สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสโดยใช้ข้าวเป็นต้นแบบ

T043970

นายฉัตรชัย สุวรรณรัตนกุล 41053015
นางสาววรางคณา อัมพุประภา 41053069
นางสาวอรวรรณ อิทธิวิวัฒน์ 41053088

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43970
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสโดยใช้ข้าวเป็นต้นแบบ

นายฉัตรชัย สุวรรณรัตนกุล 41053015

นางสาววรางคณา อัมพุประภา 41053069

นางสาวอรวรรณ อิทธิวิวัฒน์ 41053088

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Determination of factor affected glycemic index using rice as experimental model

Name	Mr.Chatchai	Suwanrattanakul	41053015
	MissVarangkana	Ambuprabha	41053069
	MissOrawan	Itthiwiwat	41053088

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For Degree Bachelor of Science Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

Academic year 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสโดยใช้ข้าวเป็นต้นแบบ		
ชื่อนักศึกษา	นายฉัตรชัย	สุวรรณรัตนกุล	รหัส 41053015
	นางสาววรางคณา	อัมพุประภา	รหัส 41053069
	นางสาวอรวรรณ	อิทธิวิวัฒน์	รหัส 41053088
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี		

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง) หัวหน้าภาควิชา

.....
(รศ. มาลินี ตันติยาภรณ์) ประธานกรรมการ

.....
(อ. ลินจง สุขลำภู) กรรมการ

.....
(ผศ.ดร.เรียม เตชะโสภณมณี) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคสโดยใช้ข้าวเป็นต้นแบบ

นักศึกษา นายฉัตรชัย สุวรรณรัตนกุล 41053015

นางสาววรางคณา อัมพุประภา 41053069

นางสาวอรวรรณ อิทธิวิวัฒน์ 41053088

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

ปีการศึกษา 2544

.....

บทคัดย่อ

ในการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อดัชนีกลูโคสของข้าวหอมมะลิ ได้ทำการทดลองศึกษาปัจจัยทั้งหมด 4 อย่าง คือ เพศ ดัชนีมวลร่างกาย (Body mass index) สารอาหารประเภทโปรตีน และใยอาหาร พบว่า ปริมาณกลูโคสที่ใช้เปรียบเทียบเป็น 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกายจึงจะทำให้การตอบสนองของร่างกายเหมาะสมและไม่เกิดการล่าช้าในการดูดซึมเนื่องมาจากแรงดันออสโมติก (Osmotic delay) เพศและดัชนีมวลร่างกายของคนปกติ (20-25) และต่ำกว่าปกติ (น้อยกว่า 20) พบว่าไม่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคสของข้าวหอมมะลิ นอกจากนี้ข้าวที่รับประทานพร้อมโปรตีนจากถั่วเหลือง (นมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล วี-ซอย) หรือขนมปังอุดมด้วยใยอาหาร (Fiber Rich Biscuit, FRB) ที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคสเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project title	Determination of factors affected glycemic index using rice as experimental models		
Name	Mr.Chatchai	Suwonrattanakul	41053015
	MissVarangkana	Ambuprabha	41053069
	MissOrawan	Itthiwiwat	41053088
Special Project Advisor	Assist. Prof. Dr. Reiam Tachasoponmanee		
Department	Applied Biology		
Academic	2001		

.....

Abstract

From the study of factors affect of the Glycemic index of jusmine rice. In the experiment tasted from 4 factors sex, bodymassindex, protein, fiber. This result found that the volume of glucose to compare should be 1.25 g./kg. body weight, it suitable for body respone and not delay of osmotic because of osmotic delay. Sex and bodymass index of normal (20-25) and abnormal (lower than 20) not effect to Glycemic index of jusmine rice and jusmine rice to eat with protein of bean (V-soy) or Fiber Rich Biscuit which this experiment use for testing not effect to reduce glycemic index too.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี ที่ได้ให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัย การทำวิจัย การเขียนโครงงานพิเศษฉบับนี้ รวมทั้งการตรวจทานแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์และการให้คำแนะนำปรึกษาทุกๆอย่างไม่ว่าจะเป็นเรื่องใดก็ตามมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ มาลินี ตันติยาภรณ์ และ อาจารย์ ลินจง สุขลำภู คณะกรรมการโครงงานพิเศษที่ได้ช่วยทำการตรวจทานแก้ไขในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท กรีนสปอต (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ทุนการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนและ ขอขอบพระคุณ อาสาสมัครทุกๆท่านที่ได้สละเวลาเพื่อให้เราได้ทำการเจาะเลือด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ด้วยความเคารพยิ่ง ขอขอบคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการทำการศึกษาวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงมีส่วนช่วยให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ฉัตรชัย สุวรรณรัตนกุล
วรางคณา อัมพุประภา
อรวรรณ อิทธิวิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินงาน	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	แสดง	หน้า
1.	แสดงค่าต่างๆที่ได้โดยใช้เครื่อง Autoanalyzer และเกณฑ์มาตรฐาน	30
2.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 25 กรัม	46
3.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 50 กรัม	46
4.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 100 กรัม	47
5.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย	47
6.	แสดงค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มโดยแบ่งตาม Body mass index	49
7.	แสดงค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มโดยแบ่งตามเพศ	49
8.	แสดงการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวกับการรับประทานข้าวร่วมกับนม V - soy	50
9.	แสดงการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวกับการรับประทานข้าวร่วมกับ Biscuit	52
10.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การตรวจร่างกายทั้ง 14 คน	59
11.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานข้าวหอมมะลิตามสัดส่วนร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย) และการค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละคน	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	แสดง	หน้า
12.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V-soy) เพื่อทำการหาค่า GI	61
13.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V-soy) พร้อมข้าวหอมมะลิเพื่อทำการหาค่า GI	62
14.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานขนมปังกรอบใยอาหาร (บิสกิต) เพื่อทำการหาค่า GI	63
15.	แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานขนมปังกรอบใยอาหาร (บิสกิต) พร้อมข้าวหอมมะลิ เพื่อทำการหาค่า GI	64
16.	แสดงผลการคำนวนทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละความเข้มข้นน้ำตาลกับความเข้มข้นน้ำตาล 100 กรัม	65
17.	แสดงผลการคำนวนทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GI ในแต่ละ BMI	66
18.	แสดงผลการคำนวนทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GI ในแต่ละเพศ	66
19.	แสดงส่วนประกอบของสารอาหารต่างๆ เทียบกับ 100 กรัม	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	แสดง	หน้า
1.	แสดงโครงสร้างของอินซูลิน	14
2.	แสดงการย่อยและการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรท	17
3.	แสดงการดูดซึมของกลูโคส	18
4.	แสดงเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท	20
5.	แสดงเครื่อง Advantage accuchek	26
6.	แสดงเครื่อง Advantage accuchek พร้อมเข็ม และ Strip	27
7.	แสดงเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำค้างคืน	27
8.	แสดงใยอาหารอบแห้งจากเม็ดแมงลัก และ ใยอาหารจากเม็ดแมงลักที่ปั่นผสมน้ำแล้ว	28
9.	แสดง Flavor ชนิดต่างๆ	28
10.	แสดงเครื่องโม่ถั่วเหลือง	29
11.	แสดงการเปลี่ยนเข็มทุกครั้งที่ทำการเจาะเลือด	31
12.	แสดงหยดเลือดกลมนูนหลังจากใช้เข็มเจาะ	32
13.	แสดงการนำหยดเลือดที่อยู่บนนิ้วมาทาบกับแผ่น Strip	32
14.	แสดงนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาลที่ให้อาสาสมัครรับประทาน	36
15.	แสดงกากถั่วเหลืองที่นึ่งจนสุกและผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือที่แยกได้จากกาก	38
16.	แสดงการเกิดเจลในใยอาหารจากเม็ดแมงลัก	39
17.	แสดงส่วนผสมต่างๆในการทำบิสกิต	40
18.	แสดง Fiber Rich Biskit สำเร็จรูป	41
19.	แสดงตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัครคนที่ 1 และเกณฑ์มาตรฐาน ต่างๆ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	แสดง	หน้า
20.	แสดงตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัครคนที่ 2 และเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ	44
21.	แสดงระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 14 คน เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกายของอาสาสมัครแต่ละคน	45
22.	แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิร่วมกับนม V – soy และนม V – soy เพียงอย่างเดียวกับรับประทานข้าวหอมมะลิ	51
23.	แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิร่วมกับบิสกิตและรับประทานบิสกิต เพียงอย่างเดียวกับรับประทานข้าวหอมมะลิ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยและชาวเอเชียส่วนใหญ่ ซึ่งนอกจากจะทำให้การรับประทานอาหารได้รสชาติที่อิ่มอร่อยแล้วยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญอีกด้วย ในยามที่ร่างกายเราปกติ ข้าวจะมีประโยชน์คือทำให้อิ่ม ทำให้มีแรงและพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน ข้าวจึงมีความจำเป็นและมีความสำคัญกับร่างกายแต่ในยามที่ร่างกายบกพร่องข้าวก็สามารถทำให้เราเจ็บป่วยได้เช่นกัน

ปริมาณสารอาหารที่คนปกติต้องการต่อวันนั้น คาร์โบไฮเดรตจะเป็นสารอาหารที่คนปกติทั่วไปต้องการบริโภคในปริมาณมากที่สุด คือ วันละประมาณ 200-400 กรัม ดังนั้นในคนปกติไม่น่าจะเกิดปัญหา แต่ในคนที่ไม่ปกติหรือคนที่มีร่างกายบกพร่อง เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้ที่ต้องการควบคุมอาหาร ทั้งเกี่ยวกับโรคอ้วนโรคหลอดเลือด บุคคลเหล่านี้จึงต้องระวังในเรื่องการรับประทานอาหาร เพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ ซึ่งสามารถทำได้โดยรับประทานอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลเหมาะสม เพื่อให้เกิดสมดุลกับการรักษา

ในความสำคัญของการรับประทานอาหารรวมทั้งได้เล็งเห็นปัญหาของผู้ที่มีร่างกายบกพร่องจึงเป็นที่มาของความพยายามที่จะทำการวิจัยถึงปัจจัยที่มีคุณสมบัติสำคัญในการหน่วงเหนี่ยวการย่อยสลายในเลือดอย่างช้าๆเพื่อไม่ให้ผู้รับประทานเกิดสภาวะน้ำตาลในเลือดคั่งเมื่อรับประทานข้าวเข้าไปนั่นคือการหาค่าดัชนีกลูโคส (Glycemic index, GI)

ดังนั้นเราจึงอยากทราบว่าปัจจัยอะไรบ้างที่จะไปมีผลหน่วงเหนี่ยวการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในข้าวจนเกิดเป็นกลูโคสในเลือดอย่างช้าๆ ซึ่งแต่ละประเทศในตอนนี้ได้มีการศึกษาค่าดัชนีกลูโคสในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆกันอย่างแพร่หลายคาดว่าอนาคตอันใกล้นี้จะมีการบังคับให้ระบุค่า GI ไว้บนผลิตภัณฑ์ด้วยซึ่งปัจจุบันเริ่มมีแล้วในต่างประเทศ ดังนั้นประเทศไทยเราจึงควรมีการพัฒนาการวิจัยเรื่องนี้เพื่อความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อทำการศึกษาระดับความเข้มข้นน้ำตาลที่เหมาะสมในการหาค่า GI
2. เพื่อทำการศึกษาถึงปัจจัยในค่าดัชนีมวลร่างกาย (Body mass index) ที่มีผลต่อค่า GI
3. เพื่อทำการศึกษาถึงปัจจัยทางเพศที่มีผลต่อค่า GI ในข้าว
4. เพื่อทำการศึกษาหาผลกระทบของโปรตีนและใยอาหารที่มีผลต่อค่า GI ในข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการคัดเลือกอาสาสมัครที่มีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 10 คน
2. ศึกษาหาค่าฮีโมโกลบินเอวันซี (Haemoglobin A1c) ในอาสาสมัคร เพื่อดูสภาวะการตอบสนองของการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตว่าปกติหรือไม่
3. ทำการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นน้ำตาลที่เหมาะสมในการหาค่า GI
4. ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคสของข้าวหอมมะลิโดยทำการศึกษาปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ

   4.1 ปัจจัยที่เกิดจากตัวบุคคล โดยศึกษาในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลร่างกายที่แตกต่างกัน

   4.2 ปัจจัยที่เกิดจากสารอาหาร

      4.2.1 ศึกษาสารอาหารประเภทใยอาหาร โดยทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นขนมปังกรอบใยอาหารหรือบิสกิตเพื่อให้เหมาะสมและสะดวกในการรับประทานสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงปัจจัยที่เป็นคุณสมบัติของอาหารที่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคส
2. ได้ทราบถึงปัจจัยที่เกิดจากผู้รับประทานที่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคส
3. สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

โรคเบาหวานและกลไกการเกิดโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน (Diabetes) เป็นภาวะที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงและมักมีน้ำตาลในปัสสาวะร่วมด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการขาดอินซูลินหรืออินซูลินที่มีอยู่ไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ เป็นผลให้เกิดการผิดปกติในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน ทำให้เซลล์ต่างๆทำงานได้น้อยลง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆในร่างกาย โดยเฉพาะหลอดเลือดซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ป่วยเป็นอย่างมาก ตามสถิติของกระทรวงสาธารณะสุขในปี พ.ศ. 2541 ได้มีรายงานจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานที่เข้ารับการรักษาตามโรงพยาบาลทั่วประเทศว่ามีสูงถึง 111,149 ราย ไม่นับผู้ที่ป่วยเป็นเบาหวานแต่ไม่ได้มารับการรักษาที่โรงพยาบาล หรือผู้ที่ไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรคเบาหวานซึ่งคาดว่าจะมีสูงมาก สมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2000 รายงานว่าโรคเบาหวานเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ตาบอดและไตวาย นอกจากนั้นยังได้จัดอันดับให้โรคเบาหวานเป็นอันดับหนึ่งที่ทำให้เสียชีวิตมากกว่าสถิติผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ มะเร็งเต้านม หรือโรคเรื้อรังอื่นๆที่เป็นเช่นนี้เพราะผู้ป่วยเบาหวานมักจะละเลยในการปฏิบัติตัวในเรื่องการรับประทานอาหารและทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติจนกระทั่งเกิดการเสื่อมของระบบอื่นๆในร่างกายติดตามมาเช่น เส้นประสาทเสื่อม (Diabetic Neuropathy) ซึ่งทำให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบอื่นๆติดตามมา ไตเสื่อมและทำให้เกิดการวายในที่สุด ตาเสื่อมทำให้ตาบอดในเวลาต่อมา หัวใจและหลอดเลือดเสื่อม ทำให้เกิดการแข็งตัวของผนังหลอดเลือดและทำให้หัวใจวาย รวมทั้งโรคอื่นๆที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินกว่าปกติ เช่นโรคผิวหนัง ลมพิษ ติดเชื้อในช่องปาก เป็นแผลเรื้อรัง เนื้อเท้าตาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

1. ฮอร์โมนที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

ระดับน้ำตาลในเลือดมีความสำคัญต่อการทำงานต่างๆในร่างกายมาก ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป (Hyperglycemia) หรือต่ำเกินไป (Hypoglycemia) จะเกิดอาการผิดปกติในร่างกาย ระดับน้ำตาลในเลือดของคนปกติหลังอดอาหาร 10 - 12 ชั่วโมงจะอยู่ในระดับ 70 - 110 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ร่างกายสามารถควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดให้อยู่ในระดับปกติได้ โดยอาศัยฮอร์โมนต่างๆ 6 ชนิดด้วยกัน ซึ่งฮอร์โมนเหล่านี้อาจแบ่งเอาไว้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1.1 ฮอร์โมนที่ควบคุมไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ได้แก่ ฮอร์โมนอินซูลินซึ่งผลิตโดยเบต้าเซลล์ของไอส์เล็ทออฟลังเกอร์ฮานส์ในตับอ่อน อินซูลินทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ลดลงได้โดย

- ช่วยให้เซลล์ต่างๆใช้น้ำตาลเป็นพลังงานเพิ่มขึ้น โดยช่วยให้กลูโคสจับกับฟอสเฟตเป็นกลูโคส - 6 - ฟอสเฟต เข้าสู่วิถีไกลโคไลซิส เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานต่อไป
- เปลี่ยนกลูโคสให้เป็นไกลโคเจนเก็บไว้ในตับและกล้ามเนื้อ
- เปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมันสะสมไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย

อินซูลิน เป็นฮอร์โมนชนิดเดียวที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้สูง ดังนั้นเมื่อร่างกายขาดอินซูลินหรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้จึงเกิดโรคเบาหวาน

1.2 ฮอร์โมนที่ควบคุมไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ มี 5 ชนิด คือ

- โกรทฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนจากส่วนหน้าของต่อมพิทูอิตารี่ ช่วยให้มีการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกลูโคส
- คอร์ติโคสเตรอยด์ฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนจากส่วนนอกของต่อมหมวกไต ช่วยให้มีการสร้างกลูโคสจากโปรตีน เป็นผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น
- แคทีโคลามีน เป็นฮอร์โมนจากส่วนกลางของต่อมหมวกไตช่วยให้มีการสลายไกลโคเจนทั้งในตับและกล้ามเนื้อ
- กลูคากอน เป็นฮอร์โมนจากแอลฟาเซลล์ของไอส์เล็ทออฟลังกาฮานส์ของตับอ่อน จะช่วยกระตุ้นให้สลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส
- ธัยรอคซิน เป็นฮอร์โมนจากต่อมธัยรอยด์ ช่วยในการดูดซึมกลูโคสและกระตุ้นให้มีการสลายโปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน เป็นกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 กลไกการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

เพื่อให้น้ำตาลในเลือดอยู่ในระดับปกติตลอดเวลา ร่างกายมีกลไกควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ดังนี้

เมื่อร่างกายได้รับอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน ซึ่งเป็นอาหารที่ให้พลังงาน ระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงขึ้น อาหารที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มได้มาก เช่น แป้งและน้ำตาลต่างๆ รวมทั้งน้ำผึ้งและน้ำตาลจากผลไม้ด้วย แป้งและน้ำตาลเหล่านี้ จะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้น และระดับน้ำตาลในเลือดที่เพิ่มขึ้นนี้เองที่กระตุ้นให้เบต้าเซลล์หลั่งอินซูลินออกมา เพื่อควบคุมให้ระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในระดับปกติ อินซูลินที่หลั่งออกมานี้จะสูงขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณกลูโคสในเลือด ถ้ากินอาหารมาก น้ำตาลในเลือดจะเพิ่มมากขึ้น อินซูลินก็จะหลั่งออกมามาก ดังนั้นเมื่อระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น อินซูลินก็จะถูกขับเข้าสู่กระแสเลือดเร่งให้เซลล์ต่างๆใช้กลูโคสเป็นพลังงานและเปลี่ยนกลูโคสส่วนที่เหลือใช้เป็นไกลโคเจน เรียกว่าไกลโคเจนีซีส (Glycogenesis) เก็บสำรองไว้ในตับและกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนในตับจะสลายเป็นกลูโคสได้ทันที ส่วนไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค หากระดับน้ำตาลในเลือดยังคงสูงอยู่ อินซูลินจะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมัน เรียกว่า ไลโปเจนีซีส (Lipogenesis) สะสมไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย ด้วยฤทธิ์ของอินซูลินดังกล่าว ระดับน้ำตาลในเลือดจึงลดลง และขณะใดที่ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลงมาก จะเนื่องจากการออกกำลังกายหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอก็ตาม ฮอร์โมนต่งๆทั้ง 5 ชนิด คือ โกรทฮอร์โมน กลูคากอน คอร์ติโคสเตรอยด์ แคทีโคลามีน และธัยรอคซินจะกระตุ้นให้ตับสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสเรียกว่าไกลโคเจโนไลซีส (Glycogenolysis) ขณะเดียวกันก็กระตุ้นให้มีการสร้างกลูโคสจากโปรตีนและไขมัน เรียกว่า กลูโคนีโอเจนีซีส (Gluconeogenesis) ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ด้วยกลไกการควบคุมของฮอร์โมนต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพนี้ ร่างกายจึงสามารถรักษาระดับน้ำตาลให้คงที่ได้

สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อินซูลินมีการตอบสนองต่อการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือดน้อย ประกอบกับกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้น้อยด้วย ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงกว่าคนปกติและการขาดอินซูลินยังทำให้ร่างกายใช้กลูโคสเป็นพลังงานไม่ได้ จึงต้องหาพลังงานจากสารอื่น โดยการเปลี่ยนโปรตีนในกล้ามเนื้อและกลีเซอรอลของไขมันให้เป็นกลูโคส เป็นผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มมากขึ้นและล้นออกไปกับปัสสาวะ แต่เนื่องจากกลูโคสเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญของร่างกาย ไตจึงพยายามสกัดกั้นน้ำตาลกลูโคสไว้เพื่อกลับมาใช้อีก โดยการดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือด ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงไม่เกิน 160-180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ไตจะสามารถดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดได้หมด ทำให้ไม่มีน้ำตาลในปัสสาวะ แต่ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า 160-180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ไตจะไม่สามารถดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงปรากฏมีน้ำตาลในปัสสาวะ ซึ่งแสดงว่าไตมีสมรรถภาพในการดูดซึมน้ำตาลในเลือดกลับได้สูงสุดเพียง 180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร จึงเรียกระดับนี้ว่าเป็นขีดสกัดกั้นน้ำตาลกลูโคสของไต (Renal Threshold) ฉะนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ตรวจพบน้ำตาลในปัสสาวะ ก็แสดงว่าระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยจะต้องสูงกว่า 180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ดังนั้นการที่จะทราบว่าเป็นโรคเบาหวานหรือไม่ จึงจำเป็นต้องตรวจหาระดับน้ำตาลในเลือดด้วยมิใช่ตรวจน้ำตาลในปัสสาวะเท่านั้น

โรคเบาหวานจำแนกชนิดได้ดังต่อไปนี้ (โดยแบ่งตามองค์การอนามัยโลก)

