รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่น: ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

Development of Functional Food Product: Healthy Chocolate Supplemented with Anthocyanin-rich Extract from Broken Riceberry

ภาราดร งามดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้มอบทุนวิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ตามเป้าประสงค์ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ภาราดร งามดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงสกัดได้จากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยใช้น้ำในอัตราส่วน 1:3 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 14.60 มิลลิกรัมเทียบเท่า cyanidin-3-glucoside (C3G) ต่อลิตร และทำการเอ็นแคปซูเลชั่น (encapsulation) สารสกัดด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยพบว่าผงแอนโทไซยานินเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินมีค่า a_w เท่ากับ 0.50 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 4.55 มิลลิกรัม C3G ต่อกรัม การใช้ผงสารสกัดแอนโทไซยานินเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตในปริมาณ 3, 5 และ 7 กรัม พบว่าผงสารสกัดแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเปลี่ยนไปทางโทนสีแดงมากขึ้น ในขณะที่ทำให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง ช็อกโกแลตที่มีปริมาณผงสารสกัดแอนโทไซยานินเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรัม มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.53-0.69 มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.07-1.07 มิลลิกรัม C3G ต่อกรัม และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วงร้อยละ 70.71-76.37 โดยที่คุณสมบัติทั้งสามมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณผลสารสกัดแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น จากผลการปริมาณคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่ผสมผงสารสกัดแอนโทไซยานินในปริมาณร้อยละ 5 มากที่สุด และช็อกโกแลตนี้มีองค์ประกอบทางเคมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตโดยประมาณเท่ากับร้อยละ 1.56, 2.87, 29.76, 3.99, 19.16 และ 42.66 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ช็อกโกแลต, ข้าวไรซ์เบอร์รี่, แอนโทไซยานิน, การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Abstract

This research studied the development of chocolate functional healthy food product supplemented with anthocyanin-rich extract from broken Rice Berry. The anthocyanin-rich extract was derived by extracting the broken Rice Berry with water at the ratio of 1:3. The total anthocyanin content in the extract was 14.60 mg cyanidin-3-glucoside (C3G) per liter. This extract was subsequently encapsulated with maltodextrin via spray drying method. The obtained encapsulated anthocyanin powder had an a_w value of 0.50. The total anthocyanin content of this powder was 4.55 mg C3G/g. Supplementation of the anthocyanin powder to the chocolate at 3, 5 and 7 g caused the color of the chocolate shifted toward red color. Nevertheless, as the addition of the powder increased, the hardness of the chocolate respectively reduced. The chocolate with 3, 5 and 7 g of the anthocyanin powder had a_w values in the range of 0.53-0.69, total anthocyanin content in the rage of 0.07-1.07 mg C3G/g, and antioxidant activity against DPPH in the range of 70.71-76.37. The properties decreased respectively with the increase of the anthocyanin powder. The sensory studied result revealed that consumer preferred the chocolate supplemented with 5% anthocyanin powder. This chocolate has chemical components; moisture, protein, fat, fiber, ash, and carbohydrate of 1.56, 2.87, 29.76, 3.99, 19.16, and 42.66, respectively. However, further developments are needed in order to improve the hardness to be equivalent to the standard chocolate and to increase the antioxidant activity of it to be higher than the one.

Keywords: Riceberry, anthocyanin, chocolate, sensory evaluation

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 อาหารฟังก์ชั่น	5
2.2 ช็อกโกแลต	5
2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่	11
2.4 แหล่งอาหารธรรมชาติที่ประกอบด้วยแอนโทไซยานิน	13
2.5 เทคโนโลยีการทำเอ็นแคปซูเลชั่น (Encapsulation)	20
2.6 การทำแห้งแบบพ่นฝอย	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	25
3.1 วัตถุดิบในการทำวิจัย	25
3.2 อุปกรณ์ในการผลิต	25
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์	25
3.4 สารเคมี	27
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลทางสถิติ	27

