างกายนั้นได้มาจาก 2 ทางคือจากการสังเคราะห์ในร่างกาย และจากการรับประทานอาหาร โดยในส่วนของอาหารนั้นพบได้เฉพาะในอาหารที่มาจากสัตว์เท่านั้น โดยพบมากในไข่แดง เนย เนยแข็ง น้ำนม สมอง ตับ กุ้ง และ หอย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

3) การสลายคอเลสเตอรอล

ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสลายคอเลสเตอรอลให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเหมือนดังเช่นสารอาหารอื่น ๆ แต่ร่างกายมีวิธีการจำกัดคอเลสเตอรอลออกจากร่างกายได้โดยเปลี่ยนเป็นน้ำดีแล้วขับออกมาทางอุจจาระ หรือกำจัดคอเลสเตอรอลโดยการหลั่งคอเลสเตอรอลร่วมกับน้ำดีเข้าสู่ ลำไส้เล็ก ซึ่งแบคทีเรียในลำไส้เล็กจะทำการเปลี่ยนให้ได้เป็นโคโพรสเตนอล (coprostarnol) และ คอเลสเตนอล (cholestanol) และขับทิ้งออกมากับอุจจาระในที่สุดดังแสดงในภาพที่ 2.3 (Asavisanu, 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 การสลายคอเลสเตอรอล (ซ้าย) โครงสร้างโคโพสเตนอล และคอเลสเตนอล (ขวา)
ที่มา : ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ (2546)

2.6.2 ไตรกลีเซอไรด์

ไตรกลีเซอไรด์ คือ อนุภาคไขมันชนิดหนึ่งที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นในตับ จัดเป็นไขมันที่เป็นกลางซึ่งเกิดจากกลีเซอรอลถูก esterify ด้วยกรดไขมัน1-3 โมเลกุล มีขนาดเบาบางและเล็กมากอาหารประเภทไขมันโดยส่วนใหญ่จะมีไขมันไตรกลีเซอไรด์ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันพืช ไขมันสัตว์หรือไขมันที่ซ่อนอยู่ในเนื้อ นม เมื่อรับประทานอาหารประเภทนี้เข้าไป ร่างกายจะดูดซึมแล้วก็ขนส่งไตรกลีเซอไรด์ผ่านเลือดส่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ ที่ต้องการพลังงาน ไตรกลีเซอไรด์ที่มากเกินไปจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน (body fat) แล้วสะสมตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจนร่างกายอ้วนขึ้น (Asavisanu, 2006)

โดยปกติร่างกายกำจัดไตรกลีเซอไรด์ออกจากเลือดได้อย่างรวดเร็ว เพียงแค่สองสามชั่วโมงหลังจากการกินอาหาร ไขมันไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่ก็ถูกกำจัดออกจากเลือดเข้าสู่เซลล์ได้แล้ว คนทั่วไปจึงมีไขมันไตรกลีเซอไรด์ในเลือดไม่สูง คือประมาณ 50-150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แต่ถ้าตรวจเลือดหลังอดอาหารมาแล้ว 8-12 ชั่วโมง พบว่าไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป แสดงว่าร่างกายมีปัญหาในการกำจัดระดับไขมันในเลือดที่เรียกว่า fasting triglycerides ถ้าสูงขึ้นผิดปกติมักจะพบบ่อยในโรคเบาหวานและโรคหลอดเลือดหัวใจ ไตรกลีเซอไรด์นั้นถือว่าเป็นไขมันอีกประเภทหนึ่งในกระแสเลือดที่เปรียบเสมือนผู้ช่วยผู้ร้าย เพราะคนที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์สูง พร้อมกับระดับ เอชดีแอลคอเลสเตอรอลต่ำหรือแอลดีแอลคอเลสเตอรอลสูงยิ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ (Asavisanu, 2006)