1. พวกที่เป็นโรคเบาหวาน แบ่งเป็น

1.1 ชนิดที่1 โรคเบาหวานจำเป็นต้องใช้อินซูลิน (Insulin Dependent Diabetes)

โรคเบาหวานชนิดนี้พบมากในเด็กหรือคนที่อายุน้อย สาเหตุเกิดจากเบต้าเซลล์ในตับอ่อนมีจำนวนน้อยหรือแทบไม่มีเลย ทำให้ไม่สามารถผลิตอินซูลินได้ ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงและเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว อาการของผู้ป่วย จะมีน้ำหนักตัวลด อ่อนเพลีย หิวบ่อย กระหายน้ำ หมดสติ ถ้าไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องและทันท่วงทีก็อาจเสียชีวิตได้ โรคเบาหวานชนิดนี้จำเป็นต้องรักษาด้วยการฉีดอินซูลินเนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนเบต้าเซลล์น้อย จึงใช้ยากระตุ้นไม่ได้ผล โรคเบาหวานชนิดนี้พบประมาณ ร้อยละ15 ของผู้ป่วยโรคเบาหวานทั้งหมด

1.2 ชนิดที่ 2 โรคเบาหวานชนิดไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลิน (Non Insulin Dependent Diabetes)

โรคเบาหวานชนิดนี้พบมากในผู้ใหญ่หรือคนที่อายุมากกว่า 40 ปี สาเหตุเกิดจากมีการหลั่งอินซูลินแต่มีการเปลี่ยนแปลงในร่างกายหรือมีสิ่งต่อต้านการทำงานของอินซูลินได้แก่ ความอ้วน กรดไขมันอิสระจากความอ้วน โปรตีนเลปติน (Leptin) เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถหลั่งอินซูลินได้เพียงพอ หรืออินซูลินที่มีอยู่ไม่สามารถออกฤทธิ์ได้จึงเกิดโรคเบาหวานขึ้น อาการไม่ค่อยปรากฏนอกจากเป็นนานๆจะมีอาการปัสสาวะบ่อย ตามัว คันตามตัว เหงือกอักเสบ โรคเบาหวานชนิดนี้พบประมาณร้อยละ 80 ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน และโรคเบาหวานชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องรักษาด้วยการฉีดอินซูลิน เพราะสามารถควบคุมได้ด้วยการกินยารักษาโรคเบาหวาน

1.3 ชนิดอื่นของโรคเบาหวาน หรือที่เคยเรียกว่าโรคเบาหวานทุติยภูมิ

เป็นโรคเบาหวานชนิดที่มีสาเหตุจากโรคอื่น รวมทั้งโรคเบาหวานที่เกิดร่วมกับโรคและกลุ่มอาการบางอย่าง โรคเบาหวานชนิดนี้พบประมาณร้อยละ 5 ของโรคเบาหวาน ซึ่งได้แก่ โรคที่เกิดจากฮอร์โมนบางอย่างทำงานผิดปกติ โรคที่เกี่ยวกับตับอ่อนและกลุ่มอาการเกี่ยวกับกรรมพันธุ์บางอย่าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พวกที่มีความทนต่อกลูโคสเสื่อม (Impaired Glucose Tolerance : IGT)

พวกนี้ยังไม่จัดว่าเป็นโรคเบาหวานและยังไม่มีอาการของโรคเบาหวานเพียงแต่ค่าของความทนต่อกลูโคสผิดปกติเป็นครั้งคราว อาจพบได้ในผู้ที่อ้วนมาก หรือไม่อ้วนและในผู้ที่กินยาบางชนิด เช่น ยาคุมกำเนิด ยาขับปัสสาวะเป็นต้น ในบางรายอาจเปลี่ยนแปลงเป็นโรคเบาหวานชนิดจำเป็นต้องใช้ต้องใช้อินซูลินหรือไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลินก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะมีความคงทนต่อกลูโคสปกติได้ในระยะต่อมา

3. พวกที่มีความทนต่อกลูโคสผิดปกติในระยะมีครรภ์ (Gestational Diabetes)

ในระยะมีครรภ์อาจพบว่ามีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ หรือมีความทนต่อกลูโคสผิดปกติทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในร่างกาย เพราะการตั้งครรภ์แต่ละครั้งร่างกายต้องการฮอร์โมนเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้ทารกเจริญเติบโต ฮอร์โมนเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอินซูลินทั้งสิ้น ทำให้เบต้าเซลล์ต้องทำงานหนักขึ้น เพื่อผลิตอินซูลินให้เพียงพอที่จะควบคุมน้ำตาลในเลือด หากเป็นผู้ที่ตับอ่อนมีความบกพร่องทางกรรมพันธุ์อยู่แล้ว ก็จะไม่สามารถผลิตอินซูลินเพิ่มให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายได้ อาการของโรคเบาหวานจึงปรากฏขึ้น บางครั้งหลังจากคลอดแล้วอาการของโรคเบาหวานจะทุเลาลงหรืออาจหายไปได้

4. ผู้ที่เคยมีความผิดปกติของความทนต่อกลูโคสมาก่อน (Previous abnormality of glucose tolerance)

ผู้ป่วยพวกนี้มีความคงทนต่อกลูโคสปกติแต่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติเป็นครั้งคราว ซึ่งเกิดขึ้นได้บ่อยในระยะที่ร่างกายมีความเครียด เช่น มีโรคติดเชื้อ โรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย ได้รับการผ่าตัดหรือได้รับยาบางชนิด เช่น ยาคุมกำเนิด ยาขับทางปัสสาวะ ผู้ป่วยประเภทนี้ยังไม่จัดว่าเป็นโรคเบาหวานแต่มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคเบาหวานได้ง่าย

5. ผู้ที่มีความผิดปกติของความคงทนต่อกลูโคสอยู่แล้วแต่ยังไม่แสดงออก (Potential abnormality of glucose tolerance)

ผู้ป่วยเหล่านี้มีความคงทนต่อกลูโคสปกติแต่มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคเบาหวานได้ง่าย เนื่องจากมีปัจจัยที่ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานมากกว่าพวกอื่นๆ ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ผู้ที่เป็นโรคอ้วน ผู้ที่มีพ่อแม่เป็นโรคเบาหวานและมีพี่น้องเป็นโรคเบาหวาน ผู้ที่มีคู่แฝดจากไข่ใบเดียวกันเป็นโรคเบาหวาน หญิงที่คลอดทารกที่น้ำหนัก 4500 กรัมหรือมากกว่า ผู้ที่มี HLA (Human Leukocyte Antigens) ชนิดเดียวกับพี่น้องที่เป็นโรคเบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการของโรคเบาหวาน

เมื่อขาดฮอร์โมนอินซูลิน ร่างกายจะไม่สามารถนำกลูโคสมาใช้เป็นพลังงานได้ เป็นผลให้กลูโคสคั่งอยู่ในเลือด ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจนถึงขีดที่ไตไม่สามารถดูดซึมกลับได้หมด น้ำตาลจึงล้นผ่านไตออกมา และเนื่องจากน้ำตาลมีความเข้มข้นสูงจึงดึงเอาน้ำซึ่งเป็นตัวละลายน้ำตาลออกมาด้วย ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปัสสาวะบ่อย ปัสสาวะครั้งละมากๆ (polyuria) และมีน้ำตาลในปัสสาวะ (Glucosuria) เมื่อผู้ป่วยเสียน้ำไปทางปัสสาวะมากจึงเกิดภาวะขาดน้ำ (Dehydration) รู้สึกกระหายน้ำและดื่มน้ำมากขึ้นเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไป นอกจากนี้การที่ร่างกายขาดอินซูลินและใช้กลูโคสเป็นพลังงานไม่ได้นี้ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการอ่อนเพลีย หิวบ่อย กินมากขึ้นแต่น้ำหนักกลับลดลง ทั้งนี้เพราะร่างกายต้องการสลายเอาไขมันและโปรตีนในร่างกายมาใช้เป็นพลังงานแทน ทำให้กล้ามเนื้อลีบเหี่ยว เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่ไม่ได้อย่างปกติทำให้ความต้านทานต่ำ ติดเชื้อโรคต่างๆได้ง่าย โดยเฉพาะเชื้อรา มีอาการคันตามผิวหนัง เป็นแผลหรือฝีได้ง่ายและรักษายาก เมื่อผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานานจะมีอาการอักเสบของปลายประสาทต่างๆมีอาการชาตามปลายมือปลายเท้า ปวดตามกล้ามเนื้อ ตามัวพร่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในเลนส์และในจอรับภาพ (Retina)

อาการของโรคเบาหวานที่สำคัญและพบได้ในระยะแรก อาจสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

- ปัสสาวะบ่อย และครั้งละมากๆ
- กระหายน้ำบ่อย และดื่มน้ำมาก
- หิวบ่อย กินจุ
- อ่อนเพลีย น้ำหนักลด
- ระดับน้ำตาลในเลือด และในปัสสาวะสูง
- คันตามผิวหนัง โดยเฉพาะบริเวณขาหนีบและบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์
- เป็นแผลและฝีง่าย
- ตามัวพร่า
- ชาตามปลายมือ ปลายเท้า และปวดตามกล้ามเนื้อ

โรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยเบาหวาน

1. โรคแทรกซ้อนชนิดเฉียบพลัน

1.1 ภาวะเป็นกรดจากสารคีโตนในเลือดสูง

การเกิดสารคีโตนจำนวนมาก (Ketone bodies) นี้จะทำให้ร่างกายเกิดภาวะเป็นกรด ด้วยเรียกว่า Ketoacidosis ผู้ป่วยจะมีอาการ อ่อนเพลียมาก ผิวแห้ง ปากและลำคอแห้ง มีไข้ หอบมาก ซึม และหมดสติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ

ภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดต่ำจะเป็นอันตรายมาก ซึ่งมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น อีกทั้งยังทำให้หัวใจบีบตัวเร็วขึ้น ทำให้ต้องการเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น แต่เนื่องจากผู้ป่วยโรคเบาหวานมักมีหลอดเลือดแข็งและรูตีบ เลือดจึงไปเลี้ยงหัวใจไม่สะดวกและเกิดภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้ผู้ป่วยอาจเป็นอันตรายถึงเสียชีวิตได้เนื่องจากกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด

1.3 การติดเชื้อ

- การติดเชื้อที่ผิวหนัง

  เช่น เกิดฝี เป็นแผลเน่าเนื้อตาย มีอาการชาตามปลายเท้า ปลายมือ เป็นต้น
- การติดเชื้อบริเวณทางเดินหายใจ
- การติดเชื้อทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ

2. โรคแทรกซ้อนระยะยาวของผู้ป่วยเบาหวาน ได้แก่

2.1 การเสื่อมของหลอดเลือดแดงใหญ่และการตีบแข็งของหลอดเลือดฝอย

2.2 ความพิการของจอรับภาพ (Retinopathy)

2.3 ความพิการของไต (Nephropathy)

2.4 ความพิการของประสาทส่วนปลาย (Neuropathy)

การรักษาและการติดตามผลโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน เป็นโรคที่รักษาไม่หายขาด แต่สามารถควบคุมอาการของโรคไม่ให้ลุกลามหรือรุนแรงได้ ด้วยการช่วยให้เกิดความสมดุลย์ระหว่างอินซูลินและระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งทำได้โดย

1. การออกกำลังกาย
2. การรักษาด้วยยา
3. การควบคุมอาหาร

ซึ่งการควบคุมอาหารนั้นเป็นการรักษาโรคเบาหวานที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกับการรักษาด้วยยา แพทย์จะใช้การควบคุมอาหารรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานในระยะเริ่มแรกหรือรายที่มีอาการไม่รุนแรง มีระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูง เมื่อได้รับการควบคุมอาหารที่เหมาะสมจะสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปกติได้ การควบคุมอาหารนี้จำเป็นต้องทำอย่างสม่ำเสมอจึงจะได้ผล ในการรักษาโรคเบาหวานแพทย์จะใช้การควบคุมอาหารเป็นอันดับแรก เมื่อไม่ได้ผลจึงจะพิจารณาใช้วิธีอื่น และถึงแม้ว่าผู้ป่วยจะได้รับการรักษาด้วยการกินยาหรือฉีดอินซูลินแล้วก็ตาม ผู้ป่วยจำเป็นต้องควบคุมอาหารร่วมไปด้วย ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการควบคุมอาหารเป็นหัวใจของการรักษาโรคเบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวินิจฉัยโรคเบาหวาน ที่แน่นอนจำเป็นต้องเจาะเลือดเพื่อหาระดับน้ำตาลในเลือด ผู้ที่ไม่ได้เป็นโรคเบาหวาน ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร 10-12 ชั่วโมงจะอยู่ในระหว่าง 70-110 มิลลิกรัม ต่อเลือด 100 มิลลิกรัมและหลังจากกินอาหารแล้ว 2 ชั่วโมง ระดับน้ำตาลในเลือดไม่ควรสูงกว่า 120 มิลลิกรัม ต่อเลือด 100 มิลลิกรัม สำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงกว่านี้ ส่วนจะสูงเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค

การติดตามผลการรักษา

การรักษาโรคเบาหวานให้ได้ผลนั้น ต้องมีการติดตามการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเป็นระยะๆ การติดตามผลการรักษาที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

1. การตรวจระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด

ตามปกติแพทย์จะติดตามผลการรักษาโดยการตรวจระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด แต่เนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดมีการขึ้นลงหลายครั้ง ตามเวลาและปริมาณอาหารที่ได้รับ ดังนั้นการตรวจดูระดับน้ำตาลในเลือดนานๆครั้งจึงไม่สามารถบอกถึงการควบคุมน้ำตาลกลูโคสในเลือดของผู้ป่วยได้ดีเท่าที่ควร

2. การวัดปริมาณ Glycosylated hemoglobin หรือเรียกย่อๆว่า HbA_{1c}

เป็นการวัดระดับการควบคุมน้ำตาลในเลือดแบบใหม่ ซึ่งเป็นวิธีติดตามผลการรักษาที่ดี ที่สะท้อนให้เห็นถึงผลการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วย ในระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ที่ผ่านมา การวัดระดับ HbA_{1c} นี้ ช่วยในการติดตามผลการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยได้ดีกว่าการตรวจหาค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดเพียงอย่างเดียว

HbA_{1c} เป็นผลของการจับตัวระหว่างกลูโคสและฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ปริมาณของ HbA_{1c} จะขึ้นกับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด ดังนั้นถ้าผู้ป่วยมีระดับกลูโคสในเลือดสูง ปริมาณกลูโคสที่จับกับฮีโมโกลบินก็จะสูงด้วยเนื่องจากปฏิกิริยา glycosylation ของฮีโมโกลบิน ซึ่ง HbA_{1c} เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของกลูโคสกับหมู่อะมิโน ที่ปลายอะมิโนของสายเบต้าของฮีโมโกลบิน โดยการสร้างชิฟฟ์เบส (Schiff base) ขึ้นมาก่อนซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ (มนตรีและคณะ, 2542) และจะเกิดขึ้นตลอดอายุของเม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน ทำให้แพทย์ทราบถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณกลูโคสในเลือดในระยะ 1 - 2 เดือนที่ผ่านมาและถึงแม้ว่าในระยะที่เจาะเลือดผู้ป่วยจะอดน้ำตาลหรือขนมหวานจนระดับน้ำตาลในเลือดขณะนั้นอยู่ในเกณฑ์ปกติแล้วก็ตามค่าของ HbA_{1c} จะยังคงสูงอยู่ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในขณะที่เจาะเลือดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ HbA_{1c} น้อยมากแตกต่างกับการวัดปริมาณกลูโคสในเลือดอย่างเดียว ซึ่งจะบอกได้แค่เพียงค่าของกลูโคสในขณะที่เจาะเลือดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของ HbA_{1c} นี้แสดงเป็นร้อยละของปริมาณฮีโมโกลบินทั้งหมด

ค่าของ HbA_{1c} ของคนปกติมีค่าประมาณร้อยละ 6-8

ค่าของ HbA_{1c} ของผู้ป่วยโรคเบาหวานจะมากกว่าร้อยละ 10

ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ควบคุมอาหารได้ดี ควรมีค่าของ HbA_{1c} ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณฮีโมโกลบินทั้งหมด

อินซูลินและหน้าที่ของอินซูลิน

อินซูลินเป็นฮอร์โมนซึ่งผลิตโดย เบต้าเซลล์ของ ไอส์เล็ทออฟ ลังเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans) ในตับอ่อน ไอส์เล็ทแต่ละอันมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 75-150 ไมครอน และไอส์เล็ทออฟลังเกอร์ฮานส์ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ 3 ชนิด คือ

1. แอลฟาเซลล์ (Alpha cells) มีอยู่ประมาณร้อยละ 20 ของไอส์เล็ทเซลล์ แอลฟาเซลล์ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมน กลูคากอน (Glucagon) ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นให้ไกลโคเจน (Glycogen) ในตับสลายเป็นกลูโคส ทำให้ระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้น
2. เบต้าเซลล์ (Beta cell) มีอยู่ประมาณร้อยละ 75 ของไอส์เล็ทเซลล์ และมีขนาดเล็กกว่าแอลฟาเซลล์ เบต้าเซลล์เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนอินซูลิน
3. เดลต้าเซลล์ (Delta cell) มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของไอส์เล็ทเซลล์ ทำหน้าที่ผลิต โซมาโตสแตติน (Somatostain) ซึ่งยับยั้งการหลั่งทั้งกลูคากอนและอินซูลิน

โครงสร้างของอินซูลินเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยสายโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) 2 สาย ที่มี C-peptide เป็นตัวเชื่อมให้เป็นสายเดียวกันในระหว่างสายทั้งสองนี้จะมี พันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide – S – S) เป็นตัวเชื่อม อินซูลินที่ถูกสร้างขึ้นในเบต้าเซลล์ของตับอ่อนนี้ ครั้งแรกจะสร้างโพลีเปปไทด์เพียงสายเดียวเรียกว่า โปรอินซูลิน (Proinsulin) ประกอบด้วยกรดอะมิโน 81 ตัว และยังไม่สามารถออกฤทธิ์ของอินซูลินได้ โปรอินซูลินจะต้องถูกขับต่อไปยังส่วนที่เรียกว่า กอลไจ แอปปาราตัส (Golgi apparatus) ซึ่งในที่นี้โปรอินซูลินจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นฮอโมนส์อินซูลินที่สมบูรณ์ โดยการสลายเอากรดอะมิโนบางส่วนออกไป ส่วนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 51 ตัว ซึ่งมีกรดอะมิโน 2 สายอยู่ด้วยคือ ฮอร์โมนส์อินซูลินจะถูกเก็บไว้ในเซลล์ และขับออกจากเซลล์เข้ากระแสโลหิต เพื่อทำหน้าที่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ที่สำคัญของฮอร์โมนส์อินซูลิน คือ ควบคุมน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติและอินซูลินยังมีหน้าที่ในการเสริมสร้างร่างกายดังนี้

1. เป็นตัวนำกลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน เข้าสู่เซลล์เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงาน และใช้ในการเสริมสร้างเซลล์ต่างๆ เพื่อการเติบโตและการดำรงชีวิต

2. ช่วยให้มีการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไกลโคเจน เรียกว่า ไกลโคเจนนีซีส (Glycogenesis) เก็บสำรองไว้ในตับและกล้ามเนื้อ

3. ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ไขมันจากกลูโคส เรียกว่า ไลโปเจนนีซีส (Lipogenesis) และเก็บสำรองไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย

4. ช่วยให้มีการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกาย

5. ช่วยยับยั้งการสลายของโปรตีนและไขมันในร่างกาย

6. ช่วยเร่งให้เซลล์ต่างๆ ใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้มากขึ้น

7. ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆในวิถีไกลโคไลซิส (Glycolysis) เช่น กลูโคไคเนส (Glucokinase)

บทบาทของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมในร่างกาย

1. ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท อินซูลินช่วยในการทำงานของคาร์โบไฮเดรทเมตาบอลิซึม ดังนี้

- ช่วยให้เซลล์กล้ามเนื้อและตับรับเอากลูโคสไว้ได้มากขึ้น
- ช่วยให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง
- ช่วยให้มีการสังเคราะห์ไกลโคเจนในตับ
- ช่วยเร่งปฏิกิริยาไกลโคไลซิส
- ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ กลูโคไคเนส

2. ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของไขมัน อินซูลินช่วยในการทำงานของไขมันเมตาบอลิซึม ดังนี้

- เป็นตัวนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน
- ช่วยให้มีการสร้างไขมันสะสมจากกลูโคส
- ช่วยในการสังเคราะห์ไขมันในร่างกาย
- ป้องกันการสลายไขมันสะสมเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล
- เร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลโปโปตีน ไลเปส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการขนย้ายไตรกลีเซอไรด์ออกจากกระแสเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของโปรตีน อินซูลินช่วยในการทำงานของโปรตีนเมตาบอลิซึม ดังนี้

- ช่วยให้เซลล์ต่างๆรับเอากรดอะมิโนไว้ใช้เสริมสร้างร่างกาย
- ช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน
- ช่วยยับยั้งการเปลี่ยนโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นกลูโคส

สรุปการทำงานในส่วนต่างๆของร่างกายเมื่อร่างกายขาดอินซูลินหรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้

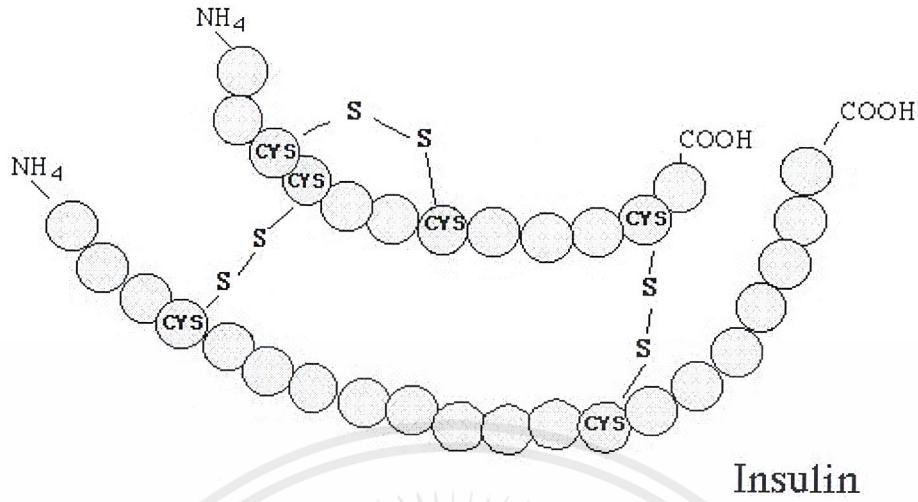
กล้ามเนื้อจะใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้น้อยลง จึงมีการสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อและเปลี่ยนเป็นกลูโคสเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง และกล้ามเนื้อเหี่ยวลีบลง

