



ปัญหาพิเศษ

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกาก
สับปะรด

**THE NUTRITIONAL VALUE OF CHOCOLATE PRODUCTS WITH
ADDED DIETARY FIBER FROM PINEAPPLE RESIDUE**

นางสาวพิไลพรรณ ทองน้อย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2560



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

วิทยาศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด

The nutritional value of chocolate products with added dietary fiber from pineapple

Residue

นามผู้วิจัยนางสาวพิไลพรรณ ทองน้อย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ พุทธิพร ส่องศรี, D.Eng.)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

0

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์

วันที่ เดือน พ.ศ.

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด

The Nutritional Value of Chocolate Products with Added Dietary Fiber
fromPineappleResidue

โดย

นางสาวพิไลพรรณ ทองน้อย

เสนอ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

พ.ศ. 2560

พิไลพรรณ ทองน้อย 2560: คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วย
เส้นใยจากกากสับปะรด ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)
สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา:
อาจารย์พุทธพร ส่องศรี, D.Eng. 70หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีผลิตซ็อกโกแลต การเสริมเส้นใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตและศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด จากการทดลองพบว่า สูตรซ็อกโกแลตที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ สูตรที่ 9 ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นไขมัน 60 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด 50 เปอร์เซ็นต์ และ บัตเตอร์เบลนด์ชนิดเค็ม 10 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นวัตถุคิบ 40 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ผงโกโก้ 14 เปอร์เซ็นต์ นมผง 12 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลไอซิ่ง 14 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยจากกากสับปะรดมีส่วนทำให้ปริมาณใยอาหารในซ็อกโกแลตเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถเสริมเส้นใยสับปะรดแบบละเอียดได้มากถึง 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของซ็อกโกแลตดังกล่าวปรากฏว่ามีปริมาณองค์ประกอบโปรตีนและน้ำตาลน้อยกว่าซ็อกโกแลตทางการค้า เนื่องจากมีส่วนส่วนของเส้นใยสับปะรดเข้าไปแทนส่วนของนมผงที่เป็นแหล่งโปรตีนและสัดส่วนของการใช้น้ำตาลที่น้อยกว่าในส่วน of ไขมัน พบว่ามีเป็นองค์ประกอบเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณไขมันสูง แต่ซ็อกโกแลตสูตรนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าซ็อกโกแลตที่ทำจากไขมันปาล์ม จึงมีผลดีต่อสุขภาพมากกว่า ดังนั้นซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยจากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์นี้สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อพัฒนาเป็นการค้าต่อไป

****คำสำคัญ:** เส้นใยอาหาร, ซ็อกโกแลต, สับปะรด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

PhilaiphanThongnoi 2017: The Nutritional Value of Chocolate Products with Added Dietary Fiber from Pineapple Residue. Bachelor of Science (Biological Science), Major Field: Biological Science, Department of Science. Special Problems Adviser: Mr. PuttapornSongsri, D.Eng.70 pages

The objectives of this research were to study the chocolate manufacturing process and nutritional value of chocolate products with added dietary fiber from pineapple. The result showed that Formula 9 is the optimized chocolate formula composed of 50 % butter blends unsalted, 10% butter blends salted, 14% cocoa powder, 12% milk powder and 14% sugar. The fiber from pineapple residue contributes to the increase in dietary fiber in chocolate, and can be added up to as much as 9% of chocolate product. The nutritional value of chocolate showed that it contains less protein and sugar than commercial chocolate, because milk power, the protein source, was replaced by pineapple fiber and using less sugar in the ingredient. The fat content was found to be 60%. Although high in fat, this chocolate comparing to palm fat chocolate is relatively rich in unsaturated fatty acids with health benefits. Therefore, 9% pineapple fiber chocolate formula can be used commercially. It is a prototype product for further development.

****Keyword:** dietary fiber, chocolate, pineapple,

_____ / _____ / _____

Student's signature

Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์พุทธพร ส่องศรี ประธานกรรมการที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาให้โอกาสในการทำปัญหาพิเศษในด้านที่ผู้วิจัยสนใจ ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำ การทดลอง ตลอดจนตรวจทาน แก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึง การให้ข้อคิดในการทำงานต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณนางสาววีรดา ธนพงศ์ธรรมเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชา วิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือตลอดจนให้ความ สะดวกในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนเป็นอย่างดี จนกระทั่ง สำเร็จการศึกษา

พิไลพรรณ ทองน้อย

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	27
สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย	36
ผลและวิจารณ์	37
สรุปและข้อเสนอแนะ	48
สรุป	48
ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	54

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตซ็อกโกแลตตั้งแต่สูตรที่ 1 ถึง สูตรที่ 6	28
2	แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตซ็อกโกแลตตั้งแต่สูตรที่ 7 ถึง สูตรที่ 10	30
3	แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตซ็อกโกแลตที่มีการใช้เส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแทนนมผงทั้ง 10 ชุดทดลอง	32
4	แสดงผลการทดลองการทำผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตทั้ง 10 สูตร	40

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซ็อกโกแลตมาตรฐาน	56
ก2	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์	56
ก3	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซูโครสมาตรฐาน	57
ก4	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์	57
ก5	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน	57
ก6	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายเส้นใยจากกากสับปะรด	58
ก7	แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย (สับประดศรีราชา)	5
2	ลักษณะของสับประดพันธุ์อินทรีจิต	5
3	ลักษณะของสับประดพันธุ์ภูแล	6
4	ลักษณะของสับประดพันธุ์ภูเก็ต	7
5	ลักษณะของเนื้อสับประดที่คั้นน้ำออก	35
6	แสดงลักษณะของเส้นใยสับประด	36
	ก ลักษณะของกากสับประดแบบหยาบ	
	ข ลักษณะของกากสับประดแบบละเอียด	
7	การผลิตซ็อกโกแลต ก. วัตถุดิบ ประกอบด้วย ผงโกโก้ น้ำตาลไอซิ่ง และนมผง ข. การผสมวัตถุดิบและบัตเตอร์เบลนด์ ค. ลักษณะการแยกชั้นของมาร์การีนในซ็อกโกแลตสูตรที่ 1 ง. ลักษณะการเกิดฝ้าขาวของซ็อกโกแลตสูตรที่ 2 จ. ลักษณะการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของซ็อกโกแลตสูตรที่ 7 ฉ. ลักษณะการรวมกันเป็นก้อนหนืดของซ็อกโกแลตสูตรที่ 4 ช. ลักษณะการแยกตัวของซ็อกโกแลตสูตรที่ 6 ซ. ลักษณะของซ็อกโกแลตสูตรที่ 9	41
8	แสดงสารละลายซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยจากกากสับประด 9 เปอร์เซ็นต์ ทำปฏิกิริยากับน้ำยาเบรคฟอร์ดทำให้ได้สารละลายสีน้ำเงิน	43
9	แสดงกราฟสารละลายกลูโคสมาตรฐาน	45

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	แสดงสารละลายซ็อกโกแลตตัวอย่างทำปฏิกิริยากับฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทำให้ได้สารละลายเป็นสีเหลืองอมส้ม	46
ภาพผนวกที่		หน้า
ง1	การสกัดเส้นใยสับปะรด ก. สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียปอกเปลือก ข. บดเส้นใยสับปะรดเพื่อคั้นน้ำออก ค. เส้นใยสับปะรดแช่สารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ง. เส้นใยสับปะรดหลังจากอบแห้ง	69
ง2	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ก. การเจือจางสารละลายซ็อกโกแลตเพื่อหาปริมาณโปรตีน ข. การกลั่นไพลกลับของสารละลายซ็อกโกแลตเพื่อหาค่า SN ของไขมัน ค. การย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์ α -amylase เพื่อหาปริมาณเอนไซม์ ง. ลักษณะเส้นใยอาหาร	69

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด

The Nutritional Value of Chocolate Products with Added Dietary Fiber from Pineapple Residue

คำนำ

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง และมีการแปรรูปเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปแบบต่างๆ เช่น สับปะรดกระป๋อง สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดแห้ง และน้ำสับปะรด ยังพบว่าคุณค่าทางโภชนาการของสับปะรดนั้นนับว่ามีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้สับปะรดเป็นที่นิยมไปทั่วโลก ในกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดนั้นพบว่ามีวัสดุเหลือทิ้งจากส่วนต่าง ๆ ของสับปะรดเป็นจำนวนมาก ทำให้กลายเป็นของเสียทางอุตสาหกรรม ทั้ง ๆ ที่วัสดุเหล่านั้นอุดมไปด้วยเส้นใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ จึงทำให้เป็นที่สนใจที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น การสกัดเส้นใยอาหารจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะสามารถนำเส้นใยอาหารมาเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้มีการศึกษาการเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในอาหารหลายชนิด เช่น แยม มัฟฟิน คุกกี้ เนกต้าเทียม รวมไปถึงอาหารสัตว์ ทำให้เส้นใยอาหารนั้นมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มสูงเนื่องจากในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับอาหารและสุขภาพมากขึ้น เป็นที่รู้กันดีว่าใยอาหารนั้นมีประโยชน์มากมายรวมถึงมีบทบาทในการป้องกันและบรรเทาโรคต่าง ๆ ได้ เช่น ช่วยในการลดความอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรกระบบทางเดินอาหาร

ช็อกโกแลตเป็นขนมที่ได้รับความนิยมอย่างยาวนานเพราะมีรสชาติที่หอมหวานชวนรับประทาน แต่การบริโภคช็อกโกแลตที่มากเกินไปอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอุดมไปด้วยไขมัน คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการวิจัยนี้ เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และเป็นแนวทางในการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการทำผลิตซ็อกโกแลตและการเสริมเส้นใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลต
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด

ตรวจเอกสาร

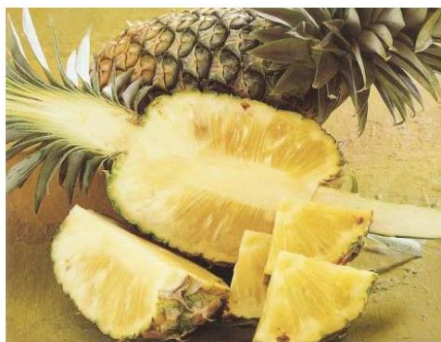
1. สับปะรด

สับปะรดมีชื่อสามัญว่า Pineapple และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ananascomosus (L) Merr.* อยู่ในวงศ์ Bromilliaceae เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากทวีปแอฟริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80 – 100 เซนติเมตรเปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบ ผลสับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินทุกแห่งในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกมากที่สุด รองลงมา คือภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และน้อยที่สุด คือภาคกลาง สับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปได้หลากหลาย ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง สับปะรดแช่แข็ง น้ำผลไม้และผลไม้แปรรูปเพื่อทำการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งนารายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท (ประดิษฐ์, 2554)

1.1 พันธุ์ของสับปะรด

พันธุ์ของสับปะรดที่ปลูกเป็นการค้าจะแบ่งเป็น 5 พันธุ์ (ประดิษฐ์, 2554) ดังนี้

- 1) พันธุ์ปัตตาเวีย หรือ สับปะรดศรีราชา เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายที่สุดเนื่องจากเป็นที่นิยมของตลาดเพื่อบริโภคสดและส่งโรงงาน อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดกวน สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง แยมสับปะรด ผลมีทั้งทรงกระบอกและทรงเจดีย์ ปลายแหลม ปลายผลมีจุด ตาแบนเรียบ ผิวเปลือกระหว่างขอบตาเป็นสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดเป็นสีน้ำตาลอมแดงเนื้อแน่นละเอียด สีเหลือง ฉ่ำน้ำ รสหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอม แกนกลางใหญ่แต่ไม่เหนียว ผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0



ภาพที่ 1 ลักษณะของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (สับปะรดศรีราชา)

ที่มา :ประดิษฐ์ (2554)

- 2) พันธุ์อินทรีชนิด เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทย มีปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไป แต่แหล่งปลูกที่สำคัญคือ จังหวัดฉะเชิงเทรา ผลมีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลมจนถึงทรงกระบอก ผลอ่อนนูนเด่นชัด ตาใหญ่ลึกเปลือกเหนียวทนทานต่อการขนส่ง เมื่อแก่เปลือกมีสีเหลืองอ่อนปนเขียว เนื้อมีเส้นใยมาก สีเหลือง ไม่หอมจัด รสหวานออกเปรี้ยว น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ตอบสนองต่อสารเคมีเร่งดอกได้ดี ไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมกระป๋อง ส่วนใหญ่ใช้ประกอบอาหารเป็นหลักและใช้รับประทานสด



ภาพที่ 2 ลักษณะของสับปะรดพันธุ์อินทรีชนิด

ที่มา :ประดิษฐ์ (2554)

- 3) พันธุ์แล ผลเล็ก ทรงกระบอก ปลายผลมีจุก เปลือกหนา ผลดิบเปลือกสีเขียว ผลแก่เหลืองอมส้ม เมื่อสุกจัดเป็นสีส้ม เนื้อสีเหลืองอ่อน กรอบหวาน ไม่น้ำน้ำ กลิ่นหอม



ภาพที่ 3 ลักษณะของสับปะรดพันธุ์แล

ที่มา : ประดิษฐ์ (2554)

- 4) พันธุ์เก็ด เป็นพันธุ์ที่มีชื่อเรียกกันหลากหลายชื่อ เช่น พันธุ์สวี พันธุ์ชุมพร พันธุ์ตราดสีทอง เป็นต้น เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช ตราด เป็นพันธุ์ที่ทนทานกว่าสับปะรดพันธุ์อื่น ๆ และเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคกันมาก ผลรูปทรงกระบอก ปลายผลมีตะเกียง เปลือกหนา สีเหลืองอมส้ม เมื่อแก่จัดเป็นสีส้ม เนื้อละเอียดสีเหลืองเข้ม กรอบ รสหวาน กลิ่นหอม ใ้ส่กลางผลมีขนาดเล็ก ก้อนข้างแข็งและกรอบตอบสนองต่อสารเคมีเร่งดอกได้ดี แต่ไม่เหมาะต่อการส่งโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีตาเล็ก ทำให้ต้องฉีกเปลือกคืดเนื้อไปมาก



ภาพที่ 4 ลักษณะของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต

ที่มา :ประคิษฐ์ (2554)

- 5) พันธุ์นางแล หรือ พันธุ์น้ำผึ้ง เป็นพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศมาปลูกที่ จ.เชียงราย จนเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ผลมีขนาดเล็ก ทรงค่อนข้างกลมปลายผลไม่มีตะเกียง ตาสูงนูน เปลือกบาง ทำให้ขนส่งทางไกลทำได้ไม่ดurable เมื่อผลอ่อนมีเปลือกสีเขียว ผลแก่มีเปลือกสีเหลืองเข้ม เนื้อแน่น สีเหลือง น้ำน้ำ รสหวานจัด กลิ่นหอมเหมือนน้ำผึ้ง กลางผลมีไส้ขนาดเล็ก ค่อนข้างแข็ง คอบนองต่อถ่านแก๊สดี ไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง

1.2 ประโยชน์ของสับปะรด

สับปะรดมีส่วนต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางดังต่อไปนี้

- 1) เนื้อ ใช้รับประทานสด ทำเป็นสับปะรดกระป๋อง หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น สับปะรดเชื่อม แช่อิ่ม สับปะรดกวน แยมสับปะรด ไวน์สับปะรด น้ำที่คั้นได้จากเนื้อใช้ดื่มสด หรือบรรจุเป็นน้ำสับปะรดกระป๋อง กากที่คั้นเอาน้ำออกแล้ว สามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์หรือนำไปทำเป็นปุ๋ย

- 2) เปลือก นำไปทำเป็นอาหารสัตว์ หรือคั้นเอาน้ำจากเปลือกของสับปะรดทำ น้ำส้มสายชู บรันดี ไวน์ แอลกอฮอล์ และผงชูรส เป็นต้น สำหรับกากของ เปลือกสับปะรดที่คั้นเอาน้ำออกแล้ว สามารถนำไปใช้ทำอาหารสัตว์และ ปุ๋ย
- 3) ต้น ในลำต้นของสับปะรดจะมีสารที่สามารถนำไปใช้ฟอกหนังในโรงงาน อุตสาหกรรมได้
- 4) ใบ ของสับปะรดจะมีเส้นใยอยู่มาก สามารถนำไปใช้ทำเสื้อผ้า เชือกหรือ กระดาษใยสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain) ซึ่งช่วยย่อยโปรตีนที่ บริโภคเข้าไปได้อย่างดีทำให้โปรตีนเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้การที่ ร่างกายสามารถย่อยโปรตีนจนสมบูรณ์จะช่วยให้ไม่มีอาหารเนื้อมอดคั่งในลำไส้หมักหมม เป็น สารพิษทำให้ตับไตต้องทำงานหนัก เอนไซม์โบรมิเลนยังมีส่วนช่วยย่อยเซลล์ที่ตายแล้วระงับอาการ อักเสบและอาการบวมอักเสบทั้งยังซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่เสื่อมโทรมรวมทั้งมีกรดอะมิโน AHA และ น้ำตาลที่ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้นมีวิตามินเอและวิตามินซีในการต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความชรา ของเซลล์ผิวหนังและลดรอยเหี่ยวย่นในส่วนของคุณพบว่ามีส่วนช่วยในการขับถ่ายเนื่องจากฤทธิ์ ความเป็นกรดของสับปะรดจะช่วยดึงน้ำให้เข้าสู่ทางเดินอาหารมากขึ้นและกระตุ้นการขับถ่ายรักษา อาการบวมน้ำและยังใช้สับปะรดเป็นยาแก้ร้อนในกระหายน้ำแก้ไข้

แก้เจ็บคอหลอดลมอักเสบโดยทำเป็นน้ำสับปะรดดื่ม หากรับประทานสับปะรดเป็นประจำจะช่วย ป้องกันโรคนิ่วในไตช่วยลดความดันโลหิตได้อีกด้วย(สุพรรณษา และคณะ, 2548)

อังคณา และคณะ (2557) กล่าวว่า สับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ เนื่องจาก สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศผลิตภัณฑ์สับปะรดของ ประเทศไทยมีการส่งออกหลายประเภท ที่สำคัญสองอันดับแรกคือ สับปะรดกระป๋องและน้ำ สับปะรดเข้มข้น ในระหว่างกระบวนการแปรรูปส่วนยอดและลำต้นของสับปะรดจะถูกคัดออกก่อน การปอกเปลือก หลังจากนั้นจะมีการแยกเอาส่วนแกนออกผลพลอยได้ (by-product) จาก

กระบวนการแปรรูปนี้ประกอบด้วยส่วนของเปลือกแกนลำต้นยอดและใบสับปะรดโดยทั่วไปแล้ว คิดเป็นประมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักสดทั้งหมดของสับปะรดหากกระบวนการกำจัดผลพลอยได้จากกระบวนการอุตสาหกรรมเหล่านี้ไม่ถูกต้องหรือมีการกำจัดไม่มีประสิทธิภาพ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาได้การพัฒนากระบวนการเพื่อใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดที่มีปริมาณจำนวนมากตามข้อมูลที่กล่าวข้างต้นจึง ก่อให้เกิดผลดีทั้งในด้านของสภาพแวดล้อมการเพิ่มมูลค่าของผลพลอยได้และการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปสับปะรดเนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมด้วยเส้นใยอาหารตาม ธรรมชาติดังนั้นผลพลอยได้จากสับปะรดเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ส่วนผสมอาหารในรูปเส้นใยอาหารจากเปลือกและแกนสับปะรดโดยเส้นใยอาหารเหล่านี้สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยอาหารชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาได้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

ประเทศไต้หวันมีการทำอุตสาหกรรมสับปะรดเกิดขึ้น โดยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ สับปะรดที่ผลิตใช้ในการรับประทานสด ที่เหลืออีก 30 เปอร์เซ็นต์ มักใช้ในการทำน้ำผลไม้และเป็น ส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดกากสับปะรดซึ่งเป็นผลพลอยได้หลังจากการสกัดทำน้ำผลไม้ จึงมีการศึกษา คุณสมบัติของกากสับปะรด พบว่ากากสับปะรดนั้นประกอบไปด้วยเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูง มีคุณลักษณะที่โดดเด่น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ ยังมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าปริมาณของ เส้นใยที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถใช้ในการปรับปรุงการทำงานของลำไส้ในสัตว์ ให้ดีขึ้น(Huang et al., 2014)อนันท์ และคณะ (2550) ได้มีการทดลองเสริมกากสับปะรดกับอาหารที่ ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่าสัตว์มีความสามารถในการย่อยและมีสุขภาพดีเพิ่มมากขึ้น

ธีรนนท์(2542) ได้ศึกษาการสกัดและการใช้เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรด ในปัจจุบันนี้ใยอาหารและเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของใยอาหารได้ถูกนำมาใช้ในการ ผลิตอาหารกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งตามปกติแหล่งของใยอาหารมักจะได้อาจมาจาก ไม้ฝ้าย ผัก ผลไม้ และวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมอาหาร แกนสับปะรดเป็นผลพลอยได้จากการผลิตสับปะรด กระป๋องซึ่งมีปริมาณมากและมีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นแหล่งของใยอาหารเนื่องจากเป็นส่วน ของผลสับปะรดกระป๋องซึ่งมีปริมาณมากและมีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นแหล่งของใยอาหาร เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของผลสับปะรดที่มีใยอาหารเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงโดยเฉพาะใยอาหาร ที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการนำวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของ

โยอาหารและเซลลูโลสที่สกัดจากแกนสับปะรดด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะได้โยอาหารหลายชนิดรวมกันอยู่ ส่วนเซลลูโลสได้จากการสกัดด้วยด่างแล้วฟอกสีหลังจากนั้นหาความบริสุทธิ์ของโยอาหารและเซลลูโลสที่สกัดได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณโยอาหารทั้งหมด (%TDF) หาปริมาณเซลลูโลสในเซลลูโลสผงที่ได้ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและกายภาพอื่น ๆ ด้วยจากการศึกษาพบว่า โยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรดมีปริมาณโยอาหารรวม 99.8 และ 95.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ ประมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลสจากแกนสับปะรดมีปริมาณเซลลูโลสจากการวิเคราะห์ 91.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 4.0 ซึ่งต่ำกว่าของโยอาหารที่มีค่าประมาณ 6.2 และยังพบว่าโยอาหารที่มีขนาดใหญ่จะมีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่าขนาดเล็กเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำ การอุ้มน้ำมัน Settling volume และความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโยอาหาร และเซลลูโลสขนาดใหญ่มีค่าสูงกว่าขนาดเล็ก ภาพที่ได้จากการใช้กล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นความแตกต่างของรูปร่าง สัณฐาน และความพรุนของโยอาหารจากแกนสับปะรด เซลลูโลสทางการค้า คือ โยอาหารทั้ง 2 ชนิดจากแกนสับปะรดจะเป็นชิ้นไม่สม่ำเสมอ ผิวขรุขระ และมีความหลากหลายกว่า ส่วนเซลลูโลสทางการค้าเป็นเส้นเรียบ ยาว การทดลองเสริมโยอาหารและเซลลูโลสลงในผลิตภัณฑ์อาหาร 3 ชนิดเทียบกับเซลลูโลสทางการค้า พบว่าโดนัทเค้กที่เติมโยอาหารจากแกนสับปะรด ขนาดใหญ่ 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักรวมช่วยเพิ่มปริมาณความชื้น 10.7-21.7 เปอร์เซ็นต์ และลดการร่อนน้ำมันระหว่างการทอดได้ 7.9-28.8 เปอร์เซ็นต์ เค้กที่เติมโยอาหารขนาดเดียวกันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักรวมจะมีปริมาณมากขึ้นและมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเค้ก เบอร์เกอร์เนื้อที่ได้เติมโยอาหารขนาดเล็กลงไปมีน้ำหนักหลังการทอดมากขึ้นระหว่าง 3.3-10.6 เปอร์เซ็นต์ และโยอาหารจากแกนสับปะรดทำให้น้ำหนักเนื้อสัมผัสนุ่มมากขึ้น

วีระสิทธิ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่อกระบวนการผลิตโยอาหารจากแกนสับปะรดเพื่อใช้เสริมโยอาหารในซูปเฟือกหอม โดยการสกัดที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และสักร้อน (90 ± 2 องศาเซลเซียส) ที่ระยะเวลา 20, 60, 180 นาที และสกัด 180 นาทีร่วมกับสกัดต่อในเอทานอล 24 ชม. พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องจะให้ค่าด้านความสว่าง (L^*) สูงขึ้นและค่าสีเหลืองน้อยลงรวมถึงร้อยละของผลผลิตสูงกว่าวิธีการสักร้อน ระยะเวลาการสกัดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่างและปริมาณผลผลิตที่ได้ลดลง กระบวนการผลิตที่คัดเลือกคือการสกัดแกนสับปะรดบดในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที แยกน้ำออกและอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีความชื้น 5-8 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารที่ผลิตได้มีค่าความชื้นฐานแห้งเท่ากับ 0.09 โยอาหาร

หยาบ 33.09 เปอร์เซ็นต์เก่า 1.05 เปอร์เซ็นต์โปรตีน 3.61 เปอร์เซ็นต์และ ไขมัน 1.80 เปอร์เซ็นต์ พลังงานมีค่าเท่ากับ 2.408 kcal/g การเสริมใยอาหารลงในซูปเฟือกและทดสอบความชอบ พบว่าผู้ทดสอบ 30 คนให้คะแนนความชอบซูปเฟือกที่เสริมใยอาหารขนาด 40 หรือ 60 mesh ที่ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักซูปไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้คะแนนในระดับชอบปานกลาง (7.0 ± 1.2)

นิรมล และ ชีรวัฒน์ (2544) ได้ศึกษาการสกัดเส้นใยจากกากสับปะรดแล้วนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่เครื่องดื่มเบเกอรี่และได้กรอวิธีการสกัดเส้นใยเริ่มจากการนำวัตถุดิบกากสับปะรดจากโรงงานทำน้ำสับปะรดโดยนำกากสับปะรดมาล้างและปั่นละเอียดแช่ในอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์นาน 2 ชั่วโมงสกัดด้วยน้ำเย็น 18-20 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงจากการศึกษาสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์สกัดนาน 2 ชั่วโมงกรองแล้วอบแห้งเป็นผงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เส้นใยที่ได้มีองค์ประกอบและคุณสมบัติดังนี้ ความชื้น 7.87 เปอร์เซ็นต์เก่า 1.77 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 32.02 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 81.08 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 10.47 เท่าจากการทดลองเสริมเส้นใยดังกล่าวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเนกต้าเทียมกลั่นรสส้มพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเส้นใยต่อน้ำต่อเนกต้าเท่ากับ 1:40:25 การเสริมเส้นใยในลูกก็พบว่าใช้เส้นใยละเอียด 30 mesh ปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ได้ลูกที่ผู้ทดสอบชิมต้องการและการทดลองเสริมเส้นใยในไส้กรอกเวียนนาพบว่าใช้เส้นใยละเอียด 30 mesh ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ได้ไส้กรอกที่มีลักษณะที่ดี

2. ใยอาหาร

หยาตฝน (2557) ได้กล่าวว่าใยอาหารคือ ส่วนของผนังเซลล์พืชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยส่วนประกอบบางส่วนของใยอาหารได้แม้ว่าใยอาหารไม่ใช่สารอาหารและไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่ก็มีความสำคัญต่อภาวะโภชนาการและสุขภาพของมนุษย์ เช่น ช่วยทำให้ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติควบคุมระดับและปริมาณของคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในกระแสเลือด ใยอาหารประกอบไปด้วยโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่แป้ง เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส กัม เพคติน และมิวซิเลจส์ เป็นองค์ประกอบหลัก รวมถึงสารประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต เช่น ลิกนิน

2.1 ชนิดของเส้นใยอาหาร

ใยอาหารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดตามความสามารถการละลายน้ำได้ คือใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำและใยอาหารชนิดละลายน้ำ โดยผลรวมของใยอาหารทั้งสองชนิดเรียกว่าใยอาหารทั้งหมด (หยาดฝน, 2557) คือ

- 1) ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) เป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีลักษณะเหนียว ส่วนใหญ่เป็นส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์พืช สามารถย่อยสลายได้ยาก แต่สามารถอุ้มน้ำได้ดี เมื่อจิบกับน้ำแล้วเกิดการพองตัวลักษณะคล้ายฟองน้ำ ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาตรของกากอาหาร ทำให้กากอ่อนนุ่ม ส่งผลให้ขับถ่ายได้สะดวกขึ้น ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีหลายชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส คิวตินและแว็กซ์
- 2) ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, SDF) เป็นใยอาหารที่มีอยู่ในเซลล์ของพืชทั่ว ๆ ไป มักปะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืชสามารถย่อยสลายได้บ้าง มีคุณสมบัติในการสร้างความหนืดเมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดการกระจายโครงสร้างที่อัดแน่นและอาจเปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปของเจลทำให้ดูดซับสารที่มีประจุขาลง เช่น น้ำตาล คอเลสเตอรอลและเกลือแร่บางชนิด ส่งผลให้ชะลอและลดการดูดซึมของสารอาหารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย ชนิดของใยอาหาร ได้แก่ กัม เพกตินและมิวซิเลจส์

2.2 บทบาทและหน้าที่ของใยอาหารในร่างกาย

การบริโภคใยอาหารที่มีความสัมพันธ์กับการลดอุบัติการณ์ของโรคต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในห้องปฏิบัติการที่แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติ บทบาทและหน้าที่ของใยอาหารในร่างกาย (ประคิษฐ์, 2554) ดังนี้

- 1) บทบาทของใยอาหารต่อโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด มีการทดลองให้อาหารที่มีใยอาหารสูงในอาหารให้ผู้ที่มีคอเลสเตอรอลในเลือดบริโภคชั่วระยะหนึ่ง พบว่าระดับของคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดลดลง ซึ่งเกี่ยวเนื่องมาจากใยอาหารเป็นตัวแยกกรดน้ำดี สารคอเลสเตอรอลและไขมัน โดยป้องกันการดูดซึมกลับเข้าไปในเส้นเลือดของสารเหล่านี้ จึงทำให้สารคอเลสเตอรอลที่ถูกสร้างขึ้นมาถูกขับออกจากเลือดเป็นส่วนใหญ่จะเห็นได้ว่าการเกิดโรคหัวใจนั้นมีอัตราการเกิดโรคน้อยมากในกลุ่มที่เป็นมังสวิรัติ ทั้งนี้เพราะว่าพืชมีใยอาหารอยู่ในปริมาณมากพอ
- 2) บทบาทของใยอาหารต่อโรคผนังลำไส้อักเสบ อาหารที่มีใยอาหารมากเส้นใยจะอุ้มน้ำทำให้อุจจาระมีลักษณะนุ่มอยู่ตลอดเวลา เมื่อลำไส้บีบตัวจะไม่ทำให้แรงกดดันเส้นเลือดดำโป่งตัวได้สามารถลดความดันจากการบีบตัวของลำไส้ใหญ่
- 3) บทบาทของใยอาหารต่อเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโรคเบาหวาน ใยอาหารพวกที่ละลายน้ำได้สามารถเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยตรงได้แก่ ผลต่อการย่อยและการดูดซึมช้าลง ค่อยเป็นค่อยไปทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะมากขึ้น และยังมีผลไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ของตับอ่อนที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรต ทางอ้อม คือ ทำให้การตอบสนองของระดับอินซูลินและฮอร์โมนจากลำไส้ลดลง ทำให้มีความรู้สึกไวต่ออินซูลินดีขึ้นมีการใช้กลูโคสมากขึ้น
- 4) บทบาทของใยอาหารต่อโรคอ้วน โดยใยอาหารที่ละลายน้ำได้จะกลายเป็นเจลและเพิ่มความหนืดและการเกาะตัวของสารในกระเพาะ ทำให้กระเพาะว่างช้าลง รู้สึกอิ่มได้นาน อัตราการย่อยและการดูดซึมอาหารต่าง ๆ ช้าลง เพิ่มปริมาณและเร่งการขับอุจจาระ

- 5) บทบาทของไขมันอาหารต่อโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ไขมันอาหารทำให้อุจจาระมีลักษณะนุ่ม และมีการขับถ่ายอยู่เสมอ สารพวกลีพิด กรดไขมันดี และไขมันถูกขับออกมา นอกจากนี้ไขมันอาหารยังเป็นตัวสำคัญในการละลายเอาสารเคมีหรือไวรัสออกมาจาก อุจจาระด้วย
- 6) บทบาทของไขมันอาหารต่อการเจริญของมดลูก การเพิ่มการรับประทานไขมันอาหารบาง ชนิดพบว่ามีส่วนช่วยการเจริญของมดลูกได้
- 7) บทบาทของไขมันอาหารต่อระดับเอสโตรเจน คนที่บริโภคอาหารที่มีไขมันอาหารสูง พบว่ามีระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการรับประทาน ไขมันอาหารสูงในผู้หญิงออกมาในอุจจาระมากกว่าคนที่กินเนื้อสัตว์ ไขมันอาหารจะทำให้ เมแทบอลิซึมของเอสโตรเจนลดลง เนื่องจากไขมันอาหารที่ละลายน้ำได้เป็น สารอาหารที่ช่วงลดระดับของคอเลสเตอรอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ ฮอร์โมนเอสโตรเจน มีผลทำให้ลดการดูดซึมกลับของสารเอสโตรเจนที่ไหลเวียน ผ่านลำไส้และตับ
- 8) บทบาทของไขมันอาหารต่ออายุเริ่มแรกมีประจำเดือน พบว่าการรับประทานไขมันอาหาร มีผลต่อการเจริญของระบบสืบพันธุ์ในสตรี โดยสตรีที่มีการรับประทานอาหารที่มี ไขมันสูงจะเริ่มมีประจำเดือนตอนอายุที่สูงกว่าสตรีที่รับประทานไขมันอาหาร น้อย
- 9) บทบาทของไขมันอาหารต่อมะเร็งเต้านม การรับประทานอาหารที่มีไขมันสูงส่งผลให้ มีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งเต้านมลดลง

จึงพอสรุปได้ว่าการเพิ่มการรับประทานไขมันอาหารจะมีผลไปลดระดับเอสโตรเจน ซึ่งพบว่าจะไปมีผลทำให้การเจริญของมดลูกในสัตว์ทดลองช้าลง อายุเริ่มแรกการมี ประจำเดือนในสตรีช้าลง การรับประทานอาหารที่มีไขมันและไขมันอาหารมี ความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดโรคมะเร็งเต้านม

3. ช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตเป็นขนมที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทุกเพศ ทุกวัย จัดเป็นสินค้าเพื่อความหรูหรา เนื่องจากมีรสชาติอันแสนอร่อย และกลิ่นรสที่หอมหวาน แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าในช็อกโกแลตแต่ละชนิดมีอะไรเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่หลากหลาย (Cinquantaet *et al.*, 2016)

Torres-Moreno, *et al* (2015) กล่าวว่าช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์จากเมล็ดที่ได้จากต้นโกโก้ (*Theobroma cacao L.*) พบในแถบภาคกลางและภาคใต้ในฝั่งอเมริกา และในแอฟริกาตะวันตก ส่วนผสมหลักในการผลิตช็อกโกแลตประกอบไปด้วย โกโก้โซลิด (cocoa solid), ไขมันโกโก้ (cocoa butter), น้ำตาล และ lecithin ซึ่งเป็นสารที่ทำให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (emulsifier) ช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีองค์ประกอบทางคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นส่วนใหญ่ ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำตาลที่มีมากถึง 45 เปอร์เซ็นต์ และไขมันมีปริมาณมากถึง 30 เปอร์เซ็นต์

กิตติศักดิ์ (2552) ได้กล่าวว่าช็อกโกแลตจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานในกลุ่มที่มีไขมันเป็นโครงสร้างหลักผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้จะมีไขมันหล่อหุ้มส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผลึกน้ำตาลชั้นถั่วที่บดละเอียดของแข็งจากนมและเนือโกโก้เอาไว้สมบัติของไขมันที่เป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์บ่งชี้ถึงความอ่อนหรือแข็ง (hardness) ของเนื้อสัมผัส (texture) และความรู้สึกเมื่ออยู่ในปากโดยทั่วไปไขมันควรจะแข็งตัวได้พอสมควรขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ที่อุณหภูมิห้องตามปกติ ไขมันไม่ควรมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายเป็นผลให้เมื่อรับประทานเข้าไปแล้ว ช็อกโกแลตจะติดค้างอยู่ในปากทำให้เกิดความรู้สึกที่ไม่อร่อยช็อกโกแลตมีส่วนผสมหลักคือเนือโกโก้ซึ่งได้จากเมล็ดของต้นโกโก้ที่คั่วแล้วปริมาณของโกโก้เป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่มีปริมาณโกโก้สูงกว่าจะมีคุณภาพดีกว่าในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตประเภทที่อาจมีส่วนผสมอื่นเพิ่มเติมเช่นน้ำตาลนมถั่วและผลไม้ต่างๆ เพื่อให้เกิดความหลากหลายในรูปแบบและรสชาตินอกจากนี้ระยะเวลาอุณหภูมิและการคั่วเมล็ดโกโก้มีส่วนทำให้รสชาติแตกต่างกันด้วยการบริโภคช็อกโกแลตให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพนั้นควรเลือกรับประทานในปริมาณที่พอเหมาะ และเลือกช็อกโกแลตที่มีเปอร์เซ็นต์เนือโกโก้ที่สูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยเฉพาะช็อกโกแลตดำ (dark chocolate)

ช็อกโกแลตแบ่งเป็น 4 ประเภทหลัก

- 1) ช็อกโกแลตกึ่งหวาน (semi-sweet chocolate) ประกอบด้วยเนือโกโก้เหลว เนยโกโก้และน้ำตาลเล็กน้อย ใช้ทำขนมเค้ก คูกี้ บราวนี่ มีเนือโกโก้ (cocoa solid) ประมาณ 40 – 60 เปอร์เซนต์
- 2) ช็อกโกแลตนม (milk chocolate) ประกอบด้วยเนือโกโก้ เนยโกโก้ น้ำตาล และนมผงโดยส่วนมากจะมีส่วนผสมของนมผงมากกว่าเนือโกโก้ มีเนือโกโก้ ประมาณ 10 – 20 เปอร์เซนต์และนมผงประมาณ 12 เปอร์เซนต์
- 3) ช็อกโกแลตขาว (white chocolate) ประกอบด้วยเนยโกโก้ น้ำตาล และนมผง ไม่มีเนยโกโก้ แต่อาจเติมวานิลลาหรือสารแต่งกลิ่น บางประเทศจะไม่เรียกช็อกโกแลต เพราะไม่มีส่วนผสมของเนือโกโก้
- 4) ช็อกโกแลตดำ (dark chocolate) มีทั้งชนิดกึ่งหวาน หวานปนขม และ รสชาติขมมีส่วนประกอบคือเนือโกโก้และเนยโกโก้ ส่วนนมผงอาจมีเล็กน้อยหรือไม่มีเลย มีเนือโกโก้ประมาณ 50 – 85 เปอร์เซนต์

ไขมันโกโก้เป็นส่วนหนึ่งของเมล็ดโกโก้ที่สำคัญในการผลิตช็อกโกแลตให้มีรสชาติ และ เนื้อสัมผัสที่ดี ยังรวมไปถึงการมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีประโยชน์อีกด้วยแต่ในผลิตภัณฑ์ ช็อกโกแลตทั่วไปที่ไม่ใช่ดาร์กช็อกโกแลตนั้นจะมีปริมาณของไขมันโกโก้ที่น้อย เนื่องจากไขมันโกโก้ที่มีราคาแพง ทำให้ผู้ผลิตส่วนใหญ่หันมาใช้ไขมันอิ่มตัวจากพืชแทน เพื่อเป็นการลดต้นทุน ในการผลิตเนื่องจากไขมันอิ่มตัวจากพืชนั้นมีราคาที่ถูกกว่าไขมันโกโก้(Furlán et al., 2017)

ธีรวัฒน์ (2546) ได้ศึกษาคุณลักษณะของไขมันเลียนแบบเนยโกโก้สำหรับใช้ทดแทนเนยโกโก้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันและรูปแบบการหลอมเหลวของไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ที่คัดแปรจากปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียรีน ปาล์มมิดแฟรกชันผสมกับกรดไขมันสเตียริกใน สัดส่วน 10:1 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) แล้วหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตที่อุณหภูมิ 44, 55 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการ

ใช้ไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ทดแทนเนยโกโก้ในการผลิตช็อกโกแลตชนิดแท่ง และชนิดเคลือบ (ร้อยละ 40, 60, 80, 100) ซึ่งทำให้คุณภาพของช็อกโกแลตเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และทำการพัฒนา สูตรช็อกโกแลตทั้ง 2 ชนิดเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ แล้วทำการ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่ได้จากการพัฒนาสูตร ผลการศึกษา พบว่า ไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ที่มีองค์ประกอบของไขมันและรูปแบบการหลอมใกล้เคียงกับเนย โกโก้ผลิตได้จากปาล์มโอเลอินผสมกรดไขมันสเตียริกที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 องศา เซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง และสามารถใช้ทดแทนเนยโกโก้ได้ร้อยละ 80 ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต ชนิดแท่ง โดยที่รูปแบบการหลอมเหลวและปริมาณไขมันส่วนแข็งใกล้เคียงกับเนยโกโก้ แต่ความ แข็งของช็อกโกแลตจะลดลงเมื่อปริมาณไขมันเลียนแบบเนยโกโก้เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างในคุณลักษณะด้านการละลายในปาก และความรู้สึกลิ้นลิ้น (p<0.05) และสามารถ ใช้ไขมันเลียนแบบทดแทนเนยโกโก้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์ขนมปังเคลือบช็อกโกแลตโดย มีค่าความหนืด $4,390.00 \pm 30.00$ cps เหมาะสมในการผลิตช็อกโกแลตชนิดเคลือบและมีคะแนน ความชอบด้านการละลายในปากและการเคลือบติดสูงกว่าสูตรทดแทนอื่น ๆ (p<0.05) จากการพัฒนาสูตรช็อกโกแลตทั้ง 2 ชนิด พบว่าสูตรช็อกโกแลตชนิดแท่งที่มีส่วนผสม ของน้ำตาล 48.30 เปอร์เซ็นต์ โกโก้แมส 42.93 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 8.37 เปอร์เซ็นต์ และเลซิติน 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ดีที่สุดโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.9) และสูตรช็อกโกแลตชนิดเคลือบที่มีส่วนผสมของน้ำตาล 42.83 เปอร์เซ็นต์ โกโก้แมส 35.26 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 21.51 เปอร์เซ็นต์ และเลซิติน 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ดีที่สุดจากการพัฒนาโดย มีคะแนนความชอบในระดับชอบมาก (0.8) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในช็อกโกแลต ทั้ง 2 ชนิด พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 21-30 ปี โดยหลังการทดสอบชิมช็อกโกแลตจากน้ำมัน ปาล์มคัดแปรทั้ง 2 ชนิด ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบปานกลางผู้บริโภคเพศ หญิงจะให้คะแนนความชอบสูงกว่าเพศชาย เมื่อนำช็อกโกแลตทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 20 ± 1 และ 30 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าหลังการเก็บช็อกโกแลตชนิดแท่ง นาน 6 วัน จะทำให้คุณลักษณะด้านความมันวาวและการยอมรับรวมลดลง และค่าดัชนีความขาว เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนาน 18 วัน (p<0.05) และในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตชนิดเคลือบที่เก็บในทั้ง 2 อุณหภูมิจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการหลอมเหลว โดยการเก็บที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ค่า ดัชนีความขาวเพิ่มขึ้นและคุณลักษณะด้านการเคลือบติดกับขนมปังและการยอมรับรวมลดลงหลัง เก็บนาน 12 วัน (p<0.05) นอกจากนี้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในช็อกโกแลตแท่งและชนิดเคลือบ จะเพิ่มขึ้นในการเก็บทั้ง 2 อุณหภูมิ หลังเก็บนาน 6 และ 12 วันตามลำดับ

ณัฐยารวรรณ (2546) ได้ศึกษาศึกษาภาพของการใช้นยโกโก้เทียม (cocoa butter substitute: CBS) แทนเนยโกโก้ (cocoa butter: CB) ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต โดยการดัดแปรน้ำมันปาล์มผสมด้วยเอนไซม์ไลเปส 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วควบคุมสถานะของการตกผลึกของไขมัน (tempering) เพื่อผลิตเป็นเนยโกโก้เทียม ได้เนยโกโก้เทียมที่มีรูปแบบการหลอมเหลวคงตัวและปริมาณไขมันแข็งใกล้เคียงกับเนยโกโก้ จึงศึกษาการใช้นยโกโก้เทียมที่ได้ไปใช้ทดแทนเนยโกโก้ 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลิตช็อกโกแลต พบว่าการทดแทนเนยโกโก้เทียมระดับ 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จะให้คุณลักษณะของช็อกโกแลตที่มีรูปแบบการหลอมเหลวและปริมาณไขมันแข็งใกล้เคียงกับช็อกโกแลตจากเนยโกโก้ เมื่อปริมาณเนยโกโก้เทียมเพิ่มขึ้นจะให้ค่าความขามากขึ้น ในขณะที่ช็อกโกแลตจากเนยโกโก้เทียม 80 เปอร์เซ็นต์ มีจุดหลอมเหลวต่ำสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าช็อกโกแลตที่ผลิตจากเนยโกโก้เทียม 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ สี กลิ่นรส และความแข็ง ของช็อกโกแลตลดลงในขณะที่กลิ่นหืนของช็อกโกแลตจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเนยโกโก้เทียมเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อนำช็อกโกแลตที่ได้รับการคัดเลือกมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (~30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าช็อกโกแลตที่ใช้นยโกโก้เทียม 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 6 สัปดาห์จึงจะเกิดฝ้าขาวบนผิวหน้าช็อกโกแลต ในขณะที่ช็อกโกแลตที่ใช้นยโกโก้จะเก็บรักษาได้ถึง 10 สัปดาห์ ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นจะมีผลทำให้คุณลักษณะด้าน สี กลิ่นช็อกโกแลต ความแข็ง และการหลอมละลายลดลง ในขณะที่กลิ่นหืนเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการสกัดเส้นใยจากกากสับปะรด

1.1 เครื่องมือ

1.1.1 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

1.1.2 เครื่องชั่งสาร

1.1.3 เครื่องคั้นน้ำผลไม้

1.1.4 เครื่องปั่น

1.1.5 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

1.2 วัสดุและเครื่องแก้ว

1.2.1 ขวดดูแรน (guran) ขนาด 1000 มิลลิลิตร

1.2.2 ปีกเกอร์ (beaker) ขนาด 100 และ 400 มิลลิลิตร

1.2.3 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2.4 มีด

1.2.5 เขียง

1.2.6 ผ้าขาวบาง

1.2.7 โกร่งสำหรับบดสาร (mortar and pestle)

1.3 สารเคมี

1.3.1 สารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์

1.4 วัตถุดิบและ ส่วนผสม

1.4.1 สับประรดพันธุ์ปัตตาเวียจากห้างสรรพสินค้าโลตัส กำแพงแสน

2. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับ การผลิตช็อกโกแลตเสริมเส้นใยจากกากสับประรด

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องชั่งสาร

2.1.2 เตาแก๊ส

2.1.3 ไมโครเวฟ

2.2 วัสดุและเครื่องแก้ว

2.2.1 ชามกระเบื้อง

2.2.2 ที่ตีไข่

2.2.3 แม่พิมพ์

2.2.4 ช้อน

2.2.5 หม้อต้มน้ำ

2.3 วัตถุดิบและ ส่วนผสม

- 2.3.1 ผงโกโก้ ยี่ห้อโกโก้ริช สีเข้ม
- 2.3.2 นมผงยี่ห้อแคร์ฟาร์ม
- 2.3.3 น้ำตาลป่นยี่ห้อลิน
- 2.3.4 น้ำตาลไอซิ่ง ยี่ห้อมิตรผล
- 2.3.5 เกลือป่นยี่ห้อปรังทิพย์
- 2.3.6 มาร์การีน ยี่ห้อเบสท์ฟู้ด
- 2.3.7 เนยขาว(ไขมันปาล์มจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี) ยี่ห้อใบไม้ทอง
- 2.3.8 เนยขาว(ไขมันปาล์มจากเนื้อและเมล็ดในปาล์มผ่านกรรมวิธี)ยี่ห้อเชลท์
- 2.3.9 เนยขาว (ไขมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์มผ่านกรรมวิธี) ยี่ห้อดอกไม้
- 2.3.10 บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด ยี่ห้อออร์คิด
- 2.3.11 บัตเตอร์เบลนด์ชนิดเค็ม ยี่ห้อออร์คิด
- 2.3.12 สาร emulsifier ยี่ห้อเอสพี
- 2.3.13 ไขมันปาล์ม

2.4 สารสกัดและตัวอย่าง

- 2.4.1 เส้นใยจากกากสับปะรดแบบหยาบ
- 2.4.2 เส้นใยจากกากสับปะรดแบบละเอียด

3. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีแบรดฟอร์ด(Bradford assay)

3.1.1 เครื่องมือ

3.1.1.1 เครื่องชั่งสาร

3.1.1.2 เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

3.1.1.3 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง(spectrophotometer)

3.1.2 วัสดุและเครื่องแก้ว

3.1.2.1 หลอดทดลอง ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.1.2.2 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.1.2.3 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 5, 10 และ 100 มิลลิลิตร

3.1.2.4 ปิเปตต์ ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.1.2.5 คิวเวต

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 น้ำยาแบรดฟอร์ด

3.1.3.2 สารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

3.1.4 ตัวอย่าง

3.1.4.1 ช็อกโกแลต Hershey's creamy milk chocolate

3.1.4.2 ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

3.2 การหาค่า saponification number (SN) ของไขมัน

3.2.1 เครื่องมือ

3.2.1.1 เครื่องชั่งสาร

3.2.1.2 เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

3.2.1.3 เครื่องควบแน่น (condenser)

3.2.2 วัสดุและเครื่องแก้ว

3.2.2.1 ขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.2.2 ปีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.2.2.3 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 5, 10 และ 100 มิลลิลิตร

3.2.2.4 ปิเปตต์ ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.2.2.5 บิวเรต (burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.3 สารเคมี

3.2.3.1 สารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ ใน 95% เอทานอล

3.2.3.2 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์

3.2.3.3 สารละลายฟีนอล์ฟทาเลอิน 0.5% ใน 95% เอทานอล

3.2.4 ตัวอย่าง

3.2.4.1 ซ็อกโกเลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

3.3การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลด้วยวิธี ฟีนอล กรดซัลฟิวริก (phenol sulphuric acid method)

3.3.1 เครื่องมือ

3.3.1.1 เครื่องชั่งสาร

3.3.1.2 เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

3.3.1.3 ตู้ดูดควัน

3.3.1.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง(spectrophotometer)

3.3.2 วัสดุและเครื่องแก้ว

3.3.2.1 หลอดทดลอง ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.3.2.2 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.3.2.3 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.3.2.4 ปิเปตต์ ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.3.2.5 คิวเวทท์(cuvette)

3.3.2.6 ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.3.3 สารเคมี

3.3.3.1 สารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์

3.3.3.2 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3.3.3.3 สารละลายซูโครสมาตรฐาน

3.3.3.4 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

3.3.4 ตัวอย่าง

3.3.4.1 ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

3.3.4.2 เส้นใยจากกากสับปะรดแบบละเอียด

3.4การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร

3.4.1 เครื่องมือ

3.4.1.1 เครื่องชั่งสาร

3.4.1.2 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

3.4.1.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

3.4.1.4 ไมโครปิเปตต์ (micropipette) ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.4.1.5 ชุดกรองบุชเนอร์ (buchner funnel filtration)

3.4.1.6 ปัมสุญญากาศ (vacuum pump)

3.4.2. วัสดุและเครื่องแก้ว

3.4.2.1 ขวดดูแรน (duran) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.4.2.2 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.4.2.3 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 5, 10 และ 100 มิลลิลิตร

3.4.2.4 ปิเปตต์ ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.4.2.5 ไมโครปิเปตต์ทิป (micropipette tip) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.4.3 สารเคมี

3.4.3.1 สารละลายกรดแอซติก 3 โมลาร์ pH 4.1-4.5

3.4.3.2 สารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.3.3 α -amylase

3.4.3.4 amyloglucosidase

3.4.3.5 protease

3.4.3.6 phosphate buffer 0.05 โมลาร์ pH 8.0

3.4.4 ตัวอย่าง

3.4.4.1 เส้นใยจากกากสับปะรดแบบละเอียด

วิธีการ

1. การศึกษากรรมวิธีการสกัดเส้นใยจากกากสับปะรด

วิธีดัดแปลงจาก นิรมล และ ชีรวัฒน์ (2544) โดยนำสับปะรดมาปอกเปลือกอบคั่วให้ละเอียด แล้วคั้นน้ำออกโดยใช้ผ้าขาวบางกรอง เมื่อได้กากสับปะรด นำไปใส่ขวดดูแรน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และนำไปแช่น้ำหนักเพื่อดูปริมาณของกากสับปะรดที่ได้ทำการสกัดไขมันออก โดยแช่ในสารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองแล้วนำกากสับปะรดมาสกัดด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร นำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรอง แล้วนำกากสับปะรดมาสกัดด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร โดยนำไปต้มที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองอีกครั้ง แล้วนำเส้นใยมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จะได้เส้นใยแห้ง หลัง จากนั้นนำเส้นใยมาบดด้วยโกร่งจะได้เส้นใยแบบหยาบ และนำมาปั่นอีกครั้งจะได้เส้นใยแบบละเอียด

2. การทำผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต

ส่วนผสมหลักในการทำช็อกโกแลต ประกอบด้วย ผงโกโก้ น้ำตาล และเนยโกโก้ แต่ด้วยเนยโกโก้หายากและมีราคาแพง จึงต้องทำการดัดแปลงสูตรโดยใช้ส่วนผสมอื่นแทนเนยโกโก้ในการทำช็อกโกแลต กลายเป็นสูตรต่าง ๆ 10 สูตร (แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

การผลิตช็อกโกแลตสูตรที่ 1 ถึง สูตรที่ 6

เริ่มต้นโดยนำใส่ในหม้อต้ม ใส่ในปริมาณน้อย ๆ ตั้งเตา รอให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นนำขามไปวางบนหม้อต้มต้องใช้ความร้อนจากไอน้ำในการทำช็อกโกแลต จากนั้นใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงไปนวด คนให้เข้ากัน เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วให้นำช็อกโกแลตไปใส่ลงในพิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตช็อกโกแลตตั้งแต่สูตรที่ 1 ถึง สูตรที่ 6

ส่วนผสม (ปริมาณ)	สูตรช็อกโกแลต					
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ผงโกโก้ (กรัม)	15	15	15	15	15	15
น้ำตาล						
น้ำตาลปน (กรัม)	50	50	50	50		
น้ำตาลไอซิ่ง (กรัม)					50	20
นม						
นมผง (กรัม)	10	10		10	10	
นมจืด (มิลลิลิตร)			20			10
เกลือ (ช้อนชา)	1	1	1	1		
สาร emulsifier (ช้อนชา)				1		
มาร์การีน(กรัม)	50					
เนยขาว ¹ (กรัม)		50	50	50		
เนยขาว ² (กรัม)					50	
น้ำมันปาล์ม (ช้อนชา)					1	
บัตเตอร์เบลนด์ชนิดเค็ม (กรัม)						50

*หมายเหตุ เนยขาว¹คือ ไขมันปาล์มจากเนือปาล์มผ่านกรรมวิธี 100 เปอร์เซนต์ยี่ห้อไบไม้ทอง

เนยขาว² คือ ไขมันปาล์มจากเนือปาล์มผ่านกรรมวิธี 75 เปอร์เซนต์ และไขมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์มผ่านกรรมวิธี 25เปอร์เซนต์ยี่ห้อเชสท์

แบตเตอรี่เบลนด์ชนิดเค็ม ประกอบด้วย น้ำมันพืช 45% และน้ำมันเนย 35.5%
นมผงขาดมันเนย 1.5% ยีห้อออร์กิด

การผลิตช็อกโกแลตสูตรที่ 7

เริ่มโดยนำน้ำใส่ในหม้อต้ม ใส่ในปริมาณน้อย ๆ ตั้งเตา รอให้น้ำอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ไม่ต้องให้น้ำเดือด เตรียมผสมผงโกโก้กับแบตเตอรี่เบลนด์ที่ละลายแล้วลงในชาม คนให้เข้ากัน เทส่วนผสมของผงโกโก้ลงไปบนหม้อที่ต้มน้ำอยู่แล้วคนให้เข้ากัน ปลอ่ยให้น้ำร้อนขึ้นได้แต่ไม่ควรปลอ่ยจนเดือด จากนั้นเทส่วนผสมร้อน ๆ ลงในชาม ทำการร่อนน้ำตาลให้ละเอียดที่สุดเท่าที่ทำได้ใส่ไว้ในชามอีกใบแล้วเทน้ำตาลลงในชามที่มีส่วนผสมของโกโก้ร้อน ๆ เติมนม ทีละนิด แล้วคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทช็อกโกแลตใส่ลงในแม่พิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง

การผลิตช็อกโกแลตสูตรที่ 8

เริ่มโดยนำแบตเตอรี่เบลนด์ชนิดจืดไปอุ่นในเตาไมโครเวฟจนละลายเป็นของเหลว ใส่ส่วนผสมได้แก่ ผงโกโก้ นมผง น้ำผึ้ง ลงไปในชามที่มีแบตเตอรี่เบลนด์อยู่ คนให้เข้ากัน เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วให้นำใส่ลงในพิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปแช่ตู้เย็น

การผลิตช็อกโกแลตสูตรที่ 9 และ 10

เริ่มโดยเตรียมผสมผงโกโก้ นมผง น้ำตาลไอซิ่ง ให้เข้ากันดีเป็นเนื้อเดียวกัน นำแบตเตอรี่เบลนด์และ/หรือ เนยขาว¹ ไปอุ่นในเตาไมโครเวฟที่ความร้อนสูงสุด เป็นเวลา 20 วินาที เมื่อแบตเตอรี่เบลนด์และ/หรือ เนยขาว¹ ละลายแล้วให้ใช้ที่ตีไข่คนแรง ๆ เป็นเวลา 1-2 นาที หลังจากนั้นค่อย ๆ โรยส่วนผสมที่เตรียมไว้จนหมด คนให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำช็อกโกแลตใส่ลงในแม่พิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปแช่ตู้เย็น

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตช็อกโกแลตตั้งแต่สูตรที่ 7 ถึง สูตรที่ 10

ส่วนผสม (ปริมาณ)	สูตรช็อกโกแลต			
	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8	สูตรที่ 9	สูตรที่ 10
ผงโกโก้ (กรัม)	220	5	7	7
น้ำตาล				
น้ำตาลปน (กรัม)	150			
น้ำตาลไอซิ่ง (กรัม)		10	7	7
นม				
นมผง (กรัม)		5	6	6
นมจืด (มิลลิลิตร)	150			
บัตเตอร์เบลนด์ชนิดเค็ม (กรัม)	170	20	5	
บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด (กรัม)			25	
เนยขาว ³				30
น้ำเปล่า	235			

*หมายเหตุ เนยขาว³คือไขมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์มผ่านกรรมวิธี 100 เปอร์เซนต์ยี่ห้อดอกไม้

บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด ประกอบด้วย น้ำมันพืช 45% และน้ำมันเนย 37%

นมผงขาดมันเนย 2%ยี่ห้อออร์คิด

3.การเสริมเส้นใยจากกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลต

เลือกซ็อกโกแลตสูตรที่ 9 ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นไขมัน ได้แก่ บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด และเก็ม 60 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผงโกโก้ นมผง น้ำตาลไอซิ่ง 40 เปอร์เซ็นต์ ทำการผลิตซ็อกโกแลตที่มีการใช้ใยอาหารจากกากสับปะรดแทนนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับสำหรับเสริมเส้นใยแบบหยาบ และ 5 ระดับสำหรับเสริมเส้นใยแบบละเอียด (สูตรการทดลองแสดงดังตารางที่ 1) ได้แก่

ชุดทดลองที่ 1 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบหยาบ 0 เปอร์เซ็นต์
(สูตรควบคุม)

ชุดทดลองที่ 2 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบหยาบ 1 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 3 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบหยาบ 3 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 4 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบหยาบ 5 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 5 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบหยาบ 7 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 6 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบละเอียด 1 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 7 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบละเอียด 3 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 8 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบละเอียด 5 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 9 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบละเอียด 7 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 10 ซ็อกโกแลตเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดแบบละเอียด 9 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตช็อกโกแลตที่มีการใช้เส้นใยอาหารจากกาก
สับปะรดแทนนมผงทั้ง 10 ชุดทดลอง

ส่วนผสม (กรัม)	ปริมาณเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดที่ทดแทนนมผง (เปอร์เซ็นต์)					
	0	1	3	5	7	9
1. พงโกโก้	7	7	7	7	7	7
2. น้ำตาลไอซิ่ง	7	7	7	7	7	7
3 นมผง	6	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5
4. บัตเตอร์เบลนด์ ชนิดจืด	25	25	25	25	25	25
5. บัตเตอร์เบลนด์ ชนิดเค็ม	5	5	5	5	5	5
6. เส้นใยจากกาก สับปะรด						
แบบหยาบ	0	0.5	1.5	2.5	3.5	
แบบละเอียด		0.5	1.5	2.5	3.5	4.5

4. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีแบรดฟอร์ด(Bradford assay)

ทำการทดลองโดยดัดแปลงตามวิธีของ Bradford (1976) เริ่มจากเจือจางสารละลาย เป็น 3 ความเข้มข้นได้แก่ 1, 0.1 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทดสอบโดยใช้น้ำยาแบรดฟอร์ด 5 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกันและนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตรทันที หลังจากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่าปริมาณโปรตีนโดยเปรียบเทียบระหว่างซ็อกโกแลตมาตรฐานที่รู้ปริมาณโปรตีนแน่นอนกับซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด

4.2 การหาค่า saponification number (SN) ของไขมัน

ซึ่งตัวอย่างของซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรดให้มีปริมาณไขมัน ใกล้เคียง 5 กรัม เติมน้ำสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการกลั่น ไขมันกลับสารละลายบนหม้ออ่างน้ำเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำสารที่ต้มออกมาแช่ใน น้ำให้เย็น จากนั้นเติมน้ำสารละลายฟีนอล์ฟทาลิน 1 มิลลิลิตรไทเทรตสารละลายด้วย สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์ จากนั้นคำนวณหาค่า SN คำนวณน้ำหนัก โมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์และค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันของตัวอย่าง ไขมัน

4.3 การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลด้วยวิธีฟีนอล กรดซัลฟิวริก (phenol sulphuric acid method)

ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Dubois *et al.* (1956) โดยหลักการของวิธีนี้อาศัยการทำงานของสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเข้าทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง มีการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นหลังจากทิ้งไว้ 30 นาที โดยเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเหลืองจนถึงสีส้ม ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำตาลที่มีในสารตัวอย่าง หลังจาก 30 นาทีแล้วให้นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร โดยเลือกค่าอยู่ในช่วง 0.1-0.7 มาเพื่อลากเส้นตัดกราฟมาตรฐาน หาค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในรูปแบบต่างๆ เทียบกับสารละลายมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

4.3.1 การปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสทั้งหมด

สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายซูโครส 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 5, 10, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารละลายซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด ความเข้มข้น 20 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารละลายซูโครสและสารละลายซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ อย่างละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทดสอบกับสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 5 มิลลิลิตร

4.3.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเส้นใยจากกากสับปะรด

สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายกลูโคส 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารละลายเส้นใยจากกากสับปะรด 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารละลายกลูโคสและสารละลายเส้นใยจากกากสับปะรด อย่างละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทดสอบกับสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 5 มิลลิลิตร

4.3.3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยสับปะรด

สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายกลูโคส 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารละลายซีกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารละลายกลูโคสและสารละลายซีกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ อย่างละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทดสอบกับสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และกรดซัลฟิวริก เข้มข้นปริมาณ 5 มิลลิลิตร

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทำการทดลองโดยดัดแปลงวิธีการของ AOAC (Prosky *et al.*, 1988) ตัวอย่างต้องทำให้แห้ง ไม่มีสารอินตกค้างซึ่งอาจรบกวนปฏิกิริยา เช่น ไขมัน และ โปรตีน เริ่มชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ขวดคูเรน ขนาด 250 มิลลิลิตร แช่ใน phosphate buffer 0.05 โมลาร์ pH 8.0 คนให้เข้ากัน จากนั้นทำการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ α -amylase (Megazyme International Ireland) ปริมาณ 50 ไมโครลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที เมื่อครบเวลาให้นำมาหล่อน้ำเพื่อให้เย็นลง ทำการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ protease (Megazyme International Ireland) ปริมาณ 100 ไมโครลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใส่สารละลายกรดแอซิดิก 3 โมลาร์ pH 4.1-4.5 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และตามด้วยเอนไซม์ amyloglucosidase (Megazyme International Ireland) 200 ไมโครลิตร แล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำการตกตะกอนด้วยสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 160 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกรองเพื่อส่วนที่เป็นของเหลวออก และทำให้แห้ง โดยนำไปเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อได้เส้นใยแห้งแล้วให้นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อคำนวณหาปริมาณเส้นใยที่แท้จริง

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2560

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษากรรมวิธีการสกัดเส้นใยจากกากสับปะรด

การจำลองกากสับปะรดที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม โดยเลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมสับปะรด ทำการปอกเปลือกและบดให้ละเอียดเพื่อคั้นน้ำออก นำส่วนกากที่ได้ใส่ลงในขวดคูเรนขนาด 1,000 มิลลิลิตรพบว่ากากสับปะรดมีลักษณะเป็นเส้นใยที่อ่อนนุ่ม มีสีเหลือง มีกลิ่นของสับปะรดชัดเจน น้ำปะปนอยู่เล็กน้อย (ภาพที่ 5) ทำการสกัดไขมันออกโดยแช่ในสารละลายอะซิโตน ในอัตราส่วนน้ำต่อกากเท่ากับ 2 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารละลายอะซิโตนออกด้วยผ้าขาวบาง เดมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ : แกน) นำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาแล้วกรองเอาน้ำออก เดมน้ำกลั่นในสัดส่วนเท่าเดิม นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำตาล สอดคล้องกับงานวิจัยของ อังคณา และคณะ(2557) กล่าวคือการสกัดเพื่อให้ได้เส้นใยที่มีความบริสุทธิ์ ต้องกำจัดส่วนประกอบของน้ำตาลในเส้นใยออกไปให้ได้มากที่สุด โดยใช้ความร้อน หลังจากนั้น กรองเอาน้ำออก สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เมื่อได้เส้นใยแห้งให้นำไปบดเพื่อให้ได้เส้นใยแบบหยาบ และนำไปปั่น เพื่อให้ได้เส้นใยแบบละเอียด



ภาพที่ 5 ลักษณะของเนื้อสับปะรดที่คั้นน้ำออก

ผลการสกัดเส้นใยสับปะรดแห้งคิดเป็น 3.8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด เส้นใยจากกากสับปะรดที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดและหยาบ มีสีเหลืองอ่อนจากตอนแรกที่คั้นน้ำ มีกลิ่นสับปะรดเล็กน้อย ไม่มีรสชาติ (ภาพที่ 6) ซึ่งจะนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตช็อกโกแลตต่อไป เหตุที่เส้นใยที่สกัดได้ปริมาณน้อย เนื่องจากระหว่างขั้นตอนการสกัดมีการกรองด้วยผ้าขาวบางหลายครั้ง เส้นใยมีลักษณะอ่อนมากจึงทำให้เกาะกับผ้าขาวบางได้ง่าย ทำให้มีบางส่วนของเส้นใยที่หายไป นอกจากระหว่างการกรองแล้ว พบว่าอุณหภูมิ เวลา ส่งผลต่อการสกัดเส้นใยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของนิรมล และ ชีรวัฒน์, (2544) กล่าวคือ การใช้น้ำร้อนมีผลต่อการสกัดเส้นใยในด้านการผลิต ปริมาณเส้นใย และค่าความสว่าง ส่วนสารที่ใช้สกัดคือ สารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่ใช้สารละลายอะซิโตนสกัด เนื่องจากมีความปลอดภัยในอาหาร มีต้นทุนถูก และมีประสิทธิภาพของผลผลิตใกล้เคียงกับการสกัดด้วยสารละลายเอทานอล วีระสิทธิ์ และคณะ (2556)



ก



ข

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของเส้นใยสับปะรด

ก ลักษณะของกากสับปะรดแบบหยาบ

ข ลักษณะของกากสับปะรดแบบละเอียด

2. การทำผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต

จากการศึกษาสูตรในการทำช็อกโกแลตทั้ง 10 สูตร โดยหาส่วนผสมอื่นมาแทนเนยโกโก้ที่มีราคาและลดต้นทุนสูงในการผลิต พบว่า โมเลกุลของกรดไขมัน ชนิดของกรดไขมัน จุดหลอมเหลว และปริมาณไขมันแข็ง มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตทั้งสิ้น จึงต้องทำการเลือกไขมันที่มีลักษณะทางเคมีใกล้เคียงกับเนยโกโก้มากที่สุด ณัฐยาพรรณ (2546) ได้ทำการศึกษาศึกษาสภาพของการใช้เนยโกโก้เทียมแทนเนยโกโก้ โดยการดัดแปรน้ำมันปาล์มผสมด้วยเอนไซม์ไลเปส 5 เปอร์เซ็นต์ ควบคุมอุณหภูมิและการตกผลึกของไขมัน เพื่อผลิตเป็นเนยโกโก้เทียมที่มีรูปแบบการหลอมเหลวคงตัวและปริมาณไขมันแข็งใกล้เคียงกับเนยโกโก้ สามารถผลิตช็อกโกแลตได้จริงและมีคุณภาพใกล้เคียงกับช็อกโกแลตทางการค้า แต่การผลิตเนยเทียมโกโก้เองเพื่อใช้ในการผลิตช็อกโกแลตมีความเป็นไปได้น้อย เนื่องจากต้องอาศัยสารเคมีและอุปกรณ์ที่เฉพาะทาง ผู้วิจัยจึงหาทางเลือกอื่นที่จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ ทำให้มีการทดลองใช้ทั้ง มาร์การีน ไขมันปาล์มจากส่วนต่าง ๆ ผ่านกรรมวิธี และแบตเตอรี่เบลนด์ ในการผลิตช็อกโกแลต ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าการใช้แบตเตอรี่เบลนด์ ทำให้ได้ช็อกโกแลตมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เป็นที่ยอมรับได้(แสดงดังตารางที่ 4)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตช็อกโกแลต ได้แก่

1. อุณหภูมิ เนื่องจากไขมันแต่ละชนิดมีจุดหลอมเหลวแตกต่างกัน การใช้แบตเตอรี่เบลนด์ต้องทำให้ละลายในอุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไป เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าเนยขาวและมาร์การีน
2. น้ำตาล ขนาดของผลึกน้ำตาลจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของช็อกโกแลต เพราะผลึกของน้ำตาลมีขนาดใหญ่จะทำให้เนื้อสัมผัสของช็อกโกแลตมีลักษณะหยาบ เมื่อรับประทานจะทำให้รู้สึกเป็นเม็ดน้ำตาลเล็ก ๆ ภายในปาก จึงต้องใช้น้ำตาลไอซิ่งในการทำ เนื่องจากมีขนาดของโมเลกุลเล็กละลายได้ง่าย
3. กระบวนการนวดช็อกโกแลต เป็นกระบวนการที่จะทำให้ช็อกโกแลตมีคุณภาพดี มีลักษณะมันวาว เนื้อสัมผัสแข็งในอุณหภูมิห้องและหลอมเหลวในปาก ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยไม่สามารถทำได้เองเพราะต้องอาศัยเครื่องมือที่เฉพาะของอุตสาหกรรม จึงทำให้ต้องใช้ที่ตีไข่คนแรง ๆ ขณะที่เพิ่งละลายแบตเตอรี่เบลนด์ในเตาไมโครเวฟเสร็จ เพื่อเป็นการถ่ายเทความร้อน และต้องค่อย ๆ โรยส่วนผสมทีละน้อย พร้อมคนไปพร้อม ๆ กัน เพื่อไม่ให้อุณหภูมิส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนและเกิดการแยกชั้นของไขมัน

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองการทำผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตทั้ง 10 สูตร

สูตรซ็อกโกแลต	ผลการทดลอง
สูตรที่ 1	ส่วนผสมไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกลายเป็นก้อน มีลักษณะ เหนียว หนืด และมีน้ำมันจากมาร์การีนแยกชั้นออกมา มาร์การีนจึงไม่สามารถใช้แทนเนยโกโก้ได้
สูตรที่ 2	ส่วนผสมทุกอย่างละลายเป็นของเหลว แต่ยังมีน้ำตาลและนมผงที่เป็นเม็ดเล็ก ๆ ไม่ละลาย หลังจากที้นำไปแช่ในตู้เย็นแล้วได้ซ็อกโกแลตขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ แต่มีบางส่วนเกิดเป็นฝ้าขาว
สูตรที่ 3	ส่วนผสมทุกอย่างละลายเป็นของเหลว แต่มันจืดและไขมันมีการแยกชั้นเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าในการผลิตซ็อกโกแลตนั้นไม่ควรมีน้ำเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากน้ำเป็นสารละลายมีขี้ไม่สามารถละลายได้ในไขมันซึ่งเป็นสารละลายไม่มีขี้
สูตรที่ 4	ส่วนผสมทุกอย่างไม่ละลายเป็นของเหลว มีการรวมตัวกันเป็นก้อน ลักษณะ เหนียวหนืด สาเหตุเกิดจากสาร emulsifier ที่ใช้ไม่เหมาะสมสำหรับการทำซ็อกโกแลต
สูตรที่ 5	ส่วนผสมทุกอย่างละลายเป็นของเหลว น้ำตาลละลายเพิ่มมากขึ้น แต่ยังละลายไม่หมด ซ็อกโกแลตมีรสชาติจืด เมื่อรับประทานแล้วรู้สึกเป็นใจติดเพดานปาก
สูตรที่ 6	ส่วนผสมหนืดเป็นก้อนไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สาเหตุเกิดจากใส่บัตเตอร์เบลนด์น้อยเกินไป และอุณหภูมิสูงเกินไป ไม่สามารถควบคุมได้แน่นอน ทำให้มีผลต่อการหลอมเหลวของบัตเตอร์เบลนด์
สูตรที่ 7	ส่วนผสมละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซ็อกโกแลตมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี แต่ละลายเร็วเกินไปเป็นผลมาจากการมีน้ำเป็นองค์ประกอบ
สูตรที่ 8	ส่วนผสมไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีไขมันแยกชั้นออกมา เหตุเกิดเพราะการใช้ชามกระเบื้องทำให้ยังคงเก็บรักษาความร้อนได้อยู่ ความร้อนที่สูงเกินไปทำให้เนยเสียสภาพไม่สามารถรวมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันได้
สูตรที่ 9	ส่วนผสมละลายดีขึ้นกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซ็อกโกแลตขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ รสชาติและเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เป็นที่ยอมรับได้
สูตรที่ 10	ซ็อกโกแลตมีรสชาติและเนื้อสัมผัสดีใกล้เคียงกับซ็อกโกแลตทางการค้าที่มีเนยโกโก้ผสม แต่มีน้ำตาลเป็นเม็ดละลายไม่หมด และละลายไวเกินไปเมื่อทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง

สรุปผลการทดลอง สูตรที่มีความเหมาะสมที่สุดในการทำช็อกโกแลตคือ สูตรที่ 9 ประกอบด้วยส่วนที่เป็นไขมัน 60 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ บัตเตอร์เบลนด์ชนิดจืด 50 เปอร์เซ็นต์ และ บัตเตอร์เบลนด์ชนิดเค็ม 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ 40 เปอร์เซ็นต์เป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผงโกโก้ 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 14 เปอร์เซ็นต์ และนมผง 12 เปอร์เซ็นต์



ก

ข

ค

ง



จ

ฉ

ช

ซ

ภาพที่ 7 การผลิตช็อกโกแลต

- ก. วัตถุดิบ ประกอบด้วย ผงโกโก้ น้ำตาลไอซิ่ง และนมผง
- ข. การผสมวัตถุดิบและบัตเตอร์เบลนด์
- ค. ลักษณะการแยกชั้นของมาร์การีนในช็อกโกแลตสูตรที่ 1
- ง. ลักษณะการเกิดฟองขาวของช็อกโกแลตสูตรที่ 2
- จ. ลักษณะการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของช็อกโกแลตสูตรที่ 7
- ฉ. ลักษณะการรวมกันเป็นก้อนหนืดของช็อกโกแลตสูตรที่ 4
- ช. ลักษณะการแยกตัวของช็อกโกแลตสูตรที่ 6
- ซ. ลักษณะของช็อกโกแลตสูตรที่ 9

3. การเสริมเส้นใยจากกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกเลต

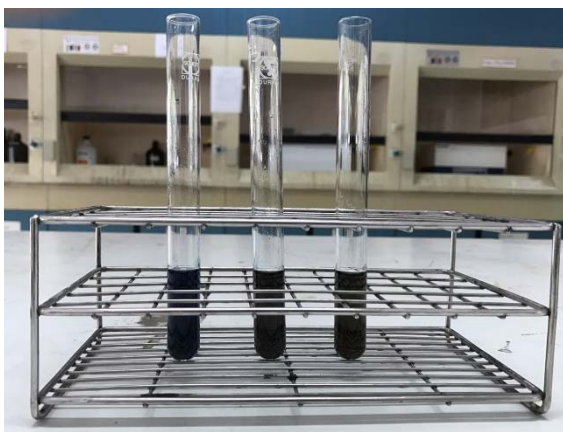
ทำการเสริมเส้นใยจากกากสับปะรดแทนส่วนของนมผง เนื่องจากในซ็อกโกเลตทางการค้าทั่วไปมีส่วนส่วนของนมผงไม่มาก เมื่อนำเส้นใยสับปะรดไปเสริม ทำให้รสชาติของซ็อกโกเลตไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 (สูตรควบคุม) มากเกินไป ลักษณะของซ็อกโกเลตยังคงรูปเหมือนเดิม การเสริมเส้นใยจากกากสับปะรดแบ่งเป็น 2 แบบ คือแบบหยาบ และแบบละเอียด ซึ่งผลการทดลองการเสริมกากแบบหยาบ พบว่า การเสริมเส้นใยแบบหยาบ 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อรับประทานทำให้ไม่รู้สึกถึงปริมาณเส้นใยสับปะรดที่ใส่เข้าไป อาจเป็นเพราะปริมาณเส้นใยสับปะรดน้อยเกินไป เมื่อเสริมเส้นใยเพิ่มเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีการรับรู้ถึงปริมาณเส้นใยมากขึ้น เส้นใยสับปะรดมีการละลายไปพร้อมกับเนื้อของซ็อกโกเลต จึงสามารถเสริมเส้นใยเพิ่มได้อีกเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการเสริมเส้นใย 7 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ซ็อกโกเลตมีรสชาติของเส้นใยที่ชัดเจนมากขึ้น มีรสชาติคล้ายกากมะพร้าว เมื่อซ็อกโกเลตละลายแล้วยังมีเส้นใยสับปะรดหลงเหลืออยู่ เส้นใยมีลักษณะแข็งต้องใช้เวลาเล็กน้อยถึงจะทำให้เส้นใยละลายในปากได้ ในส่วนของการเสริมเส้นใยแบบละเอียด ผลการทดลอง การเสริมเส้นใยแบบละเอียด 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเหมือนการเสริมเส้นใยแบบหยาบ คือ ยังไม่รับรู้ถึงปริมาณของเส้นใยสับปะรดเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รับรู้ถึงปริมาณเส้นใยมากขึ้น ผลของการเสริมเส้นใย 7 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างจาก 5 เปอร์เซ็นต์มาก เนื่องจากเส้นใยแบบละเอียดมีขนาดของโมเลกุลเล็กจึงทำให้รู้สึกว่ามีความปริมาณเส้นใยน้อยอยู่ สามารถเพิ่มเส้นใยได้อีกจนถึง 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าเป็นที่น่าพอใจ

พิจารณาได้ว่าการเสริมเส้นใยสับปะรดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซ็อกโกเลตที่เหมาะสม คือ การเสริมเส้นใยแบบละเอียด 9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโมเลกุลของเส้นใยสับปะรดแบบละเอียดมีขนาดเล็ก ทำให้ละลายได้เร็วกว่าเส้นใยสับปะรดแบบหยาบ เส้นใยมีลักษณะไม่แข็งเกินไป และพบว่าบางส่วนของเส้นใยสามารถละลายในซ็อกโกเลตได้ ทำให้เมื่อรับประทานซ็อกโกเลตแล้วจะรู้สึกว่าเส้นใยและซ็อกโกเลตละลายไปพร้อม ๆ กัน ส่วนของวัตถุดิบที่ใช้มีความเหมาะสม ทำให้ได้รสชาติของซ็อกโกเลตที่ดี จึงนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford โดยใช้ Hershey's creamy milk chocolate เป็นตัวเทียบกับช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ น้ำยาเบรดฟอร์ดจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้สารละลายกลายเป็นสีน้ำเงิน (ภาพที่ 7) ซึ่งสีของสารละลายจะเข้มข้นตามปริมาณขององค์ประกอบโปรตีนผลการทดลองพบว่า Hershey's creamy milk chocolate ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.358 ± 0.02 ช็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นเดียวกันมีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.138 ± 0.01 จากตารางข้อมูลทางโภชนาการระบุว่า Hershey's creamy milk chocolate 1 แท่งหนัก 40 กรัม มีโปรตีน 3.6 กรัม จากการคำนวณจึงสรุปว่าช็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรดมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าช็อกโกแลตทางการค้า เนื่องจากโปรตีนที่มีนั้นมาจากส่วนของนมผง เมื่อมีการเสริมเส้นใยเข้าไปแทนนมผงจึงทำให้มีปริมาณของโปรตีนลดลง



ภาพที่ 8 แสดงสารละลายช็อกโกแลตเสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ ทำปฏิกิริยากับ น้ำยาเบรดฟอร์ดทำให้ได้สารละลายสีน้ำเงิน

4.2 การหาค่า saponification number (SN) ของไขมัน

จากการทดลองพบว่า ช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่า saponification number เท่ากับ 237.03 ± 2.81 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์มีค่าเท่ากับ 708.28 ± 8.41 และกรดไขมัน 1 โมเลกุลมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์มีค่าเท่ากับ 223.61 ± 2.81 ซึ่งค่า saponification number ของบัตเตอร์เบลนด์ที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกับค่า saponification number ของเนย ที่อยู่ระหว่าง 220 – 233 การที่ค่า saponification number สูงขึ้น แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซ์

อนึ่งจากผลการทดลองของบัตเตอร์เบลนด์ที่ใช้ในการทดลองทำให้ทราบว่า บัตเตอร์เบลนด์ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจึงทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเนยโกโก้

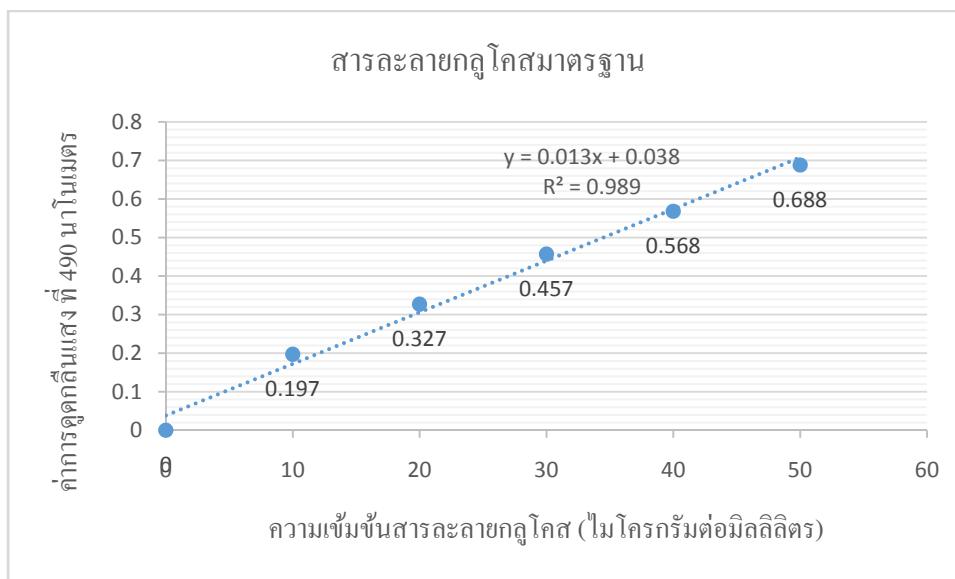
4.3 การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลด้วยวิธีฟีนอล กรดซัลฟิวริก (phenol sulphuric acid method)

4.3.1 การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสทั้งหมด

ใช้สารละลายซูโครสสร้างกราฟมาตรฐาน พบว่า สารละลายได้ค่าความเข้มข้น เท่ากับ 0.015 ค่าการดูดกลืนแสงของช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร เท่ากับ 0.127 เมื่อนำไปคำนวณจึงสรุปได้ว่าช็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรดมีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสทั้งหมด เท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณของน้ำตาลน้อยกว่าช็อกโกแลตทางการค้า

4.3.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเส้นใยจากกากสับปะรด

ใช้สารละลายกลูโคสสร้างกราฟมาตรฐาน แสดงผลดังภาพที่ 9

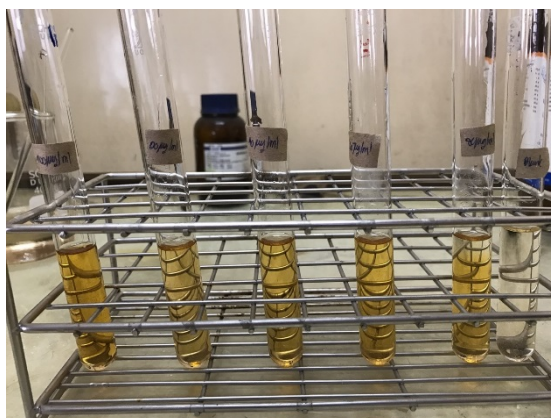


ภาพที่ 9 แสดงกราฟสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

จากผลการทดลอง เส้นใยสับปะรด มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร เท่ากับ 0.488 เมื่อนำไปแทนค่าจากสมการ $y = 0.0134x + 0.0383$ พบว่าเส้นใยจากกากสับปะรดมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบ เท่ากับ 83.9 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเส้นใยจากกากสับปะรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ ฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทำให้เกิดการย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้มากถึง 83.9 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด

จากผลการทดลอง ซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.337 ± 0.006 เมื่อนำไปคำนวณ พบว่าซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด มีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบ 50.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครส เนื่องจากเส้นใยอาหารสามารถละลายเป็นน้ำตาลกลูโคสได้มากขึ้น ทำให้เปลี่ยนสีของสารละลายจากไม่มีสีเป็นสีเหลืองได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 10) แต่ก็ยังมีองค์ประกอบของน้ำตาลน้อยกว่าซ็อกโกแลตทางการค้า



ภาพที่ 10 แสดงสารละลายซ็อกโกแลตตัวอย่างทำปฏิกิริยากับฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทำให้ได้สารละลายเป็นสีเหลืองอมส้ม

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

การวิเคราะห์ใยอาหารต้องไม่มีปริมาณของสารอื่นเจือปน เช่น โปรตีน และไขมัน จึงต้องทำการย่อยสลายโมเลกุลของแป้งออกจากเส้นใยโดยใช้เอนไซม์ α -amylase โมเลกุลของแป้งนั้นย่อยสลายได้ยากจึงต้องทำการต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที และการใช้อุณหภูมิสูงควรเลือกภาชนะใส่ที่สามารถทนความร้อนได้ จึงเลือกใช้ขวดคูเรน ขนาด 250 ในการต้ม และต้องแน่ใจว่าปิดฝาสนิท เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีปริมาณของเหลวสูญเสียไปในระหว่างการต้ม เมื่อต้มเสร็จแล้วให้นำออกมาทำให้เย็นลงโดยการหล่อด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ทำการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ protease นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใส่สารละลายกรดแอสติก 3 โมลาร์ pH 4.1-4.5 และตามด้วยเอนไซม์ amyloglucosidase นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำการย่อยโมเลกุลของแป้งให้กลายเป็นกลูโคสสายสั้นที่ละลายน้ำ หลังจากนั้นตัดตะกอนด้วยสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และนำไปกรองเพื่อส่วนที่เป็นของเหลวออก และทำให้แห้ง โดยนำไปเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อคำนวณหาปริมาณเส้นใยที่แท้จริง ผลการทดลองปรากฏว่า เส้นใย 1 กรัม มีปริมาณของใยอาหารเท่ากับ 0.95 กรัม แสดงว่าในซีอิ๊วโกแลต มีปริมาณของใยอาหารเทียบเท่ากับปริมาณที่เสริมเส้นใยลงไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษากรรมวิธีในการผลิตซ็อกโกแลต พบว่าสูตรซ็อกโกแลตที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ สูตรที่ 9 ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นไขมัน 60 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ บัตเตอร์เบลดชนิดจืด 50 เปอร์เซ็นต์และบัตเตอร์เบลดชนิดเค็ม 10 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นวัตถุดิบ 40 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ผงโกโก้ 14 เปอร์เซ็นต์ นมผง 12 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำตาลไอซิ่ง 14 เปอร์เซ็นต์

การกักเก็บน้ำที่ทำการคั้นน้ำแล้วสามารถสกัดเส้นใยได้ 3.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ลักษณะของเส้นใยมี 2 แบบ คือ แบบหยาบและแบบละเอียด เมื่อนำใยสับปะรดมาทดแทนส่วนของนมผงในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลต ที่ 1 3 5 7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ (เฉพาะเส้นใยแบบละเอียด) พบว่า ซ็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพดีที่สุดในแง่รสชาติ เนื้อสัมผัส และการละลาย จึงทำการศึกษาคูณค่าทางโภชนาการของซ็อกโกแลตดังกล่าว ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ค่า saponification numberของไขมัน ปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาล และปริมาณเส้นใยอาหาร ผลการทดลองปรากฏว่า ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรดมี ปริมาณองค์ประกอบโปรตีน และน้ำตาลกลูโคส เท่ากับ 3.5 และ 50.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณของน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นนั้นอาจรวมไปถึงการละลายการเส้นใยสับปะรดด้วย ดังนั้นปริมาณน้ำตาลที่แท้จริงคือมาจากน้ำตาลไอซิ่งที่ใส่ลงไป 14 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าซ็อกโกแลตจะมีน้ำตาลและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เท่ากับ 14 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณของน้ำตาลและโปรตีนนั้นมีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าซ็อกโกแลตทางการค้าทั่วไป เนื่องจากการใช้สัดส่วนของน้ำตาลที่น้อยกว่า และการใส่เส้นใยสับปะรดเข้าไปแทนส่วนของนมผงซึ่งเป็นแหล่งโปรตีน ค่า saponification numberของไขมัน พบว่ามีความใกล้เคียงกับ ค่า saponification numberของเนย จากผลทางโภชนาการทำให้ทราบว่า บัตเตอร์เบลดที่ใช้มีโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจึงมีจุดหลอมเหลวต่ำ สามารถทดแทนเนยโกโก้ในการทำผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตได้ ในส่วนของปริมาณเส้นใยอาหาร พบว่า เส้นใยสับปะรดมีใยอาหาร 1 กรัม มีใยอาหาร เท่ากับ 0.95 กรัม ดังนั้นถ้าเพิ่มเส้นใยสับปะรด 9 กรัม ต่อซ็อกโกแลต 100 กรัม ซ็อกโกแลตที่ได้จะมีใยอาหารเพิ่มมากขึ้น โดยมีมากถึง 8.55 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการประเมินคุณภาพเส้นใยจากกากสับปะรด เช่น ไชมัน โปรตีน ถ้า ความชื้น และขนาดของเส้นใยจากกากสับปะรดก่อนที่จะนำไปทำการทดลองต่อไป
2. ควรมีการทดสอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ รสชาติคก้าง และความชอบโดยรวม
3. ควรทดสอบคุณค่าทางโภชนาการเพิ่ม เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช็อกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์ และช็อกโกแลตทางการค้า

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ ยศอินทร์. 2552. **ช็อกโกแลต : ขนมหวานมหัศจรรย์**.บทความวิทยุกระจายเสียงรายการ
วันนี้กับวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 18 กระจายเสียงจากสถานีวิทยุแห่งประเทศไทย. สำนักงานบริหาร
และรับรองห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ชัยวัฒน์ วามวรรธน์. 2559. **คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี**.สาขาชีวเคมี คณะศิลปศาสตร์และ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. (อค์สำเนา)

ณัฐยารรณ พิชัยยุทธ. 2547. **การใช้เนยเทียมทดแทนเนยโกโก้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบ**
ช็อกโกแลต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธิดากัน สุวิโร. 2544.**รู้คุณ รู้โทษ ช็อกโกแลต**.ช็อกโกแลต. แหล่งที่มา:
www.foodsafetymobile.org/category/F2764801, 20 ธันวาคม 2559.

ธีรนนท์ ประคองพันธ์. 2541. **การสกัดและใช้ประโยชน์เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากแกน**
สับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิรมล อุดมอ่าง และ ธีรวัฒน์ เทพใจกาศ. 2544. **การสกัดเส้นใยจากกากสับปะรดและการใช้**
ประโยชน์, น. 395-401. **ในรายงานการประชุมทางวิชาการของ**
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39 (สาขาสถาปัตยกรรมเกษตร).
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่. 2554. ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของชีฟฟอนเค้ก.

รายงานผลการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุพรรณษาศรีมณี, ลาวัลย์ ฉัตรวิรุพห์, วิสากรณ์ สุขยานุศิษฐ์ และนิธิดี อรัญอนุรักษ์. 2548. ผลิต

ภัณฑ์จากสับปะรด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิระสิทธิ์ ธรรมวโร, สมบัติ ขอทวีวัฒนา, กมลวรรณ แจ่มชัด และดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2556. ผล

ของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่อกระบวนการผลิตใยอาหารจากแกนสับปะรดเพื่อใช้

เสริมในอาหารในรูปเปลือกหอม. น. 338-345. ในการประชุมทางวิชาการของ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

หยาดฝน ทนงการกิจ. 2557. การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง.

เทคโนโลยีอาหาร 19(1): 31-38.

อนันท์ เชาว์เครือ, พิไลพรรณรักการเขียน และไพลิน เพ็งเพ่งพิศ. 2550. ผลของสัดส่วนกากเนื้อ

ในสับปะรดกับอาหารขึ้นต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *in vitro*. แก่นเกษตร

40(2): 193-196.

อังคณา คงขวรรณ, ศรีอินดราริณี เวียร์ยันโตโร และ อภิรักษ์ เพ็ชรมงคล. 2557.

การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกและแกนสับปะรด. น. 30-35. ในการประชุมวิชาการ

เสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72: 248-254.

Cinquanta, L., C.D. Cesare, R. Manoni, A. Piano, P. Roberti and G. Salvatori. 2016. Mineral essential elements for nutrition in different chocolate products. **Food Composition and Analysis** 67(7): 773-778.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.** 28(3): 350-356.

Furlán, L.T.R., Y. Baracco, J. Lecot, N. Zaritzky, M. E. Campderrós. 2017. Influence of hydrogenated oil as cocoa butter replacers in the development of sugar-free compound chocolates: Use of inulin as stabilizing agent. **Food Chemistry** 217: 637-647.

Huang, Y. L., Y. H. Tsai and C. J. Chow. 2014. Water-insoluble fiber-rich fraction from pineapple peel improves intestinal function in hamsters: evidence from cercal and fecal indicators. **Nutri. Res.** 34: 346-354.