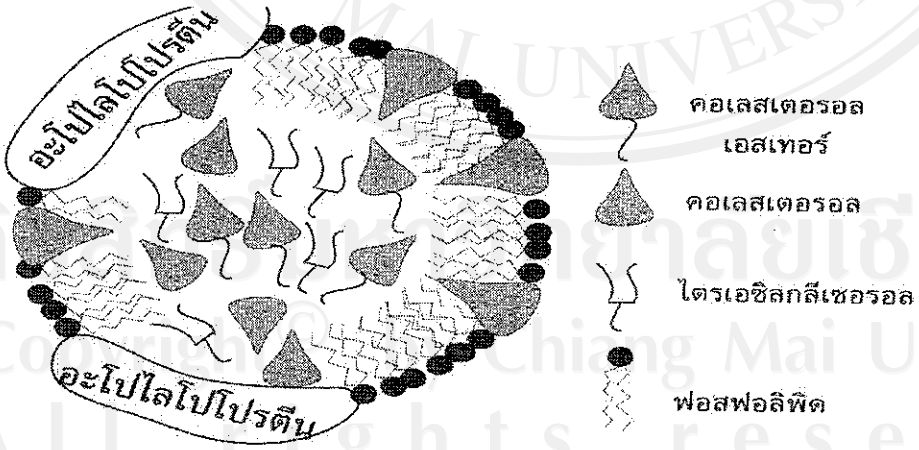
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.3 การลำเลียงไขมันในร่างกาย

อาหารไขมันซึ่งถูกดูดซึมจากลำไส้รวมทั้งไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ล้วนมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่จะถูกขนส่งไปส่วนต่างๆของร่างกายเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยไปกับกระแสเลือด ดังนั้นจึงต้องมีพาหะช่วยลำเลียงได้แก่ โปรตีนต่าง ๆ ในเลือด คือ อัลบูมิน (albumin) และ ไลโปโปรตีน (lipoprotein) โดยอัลบูมินช่วยลำเลียงกรดไขมันอิสระส่วนไลโปโปรตีนมีหลายชนิดช่วยลำเลียงไตรกลีเซอไรด์และไขมันชนิดอื่น ๆ ระหว่างตับและเนื้อเยื่อต่าง ๆ (Asavisanu, 2006)

2.6.4 ไลโปโปรตีน

ไลโปโปรตีนที่พบในพลาสมา หมายถึงสารประกอบเชิงซ้อนของไขมันชนิดต่าง ๆ และโปรตีนจำเพาะที่เรียกว่า อะโปไลโปโปรตีน (apolipoprotein) หรือ อะโปโปรตีน (apoproteins) เป็นส่วนประกอบ มีลักษณะทั่วไปเป็นทรงกลม (ภาพที่ 2.4) โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ ไตรเอซิลกลีเซอรอล คอเลสเตอรอล ทั้งในรูปอิสระ และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ทั้งที่ได้จากอาหารและที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นรวมทั้งกลุ่มของฟอสโฟไลปิด (phospholipid) ไลโปโปรตีนสามารถละลายในน้ำและขนส่งส่วนประกอบไขมันชนิดต่างๆที่เป็นส่วนประกอบอยู่นั้นไปตามอวัยวะต่าง ๆ ได้ โดยไลโปโปรตีนแต่ละชนิดจะมีขนาดและความหนาแน่นกันขึ้นกับปริมาณและชนิดของไขมันที่เป็นองค์ประกอบ (Asavisanu, 2006)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทั่วไปของไลโปโปรตีน
ที่มา : ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ (2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) ชนิดของไลโปโปรตีน

ไลโปโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งไขมันชนิดต่าง ๆ จะมีลักษณะพิเศษกล่าวคือ แกนกลางของไลโปโปรตีนจะเป็นไขมันชนิดที่ไม่มีขั้ว (nonpolar lipid) เช่น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ เป็นต้น และล้อมรอบด้วยไขมันชนิดที่สามารถละลายน้ำได้บางส่วน (amphipatic lipid) เช่น ฟอสโฟไลปิดคอเลสเตอรอล เป็นต้น และมีโปรตีนบางชนิดที่เรียกว่าอะโปโปรตีนแทรกอยู่ในชั้นของไขมันเหล่านี้โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับและส่งสัญญาณ (recepter) ไลโปโปรตีนจะแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามระดับชั้นเมื่อนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงกำลังสูง (ultracentrifuge) โดยจะแบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้ (Asavisanu, 2006)