เซลล์ไขมัน เมื่อขาดอินซูลิน หรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้ กลูโคสไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ไขมันได้ ทำให้ร่างกายไม่สามารถสร้างไขมันสะสมจากกลูโคสและจากกรดไขมันได้ ทั้งยังมีการสลายเนื้อเยื่อไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลเพื่อใช้เป็นพลังงานอีกด้วย ระดับไขมันในเลือดจึงสูงขึ้น และน้ำหนักผู้ป่วยลดลง

ตับ เมื่อร่างกายขาดอินซูลิน ตับจะไม่สามารถเปลี่ยนกลูโคสเป็นไกลโคเจน และไขมันสะสมเพื่อใช้เป็นพลังงานสำรองได้ ทั้งยังมีการสลายไกลโคเจนในตับเป็นกลูโคส และมีการสร้างกลูโคสจากไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้นเพื่อใช้เป็นพลังงาน ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงขึ้น นอกจากนี้การขาดอินซูลินยังทำให้เซลล์ต่างๆไม่สามารถใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้ ไขมันจึงถูกนำมาใช้แทน ซึ่งการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานมากๆ จะเกิดสารคีโตนในตับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเนื้อเยื่อต่างๆไม่สามารถใช้ได้ทัน จึงเกิดสารคีโตนสะสมมากในเลือดและเกิดภาวะความเป็นกรดขึ้น ผู้ป่วยอาจหมดสติหรือตายได้

ดังนั้นจะเห็นว่า การขาดอินซูลินมิได้กระทบกระเทือนแต่การทำงานของคาร์โบไฮเดรทในร่างกายเท่านั้น แต่จะมีผลถึงการทำงานของไขมันและโปรตีนในร่างกายด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าโรคเบาหวานมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของร่างกายทุกระบบทำให้เซลล์และอวัยวะต่างๆเสื่อมโทรมเร็วกว่าปกติ และถ้าละเลยมิได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้องก็จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ง่าย (วลัย, 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของอินซูลิน

ที่มา : www.rpi.edu , (14 / 7 / 2001)

ไกลซิมิก อินเด็กซ์ (Glycemic index, GI)

คือ ดัชนีที่บ่งให้ทราบว่าคาร์โบไฮเดรทในอาหาร ไม่ว่าจากผัก ผลไม้ เครื่องดื่ม หรืออาหารสำเร็จ จะมีการกระตุ้นการตอบสนองของอินซูลิน (Insulin Respones) และส่งผลให้อาหารเปลี่ยนเป็นกลูโคสในเลือดได้เร็วหรือช้าอย่างไร ซึ่งถ้ารับประทานแล้วเกิดเป็นกลูโคสในเลือดอย่างรวดเร็วอาหารนั้นจัดเป็นอาหารประเภทที่มี GI สูงแต่ถ้าเปลี่ยนเป็นกลูโคสอย่างช้าๆอาหารนั้นจะอยู่ในประเภท GI ต่ำ ทั้งนี้อาศัยการเปรียบเทียบกับกลูโคสบริสุทธ์ที่ใช้เป็นตัวคุมเปรียบเทียบการทดลอง ผู้เป็นเบาหวานหากรับประทานอาหารที่มี GI สูงจะทำให้เกิดสภาวะน้ำตาลคั่งในเลือด และมีระดับสูงเกินกว่าจะควบคุมได้ ในทำนองตรงข้ามถ้าผู้ป่วยเบาหวานรู้จักเลือกรับประทานอาหารประเภท GI ต่ำจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสามารถควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ และยังทำให้รับประทานได้อย่างพอเพียงกับความต้องการของร่างกาย ส่งผลให้สุขภาพดี และโรคเบาหวานไม่ทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนอื่นๆความสำคัญของการตรวจวัด GI ในผัก ผลไม้ เครื่องดื่ม อาหารว่าง อาหารผสมสำเร็จ จึงเป็นทางเลือกสำคัญในปัจจุบันสำหรับการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งในต่างประเทศทั้งสหรัฐอเมริกา แคนาดา และประเทศในทวีปยุโปหลายประเทศตลอดจนประเทศออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ได้มีการศึกษาวิจัยในเรื่อง GI กันอย่างกว้างขวางจนกระทั่งถึงกับมีการจัดตั้งเป็นองค์กรเพื่อการศึกษาด้านนี้โดยตรง เช่น Glycemic Index Research Institute วอชิงตัน ดี ซี ประเทศสหรัฐอเมริกาหรือ Glycemic Index แห่งประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น ในปัจจุบันสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ยังอยู่ในระหว่างการรณรงค์เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีการบังคับการออกกฎหมายให้ระบุค่า GI ไว้บนภาชนะบรรจุอาหาร และเครื่องดื่มอีกด้วย คาดว่าในอนาคตอันใกล้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออกของประเทศไทยอาจมีความจำเป็นต้องใช้ค่า GI ประกอบการบรรจุหีบห่อเพื่อให้สอดคล้องกับความสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจ (เรียม และคณะ, 2543)

ค่าดัชนีกลูโคส (GI) และค่าการตอบสนองของอินซูลิน (Insulin response : IR)

อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทมีการสลายเป็นกลูโคสในเลือดได้ในเวลาแตกต่างกัน อาหารที่ย่อยสลายเป็นกลูโคสในเลือดได้อย่างรวดเร็ว เรียกอาหารประเภทนี้ว่า อาหารที่มีค่า GI สูงซึ่งจะทำให้เกิดการกระตุ้นให้ IR สูง เช่น ข้าวขัดสี มันฝรั่ง กล้วยหอม แครอท เป็นต้น ในทำนองตรงข้าม อาหารที่มีการหน่วงเหนี่ยวการย่อยสลายเป็นกลูโคสในเลือดได้อย่างช้าๆ เรียกว่าอาหาร GI ต่ำ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน เช่น ข้าวสาลีกล้อง ข้าวบาร์เลย์ แอปเปิล เป็นต้น ส่งผลให้มีการกระตุ้น IR ต่ำเช่นกัน (Wolever, 1990)

อาหารที่รับประทานเข้าไปถ้าใช้เวลาสั้นในการย่อยสลายเป็นกลูโคส จัดเป็นอาหารที่มีค่า GI สูง และจะทำให้ IR สูงด้วย

อาหารที่รับประทานเข้าไปถ้าใช้เวลานานในการย่อยสลายเป็นกลูโคส จัดเป็นอาหารที่มีค่า GI ต่ำ และจะทำให้ IR ต่ำด้วย

ในกรณีของคนปกติที่รับประทานอาหาร GI สูงร่างกายไม่มีข้อบกพร่องของการผลิตอินซูลิน กลูโคสที่สูงในเลือดจะเกิดขึ้นชั่วครู่ จากนั้นอินซูลินจะนำพาเข้าสู่เซลล์เพื่อเผาผลาญต่อไปให้ได้พลังงาน แต่ในกรณีของผู้ป่วยเบาหวาน เซลล์ไม่สามารถรับกลูโคสได้ ทำให้กลูโคสคั่งสูงในเลือดทำให้เกิดสภาวะ Hyperglycemia และมีการกระตุ้น IR อย่างรุนแรง ปฏิกิริยาที่ติดตามมาคืออินซูลินจะทำงานอย่างหนัก และในที่สุดกลูโคสจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เกิดสภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำเกินไป หรือเรียกว่า Hypoglycemia ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของตับให้หลั่งอะดรีนาลิน (Adrenalin) เพื่อปลดปล่อยไกลโคเจนให้สลายกลูโคสออกจากตับเพื่อชดเชยปริมาณกลูโคสในเลือด สภาวะเช่นนี้ทำให้ผู้ป่วยเกิดการใจสั่น ง่วงผิดปกติ มือเท้าอ่อนเปลี้ย หน้ามืด และถ้ารุนแรงอาจเกิดอาการเป็นลมหมดสติ อัมพาต หรือถึงแก่ชีวิตได้ อาการเช่นนี้ต้องรีบแก้ไขให้ทันท่วงทีโดยการรับประทานน้ำตาลที่ให้ GI สูง เพื่อให้กลูโคสในเลือดมีปริมาณสูงขึ้น แต่ข้อเสียในเหตุการณ์เช่นนี้คือ หลังจากรับประทาน GI สูงแล้วจะเกิดการกระตุ้น IR สูงอีกเช่นกัน ในที่สุดปฏิกิริยา Hyperglycemia และ Hypoglycemia จะเกิดขึ้นอีกสลับไปมาเช่นนี้ เพราะสาเหตุคือระดับน้ำตาลในเลือดสูงและต่ำ แกว่งไปมายากแก่การควบคุม ส่งผลให้เกิดอาการไม่สบาย มีผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่สม่ำเสมอ อยู่ในเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ จึงเป็นวิธีการจัดการที่ได้ผลที่สุดในผู้ป่วยเบาหวาน(Fontvielle และคณะ,1992) ทั้งนี้อาศัยค่าของ GI โดยเลือกรับประทานอาหารที่มีค่า GI ต่ำ เพื่อวางแผนการรับประทานอาหารต่อไปนี้ คือ

- รับประทานอาหารที่มี คาร์โบไฮเดรทเชิงซ้อน (Complex Carbohydrate) เพราะอาหารประเภทนี้จะมีค่า GI ต่ำ หรือปานกลาง (Perlstein และคณะ, 1997)
- รับประทานอาหารให้ตรงเวลา
- ห้ามงดอาหารบางมื้อ
- รับประทานอาหารที่มีความสมดุลย์และเหมาะสม

การย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ ไดแซกคาไรด์ (disaccharide) ได้แก่ ซูโครส (sucrose) ในรูปของน้ำตาล แลคโตส (lactose) ในรูปของนม และโพลีแซกคาไรด์ (polysaccharide) ได้แก่พวกแป้ง และข้าว นอกจากนี้ คาร์โบไฮเดรทในรูปอื่นๆก็จะมี alcohol, lactic acid, glycogen, pectins, dextrins, pyruvic acid และ cellulose เนื่องจากคนไม่มีเอนไซม์ที่ใช้ย่อย cellulose ดังนั้น cellulose จะถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ

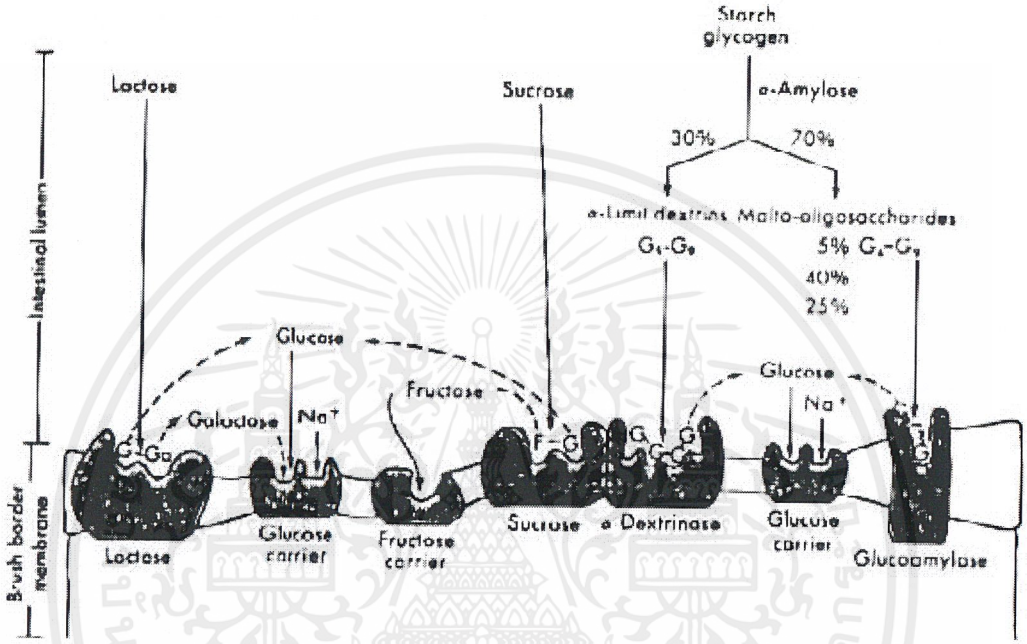
เมื่ออาหารเข้ามาในปาก การเคี้ยวจะทำให้อาหารคลุกเคล้ากับน้ำลาย ซึ่งมีน้ำย่อยอาหาร Salivary amylase น้ำย่อยนี้จะช่วยย่อยอาหารพวกแป้งให้เป็น ไดแซกคาไรด์ (มอลโตส) และไตรแซกคาไรด์ (trisaccharide) เนื่องจากอาหารอยู่ในปากในระยะเวลาอันสั้น ทำให้การย่อยเกิดขึ้นได้ประมาณ 3 - 4 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่ออาหารตกมาถึงกระเพาะอาหารก่อนที่อาหารจะคลุกเคล้ากับน้ำย่อยอาหารจากกระเพาะอาหาร ซึ่งจะทำให้อาหารค่อนข้างเป็นกรดและจะไปยับยั้งการทำงานของ Salivary amylase การย่อยอาหารของ Salivary amylase ก็จะดำเนินต่อไปได้อีกประมาณ 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นอาหารพวกคาร์โบไฮเดรทก็จะย่อยต่อ เมื่อถึงลำไส้เล็กส่วนต้นโดย Pancreatic amylase น้ำย่อยจากตับอ่อนโดยใช้เวลาเพียง 15-30 นาที เมื่ออาหารเข้ามาและคลุกเคล้ากับน้ำย่อยแล้ว มาถึงตอนนี้คาร์โบไฮเดรทจะถูกย่อยเป็นมอลโตส และ โพลีเมอร์ (polymers) ของกลูโคสซึ่งมีกลูโคสประมาณ 3 - 9 ตัว จากนั้นจึงถูกย่อยต่อให้เป็นโมโนแซกคาไรด์ (monosaccharides) โดยเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์เยื่อบุของลำไส้เล็กมีเอนไซม์ แลคเตส, ซูเครส, มอลเตส และแอลฟา เดกซตริน (alpha dextrins) พวกนี้จะอยู่ในเยื่อของไมโครวิลไล (microvilli) ของเซลล์เยื่อบุการย่อยจะเกิดขึ้นดังนี้

แลคโตส	ถูกย่อยโดย แลคเตส	ได้	กลูโคส + กาแลคโตส
ซูโคส	ถูกย่อยโดย ซูเครส	ได้	กลูโคส + ฟรุคโตส
มอลโตส, มอลโตไตรโอส	ถูกย่อยโดย มอลเตส	ได้	กลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่ออาหารพวกคาร์โบไฮเดรทถูกน้ำย่อยจากลำไส้เล็กเปลี่ยนเป็น โมโนแซกคาไรด์ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่ปริเวณ ดูโอดีนัม (duodenum) และเจจูนัม (jejunum) การดูดซึมโมโนแซกคาไรด์แต่ละตัว จะมีวิธีการที่แตกต่างกันแต่เมื่อดูดซึมเข้าสู่ทางเส้นเลือดฝอยแล้ว จะไปยังตับแล้วไปที่หัวใจก่อนกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนของเลือดอีกครั้ง



รูปที่ 2 แสดงการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรท

ที่มา : ชุมพล และคณะ,2539

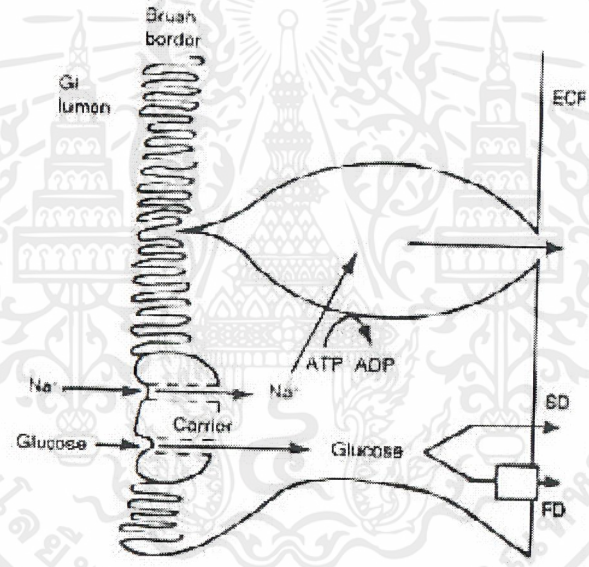
การดูดซึมของกลูโคส

กลูโคสจะใช้กระบวนการดูดซึมโดยอาศัยโซเดียมในลำไส้เล็ก เรียกการดูดซึมนี้ว่า Sodium co- transport of glucose หรือ secondary active transport of glucose กลไกการดูดซึมนี้จะต้องอาศัยตัวพา (carrier) ซึ่งเป็น integral membran protein ใน brush border ของเซลล์เยื่อบุในลำไส้เล็ก โดยที่กลูโคสและโซเดียมจะจับกับตัวพาแล้วอาศัยความเข้มข้นของโซเดียมที่อยู่ภายนอกเซลล์ซึ่งสูงกว่าภายในเซลล์เคลื่อนที่เข้ามาภายในเซลล์ เมื่อตัวพามาถึงส่วนในของเมมเบรน ความสามารถในการจับ (binding affinity) กับกลูโคสและโซเดียมลดลง ทั้งกลูโคสและโซเดียมก็จะถูกปล่อยออกจากตัวพา กลูโคสก็จะแพร่กระจายไปทางด้านหลังของเซลล์และเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ด้วย 3 วิธี คือ กลับเข้ามาในลำไส้เล็กโดยอาศัยตัวพาเช่นเดิมอีก 15 เปอร์เซ็นต์และอีก 25 เปอร์เซ็นต์เคลื่อนที่ออกทางด้านด้านหลังของเซลล์แบบ passive diffusion และทางด้านข้างของเซลล์โดยอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43970

ตัวพาอีก 60 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับโซเดียม ส่วนโซเดียมนั้นจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ด้วยขบวนการ active transport ซึ่งต้องอาศัยพลังงานที่เกิดจากการไฮโดรไลส์ (hydrolyse) ของ ATP ด้วยเอนไซม์ โซเดียม-โปรตัสเซียม เอทีพีเอส (Na-K ATPase) การเคลื่อนที่ของโซเดียมออกจากเซลล์จะมีการแลกเปลี่ยนกับโปแตสเซียมด้วยการดูดซึมของกลูโคสนี้จะถูกยับยั้งได้โดย specific inhibitors เช่น phlorizin โดยที่ phlorizin จะมีคุณสมบัติจับกับตัวพาได้ดีกว่ากลูโคสจึงไปแย่งที่กลูโคสในการจับกับตัวพา นอกจากนี้ การยับยั้งการเคลื่อนที่ของโซเดียมออกจากเซลล์โดย dinitrophenol และ ouabain ซึ่งเป็น เมตาบอลิก อินฮิบิเตอร์ (metabolic inhibitor) จะไปยับยั้งโซเดียม (sodium pump) ทำให้โซเดียมเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ไม่ได้ ทำให้ความเข้มข้นของโซเดียมภายในเซลล์สูงขึ้น ก็จะมีผลลดการดูดซึมของกลูโคสและโซเดียมเข้ามาภายในเซลล์



รูปที่ 3 แสดงการดูดซึมของกลูโคส

ที่มา : ชุมพล และคณะ, 2539

การดูดซึมของกาแลคโทส (galactose)

จะใช้กระบวนการดูดซึมแบบเดียวกับกลูโคส เป็นแบบ secondary active transport ซึ่งกาแลคโทสจะมีความสามารถในการจับกับตัวพาได้ดีกว่ากลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซึมของฟรุคโตส (fructose)

การดูดซึมของฟรุคโตสเป็นแบบ ฟาซิลิเทต ดิฟฟิวชั่น (facilitate diffusion) และอาศัยตัวพาโดยเฉพาะของฟรุคโตสการดูดซึมผ่านเข้ามาในเซลล์เยื่อบุจะอาศัยความเข้มข้นของฟรุคโตสทางด้านนอกซึ่งสูงกว่าผลักตัวพามาด้านในของเซลล์แล้วบางส่วนจะแพร่เข้าสู่เส้นเลือดและมีบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสภายในเซลล์แล้วจึงแพร่เข้าสู่เส้นเลือด