Prosky, L., N. -G. Asp, T. F. Schweizer, J. W. DeVries and I. Furda. (1988). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fibre in foods and food products. Interlaboratory study. **J. AOAC International** 71: 1017-1023.

Ramulu, P. and P. U. Rao. 2003. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. **Food Composition and Analysis** 16: 667-685.

Torres-Moreno, M., E. Torrescasana, J. Salas-Salvad, C. Blanch. 2015. Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. **Food Chemistry** 166: 125-132.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางประกอบผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1.การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตารางผนวกที่ ก1 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซีกโกแลตมาตรฐาน

ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.902	1.706	1.748
0.1	0.330	0.371	0.372
0.01	0.023	0.098	0.116

ตารางผนวกที่ ก2 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซีกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกาก
สับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.646	0.755	0.746
0.1	0.122	0.144	0.149
0.01	0.015	0.042	0.086

2. การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาล

ตารางผนวกที่ ก3 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซูโครสมาตรฐาน

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.098
10	0.150
15	0.216
20	0.352
25	0.369

ตารางผนวกที่ ก4 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซีกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกาก
สับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าการดูดกลืนแสง
20	1.833
100	0.127

ตารางผนวกที่ ก5 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าการดูดกลืนแสง
10	0.197
20	0.327
30	0.457
40	0.568

50	0.688
----	-------

ตารางผนวกที่ ก6 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายเส้นใยจากกากสับปะรด

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
20	0.351	0.229	0.211
40	0.488	0.488	0.487
60	0.877	0.615	0.693
80	1.879	0.820	0.893
100	> 2.5	2.299	> 2.5

ตารางผนวกที่ ก7 แสดงผลการดูดกลืนแสงของสารละลายซีกโกแลตที่เสริมเส้นใยจากกากสับปะรด 9 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
10	0.094	0.022	0.063
20	0.104	0.069	0.119
30	0.112	0.114	0.143
40	0.128	0.214	0.209

50	0.343	0.338	0.331
----	-------	-------	-------

ภาคผนวก

การเตรียมสารละลาย

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การเตรียมซ็อกโกแลตมาตรฐาน

ซ็อกโกแลต Hershey's creamy milk chocolate 1 แท่ง น้ำหนัก 40 กรัมมีโปรตีนอยู่ 3.6 กรัม
 ดังนั้น ซ็อกโกแลต 1/4 แท่ง มีน้ำหนัก 10 กรัมจะมีโปรตีนอยู่ $3.6/4 = 0.9$ กรัม (หรือ 900 มิลลิกรัม)

1. นำซ็อกโกแลต 10 กรัมมาละลายน้ำ ทำให้เป็น 90 มิลลิลิตรจะได้สารละลาย
 ซ็อกโกแลตที่มีโปรตีนอยู่มีความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อ 90 มิลลิลิตร หรือเท่ากับ
 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรใส่ไว้ในบีกเกอร์
2. นำสารละลาย 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรนี้มา 1 มิลลิลิตรเติมน้ำ 9 มิลลิลิตรจะได้
 สารละลายโปรตีนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นหลอดที่ 1
3. นำสารละลายหลอดที่ 1 ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมา 1 มิลลิลิตรเติมน้ำ
 9 มิลลิลิตรจะได้สารละลายโปรตีนความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็น
 หลอดที่ 2
4. นำสารละลายหลอดที่ 2 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมา 1 มิลลิลิตรเติม
 น้ำ 9 มิลลิลิตรจะได้สารละลายโปรตีนความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็น
 หลอดที่ 3

2. การหาค่า saponification (SN) ของไขมัน

การเตรียมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ ใน 95% เอทานอล
ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

จากสูตร $\text{mol} = NV/1000$ หรือ $g/M.W. = NV/1000$

เมื่อ $M.W. = 56.11$

$N = 0.5$ โมลาร์

$V = 100$ มิลลิลิตร

เมื่อแทนค่าจากสูตร จะได้ $g = [(0.5 \times 100)/1000] \times 56.11$

$g = 2.8$ กรัม

ต้องใช้สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 2.8 กรัม จากนั้นปรับใส่สาร 95% เอทานอล
ปรับให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การเตรียมซ็อกโกแลตตัวอย่าง

ซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยเส้นใยจากกากสับปะรด น้ำหนักรวม 50 กรัม มีบัตเตอร์เบลด 30
กรัมในบัตเตอร์เบลด มีน้ำมันพืช 45% มีน้ำมันเนย 37% รวมมีส่วนที่ไขมันหรือน้ำมันเท่ากับ 82
เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น บัตเตอร์เบลด 30 กรัม มีไขมันหรือมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ $(30 \times 82)/100 = 24.6$ กรัม

แสดงว่าในซ็อกโกแลตที่เสริมด้วยกากสับปะรดมีไขมันเท่ากับ $(24.6/50) \times 100 = 49.2\%$

การมีไขมัน 49.2% แสดงว่า ซ็อกโกแลต 100 กรัม มีไขมัน 49.2 กรัม (ต้องการให้มีไขมัน
ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม) ถ้าซ็อกโกแลต 10 กรัม มีไขมัน 4.92 กรัม

ดังนั้น จึงต้องชั่งซ็อกโกแลตตัวอย่าง 10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้ว
นำไปทำการทดลอง

การคำนวณหาค่า SN

$$\text{ค่า SN} = \frac{(a - b) * \text{ความเข้มข้นของกรด} * 56}{\text{จำนวนกรัมของไขมันหรือน้ำมันตัวอย่างที่ใช้}}$$

เมื่อให้ b = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทขวดที่มีตัวอย่างไขมันหรือไขมัน

a = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทขวดที่ใช้น้ำกลั่นแทนไขมันหรือน้ำมัน

$$\frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์} = 168,000}{\text{ค่า S.N.}}$$

$$\text{กรดไขมัน 1 โมเลกุล จึงมีน้ำหนักโมเลกุล} = \left[\frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์} - 41}{3} \right] + 1$$

3. การประมาณองค์ประกอบของน้ำตาล

การเตรียมสารละลายมาตรฐานซูโครส เพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งน้ำตาลซูโครส 0.1 กรัม ใส่ลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นจนถึงขีด จะได้สารละลายซูโครสความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร = 100 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร = 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร = 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. เตรียมหลอดทดลอง 5 หลอด
 - 2.1 หลอดที่ 1 คูณสารละลายซูโครส 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจากข้อ 1. มา 2 มิลลิลิตรเติมน้ำ 78 มิลลิลิตรจะได้สารละลายซูโครส 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
 - 2.2 หลอดที่ 2 คูณสารละลายซูโครส 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2.1 มา 4 มิลลิลิตรเติมน้ำ 1 มิลลิลิตรจะได้สารละลายซูโครสเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
 - 2.3 หลอดที่ 3 คูณสารละลายซูโครส 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2.1 มา 3 มิลลิลิตรเติมน้ำ 2 มิลลิลิตรจะได้สารละลายซูโครสเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
 - 2.4 หลอดที่ 4 คูณสารละลายซูโครส 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2.1 มา 2 มิลลิลิตรเติมน้ำ 3 มิลลิลิตรจะได้สารละลายซูโครสเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
 - 2.5 หลอดที่ 5 คูณสารละลายซูโครส 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2.1 มา 1 มิลลิลิตรเติมน้ำ 4 มิลลิลิตรจะได้สารละลายซูโครสเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด

ซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 กรัม มีน้ำตาล 14 กรัม เท่ากับมีน้ำตาล 14 เปอร์เซ็นต์

1. ชั่งซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 1 กรัม ใส่ลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นจนถึงขีด จะได้สารละลายซ็อกโกแลตผสมใยสับปะรดเข้มข้น 1 กรัมต่อ100 มิลลิลิตร = 1000มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร = 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร = 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. เตรียมหลอดทดลอง 2 หลอด
 - 2.1 หลอดที่ 6 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมใยสับปะรดเข้มข้น 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจากข้อ 1.มา 1มิลลิลิตรเติมน้ำ 99มิลลิลิตรจะได้ สารละลายซ็อกโกแลตผสมใยสับปะรดเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร
 - 2.2 หลอดที่ 7 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมใยสับปะรดเข้มข้น 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2.1 มา 1มิลลิลิตรเติมน้ำ 4มิลลิลิตรจะได้ สารละลายซ็อกโกแลตผสมใยสับปะรดเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส เพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส0.1 กรัม ใส่ลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตรเติมน้ำ กลั่นจนถึงขีด จะได้สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อ100มิลลิลิตร = 100 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร = 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร = 1,000 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร
2. คูณสารละลายกลูโคส 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจากข้อ 1. มา 2 มิลลิลิตรเติมน้ำ 18 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคส 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
3. เตรียมหลอดทดลอง 5 หลอด
 - 3.1 หลอดที่ 1 คูณสารละลายกลูโคส100ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจากข้อ 2. มา 1 มิลลิลิตรเติมน้ำ 9 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคส10ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร

- 3.2 หลอดที่ 2 คูณสารละลายกลูโคส 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 2 มิลลิลิตรเติมน้ำ 8 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.3 หลอดที่ 3 คูณสารละลายกลูโคส 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 3 มิลลิลิตรเติมน้ำ 7 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.4 หลอดที่ 4 คูณสารละลายกลูโคส 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 4 มิลลิลิตรเติมน้ำ 6 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.5 หลอดที่ 5 คูณสารละลายกลูโคส 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 5 มิลลิลิตรเติมน้ำ 5 มิลลิลิตรจะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายเส้นใยสับปะรด

1. ชั่งเส้นใยสับปะรด 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นจนถึงขีด จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรดเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากข้อ 1 มา 4 มิลลิลิตร เติมน้ำ 36 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
3. เตรียมหลอดทดลอง 5 หลอด
 - 3.1 หลอดที่ 1 คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจากข้อ 2. มา 2 มิลลิลิตรเติมน้ำ 8 มิลลิลิตรจะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

- 3.2 หลอดที่ 2 คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อ 2. มา 4 มิลลิลิตร เติมน้ำ 6 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.3 หลอดที่ 3 คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อ 2. มา 6 มิลลิลิตร เติมน้ำ 4 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.4 หลอดที่ 4 คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อ 2. มา 8 มิลลิลิตร เติมน้ำ 2 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.5 หลอดที่ 5 คูณสารละลายเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อ 2. มา 10 มิลลิลิตร เติมน้ำ 0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด

1. ชั่งซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 0.1 กรัม ใส่ลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด จะได้สารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จาก ข้อ 1 มา 4 มิลลิลิตร เติมน้ำ 36 มิลลิลิตร จะได้สารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
3. เตรียมหลอดทดลอง 5 หลอด
 - 3.1 หลอดที่ 1 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จาก ข้อ 2. มา 2 มิลลิลิตร เติมน้ำ 8 มิลลิลิตร จะได้สารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
 - 3.2 หลอดที่ 2 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อ 2. มา 4 มิลลิลิตร เติมน้ำ 6 มิลลิลิตร จะได้สารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด เข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

- 3.3 หลอดที่ 3 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัม
ต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 6 มิลลิลิตรเติมน้ำ 4 มิลลิลิตรจะได้สารละลาย
ซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรดเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.4 หลอดที่ 4 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัม
ต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 8 มิลลิลิตรเติมน้ำ 2 มิลลิลิตรจะได้สารละลาย
ซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรดเข้มข้น 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3.5 หลอดที่ 5 คูณสารละลายซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรด 100 ไมโครกรัม
ต่อมิลลิลิตรข้อ 2. มา 10 มิลลิลิตรเติมน้ำ 0 มิลลิลิตรจะได้สารละลาย
ซ็อกโกแลตผสมเส้นใยสับปะรดเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก

ภาพการทดลอง



ก

ข

ค

ง

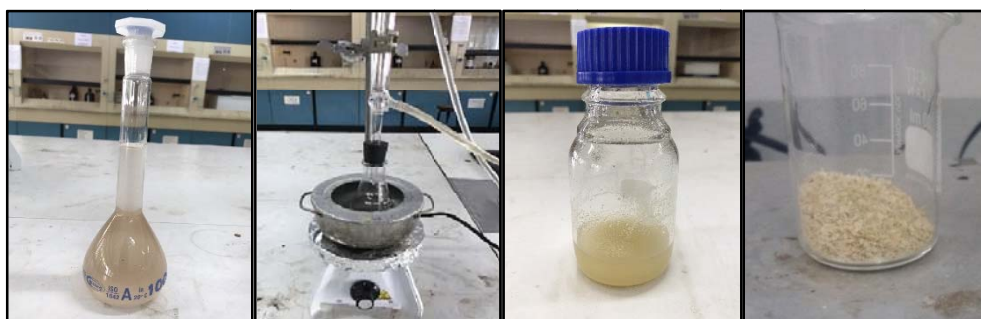
ภาพผนวกที่ ๑1 การสกัดเส้นใยสับปะรด

ก. สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียปอกเปลือก

ข. บดเส้นใยสับปะรดเพื่อคั้นน้ำออก

ค. เส้นใยสับปะรดแช่สารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์

ง. เส้นใยสับปะรดหลังจากอบแห้ง



ก

ข

ค

ง

ภาพผนวกที่ ๑2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ก. การเจือจางสารละลายซ็อกโกแลตเพื่อหาปริมาณโปรตีน

ข. การกลั่นไพลก๊ลิบของสารละลายซ็อกโกแลตเพื่อหาค่า SN ของไขมัน

ค. การย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์ α -amylase เพื่อหาปริมาณใยอาหาร

ง. ลักษณะเส้นใยอาหาร

ประวัติการศึกษา

1. นางสาวพิไลพรรณ นามสกุล ทองน้อย
2. เกิดวันที่ 5 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2537
3. สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
4. ประวัติการศึกษา
 - 4.1 ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดลาดปลาเค้า เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร
 - 4.2 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม เขตลาดพร้าว
กรุงเทพมหานคร
 - 4.3 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม เขตลาดพร้าว
กรุงเทพมหานคร