1. ไคโลไมครอน (chylomicrons) ทำหน้าที่หลักในการขนส่ง ไตรกลีเซอร์ไรด์จากลำไส้เล็กไปยังตับ

2. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมากหรือวีแอลดีแอล (very low density lipoprotein, VLDV) ทำหน้าที่ขนส่งไตรกลีเซอร์ไรด์ จากตัวรับไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ

3. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำหรือแอลดีแอล (low density lipoprotein, LDL) ประกอบด้วยคอเลสเตอรอล เป็นองค์ประกอบ หลักซึ่งจะขนส่งคอเลสเตอรอลเหล่านี้ไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ

4. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงหรือเอชดีแอล (high density lipoprotein, HDL) ประกอบด้วยฟอสโฟไลปิดมากที่สุดและมีคอเลสเตอรอลรองลงมา จะทำหน้าที่ในการขนส่งไขมันเหล่านี้จากเนื้อเยื่อต่าง ๆ ไปกำจัดที่ตับ

2) การทำงานของไลโปโปรตีน

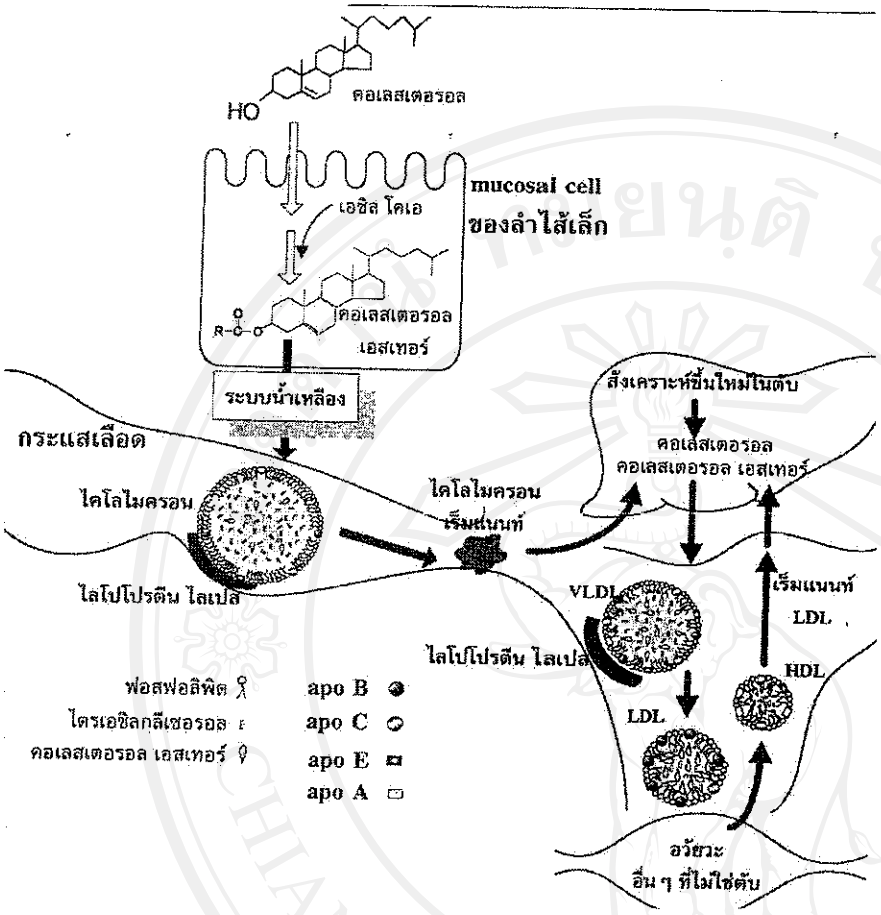
จากภาพที่ 2.5 ไขมันชนิดต่าง ๆ จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายที่ลำไส้เล็ก โดยร่างกายย่อยให้เป็นกรดไขมันก่อนที่จะดูดซึม กรดไขมันต่าง ๆ ที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กจะรวมตัวกันอีกครั้งในรูปของไตรกลีเซอไรด์ ส่วนคอเลสเตอรอลสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้เลยโดยไม่ต้องย่อยก่อนไตรกลีเซอไรด์จะรวมตัวกับคอเลสเตอรอลและไขมันชนิดอื่นในอัตราส่วนหนึ่งเป็นไลโปโปรตีนที่เรียกว่า ไคโลไมครอนเข้าสู่ระบบน้ำเหลืองเพื่อไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น หัวใจ กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน เป็นต้น ที่เนื้อเยื่อเหล่านี้จะมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยไตรกลีเซอร์ไรด์ให้เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอยู่ คือ ไลโปโปรตีนไลเปส (lipoprotein lipase) ทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ที่ขนส่งมาโดยไคโลไมครอนปริมาณร้อยละ 80 ถูกย่อยสลายที่เนื้อเยื่อเหล่านี้เพื่อไปใช้เผาผลาญเป็นพลังงานหรือสะสมไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน ไคโลไมครอนที่ถูกย่อยเอา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไตรกลีเซอร์ไรด์ออกไปจะถูกเรียกว่าไคโลไมครอนเรมเนนท์ (chylomicron remnant) เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อไปย่อยสลายต่อที่ตับ ไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลรวมทั้งไขมันชนิดอื่น ๆ จะถูกย่อยสลายและนำไปผ่านกระบวนการผลิตสารชนิดใหม่ (hydrolysis and metabolism) เช่น การย่อยไตรกลีเซอร์ไรด์จนได้กรดไขมันเพื่อนำไปย่อยสลายต่อจนได้ อะเซติลโคเอ (acetyl co A) สร้างพลังงานให้กับร่างกาย หรือ สร้างน้ำดีจากคอเลสเตอรอล เป็นต้น นอกจากตับจะย่อยสลายสารต่าง ๆ แล้วตับเองก็ยังเป็นแหล่งสร้างไตรกลีเซอร์ไรด์ คอเลสเตอรอล และไขมันชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่นกันไขมันเหล่านี้จะรวมกับโปรตีนที่สร้างขึ้นในเซลล์ตับเป็นไลโปโปรตีนชนิดที่เรียกว่า วีแอลดีแอล เพื่อนำไขมันเหล่านี้ที่สร้างจากตับไปยับยั้งเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานเช่นเดียวกับไคโลไมครอน วีแอลดีแอลที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ไลโปโปรตีนไลเปสเพื่อเอาไตรกลีเซอร์ไรด์ออกไปจะมี คอเลสเตอรอลสูงขึ้นมากถึงร้อยละ 58 รวมทั้งมีการย่อยเอาอะโปโปรตีนบางตัวออกไปด้วย ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้นเรียกว่า แอลดีแอล ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลเหล่านี้ไปตามกระแสเลือด โดยปริมาณคอเลสเตอรอลร้อยละ 30 ถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ที่ต้องการคอเลสเตอรอล ส่วนอีกร้อยละ 70 ที่เหลือจะนำกลับไปยังตับ แอลดีแอลที่ขนส่งคอเลสเตอรอลไปตามกระแสเลือดสามารถที่จะจับกับเซลล์ของกล้ามเนื้อหลอดเลือดแดงได้เนื่องจากที่หลอดเลือดเหล่านี้มีตัวรับ (recepter) อะโปโปรตีนที่อยู่บนแอลดีแอล ทำให้เป็นสาเหตุของการสะสมคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดมากขึ้นอันเกิดเนื่องจากการขนส่งของแอลดีแอล โดยมักเรียกไขมันชนิดว่าเป็น ไขมันร้าย

ไลโปโปรตีนที่สำคัญตัวหนึ่ง ที่ถูกสร้างขึ้นที่ตับและลำไส้เล็กเช่นกัน คือ เอชดีแอล จะทำหน้าที่หลักในการขนส่งอะโปโปรตีนไปให้กับไคโลไมครอนและวีแอลดีแอลเพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไลโปโปรตีนทั้งสองและรับคอเลสเตอรอลจากเนื้อเยื่อต่าง ๆ กลับไปย่อยสลายที่ตับ หนังสือต่าง ๆ มักเรียกไลโปโปรตีนตัวนี้ว่าเป็นไขมันดี (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์, 2546; Asavisanu, 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.5 การขนส่งคอเลสเตอรอลในร่างกาย

ที่มา : ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิตย์ (2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved