สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

T047307

นางสาววรวรรณ พิเชฐเลอมานวงศ์ 42050188
นางสาวหทัยทัต สุมาลยศักดิ์ 42050211

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47307
วัน, เดือน, ปี 27 มิ.ย. 2546

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

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of low sugar products for diabetic patients

Miss Worawan Pichetlermanwong 42050188

Miss Hathaithat Sumalayasak 42050211

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 Lardkrabang

Academic year 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน		
นักศึกษา	นางสาววรวรรณ	พิเชฐเลอมานวงศ์	รหัส 42050188
	นางสาวหทัยทัต	สุมาลยศักดิ์	รหัส 42050211
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี		

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อ. ลินจง สุขลำภู	
กรรมการ ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	
กรรมการ ผศ.ดร. เรียม เตชะโสภณมณี	

.....

(รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน
นักศึกษา	นางสาววรวรรณ พิเชฐเลอมานวงศ์ รหัส 42050188
	นางสาวหทัยทัต สุมาลยศักดิ์ รหัส 42050211
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างเยลลี่ และส่วนประกอบของน้ำตาลและอื่นๆที่นำมาทำเป็นส่วนผสม ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้อย่างมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ และมีการตอบสนองต่อน้ำตาลที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ผลปรากฏว่าจากการคัดเลือกเยลลี่ที่มีส่วนประกอบของเยลลี่เพียงอย่างเดียวหรือเยลลี่ผสมคาราจีแนน โดยใช้น้ำตาลหรือสารให้ความหวาน เช่น Acesulfame – K Aspartame Xylitol Sorbitol และ Saccharin พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดประกอบด้วยเยลลี่ 3% Saccharin 1.16 % Sorbital 21.7 % น้ำคั้นตำลึง 5 % กรดซิ ตริก 0.67 % และน้ำสกัดใบชาเขียว 68.48 % ที่เหลือเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสมะฉา (Macha) ให้รสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อนำมาให้อาสาสมัคร 4 คนที่ผ่านการตรวจวัดค่าหน้าที่ของตับ หน้าที่ของไต ปริมาณ Hb A_{1C} และค่าดัชนีมวลร่างกาย (Body Mass Index) อยู่ในเกณฑ์ปกติ จากนั้นให้รับประทานเยลลี่ต่อ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)แล้วทำการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับน้ำตาลทุกๆ25 นาทีเป็นเวลา 180 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้การตอบสนอง 63 % จัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและยอมรับได้สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่จะเลือกรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Development of Low Sugar Product for Diabetes Patients
Name	MissWorawan Pichetlermanwong 42050188
	MissHataitat Sumalayasak 42050211
Department	Applied Biology
Academic Year	2000
Special Project Advisor	Assit.Prof.Dr. Reiam Techasoponmanee

ABSTRACT

This research study aim to develop a glycemically acceptable jelly snack by varied ingredients such as sugar or sweeterner(Acesulfame-K Aspartame Xylitol Sorbitol and Saccharin) . It was found that the rigght properties of the product should consists of gelatin 3 % Saccharin 1.16 % Sorbital 21.7 % Ivy juice 5 % citric acid 0.67 % green tea 68.48 % and Macha flavor. Glycemic response was also tried to 4 voluntary subjects who had normal Body Mass Index (BMI) liver funtion and kidney funtion .Glycemic response of the jelly snack was found to be acceptable for diabetes patients.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรียม เตชะโสภณมณี ที่ช่วยให้คำแนะนำในการค้นคว้า ลงมือปฏิบัติ การเขียนโครงงานฉบับพิเศษนี้ รวมทั้งการตรวจทานแก้ไขเรียบเรียงให้ถูกต้องสมบูรณ์ และคำแนะนำในทุกๆด้านให้แก่ข้าพเจ้าทั้งสอง

ขอขอบพระคุณ ครอบครัวของเรา อาจารย์ทุกท่าน เพื่อนๆ พี่ๆที่ร้านบาร์น์เฮาส์และทุกๆท่านที่สละเวลา แรงกายและแรงใจช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่เราทั้งสองในทุกๆด้าน จึงทำให้โครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

วรวรรณ พิเชฐเลอมานวงศ์

หทัยทัต สุมาลยศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	48
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	59
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างตับอ่อน	4
2	โครงสร้างของโปรอินซูลินและอินซูลิน	11
3	การดูดซึมของคาร์โบไฮเดรต	16
4	การดูดซึมของกลูโคส	17
5	เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต	19
6	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยลลี่	49
7	น้ำตาลซอร์บิทอลและแซคคาริน	49
8	น้ำคั้นตำลึง	50
9	อุปกรณ์ในการผลิตเยลลี่	50
10	เครื่องสกัดขาเขียว	51
11	เครื่อง Adventage accucheck พร้อมเข็มและแผ่น strip	51
12	ผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวมะนาว	55
13	การเจาะเลือดโดยการใช้เข็มเจาะที่ปลายนิ้ว	57
14	การนำหยดเลือดที่อยู่บนนิ้วทาบบนแผ่น strip	57
15	ค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 2 คนเมื่อรับประทาน น้ำตาลตามสัดส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย)	61
16	ค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 4 คน เมื่อรับประทานเยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)	62
17	การเปรียบเทียบระดับน้ำตาลเฉลี่ยของอาสาสมัครเมื่อรับประทานกลูโคสตามสัดส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย) และเยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60กรัม)	63
18	ตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัคร และเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พีเอชที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาล	27
2	ผลไม้เมืองไทยแบ่งโดยถือเพคตินและกรดเป็นหลัก	30
3	น้ำตาลที่มีค่าไกลซิมิคสูง	47
4	สูตรต่างๆ ของเยลลี่	53
5	สูตรต่างๆ เยลลี่โดยการปรับสูตรเฉพาะสารให้ความหวาน	53
6	ส่วนผสมต่างๆ ของเยลลี่ชาเขียว และชาเขียวมะนาว	54
7	ค่าต่างๆที่ได้โดยใช้เครื่อง Autonalyzer และเกณฑ์มาตรฐาน	68
8.	ค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับทานน้ำตาลกลูโคสตามสัดส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย)	70
9	ค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครเมื่อรับประทานเยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบัน โรคเบาหวาน ถูกจัดว่าเป็นโรคเรื้อรังที่คร่าชีวิตคนในปัจจุบันนี้เป็นอันดับต้นๆ เนื่องมาจากความผิดปกติของร่างกาย ที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหลัก (อินซูลิน) ที่จะช่วยนำน้ำตาลในกระแสเลือดไปเผาผลาญให้เกิดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย จากเหตุผลที่ว่านี้เองจึงทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงมาก ส่งผลให้เกิดโรคต่างๆตามมา เช่น โรคไตวายเรื้อรัง โรคอัมพฤกษ์ แต่จะให้ทำอย่างไรได้ในเมื่ออาหารทุกชนิดต่างก็มีคาร์โบไฮเดรตซึ่งเมื่อถูกย่อยจะกลายเป็นน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด จึงต้องฝืนทนรับประทานอาหารเหล่านั้น

จากจุดนี้เองจึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะจัดทำผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลต่ำๆหรือเกิดการสลายเป็นน้ำตาลอย่างช้าๆ เพื่อให้น้ำตาลค่อยๆทยอยเข้าสู่กระแสเลือด ผู้ป่วยโรคเบาหวานจะได้ไม่เกิดปัญหาเรื่องการขาดอินซูลินมาช่วยดึงน้ำตาลไปใช้ โดยจากการวิจัยของสถาบันไกลซีมิค อินเด็กซ์แห่งกรุงวอชิงตัน ดี ซี ได้ประกาศแนวทางให้แก่ผู้ป่วยโรคเบาหวานให้รับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีกลูโคส (Glycemic Index : GI)ต่ำ เพราะอาหารประเภทนี้จะค่อยๆปล่อยน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ไม่เกิดภาวะน้ำตาลคั่งในเลือด

ข้าพเจ้าจึงเลือกที่จะพัฒนาของทานเล่นเพื่อให้เป็นอาหารประเภทคืนความสดชื่น (refreshing) นั่นก็คือ เยลลี่ เพราะแม้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีแนวโน้มของผลิตภัณฑ์สำหรับคนรักสุขภาพออกมามากขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถจัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจริงสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพราะค่า GI ยังคงสูงอยู่อันเนื่องมาจากมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก จัดทำการพัฒนาเยลลี่ให้มีค่า GI ต่ำและมีคุณค่าทางอาหารต่างๆมากมาย เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในไทย เป็นทางเลือกที่หลากหลายของผู้ป่วยโรคเบาหวานพร้อมทั้งปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน และความเข้มข้นของน้ำตาลในเยลลี่ที่เหมาะสมต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน
2. เพื่อทำการผลิตเยลลี่ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการคัดเลือกอาสาสมัครที่มีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 4 คน โดยมีค่าหน้าที่ของตับ ไต ปริมาณ Hb A_{1C} และค่าดัชนีมวลร่างกาย (Body Mass Index) อยู่ในเกณฑ์ปกติ
2. ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน
3. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารให้ความหวานในเยลลี่ที่เหมาะสมต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยมีรสชาติและรูปลักษณ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
4. ทำการผลิตเยลลี่ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และนำเยลลี่ไปหาค่าดัชนีกลูโคส

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีทางเลือกในการรับประทานมากขึ้น และเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต ช่วยให้วงการอุตสาหกรรมของไทยรุดหน้าแข่งขันกับตลาดสากลได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โรคเบาหวานและกลไกการเกิดโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน (Diabetes) เป็นภาวะที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงและมักมีน้ำตาลในปัสสาวะร่วมด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการขาดอินซูลินหรืออินซูลินที่มีอยู่ไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ เป็นผลให้เกิดการผิดปกติในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ทำให้เซลล์ต่างๆทำงานได้น้อยลง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆในร่างกาย โดยเฉพาะหลอดเลือดซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ป่วยเป็นอย่างมาก ตามสถิติของกระทรวงสาธารณสุขในปี พ.ศ.2541 ได้มีรายงานจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานที่เข้ารับการรักษาตามโรงพยาบาลทั่วประเทศว่ามีสูงถึง 111,149 ราย ไม่นับผู้ที่ป่วยเป็นเบาหวานแต่ไม่ได้รับการรักษาที่โรงพยาบาล หรือผู้ที่ไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรคเบาหวานซึ่งคาดว่าน่าจะมีสูงมาก สมาคมโรคเบาหวานในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ.2000 รายงานว่าโรคเบาหวานเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ตาบอดและไตวาย นอกจากนั้นยังได้จัดอันดับให้โรคเบาหวานเป็นอันดับหนึ่งที่ทำให้เสียชีวิตมากกว่าสถิติผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ มะเร็ง เต้านม หรือโรคเรื้อรังอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าผู้ป่วยเบาหวานมักจะละเลยในการปฏิบัติตัวในการรับประทานอาหาร จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติจนกระทั่งเกิดการเสื่อมของระบบอื่นๆในร่างกายติดตามมา เช่น ไตเสื่อมและทำให้เกิดการวายในที่สุด ตาเสื่อมและทำให้ตาบอดในเวลาต่อมา หัวใจและหลอดเลือดเสื่อมทำให้เกิดการแข็งตัวของผนังหลอดเลือดและทำให้หัวใจวาย รวมทั้งโรคอื่นๆที่เป็นผลสืบเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ เช่น โรคผิวหนัง ลมพิษ ติดเชื้อในช่องปาก เป็นแผลเรื้อรัง เนื้อเท้าตาย เป็นต้น

2.2 การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

1. ฮอร์โมนที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

ระดับน้ำตาลในเลือดมีความสำคัญต่อการทำงานต่างๆในร่างกายมาก ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป (Hyperglycemia) หรือต่ำเกินไป (Hypoglycemia) จะเกิดอาการผิดปกติในร่างกาย ระดับน้ำตาลในเลือดของคนปกติหลังอดอาหาร 10—12 ชั่วโมง จะอยู่ในระดับ 70—110 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ร่างกายสามารถควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดให้อยู่ในระดับปกติได้ โดยอาศัยฮอร์โมนต่างๆ 6 ชนิดด้วยกัน ซึ่งฮอร์โมนเหล่านี้อาจแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

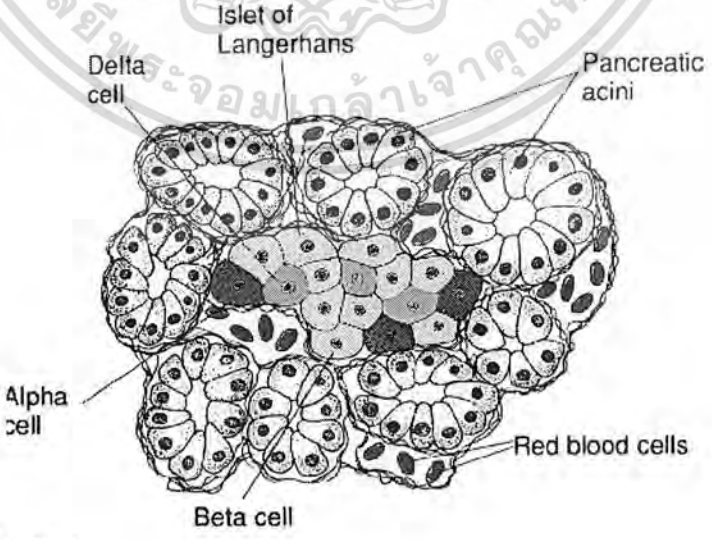
1.1 ฮอร์โมนที่ควบคุมไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป ได้แก่ ฮอร์โมนอินซูลินที่ผลิตโดยเบต้าเซลล์ของไอส์เล็ทออฟแลงเกอร์ฮานส์ในตับอ่อน อินซูลินทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ลดลงได้โดย

- ช่วยให้เซลล์ต่างๆใช้น้ำตาลเป็นพลังงานเพิ่มขึ้น โดยช่วยให้กลูโคสจับกับฟอสเฟตเป็นกลูโคส -6- ฟอสเฟต เข้าสู่วิถีไกลโคไลซิสเพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานต่อไป
- เปลี่ยนกลูโคสให้เป็นไกลโคเจนเก็บไว้ในตับและกล้ามเนื้อ
- เปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมันสะสมไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย

อินซูลิน เป็นฮอร์โมนชนิดเดียวที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้สูง ดังนั้นเมื่อร่างกายขาดอินซูลินหรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้จึงเกิดโรคเบาหวาน

1.2 ฮอร์โมนที่ควบคุมไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ มี 5 ชนิด คือ

- โกรทฮอร์โมนจากส่วนหน้าของต่อมพิทูอิทารี่ ช่วยให้มีการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกลูโคส
- คอร์ติโคสเตรอยด์ฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนจากส่วนนอกของต่อมหมวกไต ช่วยให้มีการสลายไกลโคเจนทั้งในตับและกล้ามเนื้อ
- แคทีโคลามีน เป็นฮอร์โมนจากส่วนกลางของต่อมหมวกไต ช่วยให้มีการสลายไกลโคเจนทั้งในตับและกล้ามเนื้อ
- กลูคากอน เป็นฮอร์โมนจากแอลฟาเซลล์ของไอส์เล็ทออฟแลงเกอร์ฮานส์ของตับอ่อน จะช่วยให้กระตุ้นให้สลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส
- ธัยรอคซิน เป็นฮอร์โมนจากต่อมธัยรอยด์ ช่วยให้การดูดซึมกลูโคสและกระตุ้นให้มีการสลายโปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน เป็นกลูโคส



ภาพที่ 1 โครงสร้างตับอ่อน

ที่มา : http://www.rpi.edu (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . กลไกการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

เพื่อให้ระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในระดับปกติตลอดเวลา ร่างกายมีกลไกควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ดังนี้ เมื่อร่างกายได้รับอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ซึ่งเป็นอาหารที่ให้พลังงาน ระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงขึ้น อาหารที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นได้มาก เช่น แป้งและน้ำตาลต่างๆรวมทั้งน้ำผึ้งและน้ำตาลจากผลไม้ด้วย แป้งและน้ำตาลเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส ทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้นและระดับน้ำตาลในเลือดที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ที่กระตุ้นให้เบต้าเซลล์หลั่งอินซูลินออกมาเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลให้อยู่ในระดับปกติ อินซูลินที่หลั่งออกมานี้จะสูงขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณกลูโคสในเลือด ถ้ากินอาหารมากน้ำตาลในเลือดจะเพิ่มมากขึ้น อินซูลินก็จะหลั่งออกมามาก ดังนั้นเมื่อระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มมากขึ้น อินซูลินจะถูกขับเข้าสู่กระแสเลือด เร่งให้เซลล์ต่างๆใช้กลูโคสเป็นพลังงาน และเปลี่ยนกลูโคสส่วนที่เหลือให้เป็นไกลโคเจน เรียกว่า ไกลโคเจเนซีส (Glycogenesis) เก็บสำรองไว้ในตับและกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนในตับจะสลายเป็นกลูโคสได้ทันที ส่วนไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค หากระดับน้ำตาลในเลือดยังคงสูงอินซูลินจะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมัน เรียกว่า ไลโปเจเนซิส (Lipogenesis)สะสมไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย ด้วยฤทธิ์ของอินซูลินดังกล่าวระดับน้ำตาลในเลือดจะลดลง และขณะที่ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลงมากจะเนื่องจากการออกกำลังกายหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอก็ตามฮอร์โมนต่างๆทั้ง 5 ชนิด คือ โกรทฮอร์โมน กลูคากอน คอร์ติโคสเตรอยด์ แคทีโคลามีนและธัยรอคซิน จะกระตุ้นให้ตับสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสที่เรียกว่า ไกลโคเจโน-เลซีส (Glycogenolysis) ขณะเดียวกันก็กระตุ้นให้มีการสร้างกลูโคสจากโปรตีนและไขมัน เรียกว่า กลูโคนีโอเจเนซีส (Gluconeogenesis) ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มมากขึ้น ด้วยกลไกการควบคุมของฮอร์โมนต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพนี้ ร่างกายจึงสามารถรักษาระดับน้ำตาลให้คงที่ได้สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อินซูลินมีการตอบสนองต่อการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือดน้อย ประกอบกับกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้น้อยด้วย ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงกว่าคนปกติและการขาดอินซูลินยังทำให้ร่างกายใช้กลูโคสเป็นพลังงานไม่ได้ จึงต้องหาพลังงานจากสารอื่นโดยการเปลี่ยนโปรตีนในกล้ามเนื้อและกลีเซอรอลในไขมันให้เป็นกลูโคส เป็นผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มมากขึ้นและล้นออกไปกับปัสสาวะ แต่เนื่องจากกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย ไตจึงพยายามสกัดกั้นน้ำตาลกลูโคสไว้เพื่อนำกลับมาใช้อีก โดยการดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือด ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงไม่เกิน 160–180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ไตจะสามารถดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดได้หมดทำให้ไม่มีน้ำตาลในปัสสาวะ แต่ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า 160–180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ไตจะไม่สามารถดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดได้หมด จึงปรากฏว่ามีน้ำตาลในปัสสาวะซึ่งแสดงว่าไตมีสมรรถภาพในการดูดซึมน้ำตาลในเลือดกลับได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดเพียง 180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร จึงเรียกระดับนี้ว่าเป็นขีดสกัดกั้นน้ำตาลกลูโคสของไต (Renal Threshold) ฉะนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ตรวจพบน้ำตาลในปัสสาวะ ก็แสดงว่าระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยจะต้องสูงกว่า 180 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ดังนั้นการที่จะทราบว่าเป็นโรคเบาหวานหรือไม่ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบหาระดับน้ำตาลในเลือดด้วยมิใช่ตรวจน้ำตาลในปัสสาวะเท่านั้น

โรคเบาหวานจำแนกชนิดได้ดังนี้ (โดยแบ่งตามองค์การอนามัยโลก)

1. พวกที่เป็นโรคเบาหวาน แบ่งเป็น

1.1 ชนิดที่ 1 โรคเบาหวานจำเป็นต้องใช้อินซูลิน (Insulin Dependent Diabetes)

โรคเบาหวานชนิดนี้พบมากในเด็กหรือคนที่อายุน้อย สาเหตุเกิดจากเบต้าเซลล์ในตับอ่อนมีจำนวนน้อยหรือแทบไม่มีเลยทำให้ไม่สามารถผลิตอินซูลินได้ ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาการของผู้ป่วยจะมีน้ำหนักตัวลด อ่อนเพลีย หิวบ่อย กระหายน้ำ หมดสติถ้าไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องและทันท่วงทีก็อาจเสียชีวิตได้ โรคเบาหวานชนิดนี้จำเป็นต้องรักษาด้วยการฉีดอินซูลิน เนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนน้อยจึงใช้ยากระตุ้นไม่ได้ผลโรคเบาหวานชนิดนี้พบประมาณร้อยละ 15 ของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมด

1.2 ชนิดที่ 2 โรคเบาหวานชนิดไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลิน (Non Insulin Dependent Diabetes)

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

1.3 ชนิดอื่นของโรคเบาหวาน หรือที่เคยเรียกว่า โรคเบาหวานทุติยภูมิ

เป็นโรคเบาหวานชนิดที่มีสาเหตุจากโรคอื่น รวมทั้งโรคเบาหวานที่เกิดร่วมกับโรคและกลุ่มอาการบางอย่าง โรคเบาหวานชนิดนี้พบประมาณร้อยละ 5 ของโรคเบาหวาน ซึ่งได้แก่ โรคที่เกิดจากฮอร์โมนบางอย่างทำงานผิดปกติ โรคที่เกี่ยวกับตับอ่อนและกลุ่มอาการเกี่ยวกับกรรมพันธุ์บางอย่าง เป็นต้น

2 . พวกที่มีความทนต่อกลูโคสเสื่อม (Impaired Glucose Tolerance : IGT)

พวกนี้ยังไม่จัดว่าเป็นโรคเบาหวานและยังไม่มีอาการของโรคเบาหวาน เพียงแต่ค่าของความทนต่อกลูโคสผิดปกติเป็นครั้งคราว อาจพบได้ในผู้ที่อ้วนมากหรือไม่อ้วนและในผู้ที่กินยาบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ยาคุมกำเนิด ยาขับปัสสาวะ เป็นต้น ในบางรายอาจเปลี่ยนแปลงเป็นโรคเบาหวานชนิดจำเป็นต้องใช้อินซูลินหรือไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลินก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะมีความคงทนต่อกลูโคสปกติได้ในระยะต่อมา

3 . พวกที่มีความทนต่อกลูโคสผิดปกติในระยะมีครรภ์ (Gestational Diabetes)

ในระยะมีครรภ์อาจพบว่ามีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ หรือมีความทนต่อกลูโคสผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในร่างกาย เพราะการตั้งครรภ์แต่ละครั้งร่างกายต้องการฮอร์โมนเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้ทารกเจริญเติบโตฮอร์โมนเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอินซูลินทั้งสิ้น ทำให้เบต้า-เซลล์ต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อผลิตอินซูลินให้เพียงพอที่จะควบคุมน้ำตาลในเลือด หากเป็นผู้ที่ตับอ่อนมีความบกพร่องทางกรรมพันธุ์อยู่แล้ว ก็จะไม่สามารถผลิตอินซูลินเพิ่มให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายได้ อาการของโรคเบาหวานจึงปรากฏขึ้น บางครั้งหลังจากคลอดแล้วอาการของโรคเบาหวานจะทุเลาลงหรืออาจหายไปได้

4. ผู้ที่เคยมีความผิดปกติของความทนต่อกลูโคสมาก่อน (Previous abnormality of glucose tolerance)

ผู้ป่วยพวกนี้มีความคงทนต่อกลูโคสปกติ แต่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติเป็นครั้งคราว ซึ่งเกิดขึ้นได้บ่อยในระยะที่ร่างกายมีความเครียด เช่น มีโรคติดเชื้อ โรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย ได้รับการผ่าตัดหรือได้รับยาบางชนิด เช่น ยาคุมกำเนิด ยาขับทางปัสสาวะ ผู้ป่วยประเภทนี้ยังไม่จัดว่าเป็นโรคเบาหวานแต่มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคเบาหวานได้ง่าย

5. ผู้ที่มีความผิดปกติของความคงทนต่อกลูโคสอยู่แล้วแต่ยังไม่แสดงออก (Potential abnormality of glucose tolerance)

ผู้ป่วยเหล่านี้มีความคงทนต่อกลูโคสปกติแต่มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคเบาหวานได้ง่าย เนื่องจากมีปัจจัยที่ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานมากกว่าพวกอื่นๆ ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ผู้ที่เป็นโรคอ้วน ผู้ที่มีพ่อแม่เป็นโรคเบาหวานและมีพี่น้องเป็นโรคเบาหวาน ผู้ที่มีคู่แฝดจากไข่ใบเดียวกันเป็นโรคเบาหวาน หญิงที่คลอดทารกที่น้ำหนัก 4,500 กรัมหรือมากกว่า ผู้ที่มี HLA (Human Leukocyte Antigens) ชนิดเดียวกับพี่น้องที่เป็นโรคเบาหวาน

2.3 อาการของโรคเบาหวาน

เมื่อขาดฮอร์โมนอินซูลิน ร่างกายจะไม่สามารถนำกลูโคสมาใช้เป็นพลังงานได้ เป็นผลให้กลูโคสคั่งอยู่ในเลือด ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจนถึงขีดที่ไตไม่สามารถดูดซึมกลับได้หมด น้ำตาลจึงล้นผ่านไตออกมาและเนื่องจากน้ำตาลมีความเข้มข้นสูงจึงดึงเอาน้ำซึ่งเป็นตัวละลายน้ำตาลออกมาด้วย ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปัสสาวะบ่อย ปัสสาวะครั้งละมากๆ (polyuria) และมีน้ำตาลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัสสาวะ (Glucoseuria) เมื่อผู้ป่วยเสียน้ำไปทางปัสสาวะมากจึงเกิดภาวะขาดน้ำ (Dehydration) รู้สึกกระหายน้ำและดื่มน้ำเข้าไปมากขึ้นเพื่อชดเชยน้ำที่เสียไป นอกจากนี้การที่ร่างกายขาดอินซูลินและใช้กลูโคสเป็นพลังงานไม่ได้นี้ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการอ่อนเพลีย หิวบ่อย กินมากขึ้นแต่น้ำหนักกลับลดลง ทั้งนี้เพราะร่างกายต้องการสลายไขมันและโปรตีนในร่างกายมาใช้เป็นพลังงานแทนทำให้กล้ามเนื้อลีบเหี่ยว เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่ไม่ได้อย่างปกติทำให้ความต้านทานต่ำ ติดเชื้อโรคต่างๆได้ง่ายโดยเฉพาะเชื้อรา มีอาการคันตามผิวหนัง เป็นแผลหรือฝีได้ง่ายและรักษายาก เมื่อผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานาน จะมีอาการอักเสบของปลายประสาทต่างๆ มีอาการชาตามปลายมือปลายเท้า ปวดตามกล้ามเนื้อ ตามัวพร่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในเลนส์และจอรับภาพ (Retina)