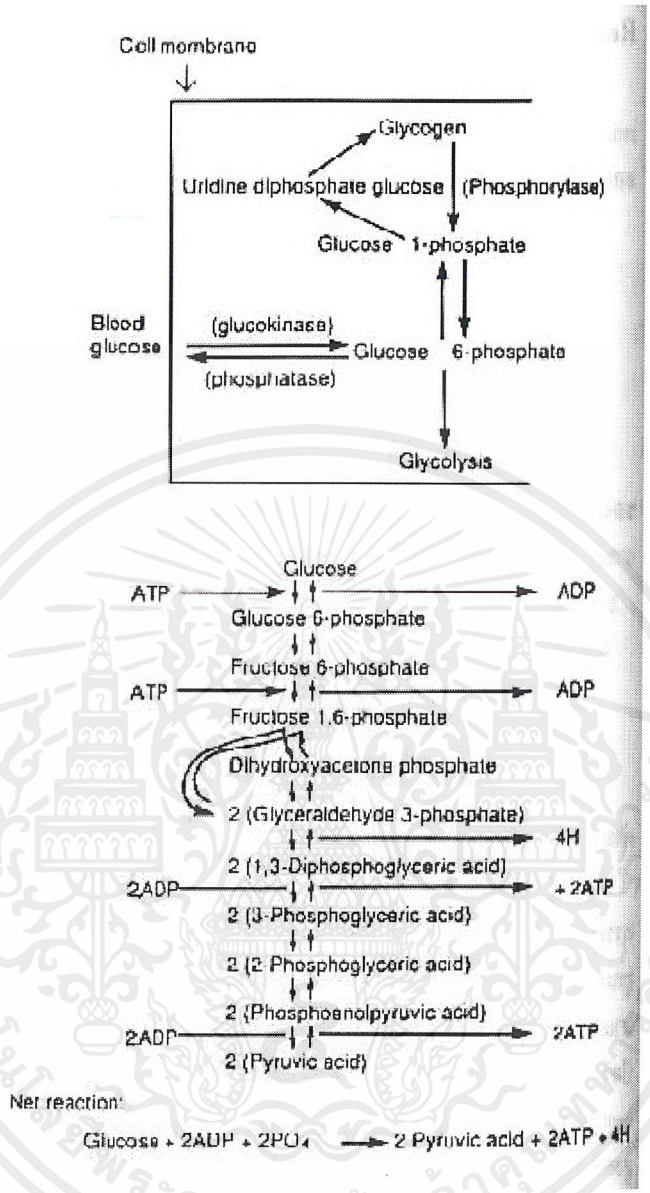
โมโนแซกคาไรด์ ที่ถูกดูดซึมได้เร็วที่สุดคือ กาแลคโตส และตามด้วยกลูโคส ซึ่งดูดซึมแบบ แอก ทีฟ ทรานสปอตส์ (active transport) ส่วนฟรุคโตสดูดซึมได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของกลูโคส เนื่องจากการดูดซึมเป็นแบบ ฟาซิลิเทต ดิฟฟิวชั่น ส่วนพวกที่ดูดซึมแบบ ซิมเพิล ดิฟฟิวชั่น (simple diffusion) จะถูกดูดซึมด้วยอัตราที่ช้ากว่าฟรุคโตส

เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรทที่เรารับประทานเข้าไปได้แก่ พวกแป้ง น้ำตาล นม การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรทเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเฮกโซส (hexoses) ได้แก่ กาแลคโตส ฟรุคโตส และกลูโคส ซึ่งเมื่อกลูโคสเข้าไปในเซลล์ โดยวิถีแอกทีฟทรานสปอต (activetransport)แล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น กลูโคส – 6 - ฟอสเฟต โดย ATP และเอนไซม์เฮกโซไคเนส (hexokinase) ถ้าเป็นเซลล์ของตับ เอนไซม์ที่ช่วยคะตะลิส (catalysed) จะเป็นกลูโคไคเนส (glucokinase) เมื่อระดับกลูโคสในเลือดสูงหรือมีมากพอที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์แล้ว กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น ไกลโคเจน เก็บไว้ โดยขบวนการ ไกลโคจีนีซีส (glycogenesis) ซึ่งไกลโคเจน จะถูกเก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่

กลูโคสเมื่อถูกเปลี่ยนเป็น กลูโคส-6-ฟอสเฟตแล้วจะถูกเปลี่ยนต่อไปอีกเป็น ไพรูวิก แอซิด (pyruvic acid) โดยขบวนการ ไกลโคไลซิส ซึ่งทั้งหมดนี้เกิดขึ้นนอกไมโตคอนเดรีย เมื่อได้ไพรูเวตแล้ว ไพรูเวต จะเข้าไปในไมโตคอนเดรียแล้วถูกเมตาบอไลส์ ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งต้องอาศัยออกซิเจนด้วย ถ้าไม่มีออกซิเจน ไพรูวิค แอซิด จะถูกเปลี่ยนเป็นแลคติค แอซิด (lactic acid) และแลคติค แอซิดก็จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นไพรูวิค แอซิด เมื่อมีออกซิเจนแล้วไพรูวิค ก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็น อะเซติล โค เอ (acetyl CoA) แล้วเข้าสู่ วัฏจักรซิตริกแอซิด (citric acid cycle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

ที่มา : ชุมพล และคณะ,2539

การย่อย การดูดซึมของโปรตีน

โปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการใช้ในการสร้างสารที่จำเป็นต่อโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกาย ซึ่งไม่สามารถทดแทนได้ด้วยไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรท ส่วนใหญ่แล้วอาหารจำพวกโปรตีนได้จาก เนื้อสัตว์ต่างๆ นม ไข่ อาหารจำพวกพืชก็มีโปรตีนเช่นกันแต่จะมีกรดอะมิโนในสัดส่วนที่แตกต่างจากพวกเนื้อสัตว์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายๆตัวเชื่อมกันด้วยพันธะเปปไต ชนิดของโปรตีนขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงตัวของกรดอะมิโน โปรตีนจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ เปปซิน (pepsin) ในกระเพาะอาหาร ซึ่งเปปซินจะทำหน้าที่ย่อยคอลลาเจน (collagen) ซึ่งจะทำให้น้ำย่อยอาหารเข้าไปย่อยโปรตีนได้ เมื่ออาหารพวกโปรตีนผ่านจากกระเพาะอาหารเข้าไปในลำไส้เล็ก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ proteoses , peptones และ polypeptides จากนั้นจะถูกย่อยต่อโดยน้ำย่อยจากตับอ่อน คือ trypsin, chymotrypsin และ carboxypolypeptidase เป็น polypeptides และกรดอะมิโน Large polypeptide จะถูกย่อยต่อโดยเอนไซม์ peptidase ซึ่งอยู่ที่ brush border membrane ของลำไส้เล็ก ให้กลายเป็น small polypeptides จากนั้น small peptides ก็จะถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโนโดยเอนไซม์ peptidase ที่อยู่ภายใน cytoplasm ของเซลล์เยื่อบุของลำไส้เล็ก ดังนั้นประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนที่ถูกย่อยแล้วจะถูกดูดซึมในรูปของกรดอะมิโน ส่วนน้อยที่ถูกดูดซึมในรูปของ peptides เล็กๆและจะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ทางเส้นเลือด

การดูดซึมของโปรตีนผ่านผนังของลำไส้เล็กส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ dipeptides, tripeptides และกรดอะมิโน การดูดซึมของกรดอะมิโน และ peptides จะเป็นแบบ แอกทีฟทรานสปอต (active transport) โดยอาศัยตัวพาแบบจำเพาะและโซเดียมที่เรียกว่า co transport หรือ secondary active transport ของกรดอะมิโนหรือเปปไต เช่นเดียวกับการดูดซึมของกลูโคสแต่กรดอะมิโนบางตัวก็ถูกดูดซึมแบบ simple diffusion การดูดซึมของโปรตีนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณ ดูโอดีนัม และเจจูนัม (ชุมพลและคณะ, 2539)

ความสัมพันธ์ของประเภทอาหารกับโรคเบาหวาน

โภชนาการมีความสำคัญต่อโรคเบาหวานมาก ภาวะโภชนาการที่ดีจะช่วยป้องกันและควบคุมโรคเบาหวานได้

1. ประเภทของคาร์โบไฮเดรทที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

1.1 คาร์โบไฮเดรทจำพวกน้ำตาล (Refined Carbohydrate) ได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยให้อาการของโรคเบาหวานแสดงออกได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในผู้ที่มีกรรมพันธุ์ของโรคเบาหวานอยู่แล้วแต่ไม่สามารถกำหนดลงไปแน่นอนได้ว่าน้ำตาลเป็นเหตุหรือเป็นผล ทั้งนี้เพราะการกินน้ำตาลมากๆทำให้ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นและเกิดโรคอ้วน ซึ่งเป็นที่ทราบกันแล้วว่าโรคอ้วนเป็นสาเหตุที่สำคัญของโรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านอื่นๆร่วมกับการบริโภคอาหารอื่นเพิ่มขึ้น เช่น มีการออกกำลังกายน้อยลง และกินไขมันมากขึ้น จึงเป็นการยากที่จะกำหนดลงไปว่าการกินน้ำตาลมากอย่างเดียวเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคเบาหวาน นอกจากนี้ ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับชนิดของน้ำตาลที่ทำให้ระดับของน้ำตาลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือดสูงเกือบทั้งหมดลงความเห็นว่า น้ำตาลกลูโคสมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นได้มากกว่าน้ำตาลฟรุคโตส ซูโครส และคาร์โบไฮเดรทจำพวกแป้ง ดังนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานทั้งชนิดที่จำเป็นต้องใช้อินซูลินและไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลินต้องจำกัดการกินอาหารที่มีกลูโคสมาก รวมทั้งจำกัดการกินน้ำตาลซูโครสด้วย เพราะน้ำตาลซูโครสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกลูโครสและฟรุคโตสได้ในร่างกาย ส่วนฟรุคโตสนั้น เมื่อเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยเลือดสูงได้เช่นกัน

1.2 คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่น้ำตาล (Non sugar Carbohydrate)

หมายถึงคาร์โบไฮเดรทที่มีโมเลกุลใหญ่ซับซ้อน ไม่มีรสหวาน ได้แก่ ข้าวและแป้งต่างๆ ข้าวและแป้งเหล่านี้สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสในร่างกายได้แต่การกินข้าวและอาหารจำพวกแป้งจะไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วเหมือนการกินน้ำตาลกลูโคสและซูโครส การศึกษาวิจัยต่างๆได้แสดงให้เห็นว่าการกินแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่เท่ากัน น้ำตาลจะทำให้ระดับกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดสูงได้มากกว่าการกินอาหารจำพวกแป้ง และยังมีรายงานอีกว่าอาหารที่มีข้าวหรือแป้งมากไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดสูง ถ้าพลังงานที่ได้รับเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย

1.3 ใยอาหาร (Dietary fiber)

เป็นส่วนของพืชที่ร่างกายย่อยไม่ได้ จัดอยู่ในจำพวกคาร์โบไฮเดรท ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิคนิน ปัจจุบันใยอาหารกำลังเป็นที่สนใจของคนทั่วไปมาก เนื่องจากการศึกษาทางระบาดวิทยารายงานว่า โรคเบาหวานและโรคอ้วนพบมากในประเทศที่กินอาหารที่มีใยอาหารน้อย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล ข้าว และแป้งที่ขัดสีจนขาว มีการพบว่า การกินข้าวจะทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดเพิ่มน้อยกว่าการกินมันฝรั่ง ทั้งนี้เพราะในข้าวมีใยอาหารมากกว่าโดยเฉพาะข้าวที่ยังไม่ได้ขัดสี ยังมีรายงานว่าสารที่มีในถั่ว ได้แก่ เพคติน กัมซึ่งพบว่าช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้ อาหารที่มีใยอาหารมากจะช่วยให้ระดับกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดลดลงอย่างเห็นได้ชัดทั้งในคนปกติและผู้ป่วยเบาหวาน

การที่ใยอาหารช่วยลดระดับกลูโคสในเลือดได้นี้ เชื่อว่าเป็นเพราะใยอาหารซึ่งมีส่วนประกอบของ เพคติน กัม เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้เส้นใยพองตัว มีลักษณะเป็นวุ้นในระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีความหนืด ช่วยให้น้ำตาลกลูโคสถูกดูดซึมได้ช้าลง นอกจากนี้ใยอาหารยังมีฤทธิ์ในการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนหลายชนิดในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งอาจมีผลต่อการหลั่งอินซูลินด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประเภทของไขมันที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานมีโอกาสเป็นโรคหลอดเลือดแข็งและโรคหัวใจขาดเลือดได้มากกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรคเบาหวาน 2.5 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากผู้ป่วยโรคเบาหวานมักมีระดับคลอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ซึ่งเป็นผลมาจากการควบคุมโรคเบาหวานไม่ถูกต้อง มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงและการที่ผู้ป่วยกินอาหารที่มีคลอเลสเตอรอลมากและกินไขมันอิ่มตัว เช่น ไขมันสัตว์ น้ำมันมะพร้าวหรือกะทิ ทำให้ระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การกินคาร์โบไฮเดรทจำพวกน้ำตาลซูโครสมาก ทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกับการกินไขมัน

3. ปริมาณของพลังงานที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อวันมีผลต่อการเกิดโรคเบาหวานมากกว่าการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรทหรือไขมัน

เส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารหรือสารเส้นใย (fiber) หมายถึงสารที่ประกอบกันเป็นส่วนต่างๆ โดยเฉพาะผนังเซลล์ของพืชที่มีโมเลกุลซับซ้อนมากจนน้ำย่อยในร่างกายไม่สามารถย่อยเส้นใยเหล่านี้ได้ เส้นใยจึงไม่ถูกดูดซึม ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เมื่อเรากินพืชผักที่มีเส้นใยอาหารเข้าไปร่างกายจะทำหน้าที่ย่อยสารอาหารในพืชผัก ซึ่งได้แก่ วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ ส่วนกากใยที่เหลืออยู่ร่างกายย่อยไม่ได้จะผ่านออกไปยังลำไส้ใหญ่และถูกขับออกทางอุจจาระ

แหล่งของเส้นใยอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธัญพืช ผัก ผลไม้ ถั่วเมล็ดแห้ง ถั่วเปลือกแข็ง และเมล็ดพืช

ชนิดของเส้นใยอาหารมี 2 ชนิด คือ

1. เส้นใยที่ละลายน้ำได้ (Soluble fiber)

เส้นใยที่ละลายน้ำได้ เช่น เพคติน กลูโคแมนแนน และกาแลคโตแมนแนน มักปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืช ในผัก และผลไม้เกือบทุกชนิด และพืชตระกูลถั่ว ข้าวโอต พร้อมบริโภค รำข้าวโอต และข้าวบาร์เลย์

2. เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble fiber)

เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เช่นเซลลูโลส ลิกนิน เส้นใยชนิดนี้มีมากในอาหารปะเภทธัญพืช เช่น ข้าวกล้อง หรือข้าวซ้อมมือ ข้าวโพด ข้าวสาลี รำข้าวสาลี รำข้าวเจ้า พืชตระกูลถั่ว ถั่วเปลือกแห้งและผักต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่ผลไม้แทบทุกชนิดจะมีสารเส้นใยทั้งชนิดละลายน้ำได้และชนิดไม่ละลายน้ำอยู่ร่วมกัน เพราะฉะนั้น การกินเมล็ดธัญพืช ผักและผลไม้ในปริมาณที่เพียงพอ ก็จะได้เส้นใยอาหารที่เป็นประโยชน์ตามที่ร่างกายต้องการ (ธารดาว, 2544)

ข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวหอมมะลิไทย หมายถึง ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ กข.15 พันธุ์คลองหลวง 1 ที่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม

ลักษณะและขนาดของของเมล็ดข้าว

ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีลักษณะและขนาดของเมล็ด ดังนี้

1. ลักษณะโดยทั่วไปของเมล็ดข้าวหอมมะลิไทยเป็นข้าวเมล็ดยาว
2. ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ต้องไม่ต่ำกว่า 7.0 มิลลิเมตร
3. อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ต้องไม่ต่ำกว่า 3.0 มิลลิเมตร

คุณสมบัติทางเคมี

ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีปริมาณอมิโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12.0 และไม่เกินร้อยละ 19.0 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0

แบ่งข้าวหอมมะลิไทยออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้าวขาว
2. ข้าวกล้อง

ชั้นของข้าวหอมมะลิไทยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ตามอัตราข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ดังนี้

1. ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีเลิศ (Prime quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ไม่เกินร้อยละ 10.0 โดยน้ำหนัก
2. ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีพิเศษ (Superb quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ไม่เกินร้อยละ 20.0 โดยน้ำหนัก
3. ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดี (Premium quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปนไม่เกินร้อยละ 30.0 โดยน้ำหนัก (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และขั้นตอนการดำเนินงาน

วัสดุ

วัตถุดิบ

- ข้าวหอมมะลิ
- นมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V-Soy)
- น้ำตาลกลูโคส
- กากถั่วเหลือง (Okara)
- ใยอาหารอบแห้งจากเม็ดแมงลัก
- ข้าวโอ๊ต
- จมูกข้าวสาลี (wheat germ)
- แป้งขนมปังตราหงส์ขาว
- แป้งอเนกประสงค์ตราว่าว
- น้ำตาลทราย
- ไข่ไก่
- เกลือ
- น้ำมันพืช
- เครื่องเทศ, สารแต่งกลิ่น และสีผสมอาหาร
- ยีสต์ผง

อุปกรณ์

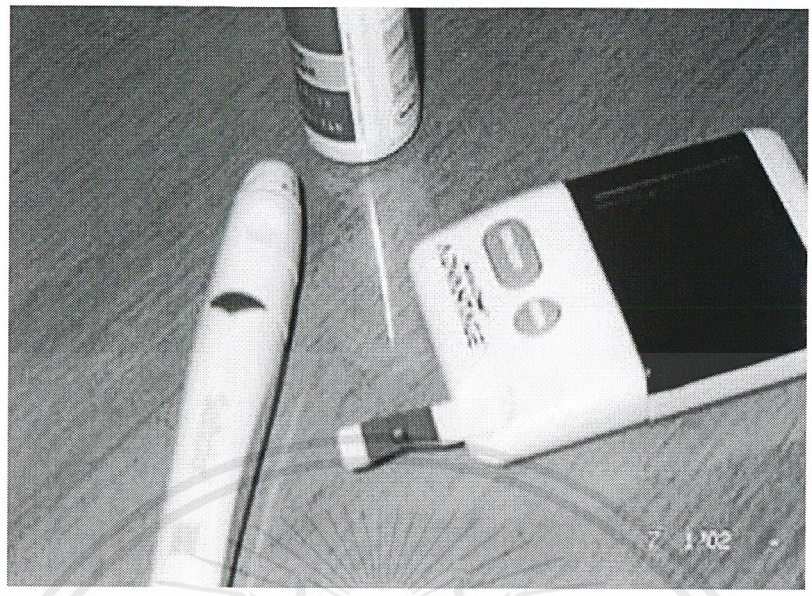
1. เครื่องออโทแอนาไลเซอร์ (Autoanalyzer) ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล
2. เครื่องไบโอเซนเซอร์ แอดเวนเทตแอคคูเชค (Advantage accuchek)
3. แผ่น Strip
4. เข็มเจาะที่สามารถปรับระดับความลึกได้
5. เครื่องฮีโมโกลบินอิเล็กโทรโฟเรซิส ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สำลี
7. แอลกอฮอล์ 75 %
8. เครื่องโม่ถั่วเหลืองให้เป็นกาก (Central – healthy)
9. ถาดสแตนเลส
10. ลูกกลิ้งไม้
11. ผ้าขาวบาง
12. เครื่องปั่น
13. หม้อนึ่ง
14. ตู้อบ
15. อุปกรณ์ต่างๆในห้องครัว

รูปที่ 5 แสดงเครื่อง Advantage accuchek

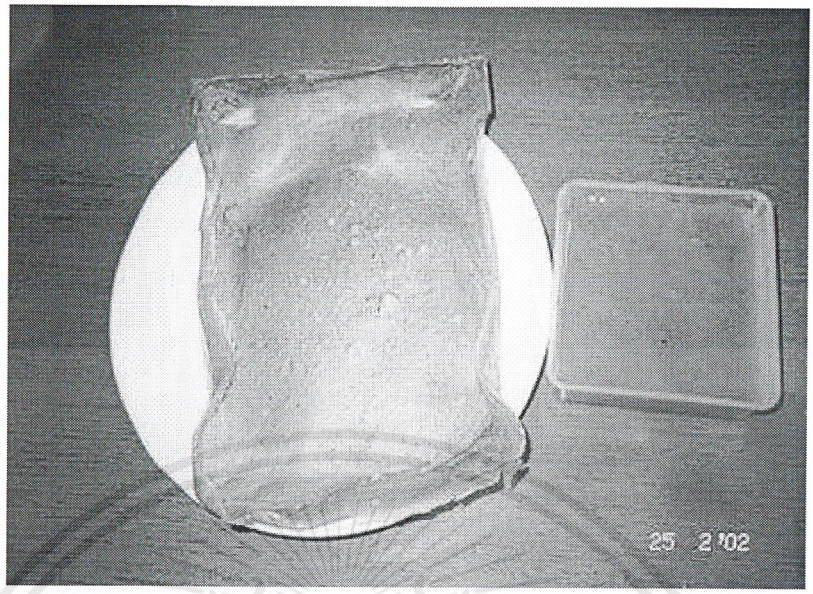
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงเครื่องAdvantage accuchek พร้อมเข็ม และ Strip

รูปที่ 7 แสดงเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำค้างคืน

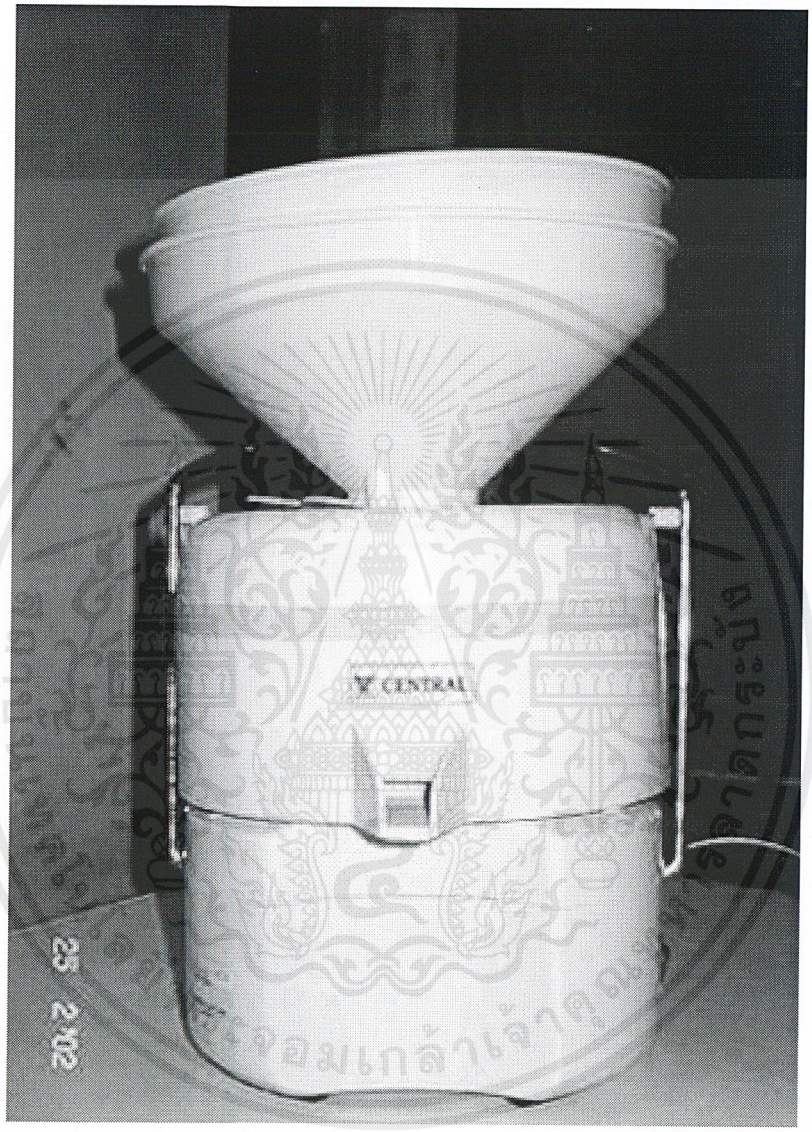
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงใยอาหารอบแห้งจากเม็ดแมงลัก และ ใยอาหารจากเม็ดแมงลักที่ปั่นผสมน้ำแล้ว

รูปที่ 9 แสดง Flavor ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงเครื่องโม่ถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 : การจัดเตรียมและคัดเลือกอาสาสมัครผู้รับการทดลองเจาะเลือดหาค่าดัชนีกลูโคส

1. ตรวจร่างกายอาสาสมัครที่ คณะเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

1.1 เครื่องออโทแอนาไลเซอร์ (Autoanalyzer) ใช้วิเคราะห์การทำงานของตับและไตของอาสาสมัคร

ตารางที่ 1 แสดงค่าต่างๆที่ได้โดยใช้เครื่อง Autoanalyzer และเกณฑ์มาตรฐาน

การทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน	สำหรับตรวจสอบ
Blood Glucose	76 - 110 mg / dl	Carbohydrate Metabolism
BUN	7 - 20 mg / dl	การทำงานของไต
Creatinine	0.5 - 1.5 mg / dl	การทำงานของไต
Uric Acid	2.4 - 7 mg / dl	การทำงานของไต
Cholesterol	100 - 200 mg / dl	การทำงานของไต
Triglyceride	50 - 200 mg / dl	การทำงานของไต
HDL-C	35 - 100 mg / dl	การทำงานของไต
LDL-C	70 - 160 mg / dl	การทำงานของไต
SGOT	0 - 37 mg / dl	การทำงานของตับ
SGPT	0 - 40 mg / dl	การทำงานของตับ
Bilirubin	0 mg / dl	การทำงานของตับ
Protein	6 - 8 mg / dl	การทำงานของตับ
Alkaline Phosphase	39 - 117 u / l	การทำงานของตับ

ที่มา : เรียม และคณะ, 2543

1.2 เครื่องฮีโมโกลบินอิเล็กโทรโฟเรซิส (Haemoglobin electrophoresis) ใช้ตรวจวัดค่า Haemoglobin A_{1C} ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบสภาวะการตอบสนองของการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate metabolism) ว่าเป็นปกติหรือไม่ โดยเกณฑ์มาตรฐาน Haemoglobin A_{1C} ของคนปกติทั่วไปนั้นจะมีค่าอยู่ที่ระดับ 4.8 – 6 U/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

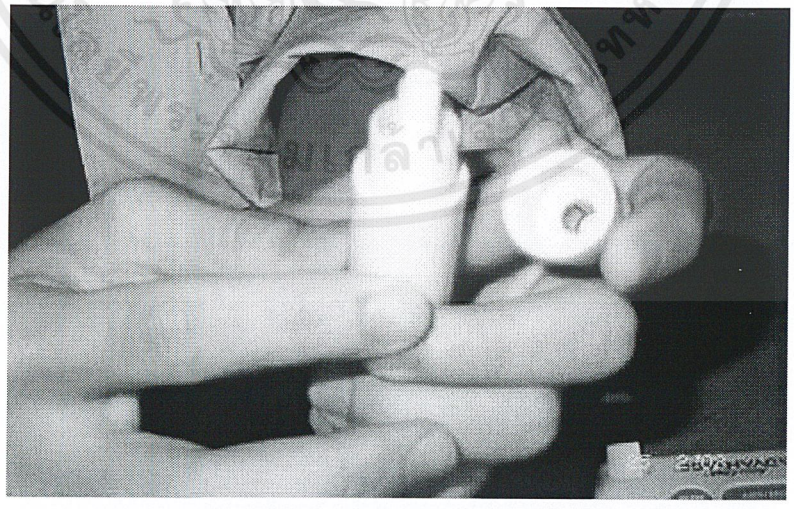
2. นำอาสาสมัครที่ผ่านการตรวจร่างกายมาทำการเจาะเลือดหากราฟระดับน้ำตาลเพื่อตรวจสอบกราฟระดับของแต่ละบุคคลว่าบุคคลใดเหมาะต่อการทดลองโดยใช้เครื่องไบโอเซนเซอร์ Advantage Accuchek สำหรับตรวจวัดปริมาณกลูโคสในเลือดโดยให้รับประทานน้ำตาล 100 กรัม แล้วจึงทำการเจาะเลือดตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการเจาะเลือด

ทำการนัดอาสาสมัครมาเจาะเลือด โดยให้อาสาสมัครอดอาหารมาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ทำการเจาะเลือดให้กับอาสาสมัครเพื่อหาค่าน้ำตาลที่อดอาหารมาแล้ว 12 ชั่วโมง (Fastting Blood Sugar, FBS) ให้อาสาสมัครรับประทานน้ำตาลปริมาณ 100 กรัม แล้วทำการเจาะเลือดเพื่อหาระดับน้ำตาลในเลือดที่เวลาที่ 0 นาที ทำการเจาะเลือดทุกๆ 20 นาทีจนกว่าค่าของระดับน้ำตาลที่วัดได้จะต่ำกว่าค่า FBS ที่ทำการ เจาะในครั้งแรก

วิธีการเจาะเลือด มีดังนี้

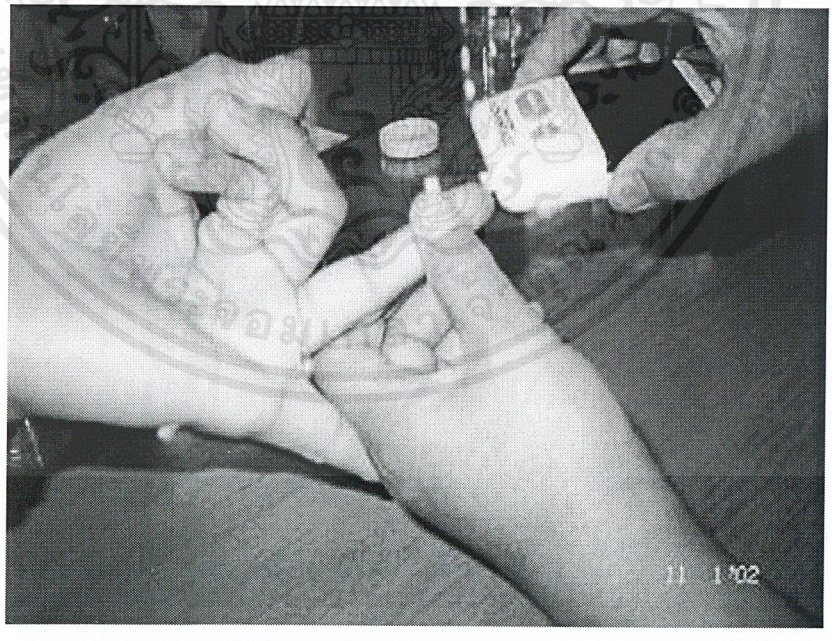
ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 75% เช็ดนิ้วผู้รับการทดลองจากนั้นทำการเปลี่ยนเข็มและปรับระดับความลึกให้เหมาะสมให้อาสาสมัครบริหารมือเพื่อให้เลือดไหลเวียนได้ดี ทำการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้วที่เช็ดแอลกอฮอล์โดยเลือกนิ้วชี้และนิ้วนางเมื่อเจาะได้เป็นหยดเลือดกลมนูน จึงนำหยดเลือดบนนิ้วของผู้รับการทดลองทาบกับแผ่น strip แล้วจึงวัดด้วยเครื่องไบโอเซนเซอร์ จะได้ค่าระดับน้ำตาลในเลือดออกมา



รูปที่ 11 แสดงการเปลี่ยนเข็มทุกครั้งที่ทำการเจาะเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12 แสดงหยดเลือดกลมนูนหลังจากใช้เข็มเจาะ



รูปที่ 13 แสดงการนำหยดเลือดที่อยู่บนนิ้วมาทาบกับแผ่น Strip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 : การหาความเข้มข้นของน้ำตาลเพื่อหามาตรฐานที่เหมาะสมในการหาค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index)

1. ทำการเจาะเลือดดังขั้นตอนที่ 1 เพื่อหากราฟระดับน้ำตาล โดยให้อาสาสมัครรับประทานกลูโคส (glucose) ในปริมาณ 25, 50, 100 กรัม และ 1.25 กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย (ค่าน้ำตาลที่เบี่ยงเบนตามน้ำหนักร่างกาย ตามทฤษฎีการตอบสนองของตับ : ข้อมูลจากสมาคมเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา) ตามลำดับ ซึ่งคำนวณโดยนำน้ำหนักของอาสาสมัครแต่ละคนมาคูณกับ 1.25 จะได้ค่าเป็นปริมาณน้ำตาลที่อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทานที่ระดับน้ำตาลที่ 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย

2. จากนั้นทำการชั่งน้ำตาลที่แต่ละความเข้มข้นนำมาละลายน้ำโดยใช้ปริมาณน้ำเปล่าที่สามารถละลายน้ำตาลกลูโคสได้หมดตามความเหมาะสมทำการคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วให้อาสาสมัครแต่ละคนดื่มจนหมดทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่ทุก 20 นาที ตามวิธีข้างต้น (น้ำตาลในแต่ละความเข้มข้นจะทำการเจาะเลือดคนละวันเนื่องจากอาสาสมัคร 1 คน จะรับประทานได้เพียง 1 ความเข้มข้นในวันนั้นๆ) นำค่าปริมาณน้ำตาลที่ทุก 20 นาที มาพลอตกราฟดูแนวโน้มของกราฟ จากนั้นทำการหาพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยแต่ละความเข้มข้นดังสมการต่อไปนี้

วิธีหาพื้นที่ใต้กราฟ (Wolver, TMS และคณะ, 1990)

$$\text{สูตรการหาพื้นที่ใต้กราฟ} = (A+B+C+D/2)\,t + D^2t\,/2\,(D+|E|)$$

โดยที่ A = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่1

B = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่ 2

C = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่ 3

D = ค่าระดับน้ำตาลที่มีค่ามากกว่าในการเจาะนาทีที่ 0

E = ค่าระดับน้ำตาลที่มีค่าต่ำกว่าในการเจาะนาทีที่ 0

3. นำพื้นที่ใต้กราฟจากความเข้มข้นน้ำตาลต่างๆของอาสาสมัครแต่ละคนมาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยในตัวบุคคลต่อค่าดัชนีกลูโคส ในข้าว

โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้

1. ศึกษาปัจจัยทางดัชนีมวลร่างกาย (Body mass index)ว่าส่งผลกระทบต่อค่า GI ในข้าวหรือไม่

1.1 แบ่งอาสาสมัครที่รับประทานกลูโคสที่ความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย ออกเป็นกลุ่มตามค่าดัชนีมวลร่างกาย (Body mass index : BMI) ของแต่ละคน ซึ่งค่านี้สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักหารด้วย ความสูงที่มีหน่วยเป็นเมตรยกกำลัง2 โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่ง (www. Halls.md, 14 / 7 / 2544) คือ

ถ้าค่า BMI ต่ำกว่า 20 ให้ถือว่าเป็น LOW BMI

ถ้าค่า BMI อยู่ระหว่าง 20-25 ให้ถือว่าเป็น NORMAL BMI

ถ้าค่า BMI อยู่ระหว่าง 25-30 ให้ถือว่าเป็น HIGH BMI

จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ (glucose response) เพื่อดูว่า LOW BMI, NORMAL BMI, HIGH BMI มีผลต่อ glucose response หรือไม่

ค่าดัชนีกลูโคส (BMI)	พื้นที่ใต้กราฟ
LOW BMI	
NORMAL BMI	
HIGH BMI	

1.2 ทำการหาค่า GI ในข้าวหอมมะลิโดยรับประทานตามสัดส่วนร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย)

เนื่องจากอาสาสมัครที่จะทำการทดลองรับประทานข้าวหอมมะลิตามสัดส่วนร่างกายนั้นมีค่า BMI อยู่ในช่วง LOW BMI และ NORMAL BMI เราจึงแบ่งอาสาสมัครได้เป็น 2 กลุ่ม ให้อาสาสมัครรับประทานข้าวตามสัดส่วนร่างกายซึ่งคำนวณโดย นำน้ำหนักของอาสาสมัครแต่ละคนมาคูณกับ 1.25 จะได้ ค่าน้ำตาลของคาร์โบไฮเดรตในข้าวหอมมะลิที่อาสาสมัครแต่ละคนต้องรับประทาน จากนั้นเปิดตารางแสดงค่าปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในข้าวหอมมะลิ ซึ่งจะแสดงเป็น เปอร์เซ็นต์ โดยดูค่าน้ำตาลของคาร์โบไฮเดรตของข้าวหอมมะลิ ซึ่งสามารถดูได้จากส่วนประกอบที่เป็น C , H , O ดังตารางที่ 19 (ภาคผนวก ง) ซึ่งรวมแล้วจะได้ค่าเท่ากับ 81.1 จาก 100 (คิดเป็นเปอร์เซนต์) เทียบบัญญัติไตรยางค์หาค่าปริมาณน้ำตาลที่อาสาสมัครจะต้องกินโดยคิดจากค่าน้ำตาลของคาร์โบไฮเดรตในข้าวหอมมะลิ เท่ากับ 81.1 จากข้าว 100 กรัม ค่าน้ำตาลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรตในข้าวหอมมะลิที่อาสาสมัครต้องรับประทานคือ X จากข้าว (100 / 81.1) X เท่ากับ ปริมาณข้าวที่เราจะต้องให้อาสาสมัครแต่ละคนรับประทาน (กรัม)

ปริมาณข้าวที่เราจะต้องให้อาสาสมัครแต่ละคนรับประทาน (กรัม)นั้นเป็นน้ำหนักก่อนหุง เมื่อหุงเสร็จได้น้ำหนักเท่าไหร่ เราก็นำมาคำนวณว่าจะให้แต่ละคนกินข้าวสุกปริมาณเท่าไหร่ (ข้าวดิบก่อนหุงทั้งหมดที่ชั่งได้ เมื่อหุงแล้ว จะได้ข้าวสุกหนักกี่กรัม จากนั้นเทียบบัญญัติไตรยางค์ว่าข้าวดิบที่อาสาสมัครแต่ละคนต้องกินนั้นเมื่อคิดเป็นข้าวสุกจะต้องรับประทานเท่าไหร่) ให้อาสาสมัครรับประทานข้าวหอมมะลิสุกตามปริมาณที่คำนวณได้ในแต่ละคนทำการเจาะเลือดเช่นเดียวกับวิธีการเจาะข้างต้นเพื่อหากราฟระดับน้ำตาลในข้าวหอมมะลิที่1.25 กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย นำค่าระดับน้ำตาลที่ได้มาพลอตกราฟหาพื้นที่ใต้กราฟตามสมการนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟระดับน้ำตาลของคาร์โบไฮเดรตในข้าวหอมมะลิที่รับประทานตามน้ำหนักร่างกายหารด้วย ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของระดับน้ำตาลที่1.25% จากนั้นนำมาคูณด้วย 100 จะได้เท่ากับค่า GI ออกมา

1.3 นำค่า GI ของอาสาสมัครทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อหาว่า BMI นั้นเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า GI หรือไม่

นำค่า GI เฉลี่ยของกลุ่ม LOW BMI และ NORMAL BMI มาเปรียบเทียบความแตกต่างแล้วมาวิเคราะห์ดูว่ากลุ่มใดมีผลต่อค่า GI

ดัชนีมวลร่างกาย(BMI)	ค่า GI
LOW BMI	
NORMAL BMI	

2. ศึกษาปัจจัยทางเพศ

2.1 นำค่า GI เฉลี่ยในข้าวหอมมะลิของเพศชายและเพศหญิงมาทำการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อหาผลกระทบของเพศว่ามีผลต่อค่า GI หรือไม่

- หาค่าGIในข้าวโดยรับประทานตามสัดส่วนร่างกาย (ตามวิธีดังข้างต้น)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย GI ในแต่ละเพศตามวิธีทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน

เพศ	ค่าเฉลี่ย GI
ชาย	
หญิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกิดจากสารอาหารต่อค่าดัชนีกลูโคสใน ข้าวหอมมะลิ

โดยศึกษาสารอาหาร 2 ชนิด คือ

1. ศึกษาผลกระทบของโปรตีน

1.1 หาค่า GI ของ V-Soy (ภาคผนวก ก)

รูปที่ 14 แสดงนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาลที่ให้อาสาสมัครรับประทาน

ให้อาสาสมัครรับประทานV-Soy คนละ 1 กล่องแล้วทำการเจาะเลือดหาค่าปริมาณน้ำตาลในเลือดตามขั้นตอนเดิมจากนั้น นำค่ามา พลอตกราฟ หาพื้นที่ใต้กราฟ และ นำมาหาค่า GI โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทาน V-Soy หารด้วย ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย

1.2 หาค่า GI ของข้าวหอมมะลิเมื่อรับประทานร่วมกับ V-Soy

ให้อาสาสมัครแต่ละคนรับประทาน V-Soy คนละ 1 กล่อง ก่อนแล้วตามด้วยการรับประทานข้าวหอมมะลิตามน้ำหนักร่างกายทำการเจาะเลือดหาค่าปริมาณน้ำตาลในเลือดตามขั้นตอนเดิมนำค่าปริมาณน้ำตาลที่ได้มาพลอตกราฟหาพื้นที่ใต้กราฟและนำมาหาค่าGI โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทาน V-Soy ร่วมกับการรับประทานข้าวหอมมะลิมาหารด้วย ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานกลูโคส 1.25 กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทำการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิตามน้ำหนักร่างกายเพียงอย่างเดียวกับการรับประทาน V-Soy ก่อนการรับประทานข้าวหอมมะลิตามน้ำหนักร่างกาย

จุดประสงค์คือต้องการดูว่าการกิน High protein ก่อนการรับประทานข้าวหอมมะลิ มีผลทำให้ค่า GI ของข้าวเปลี่ยนแปลงหรือไม่

นำค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวมาเปรียบเทียบกับค่า GI เฉลี่ยของการรับประทาน V-Soy ร่วมกับการรับประทานข้าวจากนั้นดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ผล

หมายเหตุ : ถ้าค่า GI เฉลี่ยของการรับประทาน V-Soy ร่วมกับการรับประทานข้าวหอมมะลิ น้อยกว่า ค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวหอมมะลิเพียงอย่างเดียว แสดงว่า V-Soy มีส่วนช่วยในการลดค่า GI ในข้าวหอมมะลิ

ถ้าค่า GI เฉลี่ยของการรับประทาน V-Soy ร่วมกับการรับประทานข้าวหอมมะลิ มากกว่าหรือเท่ากับ ค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวหอมมะลิเพียงอย่างเดียว แสดงว่า V-Soy ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า GI ในข้าวหอมมะลิ

2. ศึกษาผลกระทบของใยอาหาร

2.1 ทำการศึกษาผลกระทบของ FIBER RICE DIET (ขนมปังกรอบใยอาหารต่างๆ หรือ บิสกิต) ต่อค่า GI ในข้าว

ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบใยอาหารให้เหมาะสมและสะดวกในการรับประทาน โดยสูตรการทำบิสกิตต้องมีส่วนประกอบดังนี้

2.1.1 Dough

ผสมส่วนผสมต่างๆ (ภาคผนวก ก) ตีให้เข้ากันเหมือนการทำ dough ในขนมปัง เพื่อให้บิสกิตคงรูปมี texture ที่ดีและสามารถรับประทานได้ (โดยพยายามใส่สัดส่วนของส่วนผสมต่างๆให้มีผลกระทบน้อยที่สุดเพียงแค่สามารถคงรูปและพอรับประทานได้ก็พอ) ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมงโดยใช้ถุงพลาสติกคลุมไว้ โดยอัตราส่วน dough ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ 0.38 ส่วนต่อ Total fiber 1 ส่วน

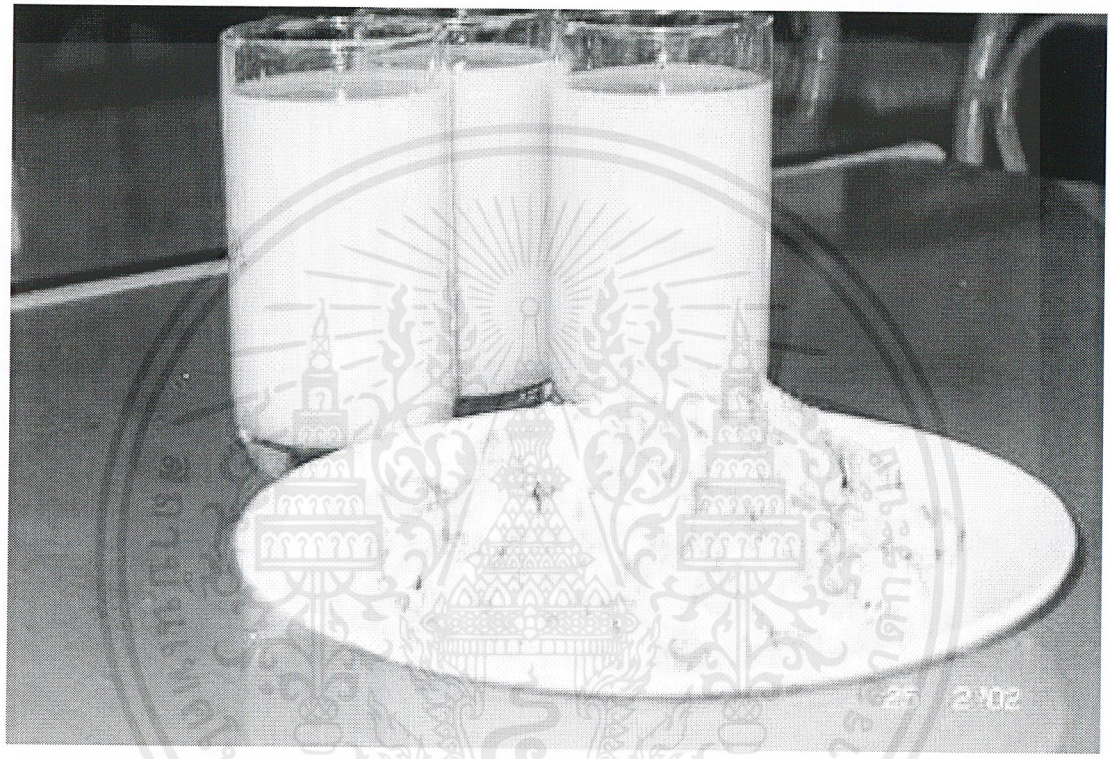
2.1.2 OKARA หรือ กากถั่วเหลือง 150 กรัม

ส่วนประกอบของสารอาหารในถั่วเหลือง (ภาคผนวก ก) สำหรับวิธีการเตรียม OKARA มีดังต่อไปนี้

- ล้างถั่วเหลืองให้สะอาดแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน
- ประกอบเครื่องโม่สำหรับโม่ถั่วเหลืองหรือเรียกว่า เครื่อง central-healthy ของบริษัท industrial supplie จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำถั่วเหลืองที่แช่น้ำทิ้งไว้มาใส่เครื่องปั่น
- เติมน้ำสัดส่วน 1:1 บดให้ละเอียด
- นำไปกรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำเดือด 10 – 20 นาทีให้สุก
- นำมาเกลี่ยออกในถาดทิ้งไว้ให้เย็น

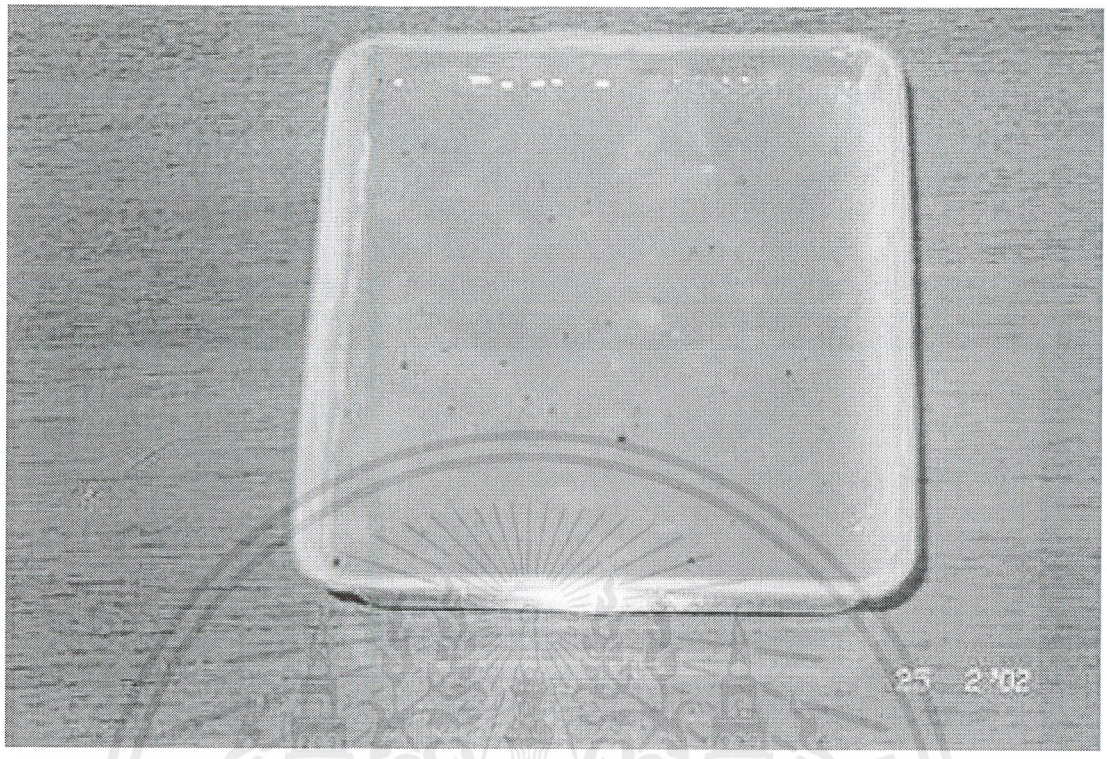


รูปที่ 15 แสดงกากถั่วเหลืองที่นึ่งจนสุกและผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือที่แยกได้จากกาก

2.1.3 ใยอาหารอบแห้งปั่นจากเม็ดแมงลัก

นำเม็ดแมงลักมาแช่น้ำไว้ 1 คืนนำมาปั่นให้เมือกกับเม็ดข้างในแยกจากกันได้ที่นำเมือกที่ได้มาเกลี่ยลงในถาดนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส48ชั่วโมงอบทิ้งไว้จนแห้ง (ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มเม็ดแมงลัก) จากนั้นชั่งน้ำหนักใยอาหารอบแห้งจากเม็ดแมงลัก 100 กรัม นำใส่ในเครื่องปั่นตามด้วยน้ำพอเหมาะ ดูการเกิดเจลของใยอาหารที่เหมะสมแก่การนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเป็นตัวยึดเกาะส่วนผสมอื่นๆเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 แสดงการเกิดเจลในใยอาหารจากเม็ดแมงลัก

2.1.4 ข้าวโอ๊ต 50 g

2..1.5 จมูกข้าวสาลี (Wheat germ) 50 g

สำหรับสัดส่วน OKARA : เม็ดแมงลัก : Oat : Wheat germ เป็น 3 : 2 : 1 : 1

ขั้นตอนการทำขนมปังกรอบใยอาหารต่างๆ หรือบิสกิต

นำส่วนผสมทั้ง 5 มาคลุกเคล้าให้เข้ากันแต่งกลิ่นสีและรสชาติโดยใช้ Flavor ต่างๆช่วยเช่น

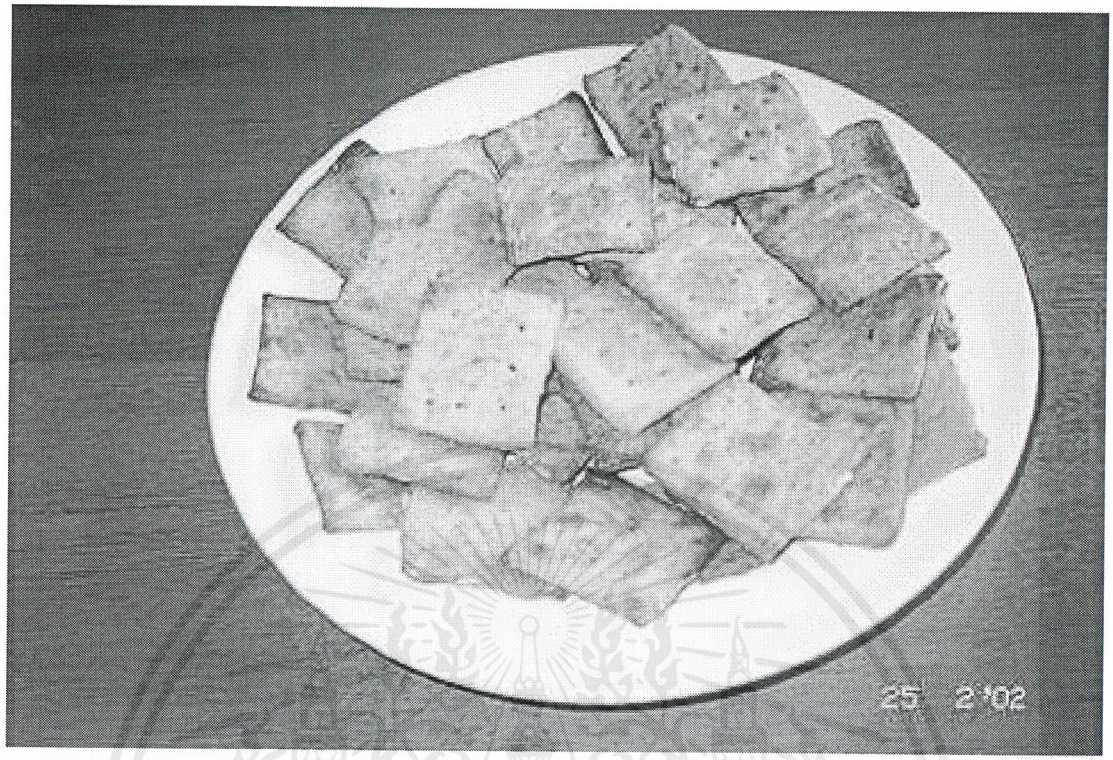
- กลิ่นวนิลา
- กลิ่นกาแฟ
- เครื่องเทศออริกาโน
- สีผสมอาหาร
- ซอสถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 แสดงส่วนผสมต่างๆในการทำบิสกิต

นวดให้เป็นเนื้อเดียวกันทำให้เป็นแผ่นโดยใช้ลูกกลิ้งไม้กลิ้งให้แบนตัดให้ได้ขนาด 2 x 2 นิ้วใช้ไม่เสียบลูกชิ้นจิ้มให้เป็นรูเรียงใส่ถาดที่สามารถเข้าเตาอบได้ โดยทาน้ำมันไว้ที่ถาดเล็กน้อย เพื่อไม่ให้แผ่นบิสกิตติดถาดนำเข้าอบในเตาอบจนสุกกรอบประมาณครึ่งชั่วโมง (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ด้วย ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเวลาในการอบน้อยแต่ข้างนอกจะไหม้ข้างในไม่สุก) เราใช้อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียสได้Fiber Rich Biscuit ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 แสดง Fiber Rich Biscuit สำเร็จรูป

ชั่งน้ำหนักทั้งหมดที่ได้และนับจำนวนแผ่นนำปริมาณของส่วนประกอบของ Fiber แต่ละชนิดหารด้วยจำนวนแผ่นที่ได้ทั้งหมดคำนวณว่าใน 1 แผ่นของ Fiber Rich Biscuitมีน้ำหนักเท่าไหร่ และจะมีส่วนประกอบของ Fiber (Okara, เม็ดแมงลัก, Oat, Wheat germ) อย่างละเท่าไหร่

2.2 หาค่าดัชนีกลูโคสของบิสกิต

จำนวนแผ่นบิสกิตที่อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทานสามารถคำนวณจากปริมาณไฟเบอร์ทั้งหมด 30 กรัม (เนื่องจากตามกฎหมาย diethery fiber นั้นกล่าวว่า Good fiber นั้นให้รับประทาน 2.5 กรัมต่อมื้อ แต่ถ้าเป็น Excellent fiber หรืออาหารที่ได้ชื่อว่าเป็นอาหารไฟเบอร์ที่ดีต้องรับประทาน 5 กรัมต่อมื้อขึ้นไปแต่ตามกฎหมายไม่ได้ระบุว่าไฟเบอร์นั้นเป็นชนิดใดที่ต้องรับประทาน 5 กรัม ซึ่งไฟเบอร์ที่ใช้นั้นก็เป็นไฟเบอร์รวม จึงเลือกใช้ที่ปริมาณ 30 กรัม) โดยมีวิธีคำนวณ ดังนี้

	Total fiber X g ได้เป็นบิสกิตทั้งหมด	Y	g
ถ้าเราต้องการ	Total fiber 30 g จะได้เป็นบิสกิตที่ต้องรับประทานคือ	(Y / X) x 30 = Z	g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ Z (บิสกิตที่ต้องรับประทาน) หารน้ำหนักต่อแผ่นก็จะได้จำนวนแผ่นที่อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทาน (A แผ่น)

ให้อาสาสมัครรับประทานบิสกิตคนละ A แผ่นจากนั้นทำการเจาะเลือดหาค่าปริมาณน้ำตาลในเลือดตามขั้นตอนเดิมนำค่าปริมาณน้ำตาลที่ได้มา พลอตกราฟหาพื้นที่ใต้กราฟและนำมาหาค่า GI โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานบิสกิต หารด้วย ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย

2.3 หาค่า GI ของบิสกิตกินร่วมกับข้าวหอมมะลิ

ให้อาสาสมัครรับประทานบิสกิตคนละ A แผ่นจากนั้นรับประทานข้าวตามน้ำหนักร่างกายแล้วเจาะเลือดหาค่าปริมาณน้ำตาลในเลือดตามขั้นตอนเดิมนำค่าปริมาณน้ำตาลที่ได้มา plot graph และหาพื้นที่ใต้กราฟและนำมาหาค่า GI โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานร่วมกับการรับประทานข้าวตามน้ำหนักร่างกาย หารด้วย ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อกิโลน้ำหนักร่างกาย

2.4 ทำการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิเพียงอย่างเดียวกับการรับประทานบิสกิตก่อนรับประทานข้าวหอมมะลิตามน้ำหนักร่างกาย

เพื่อดูว่าการรับประทานบิสกิตร่วมกับการรับประทานข้าวหอมมะลิมีผลทำให้ค่า GI ของข้าวเปลี่ยนแปลงหรือไม่

นำค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวมาเปรียบเทียบกับค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานบิสกิต ร่วมกับการรับประทานข้าวดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ผล

หมายเหตุ : ถ้าค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานบิสกิต ร่วมกับการรับประทานข้าวหอมมะลิ น้อยกว่า ค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวหอมมะลิเพียงอย่างเดียว แสดงว่า บิสกิต มีส่วนช่วยในการลดค่า GI ในข้าวหอมมะลิ

ถ้าค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานบิสกิต ก่อนการรับประทานข้าวหอมมะลิ มากกว่าหรือเท่ากับ ค่า GI เฉลี่ยของการรับประทานข้าวหอมมะลิเพียงอย่างเดียว แสดงว่าบิสกิตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า GI ในข้าวหอมมะลิ

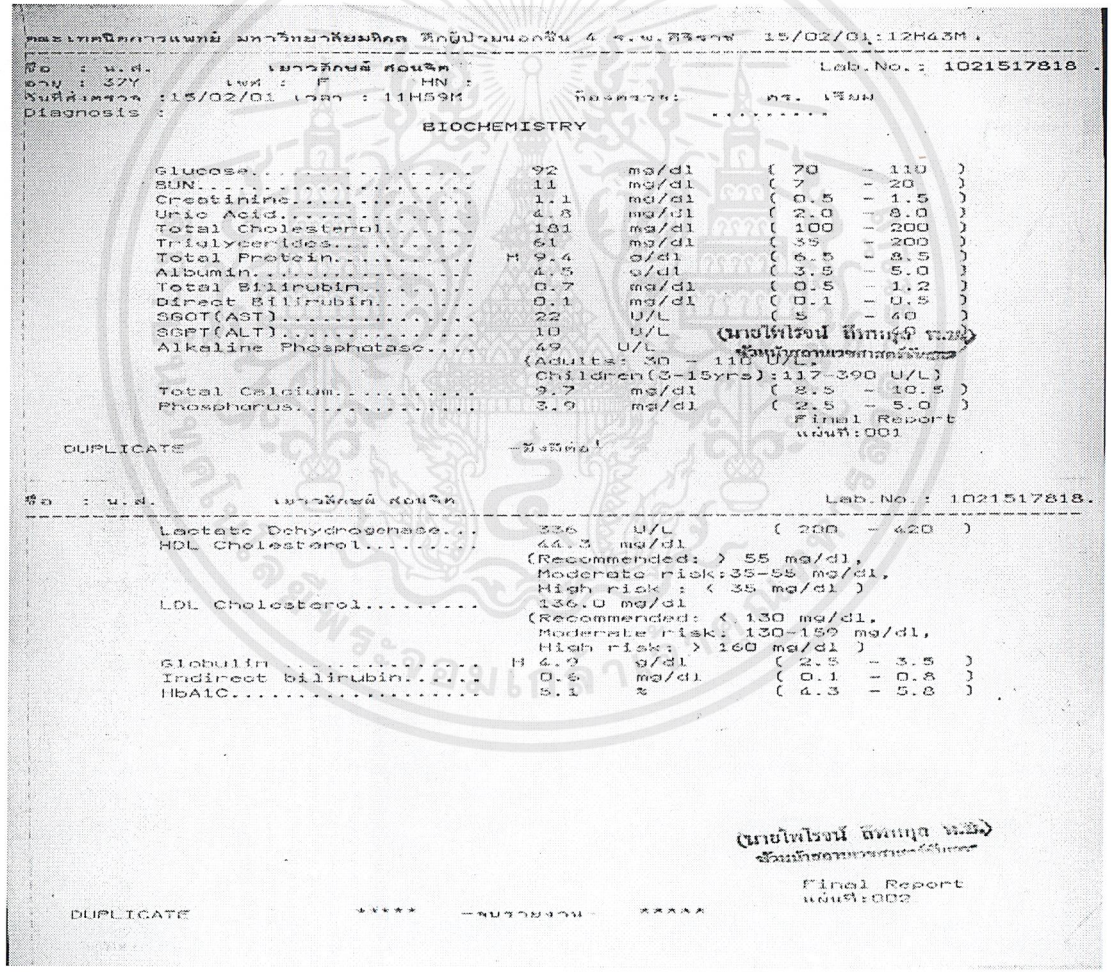
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ขั้นตอนที่ 1 : การจัดเตรียมและคัดเลือกผู้จะรับการทดลองเจาะเลือดหาค่าดัชนีกลูโคส

1. ผลการตรวจร่างกายจากอาสาสมัครต่างๆ ได้ทำการคัดเลือกได้จำนวน 14 คน โดยมีตัวอย่างผลการตรวจร่างกายที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังภาพที่ 19 และ 20



คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศิริราช 15/02/01:12H43M.

ชื่อ : น.ส. เยาวลักษณ์ สอนจิต Lab.No.: 1021517818.
อายุ : 37Y เพศ : F HN :
วันที่ส่งตรวจ :15/02/01 เวลา : 11H59M ห้องตรวจ: ศร. เรียม
Diagnosis :

BIOCHEMISTRY

Glucose	92	mg/dl	(70 - 110)
BUN	11	mg/dl	(7 - 20)
Creatinine	1.1	mg/dl	(0.5 - 1.5)
Uric Acid	4.8	mg/dl	(2.0 - 8.0)
Total Cholesterol	181	mg/dl	(100 - 200)
Triglycerides	61	mg/dl	(35 - 200)
Total Protein	H 9.4	g/dl	(6.5 - 8.5)
Albumin	4.5	g/dl	(3.5 - 5.0)
Total Bilirubin	0.7	mg/dl	(0.5 - 1.2)
Direct Bilirubin	0.1	mg/dl	(0.1 - 0.5)
SGOT(AST)	22	U/L	(5 - 40)
SGPT(ALT)	10	U/L	(5 - 40)
Alkaline Phosphatase	49	U/L	
	(Adults: 30 - 110 U/L, Children(3-15yrs):117-390 U/L)		
Total Calcium	9.7	mg/dl	(8.5 - 10.5)
Phosphorus	3.9	mg/dl	(2.5 - 5.0)

(นายโพโรจน์ ธีรกมุท ท.บ.)
ตำแหน่งวิชาการ

Final Report
แผ่นที่:001

DUPLICATE

ชื่อ : น.ส. เยาวลักษณ์ สอนจิต Lab.No.: 1021517818.

Lactate Dehydrogenase	336	U/L	(200 - 420)
HDL Cholesterol	44.3	mg/dl	
	(Recommended: > 55 mg/dl, Moderate risk:35-55 mg/dl, High risk : < 35 mg/dl)		
LDL Cholesterol	136.0	mg/dl	
	(Recommended: < 130 mg/dl, Moderate risk: 130-159 mg/dl, High risk: > 160 mg/dl)		
Globulin	H 4.9	g/dl	(2.5 - 3.5)
Indirect bilirubin	0.6	mg/dl	(0.1 - 0.8)
HbA1C	5.1	%	(4.3 - 5.8)

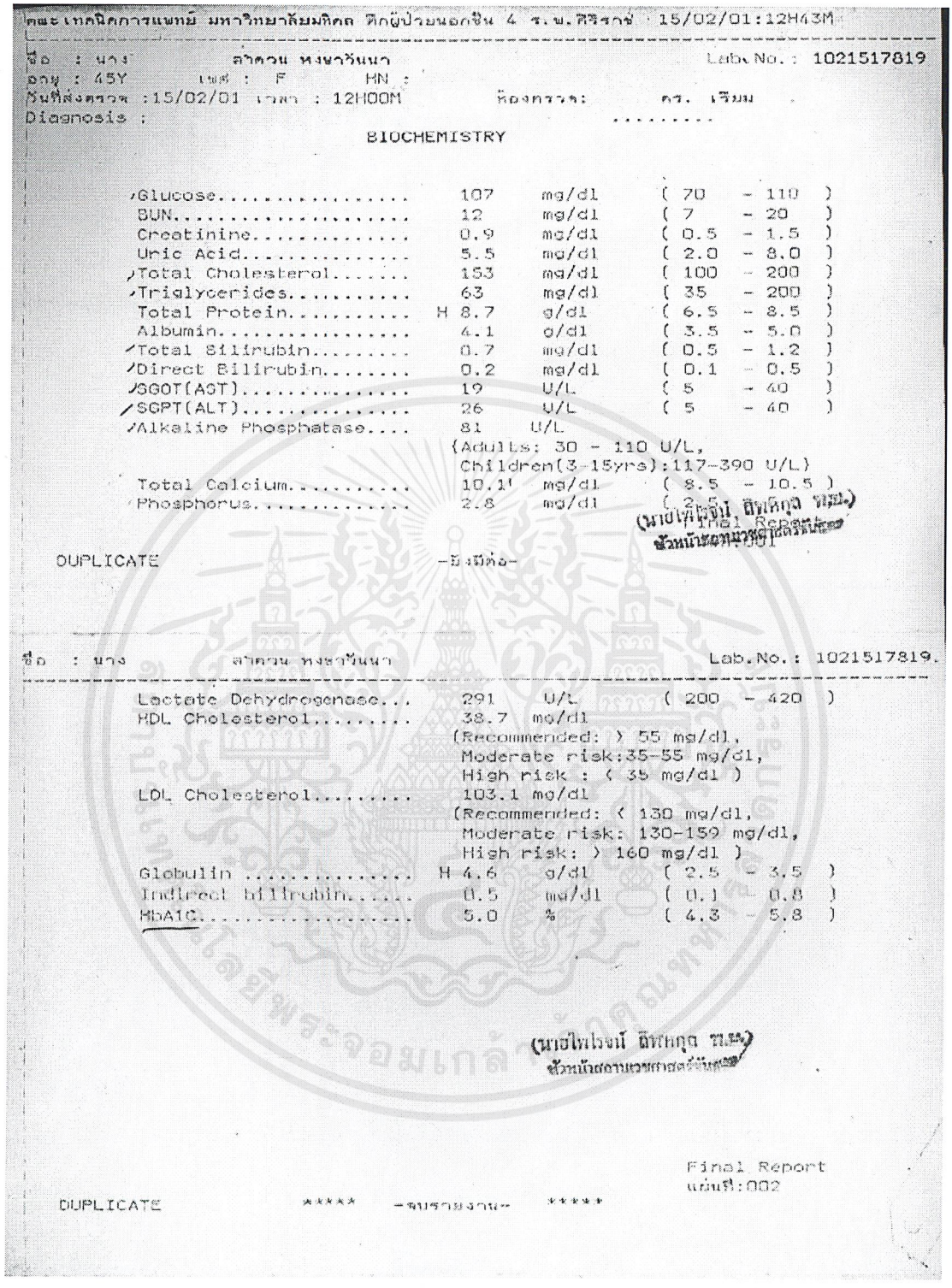
(นายโพโรจน์ ธีรกมุท ท.บ.)
ตำแหน่งวิชาการ

Final Report
แผ่นที่:002

DUPLICATE ***** ***** *****

ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัครคนที่ 1 และเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศิริราช 15/02/01:12H43M

ชื่อ : นาง สาวลวน หงษาวันนา Lab.No.: 1021517819

อายุ : 45Y เพศ : F HN :

วันที่ส่งตรวจ :15/02/01 เวลา : 12H00M ห้องตรวจ: คร. เจียม

Diagnosis :

BIOCHEMISTRY

/Glucose	107	mg/dl	(70 - 110)	
BUN	12	mg/dl	(7 - 20)	
Creatinine	0.9	mg/dl	(0.5 - 1.5)	
Uric Acid	5.5	mg/dl	(2.0 - 8.0)	
/Total Cholesterol	153	mg/dl	(100 - 200)	
/Triglycerides	63	mg/dl	(35 - 200)	
Total Protein	H 8.7	g/dl	(6.5 - 8.5)	
Albumin	4.1	g/dl	(3.5 - 5.0)	
/Total Bilirubin	0.7	mg/dl	(0.5 - 1.2)	
/Direct Bilirubin	0.2	mg/dl	(0.1 - 0.5)	
/SGOT(AST)	19	U/L	(5 - 40)	
/SGPT(ALT)	26	U/L	(5 - 40)	
/Alkaline Phosphatase	81	U/L		
	(Adults: 30 - 110 U/L, Children(3-15yrs):117-390 U/L)			
Total Calcium	10.1	mg/dl	(8.5 - 10.5)	
/Phosphorus	2.8	mg/dl	(2.5 - 4.5)	

(นายไพโรจน์ ลิขิตกุล ขม.)
หัวหน้าสถานเวชศาสตร์ชันสูตร

/Final Report

DUPLICATE -มีต่อ-

ชื่อ : นาง สาวลวน หงษาวันนา Lab.No.: 1021517819.

Lactate Dehydrogenase	291	U/L	(200 - 420)	
HDL Cholesterol	38.7	mg/dl		
	(Recommended: > 55 mg/dl, Moderate risk:35-55 mg/dl, High risk : < 35 mg/dl)			
LDL Cholesterol	103.1	mg/dl		
	(Recommended: < 130 mg/dl, Moderate risk: 130-159 mg/dl, High risk: > 160 mg/dl)			
Globulin	H 4.6	g/dl	(2.5 - 3.5)	
Indirect bilirubin	0.5	mg/dl	(0.1 - 0.8)	
HbA1C	5.0	%	(4.3 - 5.8)	

(นายไพโรจน์ ลิขิตกุล ขม.)
หัวหน้าสถานเวชศาสตร์ชันสูตร

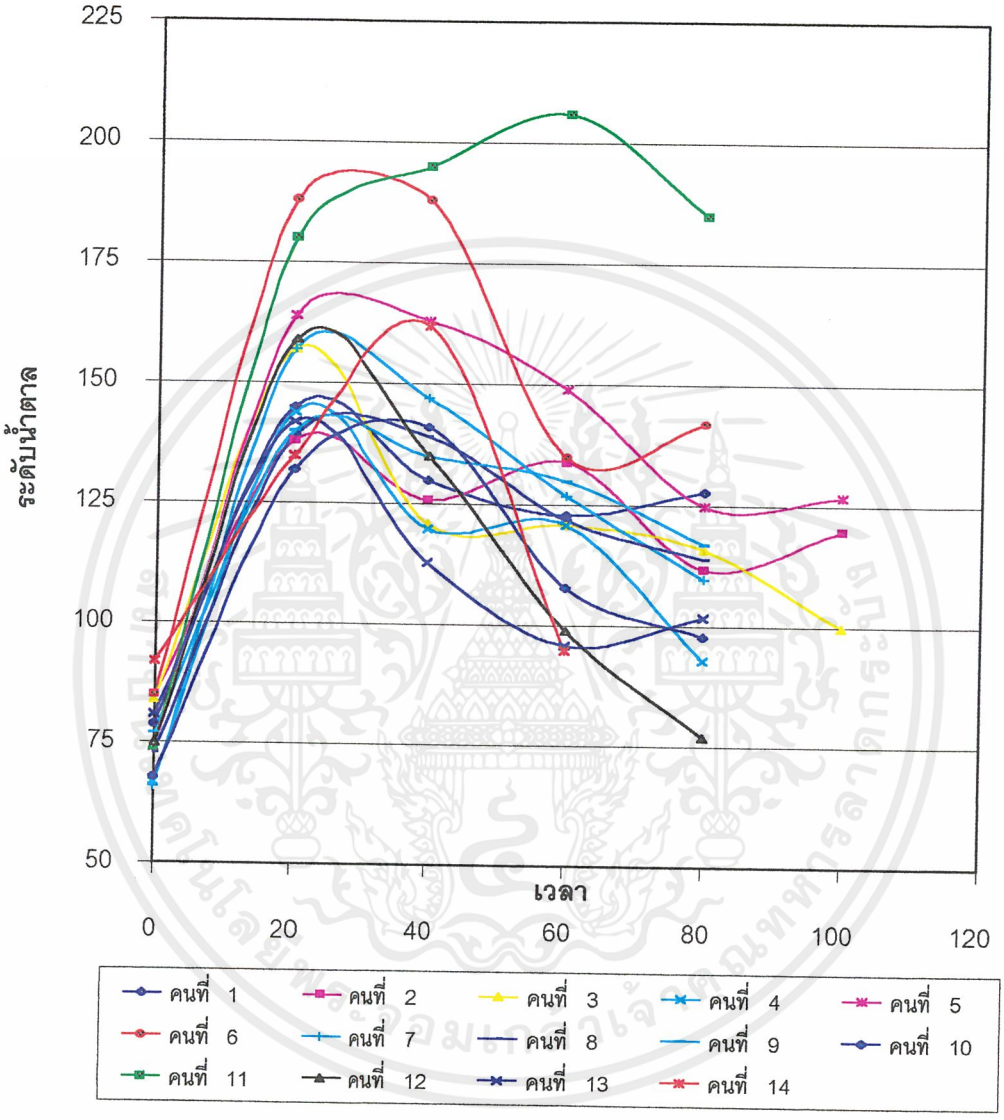
Final Report
แผ่นที่:002

DUPLICATE ***** -จบรายงาน- *****

ภาพที่ 20 แสดงตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัครคนที่ 2 และเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลจากตารางที่ 10 (ภาคผนวก ข) และกราฟระดับน้ำตาลของอาสาสมัครที่ตรวจร่างกายผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 14 คน เป็นไปดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 แสดงระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 14 คน เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกายของอาสาสมัครแต่ละคน

จากรูปที่ 21 พบว่าสามารถคัดเลือกอาสาสมัครจากอาสาสมัครที่มีลักษณะกราฟคล้ายระฆังคว่ำ โดยกราฟจะขึ้นเร็วและลงเร็วเนื่องจากจะช่วยให้การเจาะเลือดเพื่อหาค่าดัชนีกลูโคสทำได้โดยง่าย เช่น กราฟของอาสาสมัครคนที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 : การหาความเข้มข้นของน้ำตาลเพื่อหามาตรฐานที่เหมาะสมในการใช้หาค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index , GI)

1. ผลการทดลองของค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคสปริมาณ 25, 50, 100 กรัมและ 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย (ตามสมาคมผู้ป่วยโรคเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา) เป็นดังตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 25 กรัม

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg / dl)						ค่าพื้นที่ใต้กราฟ
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	
1	28.441	92	92	136	102	72	-	18106700
2	19.433	78	78	106	109	81	71	9977830
3	27.767	88	88	110	102	77	-	18626380
4	20.34	70	70	120	92	64	-	13207160
5	24.112	85	85	111	143	123	65	28448410
ค่าเฉลี่ย								17673296

ตารางที่ 3 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 50 กรัม

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg / dl)								ค่าพื้นที่ใต้กราฟ
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที	120 นาที	
1	25	85	85	141	139	101	96	96	75	15769860
2	19.896	74	74	123	151	116	70	-	-	25034800
3	19.433	87	87	115	123	108	102	85	75	11569810
4	27.767	82	82	138	148	135	99	74	-	16965140
ค่าเฉลี่ย										17334903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคส 100 กรัม

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลา (mg / dl)								ค่าพื้นที่ใต้กราฟ
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที	120 นาที	
1	28.441	84	84	157	121	121	116	100	84	18411300
2	20.34	67	67	144	120	121	93	67	-	13847030
3	27.767	66	66	157	147	127	110	66	-	21305720
4	19.433	68	68	132	141	108	98	68	-	15951240
5	19.896	75	75	159	135	99	77	75	-	9020710
6	25	81	81	142	113	96	102	81	-	19047360
7	22.957	92	92	135	162	95	92	-	-	16883640
ค่าเฉลี่ย										16352428.57

ตารางที่ 5 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคสตามสัดส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย)

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลา (mg / dl)									ค่าพื้นที่ใต้กราฟ
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที	120 นาที	140 นาที	
1	28.441	95	95	157	180	162	147	119	118	81	27725240
2	20.34	83	83	110	165	111	88	61	-	-	11547160
3	27.767	118	118	181	160	125	118	-	-	-	37976820
4	19.433	91	91	92	132	121	100	83	-	-	18307900
ค่าเฉลี่ยของเพศหญิง											23889280
5	19.896	70	70	165	143	113	76	59	-	-	7806780
6	25	83	83	110	98	91	87	83	-	-	12874150
7	22.957	90	90	149	122	121	118	111	90	-	24776520
ค่าเฉลี่ยของเพศชาย											15152483.33
ค่าเฉลี่ย											20144938.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละความเข้มข้นน้ำตาลทางสถิติ (ภาคผนวก ค) พบว่าไม่มีความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละความเข้มข้นน้ำตาลที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของระดับน้ำตาลทั้ง 4 ระดับความเข้มข้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ระดับน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการใช้หาค่าดัชนีกลูโคส ควรจะเป็นความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย ทั้งนี้มีสาเหตุมาจาก

2.1 ปริมาณน้ำตาล 100 กรัม มีความเข้มข้นมากอาจทำให้เกิดการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสล่าช้า (osmotic delay) และ ทำให้ผู้รับประทานได้ยาก

2.2 ปริมาณน้ำตาล 25 และ 50 กรัม พบว่ามีปริมาณที่น้อยเกินไป อาจทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้

ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำตาลที่ 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย และทางสมาคมเบาหวานแห่งประเทศอเมริกา ก็ใช้ค่าดังกล่าวนี้ด้วย

ขั้นตอนที่ 3 : การศึกษาหาผลกระทบของปัจจัยในตัวบุคคลต่อค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index, GI) ในตัวอย่างข้าว

โดยทำการศึกษาปัจจัยในตัวบุคคล 2 ปัจจัย ดังนี้

1. ผลกระทบของดัชนีมวลร่างกาย (Body Mass Index : BMI)

1.1 ผลการทดลองในการหาค่าดัชนีกลูโคสจากข้าวของอาสาสมัคร 4 คน เป็นดังตารางที่ 11 (ภาคผนวก ข) ได้ค่าดัชนีกลูโคสในข้าว 110.9819099 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าดัชนีกลูโคสที่ใช้น้ำตาลกลูโคส 100 กรัมเป็นตัวเปรียบเทียบของ Brand Miller และคณะ ที่ทำไว้คือ 71 ± 10

1.2 จากการแบ่งกลุ่มอาสาสมัครได้ 2 กลุ่ม คือ Low Body Mass Index และ Normal Body Mass Index ได้ดังตารางที่ 6 ซึ่งอาสาสมัครที่เป็น High Body Mass Index นั้นจะเป็นบุคคลที่ผ่านเกณฑ์การตรวจร่างกายได้ค่อนข้างยาก และจากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าบุคคลที่ High Body Mass Index นั้นจะมีพื้นที่ใต้กราฟระดับน้ำตาลกลูโคสหรือการตอบสนองในการดูดซึมกลูโคส (Glucose response) ค่อนข้างสูงซึ่งจะส่งผลให้ค่า GI สูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มโดยแบ่งตาม Body Mass Index

Body Mass Index	ค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index, GI)	
	อาสาสมัครคนที่ 1	อาสาสมัครคนที่ 2
Low Body Mass Index	66.6862	138.7653
Normal Body Mass Index	110.7041	112.8722

จากตารางที่ 6 จะพบว่ากลุ่มบุคคลที่อยู่ในกลุ่ม Hight BMI นั้นยังไม่ทราบว่ามีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสแน่นอนหรือเปล่า เนื่องจาก ไม่ได้ทำการศึกษาในสภาวะการทดลองนี้ เนื่องจาก คนที่อยู่ในกลุ่ม Hight BMI และ ปกติด้วยนั้นหายาก

1.3 จากการเปรียบเทียบทางสถิติ (ภาคผนวก ค) พบว่ากลุ่มอาสาสมัครที่ Low Body Mass Index และกลุ่ม Normal Body Mass Index ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

2. ผลกระทบทางเพศ

2.1 ผลการทดลองในการหาค่าดัชนีกลูโคสในตัวอย่างข้าวจากตารางที่ 11 (ภาคผนวก ข) สามารถแบ่งกลุ่มหญิงและชาย ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มโดยแบ่งตามเพศ

เพศ	ค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index, GI)	
	อาสาสมัครคนที่ 1	อาสาสมัครคนที่ 2
หญิง	138.7653	112.8722
ชาย	110.7041	66.6862

จากตารางที่ 7 พบว่าได้ใช้อาสาสมัครในการทดลองเพียง 4 คน ซึ่งในอาสาสมัครเพศหญิงนั้นจะมีค่าดัชนีกลูโคสสูงกว่าในเพศชาย

2.2 จากการเปรียบเทียบทางสถิติ (ภาคผนวก ค) พบว่ากลุ่มอาสาสมัครที่ Low Body Mass Index และกลุ่ม Normal Body Mass Index ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 : การศึกษาผลกระทบของโปรตีนและไฟเบอร์ต่อค่าดัชนีกลูโคส (Gycemic Index, GI)

1. โปรตีน

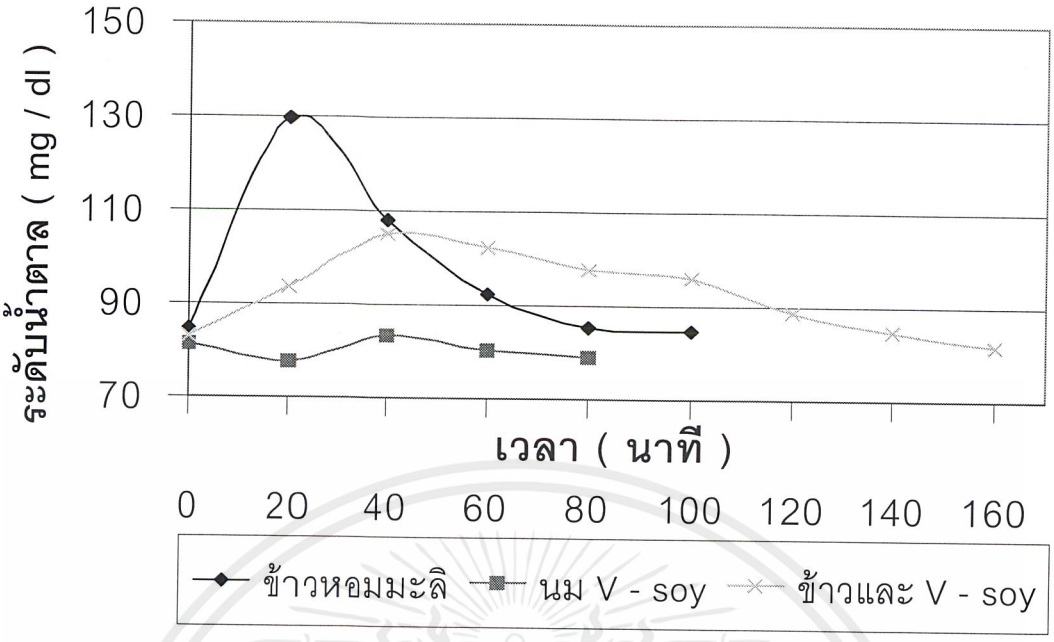
ผลการทดลองระดับน้ำตาลเมื่อรับประทานอาหารที่มีโปรตีนสูง (High protien) ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ น้ำนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V – soy) ร่วมกับข้าวและรับประทาน อาหารที่มีโปรตีนสูงเพียงอย่างเดียว จากตารางที่ 12 และ 13 (ภาคผนวก ข) พบว่าค่าดัชนีกลูโคสเป็นดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวกับรับประทานร่วมกับนม V – soy

อาสาสมัคร	ค่าเฉลี่ย GI เมื่อรับประทาน		
	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวหอมมะลิกับนม V - soy	นม V - soy
กลุ่มเพศหญิง	63.54734029	88.73844	56.7890414
กลุ่มเพศชาย	158.4164794	141.5176	-
ค่าเฉลี่ย	110.9819098	115.1280026	56.74890414

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการดูดซึมกลูโคส (Glucose response) ของการรับประทานนม V – soy ร่วมกับข้าว รับประทาน นม V – soy เพียงอย่างเดียวและรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียว ได้ผลดังรูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิร่วมกับนม V – soy และนม V – soy เพียงอย่างเดียวกับรับประทานข้าวหอมมะลิ

จากรูปที่ 22 พบว่ากราฟของนม V - soy นั้นมีระดับน้ำตาลกลูโคสอยู่ที่ระดับปกติ ส่วนเมื่อรับประทานร่วมกับข้าวจะได้กราฟที่มีเส้นแนวโน้มของระดับน้ำตาลกลูโคสต่ำลงจากกราฟของการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียว

2. ไฟเบอร์ (fiber rich biscuit)

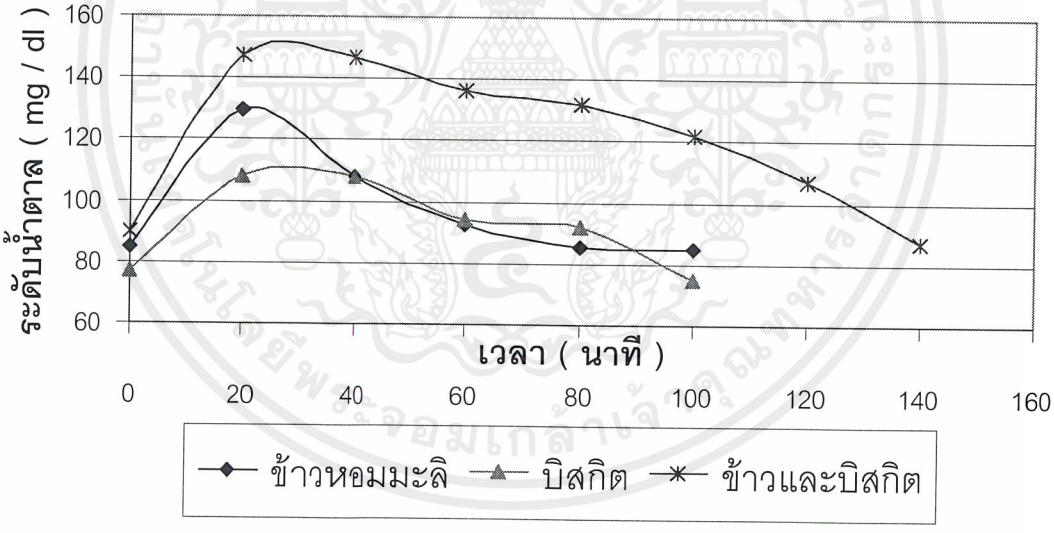
ผลการทดลองระดับน้ำตาลเมื่อรับประทานอาหารที่มีไฟเบอร์ (fiber rich biscuit) ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ ขนมปังกรอบซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมา (Biscuit) ร่วมกับข้าวและรับประทาน อาหารที่มีไฟเบอร์เพียงอย่างเดียว จากตารางที่ 14 และ 15 (ภาคผนวก ข) พบว่าค่าดัชนีกลูโคสเป็นดังตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่า GI ระหว่างการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียวกับรับประทานร่วมกับ Biscuit