อาการของโรคเบาหวานที่สำคัญและพบได้ในระยะแรก อาจสรุปเป็นข้อๆได้ ดังนี้

- ปัสสาวะบ่อย และครั้งละมากๆ
- กระหายน้ำบ่อย และดื่มน้ำมาก
- หิวบ่อย กินจุ
- อ่อนเพลีย น้ำหนักลด
- ระดับน้ำตาลในเลือดและในปัสสาวะสูง
- คันตามผิวหนัง โดยเฉพาะบริเวณขาหนีบและอวัยวะสืบพันธุ์
- เป็นแผลและฝีง่าย
- ตาพร่ามัว
- ชาตามปลายนิ้วมือ ปลายเท้า และปวดตามกล้ามเนื้อ

โรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยเบาหวาน

1.โรคแทรกซ้อนชนิดเฉียบพลัน

1.1 ภาวะเป็นกรดจากสารคีโตนในเลือดสูง

การเกิดสารคีโตนจำนวนมาก (Ketone bodies) นี้จะทำให้ร่างกายเกิดภาวะเป็นกรดด้วย เรียกว่า Ketoacidosis ผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนเพลียมาก ผิวแห้ง ปากและลำคอแห้ง มีไข้ หอบมาก ซึมและหมดสติได้

1.2 ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ

ภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดต่ำจะเป็นอันตรายมาก ซึ่งมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น อีกทั้งยังทำให้หัวใจบีบตัวเร็วขึ้นทำให้ต้องการเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น แต่เนื่องจากผู้ป่วยโรคเบาหวานมักมีหลอดเลือดแข็งและรูตีบ เลือดจึงไปเลี้ยงหัวใจไม่สะดวกและเกิดภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้ผู้ป่วยอาจเป็นอันตรายถึงเสียชีวิตได้เนื่องจากกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การติดเชื้อ

- การติดเชื้อที่ผิวหนังเช่น เกิดฝี เป็นแผลเน่า เนื้อตาย มีอาการชาตามปลายเท้า ปลายมือ เป็นต้น
- การติดเชื้อบริเวณทางเดินหายใจ
- การติดเชื้อทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ

2 . โรคแทรกซ้อนระยะยาวของผู้ป่วยเบาหวาน ได้แก่

2.1 การเสื่อมของหลอดเลือดแดงใหญ่และการตีบแข็งของหลอดเลือดฝอย

2.2 ความพิการของจอรับภาพ (Retinopathy)

2.3 ความพิการของไต (Nephropathy)

2.4 ความพิการของประสาทส่วนปลาย (Neuropathy)

2.4 การรักษาและการติดตามผลโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน เป็นโรคที่รักษาไม่หายขาด แต่สามารถควบคุมอาการของโรคไม่ให้ลุกลามหรือรุนแรงได้ด้วยการช่วยให้เกิดความสมดุลระหว่างอินซูลินและระดับน้ำตาลในเลือดทำได้โดย

1. การออกกำลังกาย
2. การรักษาด้วยยา
3. การควบคุมอาหาร

ซึ่งการควบคุมอาหารนั้นเป็นการรักษาโรคเบาหวานที่มีความสำคัญมาก เช่นเดียวกับการรักษาด้วยยา แพทย์จะใช้การควบคุมอาหารรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานในระยะเริ่มแรกหรือรายที่มีอาการไม่รุนแรงมีระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูง เมื่อได้รับการควบคุมอาหารที่เหมาะสมจะสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปกติได้ การควบคุมอาหารนี้จำเป็นต้องทำอย่างสม่ำเสมอจึงจะได้ผล ในการรักษาโรคเบาหวานแพทย์จะใช้การควบคุมอาหารเป็นอันดับแรก เมื่อไม่ได้ผลจึงจะพิจารณาใช้วิธีอื่นและถึงแม้ว่าผู้ป่วยจะได้รับการรักษาด้วยการกินยาหรือฉีดอินซูลินแล้วก็ตาม ผู้ป่วยจำเป็นต้องควบคุมอาหารร่วมไปด้วย ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการควบคุมอาหารเป็นหัวใจของการรักษาโรคเบาหวาน

การวินิจฉัยโรคเบาหวานที่แน่นอนจำเป็นต้องเจาะเลือดเพื่อหาระดับน้ำตาลในเลือด ผู้ที่ไม่ได้เป็นโรคเบาหวานระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร 10 — 12 ชั่วโมงจะอยู่ในระหว่าง 70 — 110 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิกรัม และหลังจากกินอาหารแล้ว 2 ชั่วโมงระดับน้ำตาลในเลือดไม่ควรสูงกว่า 120 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิกรัม สำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงกว่านี้ ส่วนจะสูงเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตามผลการรักษา

การรักษาโรคเบาหวานให้ได้ผลนั้น ต้องมีการติดตามการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเป็นระยะๆ การติดตามผลการรักษาที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

1. การตรวจวัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด

ตามปกติแพทย์จะติดตามผลการรักษาโดยการตรวจระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด แต่เนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดมีการขึ้นลงหลายครั้งตามเวลาและปริมาณอาหารที่ได้รับ ดังนั้นการตรวจดูระดับน้ำตาลในเลือดนานๆครั้ง จึงไม่สามารถบอกถึงการควบคุมน้ำตาลกลูโคสในเลือดของผู้ป่วยได้ดีเท่าที่ควร

2. การวัดปริมาณไกลโคซีเลท ฮีโมลโกลบิน (Glycosylated hemoglobin)หรือเรียกย่อๆว่า HbA_{1C}

เป็นการวัดระดับการควบคุมน้ำตาลในเลือดแบบใหม่ ซึ่งเป็นวิธีการติดตามผลการรักษาที่ดีที่สะท้อนให้เห็นถึงผลการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยในระยะเวลา 3 – 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา การวัดระดับนี้ HbA_{1C} ช่วยในการติดตามผลการควบคุมน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยได้ดีกว่าการตรวจหาค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดเพียงอย่างเดียว

HbA_{1C} เป็นผลของการจับตัวระหว่างกลูโคสและฮีโมลโกลบินในเม็ดเลือดแดง ปริมาณของ HbA_{1C} จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด ดังนั้นถ้าผู้ป่วยมีระดับกลูโคสในเลือดสูง ปริมาณกลูโคสที่จับกับฮีโมลโกลบินก็จะสูงด้วย เนื่องจากปฏิกิริยาของไกลโคซีเลชั่น (Glycosylation)ของฮีโมลโกลบิน ซึ่ง HbA_{1C} เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของกลูโคสกับหมู่อะมิโนที่ปลายของอะมิโนของสายเบต้าของฮีโมลโกลบิน โดยการสร้างชิฟฟ์เบส (Schiff base)ขึ้นมาก่อนซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ (มนตรีและคณะ, 2542) และจะเกิดขึ้นตลอดอายุของเม็ดเลือดแดง (ประมาณ 120 วัน) ทำให้แพทย์ทราบถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณกลูโคสในเลือดระยะเวลา 1 – 2 เดือนที่ผ่านมา และถึงแม้ว่าในระยะที่เจาะเลือดผู้ป่วยจะอดน้ำตาลหรือขนมหวาน จนระดับน้ำตาลในเลือดขณะนั้นอยู่ในเกณฑ์ปกติแล้วก็ตาม ค่าของ HbA_{1C} จะยังคงสูงอยู่ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในขณะที่เจาะเลือด มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ HbA_{1C} น้อยมากแตกต่างกับการวัดปริมาณกลูโคสในเลือดอย่างเดียว ซึ่งจะบอกได้แค่เพียงค่าของกลูโคสในขณะที่เจาะเลือดเท่านั้น ค่าของ HbA_{1C} นี้แสดงเป็นร้อยละของปริมาณฮีโมลโกลบินทั้งหมด

ค่าของ HbA_{1C} ของคนปกติมีค่าประมาณร้อยละ 6 –8

ค่าของ HbA_{1C} ของผู้ป่วยโรคเบาหวานจะมากกว่าร้อยละ 10

ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ควบคุมอาหารได้ดี ควรมีค่าของ HbA_{1C} ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณฮีโมลโกลบินทั้งหมด

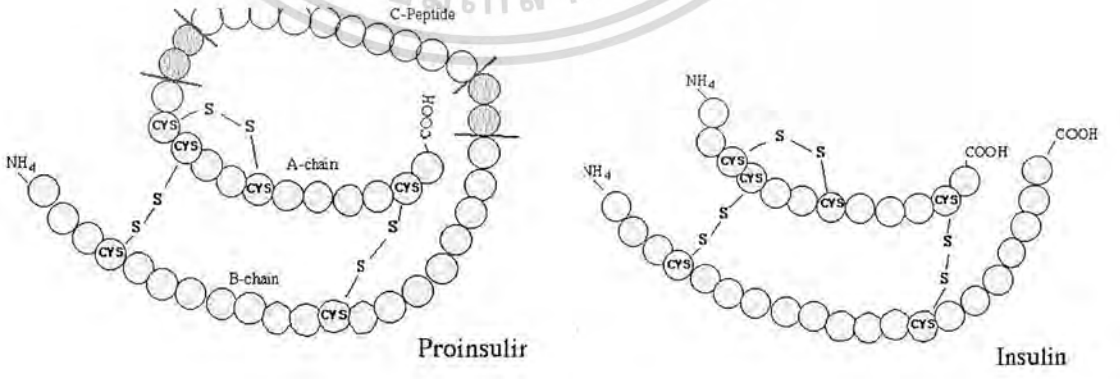
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อินซูลินและหน้าที่ของอินซูลิน

อินซูลิน เป็นฮอร์โมนซึ่งผลิตโดยเบต้าเซลล์ของไอส์เล็ทออฟลังเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans)ในตับอ่อน ไอส์เล็ทแต่ละอันมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 75 – 150 ไมครอน และไอส์เล็ทออฟลังเกอร์ฮานส์ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ 3 ชนิด คือ

1. แอลฟาเซลล์ (Alpha cells) มีอยู่ประมาณร้อยละ 20 ของไอส์เล็ทเซลล์ แอลฟาเซลล์ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนกลูคากอน (Glucagon) ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นให้ไกลโคเจน (Glycogen)ในตับสลายเป็นกลูโคสทำให้ระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้น
2. เบต้าเซลล์ (Beta cell) มีอยู่ประมาณร้อยละ 75 ของไอส์เล็ทเซลล์ และมีขนาดเล็กกว่าแอลฟาเซลล์ เบต้าเซลล์เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนอินซูลิน
3. เดลต้าเซลล์ (Delta cell) มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของไอส์เล็ทเซลล์ ทำหน้าที่ผลิตโซมาโต-สแตติน (Somatostain) ซึ่งยับยั้งการหลั่งทั้งกลูคากอนและอินซูลิน

โครงสร้างของอินซูลินเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยสายโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) 2 สาย ที่มี C – peptideเป็นตัวเชื่อมให้เป็นสายเดียวกัน ในระหว่างสายทั้งสองนี้จะมีพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide - S - S) เป็นตัวเชื่อม อินซูลินที่ถูกสร้างขึ้นในเบต้าเซลล์ของตับอ่อนนี้ครั้งแรกจะสร้างโพลีเปปไทด์เพียงสายเดียวเรียกว่า โปรอินซูลิน (Proinsulin) ประกอบด้วยกรดอะมิโน 81 ตัวและยังไม่สามารถออกฤทธิ์ของอินซูลินได้ โปรอินซูลินจะต้องถูกขับต่อไปยังส่วนที่เรียกว่า กอลไจ แอปปาราตัส (Golgi apparatus) ซึ่งในที่นี้โปรอินซูลินจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นฮอร์โมนอินซูลินที่สมบูรณ์ โดยการสลายเอากรดอะมิโนบางส่วนออกไปส่วนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 51 ตัว ซึ่งมีกรดอะมิโน 2 สายอยู่ด้วยคือ ฮอร์โมนอินซูลิน จะถูกเก็บไว้ในเซลล์และขับออกจากเซลล์เข้ากระแสโลหิตเพื่อทำหน้าที่ต่อไป



ภาพที่ 2 โครงสร้างของโปรอินซูลินและอินซูลินตามลำดับ

ที่มา : http://www.rpi.edu (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ที่สำคัญของฮอร์โมนอินซูลิน คือ ควบคุมน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติและอินซูลินยังมีหน้าที่ในการเสริมสร้างร่างกายดังนี้

1 . เป็นตัวนำกลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน เข้าสู่เซลล์เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงาน และใช้ในการเสริมสร้างเซลล์ต่างๆ เพื่อการเติบโตและการดำรงชีวิต

2 . ช่วยให้มีการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไกลโคเจน เรียกว่า ไกลโคเจเนซีส (Glycogenesis) เก็บสำรองไว้ในตับและกล้ามเนื้อ

3 . ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ไขมันจากกลูโคส เรียกว่า ไลโปเจเนซีส (Lipogenesis) และเก็บสำรองไว้ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย

4 . ช่วยให้มีการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกาย

5 . ช่วยยับยั้งการสลายของโปรตีนและไขมันในร่างกาย

6 . ช่วยเร่งให้เซลล์ต่างๆ ใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้มากขึ้น

7 . ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในวิถีไกลโคไลซิส (Glycolysis) เช่น กลูโคไคเนส (Glucokinase)

บทบาทของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมในร่างกาย

1 . ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท อินซูลินช่วยในการทำงานของคาร์โบไฮเดรทเมตาบอลิซึม ดังนี้

- ช่วยให้เซลล์กล้ามเนื้อและตับรับเอากลูโคสไว้ได้มากขึ้น
- ช่วยให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง
- ช่วยให้มีการสังเคราะห์ไกลโคเจนในตับ
- ช่วยเร่งปฏิกิริยาไกลโคไลซิส
- ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ กลูโคไคเนส

2 . ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของไขมัน อินซูลินช่วยในการทำงานของไขมันเมตาบอลิซึม ดังนี้

- เป็นตัวนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน
- ช่วยให้มีการสร้างไขมันสะสมจากกลูโคส
- ช่วยในการสังเคราะห์ไขมันในร่างกาย
- ป้องกันการสลายไขมันสะสมเป็นกรดไขมันและกลีเซรอล
- เร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลโปโปตีน ไลเปส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการขนย้ายไตรกลีเซอไรด์ออกจากกระแสเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสัมพันธ์ของอินซูลินต่อเมตาบอลิซึมของโปรตีน อินซูลินช่วยในการทำงานของโปรตีนเมตาบอลิซึม ดังนี้

- ช่วยให้เซลล์ต่างๆ รับเอากรดอะมิโนไว้ใช้เสริมสร้างร่างกาย
- ช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน
- ช่วยยับยั้งการเปลี่ยนโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นกลูโคส

สรุปการทำงานในส่วนต่างๆ ของร่างกายเมื่อร่างกายขาดอินซูลินหรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้

กล้ามเนื้อ จะใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้น้อยลง จึงมีการสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อและเปลี่ยนเป็นกลูโคสเพิ่มขึ้นทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงและกล้ามเนื้อเหี่ยวลีบลง เซลล์ไขมันเมื่อขาดอินซูลินหรืออินซูลินออกฤทธิ์ไม่ได้กลูโคสไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ไขมันได้ ทำให้ร่างกายไม่สามารถสร้างไขมันสะสมจากกลูโคสและจากกรดไขมันได้ ทั้งยังมีการสลายเนื้อเยื่อไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลเพื่อใช้เป็นพลังงานอีกด้วย ระดับไขมันในเลือดจึงสูงขึ้นและน้ำหนักผู้ป่วยลดลง

ตับ เมื่อร่างกายขาดอินซูลิน ตับจะไม่สามารถเปลี่ยนกลูโคสเป็นไกลโคเจนและไขมันสะสมเพื่อใช้เป็นพลังงานสำรองได้ ทั้งยังมีการสลายไกลโคเจนในตับเป็นกลูโคสและมีการสร้างกลูโคสจากไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้นเพื่อใช้เป็นพลังงานระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น นอกจากนี้การขาดอินซูลินยังทำให้เซลล์ต่างๆ ไม่สามารถใช้กลูโคสเป็นพลังงานได้ ไขมันจึงถูกนำมาใช้แทนซึ่งการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานมากๆ จะเกิดสารคีโตนในตับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเนื้อเยื่อต่างๆ ไม่สามารถใช้ได้ทัน จึงเกิดสารคีโตนสะสมมากในเลือดและเกิดภาวะความเป็นกรดขึ้น ผู้ป่วยอาจหมดสติหรือตายได้

ดังนั้นจะเห็นว่าการขาดอินซูลินมิได้กระทบกระเทือนแต่การทำงานของคาร์โบไฮเดรทในร่างกายเท่านั่น แต่จะมีผลถึงการทำงานของไขมันและโปรตีนในร่างกายด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าโรคเบาหวานมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของร่างกายทุกระบบ ทำให้เซลล์ต่างๆเสื่อมโทรมเร็วกว่าปกติและถ้าละเลยมิได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้องก็จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ง่าย(วลัย, 2528)

2.6 ไกลซิมิก อินเด็กซ์ (Glycemic index, GI)

คือ ดัชนีที่บ่งให้ทราบว่าคาร์โบไฮเดรทในอาหารไม่ว่าจากผัก ผลไม้ เครื่องดื่มหรืออาหารสำเร็จจะมีการกระตุ้นการตอบสนองของอินซูลิน (Insulin Respones) และส่งผลให้อาหารเปลี่ยนเป็นกลูโคสในเลือดได้เร็วหรือช้าอย่างไร ซึ่งถ้ารับประทานแล้วเกิดเป็นกลูโคสในเลือดอย่างรวดเร็วอาหารนั้นจัดเป็นอาหารประเภทที่มี GI สูง แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นกลูโคสอย่างช้าๆอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจะอยู่ในประเภท GI ต่ำ ทั้งนี้อาศัยการเปรียบเทียบกับกลูโคสบริสุทธ์ที่ใช้เป็นตัวคุมเปรียบเทียบการทดลอง ผู้เป็นเบาหวานหากรับประทานอาหารที่มี GI สูงจะทำให้เกิดสภาวะน้ำตาลคั่งในเลือดและมีระดับสูงเกินกว่าจะควบคุมได้ ในทำนองตรงข้ามถ้าผู้ป่วยเบาหวานรู้จักเลือกรับประทานอาหารประเภท GI ต่ำจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสามารถควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ และยังทำให้รับประทานได้อย่างพอเพียงกับความต้องการของร่างกาย ส่งผลให้สุขภาพดีและโรคเบาหวานไม่ทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนอื่นๆ ความสำคัญของการตรวจวัด GI ในผัก ผลไม้ เครื่องดื่ม อาหารว่าง อาหารผสมสำเร็จ จึงเป็นทางเลือกสำคัญในปัจจุบันสำหรับการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งในต่างประเทศทั้งสหรัฐอเมริกา แคนาดาและประเทศในทวีปยุโรปหลายประเทศตลอดจนประเทศออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ได้มีการศึกษาวิจัยในเรื่อง GI กันอย่างกว้างขวางจนกระทั่งถึงกับมีการจัดตั้งเป็นองค์กรเพื่อการศึกษาด้านนี้โดยตรง เช่น Glycemic Index Research Institute วอชิงตัน ดี ซี ประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Glycemic Index แห่งประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น ในปัจจุบันสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกายังอยู่ในระหว่างการรณรงค์ เพื่อให้มีการบังคับการออกกฎหมายให้ระบุค่า GI ไว้บนภาชนะบรรจุอาหาร และเครื่องดื่มอีกด้วย คาดว่าในอนาคตอันใกล้ อุตสาหกรรมอาหารเพื่อส่งออกของประเทศไทยอาจมีความจำเป็นต้องใช้ค่าGI ประกอบการบรรจุหีบห่อเพื่อให้สอดคล้องกับความสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจ (เรียม และคณะ, 2543)

2.7 ค่าดัชนีกลูโคส (GI) และค่าการตอบสนองของอินซูลิน (Insulin response : IR)

อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทมีการสลายเป็นกลูโคสในเลือดในเวลาแตกต่างกัน อาหารที่ย่อยสลายเป็นกลูโคสในเลือดอย่างรวดเร็วเรียกอาหารประเภทนี้ว่า อาหารที่มีค่า GI สูง ซึ่งจะทำให้เกิดการกระตุ้น IR สูง เช่น ข้าวขัดสี มันฝรั่ง กล้วยหอม แครอท เป็นต้น ในทำนองตรงข้ามอาหารที่มีการหน่วงเหนี่ยวการย่อยสลายเป็นกลูโคสในเลือดได้อย่างช้าๆ เรียกว่า อาหาร GI ต่ำ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน เช่น ข้าวสาลีกล้อง ข้าวบาร์เลย์ แอปเปิล เป็นต้น ส่งผลให้มีการกระตุ้น IR ต่ำเช่นกัน (Wolever, 1990)

อาหารที่รับประทานเข้าไปถ้าใช้เวลาสั้นในการย่อยสลายเป็นกลูโคส จัดเป็นอาหารที่มีค่าGI สูง และจะทำให้ IR สูงด้วย

อาหารที่รับประทานเข้าไปถ้าใช้เวลานานในการย่อยสลายเป็นกลูโคส จัดเป็นอาหารที่มีค่าGI ต่ำ และจะทำให้ IR ต่ำด้วย

ในกรณีของคนปกติที่รับประทานอาหาร GI สูงร่างกายไม่มีข้อบกพร่องของการผลิตอินซูลิน กลูโคสที่สูงในเลือดจะเกิดขึ้นชั่วครู่ จากนั้นอินซูลินจะนำพาเข้าเซลล์เพื่อเผาผลาญต่อไปให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงาน แต่ในกรณีของผู้ป่วยเบาหวานเซลล์ไม่สามารถรับกลูโคสได้ ทำให้กลูโคสคั่งสูงในเลือด ทำให้เกิดสภาวะ Hyperglycemia และมีการกระตุ้น IR อย่างรุนแรง ปฏิกิริยาที่ติดตามมา คือ อินซูลินจะทำงานอย่างหนัก และในที่สุดกลูโคสจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เกิดสภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำเกินไปหรือเรียกว่า Hypoglycemia ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของตับให้หลั่งอะดรีนาลิน (Adrenalin) เพื่อปลดปล่อยไกลโคเจนให้สลายกลูโคสออกจากตับ เพื่อชดเชยปริมาณกลูโคสในเลือด สภาวะเช่นนี้ทำให้ผู้ป่วยเกิดการใจสั่น ง่วงผิดปกติ มือเท้าอ่อนเปลี้ย หน้ามืด และถ้ารุนแรงอาจเกิดอาการเป็นลมหมดสติ อัมพาต หรือถึงแก่ชีวิตได้ อาการเช่นนี้ต้องรีบแก้ไขให้ทันท่วงที โดยการรับประทานน้ำตาลที่ให้ GI สูงเพื่อให้กลูโคสในเลือดมีปริมาณสูงขึ้นแต่ข้อเสียในเหตุการณ์เช่นนี้คือหลังจากรับประทาน GI สูงแล้วจะเกิดการกระตุ้น IR สูงอีกเช่นกัน ในที่สุดปฏิกิริยา Hyperglycemia และ Hypoglycemia จะเกิดขึ้นอีกสลับไปมาเช่นนี้ เพราะสาเหตุคือระดับน้ำตาลในเลือดสูงและต่ำแกว่งไปมายากแก่การควบคุม ส่งผลให้เกิดอาการไม่สบายมีผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่สม่ำเสมออยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการที่ได้ผลที่สุดในผู้ป่วยเบาหวาน(Fontvielle และคณะ, 1992) ทั้งนี้อาศัยค่าของ GIโดยเลือกรับประทานอาหารที่มีค่า GI ต่ำ เพื่อวางแผนการรับประทานอาหารต่อไปนี้ คือ

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

2.8 การย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไดแซกคาไรด์(disaccharide) ได้แก่ ซูโครส (sucrose) ในรูปของน้ำตาล แลคโตส (lactose) ในรูปของนม และโพลีแซกคาไรด์ (polysaccharide) ได้แก่พวกแป้งและข้าว นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรทในรูปอื่นๆ ก็จะมี อัลกอฮอล์ แลคติต เอซิด, ไกลโคเจน , เพคติน , เด็กซ์ตริน , ไพรูวิค แอซิด และเซลลูโลส เนื่องจากคนไม่มีเอนไซม์ที่ใช้ย่อยเซลลูโลส ดังนั้นเซลลูโลสจะถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ

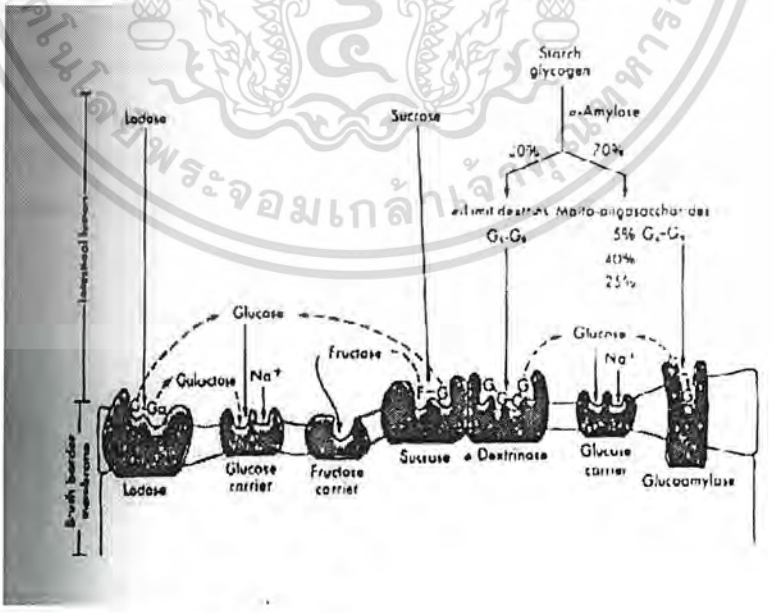
เมื่ออาหารเข้ามาในปากการเคี้ยวจะทำให้อาหารคลุกเคล้ากับน้ำลาย ซึ่งมีน้ำย่อยอาหาร Salivary amylase น้ำย่อยนี้จะช่วยย่อยอาหารพวกแป้งให้เป็น ไดแซกคาไรด์ (มอลโตส) และไตรแซกคาไรด์ เนื่องจากอาหารอยู่ในปากในระยะเวลาอันสั้น ทำให้การย่อยเกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 3 - 4 % อย่างไรก็ตามเมื่ออาหารตกมาถึงกระเพาะอาหาร ก่อนที่อาหารจะคลุกเคล้ากับน้ำย่อยอาหารจากกระเพาะอาหาร ซึ่งจะทำให้อาหารค่อนข้างเป็นกรดและจะไปยับยั้งการทำงานของ Salivary amylase การย่อยอาหารของ Salivary amylase ก็จะดำเนินต่อไปได้อีกประมาณ 30 - 40 % จากนั้นอาหารพวกคาร์โบไฮเดรทก็จะย่อยต่อเมื่อถึงลำไส้เล็กส่วนต้นโดย Pancreatic amylase น้ำย่อยจากตับอ่อนโดยใช้เวลาเพียง 15 - 30 นาที เมื่ออาหารเข้ามาและคลุกเคล้ากับน้ำย่อยแล้ว มาถึงตอนนี้คาร์โบไฮเดรทจะถูกย่อยเป็นมอลโตสและโพลีเมอร์ (polymers) ของกลูโคส ซึ่งมีกลูโคสประมาณ 3 - 9 ตัว จากนั้นจึงถูกย่อยต่อให้เป็นโมโนแซกคาไรด์ (mono- saccharides) โดยเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์เยื่อบุของลำไส้เล็กมีเอนไซม์แลคเตส , ซูเครส , มอลเตส และแอลฟา-เด็กซ์ตริน (alpha dextrins) พวกนี้จะอยู่ในเยื่อของไมโครวิลไล (microvilli) ของเซลล์เยื่อบุ การย่อยจะเกิดขึ้นดังนี้

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

เมื่ออาหารพวกคาร์โบไฮเดรทถูกน้ำย่อยจากลำไส้เล็กเปลี่ยนเป็นโมโนแซกคาไรด์ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่บริเวณดูโอดีนัม (duodenum) และเจจูนัม (jejunum) การดูดซึมโมโนแซกคาไรด์แต่ละตัว จะมีวิธีการที่แตกต่างกันแต่เมื่อดูดซึมเข้าสู่ทางเส้นเลือดฝอยแล้ว จะไปยังตับแล้วไปที่หัวใจก่อนกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนอีกครั้ง



ภาพที่ 3 แสดงการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรท

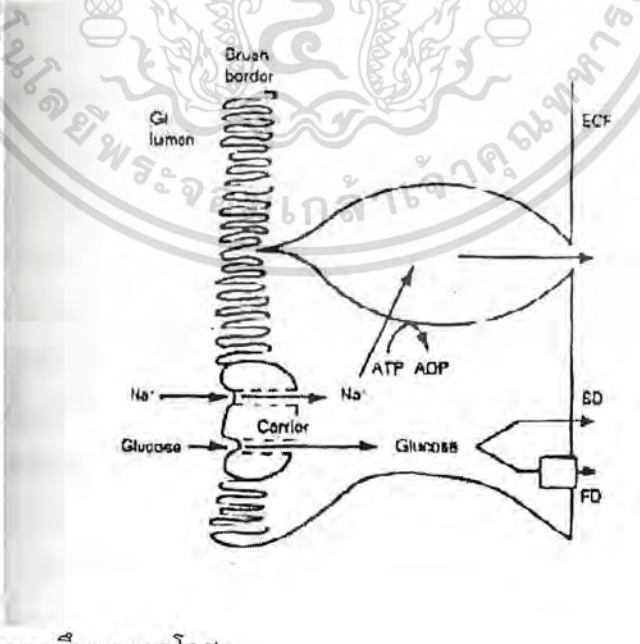
ที่มา : ชุมพล และคณะ, 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.9 การดูดซึมของกลูโคส

กลูโคสจะใช้กระบวนการดูดซึมโดยอาศัยโซเดียมในลำไส้เล็กเรียกการดูดซึมนี้ว่า Sodium co-transport of glucose หรือ secondary active transport of glucose กลไกการดูดซึมนี้จะต้องอาศัยตัวพา (carrier) ซึ่งเป็น integral membran protein ใน brush border ของเซลล์เยื่อบุลำไส้เล็ก โดยที่กลูโคสและโซเดียมจะจับกับตัวพาแล้วอาศัยความเข้มข้นของโซเดียมที่อยู่ภายนอกเซลล์ซึ่งสูงกว่าภายในเซลล์เคลื่อนที่เข้ามาภายในเซลล์ เมื่อตัวพามาถึงส่วนในของเมมเบรนความสามารถในการจับ (binding affinity) กับกลูโคสและโซเดียมลดลง ทั้งกลูโคสและโซเดียมก็จะถูกปล่อยออกจากตัวพา กลูโคสก็จะแพร่กระจายไปทางด้านหลังของเซลล์และเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ด้วย 3 วิธี คือ กลับเข้ามาในลำไส้เล็กโดยอาศัยตัวพาเช่นเดิมอีก 15% และอีก25 %เคลื่อนที่ออกทางด้านหลังของเซลล์แบบ passive diffusion และทางด้านข้างของเซลล์โดยอาศัยตัวพาอีก 60 % โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับโซเดียม ส่วนโซเดียมนั้นจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ด้วยขบวนการ active transport ซึ่งต้องอาศัยพลังงานที่เกิดจากการไฮโดรไลส์(hydrolyse)ของATPด้วยเอนไซม์โซเดียม -โปตัสเซียม เอทีพีเอส (Na-K ATPase) การเคลื่อนที่ของโซเดียมออกจากเซลล์จะมีการแลกเปลี่ยนกับโปแตสเซียมด้วย การดูดซึมของกลูโคสจึงไปแย่งที่กลูโคสในการจับกับตัวพา นอกจากนี้การยับยั้งการเคลื่อนที่ของโซเดียมออกจากเซลล์โดย dinitrophenol และ ouabain ซึ่งเป็นเมตาบอลิก อินฮิบิเตอร์ (metabolic inhibitor)จะไปยับยั้งโซเดียม (sodium pump) ทำให้โซเดียมเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ไม่ได้ ทำให้ความเข้มข้นของโซเดียมภายในเซลล์สูงขึ้น ก็จะมีผลลดการดูดซึมของกลูโคสและโซเดียมเข้ามาภายในเซลล์



ภาพที่ 4 แสดงการดูดซึมของกลูโคส

ที่มา : ชุมพลและคณะ, 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
47307

2.10 การดูดซึมของกาแลคโทส (galactose)

จะใช้กระบวนการดูดซึมแบบเดียวกับกลูโคสเป็นแบบ secondary active ซึ่งกาแลคโทสจะมีความสามารถในการจับกับตัวพาได้ดีกว่ากลูโคส

2.11 การดูดซึมของฟรุคโตส (fructose)

การดูดซึมของฟรุคโตสเป็นแบบ ฟาซิลิเทต ดิฟฟิวชั่น (facilitate diffusion) และอาศัยตัวพาโดยเฉพาะของฟรุคโตส การดูดซึมผ่านเข้ามาในเซลล์เยื่อบุอาศัยความเข้มข้นของฟรุคโตสทางด้านนอกซึ่งสูงกว่าผลักตัวพามาด้านในของเซลล์แล้วบางส่วนจะแพร่เข้ามาสู่เส้นเลือดและมีบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสภายในเซลล์แล้วจึงแพร่เข้าสู่เส้นเลือด

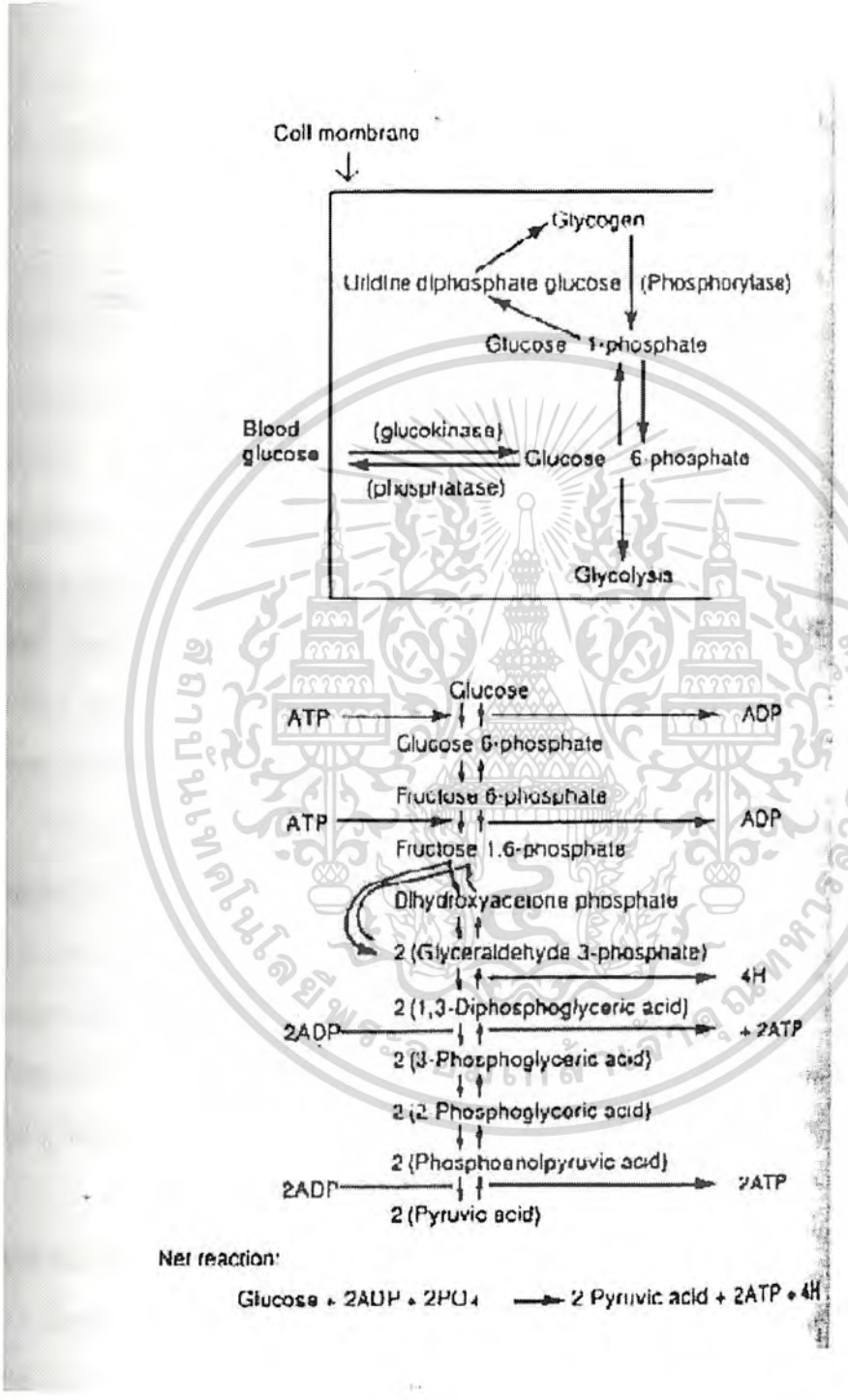
โมโนแซกคาไรด์ที่ถูกดูดซึมได้เร็วที่สุดคือกาแลคโตสและตามด้วยกลูโคส ซึ่งดูดซึมแบบแอกทีฟ ทรานสปอตส์ (active transport) ส่วนฟรุคโตสดูดซึมได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของกลูโคสเนื่องจากการดูดซึมเป็นแบบ ฟาซิลิเทต ดิฟฟิวชั่น ส่วนพวกที่ดูดซึมแบบ ซิมเพิล ดิฟฟิวชั่น (simple diffusion) จะถูกดูดซึมด้วยอัตราที่ช้ากว่าฟรุคโตส

2.12 เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรทที่เรารับประทานเข้าไปได้แก่ พวกแป้ง น้ำตาล นม การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรทเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเฮกโซส(hexoses)ได้แก่ กาแลคโตส ฟรุคโตสและกลูโคส ซึ่งเมื่อกลูโคสเข้าไปในเซลล์โดยวิถีแอกทีฟทรานสปอต (activetransport) แล้วจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส-6-ฟอสเฟตโดยATPและเอนไซม์เฮกโซไคเนส (hexokinase) ถ้าเป็นเซลล์ของตับเอนไซม์ที่ช่วยคะตะลิส (catalysed) จะเป็นกลูโคไคเนส (glucokinase) เมื่อระดับกลูโคสในเลือดสูงหรือมีมากพอที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์แล้วกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนเก็บไว้โดยขบวนการไกลโคจีนีซีส(glycogenesis) ซึ่งไกลโคเจนจะถูกเก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่

กลูโคสเมื่อถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส - 6 - ฟอสเฟต แล้วจะถูกเปลี่ยนต่อไปอีกเป็นไพรูวิก แอซิด (pyruvic acid)โดยขบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งทั้งหมดนี้เกิดขึ้นนอกไมโตคอนเดรีย เมื่อได้ไพรูเวตแล้วไพรูเวตจะเข้าไปในไมโตคอนเดรียแล้วถูกเมตาบอไลส์ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งต้องอาศัยออกซิเจนด้วย ถ้าไม่มีออกซิเจนไพรูวิก แอซิดจะถูกเปลี่ยนเป็นแลคติค แอซิด (lactic acid) และแลคติค แอซิดก็จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นไพรูวิก แอซิด เมื่อมีออกซิเจนไพรูวิกก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซติล โค เอ (acetyl CoA) แล้วเข้าสู่ วัฏจักร ซิตริกแอซิด (citric acid cycle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

ที่มา : ชุมพล และคณะ, 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การย่อย การดูดซึมของโปรตีน

โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการใช้ในการสร้างสารที่จำเป็นต่อโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกาย ซึ่งไม่สามารถทดแทนได้ด้วยไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่แล้วอาหารจำพวกโปรตีนได้จากเนื้อสัตว์ต่างๆ นม ไข่ อาหารจำพวกพืชก็มีโปรตีนเช่นกันแต่จะมีกรดอะมิโนสัดส่วนที่แตกต่างจากพวกเนื้อสัตว์ เป็นต้น

โปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายๆตัวเชื่อมกันด้วยพันธะเปปไทด์ ชนิดของโปรตีนขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงตัวของกรดอะมิโน โปรตีนถูกย่อยโดยเอนไซม์เปปซิน(pepsin) ในกระเพาะอาหารซึ่งเปปซินจะทำหน้าที่ย่อยคอลลาเจน (collagen) ซึ่งจะทำให้น้ำย่อยอาหารเข้าไปย่อยโปรตีนได้ เมื่ออาหารพวกโปรตีนผ่านจากกระเพาะอาหารเข้าไปในลำไส้เล็ก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโปรติเอส , เปปโตน และโพลีเปปไทด์ จากนั้นจะถูกย่อยต่อโดยน้ำย่อยจากตับอ่อน คือทริปซิน , ไคโมทริปซิน และ คาร์บอกซีโพลีเปปทิเดส เป็น โพลีเปปไทด์และกรดอะมิโน Large polypeptide จะถูกย่อยต่อโดยเอนไซม์เปปติเดส ที่อยู่ภายในไซโตพลาซึมของเซลล์เยื่อบุลำไส้เล็ก ดังนั้นประมาณ 90 % ของโปรตีนที่ถูกย่อยแล้วจะถูกดูดซึมในรูปของกรดอะมิโน ส่วนน้อยที่ถูกดูดซึมในรูปของเปปไทด์เล็กๆ และจะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ทางเส้นเลือด

การดูดซึมของโปรตีนผ่านผนังของลำไส้เล็กส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไดเปปไทด์,ไตรเปปไทด์และกรดอะมิโน การดูดซึมของกรดอะมิโนและ เปปไทด์จะเป็นแบบแอกทีฟทรานสปอต (active transport)โดยอาศัยตัวพาแบบจำเพาะและโซเดียมที่เรียกว่า co transport หรือ secondary active transport ของกรดอะมิโน หรือเปปไทด์ เช่นเดียวกับการดูดซึมของกลูโคสแต่กรดอะมิโนบางตัวก็ถูกดูดซึมแบบ simple diffusion การดูดซึมของโปรตีนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณดูโอดีนัม และเจจูนัม(ชุมพลและคณะ, 2539)

2.14 ความสัมพันธ์ของประเภทอาหารกับโรคเบาหวาน

โภชนาการมีความสำคัญต่อโรคเบาหวานมาก ภาวะโภชนาการที่ดีจะช่วยป้องกันและควบคุมโรคเบาหวานได้

1 . ประเภทของคาร์โบไฮเดรตที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

1.1 คาร์โบไฮเดรตจำพวกน้ำตาล (Refined Carbohydrate) ได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยให้อาการของโรคเบาหวานแสดงออกได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะในผู้ที่มีกรรมพันธุ์ของโรคเบาหวานอยู่แล้ว แต่ไม่สามารถกำหนดลงไปแน่นอนได้ว่าน้ำตาลเป็นเหตุหรือเป็นผล ทั้งนี้เพราะการกินน้ำตาลมากๆทำให้ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นและเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคอ้วน ซึ่งเป็นที่ทราบกันแล้วว่า โรคอ้วนเป็นสาเหตุที่สำคัญของโรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังมีการพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านอื่นๆร่วมกับการบริโภคอาหารอื่นเพิ่มขึ้น เช่น มีการออกกำลังกายน้อยลง และกินไขมันมากขึ้น จึงเป็นการยากที่จะกำหนดว่าการกินน้ำตาลมากอย่างเดียวเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรคเบาหวาน นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับชนิดของน้ำตาลที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกือบทั้งหมดลงความเห็นว่า น้ำตาลกลูโคสมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นได้มากกว่าน้ำตาล ฟรุคโตส ซูโครส และคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้ง ดังนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานทั้งชนิดที่จำเป็นต้องใช้อินซูลินและไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลิน ต้องจำกัดการกินอาหารที่มีกลูโคสมาก รวมทั้งจำกัดการกินน้ำตาลซูโครสด้วย เพราะน้ำตาลซูโครสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกลูโคสและฟรุคโตสได้ในร่างกาย ส่วนฟรุคโตสนั้นเมื่อเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเลือดสูงได้เช่นกัน

1.2 คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่น้ำตาล (Non sugar Carbohydrate) หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่ซับซ้อน ไม่มีรสหวาน ได้แก่ ข้าวและแป้งต่างๆ ข้าวและแป้งเหล่านี้สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสในร่างกายได้ แต่การกินข้าวและอาหารจำพวกแป้งจะไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วเหมือนการกินน้ำตาลกลูโคสและซูโครส การศึกษาวิจัยต่างๆได้แสดงให้เห็นว่าการกินแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่เท่ากัน น้ำตาลจะทำให้ระดับกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดสูงมากกว่าการกินอาหารจำพวกแป้ง และยังมีรายงานอีกว่าอาหารที่มีข้าวหรือแป้งมากไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ถ้าพลังงานที่ได้รับเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย

1.3 ใยอาหาร (Dietary fiber) เป็นส่วนของพืชที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ จัดอยู่ในจำพวกคาร์โบไฮเดรตได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิคนิน ปัจจุบันใยอาหารกำลังเป็นที่น่าสนใจของคนทั่วไปมาก เนื่องจากการศึกษาทางระบาดวิทยารายงานว่า โรคเบาหวานและโรคอ้วนพบมากในประเทศที่กินอาหารที่มีใยอาหารน้อย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล ข้าว และแป้งที่ขัดสีจนขาว มีการพบว่า การกินข้าวจะทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดเพิ่มน้อยกว่าการกินมันฝรั่ง ทั้งนี้เพราะในข้าวมีใยอาหารมากกว่าโดยเฉพาะข้าวที่ยังไม่ได้ขัดสี ยังมีรายงานว่าสารที่มีในถั่ว ได้แก่ เพคติน กัม พบว่าช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้ อาหารที่มีใยอาหารมากจะช่วยให้ระดับกลูโคสและระดับอินซูลินในเลือดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งในคนปกติและผู้ป่วยโรคเบาหวาน

การที่ใยอาหารช่วยลดระดับกลูโคสในเลือดได้นี้ เชื่อว่าเป็นเพราะใยอาหารซึ่งมีส่วนประกอบของเพคติน กัม เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้เส้นใยพองตัว มีลักษณะเป็นวุ้นในระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีความหนืด ช่วยให้น้ำตาลกลูโคสถูกดูดซึมได้ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ใยอาหารยังมีฤทธิ์ในการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนหลายชนิดในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งอาจมีผลต่อการหลั่งอินซูลินด้วย

2 . ประเภทของไขมันที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานมีโอกาสเป็นโรคหลอดเลือดแข็งและโรคหัวใจขาดเลือดได้มากกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรคเบาหวาน 2.5 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากผู้ป่วยโรคเบาหวานมักมีระดับคลอเรสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ซึ่งเป็นผลมาจากการควบคุมโรคเบาหวานไม่ถูกต้อง มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงและการที่ผู้ป่วยกินอาหารที่มีคลอเรสเตอรอลมากและกินไขมันอิ่มตัว เช่น ไขมันสัตว์ น้ำมันมะพร้าว หรือ กะทิ ทำให้ระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การกินคาร์โบไฮเดรตจำพวกน้ำตาลซูโครสมาก ทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกับการกินไขมัน

3 . ปริมาณของพลังงานที่มีผลต่อโรคเบาหวาน

จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อวันมีผลต่อการเกิดโรคเบาหวานมากกว่าการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน(ธารดาว, 2544)

2.15 เยลลี่

เยลลี่หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากน้ำผลไม้ผสมกับสารให้ความหวานกรดอินทรีย์และเพคตินโดยที่ไม่มีเนื้อผลไม้เจือปน เคี่ยวกันจนกระทั่งถึงจุดความเข้มข้นที่ต้องการและเมื่อเย็นจะแข็งตัวเป็นวุ้น เยลลี่มีลักษณะคล้ายแยม แต่มีข้อแตกต่างกัน คือ เยลลี่ทำจากน้ำผลไม้ ส่วนแยมทำจากส่วนที่กินได้ของผลไม้ทั้งหมดนอกจากนี้เยลลี่จะมีสภาพเป็นเจล (gel) และคงตัวมากกว่าแยม ลักษณะที่ดีของเยลลี่ คือ ต้องมีสีสดใสตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและสีที่ได้ต้องไม่คล้ำอยู่ตัว มีโครงร่างเป็นเจลซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของคอลลอยด์ (colloids) มีความนุ่มไม่เหนียวหนืด สามารถตัดออกได้ง่ายด้วยช้อนและรอยตัดนั้นจะไม่เปลี่ยนรูป ดังนั้นการผลิตเยลลี่ให้ได้คุณภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดเจลที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด ในการทำเยลลี่ คือ น้ำตาล กรด และเพคติน (มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521; กิตติพงษ์, 2540; ศิริลักษณ์, 2525)

โดยทั่วไปเยลลี่อาจแบ่งตามองค์ประกอบและการบริโภคได้ 2 ประเภท คือ เยลลี่ที่มีลักษณะคล้ายแยม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 68 % มีองค์ประกอบที่เป็นสัดส่วนของน้ำตาล เพคติน และกรดที่เหมาะสมสำหรับการเกิดเจลที่ดี ใช้ประโยชน์เพื่อประกอบอาหารเช่นเดียวกับแยม ส่วนเยลลี่อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า เฟรช เยลลี่ (fresh jelly) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่เกิน 20 % มีลักษณะใส ลื่น แต่ไม่เยิ้ม ใช้ประโยชน์สำหรับบริโภคโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในการทำเยลลี่ ณรงค์ (2538)

1. สารให้ความหวาน (Sweeterner)

สารให้ความหวานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกของสารให้ความหวานสมบูรณ์ คือ มีคุณสมบัติทั่วๆไปของสารให้ความหวาน ซึ่งสามารถใช้ได้โดยตามลำพังของสารเอง กลุ่มที่สอง เป็นสารให้ความหวานที่มีรสชาติไม่ปกติ และไม่สามารถใช้ได้โดยลำพังแต่อาจใช้คุณสมบัติอื่นๆ เช่น คุณสมบัติการส่งเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร สารให้ความหวานที่นิยมและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ได้แก่ น้ำตาลซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต พบในผัก ผลไม้ น้ำผึ้ง นม น้ำตาลที่ใช้เป็นสารให้ความหวานโดยทั่วไป คือ น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรักโตส น้ำตาลซูโครส ได้จากน้ำอ้อยหรือหัวบีทมาทำให้เข้มข้นแล้วตกผลึก และทำให้บริสุทธิ์ แต่ก็ยังมีสารอินทรีย์อื่นๆประมาณ 0.1 % และแร่ธาตุอื่นๆด้วย น้ำตาลซูโครสเป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน หลอมตัวที่อุณหภูมิ 54 ^{o}C มีความสามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์น้อย สามารถละลายในน้ำได้ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิห้อง สารละลายน้ำตาลซูโครสอิ่มตัวจะมีน้ำตาลซูโครส 67.1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัมที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าอุณหภูมิเป็น 100 ^{o}C จะมีน้ำตาลซูโครส 487 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ได้มีการทดลองต้มน้ำผลไม้โดยเติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆกัน พบว่าเมื่อไม่เติมน้ำตาลจะได้เยลลี่ที่มีลักษณะแข็ง สีขุ่นคล้ำ ปริมาณเยลลี่ที่ได้น้อยเมื่อเติมน้ำตาลปริมาณน้อยๆ ปริมาณเยลลี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น สีอ่อนลง เยลลี่สีใสขึ้น และเนื้อสัมผัสอ่อนลง เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลขึ้นอีกจนกระทั่งพอดี จะให้เยลลี่ลักษณะดีตามต้องการ และถ้าเพิ่มปริมาณน้ำตาลต่อไปอีก จะได้ปริมาณเยลลี่มากขึ้น ใสขึ้น แต่จะเหนียวข้นขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณของเยลลี่ที่ได้จะมากขึ้นตามปริมาณน้ำตาล (ศิริลักษณ์, 2525)

2. กรดอินทรีย์ (Acid)

กรดซิตริก ทำหน้าที่ปรับเยลลี่ให้เป็นกรด ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และปรับปรุงลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กรดจะมีผลต่อปุ่มประสาทรับความรู้สึก ทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่นและรสของกรดที่เติมลงไป ช่วยเพิ่มความหวานของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ด้วย นิยมใช้กรดซิตริกกับผลิตภัณฑ์เยลลี่มากกว่ากรดอื่นๆมักใช้ในรูปสารละลาย สามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นเป็นที่ยอมรับและเป็น Chelating agent ที่ประสิทธิภาพสูง (ศิวาพร, 2529)

ในการเกิดเจลพีเอชที่เหมาะสมที่สุดนั้น สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วย เมื่อกรดสูงขึ้นปริมาณน้ำตาลที่ใช้ลดลง ความเป็นกรดของน้ำผลไม้ควรจะเป็น 0.5 – 0.75 % ถ้าความเป็นกรดเกิน 1 % จะทำให้เยลลี่คืนตัวภายหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดซิตริก หรือกรดมะนาวเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งมีชื่อทางเคมีว่า 2 – ไฮดรอกซี – 1,2,3 – โพรเพนไตรคาร์บอกซิลิก เอซิดแยกได้เป็นครั้งแรกจากน้ำมะนาว ในปีค.ศ. 1784 โดยชีลซึ่งน้ำมะนาวมีกรดซิตริกอยู่ 7 – 9 % กรดชนิดนี้พบตามธรรมชาติ โดยเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม มะนาว สับปะรด แพร์ มะเดื่อ และผลไม้อื่นๆ กรดซิตริกที่สกัดจากผลไม้ เรียกว่า กรดซิตริกธรรมชาติ ซึ่งมีการผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศอังกฤษตั้งแต่ปีค.ศ. 1826 เป็นต้นมา โดยผลิตจากแคลเซียมซิเตรทที่ได้จากน้ำมะนาว ต่อมาในปีค.ศ.1880ได้มีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากกลีเซอรอลและจากวัตถุดิบอื่นๆ แต่การสังเคราะห์กรดซิตริกจากวัตถุดิบต่างๆมีข้อเสีย เช่น วัตถุดิบที่ใช้มีราคาแพง หรือวัตถุดิบที่ใช้เป็นอันตรายหรือใช้กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เป็นต้น

ในปีค.ศ. 1893 เวเมอร์ พบว่าเชื้อรา *Penicillium glaucum* สามารถผลิตกรดซิตริกได้เมื่อนำมาเลี้ยงในสารละลายน้ำตาล แต่เชื้อนี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าได้ ต่อมาในปีค.ศ. 1917 เคอร์รี่ ก็พบว่าเชื้อรา *Aspergillus niger* สามารถผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าได้ในปริมาณมากกว่าเชื้อ *Penicillium* และมีการผลิตกรดซิตริกโดยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเป็นการค้าขึ้นครั้งแรกในปีค.ศ. 1923 โดยบริษัท Chas.Pfizer & Co. ในเมืองนิวยอร์ค ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมามีการผลิตกรดซิตริกโดยกระบวนการหมักแบบ surface culture โดยเชื้อรา *Aspergillus niger* ในประเทศต่างๆ เช่น อังกฤษ เบลเยี่ยม เชกโกสโลวาเกียและเยอรมันโดยใช้กากน้ำตาลจากหัวบีทซึ่งเป็นแหล่งน้ำตาลที่ราคาถูก และในสมัยสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการผลิตกรดซิตริกจากเชื้อ *Aspergillus niger* โดยกระบวนการหมักแบบ submerge culture ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ได้แก่ กลูโคสไซรับที่บริสุทธิ์หรือกากน้ำตาลจากอ้อยหรือหัวบีท และในปัจจุบันจะมีการใช้จุลินทรีย์มากกว่า 99 % ในการผลิตกรดซิตริกในระดับอุตสาหกรรม มีโรงงานเพียงไม่กี่แห่งเท่านั้นในประเทศเม็กซิโกและอเมริกาใต้ที่ใช้การแยกกรดซิตริกจากผลไม้

กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นการค้าจะผลิตในรูปปราศจากน้ำหรือโมโนไฮเดรต ซึ่งการผลิตกรดซิตริกในรูปปราศจากน้ำจะได้จากการตกผลึกของสารละลายกรดที่ร้อน ในขณะที่กรดซิตริกในรูปโมโนไฮเดรตจะได้จากการตกผลึกสารละลายกรดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 36.5 ^{o}C กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นทั่วโลกจะใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยใช้ในอุตสาหกรรมอาหารร้อยละ 75 อุตสาหกรรมยาร้อยละ 10 และอุตสาหกรรมอื่นๆร้อยละ 15 ในอุตสาหกรรมอาหารและยามีการใช้กรดซิตริกอย่างกว้างขวางเนื่องจากเป็นสารละลายได้ดีในน้ำและอัลกอฮอล์ มีรสเปรี้ยว กลิ่นหอม มีความเป็นพิษต่ำ ย่อยสลายได้ง่าย ราคาถูก และหาได้ง่าย นอกจากนี้กรดซิตริกยังใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ และอุตสาหกรรมอื่นๆ ประโยชน์ของการใช้กรดซิตริก เกลือและเอสเตอร์ของกรดซิตริกมี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม โดยใช้เป็นส่วนผสมในการทำลูกกวาด ลูกอม ผลไม้-เชื่อม แยม เยลลี่ ผัก-ผลไม้ดอง น้ำหวาน น้ำเชื่อม น้ำอัดลม น้ำผลไม้ ไวน์ อาหารแข็ง อาหารกระป๋อง เนยแข็ง ไอศกรีมและอื่นๆ ซึ่งกรดซิตริกมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มกลิ่นรส ควบคุมความเป็นกรด ลดความฝาด ป้องกันการเปลี่ยนสีและกลิ่นของเครื่องดื่มและอาหารแข็ง ป้องกันการขุ่นของไวน์ เป็นอิมัลซิฟลายเออร์ (emulsifier)ในผลิตภัณฑ์นมต่างๆ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเก็บถนอมอาหารอีกด้วย

2. อุตสาหกรรมยา ใช้เป็นส่วนผสมในการทำยาบางชนิด เป็นสารที่ทำให้เกิดฟองฟู่เมื่อผสมกับคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนต โดยใช้ในการเตรียมยาลดกรดหรือแอสไพรินที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารคงตัว (stabilizer)ในวิตามินซีอีกด้วย การใช้ผสมกับยาในรูปของเกลือหรือเอสเตอร์ของกรดซิตริก

3. อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ ใช้เป็นส่วนผสมของครีมนวดผมและโลชั่น โดยจะควบคุมระดับพีเอชของผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มความแวววาวและความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุกันเสียอีกด้วย

4. อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ใช้ทำความสะอาดโลหะ ล้างสนิมเนื่องจากกรดซิตริกสามารถรวมตัวกับโลหะหนัก เช่น เหล็ก และทองแดงได้เป็นอย่างดี ใช้ผสมกับผงซักฟอกในรูปของไตรโซเดียมซิเตรทแทนการใช้พอลิฟอสเฟตเพื่อช่วยในการทำความสะอาดให้ดีขึ้น ใช้เป็น plasticizer ในแผ่นฟิลม์พลาสติกที่ใช้ห่อหุ้มอาหารในรูปของไตรเอทิล ไตรบิวทิล และอะซีติลไตร-บิวเอสเตอร์ เนื่องจากไม่มีความเป็นพิษ ใช้เป็นส่วนผสมของหมึกพิมพ์ น้ำและสี ใช้เป็น softener ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

นอกจากประโยชน์ต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เกลือของกรดซิตริกยังมีประโยชน์ในทางการแพทย์อีกด้วย เช่น เฟอริกแอมโอเนียซิเตรท ใช้ในการรักษาโรคโลหิตจางหรือการใช้ไตรโซเดียมซิเตรทในการเก็บรักษาเลือด โดยจะป้องกันเลือดไม่ให้เกาะกันเป็นก้อน (ดุษณี, 2537)

กรดทำหน้าที่เพิ่มรสชาติ ให้แก่เยลลี่และเพิ่มประสิทธิภาพความเหนียวและความหยุ่นของร่างแหที่เกิดจากเพคติน ทำให้เพคตินอุ้มสารละลายน้ำตาลได้ดี ถ้ากรดมากเกินไปมีผลเสีย คือ ทำให้ส่วนผสมมีพีเอชต่ำกว่า 3.0 ซึ่งมีผลในการย่อยน้ำตาล 2 โมเลกุลให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เพราะฉะนั้นเยลลี่จะมีลักษณะเหลวแต่ถ้ามีกรดต่ำ คือมีพีเอชมากกว่า 3.2 สภาวะร่างแหที่เกิดจากสารละลายเพคตินก็จะขาดความยืดหยุ่น เยลลี่ที่ได้จึงเหลวและเกิดการตกผลึกของน้ำตาล

น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงกว่าจะทำให้เยลลี่อยู่ตัวกว่าน้ำผลไม้ที่มีกรดต่ำ ทั้งๆที่มีปริมาณเพคตินเท่าๆกัน โดยทั่วไปในผลไม้จะมีกรดรวมกันอยู่หลายชนิด แต่กรดที่ทำให้ได้ผลดีในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำเยลลี่ คือ กรดทาร์ทิก ซึ่งมีมากในองุ่น ลูกเกด มะขาม กรดนี้จะให้ผลดีกว่ากรดซิตริกหรือกรดอะซิติก (เกศกาญจน์, 2531)

พีเอชที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะต้องสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วย เช่น สำหรับน้ำผลไม้ที่มีกรดเพคติน เมื่อกรดสูงใช้น้ำตาลน้อย ความเป็นกรดของน้ำผลไม้ควรจะเป็น 0.5 – 0.75 % ถ้าความเป็นกรดเกินกว่า 1 % จะทำให้เยลลี่คืนตัว (ศิริลักษณ์, 2522)

การควบคุมพีเอชในการทำเยลลี่ อาจทำได้โดยการเติมกรดด่างหรือถ้าทำเป็นอุตสาหกรรมทำได้โดยเติมสารช่วยควบคุมความเป็นกรดด่างที่เรียกว่า บัฟเฟอร์ (buffer) กรดเกลือที่มีอยู่โดยธรรมชาติในผลไม้ เช่น โซเดียมซิเตรท โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เทต จะช่วยควบคุมพีเอชให้คงที่ ถ้าส่วนผสมในการทำเยลลี่ที่มีกรดเพคติน กรดและน้ำตาลน้อยจะใช้แคลเซียมคลอไรด์ช่วยให้เกิดเจลได้

ตารางที่ 1 พีเอชที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาล

พีเอชที่ดีที่สุด	%น้ำตาล
3.0	60
4.0	65
5.0	70

ที่มา : ศิริลัษณ์, 2522

3. เพคติน

เพคตินเป็นส่วนประกอบที่พบในผักและผลไม้ มีส่วนช่วยในเรื่องเกี่ยวกับการคงตัวของพืช ช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของน้ำและของเหลวในพืชช่วงที่มีการเจริญเติบโต หน้าที่ของเพคตินในเซลล์พืช จะคล้ายหน้าที่ของคอลลาเจนซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของเจลาติน The American Chemical Society (1927) ได้ให้คำจำกัดความของเพคตินและกรดเพคติกไว้ดังนี้

เพคติน หมายถึง กรดเพคติกที่มีส่วนประกอบของเมธิล เอสเตอร์ (methyl ester) และ degree of neutralization ในปริมาณที่สามารถจะเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งถ้าขจัดหมู่เมทิลออกไปจนหมด จะได้เป็นกรดเพคติก ซึ่งเพคตินมีคุณสมบัติเป็นสารที่ละลายน้ำได้ (ศศิเกษม , 2535)

กรดเพคติกเป็นส่วนประกอบคอลลอยด์ของกรดกาแลคตูโรนิคที่มีหมู่เมธิล เอสเตอร์อยู่ด้วย กรดเพคติกสามารถเกิดเจลในน้ำกับน้ำตาลและกรด ถ้าอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมได้ และถ้าหากเป็นกรดเพคตินประเภทที่มีหมู่เมทธอกซี (methoxy)อยู่ต่ำ ก็จะสามารถเกิดเจลได้เช่นเดียวกันแต่จะต้องมีไอออนอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการแบ่งประเภทของเพคตินที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. 30 DM (degree of methylation) pectin สำหรับในกรณีที่มีน้ำตาลอยู่ปริมาณน้อย

2. 45 DM pectin หรือ rapid – set pectin ใช้ในกรณีที่ต้องการให้มีการเกิดเจลอย่างรวดเร็ว calcium – precipitable pectin จะเหมาะสมสำหรับการเกิดเจล ที่มีน้ำตาลอยู่สูงหรือ emulsions

3. 60 DM หรือ slow – set pectin ใช้ในกรณีที่มีน้ำตาลปริมาณสูง หรือผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวาน

4. 74 DM จัดเป็น typical rapid – set pectin ที่นิยมใช้ในแยมและเยลลี่

5. higher DMs pectin ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ

นอกจากการแบ่งเพคตินออกเป็น 5 ประเภทตามที่กล่าวแล้ว ยังอาจแบ่งเพคตินออกได้ง่ายๆ เป็น 2 ประเภท คือ

regular pectin หรือเพคตินธรรมดา ซึ่งเวลาเกิดเจลจะต้องอาศัยกรดและน้ำตาลช่วย

low methoxy pectin เพคตินประเภทนี้มี methoxy อยู่ต่ำกว่า 7 % และเวลาเกิดเจลจะต้องอาศัยแคลเซียมช่วยด้วย

สูตรโครงสร้างของเพคติน จะเป็นแบบ complex heterogenous ที่ประกอบด้วย polygalacturonide chains เป็นส่วนใหญ่ และมีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป หมู่คาร์บอกซิลบางหมู่จะถูก esterified ด้วยเมธิล อัลกอฮอล์ (methyl alcohol) และบางหมู่จะถูกทำให้เป็นกลางด้วยแคทไอออน บางหมู่เป็นกรดอิสระ นอกจากเพคตินจะมีความแตกต่างในด้านเกี่ยวกับน้ำหนักโมเลกุลและปริมาณเมทธอกซีแล้ว ยังอาจแตกต่างกันด้วยหมู่เอสเตอร์ (ester) ที่มีอยู่ด้วย และบางครั้งจะมีอะซิเตต (acetate) หรือหมู่อื่นๆจับอยู่ด้วย

ในโมเลกุลของกรดเพคตินประกอบด้วยหน่วยของ D – galacturonic acid ในแบบรูปร่าง pyranose ซึ่งจับกันด้วยพันธะ α - 1,4 glycosidic ในธรรมชาติหมู่คาร์บอกซิลจะถูก methylate ไปเป็นเอสเตอร์ที่เรียกว่า เพคติน และบางส่วนของหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิอาจจะถูก esterified ด้วยกรดอะซิติก ฉะนั้น degree of esterification ในผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงมีการแตกต่างกันมาก

คุณสมบัติของสารประกอบเพคติน เช่น ความสามารถในการละลายน้ำ ความหนืด การตกตะกอน การเกิดเจลและความคงตัว เป็นต้น มักจะเปลี่ยนไปตาม degree of esterification และน้ำหนักโมเลกุลของเพคติน ความสามารถในการละลายของเพคตินจะลดลง เมื่อความยาวของ chain length เพิ่มขึ้นและหมู่เมทธอกซีลดลง ความหนืดของสารละลายเพคตินจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น degree of methylation ความเข้มข้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด – ด่าง เกลือและปริมาณของเกลือ การลดปริมาณความเข้มข้นของเพคตินหรือใช้เพคตินที่มีเกรดต่ำลงมา จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การมี alkaline earth อยู่ในเพคตินชนิด 60 DM หรือต่ำกว่า จะทำให้ความหนืดของสารละลายเพคตินลดลง การมีเกลือแคลเซียมอยู่ก็เช่นกันที่ทำให้ความหนืดของเพคตินเปลี่ยนไปได้ ความหนืดจะเพิ่มขึ้นถึงแม้จะเป็นเพคตินชนิด 75 DM หรือสูงกว่าก็ตาม และความหนืดจะสูงที่สุดที่ความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 8.55 ถึงแม้กรดจะมีกรดเพคตินและน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ การเกิดเจลก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จนกว่าจะมีการปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะด้วย สำหรับเพคตินชนิดที่เป็นประเภท slow – setting ถ้าหากมีเพคตินและน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ จะสามารถเกิดเจลได้ที่ความเป็นกรด – ด่าง 3.0 – 3.4 สำหรับความเป็นกรด – ด่างที่พอเหมาะที่จะทำให้เกิดเจลนั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ degree of methylation และเกลือที่อาจมีอยู่ด้วย

สำหรับเพคตินประเภทที่เป็น low mathoxy pectins นั้น จะต่างกับเพคตินประเภทธรรมดา คือ ไม่ต้องอาศัยน้ำตาลหรือกรดช่วยในการเกิดเจล แต่ divalent metallic cations เช่น แคลเซียม จะมีผลต่อการเกิดเจลมาก ทั้งนี้เนื่องจาก divalent metallic cations สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลทำให้เกิดเป็นร่างแหของเจลขึ้น แต่การเติมน้ำตาลปริมาณน้อยจะช่วยให้ได้เจลที่มีคุณสมบัติดีขึ้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจลของ low methoxy pectins และพบว่าที่อุณหภูมิสูง เจลที่เกิดขึ้นจะมีความคงตัวได้ดีกว่า (Horace, 1997)

สำหรับการใช้เพคตินในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆนั้นที่นิยมใช้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมเยลลี่ต่างๆ โดยใช้ช่วยในการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ส่วนในผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้กระป๋องและน้ำผลไม้กระป๋องนั้น ใช้ช่วยทำให้มีลักษณะข้นและหนืดขึ้น นอกจากนี้ก็มีการใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวานและผลิตภัณฑ์นมต่างๆเป็นต้น ทั้ง Codex Alimentarius Commissions และตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้อนุญาตให้ใช้สารนี้ในอาหารได้ (ศิวาพร, 2529)

เพคตินอาจได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรโตเพคติน โดยเอนไซม์ที่ทำให้ผลไม้สุก คือ โปรโตเพคติเนส (protopectinase) และโดยการต้มให้สลายตัวในกรดเจือจาง ดังนั้นถ้าผลไม้ที่นำมาทำเยลลี่ค่อนข้างดิบ โปรโตเพคติเนสส่วนหนึ่งเปลี่ยนเป็นเพคตินเมื่อผลไม้เริ่มสุกหรือนำไปต้ม ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นเพคตินได้โดยการต้มผลไม้นั้นในกรดซึ่งมีอยู่ในผลไม้เองโดยธรรมชาติ การให้มีส่วนของผลไม้สุกบ้างมีข้อดีที่เยลลี่ที่ได้จะมีสีสวยและกลิ่นรสดี แต่ถ้าผลไม้สุกมากเกินไปสารเพคตินจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดเพคตินมากเกินไป (ดรุณี, 2531)

ในผลไม้จะมีสารพวกเพคตินอยู่มากในขั้นตอนกลาง ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยวและอยู่ตรงผนังเซลล์ โดยทั่วไปเพคตินจะอยู่ตรงส่วนเนื้อผลไม้ไม่ใช่น้ำผลไม้ อย่างไรก็ตามน้ำผลไม้บางอย่างอาจมีเพคตินในปริมาณมากพอ และบางอย่าง เช่น แอปเปิ้ล จะมีเพคตินมากที่แกนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือก ดังนั้นเวลาทำต้องเอาแกนและเปลือกต้มพร้องกับเนื่อผลไม้ด้วยเพื่อสกัดเอาเพคติน ในผลไม้จำพวกส้มจะมีเพคตินอยู่มากในส่วนเนื้อเยื่อสีขาวถัดจากเปลือก

ผลไม้จะมีปริมาณเพคตินและความเป็นกรดต่างกัน ผลไม้เพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีเพคตินและกรดเพียงพอที่จะทำให้เยลลี่ได้ผลดี ผลไม้บางชนิดจะมีเพคตินมากแต่กรดน้อยและบางชนิดก็มีกลับกัน อาจแยกพวกผลไม้โดยถือเพคตินและกรดเป็นหลักได้ 4 พวก ถ้าผลไม้ขาดเพคตินเวลาจะนำมาทำอาจใช้ร่วมกับผลไม้ที่มีเพคตินมาก หรืออาจใช้เพคตินผงช่วย น้ำผลไม้ที่มีกรดน้อยอาจใช้วิธีเติมกรดลงไปช่วยได้แต่ให้ได้ผลดียาก เพราะทดลองดูความเป็นกรดที่ดีที่สุดได้ยากสลับซับซ้อนกว่าการทดสอบเพคติน ผลไม้ที่เหมาะสมโดยธรรมชาติเพื่อทำเยลลี่ได้แก่ แอปเปิ้ลชนิดเปรี้ยว องุ่น ลูกหม่อน มะกอกฝรั่ง มะดัน มะม่วงเปรี้ยว ฝรั่งรสเปรี้ยว เป็นต้น ผลไม้ที่เหมาะสมนี้ก็ยังมีความแตกต่างกันตามความสุกดิบและตามฤดูกาล ผลไม้ห่ามหรือแก่เต็มที่จะมีเพคตินมากที่สุด ผลไม้ในฤดูฝนมักจะให้น้ำผลไม้มากที่สุด

เพคตินมีคุณสมบัติคือ ไม่มีกลิ่นและรส เมื่อเติมเพคตินลงในเยลลี่จึงไม่ทำให้เกิดกลิ่นและรสของเยลลี่เปลี่ยนแปลงไป

เพคตินผง เพคตินผงทำจากเปลือกและแกนของผลไม้ที่เหลือจากการบรรจุกระป๋อง เช่น แอปเปิ้ล เพคตินจากผลไม้จำพวกส้ม ได้มาจากส่วนเยื่อขาวติดเปลือกของมะนาว มีทำกันทั้งในรูปของเหลวและเป็นผง แต่เนื่องจากเพคตินเหลวเมื่อเปิดใช้แล้วจะเสื่อมคุณภาพได้ง่ายจึงต้องใช้ทันทีเก็บรักษาได้ไม่นาน ส่วนเพคตินผงอยู่ในรูปของแข็งเมื่อเปิดใช้แล้วยังคงเก็บรักษาไว้ได้นาน เพคตินผงนี้จะไม่มีรสชาติแรงที่จะไปกลบรสชาติผลไม้ที่จะนำไปใช้ด้วย (จงกลรัตน์ , 2539)

เพคตินที่มีขายเป็นแบบที่ต้องใช้ร่วมกับน้ำตาลมาก (high sugar pectin) ต้องใช้น้ำตาล 50 – 65 % จึงจะจับตัวเป็นวุ้นได้ ปัจจุบันมีการผลิตเพคตินที่ใช้ร่วมกับน้ำตาลน้อยหรือไม่ใช้น้ำตาลเลย อนุมูลของแคลเซียม (Ca^{++}) สามารถช่วยในการจับตัวเป็นวุ้นของเพคตินชนิดนี้ได้โดยไม่ต้องอาศัยน้ำตาลเทียม (ศิริลักษณ์ , 2522)

สำหรับในไทยกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ได้ทดลองผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในการทำเยลลี่ที่มีคุณภาพทัดเทียมต่างประเทศ และยังเป็นการนำกากของเหลือมาใช้ด้วยโดยทำได้อย่างง่ายดาย คือ ใช้กรดเกลือเจือจางต้มกับผลไม้เพื่อให้โปรโตเพคตินสลายตัวเกิดเป็นเพคตินและนำมาตกตะกอนของเพคตินด้วยอัลกอฮอล์ 95 % หรืออะซิโตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลไม้เมืองไทยแบ่งโดยถือเพคตินและกรดเป็นหลัก

กรดมากเพคตินมาก		กรดน้อยเพคตินน้อย	
กระเจี๊ยบแดง	ตะลิงปลิง	กล้วยต่างๆดิบ – สุก	แตงไทย
กระท้อน	แรสเบอร์รี่เปรี้ยว	ชมพู่เขียว	ลูกตาล
ชมพู่สาแหรก	สตรอเบอร์รี่	ชมพู่มะเหมี่ยว	ส้มเขียวหวาน
เชอรี่เปรี้ยว	ส้มเกลี้ยงเปรี้ยว	เชอรี่หวาน	พุทรา
ฝรั่งเปรี้ยวดิบ – สุก	ส้มโอ	แตงโม	มันแกว
มะกอกฝรั่ง	องุ่นเขียวเปรี้ยว	ทับทิม	ละมุดสุก
มะกอกป่า	องุ่นแดงเปรี้ยว	ฝรั่งหวาน	ส้มเช้ง
มะขามห่าม	แอปเปิ้ลเปรี้ยว	มะขามเทศสุก	ผลไม้สุกเกินไป
มะขามเปียก	ผลไม้ห่ามส่วนใหญ่	มะปรางสุก	
มะดัน	มะยม	มะพร้าวอ่อน	
มะนาว	ระกำ	มะม่วงสุก หวาน	
มะม่วงต่างๆดิบ - สุก	สับปะรด	มะละกอสุก	

ที่มา : ศิริลักษณ์ (2525)

การวัดปริมาณเพคติน วิธีที่ใช้ทดสอบกันมากที่สุดในการหาปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ที่สกัดได้ คือ การทดสอบด้วยอัลกอฮอล์แม้ว่ามีสารอื่นนอกเหนือไปจากเพคติน ที่สามารถจะตกตะกอนได้ด้วยอัลกอฮอล์ แต่การทดสอบนี้ยังจะใช้ได้ในการจะเปรียบเทียบปริมาณของเพคตินในน้ำผลไม้ต่างๆ วิธีทำนำน้ำผลไม้ 1 ช้อนโต๊ะผสมกับอัลกอฮอล์ 95 % ประมาณ 1 – 3 ช้อนโต๊ะ เขย่าส่วนผสมให้เข้ากันดี ถ้าเกิดตะกอนลักษณะจับตัวกล้ายวุ้นหนาแสดงว่ามีเพคตินมาก ถ้าตะกอนวุ้นนั้นขาดหลายตอนแสดงว่ามีเพคตินปานกลาง และถ้าตะกอนเล็กๆลอยอยู่ทั่วแสดงว่าผลไม้นั้นมีเพคตินน้อยมาก

เครื่องมือที่นำมาทดสอบปริมาณและคุณภาพของเพคตินในน้ำผลไม้เรียก เจลมิเตอร์ (Jelmeter) มีลักษณะเป็นไปเปตธรรมดาซึ่งจะวัดความหนืดข้นเปรียบเทียบของน้ำผลไม้ได้ ความหนืดของน้ำผลไม้มีความสัมพันธ์กับปริมาณของเพคติน ข้างหลอดมีตัวเลขบอกจำนวนถ้วยของน้ำตาล ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต้มกับน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง น้ำผลไม้ที่จะนำมาวัดจะต้องเป็นอุณหภูมิห้องมิฉะนั้นความข้นหนืดจะไม่เท่ากันถ้าอุณหภูมิต่างกัน ที่อุณหภูมิร้อนน้ำผลไม้จะไหลเร็วกว่าที่อุณหภูมิเย็น มีสารอื่นในน้ำผลไม้ที่มีผลต่อความหนืดข้นของน้ำผลไม้เหมือนกับที่สารอื่นก็ตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนได้ด้วยอัลกอฮอล์ ดังนั้นวิธีนี้จึงใช้ได้เพื่อเปรียบเทียบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆจากการใช้เจล-มิเตอร์ทำให้ทราบ

1. ปริมาณสูงสุดของเพคตินที่สกัดได้ในสารละลายกรด
2. ความหนืดข้นสูงของน้ำผลไม้มีความสัมพันธ์กันกับกำลังในการจับตัวเป็นวุ้น
3. การสกัดน้ำผลไม้โดยการต้ม จะให้เพคตินมากกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่ต้ม
4. ถ้าผลไม้มีเพคตินมากกรดต่ำ การเติมกรดลงไปจะช่วยในตอนต้มสกัด จะได้น้ำผลไม้ที่หนืดข้นขึ้น
5. การต้มในระยะสั้น (10 – 20 นาที) จะให้น้ำผลไม้ที่มีกำลังในการจับตัวเป็นวุ้นได้สูงกว่าการต้มนาน การต้มเพคตินในกรดจะทำให้เพคตินสลายตัวให้กรดเพคติก ซึ่งจะไม่สามารถจับตัวเป็นวุ้นได้
6. น้ำผลไม้จะลดความหนืดตามเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ การลดความหนืดนี้จะเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้นที่อุณหภูมิอุ่นแต่ที่อุณหภูมิเย็นก็เกิดขึ้นได้
7. การต้มน้ำผลไม้แล้วบรรจุขวดไว้ ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อนั้นจะลดความหนืดของน้ำผลไม้แต่ก็ยังใช้ทำเยลลี่ได้

สมัยนี้การใช้เพคตินผงเติมลงในน้ำผลไม้ที่จะทำเยลลี่ เหมาะสมสำหรับน้ำผลไม้ที่มีเพคตินต่ำ เพคตินนี้สามารถทำเองได้จากเปลือกส้มโอ หรือถ้าจะซื้อมาใช้ก็เพิ่มราคาขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบกับคุณภาพที่ดีขึ้นของเยลลี่ ปกติจะเติมเพคตินใน 1 นาทีตอนท้าย เพคตินผงถึงแม้จะเก็บได้นานแต่ก็ไม่ควรใช้ข้ามปี การใช้เพคตินผงนี้ไม่เพียงแต่ช่วยในการทำเยลลี่จากน้ำผลไม้ที่มีเพคตินต่ำเท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้ต้มส่วนผสมได้ในระยะเวลาสั้นขึ้นด้วย จึงทำให้ได้เยลลี่มากขึ้นด้วย เพราะเมื่อเวลาต้มเร็วขึ้นการระเหยของน้ำก็น้อยลง นอกจากนี้เมื่อใช้เยลลี่ผงช่วยจะทำให้ได้เยลลี่ที่มีสีใสเป็นประกาย

4. น้ำผลไม้ (juice)

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการทำเยลลี่จากผลไม้ โดยทั่วไปอาจกล่าวรวมๆได้ว่าผล-ไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำเยลลี่ได้ แต่จะได้เยลลี่ที่ดีเหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของผลไม้นั้นด้วย ฉะนั้นจึงมีผลไม้บางชนิดเท่านั้นที่นิยมนำมาทำเยลลี่ได้แก่ ส้ม องุ่น สับปะรด สตรอเบอร์รี่ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะผลไม้เหล่านั้นมีคุณสมบัติที่ถูกรสนิยมผู้บริโภค คือ มีรสกลิ่นดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมในการทำเยลลี่

5. วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส (flavouring agent)

วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส จัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการดึงดูดผู้บริโภค ซึ่งในผลิตภัณฑ์ขนมหวานจะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักและน้ำตาลจะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสหวานอย่างเดียว ฉะนั้นรสชาติของผลิตภัณฑ์จึงมักได้จากการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น กลิ่นส้ม กลิ่นสตรอเบอร์รี่ เป็นต้น

วิธีการทำเยลลี่

1. การเลือกผลไม้ ถ้าไม่มีเครื่องมือสำหรับทดสอบส่วนประกอบที่จำเป็น หรือยังไม่ชำนาญพอ ควรจะเลือกใช้ผลไม้ที่เคยมีผู้ทดสอบทำกันได้ผลมาแล้ว ทั้งชนิดและความสุกดิบของผลไม้เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาทำการพิจารณา ผลไม้ห่ามดีที่สุดเพราะจะให้รสชาติที่ดี สีใส และมีปริมาณเพคตินมากพอในการจับตัวเป็นวุ้น เพื่อให้ได้รสชาติที่ดียิ่งขึ้นอาจใช้ผลไม้ห่ามกับสุกปนกัน ถ้าเป็นผลไม้ในสวนที่บ้านเมื่อเก็บแล้วควรจะทำทันทีเพื่อป้องกันการสลายตัวของสสาร

2. การเตรียมผลไม้ ล้างผลไม้ให้สะอาดไม่จำเป็นต้องปอกเปลือกหรือแคะเมล็ดในออกนอกจากเปลือกนอกและเมล็ดของผลไม้บางชนิดที่มีรสขม เช่น มะนาว ส้ม ควรตัดหรือหั่นผลไม้ให้บางเพื่อให้เพคตินและกรดออกจากผลไม้ได้ง่ายและมาก ผลไม้พวกส้มควรหั่นให้เป็นชิ้นบางๆ แกะเมล็ดออก ผลไม้มีแป้งมาก เช่น กระท้อน ฝรั่ง ชมพู่ ผ่าเป็น 4 – 6 ชิ้นและใช้ทั้งเปลือกและแกน ผลไม้ที่มีเนื้อฉ่ำ เช่น สตรอเบอร์รี่ อาจผ่าครึ่งหรือต้มทั้งผลไม้ได้

3. การสะกัดน้ำผลไม้โดยวิธีการต้ม การนำน้ำผลไม้สดๆที่ยังไม่ได้ต้ม มาทำเยลลี่ มักไม่ได้ผลดีเท่าต้มผลไม้เสียก่อนแล้วกรองเอาน้ำ เพราะเพคตินจะสลายตัวออกมาในเวลาต้มได้มากกว่านอกจากนั้นการต้มยังทำให้โปรโตเพคตินที่มีเหลืออยู่ในผลไม้เปลี่ยนสภาพมาเป็นเพคติน และยังเป็นการเพิ่มปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ด้วย

ปริมาณน้ำผลไม้ที่จะใช้ต้มผลไม้นั้นขึ้นกับลักษณะผลไม้ ผลไม้เนื้ออ่อนอาจบี้และเติมน้ำเพื่อไม่ให้งวดแห้งเกินไป ถ้าเป็นผลไม้ที่มีน้ำฉ่ำ เพคตินและกรดไม่มาก เช่น สตรอเบอร์รี่ อาจบี้เท่านั้น เวลาในการต้มผลไม้เนื้ออ่อนอยู่ในช่วง 8 – 15 นาที ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมลงไปและขึ้นกับว่าใช้ไฟแรงมากน้อยเพียงใดในการต้มผลไม้เนื้ออ่อน ผลไม้เนื้อแน่นควรตัดเป็นชิ้นๆ ต้องเติมน้ำให้ท่วม และใช้เวลาต้มประมาณ 15 –20 นาที ผลไม้จำพวกที่มีกรดมาก เช่น ส้ม ฝาน บางใช้น้ำมากขึ้น เช่น เติม 2 – 3 เท่าของปริมาณผลไม้ต้ม 30 – 60 นาทีผลไม้ที่มีความเป็นกรดต่ำควรจะเติมกรดตอนต้มน้ำผลไม้เพื่อช่วยในการสกัดเพคตินออกจากเนื้อเยื่อผลไม้

อาจถือหลักว่าควรใช้น้ำน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น ถ้าน้ำน้อยไปเยลลี่จะมีสีขุ่นเหนียวไหม้ก้นหม้อ ถ้าเป็นผลไม้ที่มีเพคตินและกรดมาก เช่น กระเจี๊ยบ อาจต้มเอาน้ำ 2 – 3 ครั้งได้ ทำได้โดยเอากากเยื่อที่เหลือออกจากการกรอง เทกลับลงในหม้อเติมน้ำต้มให้เดือดประมาณ 3 – 5 นาที น้ำต้มกรองได้ครั้งแรกจะมีสารประกอบในผลไม้มากที่สุด ซึ่งได้แก่ สี รสชาติ กรด เกลือ และเพคติน ถ้าต้มกรองหลายน้ำอาจนำมาผสมกับน้ำแรกได้ การต้มนานเพื่อให้มีเพคตินเข้มข้นขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ควรทำ เพราะจะทำให้เพคตินสลายตัวเป็นกรดเพคติก จะเป็นสาเหตุให้เยลลี่ไม่แข็งตัวภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการต้มน้ำผลไม้ควรเป็น 80 ^{o}C มีผู้ทดลองต้มน้ำผลไม้ด้วยอุณหภูมิ 100 ^{o}C ปรากฏว่าทำให้เพคตินสลายตัวได้ ภาชนะในการต้มผลไม้อาจเป็นเหล็กไม่เป็นสนิม อลูมิเนียม หม้อเคลือบ ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำจากทองแดงและเหล็ก เพราะจะทำปฏิกิริยากับกรดในผลไม้ได้

4. การกรองผลไม้ อาจใช้ผ้าขาวบาง 3 – 4 ทบ หรือ ผ้าเนื้อหนา เช่น ลินิน เพื่อป้องกันมิให้เนื้อผลไม้ติดไปกับน้ำผลไม้ เอาผ้าจุ่มน้ำร้อน บิด ใช้ตอนอุ่นๆ อย่าบีบคั้นเอาน้ำผลไม้ออกเพราะเนื้อผลไม้จะหลุดติดออกมากับน้ำผลไม้จะทำให้เยลลี่ขุ่น

5. การเติมน้ำตาล เมื่อได้น้ำผลไม้ที่กรองจนใสแล้ว จึงนำไปเคี่ยวกับน้ำตาลทรายขาวสะอาด คนพอน้ำตาลละลายแล้วให้เคี่ยวไปเอง ๆ ถ้ามีฝ้าอาจช้อนออกจะกันฟองมากได้ ถ้าใช้น้ำตาลทรายแดง เยลลี่ที่ได้จะมีสีแก่ ไม่ใส เพื่อให้ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปนั้นถูกต้องได้สัดส่วนจะต้องใช้เครื่องมือเจลมิเตอร์ แต่เนื่องจากที่เจลมิเตอร์ไม่มีขายโดยทั่วไปจึงเป็นการลำบากที่จะหาปริมาณน้ำตาลเพื่อทำเยลลี่แต่ละครั้งให้ได้ผลดี อย่างไรก็ตามลักษณะของตะกอนจากการทดสอบน้ำผลไม้ด้วยแอลกอฮอล์จะช่วยให้คาดคะเนปริมาณน้ำตาลที่จะต้องใช้ได้ แต่ก็ไม่เที่ยงตรงเลยทีเดียว โดยทั่วไปเมื่อมีเพคตินมากจะต้องใช้น้ำตาลมากตาม การใช้น้ำตาลจะทำให้ต้มส่วนผสมให้ถึงจุดเข้มข้นที่ต้องการเร็วขึ้น แต่การใช้น้ำตาลน้อยไปก็ยังดีกว่าการใช้น้ำตาลมากไป ผลไม้ที่มีกรดมากเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้น้ำตาลมาก เพราะกรดโดยธรรมชาติในผลไม้จะช่วยในการตกตะกอนของเพคตินอยู่แล้ว ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมกับผลไม้ทั่วไปที่กรองครั้งแรกและมีเพคตินมาก คือ 3 / 4 – 1 ถ้วยตวงต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง สำหรับน้ำผลไม้ที่กรองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ถ้าเป็นน้ำผลไม้ที่มีเพคตินน้อย กรดน้อยใช้น้ำตาลประมาณ 1 / 8 – 1 / 4 ถ้วยตวง หรือ อาจถึง 1 / 2 ถ้วยตวงต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง จะทดสอบความเป็นกรดในห้องปฏิบัติการได้โดยการไทเทรตกับ N / 10 NaOHใช้ฟีนอฟทาลีน (Phenophtaline) เป็นตัวบ่งชี้ (indicater) ขณะนี้มีกระดาษวัดพีเอชขาย เมื่อใช้จะทราบค่าพีเอชโดยประมาณ สำหรับแม่บ้านอาจใช้วิธีชิมโดยถ้าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำเยลลี่จะมีรสเปรี้ยวพอๆกับส่วนผสมของน้ำมะนาว 1 ช้อนชา น้ำตาล 2 ช้อนชา น้ำ 2 ช้อนชา ระยะเวลาในการเติมน้ำตาลเป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่งเหมือนกัน แม้ว่าจะทราบปริมาณน้ำตาลว่าเติมลงไปเท่าไรแล้วก็ตาม ถ้าเติมน้ำตาลไม่ได้เวลาที่เหมาะสม เยลลี่จะไม่ได้ผลตามลักษณะถ้าใช้น้ำตาลให้ถูกส่วน และปริมาณน้ำผลไม้กับน้ำตาลที่ต้มแต่ละครั้งไม่มาก ระยะเวลาในการต้มน้ำผลไม้กับน้ำตาลไม่นานหรือเร็วเกินไปให้เติมน้ำตาลในระยะแรกต้ม

6. การทดสอบว่าต้มได้ที่แล้วหรือยัง วิธีที่จะใช้ทดสอบดูว่าต้มน้ำน้ำผลไม้จนได้ที่แล้วหรือยังมีหลายวิธี สมัยก่อนใช้วิธีตักใส่ถ้วยเย็นแล้วรอดูการจับตัวตอนที่ส่วนผสมเย็นลงแล้ว วิธีนี้ไม่แนะนำเพราะขณะที่รอให้ส่วนผสมเย็น ส่วนที่ตั้งไฟต่อนั้นอาจเข้มข้นเกินกว่าที่ต้องการได้ วิธีที่อาจใช้อย่างได้ผลมี 4 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ทดสอบการไหลเป็นแผ่น เมื่อต้มน้ำผลไม้กับน้ำตาลแล้วลองใช้พายไม้จุ่มแล้วยกขึ้นมา ส่วนผสมนี้จะหยดลงจากพายหลายแห่งหลายหยด เมื่อความเข้มข้นของส่วนผสมเข้มข้นขึ้น การหยดนี้จะมีเพียง 2 – 3 หยดตามมาด้วยกัน ต้มต่อไปจะให้ลักษณะหลายหยดติดตามกันมา โดยที่จะมองเห็นหยดนั้นขาดจากพายเห็นได้ชัด แล้วต่อไปจะให้ลักษณะไหลเป็นแผ่น การดูลักษณะเป็นแผ่นนี้อาจใช้ส้อม เมื่อได้ส่วนผสมจะจับกันเป็นแผ่นระหว่างซี่ส้อม

ข. ดูลักษณะฟอง ส่วนผสมที่ต้มในระยะแรกจะเป็นฟองเล็กเบาสำเสมอกัน เมื่อต้มได้ที่ฟองจะมีขนาดใหญ่ จำนวนน้อยลงและจะกระเด็นออกจากหม้อ

ค. ทดสอบด้วยเครื่องวัด % น้ำตาล เป็นวิธีที่แน่นอนอีกวิธีหนึ่ง เครื่องดังกล่าวมีหลายชนิด รีแฟคโตมิเตอร์ชนิดมือถือเป็นชนิดหนึ่งที่ใช้ง่ายและสะดวก

ง. ทดสอบอุณหภูมิ เป็นวิธีที่แน่นอน อุณหภูมิจะเป็นเครื่องชี้ถึงความเข้มข้นของน้ำตาล ตามปกติเมื่ออุณหภูมิของส่วนผสมที่มีสัดส่วนถูกต้องสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ 4.5 ^{o}C ส่วนผสมจะสามารถจับตัวกันเป็นวุ้นได้

ผลไม้ที่มีกรดและเพคตินสูง จะให้เยลลี่ลักษณะดีถ้าต้มจนอุณหภูมิสูง 103.9 ^{o}C น้ำผลไม้ที่มีกรดต่ำเพคตินน้อยกว่าจะใช้อุณหภูมิ 105 ^{o}C จึงจะได้เนื้อสัมผัสที่ดี เยลลี่ที่ต้มจนอุณหภูมิดังกล่าวนี้จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลประมาณ 65 %

7. การบรรจุและการเก็บรักษา เมื่อต้มส่วนผสมได้ที่แล้วช้อนฝ้าออกตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเทใส่ภาชนะบรรจุ ไม่ควรยกหม้อเทสูงเกินไปเพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศเยลลี่จะไม่ใส เก็บไว้ในที่เย็นอุณหภูมิในการจับตัวเป็นวุ้นดีที่สุด คือ ที่ 70 ^{o}F ถ้าการจับตัวเป็นวุ้นยังไม่ดีพอ อาจนำไปตากแดดให้น้ำระเหยออกไม่ควรนำไปต้มใหม่

ภาชนะที่บรรจุเยลลี่ ควรเป็นขวดแก้วสะอาดฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว ลักษณะขวดควรตื้นและกว้าง เพราะเมื่อเทแล้วจะได้พิมพ์ตั้งขึ้นรูปและควรเทเยลลี่ลงขวดขณะที่ยังร้อนอยู่ ปิดด้วยพาราฟินร้อนหรือปิดฝาให้สนิททันที เพื่อป้องกันจุลินทรีย์ขึ้นที่ผิวหน้าเก็บในที่แห้งและเย็น

2.16 คอลลาเจน (collagen)

คอลลาเจนเป็นโปรตีนจำพวกเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนึ่งซึ่งจะพบมากในกระดูก หนังและครีบของสัตว์ คอลลาเจนประกอบด้วยโมเลกุลย่อยของเส้นใยโปรตีนโทรโพคอลลาเจน(tropocollagen) ซึ่งมีเส้นสายโปรตีน 3 เส้นพันกันเป็นเกลียวเส้นใย (fibrii) โดยเส้นใยจะวางซ้อนกันตามแนวขนานเกิดเป็นชั้น แล้วเกิดเป็นเนื้อเยื่อขึ้นเป็นเส้นสายโปรตีนทั้ง 3 เส้นประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโนชนิดต่างๆที่สำคัญ คือ ไฮดรอกซีโพรลีน โพรลีน และไกลซีน การที่คอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีกลุ่มอะมิโน 2 กลุ่ม หรือมีกลุ่มคาร์บอกซิล 2 กลุ่มเหล่านี้อยู่เป็นจำนวนมาก เป็นผลให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดตัวกันระหว่างโมเลกุลมีน้อย ความแข็งแรงของคอลลาเจนโมเลกุลเกิดจากการสร้างพันธะเชื่อมต่อกันทั้งภายในและระหว่างโมเลกุล (Inter and Intra molecular cross linkage)

สัตว์ที่มีอายุมากจะมีปริมาณพันธะเชื่อม (cross linkage) เพิ่มขึ้นจึงทำให้คอลลาเจนมีความแข็งแรงมากขึ้น ลักษณะของคอลลาเจนโดยทั่วไปคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ในองค์ประกอบของกรดอะมิโน ซึ่งเป็นผลทำให้คุณสมบัติของคอลลาเจนต่างกันไป ปัจจัยสำคัญที่พบว่ามีอิทธิพล คือ สายพันธุ์และชนิดของเนื้อเยื่อ

คุณสมบัติที่สำคัญของคอลลาเจน (ณรงค์, 2538)

1. เมื่ออยู่ในกรดหรือเบสเจือจาง คอลลาเจนไม่ละลายแต่จะพองตัว

2. ถ้าความเข้มข้นของกรดและเบสมากขึ้น พบว่าในสัตว์อายุน้อยจะมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในกรดมากกว่าสัตว์อายุมาก

3. คอลลาเจนจะหดตัวลง 1 ใน 3 ของความยาวเดิม เมื่อถูกความร้อนประมาณ 60 ^{o}C ซึ่งระดับอุณหภูมิในการหดตัวหรือ shrink temperature จะเปลี่ยนแปลงมากน้อยตามชนิดของคอลลาเจน

4. ถ้าให้ความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้คอลลาเจนหดตัวลงได้ จะทำให้คอลลาเจนถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นเจลาตินแต่ทั้งนี้ต้องมีน้ำอยู่ด้วยในขณะให้ความร้อน

5. โดยทั่วไปคอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญคือ ไกลซีน 33 % ไฮดรอกซีโพรลีน 10 % โพรลีน 12 – 15 % ไฮดรอกซีไลซีนน้อยกว่า 1 % และอะลามีน 11 %

2.17 โครงสร้างของเจลาติน

คอลลาเจนและจลาตินมีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายคลึงกัน ความแตกต่างของโปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้เกิดจากชนิดของแหล่งวัตถุดิบ การปรับสภาพของวัตถุดิบและขบวนการสกัดซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ก) การปรับสภาพ (pretreatment) ของวัตถุดิบด้วยกรด มีผลทำให้โครงสร้างโปรตีนบางส่วนถูกกำจัดกลุ่มเอไมด์ (amide) ออกไปจากกรดอะมิโนแอสพาราจีน (asparagine) และกลูตา-มีน (glutamine) เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณของกรดแอสพาติกและกลูตามิก การเพิ่มจำนวนของกลุ่มคาร์บอกซีจะทำให้ไอโซอิเลคทริคพอยท์ลดลง ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นได้ช้า แต่ปริมาณของการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของกระบวนการปรับสภาพนี้ การปรับสภาพโดยใช้กรดอ่อนเป็นที่ต้องการสำหรับหนังหมูจากหมูที่โตเต็มที่ และขจัดเพียงกลุ่มเอไมด์จำนวนน้อย การเตรียมโดยด่างจะมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงเอไมด์อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ในระหว่างการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยด่าง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอาร์จินิน (Arginin) ไปเป็นออนิทิน (Arnithin) โดยการสูญเสียกลุ่มยูเรียที่อยู่บริเวณสายโซ่ข้างๆของอาร์จินินเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดมากน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการปรับสภาพ พบว่าถ้าทำการปรับสภาพด้วยด่างที่เวลา 8 – 10 สัปดาห์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับอาร์จินิน 3 % แต่ถ้าใช้เวลานานถึง 4 – 8 เดือนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นถึง 35 % การที่อาร์จินินถูกเปลี่ยนไปเป็นออนิทินเป็นผลให้คุณสมบัติของเจลาตินเปลี่ยนแปลงไป

2.18 คุณสมบัติของเจลาติน

เจลาตินประกอบด้วยโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูงและสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเถ้าและความชื้นที่เหลืออยู่ เจลาตินมีลักษณะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocollid) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวต่างจากสารประกอบชนิดอื่น บางครั้งอาจมีสารประกอบอื่นเจือปนบ้าง เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารฟอกสีในขณะทำการสกัดและการระเหยแต่ไม่ใช่สารกันเสีย เจลาตินมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอยู่เพียงเล็กน้อย 1 – 1.5 % โดยอยู่ในรูปของกลูโคสและกาแลคโตสเชื่อมต่อกับเจลาตินที่ตำแหน่งไฮดรอกซีโพรลีนที่เหลือ

2.19 คอลลอยด์ในเจลาติน

เจลาตินเป็นคอลลอยด์ที่อนุภาคคอลลอยด์มีความจำเพาะเจาะจง (affinity)ต่อตัวกลางสูง เรียกว่า ไลโอฟิลิกคอลลอยด์ (lyophillic colliod) โดยส่วนใหญ่เป็นน้ำจึงอาจเรียกว่าเป็นไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ เจลาตินสามารถอยู่ในสภาพสารละลาย เรียกว่า ซอล (sol) หรืออยู่ในสภาพกึ่งของแข็ง เรียกว่า เจล (gel) และสามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ (reversible gel) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในระยะเริ่มต้นเมื่อส่วนผสมถูกทำให้ร้อนจะอยู่ในรูป ซอล เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเปลี่ยนเป็น เจล โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืด คือ ซอลจะเปลี่ยนเป็นของเหลวที่มีความหนืด ความหนืดของเจลจะขึ้นอยู่กับรูปร่างหรือโครงสร้างของอนุภาคของคอลลอยด์ ถ้าโมเลกุลของอนุภาคเป็นสายยาวจะทำให้แรงเสียดทานระหว่างอนุภาคและตัวกลางสูง ความหนืดของซอลก็จะสูงเมื่อโมเลกุลของคอลลอยด์เข้ามาอยู่ใกล้กันและจับกันแน่นขึ้น ซอลจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเกิดลักษณะกึ่งของแข็งที่สามารถคงตัว (rigidity)เรียกสภานะนี้ว่า เจล เจลเป็นสารละลายของโพลิเมอร์ชนิดเป็นสาย (tread like molecule) และจะเกิดพันธะครอสลิงค์ขึ้น เมื่ออนุภาคคอลลอยด์มาเกาะกันเป็นคู่และแต่ละคู่จะจับรวมกันเป็นผลึก (crystallite) แล้วเพิ่มขนาดขึ้นเรื่อยๆโดยผลึกหนึ่งจะไปจับคู่กับอีกผลึกหนึ่งเกิดเป็นโครงสร้างเจลที่มีลักษณะเป็น brush hesp fibrilar ที่โมเลกุลจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากจับตัวกันแน่นเป็นโครงสร้างตาข่าย (net work) โดยมีโมเลกุลตัวกลาง คือ น้ำ ซึ่งเคลื่อนที่ไม่ได้แทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของคอลลอยด์ภายในโครงสร้างตาข่ายนั้น ทำให้เจลแข็งตัวและมีรูปร่างแน่นอน

ค่า บลูม

เป็นหน่วยในการวัดความแข็งแรงของเจลของเจลาติน โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงซึ่งใช้แรงกดของหัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มม. กดลงที่ผิวหน้าของเจลของเจลาตินที่มีความเข้มข้น 6.67 % ที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C เป็นเวลา 18 ชม.เป็นระยะทาง 4 มม.