อาสาสมัคร	ค่าเฉลี่ย GI เมื่อรับประทาน		
	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวหอมมะลิกับบิสกิต	บิสกิต
กลุ่มเพศหญิง	63.54734029	136.29964	56.7019799
กลุ่มเพศชาย	158.4164794	172.5728	115.14834
ค่าเฉลี่ย	110.9819098	154.43622	85.92515995

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการดูดซึมกลูโคส (Glucose response) ของการรับประทานบิสกิตร่วมกับข้าว รับประทาน นมบิสกิตเพียงอย่างเดียวและรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียว ได้ผลดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลระหว่างการรับประทานข้าวหอมมะลิร่วมกับบิสกิตและรับประทานบิสกิต เพียงอย่างเดียวกับรับประทานข้าวหอมมะลิ

จากรูปที่ 23 พบว่ากราฟของบิสกิตนั้นมีระดับน้ำตาลกลูโคสอยู่ที่ระดับปกติ ส่วนเมื่อรับประทานร่วมกับข้าวจะได้กราฟที่มีเส้นแนวโน้มของระดับน้ำตาลกลูโคสสูงขึ้นจากกราฟของการรับประทานข้าวเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ระดับน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการใช้หาค่าดัชนีกลูโคส

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ระดับน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการหาค่าดัชนีกลูโคส คือ 1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย

2. สัดส่วนของร่างกาย (Body mass index, BMI)

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า คนที่จัดอยู่ในกลุ่ม Low และ Normal นั้นไม่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคส

3. เพศ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า เพศไม่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีกลูโคส

4. โปรตีน (protein) และใยอาหาร (fiber)

4.1 นมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V - soy) ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนพบว่า ไม่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสและในขณะเดียวกันก็ไม่มีส่วนเพิ่มค่าดัชนีกลูโคสในการรับประทานร่วมกับข้าวด้วยเช่นกัน

4.2 ขนมปังกรอบใยอาหาร (Fiber Rich Biscuit) ซึ่งเป็นแหล่งใยอาหาร พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับโปรตีน คือ ไม่มีผลต่อค่าดัชนีกลูโคสแต่ต่างกันตรงที่ขนมปังกรอบใยอาหารนั้นเพิ่มค่าดัชนีกลูโคสในการรับประทานร่วมกับข้าว

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่ามีการใช้จำนวนอาสาสมัครน้อยเกินไปจึงทำให้การคำนวนเปรียบเทียบผลทางสถิตินั้นไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองแต่ละครั้งนั้นจะต้องใช้ทุนสูงในการซื้ออุปกรณ์ เช่น แผ่นสตริป เข็มเจาะเลือดอัตโนมัติ และค่าใช้จ่ายแก่อาสาสมัครแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตใยอาหารยังใช้สัดส่วนและปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ไม่เหมาะสมเท่าที่ควร จึงไม่สามารถช่วยในการยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลในข้าวได้ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปอาจจะทำการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบไฟเบอร์แต่ละชนิดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลในข้าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชุมพล ผลประมูล, ไถ้ออน ชินธเนศ, วรนุช ฉัตรสุทธิพงศ์, พิพัฒน์ เจิดรังษี, วิภา วีรวัฒน์นภากูล, บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์, กัลยพงษ์ จตุรพาณิชย์, สุภาพ สุจริต, สุรวัฒน์ จริยาวัฒน์ และ รุ่งชัย ชวนไชยกูล.2539.สรีรวิทยา, คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 366 น.

ธารดาว ทองแก้ว.2544.หมอชาวบ้าน, พิมพ์ดี บจก. กรุงเทพฯ 64 น.

ประกาศกระทรวงพาณิชย์.2541. มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย

มนตรี จุฬาวัฒนกล, ชิษณุสรร สวัสดิวัตน์, ยงยุทธวงศ์, ภิญโญ พานิชพันธ์, ประหยัด โกมารทัต, พิณทิพ รื่นวงษา, ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล, บุรชัย สนธยานนท์, สุมาลี ตั้งประดับกุล และ มธุรส พงษ์ลิขิตมงคล.2542.ชีวเคมี, ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 589 น.

เรียม เตชะโสภณมณี , เกษนภา เตกาญจนวนิช , ลินจง สุขลำภู และ วีระพงศ์ ปรัชญาสิทธิกุล. 2543. การตรวจวัดหาค่าและจัดทำตารางมาตรฐานดัชนีกลูโคส ในผัก ผลไม้ และอาหารไทย เพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับโรคเบาหวาน , 23 น.

วลัย อินทรัมพรรย์.2528.โภชนาการกับโรคเบาหวาน, ศูนย์การพิมพ์, กรุงเทพฯ 177 น.

American Diabetes Association (ADA).1998. Nutrition recommendation and principles for People with Diabetes mellitus. Diabetes Care . 21:32-35.

Brand-Miller. J,Powell,KF.1995.International tables of glycemic index. Am J Clin Nutr . 62:871-893.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fontvielle AM, Rizkalla SW, Penformis A, Acosta M, Bornet FRJ, SLAMA G.1992.The use of low Glycemic index foods improves metabolic control of diabetic patients in a 10 weeks study. Diabetic Medicine . 9:444-450.

Glycemic Research Institute. 2000.The diabetic's guide to insulin-stimulating foods. 7-13.

Holt SHA, Brand-Miller J.Particle size. 1994. Satiety and glycemic respone. Eur J Clin Nutr. 48:496-502.

http:www.rpi.edu/dept/naturalsci/carsons/LECT 32/32 bLect.html .

http://www.halls.md/body-mass-index/av.htm.

Jenkins DJA, Wolever TMS,Taylor RH. 1981.Glycemic index of food: a physiological basis for Carbohydrate exchange. Am J Clin Nutr .34:362-366.

Joint FAO/WHO Expert Consultation.1997. Carbohydrates inhuman nutrition. FAO Food and Nutrition.66.

Mendosa, R.1999.Glycemic index lists Homepage. www.mendosa.com/gilists.htm.

Perlstein R. Willcox J, Hines C, Milsavljevic M. Dietitians of Association of Australia review Paper .1997.Glycemic index in diabetes management. Aust J Nutr Diet .20:241-243.

Prapasri Puwastien, Monthip Raraengwichit, Ponhtorn Sungpuag,Kunchit Judprasong. 1999. Thai food composition table. Institute of nutrition, Mahidol University (INMU), Thailand. 149.

Wolever TMS.1990. The glycemic index. World Rev Nutr Diet .62:120-85.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. **สารอาหารใน V-Soy (1 กล่อง = 250 ml) มีส่วนประกอบดังนี้**

1. ไขมันทั้งหมด	6	กรัม
2 ไขมันอิ่มตัว	1	กรัม
3. โคเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
4. โปรตีน	9	กรัม
5. คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	4	กรัม
6. ใยอาหาร	3	กรัม
7. น้ำตาลน้อยกว่า	1	กรัม
8. โซเดียม	55	มิลลิกรัม
9. วิตามินเอ	0	เปอร์เซ็นต์
10. วิตามินบี	2 0	เปอร์เซ็นต์
11. วิตามินบี	1 0	เปอร์เซ็นต์
12. เหล็ก	6	เปอร์เซ็นต์
13. แคลเซียม	4	เปอร์เซ็นต์

ส่วนผสมต่างๆในการทำ Dough

1. แป้งขนมปังตราหงส์ขาว	1	ถ้วยตวง
2. แป้งอเนกประสงค์ตราว่าว	2	ถ้วยตวง
3. น้ำตาลทราย	1/4	ถ้วยตวง
4. ยีสต์	2	ช้อนชา
5. น้ำ	1/2 ถ้วยตวง + 3	ช้อนโต๊ะ
6.ไข่ไก่	1	ฟอง
7. เกลือเล็กน้อย		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของสารอาหารในถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองที่ใช้คือถั่วเหลืองตราเกษตร ประกอบด้วยสารอาหารทางโภชนาการดังนี้

Amount/serving ปริมาณต่อ 1 หน่วยบริโภค%

DAILY VALUE ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน

1.	ไขมันทั้งหมด (Total Fat)	20	กรัม	31 เปอร์เซ็นต์
2.	ไขมันอิ่มตัว (Saturated Fat)	0	กรัม	0 เปอร์เซ็นต์
3.	โคเลสเตอรอล (Cholesterol)	0	มิลลิกรัม	0 เปอร์เซ็นต์
4.	โซเดียม (Sodium)	20	มิลลิกรัม	0 เปอร์เซ็นต์
5.	คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total Carbohydrate)	31	กรัม	10 เปอร์เซ็นต์
6.	ใยอาหาร (Dietary Fiber)	0	กรัม	0 เปอร์เซ็นต์
7.	โปรตีน	39	กรัม	78 เปอร์เซ็นต์

ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน คิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. ในการจัดเตรียมและคัดเลือกอาสาสมัครผู้จะรับการทดลองเจาะเลือดหาค่าดัชนีกลูโคสทั้ง 14 คน มีระดับน้ำตาล ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การตรวจร่างกายทั้ง 14 คน

อาสาสมัคร	ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลา (mg / dl)						
	FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที
1	79	79	145	130	123	128	-
2	85	85	138	126	134	112	120
3	84	84	157	121	121	116	100
4	67	67	144	120	121	93	-
5	74	74	164	163	149	125	127
6	85	85	188	188	135	142	-
7	66	66	157	147	127	110	-
8	73	73	139	139	122	114	-
9	77	77	140	135	130	117	-
10	68	68	132	141	108	98	-
11	74	74	180	195	206	185	-
12	75	75	159	135	99	77	-
13	81	81	142	113	96	102	-
14	92	92	135	162	95	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในการศึกษาหาผลกระทบของ Body Mass Index ต่อค่าดัชนีกลูโคส (GI) ในตัวอย่างข้าว ซึ่งได้ค่าระดับน้ำตาลและค่าดัชนีกลูโคส (GI) ดังตารางที่11

ตารางที่ 11 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานข้าวหอมมะลิตามสัดส่วนร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย) และการค่าดัชนีกลูโคสของอาสาสมัครแต่ละคน

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลา (mg / dl)							ค่าพื้นที่ใต้กราฟของข้าวหอมมะลิ	ค่าพื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาล	ค่าGI
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที			
1	20.34	77	77	129	106	88	77	-	12783180	11547160	110.7041039
2	19.433	79	79	129	100	86	79	-	12208840	18307900	66.68618465
ค่าเฉลี่ยเพศหญิง		78	78	129	103	87	78	-	12496010	19664096	63.54734029
3	19.896	79	79	126	114	92	82	79	10833100	7806780	138.7652784
4	22.957	104	104	135	112	104	-	-	27098860	15235750	177.8636431
ค่าเฉลี่ยเพศชาย		91.5	91.5	130.5	113	98	93	91.5	18965980	11972226.67	158.4164794
ค่าเฉลี่ย		84.75	84.75	129.75	108	92.5	85.5	84.75	15730995	15818161.33	110.9819099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในการศึกษาผลกระทบของโปรตีน (V – soy) ต่อค่าดัชนีกลูโคส (GI) ได้ผลระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานนม V – soy เพียงอย่างเดียว และเมื่อรับประทานพร้อมข้าวหอมมะลิ ดังตารางที่ 12 และ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V-soy) เพื่อทำการหาค่า GI

อาสาสมัคร	BMI (kg / m^2)	ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg / dl)						ค่าพื้นที่ใต้กราฟของนม V - soy	ค่าพื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาล	ค่า GI
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที			
1	19.433	80	80	75	91	83	78	11095440	18307900	60.60465701
2	28.441	87	87	84	91	86	-	14659960	27725240	52.87586329
3	20.34	78	78	79	76	-	-	9674340	11547160	83.78112021
4	27.767	80	80	73	76	-	-	7940940	26706620	29.73397607
ค่าเฉลี่ย		81.25	81.25	77.75	83.5	80.25	79	10842670	21071730	56.74890414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำนมถั่วเหลืองปราศจากน้ำตาล (V-soy) พร้อมข้าวหอมมะลิเพื่อทำการหาค่า GI

ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg/dl)	อาสาสมัคร						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย (ช)	4	ค่าเฉลี่ย (ญ)	
BMI (kg/m^2)	19.896	25	22.957	-	20.34	-	-
FBS	78	87	108	91	75	75	83
0 นาที	78	87	108	91	75	75	83
20 นาที	94	83	139	105.3333	82	82	93.66666667
40 นาที	133	84	152	123	87	87	105
60นาที	120	83	130	111	94	94	102.5
80 นาที	100	-	118	100.3333	95	95	97.66666667
100 นาที	100	-	108	97	95	95	96
120 นาที	80	-	-	90.33333	87	87	88.66666667
140 นาที	74	-	-	88.33333	81	81	84.66666667
160 นาที	-	-	-	-	75	75	81.66666667
ค่าพื้นที่ใต้กราฟของนม V - soy	9867740	11786020	31477840	17710533	10246770	10246770	13978651.67
ค่าพื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาล	7806780	12874150	15235750	11972227	11547160	11547160	11759693.33
ค่า GI	126.3996	91.54795	206.6051	141.5176	88.73844	88.73844	115.1280026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในการศึกษาผลกระทบของไฟเบอร์(บิสกิต) ต่อค่าดัชนีกลูโคส (GI) ได้ผลระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานบิสกิต เพียงอย่างเดียว และเมื่อรับประทานพร้อมข้าวหอมมะลิ ดังตารางที่ 14 และ 15 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานขนมปังกรอบใยอาหาร (บิสกิต) เพื่อทำการหาค่า GI

อาสาสมัคร	BMI (kg / m^2)	ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg / dl)							ค่าพื้นที่ใต้กราฟของบิสกิต	ค่าพื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาล	ค่า GI
		FBS	0 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที	80 นาที	100 นาที			
1	20.34	73	73	118	118	102	97	70	15720760	27725240	56.70197986
2	25	81	81	98	98	87	80	-	14824370	12874150	115.1483399
ค่าเฉลี่ย		77	77	108	108	94.5	92	75	15272565	20299695	85.92515987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานขนมปังกรอบใยอาหาร (บิสกิต) พร้อมข้าวหอมมะลิ เพื่อทำการหาค่า GI

ระดับน้ำตาล (mg/dl)	อาสาสมัคร					ค่าเฉลี่ย
	1	2	ค่าเฉลี่ย(ญ)	3	ค่าเฉลี่ย(ช)	
BMI (kg/m^2)	28.441	20.34	-	19.896	-	-
FBS	105	96	100.5	79	79	89.75
0 นาที	105	96	100.5	79	79	89.75
20 นาที	148	140	144	151	151	147.5
40 นาที	150	129	139.5	154	154	146.75
60นาที	146	128	137	135	135	136
80 นาที	140	125	132.5	131	131	131.75
100 นาที	135	124	129.5	114	114	121.75
120 นาที	127	117	122	92	92	107
140 นาที	114	100	107	67	67	87
160 นาที	105	96	100.5	-	-	-
พื้นที่ใต้กราฟของบิสกิต	28479300	19616260	24047780	13472380	13472380	18760080
พื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาล	27725240	11547160	19636200	7806780	7806780	13721490
ค่า GI	102.7198	169.87952	136.29964	172.5728	172.5728	154.4362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละความเข้มข้นน้ำตาลโดยเปรียบเทียบความแปรปรวนในแต่ละความเข้มข้นกับที่ความเข้มข้น 100 กรัม

$Ho : S^2_1 = S^2_2$ $Ho : S^2_1 \neq S^2_2$

จากสูตร $S^2 = 1/n\text{-}1$(ผลรวมทุกพจน์ยกกำลังสอง- (n x ค่าเฉลี่ย))

$Fcal = S^2_1 / S^2_2$

แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ F ตาราง ได้ผลดังตารางที่16

ตารางที่ 16 แสดงผลการคำนวนทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละความเข้มข้นน้ำตาลกับความเข้มข้นน้ำตาล 100 กรัม

รับประทานน้ำตาล	F คำนวณ	F จากการเปิดตาราง ที่ $\alpha = 0.01$	F จากการเปิดตาราง ที่ $\alpha = 0.05$
25 กรัม	1.080775001	9.15	4.53
50 กรัม	1.060081224	9.78	4.76
1.25 กรัมต่อนน.ร่างกาย	1.231923349	8.47	4.28

จากตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่าที่ทุกความเข้มข้นค่า F cal < F จากการเปิดตารางแสดงว่ายอมรับ Ho ซึ่งหมายความว่าทุกความเข้มข้นน้ำตาลมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า GI ในกลุ่มอาสาสมัครที่แบ่งตาม Body Mass Index โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ได้ผลคำนวนดังตารางที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงผลการคำนวนทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GI ในแต่ละ BMI

Trt MS	Error MS	F – value	F table 0.05	F table 0.01
82.12709	1300.024	0.063174	18.51	98.49

จากตารางที่ 17 จะเห็นได้ว่าF - value < F จากการเปิดตารางแสดงว่ายอมรับ Ho ซึ่งหมายความว่าค่า GI ของอาสาสมัครทั้ง Low และ Normal BMI ไม่มีความแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า GI ในกลุ่มอาสาสมัครที่แบ่งตามเพศโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ได้ผลคำนวนดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงผลการคำนวนทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GI ในแต่ละเพศ

Trt MS	Error MS	F – value	F table 0.05	F table 0.01
82.12709	1300.024	2.113722	18.51	98.49

จากตารางที่ 18 จะเห็นได้ว่าF - value < F จากการเปิดตารางแสดงว่ายอมรับ Ho ซึ่งหมายความว่าค่า GI ของอาสาสมัครทั้ง 2 เพศไม่มีความแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงที่ 19 แสดงส่วนประกอบของสารอาหารต่างๆ เทียบกับ 100 กรัม

Food ID	Food and description	Alternate name	N (6)	WATER g	ENERC kcal	PROCNT g	FAT g	CHOCDF g	FIBTG g	ASH g	CA mg	P mg	FE mg	NA mg	K mg	CU mg	ZN mg	RETOL µg	CARTB µg	VITA µg	THIA mg	RIBF mg	NIA mg	VITC mg
A	**Cereals and products** *Raw and Cooked*																							
THA9	ข้าวกล้อง	Rice, whole-grain, milled by machine	4 (6)	11.2	362	7.4	2.4	77.7	2.8	1.3	12	255	1.0	12	326	0.10	0.5	0	0	0	0.29	0.04	5.5	-
THA59	ข้าวกล้อง, สุก	Rice, whole grain, cooked	1	65.7	56.5	1.2	0.3	12.7	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.16	0.01	2.1	-
THA10	ข้าวเจ้า, ขัดสีต่างๆ	Rice, polished, raw	15 (25)	10.2	361	6.6	0.8	82.0	0.6	0.4	8	87	1.2	31	111	0.10	0.5	0	0	0	0.07	0.02	1.6	-
THA12	ข้าวเจ้า, ขัดสีขาวหอมมะลิ	Rice, jusmin variety, polished, raw	9 (6)	11.9	355	6.1	0.7	81.1	0.8	0.3	5	65	0.9	34	113	0.14	0.1	0	0	0	0.12	0.02	1.5	-
THA11	ข้าวเจ้า, สุก	Rice, polished, cooked	5	66.8	133	2.3	(0.3)	30.3	-	0.3	6	19	(0.3)	34	88	-	-	0	0	0	0.01	-	1.5	-
THA13	ข้าวซ้อมมือ	Rice, whole-grain, home-pounded, raw	5	11.5	360	6.8	2.3	78.0	1.7	1.3	15	254	1.3	11	339	-	-	0	0	0	0.33	0.04	5.0	-
THA15	ข้าวโพด, ฝัก, ต้ม	Corn, whole-kernel, raw	1	73.4	111	3.4	1.4	21.1	-	0.7	10	11	1.7	-	-	-	-	0	-	-	0.11	0.18	1.1	13
THA16	ข้าวโพด, ฝัก, ต้ม (เหลือง)	Corn, whole-kernel, boiled	1	74.5	117	4.3	3.3	17.4	-	0.5	11	47	3.6	-	-	-	-	0	494	82	0.08	0.08	1.5	-
THA19	ข้าวพันธุ์	Rice, Mun-pu variety, whole-grain, raw	3	12.0	361	6.1	2.7	76.2	4.0	1.0	15	100	0.9	-	-	-	-	0	-	-	0.32	0.01	2.2	-
THA20	ข้าวแห้ง, ข้าวเจ้า	Rice, flakes	2	12.6	352	7.3	2.1	76.0	-	2.0	21	251	6.8	-	-	-	-	0	0	0	0.22	0.04	-	-
THA21	ข้าวแห้ง, ข้าวเหนียวขาว	Rice, glutinous, flakes	2	9.9	364	6.8	1.9	79.9	-	1.4	15	227	4.6	-	-	-	-	0	0	0	0.22	0.04	-	-
THA22	ข้าวเหนียว	Rice, glutinous, polished, raw	17	11.7	355	6.3	0.6	81.0	-	0.4	7	63	2.5	-	-	-	-	0	0	0	0.06	0.03	1.6	-
THA23	ข้าวเหนียว, สุก (นึ่ง)	Rice, glutinous, polished, steamed	6	42.9	229	4.6	0.3	52.0	0.3	0.1	-	12	-	12	-	-	-	0	0	0	0.03	0.10	1.0	-
THA24	ข้าวเหนียวดำ	Rice, glutinous, black variety, polished, raw	4	12.4	360	7.5	2.9	76.1	4.9	1.2	22	139	2.8	-	-	-	-	0	16	3	0.48	0.19	0.6	-
THA25	จมูกข้าวสาลี	Wheat germ	3	5.9	415	34.1	11.4	43.9	16.5	4.7	-	994	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
THA37	รำข้าว, คั่ว	Rice bran, roasted	1	2.0	462	14.0	21.4	53.4	32.4	9.2	-	-	-	-	-	-	-	0	0p	0p	-	-	-	-

ที่มา : Prapasri et al., 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้