การเตรียมเจลาติน 6.67 %ทำได้โดยการใช้เจลาติน 7.5 กรัมเติมน้ำ 105 มม. เพื่อให้เจลาตินพองตัว จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อให้เจลาตินละลายที่อุณหภูมิ 65 ^{o}C เป็นเวลา 16 – 18 ชม. ก่อนนำไปวัดค่าความแข็งแรงของเจลาตินด้วยเครื่อง Bloom Gelometer

ขนาดของอนุภาคและความสามารถในการละลาย

เจลาตินในสภาพปกติไม่สามารถละลายในน้ำเย็นได้ แต่สามารถพองตัวและดูดซับน้ำได้ 10 เท่าของน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคด้วย พบว่าเจลาตินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ความสามารถในการละลายจะน้อยกว่าเจลาตินอนุภาคขนาดเล็ก แต่การเกิดฟองของเจลาตินขนาดเล็กจะมากกว่า

แอคทิวิตีของผิวสัมผัส (surface activity)

โดยทั่วไปมักจะนำคุณสมบัติด้านความไวของผิวสัมผัสของเจลาติน มาใช้ในการผลิตเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตของผลึกน้ำตาลและน้ำแข็ง เพื่อทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอาจนำไปใช้ในการทำอิมัลชั่น เช่น มายองเนส

ความหนืด

ค่าความหนืดของเจลาติน ขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 ^{o}C ความหนืดจะลดลงแบบเอกซ์โปนันเชียล
2. ค่าพีเอช ความหนืดจะมีค่าต่ำที่สุดที่จุดไอโซอิเลคทริคพอยต์
3. ความเข้มข้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าความหนืดในแบบเอกซ์โปนันเชียล
4. ความหนืดจำเพาะของเจลาติน (specific viscocity) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง BSI U-tube viscometer
5. ความแข็งแรงของไอออน (ionic strength)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลาติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความเข้มข้นของเจลาติน ค่าความเข้มข้นของเจลาตินมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาติน โดยแปรผันตรงกับความเข้มข้นของเจลาติน โดยทั่วไปเจลาตินที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีค่าความแข็งแรงของเจลอยู่ระหว่าง 100 –250 บลูม

2. ความเป็นกรดด่างของสารละลาย ปกติความเป็นกรดด่างของสารละลายเจลาตินจะมีค่าอยู่ในช่วงพีเอช 4.0 – 9.0 ที่พีเอชต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้จะมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาติน และค่าความเป็นกรดด่างจะมีผลต่อสารละลายเจลาตินที่เข้มข้นน้อยกว่า 2 % ในขณะที่สารละลายเจลที่ความเข้มข้นสูงกว่า 10 % ค่าความเป็นกรดด่างจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลาติน ความเข้มข้นมาตรฐานของเจลาตินทางการค้าที่ใช้แยกชนิดของเจลาติน คือ ที่ความเข้มข้น 6.67 %

3. กรดและอุณหภูมิในการเกิดเจล ค่าความแข็งแรงของเจลาตินจะขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ โดยสภาวะในการเตรียมเจลที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C เป็นเวลา 16 –18 ชม. พบว่าถ้าให้ความเย็นแก่เจลาติน อย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้ตำแหน่งต่างๆของพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างไม่สามารถเป็นเส้นตรงได้เอง และที่อุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเกิดเจลจะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลต่ำกว่าปกติ

4. จุดหลอมเหลว คุณภาพของการรับรสและกลิ่นของเจลาตินจะขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของเจลาตินซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆดังนี้ คือ ความเข้มข้นของเจลาติน ชนิดของเจลาติน และค่าความหนืดของเจลาติน

5. สารประกอบน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สิ่งเจือปนที่ละลายอยู่ในสารละลายเจลาติน ทำให้เจลของเจลาตินมีความอ่อนตัวลงหรือมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินมีความผิดพลาดไปเช่น แร่ธาตุ (Poppe, 1992)

2.20 เจลาตินในอุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหหรรมอาหารได้นำเจลาตินมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น jelling agent , สารให้ความคงตัว (stabilizer) , สารเชื่อม (binder) , สารทำให้เกิดฟองตัวในขนมหวาน (foaming agent) สารที่ทำให้ผลึกเล็กๆในอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

1. Jelling agent เจลาตินเป็น reversible gel เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำและเนื่องจากจุดหลอมเหลวต่ำนี้เอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะละลายในปาก (melt in mount) และมีลักษณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการ เยลลี่ที่ทำจากเจลาตินและมีความยืดหยุ่นและมีลักษณะเหมือนยาง (elastic and rubbery) มากกว่าเจลจาก jelling agent อื่นๆ เช่น เพคติน นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์คัสตาร์ด เจลาตินจะทำให้พื้นที่ผิวถูกตัดและมีลักษณะเรียบมากกว่า alginate

2. Emulsifier เจลาตินเป็น oil in water emulsifier ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆดังนี้ ใน whipped cream เติมเจลาติน 0.35 % จะช่วยเป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) และสามารถลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียไขมันได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการผลิต Mock cream จากไขมันนมและน้ำตาล ส่วนผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัตว์จะใช้เจลาตินเพื่อเป็น emulsifier ในซุปต่างๆ เช่น ครีมซุป หรือใช้ในมายองเนส

3. Thinkener การใช้เจลาตินเพื่อเพิ่มความข้นหนืดพบมากในไอศกรีม โดยใช้ 0.1 % ของเจลาตินเพื่อเพิ่มความหนืดของน้ำเชื่อม ให้กลิ่นรส (flavoring syrup) (Gerrard, 1968)หรือใช้บรรจุกระป๋อง

4. Binder ใน iozenge เป็นผลิตภัณฑ์ประเภท cream paste แต่แข็งกว่า sugar paste จะใส่เจลาตินเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงตัวในน้ำเชื่อม

5. Finning คุณสมบัติการเป็น finning agent ของเจลาติน ใช้ในน้ำผลไม้ ไวน์ น้ำส้มสายชู เจลาตินจะทำปฏิกิริยากับแทนนินแล้วตกตะกอนช่วยจับสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่นตกตะกอนลงมาด้วยปริมาณของเจลาตินที่ใช้ประมาณ 1.5 – 5 ออนซ์ต่อ 100 แกลลอน เติม 1.5 – 5 ออนซ์ของแทนนิน

6. Stebilizer เจลาตินจะใช้เพื่อลดขนาดผลึกหรือป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล ซึ่งมีผลต่อผลึกของน้ำแข็งเมื่อสารละลายเป็นน้ำแข็ง ในการผลิต mashmallow จะใช้เจลาตินประมาณ 1.5 % เพื่อป้องกันการตกผลึก

ไอศกรีม เจลาตินในไอศกรีม ใช้เพื่อป้องกันการตกผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่นอกจากนั้นยังลดอัตราการละลาย ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัวและเนื้อสัมผัสเนียน ถ้าใช้เจลาตินน้อยไปผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเนื้อหยาบ เหลว และร่วนแต่ถ้าใส่มากจะเหนียว

โยเกิรต์ เจลาตินในโยเกิรต์ใช้เพื่อลดปริมาณการเกิด synnerresis เป็นการไหลซึมของของเหลวที่เป็นส่วนประกอบของเจล เนื่องมาจากเมื่อเก็บไว้ในตู้เย็นจนเกิดการหดตัว

7. Whipping cream

- ใช้ในการผลิต Mashmallow โดยผสมน้ำเชื่อมที่มีเจลาติน 2 – 3 % และน้ำ 18 – 25 % แล้วเติมอากาศเข้าไป
- ใช้ในการผลิต Naugat ซึ่งเป็นของหวานลักษณะเดียวกับตังเม
- ใช้ในการผลิต Frappes โดยการผสมน้ำเชื่อม ไข่ขาวและเจลาติน แล้วนำมาตีให้ขึ้นฟู

8. Foaming agent การทำเจลาตินโฟม เริ่มจากละลายเจลาตินแล้วปล่อยให้มีความหนืด ลักษณะของโฟมที่ดีต้องมีเนื้อสัมผัสที่เนียนและสม่ำเสมอ ไม่มี gelatinous particle และมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 3 เท่าจากปริมาตรเริ่มต้น ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมกลิ่นรสควรเติมกลิ่นรสที่หอมกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเจลาตินชนิดอื่นๆ เพราะจะทำให้เกิดโฟมทำให้ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสลดลง (Woodward, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21 ชาเขียว

ถ้าจะถามว่าเครื่องดื่มที่คนนิยมดื่มกันมากที่สุดในปัจจุบันคืออะไร คนส่วนใหญ่คงนึกถึงกาแฟแต่จริง ๆ แล้วเครื่องดื่มที่มีผู้ดื่มมากที่สุดในโลกรองจากน้ำเลยทีเดียวก็คือ ชา ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นหอม คนจึงนิยมดื่มกันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นชาวเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น หรือชาวยุโรป ชา ที่นิยมดื่มในปัจจุบันอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ชาจีน ชาเขียว และชาฝรั่งซึ่งชาแต่ละชนิดจะต่างกันตรงกรรมวิธีในการผลิต แต่ชาที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากก็คือชาเขียว (green tea) ซึ่งเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมัก ทำให้ไม่สูญเสียองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพไปในระหว่างการหมักเหมือนชาฝรั่ง ชาเขียวได้จากการทำใบชาให้แห้งที่อุณหภูมิสูง อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ใบชาแห้งยังคงมีสีเขียวและมีคุณภาพเช่นเดียวกับใบชาสด ซึ่งเมื่อชงน้ำร้อนแล้วจะได้น้ำชาสีเขียวหรือเหลือง อมเขียว ไม่มีกลิ่น มีรสฝาดกว่าชาจีน นิยมแต่งกลิ่นด้วยพืชหอมเช่น มะลิ บัวหลวง เป็นต้น ชาเขียวมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียวแบบญี่ปุ่น และชาเขียวแบบจีน ซึ่งแตกต่างกันตรงที่ชาเขียวแบบจีนจะมีการคั่วด้วยกระทะร้อนแต่ชาเขียวแบบญี่ปุ่นไม่ต้องคั่ว ใบชาเขียวมีสารอาหารพวกโปรตีน น้ำตาลเล็กน้อย และมีวิตามินอีสูง แต่อย่างไรก็ดีมีรายงานว่าวิตามินเอและวิตามินอีที่มีอยู่ในใบชาจะสูญเสียไปเกือบหมดถ้าใช้ระยะเวลาในการชงนานจนเกินไป ส่วนปริมาณของแคลเซียม เหล็ก และวิตามินซีจะสูญเสียไปประมาณครึ่งหนึ่ง แต่มีรายงานจากประเทศญี่ปุ่นว่าถ้าเราสามารถรับประทานใบชาเขียวแห้ง 6 กรัมต่อวัน จะทำให้ร่างกายได้รับวิตามินอี และวิตามินเอถึงร้อยละ 50 และ 20 ของปริมาณที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันตามลำดับ ในประเทศญี่ปุ่นจึงมีการผลิตชาเขียวในรูปผงสำหรับบริโภคขึ้น ซึ่งสามารถเติมลงในอาหารหลายชนิดตั้งแต่อาหารญี่ปุ่นจนถึงสเต็ก แฮมเบอร์เกอร์ สปาเกตตี้ และสลัด ใบชาเขียวมีสารสำคัญ 2 ชนิด ชนิดแรกคือ กาเฟอีน (caffein) ซึ่งมีอยู่ในชาเขียวประมาณร้อยละ2.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งสารชนิดนี้เองที่ทำให้น้ำชาสามารถกระตุ้นให้สมองสดชื่นแจ่มใส หายง่วง เนื่องจากกาเฟอีนมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท เพิ่มการเผาผลาญ เพิ่มการทำงานของหัวใจและไต แต่อย่างไรก็ตามเด็ก ๆ และผู้ป่วยโรคหัวใจก็ไม่ควรดื่มชา เนื่องจากกาเฟอีนมีคุณสมบัติในการ กระตุ้นประสาทและบีบหัวใจ ถ้าต้องการดื่มจริง ๆ ควรดื่มชาที่สกัดกาเฟอีนออกแล้ว ในการชงชานั้นพบว่า 3 นาทีแรกจะได้กาเฟอีนออกมาในปริมาณสูง โดยทั่วไปใบชาเขียว 1 ถ้วย (ประมาณ 6 ออนซ์) จะมีกาเฟอีนอยู่ 10-50 มิลลิกรัม สารที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับกาเฟอีนชนิดอื่น ๆ ยังช่วยในการขับปัสสาวะ โดยไปกระตุ้นไตให้ขับน้ำปัสสาวะมากขึ้นและช่วยขยายหลอดลมอีกด้วย สำหรับสารสำคัญชนิดที่สองที่มีในชาเขียวคือ แทนนิน หรือ ฝาดชา (tea tannin) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด พบในใบชาแห้งประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก เป็นที่มีรสฝาดที่ใช้บรรเทาอาการท้องเสียได้ ดังนั้นหากต้องการดื่มชาเขียวให้ได้รสชาติที่ดี จึงไม่ควรทิ้งใบชาค้างไว้ในกานานเกินไป เพราะแทนนินจะละลายออกมามากทำให้ชาเขียวมีรสขม แต่ถ้าหากดื่มชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียวเพื่อจุดประสงค์ในการบรรเทาอาการท้องเสียก็ควร ต้มใบชานาน ๆ เพื่อให้มีปริมาณแทนนินออกมามาก แทนนินยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อหัวใจและขยายผนังหลอดโลหิต จึงทำให้ชาเขียวเหมาะสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสารแคทิซิน (catechins) ซึ่งเป็นสารแทนนินชนิดหนึ่ง ใบชาเขียวมีฤทธิ์เป็นสารต้านการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหารโดยป้องกันการสร้างสารก่อมะเร็ง โดยทีมนักวิทยาศาสตร์จากศูนย์กลางการวิจัยโรคมะเร็งในบริติชโคลัมเบียรายงานว่าชาสามารถยับยั้งการสร้างไนโตรซามีนซึ่งก่อมะเร็งได้หลายชนิด ดังนั้นถ้านิยมบริโภคอาหารจำพวกเนื้อสัตว์มากก็ควรดื่มน้ำชาไปพร้อม ๆ กันด้วยก็จะช่วยลดการสร้างสารก่อมะเร็งได้ มีรายงานทางการแพทย์ทั่วประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1982 และ 1987 พบว่าในแถบจังหวัดชิซูโอกะ ซึ่งเป็นท้องถิ่นที่มีการดื่มชาเขียวกันมาก มีอัตราการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหารอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ย นอกจากนี้นักวิจัยชาวญี่ปุ่นยังได้รายงานไว้ว่าสารแคทิซินในชาช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูได้ โดยทำให้หนูขับถ่ายไขมันและคอเลสเตอรอลออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้นแต่กลไกยังไม่ทราบแน่ชัด จากผลการวิจัยนี้จึงเชื่อว่าสารชนิดนี้น่าจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดได้ โดยสรุปแล้วฤทธิ์ของชานั้นจะขึ้นกับสารสำคัญทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สารเหล่านี้จะถูกดูดซับสู่ทางเดินอาหารได้ถึงร้อยละ 90 แล้วแผ่กระจายไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายใน 5 นาทีและยังออกฤทธิ์อยู่ในช่วงเวลา 6-14 ชั่วโมง นอกจากนี้ในใบชายังมีปริมาณแร่ธาตุฟลูออไรด์สูง ซึ่งแร่ธาตุชนิดนี้เป็นส่วนในการเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง นักวิจัยจากศูนย์ทันตกรรมฟอร์ซีธในบอสตันได้วิจัยว่าถ้าคุณแช่ถุงชาหรือใบชาไว้นาน 3 นาทีก่อนดื่ม ชาจะสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียซึ่งทำให้เกิดฟันผุได้ถึงร้อยละ 95 จะเห็นได้ว่าการดื่มชาเขียวจึงน่าจะมีส่วนช่วยในการป้องกันฟันผุได้ แต่ทั้งนี้การดื่มชาเขียวก็มีข้อควรระมัดระวัง คือการดื่มชาเขียวในปริมาณสูงอาจมีผลในการลดการดูดซึมวิตามิน B1 และ ธาตุเหล็กได้ จากที่กล่าวมาทั้งหมดแล้วจะเห็นได้ว่าชาเขียวมีคุณประโยชน์มากมายต่อสุขภาพ ดังนั้นถ้าคุณคิดจะดื่มเครื่องดื่มสักชนิด หนึ่ง ชาเขียวก็น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุนเพื่อสุขภาพที่ดีของคุณตลอดไป แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการดื่มชาเขียวก็ควรดื่มในปริมาณที่เหมาะสมจึงจะได้คุณประโยชน์อย่างเต็มที่ สำหรับผู้ที่ไม่ชื่มชอบในการดื่มชาเขียวอาจบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ๆ ที่ ใช้ชาเขียวเป็นส่วนผสมในการปรุงแต่ง กลิ่นรส ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม หมากฝรั่ง (ดับ-กลิ่นปาก) และลูกอม เป็นต้น (พร้อมลักษณ์, 2003)

ประโยชน์ของชาเขียว

จากการทดลองในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ โรมาเนีย และอินเดีย พบว่าใบหม่อนมีสารกาบ้า (GABA = gamma amino butaric acid) ที่มีคุณสมบัติในการปรับระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ, สารฟายโตสเตอโรล (Phytosterol) ที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด นอกจากนี้ยังมีสารที่เรียกว่าดีอ๊อกซิโนจิริมายซิน (Deoxynojirimycin) สารนี้มีผลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดระดับน้ำตาลในเลือดลดการเกิดเส้นเลือดอุดตัน อันเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตและของเหลวในร่างกายซึ่งจะทำให้ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ ไต และกระเพาะปัสสาวะทำงานได้ดีอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุ วิตามิน แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินซีสูง รวมถึงกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายอีก 18 ชนิด

::ประโยชน์ของชาเขียวใบหม่อนที่ผู้บริโภคจะได้รับ:: คือ

1.สามารถลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด (คอเลสเตอรอล)

2.ปรับลดความดันโลหิตสูง หรือต่ำ ให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

3.ลดระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับคนเป็นเบาหวาน

4.ลดอาการกระดูกผุเพราะมีแคลเซียมสูง

5.ลดอาการปวดเมื่อยตามร่างกายและเป็นตะคริว

6.ลดอาการเกิดลิ่มเลือด ซึ่งทำให้เส้นเลือดอุดตัน

7.หรือเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตาย

8.ลดอัตราเสี่ยงอันตรายจากมะเร็งในตับ

9.เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตและของเหลวในร่างกาย ทำให้ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ ไต และกระเพาะปัสสาวะทำงานได้ดีอย่าง ต่อเนื่อง (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

2.22 ตำลึง

ชื่อสามัญ : Ivy ground

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Coccnia gradis (L.) Voigt Cucurbitaceae

ลักษณะ : ไม้เถา มีมือเกาะ ใบเป็นเดี่ยวรูป 5 เหลี่ยม ออกสลับกว้างและยาว 5 –8 เซนติเมตร ปลายแหลม โคนเว้า ดอกสีขาว ออกตามซอกใบ 1 – 3 ดอก ดอกแยกเพศและอยู่คนละต้น กลีบดอกรูประฆัง ปลายแผ่กว้างเป็น 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 3 อัน ผลรูปทรงกระบอกกว้าง 1.5 –2 เซนติเมตร ยาว 4 –5 เซนติเมตร สีขาวประขาวเมื่อสุกมีสีแดง เมล็ดมีจำนวนมาก โดยจะนิยมเลี้ยงตามขอบรั้วบ้านหรือตามผืนดิน มักจะขึ้นทั่วไปในที่ร่มและชื้น

ส่วนที่ใช้เป็นยา : ใบสด มีรสหวานและเหม็นเขียวเล็กน้อย (www.thaifitway.com)

สรรพคุณ : ใช้บรรเทาอาการแพ้อักเสบจากแมลงสัตว์กัดต่อย หรือตัวบุ้ง โดยใช้ใบสดล้างน้ำให้สะอาด ตำให้ละเอียดเติมดินสอพองและน้ำเล็กน้อย คั้นเอาน้ำทาบ่อยๆหรือพอกบริเวณที่เป็น นอกจากนั้นรากตำลึงยังเป็นยาธาตุเย็น ช่วยแก้อาการคลื่นไส้อาเจียน (www2.doae.go.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการ : เปี่ยมด้วยคุณค่าทางอาการมากมายทั้งโปรตีน วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี1 วิตามินบี 2 แคลเซี่ยม และ เหล็ก ช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อ บำรุงสายตา โลหิตและกระดูก แก้โรคเหน็บชา ปากนกกระจอก รวมถึงช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานโรค แต่เนื่องจากร่างกายสามารถดูดซึมวิตามินเอได้ดีในไขมัน ดังนั้นการรับประทานผักตำลึงให้ได้ประโยชน์อย่างเต็มที่ควรรับประทานควบคู่กับไขมันหรือน้ำมัน(www.thaifolk.com)

2.23 สารให้ความหวาน (Sweeterner)

น้ำตาลที่ยอมรับได้สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ฟรุคโตส (Fructose)

เป็นน้ำตาลที่พบได้ในผลไม้และสังเคราะห์ได้จากแป้งข้าวโพดและผลไม้ โดยทั้งจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ต่างก็เป็นน้ำตาลที่มีค่าไกลซีมิคต่ำ และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลได้แต่ก็จะแตกต่างกันไปตามความสามารถของแต่ละบุคคล ฟรุคโตสจะหวานกว่าน้ำตาลธรรมดาประมาณ 1เท่า 1ช้อนชาจะมีค่าเท่ากับ 20 แคลอรี่ (4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม) ผลกระทบของการเพิ่มการผลิตสารตั้งต้นของไขมัน (Lipid precursors) จะช่วยเพิ่มความเสี่ยงของสภาวะ Hypertriglyceridemia ซึ่งยังไม่มีการยืนยันอย่างแน่ชัดแม้ว่าจะเป็นบุคคลที่มีความเสี่ยงของการเพิ่มพลาสมา ไตรกลีเซอไรด์ ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 การรับประทานฟรุคโตส 60 กรัมต่อวัน ไม่ได้มีผลต่อค่าไกลซีมิคหรือการตอบสนองของไขมัน

สารให้ความหวานที่มีค่าไกลซีมิคต่ำในผลไม้ (Low glycemic fruit sweeteners)

สารให้ความหวานหรือน้ำตาลที่พบได้ในผลไม้ สารให้ความหวานชนิดนี้จะมีความจำเพาะเจาะจงกับผลไม้ที่นำมาสกัด และแคลอรี่ก็จะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำตาลที่ไม่ยอมรับในผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ซูโครส (Sucrose) (น้ำตาลทราย : Table sugar)

เป็นน้ำตาลที่เราพบได้ทั่วไป มีโครงสร้างทางเคมีเป็นไดแซกคาไรด์ให้ค่า 16 กิโลแคลอรี่ต่อ 1 ช้อนชา ผลิตได้จากอ้อยและหัวบีทเป็นน้ำตาลที่ใช้ในทางการค้ามากที่สุด คนอเมริกัน 1 คนจะบริโภคน้ำตาลทรายปริมาณ 65 ปอนด์ต่อ 1 ปี (ลดลงมาจาก 102 ปอนด์ต่อปีในปีค.ศ. 1970) แต่การลดลงของน้ำตาลทรายกลับผกผันกลับการบริโภคน้ำตาลเด็กซ์โทรสและน้ำตาลฟรุคโตส คอรน์ไซรัป (high- fructose corn syrup)(มีค่าไกลซีมิคสูง) ในอาหารทั่วๆไปจะมีกลายใส่น้ำตาล-ทรายสูงมาก เช่น น้ำอัดลม 1 กระป๋องจะใส่น้ำตาลทราย 8 – 10 ช้อนชา น้ำตาลทรายจะส่งผลกระทบให้ค่าน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลชนิดอื่นๆที่มีผลต่อค่าไกลซีมิค

แมนนิทอล (Mannitol)

สารให้ความหวานธรรมชาติที่พบได้ในหน่อไม้ฝรั่ง สับปะรด มะกอก และสาหร่าย ในทางการค้าสกัดได้มาจากกลูโคส ถูกจัดอยู่ในน้ำตาลอัลกอฮอล์เพราะทำให้ค่าน้ำตาลในเลือดสูงน้อยกว่ากลูโคสและซูโครส และไม่ได้ทำให้ขึ้นอย่างทันที มีค่าแคลอรี่ครึ่งหนึ่งของกลูโคสให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 70 เท่า แมนนิทอลจะถูกดูดซึมโดยลำไส้ได้แย่และยังส่งผลให้เกิดท้องร่วงได้ การรับประทาน 10 กรัมถึง 20 กรัมทุกวันจะส่งผลเสียต่อไตได้

ซอร์บิทอล (Sorbitol)

เป็นน้ำตาลที่หวานกว่าน้ำตาลทราย 60 เท่า ในทางการค้าได้มาจากกลูโคส ในปริมาณ 4 แคลอรี่ต่อกรัมจะถูกเผาผลาญได้อย่างสมบูรณ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นกลูโคสเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้ว จึงเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ต้องการจะควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่ แต่ถ้ารับประทานมากเกินไปจะเกิดการสะสมอยู่ในพลาสม่า ส่งผลให้เนื้อเยื่อและค่าออสโมติกเสียหายได้

ไซลิทอล (Xylitol)

น้ำตาลอัลกอฮอล์ที่ได้มาจากเปลือกไม้ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาล 5 คาร์บอนอะตอม ให้ความหวานเหมือนน้ำตาลที่พบได้ในผลไม้และผัก ในทางการค้าจะสกัดมาจากเปลือกไม้ชื่อ birch การรับประทานในจำนวนน้อยนิดจะส่งผลให้ค่าระดับน้ำตาลในเลือดสูงน้อยกว่ากลูโคส ในผู้ป่วยโรคเบาหวานจะเหมาะสมแต่ไม่ควรรับประทานเกินกว่า 60 กรัมต่อวัน ไซลิทอลสามารถเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้ และเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง

สารให้ความหวานสังเคราะห์ที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร

ได้มีการศึกษาถึงผลการทดสอบของซูโครส น้ำตาลธรรมชาติ สารให้ความหวานต่างๆต่อค่าน้ำตาลในเลือด พบว่าสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่ไม่ให้คุณค่าจะมีค่าแคลอรี่ที่ต่ำหรือแทบจะไม่มีเลย และจะไม่มีผลต่อค่าไกลซีมิคเพราะมันไม่ได้ทำตัวเป็นเหมือนน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรต แม้ว่าจะจับตัวรวมกับน้ำตาล สารให้ความหวานหรือคาร์โบไฮเดรต

แต่ว่าในทางการค้านั้นมักจะมีการเติมสารที่ให้ค่าไกลซีมิคสูงปนอยู่ด้วย ซึ่งบางยี่ห้ออาจเติมหรือไม่เติม จึงส่งผลกระทบต่อค่าไกลซีมิคโดยทำให้สูงขึ้น เช่น อิควลในซองทางการค้าจะมีเด็กซ์โตสและมอลโตเด็กซ์ตรินผสมอยู่ด้วย ซึ่งสารทั้ง 2 จะส่งผลให้ค่าไกลซีมิคสูงขึ้น

แอสปาเทม (Aspartame)(นิวทรา สวีท : Nutresweet)

สูงกว่าน้ำตาลทราย 160 – 200 เท่า ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ แอสปาติก เอซิด (Aspartic acid) และ ฟีนิลอลานีน (Phenylalanine) กรดอะมิโนจะถูกเมตาบอลิซึมได้เป็น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลแคลอรีต่อกรัม ในน้ำอัดลมแบบไดเอท 1 กระป๋องจะใส่แอสปาเทมประมาณ 180 – 200 มิลลิกรัมแอสปาเทมสามารถเสียสถานะได้ถ้าโดนความร้อน สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรค Phenylketonuria ควรงดเว้นการใช้แอสปาเทม และยังส่งผลให้เกิดอาการปวดหัวในบางคน แต่ความปลอดภัยจากการบริโภคก็ยังคงสูงอยู่และมีค่าไกลซีมิคต่ำ

อิควล (Equal)

สารให้ความหวานที่ได้รับความนิยมมากที่สุด นิวทรา สวีทเป็นสารคนละประเภทกับอิควล โดยนิวทรา สวีทเป็นชื่อทางการค้าของแอสปาเทม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอิควล (เป็นอีกยี่ห้อหนึ่งของบริษัทนิวทรา สวีท) ส่วนประกอบหลักของอิควลคือมีเด็กซ์โตสและมอลโตเด็กซ์ตริน (ซึ่งถูกจัดอยู่ในประเภทสารให้ค่าไกลซีมิคสูง)

สวีท ธิงค์ (Sweet thing)

เป็นอีกยี่ห้อหนึ่งที่ใช้แอสปาเทม แต่ไม่เหมือนกับการใช้แอสปาเทมอย่างเดียว จะบรรจุด้วยน้ำตาลที่มีคุณค่าทางอาหารหรือไม่ก็คาร์โบไฮเดรต เด็กซ์โตส มอลโตเด็กซ์ตรินหรือแอสปาเทม

สวีท แอนด์ โลว์ (Sweet & low)

ใช้แซคคารินเป็นหลักและมีเด็กซ์โตสและมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นส่วนผสมด้วย

แซคคาริน (Saccharin)

เป็นน้ำตาลที่เก่าแก่ (ถูกค้นพบเกินกว่า 100 ปี) ไม่ถูกเมตาบอไลซ์ในร่างกายคนและไม่มีแคลอรี่ ให้ความหวานมากกว่าซูโครส 200 – 700 เท่า ถ้ารับประทานมากจะส่งผลให้เกิดมะเร็งต่อสัตว์ ในปีค.ศ. 1977 องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA)ได้ประกาศห้ามใช้ แต่สภาคองเกรสได้ใช้การให้คะแนนทางประชาธิปไตยอนุมัติให้ใช้ต่อ ในผู้หญิงที่ตั้งครรภ์อาจเกิดผลกระทบต่อเด็กอ่อนในครรภ์ได้ แต่ไม่มีผลกระทบต่อค่าไกลซีมิค

ไซคลาเมต (Cyclamate)

เป็นสารให้ความหวานสังเคราะห์ตัวแรกที่ได้รับการยอมรับ ในปีค.ศ. 1969 ได้มีการทดลองกับสัตว์และรายงานว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ปัจจุบันได้มีการยอมรับว่าไม่ก่อให้เกิดการเป็นสารก่อมะเร็งโดยตรงแต่อาจจะช่วยกระตุ้นในทางอ้อมได้ ในปัจจุบันยังคงมีการทดลองถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากไซคลาเมต ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาล 30 เท่า

อะเซซัลเฟม โปตัสเซียม (Acesulfame – K)

ภายใต้ชื่อยี่ห้อ สวีท วัน (sweet-one) ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 200 เท่า ไม่ถูกเมตาบอไลซ์ ไม่ให้พลังงาน ไม่มีผลกระทบต่อค่าไกลซีมิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัลทิทอล (Maltitol)

สารให้ความหวานที่ได้มาจากการไฮโดรจีเนต (Hydrogenate) ของมอลโตส ไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกหมักได้จากจุลินทรีย์บางชนิดกลายเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ในลำไส้ใหญ่ ค่าความหวานเท่ากับน้ำตาลทราย แต่จะส่งผลต่อค่าน้ำตาลในเลือดน้อยกว่า และได้รับการยอมรับในผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ซูคราโลส (Sucralose)

ไตรคลอโรกาแลโตซูโครส (trichlorogalactosucrose) ผลิตได้จากวิธีทางเคมีโดยการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลคลอรีนซึ่งไม่สามารถถูกย่อยได้ ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 600 เท่า ถูกยอมรับในอเมริกาในปีค.ศ. 1998 ก่อนหน้านี้ในแคนาดาและยุโรปได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ใน Center for Science ได้มีการพิมพ์ถึงความสนใจในซูคราโลสว่าปลอดภัยในการเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส (food additives) ไม่ให้พลังงาน และเสถียรในการประกอบอาหาร ได้รับการยอมรับในผู้ป่วยเบาหวาน (Glycemic research institute, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงถึงน้ำตาลที่มีค่าไกลซีมิคสูง

ชื่อน้ำตาล	แหล่งที่ผลิต
Honey	น้ำเชื่อมธรรมชาติได้มาจากผึ้ง
Barley malt	สารให้ความหวานธรรมชาติได้มาจากข้าวบาร์เล่ย์บด
Date sugar	มาจากผลปาลม์มีน้ำตาลประมาณ 70 %
Table sugar	มีความบริสุทธิ์ 99.9 %
Beet sugar	ได้มาจากผลบีท
Brown sugar	ประกอบด้วยกากน้ำตาล (molasses)
Raw sugar	ประกอบจากซูโครส 96 %และกากน้ำตาล 4%
Turbinado sugar	ประกอบจากซูโครส 95 %และกากน้ำตาล 5 %
Invert sugar	ได้มาจากการไฮโดรไลซิสในขั้นตอนที่มีกลูโคส 50 %และฟรุคโตส 50 %
Caramel	ได้มาจากการนำน้ำตาลทรายมาให้ความร้อน
Corn syrup	ได้มาจากการผลิตให้ค่า yields ของกลูโคสสูง
High fructose corn syrup	ได้มาจาก corn syrup หรือกลูโคสและฟรุคโตส
Glucose	น้ำตาลธรรมดา
Dextose	น้ำตาลที่สามารถพบได้ในผลไม้และน้ำผึ้ง
Moltose	ใหญ่เกินกว่าจะถูกดูดซึมได้ในลำไส้ แต่จะถูกย่อยไปเป็นกลูโคสจึงถูกดูดซึมได้
Molass	กากเหลือทิ้งจากซูโครส
Maple sugar	คาร์โบไฮเดรตที่นำมาเติมคุณค่าทางอาหารเล็กน้อย
Maltodextrins	ในทางเทคนิคไม่นับว่าเป็นน้ำตาล แต่สามารถทำงานเหมือนน้ำตาลในร่างกายได้ มักใช้เติมในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ค่าไกลซีมิคสูง
Glucose Polymers	ค่าไกลซีมิคสูงมากเหมือน Maltodextrin
Sucanat	สารอินทรีย์ ได้มาจากการระเหยน้ำอ้อย

ที่มา : The diabetic's guide to insulin-stimulating foods (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- เจลาติน
- น้ำสกัดชาเขียว
- น้ำคั้นตำลึง
- น้ำตาลทราย
- สารแต่งกลิ่นและสีผสมอาหาร

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องออโทแอนาไลเซอร์ (Autoanalyzer) ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลศิริราช
2. เครื่องไบโอเซนเซอร์ แอดเวนเทจแอคคูเชค (Adventage accuchek)
3. แผ่นสตริป (Strip)
4. เข็มเจาะที่สามารถปรับระดับความลึกได้
5. เครื่องฮีโมลโกบินอิเล็กโทรโฟเรซิส ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล
6. สำลี
7. อัลกอฮอล์ 75 %
8. ถาดสแตนเลส
9. ผ้าขาวบาง
10. เครื่องปั่น
11. เครื่องชั่งน้ำหนัก
12. ถ้วยพิมพ์สำหรับใส่เยลลี่
13 เทอร์โมมิเตอร์
14. เครื่องสกัดชาเขียว
15. ตู้เย็น

1.6 อุปกรณ์ต่างๆในห้องครัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมี

1. อะเซซัลเฟม-โปตัสเซียม (Acesulfame – K)
2. แอสปาเทม (Aspartame)
3. ซอร์บิทอล (Sorbitol)
4. แซคคาริน (Saccharin) ชื่อทางการค้า สวีท แอนด์ โรล (sweet & low)
5. กรดซิตริก (Citric acid)

ภาพที่ 6 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยลลี่

ภาพที่ 7 แสดงน้ำตาลซอร์บิทอล และแซคคาริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 แสดงน้ำคั้นตำลึง

ภาพที่ 9 แสดงอุปกรณ์ในการผลิตเยลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 แสดงเครื่องสกัดชาเขียว

ภาพที่ 11 แสดงเครื่อง Advantage accuchek พร้อมเข็ม และ Strip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน

ในขั้นตอนนี้เราใช้เยลลี่ยี่ห้อ Jell-O ซึ่งเป็นเยลลี่สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่จัดจำหน่ายโดยบริษัท Kraft foods Inc.ในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นตัวต้นแบบ (มาตรฐาน) เพื่อให้เราผลิตเยลลี่ที่มีรสชาติใกล้เคียงมากที่สุด โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆเพื่อให้ได้เยลลี่ที่ใกล้เคียงที่สุด ส่วนประกอบหลักของ Jell-O ประกอบด้วย เจลาตินและใช้สารให้ความหวาน ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจาก

1.1 ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการแข็งตัวของเจลาติน

1.1.1 ศึกษาถึงความเข้มข้นของเจลาตินที่แข็งตัวดีที่สุด เริ่มจากความเข้มข้นเจลาตินร้อยละ 0.25 , 0.5 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 โดยการนำน้ำมาตั้งไฟจนได้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการใส่เจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ กวนจนเจลาตินละลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน(แต่อุณหภูมิต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส) ยกลงจากเตาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเหลือ ประมาณ 60 องศาเซลเซียส จึงเทใส่แม่พิมพ์และนำไปแช่ตู้เย็นทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงแล้วนำมาดูลักษณะของเยลลี่ที่เราต้องการ*

1.1.2 ศึกษาถึงความเข้มข้นของกรดซิตริกที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน เริ่มจากความเข้มข้นซิตริกร้อยละ 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 และ 1 (w / v) โดยการนำน้ำมาตั้งไฟจนได้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสจากนั้นทำการใส่เจลาตินความเข้มข้นที่คัดเลือกแล้ว กวนจนเจลาตินละลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน(แต่อุณหภูมิต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส) ยกลงจากเตาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส จึงใส่กรดซิตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ กวนให้เข้ากัน แล้วจึงเทใส่แม่พิมพ์และนำไปแช่ตู้เย็นทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงแล้วนำมาดูลักษณะของเยลลี่ที่เราต้องการ*

1.1.3 ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารให้ความหวานที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน โดยทำการใส่สารให้ความหวานครั้งละ 1 ตัวไล่ชนิดสารให้ความหวานเริ่มจากอะเซซัลเฟม–โปตัสเซียม แอสปาเทม ซอร์บิทอลและแซคคาริน เริ่มจากความเข้มข้นของสารให้ความหวานร้อยละ 0.5 , 1 , 3 , 5 , 7 , 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 (w / v) โดยการนำน้ำมาตั้งไฟจนได้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสจากนั้นทำการใส่เจลาตินที่คัดเลือกแล้ว พร้อมกับสารให้ความหวานแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ กวนจนเจลาตินละลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน(แต่อุณหภูมิต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส) ยกลงจากเตาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงใส่กรดซิตริกที่ความเข้มข้นที่คัดเลือกแล้ว กวนให้เข้ากัน แล้วจึงเทใส่แม่พิมพ์และนำไปแช่ตู้เย็นทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงแล้วนำมาดูลักษณะของเยลลี่ที่เราต้องการ*

ลักษณะของเยลลี่ที่เราต้องการคือ มีความกรอบ แข็ง ไม่เละ เมื่อคว่ำแม่พิมพ์แล้วเยลลี่ไม่ไหลออกมา

1.2 ทำการศึกษาถึงการปรับส่วนผสมต่างๆ เพื่อให้ได้รสชาติและรูปลักษณ์ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐาน โดยใช้ความเข้มข้นของเจลาตินและกรดซิตริกที่ได้คัดเลือกแล้ว ตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่ทำการปรับที่สารให้ความหวานซึ่งได้สูตรต่างๆ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสูตรต่างๆ ของเยลลี่

ส่วนประกอบ(%)	สูตรเยลลี่							
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่8
เจลาติน	2	2	3	3	3	3	3	3
คาราจีแนน	-	-	-	-	-	-	-	1
น้ำตาลทราย	-	-	-	15	15	15	20	20
กรดซิตริก	-	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1
สีและกลิ่นสังเคราะห์	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางที่ 5 สูตรต่างๆของเยลลี่โดยการปรับสูตรเฉพาะสารให้ความหวาน

ส่วนประกอบ(%)	สูตรเยลลี่				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
เจลาติน	3	3	3	3	3
กรดซิตริก	1	1	1	1	1
แซคคาริน	0.83	0.92	1	-	-
ซอร์บิทอล	-	0.92	-	25	-
ไซลิทอล	-	-	6.5	-	-
อะเซซัลเฟม-เค	-	-	-	1.5	3
แอสปาแทม	-	-	-	-	0.5
สีและกลิ่นสังเคราะห์	-	0.01	0.01	0.01	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการผลิตเยลลี่ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

2.1 ทำการพัฒนาเยลลี่ที่ได้รสชาติและรูปลักษณ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ให้มีคุณค่ามากขึ้น โดยการใส่น้ำสกัดชาเขียวและน้ำคั้นตำลึง จากนั้นทำการปรับส่วนผสมต่างๆจนได้สูตรออกมาดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงส่วนผสมต่างๆ ของเยลลี่ชาเขียวและชาเขียวมะนาว

ชนิดของส่วนผสม	เยลลี่ชาเขียวมะนาว	เยลลี่ชาเขียว
	ปริมาณส่วนผสม (%)	
เจลาติน	3	3
น้ำสกัดชาเขียว	68.48	69.14
ซอร์บิทอล	21.7	21.7
แซคคาริน	1.16	1.16
น้ำคั้นตำลึง	5	5
กรดซิตริก	0.66	-

โดยมีวิธีการทำ คือ นำน้ำสกัดชาเขียวมาตั้งไฟอุ่นจนได้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสจากนั้นทำการใส่เจลาติน 3 พร้อมกับซอร์บิทอล แซคคารินและน้ำคั้นตำลึง กวนจนเจลาตินละลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน(แต่อุณหภูมิต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส) ยกลงจากเตาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส จึงใส่กรดซิตริกแล้วกวนให้เข้ากัน แล้วจึงเทใส่แม่พิมพ์และนำไปแช่ตู้เย็น จากนั้นนำมาแจกให้แก่อาสาสมัครจำนวน 20 คนทดลองชิม เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้วิธีทางสถิติ Pair- comparison เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ แสดงในภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 แสดงผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวมะนาว

2.2 การหาค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่

2.2.1 การจัดเตรียมและคัดเลือกอาสาสมัครผู้รับการทดลองเจาะเลือดค่าดัชนีกลูโคส ทำการตรวจร่างกายอาสาสมัครที่คณะเทคนิคการแพทย์โรงพยาบาลศิริราชมหาวิทยาลัยมหิดล เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

- เครื่องออโทแอนาไลเซอร์ (Autoannalyzer) ใช้วิธีวิเคราะห์การทำงานของตับและของอาสาสมัคร โดยแสดงค่าต่างๆที่ได้โดยใช้เครื่อง Autonalyzer และเกณฑ์มาตรฐานดังภาคผนวก ก

- เครื่องฮีโมลโกลบินอิเล็กโทรโฟเรซิส (Haemoglobin electrophoresis) ใช้ตรวจวัดค่า Haemoglobin A_{IC} ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบการตอบสนองของการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate metabolism) ว่าเป็นปกติหรือไม่ โดยเกณฑ์มาตรฐาน Haemoglobin A_{IC} ของคนปกติทั่วไปนั้นจะมีค่าอยู่ที่ระดับ 4.8 – 6 U/l

2.2.2 การหาความเข้มข้นของน้ำตาลเพื่อหามาตรฐานที่เหมาะสมในการหาค่าดัชนีกลูโคส (Glycemic Index)

2.2.2.1ทำการเจาะเลือดเพื่อหากราฟของระดับน้ำตาล โดยให้อาสาสมัครรับประทานน้ำตาลกลูโคสในปริมาณ 1.25 กรัมต่อ 1 กิโลน้ำหนักร่างกาย (ค่าน้ำตาลที่เบี่ยงเบนตามน้ำหนักร่างกายตามทฤษฎีการตอบสนองของตับ : ข้อมูลจากสมาคมเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณโดยการนำค่าน้ำหนัก (กิโลกรัม)ของอาสาสมัครแต่ละคนมาคูณกับ 1.25 จะได้ค่าเป็นปริมาณน้ำตาลที่อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทาน

2.2.2.2 จากนั้นทำการชั่งน้ำตาลแต่ละความเข้มข้นมาละลายน้ำ โดยใช้น้ำเปล่าที่สามารถละลายน้ำตาลกลูโคสได้หมดตามความเหมาะสม ทำการคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วให้อาสาสมัครแต่ละคนดื่มจนหมด ทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่ทุก 20 นาที นำค่าปริมาณน้ำตาลที่ทุก 20 นาทีพลอตกราฟดูแนวโน้มของกราฟ

ขั้นตอนการเจาะเลือด

ทำการนัดอาสาสมัครมาเจาะเลือด โดยให้อาสาสมัครอดอาหารมาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ทำการเจาะเลือดให้กับอาสาสมัคร เพื่อหาค่าน้ำตาลที่อดอาหารมาแล้ว 8 ชั่วโมง (Fasting Blood Sugar, FBS) ให้อาสาสมัครรับประทานน้ำตาลปริมาณ 100 กรัม จากนั้นทำการเจาะเลือดเพื่อหาระดับน้ำตาลในเลือดที่เวลาที่ 0 นาที ทำการเจาะเลือดทุกๆ 25 นาทีจนกว่าค่าของระดับน้ำตาลที่วัดได้จะต่ำกว่าค่า FBS ที่ทำการเจาะในครั้งแรก

วิธีการเจาะเลือด มีดังนี้

ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 75 % เช็ดนิ้วผู้รับการทดลอง จากนั้นทำการเปลี่ยนเข็มและปรับระดับความลึกให้เหมาะสม ให้อาสาสมัครบริหารมือเพื่อให้เลือดไหลเวียนได้ดี ทำการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้วที่เช็ดแอลกอฮอล์โดยเลือกนิ้วชี้และนิ้วนาง เมื่อเจาะได้เป็นหยดเลือดกลมนูน จึงนำหยดเลือดของผู้รับการทดลองมาทาบลงบนแผ่น strip แล้วจึงวัดด้วยเครื่องไบโอ-เซนเซอร์จะได้ค่าระดับน้ำตาลในเลือดออกมา โดยวิธีการเจาะเลือดแสดงดังภาพที่

จากนั้นทำการหาพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยแต่ละความเข้มข้นดังสมการต่อไปนี้

วิธีหาพื้นที่ใต้กราฟ (Wolver, TMS และคณะ, 1990)

$$\text{สูตรการหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ} = \left(A + B + C + \frac{D}{2}\right)t + \frac{D^2 t}{(D + |E|)}$$

โดยที่ A = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่ 1

B = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่ 2

C = ค่าระดับน้ำตาลในการเจาะครั้งที่ 3

D = ค่าระดับน้ำตาลที่มีค่ามากกว่าในการเจาะนาทีที่ 0

E = ค่าระดับน้ำตาลที่มีค่าน้อยกว่าในการเจาะนาทีที่ 0

นำพื้นที่ใต้กราฟจากความเข้มข้นน้ำตาลต่างๆของอาสาสมัครแต่ละคน มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงการเจาะเลือดโดยการใช้เข็มเจาะที่ปลายนิ้ว

ภาพที่ 14 แสดงการนำหยดเลือดที่อยู่บนนิ้วมาทาบกับแผ่น Strip

2.2.2.3 ทำการหาค่าดัชนีกลูโคสในเยลลี่โดยทำการทดสอบกับอาสาสมัคร

ทำการนัดอาสาสมัครมาเจาะเลือด โดยให้อาสาสมัครอดอาหารมาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (ให้อาสาสมัครงดอาหารและน้ำตั้งแต่เวลาเที่ยงคืนของคืนก่อนทำการทดสอบ) ทำการเจาะเลือดอาสาสมัครเพื่อหาค่าน้ำตาลที่อดอาหารมาแล้วอย่างน้อยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ที่เวลา 8 นาฬิกาของเช้าวันทดสอบ) แจกเยลลี่ขนาด 1 หน่วยบริโภค (per serving : ประมาณ 2 แม่พิมพ์ (60 กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสุ่มให้แก่อาสาสมัคร ทำการเจาะเลือดที่นาที 0 และทุกๆ 25 นาทีจนครบเวลา 180 นาทีนับจากหลังรับประทานเยลลี่หมด

นำค่าน้ำตาลที่วัดได้มาทำการพลอทกราฟ นำมาหาค่าพื้นที่ใต้กราฟและค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่ โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานเยลลี่ หารด้วย ค่าพื้นที่ใต้กราฟของการรับประทานน้ำตาลกลูโคส 1.25 กรัมต่อ 1 กิโลน้ำหนักร่างกาย คูณด้วย 100

ขั้นตอนที่ 3 : ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองที่ได้

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีกลูโคสของน้ำตาลกลูโคสและค่าเฉลี่ยดัชนีกลูโคสของเยลลี่ ถ้าค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่น้อยกว่าค่าดัชนีกลูโคสของน้ำตาลกลูโคส ถือว่าเยลลี่ที่ผลิตได้นี้ผู้ป่วยโรคเบาหวานสามารถรับประทานได้ แต่ถ้ามากกว่าถือว่าการทดลองนี้ไม่สำเร็จ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ถ้าค่าเฉลี่ยดัชนีกลูโคสของเยลลี่ที่เปรียบเทียบกับค่าดัชนีกลูโคสของน้ำตาลกลูโคส

อยู่ในช่วง 0 – 35 ถือว่าค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่ต่ำ

อยู่ในช่วง 35 - 70 ถือว่าค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่ปานกลาง

อยู่ในช่วง 70– 100 ถือว่าค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่สูง

(อ้างอิงตามสถาบันไกลซีมิค อินเดกซ์ แห่ง กรุงวอชิงตัน ดี ซี)

ถ้าค่าอยู่ในช่วง ต่ำ ถึง ปานกลาง เรายอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ขั้นตอนที่ 1 : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน

1.1 ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการแข็งตัวเจลาติน

1.1.1 ศึกษาถึงความเข้มข้นของเจลาตินที่แข็งตัวดีที่สุด เริ่มจากความเข้มข้นร้อยละ 0.25 , 0.5 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ไม่แข็งตัวเมื่อผ่านการแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงพอดี เยลลี่นำมาคว่ำแม่พิมพ์แล้วจะมีเยลลี่ไหลออกมา แต่ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ขึ้นไปพบว่าเมื่อผ่านการแช่ที่ตู้เย็นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงพอดี เยลลี่จะมีลักษณะตามที่เราต้องการ คือ เมื่อคว่ำแม่พิมพ์แล้วเยลลี่จะไม่ไหลออกมาและมีความแข็งและกรอบที่กำลังดี

1.1.2 ศึกษาถึงความเข้มข้นของกรดซิตริกที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน เริ่มจากความเข้มข้นซิตริกร้อยละ 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 และ 1(w / v) จากการทดลองพบว่าไม่ว่าจะใส่กรดซิตริกที่ความเข้มข้นเท่าไรก็ไม่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน เยลลี่ที่ได้ยังคงมีลักษณะตามที่เราต้องการ

1.1.3 ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารให้ความหวานที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน โดยทำการสารให้ความหวานครั้งละ 1 ตัว ไล่ชนิดสารให้ความหวานเริ่มจากอะเซซัลเฟม–โปตัสเซียม แอสปาเทม ซอร์บิทอลและแซคคาริน เริ่มจากความเข้มข้นของสารให้ความหวานร้อยละ 0.5 , 1 , 3 , 5 , 7 , 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 (w / v) จากการทดลองพบว่าไม่ว่าจะใส่สารให้ความหวานชนิดอะไรและความเข้มข้นต่างๆดังที่แสดง ต่างก็ไม่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน

1.2 ทำการศึกษาถึงการปรับส่วนผสมต่างๆ เพื่อให้ได้รสชาติและรูปลักษณ์ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐาน โดยใช้ความเข้มข้นของเจลาตินและกรดซิตริกที่ได้คัดเลือกแล้วตามตารางที่ 4 ได้แสดงไว้ จากตารางที่ 5 พบว่าการใช้สารให้ความหวานเพียงชนิดเดียวมาเป็นตัวให้ความหวานจะให้รสชาติที่ไม่ดี มีความขมที่ปลายลิ้นเกิดขึ้นหลังจากรับประทานเยลลี่ จึงทำการผสมสารให้ความหวาน 2 ชนิดเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการส่งเสริมรสชาติของสารให้ความหวานแต่ละตัว การใช้แซคคารินควบคู่กับซอร์บิทอลจะให้รสชาติหวานที่ดีที่สุด (ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐาน) ซอร์บิทอลจะเป็นตัวให้ความหวานหลักส่วนแซคคารินจะช่วยเสริมให้ความหวานกล่มกล่อมดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการผลิตเยลลี่ที่มีน้ำตาลต่ำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

2.1 ทำการพัฒนาเยลลี่ที่ได้รสชาติและรูปลักษณ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคให้มีคุณค่ามากขึ้น โดยการใส่น้ำสกัดชาเขียวและน้ำคั้นตำลึง จากนั้นทำการปรับส่วนผสมต่างๆจนได้สูตรออกมา 2 สูตร คือ ชาเขียวมะนาวและชาเขียวโดยมีส่วนประกอบแสดงดังตารางที่ 6 จากการทดสอบทางสถิติโดยวิธี pair comparison พบว่าสูตรชาเขียวมะนาวได้รับการยอมรับมากที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.2 การหาค่าดัชนีกลูโคสของเยลลี่

2.2.1 การจัดเตรียมและคัดเลือกอาสาสมัครผู้รับการทดลองเจาะเลือดค่าดัชนีกลูโคส

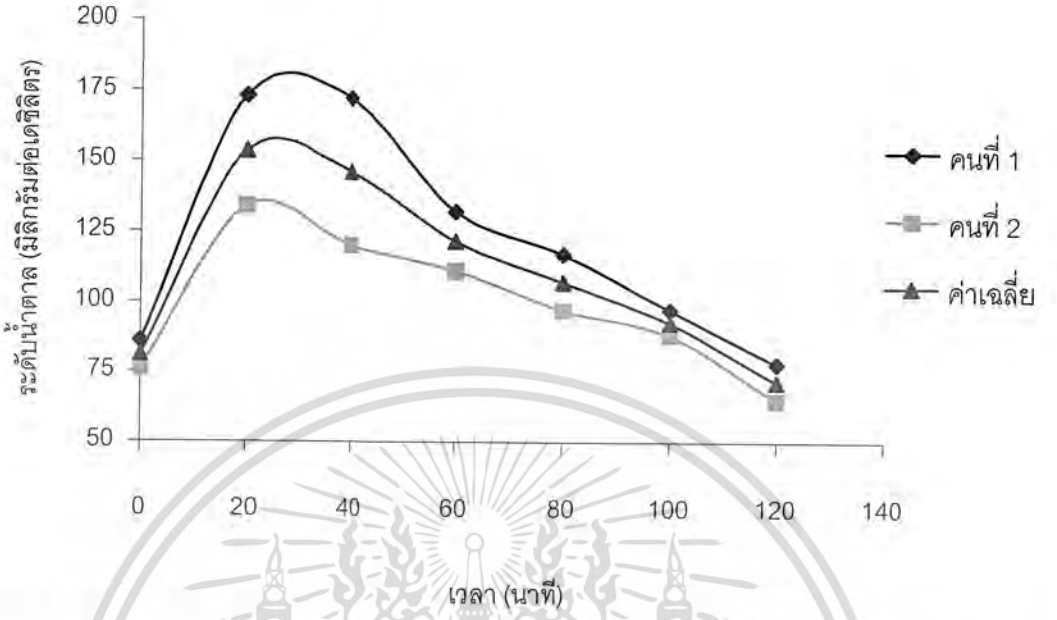
ทำการตรวจร่างกายอาสาสมัครที่คณะเทคนิคการแพทย์โรงพยาบาลศิริราชมหาวิทยาลัยมหิดล ได้อาสาสมัครที่ผ่านการคัดเลือกว่ามีสุขภาพสมบูรณ์ตามที่เราต้องการทั้งหมด 4 คน โดยมีผลการตรวจสอบแสดงในภาคผนวก ข

2.2.2 การหาความเข้มข้นของน้ำตาลเพื่อหามาตรฐานที่เหมาะสมในการหาค่าดัชนีกลูโคส (Glycemic Index)

ทำการเจาะเลือดเพื่อหากราฟของระดับน้ำตาล โดยให้อาสาสมัครรับประทานน้ำตาลกลูโคสในปริมาณ 1.25 กรัมต่อ 1 กิโลน้ำหนักร่างกาย (ค่าน้ำตาลที่เบี่ยงเบนตามน้ำหนักร่างกายตามทฤษฎีการตอบสนองของตับ : ข้อมูลจากสมาคมเบาหวานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา) ซึ่งคำนวณโดยการนำค่าน้ำหนัก (กิโลกรัม)ของอาสาสมัครแต่ละคนมาคูณกับ 1.25 จะได้ค่าเป็นปริมาณน้ำตาลที่อาสาสมัครแต่ละคนจะต้องรับประทาน

ทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่ทุก 20 นาที นำค่าปริมาณน้ำตาลที่ทุก 20 นาที พลอตกราฟดูแนวโน้มของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 2 คน เมื่อรับประทานน้ำตาลตามสัดส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อ 1 กิโลน้ำหนักร่างกาย)

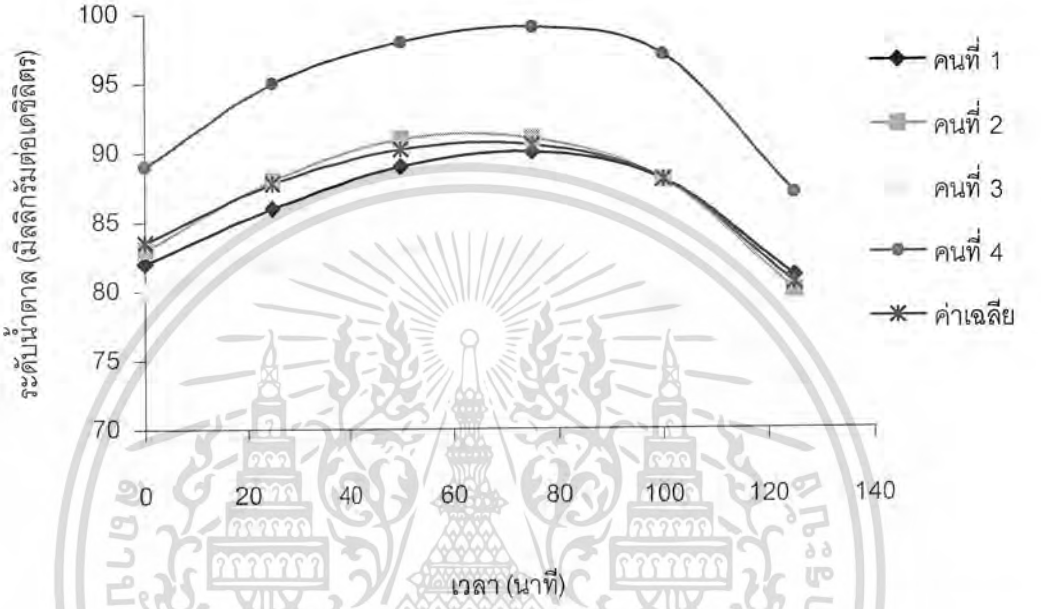
จากภาพที่ 15 จะสังเกตเห็นว่าระดับน้ำตาลก่อนรับประทานกลูโคส (หลังอดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง) จะอยู่ในช่วงปกติ หลังรับประทานกลูโคสลักษณะของกราฟจะค่อยๆสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 30 นาทีแรกมีค่าระดับน้ำตาลสูงที่สุด จากกราฟเฉลี่ยจะมีค่าสูงสุด คือ 155 mg / dl และจะค่อยๆลดลงจนต่ำกว่าค่าระดับน้ำตาลเริ่มต้น (Fasting blood sugar : FBS) เนื่องมาจากฮอร์โมนอินซูลินทำการนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือด ไปเป็นแหล่งพลังงานของร่างกายหรือเป็นพลังงานสะสมได้หมด รูปกราฟจะมีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ในคนสุขภาพปกติหลังจากรับประทานกลูโคสเข้าไปแล้วลักษณะกราฟจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและจะค่อยๆลดลง ภายในเวลาไม่เกิน 180 นาทีหลังจากรับประทานเข้าไป แต่ถ้าเป็นในผู้ป่วยโรคเบาหวานค่าระดับน้ำตาลในเลือดจะพุ่งสูงขึ้นไปเรื่อยๆ และจะไม่ยอมลดต่ำลงภายในเวลา 180 นาที ส่งผลให้เกิดสภาวะระดับน้ำตาลในเลือดสูงผิดปกติ (hyperglycemia) ที่อาจเกิดโรคต่างๆตามมา

2.2.2.3 ทำการหาค่าดัชนีกลูโคสในเยลลี่โดยทำการทดสอบกับอาสาสมัคร

ทำการนัดอาสาสมัครมาเจาะเลือด โดยให้อาสาสมัครอดอาหารมาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (ให้อาสาสมัครงดอาหารและน้ำตั้งแต่เวลาเที่ยงคืนของคืนก่อนทำการทดสอบ) ทำการเจาะเลือดอาสาสมัครเพื่อหาค่าน้ำตาลที่อดอาหารมาแล้วอย่างน้อยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ที่เวลา 8 นาฬิกาของเช้าวันทดสอบ) แจกเยลลี่ขนาด 1 หน่วยบริโภค (per serving : ประมาณ 2 แม่พิมพ์ (60 กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสุ่มให้แก่อาสาสมัคร ทำการเจาะเลือดที่นาที 0 และทุกๆ 25 นาทีจนครบเวลา 180 นาทีนับจากหลังรับประทานเยลลี่หมด

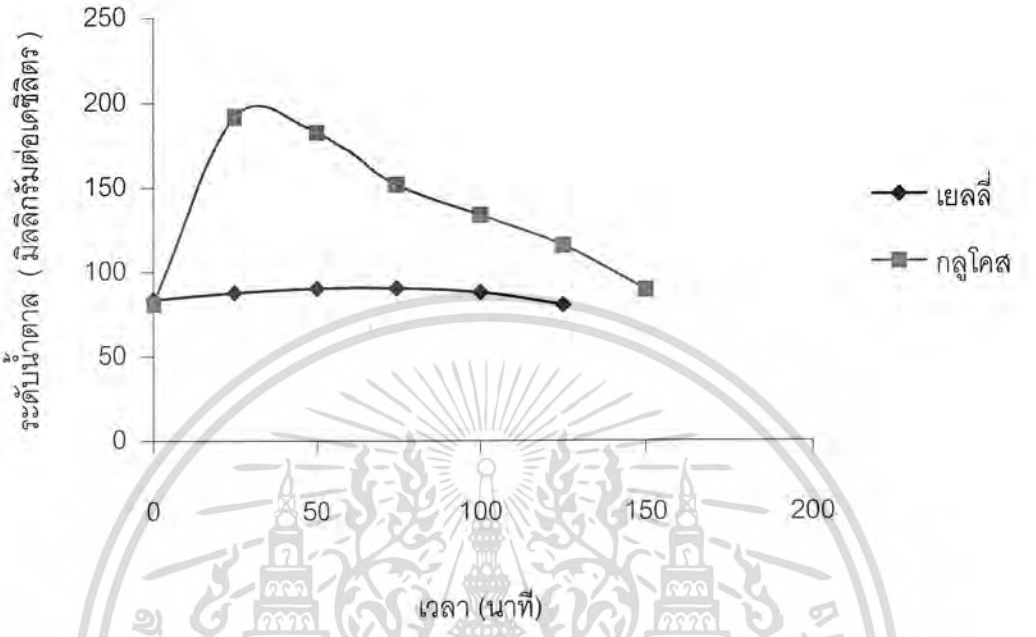


ภาพที่ 16 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัครทั้ง 4 คน เมื่อรับประทาน เยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)

จากภาพที่ 16 จะสังเกตเห็นว่าระดับน้ำตาลในเลือดเริ่มต้นจะอยู่ในช่วงปกติ หลังรับประทานเยลลี่เข้าไป ลักษณะกราฟจะไม่ขึ้นสูงภายใน 30 นาทีเหมือนกับการรับประทานกลูโคส รูปกราฟจะค่อยๆสูงขึ้นอย่างช้าๆเนื่องจากน้ำตาลในเยลลี่จะค่อยๆถูกปล่อยออกมา ค่าระดับน้ำตาลจะสูงสุดเมื่อผ่านไปได้ประมาณ 80 นาที และค่าสูงสุดของเยลลี่เมื่อดูจากกราฟเฉลี่ยเท่ากับ 89 mg / dl ซึ่งถือว่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรับประทานกลูโคส แม้จะเป็นค่าระดับน้ำตาลสูงสุดของเยลลี่ ก็ยังคงอยู่ในช่วงของระดับน้ำตาลในเลือดของคนปกติหลังผ่านการอดอาหารมาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (80 – 110 mg / dl) และค่อยๆลดลงอย่างรวดเร็วเพราะค่าสูงสุดไม่มากนัก จึงดีมากสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ขาดฮอร์โมนอินซูลิน เพราะน้ำตาลในเยลลี่จะถูกกักเอาไว้ก่อนแล้วค่อยๆสลายออกมาเข้าสู่เลือด ทำให้การลำเลียงน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ไม่เกิดอาการติดขัดเป็นไปได้อย่างราบเรียบ ไม่เกิดอาการน้ำตาลคั่งในเลือด และอาจจะมาจากการที่เราใช้น้ำสกัดชาเขียวและน้ำคั้นตำลึงที่มีคุณค่าในการลดระดับน้ำตาลในเลือด และป้องกันการสะสมของคลอเรสเตอรอล จึงช่วยในการชะลอการสายน้ำตาลด้วย (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2002); Haber; et. al. 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 : ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองที่ได้



ภาพที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำตาลเฉลี่ยของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานกลูโคสตามสัด-ส่วนของร่างกาย (1.25 กรัมต่อ 1 กิโลน้ำหนักร่างกาย) และเยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)

จากภาพที่ 17 จะสังเกตเห็นว่าเมื่อนำค่าเฉลี่ยจากกราฟของกลูโคสและเยลลี่มาทำการเปรียบเทียบกัน จากการประเมิณด้วยสายตาอย่างคร่าวๆค่าพื้นที่ใต้กราฟของเยลลี่น้อยกว่าค่าพื้นที่ใต้กราฟของกลูโคสเกือบครึ่งหนึ่ง โดยเทียบจากค่าสูงสุดของแต่ละกราฟกลูโคสจะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 190 mg / dl แต่ของเยลลี่คือ 80 mg / dlและยังคงอยู่ในช่วงระดับน้ำตาลปกติด้วย จึงนำค่าพื้นที่ใต้กราฟของทั้ง 2 มาทำการคำนวณตามสูตรที่แสดงไว้ในวิธีการทดลอง

จะได้ค่าพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 12063.23 และค่าพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของเยลลี่เท่ากับ 8355.76 สามารถคำนวณหาค่า GI ของเยลลี่ได้ดังนี้

$$\text{GI ของเยลลี่} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของเยลลี่}}{\text{พื้นที่ใต้กราฟของกลูโคส}} \times 100$$

GI ของเยลลี่ = 63%

ได้ค่า GI ที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามหลักของสถาบันไกลซีมิค อินเด็กซ์แห่งกรุงวอชิงตัน ดี ซี แต่ในผู้ป่วยโรคเบาหวานเมื่อรับประทานเยลลี่ของเรา ค่าระดับน้ำตาลในเลือดอาจมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่านี้เล็กน้อย คือ อาจจะสูงมากกว่านี้แต่ยังควบคุมได้ไม่อันตรายเหมือนการรับประทานกลูโคส (David; et. al. 1988; Janette; et. al. 1991; Truswell, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองในขั้นตอน การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน โดยการดูว่า กรดซิตริก สารให้ความหวาน และตัวเจลาตินเองมีผลอย่างไรบ้างต่อการแข็งตัวที่เรายอมรับพบว่า ปัจจัยทั้ง 3 อย่างไม่มีผลต่อการแข็งตัวของเจลาติน ต่อมาเป็นการผลิตเยลลี่ที่มีค่าดัชนีกลูโคสต่ำ (low glycemic index : low GI) เมื่อหาความเข้มข้นของปัจจัยทั้ง 3 ที่เหมาะสมต่อการทำเยลลี่ของเราได้แล้ว คือ เจลาติน 3 % กรดซิตริก 0.66 % และสารให้ความหวาน 23 % ทั้งหมดในหน่วย w / v จากนั้นทำการคัดเลือกหาสารให้ความหวานที่จะทำให้ได้รสหวานคล้ายตัวมาตรฐาน พบว่าการใช้ซอร์บิทอลและแซคคารินจะช่วยในการส่งเสริมรสชาติซึ่งกันและกัน โดยซอร์บิทอลเป็นตัวให้ความหวานหลักส่วนแซคคารินเป็นตัวเสริมความหวานให้กลมกล่อม ขั้นตอนถัดมาจึงมาทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น โดยการใช้น้ำสกัดชาเขียวและน้ำคั้นตำลึงที่มีสรรพคุณในการลดปริมาณไขมันในเส้นเลือดและช่วยปรับระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวาน มาเป็นส่วนประกอบได้ออกมา 2 สูตร คือ ชาเขียวมะนาวและชาเขียว และใช้วิธีทางสถิติ pair comparison มาช่วยในการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด คือ ชาเขียวมะนาวที่มีส่วนประกอบเป็นน้ำสกัดชาเขียว 68.48 % เจลาติน 3 % น้ำคั้นตำลึง 5 % ซอร์บิทอล 21.7 % แซคคาริน 1.16 %และกรดซิตริก 0.66 % เมื่อได้เยลลี่ที่สมบูรณ์แล้วจึงมาทำการทดสอบหาค่า GI ของเยลลี่โดยการนำค่าพื้นที่ใต้กราฟของเยลลี่หารด้วยค่าพื้นที่ใต้กราฟของกลูโคสคูณด้วย100 เริ่มจากการคัดเลือกอาสาสมัครที่มีสุขภาพปกติ 4 คนที่ทำการอดอาหารมาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงมารับประทานกลูโคสปริมาณ 1.25 กรัมต่อ 1 กิโลของน้ำหนักร่างกาย จากนั้นทำการเจาะเลือดอาสาสมัครทุก 20 นาทีจนครบ 180 นาที นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟ วันต่อมาวิธีคงเดิมยกเว้นเปลี่ยนเป็นรับประทานเยลลี่จำนวน 60 กรัมแทน นำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของทั้ง 2 กราฟมาทำการคำนวณตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้ค่า GI ของเยลลี่เท่ากับ 63 %ซึ่งถือว่าเป็นอาหารที่มีค่า GI ต่ำตามที่สถาบันไกลซีมิค อินเด็กซ์ได้ระบุไว้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่ามีการใช้จำนวนอาสาสมัครน้อยเกินไป จึงทำให้การคำนวณเปรียบเทียบผลทางสถิตินั้นไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองแต่ละครั้งนั้นจะต้องใช้ทุนสูงในการซื้ออุปกรณ์ เช่น แผ่นสตริป เข็มเจาะเลือดอัตโนมัติ และค่าใช้จ่ายแก่อาสาสมัครแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2540. **ผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เกศกาญจน์ ลิมเรืองวุฒิกุล. 2531. **เพคตินและอุตสาหกรรมในการทำแยม เยลลี่ มาร์มาเลด** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จงกลรัตน์ เอื้อบูรณานนท์. 2539. **การศึกษาการผลิตเยลลี่จากน้ำสกัดเยื่อหุ้มมล็ดโกโก้**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุมพล ผลประมูล, ไถ้ออน ชินธเนศ, วรนุช ฉัตรสุทธิพงศ์, พิพัฒน์ เจิดรังษี, วิภา วีรวัฒน์นภากูล, บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์, กัลยพงษ์ จตุรพาณิชย์, สุภาพ สุจริต, สุรวัฒน์ จริยาวัฒน์ และรุ่งชัย ชวนไชยกูล. 2539. **สรีรวิทยา**. กรุงเทพฯ: คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร** ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดรุณี เอ็ดเวอร์ดส์. 2531. **เทคโนโลยีการผลิตอาหาร**. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมการบริการ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ดุษณี ธนะบริพัฒน์. 2537. **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม**. ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธารดาว ทองแก้ว. 2544. **หมอชาวบ้าน**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี บจก.

มนตรี จุฬาวัฒนทล, ชิษณุสรร สวัสดิวัฒน์, ยงยุทธวงศ์, ภิญโญ พานิชพัฒธ์, ประหยัด โกมทัต, พิณทิพ รื่นวงษา, ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล, บุรชัย สนธยานนท์, สุมาลี ตั้งประดับกุล และมธุรส พงษ์ลิขิตมงคล. 2542. **ชีวเคมี**. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เรียม เตชะโสภณมณี, เกษนภา เตกาญจนวนิช, ลินจง สุขลำภู และ วีระพงศ์ ปรัชณาสิทธิกุล. 2543. **การตรวจหาค่าและจัดทำตารางมาตรฐานดัชนีกลูโคสในผัก ผลไม้และอาหารไทยเพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับโรคเบาหวาน**. กรุงเทพฯ. [ม.ป.ท.]

วลัย อินทรพรรย์. 2528. **โภชนาการกับโรคเบาหวาน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์การพิมพ์

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2522. **ทฤษฎีอาหาร เล่ม2 หลักการประกอบอาหารและการควบคุมคุณภาพ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหารเล่ม2 หลักการถนอมและควบคุณภาพอาหาร**. กรุงเทพฯ: บริษัท บี เอฟ ไอ จำกัด

ศิวาพร ศิววเวชช. 2529. **วัตถุเจือปนในอาหาร เล่มที่1**. ครั้งที่4. กรุงเทพฯ:คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศศิเกษม ทองยงค์. 2535. **ทฤษฎีอาหารเล่ม 2 หลักการแปรกอบอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร**. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม. 2521. **มาตรฐานแยม เยลลี่ มาร์มาเลด**. กรุงเทพฯ: มอก.

Bra nd, J.C.; Colagiuri, S.; Crossman, S.; Allen, A.; Roberts, D.C.K. and Truswell, A.S.. 1991. Low-glycemic index foods improve long-term glycemic control in NIDDM. **Diabetes Care**. 14(2):95-101

Fontivielle, A.M.; Rizkalla, S.W.; Penformis, A.; Acosta, M.;Bornet, F.R.J. and 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. **Glycemic Research Index**. Washington D.C.;[n.p.]

Haber, G.B.; Heaton, K.W. and Murphy, D.. 1977. Depletion and disruption of dietary fibre . Effects on satiety, plasma-glucose and serum-insulin. **The Lancet**. 2:679-682

Horace, D.G.. 1997. **Food colliod**. London. The Avi publishing company Inc.

Jenkins, D.J.A.; Wolever, T.M.S.; Buckley, G.; Kah Yun Lam; Giudici, S.; Kalmusky, J.; Jenkins, A.L.; Patten, R.L.; Bird, J.; Wong, G. and Josse, R.G.. 1988. Low-glycemic-index starchy foods in the diabetics diet. **Ame J Clin Nutr**. 48:248-254

Perlstein, R.; Willcox, J.; Hines, C. and Milsavljevic, M.. 1997. Diatitians of asssociation of Australia review paper. Glycemic index in diabeyes management. **Aust J Nutr Diet**. 20:241-243

Poppe, J.. 1992. **Gelatin structure**. London. Johnton

Wolever, T.M.S.. 1990. The glycemic index. **World Rev Nutr Diet**. 62:120-185

Woodward, S.A.. 1990. **Gelatin Gel food gel**. New York:[n.p.]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2003. **ประโยชน์ของชาเขียว.** web.ku.ac.th/schoolnet/snet4/july8/grm_tea.htm

โครงสร้างตับอ่อน โครงสร้างโปรอินซูลินและโครงสร้างอินซูลิน. 2002. http://www.rpi.edu/dept/naturalsci/carsons/LECT 32/32 bLect.html

ตำลึง. 2003. http://www2.doae.go.th/libraly/vegetable/www/Plant/thumlung.htm

ตำลึง. 2003. www.thaifitway.com/Education/ndato/n2db/question.asp?QIP=105

ตำลึง. 2003. http://www.thaifolk.com/doc/tumluing.htm

พร้อมลักษณ์. 2003. ชาเขียว. www.greenteathai.com/greentea1.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

2.2.1 การจัดเตรียมและคัดเลือกอาสาสมัครผู้รับการทดลองเจาะเลือดค่าดัชนีกลูโคส

ตรวจร่างกายอาสาสมัครที่คณะเทคนิคการแพทย์โรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล

เครื่องมือที่ใช้

เครื่องออโทแอนาไลเซอร์ (Autoannalyzer) ใช้วิธีวิเคราะห์การทำงานของตับและไตของอาสาสมัคร

ตารางที่ 7 แสดงค่าต่างๆที่ได้โดยใช้เครื่อง Autonalyzer 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	การทำงานของไต
SGPT	0 - 40 mg/dl	การทำงานของไต
Bilirubin	0 mg/dl	การทำงานของไต
Protein	6 - 8 mg/dl	การทำงานของไต
Alkaline Phosphase	39 –117 u/l	การทำงานของไต

ที่มา : เรียม และคณะ, 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การจัดเตรียมและการคัดเลือกผู้รับการทดลองเจาะเลือดหาค่าดัชนีกลูโคส

ผลการตรวจร่างกายอาสาสมัครต่างๆได้ทำการคัดเลือกอาสาสมัครได้จำนวน 4 คน โดยมีตัวอย่างผลการตรวจร่างกายที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังภาพที่ 18

ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างผลการตรวจร่างกายของอาสาสมัคร และเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 8 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานน้ำตาลกลูโคสตามสัดส่วน ของร่างกาย (1.25 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย)

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	
คนที่1	21.60	86	86	173	172	132	117	97	78	13387.66
คนที 2	20.58	76	76	134	120	111	97	88	65	10726.14
ค่าเฉลี่ย	21.09	81	81	153.5	146	121.5	107	92.5	71.5	12056.90

ตารางที่ 9 แสดงค่าระดับน้ำตาลของอาสาสมัคร เมื่อรับประทานเยลลี่ 1 หน่วยบริโภค (60 กรัม)

อาสาสมัคร	BMI (kg/m^2)	ระดับน้ำตาล ณ เวลา (mg/dl)							ค่าพื้นที่ใต้กราฟ
		FBS	0 นาที	25 นาที	50 นาที	75 นาที	100 นาที	125 นาที	
คนที่1	27.34	82	82	86	89	90	88	81	8297.78
คนที 2	25.48	83	83	88	91	91	88	80	8426.19
คนที่ 3	20.58	80	80	82	83	82	79	74	7672.39
คนที่ 4	20.07	89	89	95	98	99	97	87	9096.70
ค่าเฉลี่ย	23.37	83.5	83.5	87.75	90.25	90.5	88	80.5	8355.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปหาค่า GI ระหว่างเยลลี่ชาเขียว และเยลลี่ชาเขียวมะนาว โดยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (Paired Comparison)

$Ho : A > B \qquad Ha : A < B$

โดยที่ A = เยลลี่ชาเขียว

B = เยลลี่ชาเขียวมะนาว

จากสูตร $X^2e = [0.5 - |O_1 - E_1|]^2 - [0. - |O_2 - E_2|]^2$

โดยที่ O_1 = จำนวนคนที่ชอบ B มากกว่า

O_2 = จำนวนคนที่ชอบ A มากกว่า

E_1 = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด x ½

E_2 = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด x ½

$df = 1$, prob. = 0.05, $X^2_T = 3.841$

ถ้า $X^2e > X^2_T$; ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ยอมรับสมมุติฐานรอง

ชนิดของเยลลี่	จำนวนคนที่ชอบ
ชาเขียว	4
ชาเขียวมะนาว	16

ได้ $X^2e = 6.05$; ปฏิเสธสมมติฐานหลัก

ดังนั้นสรุปว่าเลือกชาเขียวมะนาวเพื่อนำไปหาค่า GI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้