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปลายผล	35
4.1 ผลการศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ	35
4.2 ผลการทำเอ็นแคปซูเลชั่นสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย	36
4.3 ผลการศึกษาการผลิตช็อกโกแลตผสมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการวิจัย	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก ภาพประกอบ	54
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลสำรวจปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต	55
ภาคผนวก ค แบบทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อ	57
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี	59

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามข้อกำหนดของสำนักงานองค์การอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) 9

2.2 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามสหภาพยุโรป 10

2.3 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่น 11

2.4 ปริมาณสารอาหารในข้าวไรซ์เบอร์รี่ 17

3.1 ส่วนผสมของช็อกโกแลตสูตรพื้นฐาน 33

3.2 ส่วนผสมช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพ เพิ่มสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 35

4.1 สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของผงสารสกัดแอนโทไซยานินเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน 40

4.2 สมบัติทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 42

4.3 คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 45

4.4 คุณภาพด้านเคมีของสิ่งทดลองที่ 3 ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 47

4.5 ต้นทุนวัตถุดิบของสิ่งทดลองที่ 3 ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณ 5 กรัม 48

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 ผลโกโก้ (ก), เมล็ดโกโก้สด (ข), และเมล็ดโกโก้คั่ว (ค) 8

2.2 ส่วนประกอบของข้าว 16

2.3 โครงสร้างเคมีพื้นฐานของแอนโทไซยานิน 18

2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ของแอนโทไซยานินใน pH ต่าง ๆ 19

3.1 ขั้นตอนการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 31

3.2 วิธีการเอ็นแคปซูเลชั่นสารสกัดแอนโทไซยานินด้วยมอลโทเด็กตริน 32

3.3 ขั้นตอนการผลิตซ็อกโกแลตผสมสารสกัดแอนโทไซยานิน 34

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพบว่าคุณภาพชีวิตของคนไทยมีผลมาจากการดำรงชีวิตประจำวันที่มีพฤติกรรมเสี่ยง เช่น การดื่มแอลกอฮอล์ การขาดการออกกำลังกาย ภาวะเครียดเนื่องจากการทำงานหนัก และสาเหตุที่สำคัญอีกประการคือ การบริโภคอาหารหวาน เค็ม และอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง รวมไปถึงการขาดสารต้านอนุมูลอิสระ ปัจจัยดังกล่าวเป็นสาเหตุให้เกิดโรคที่เรียกว่า "โรคไม่ติดต่อ" หรือ กลุ่มโรค NCDs (non-communicable diseases) เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจขาดเลือด และโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งประชากรไทยเสียชีวิตจากโรคเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องสถิติในปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีถึง 14 ล้านคนที่เป็นโรคในกลุ่มโรค NCDs พบว่ามีประชากรเสียชีวิตมากกว่า 300,000 คน (ถาวร มาตัน, 2557)

อาหารฟังก์ชั่น (functional food) คือ อาหารหรือสารอาหารที่อยู่ในรูปธรรมชาติหรือที่ถูกแปรรูปเพื่อให้ประโยชน์ต่อสุขภาพนอกเหนือจากประโยชน์ที่ได้รับจากสารอาหารที่รับประทานในชีวิตประจำวัน มีผลดีต่อระบบการทำงานของร่างกายในการป้องกันโรค เพิ่มภูมิคุ้มกันหรือต้านทานชะลอความเสื่อมของเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายและส่งเสริมสุขภาพ รวมทั้งอาหารที่ถูกเสริมด้วยสารพฤกษเคมี หรือสมุนไพร ก็ถูกจัดอยู่ในประเภทอาหารฟังก์ชันด้วยเช่นกัน (เอกราช บำรุงพืชน์, 2559) เช่น แอนโทไซยานินที่พบในข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ช็อกโกแลต เป็นผลิตภัณฑ์จากเมล็ดของต้นโกโก้หรือต้นคาเคา (*theobroma cacao* L.) เป็นส่วนผสมของของหวานหลายชนิด ในโกโก้มีส่วนประกอบของฟลาโวนอยด์ สารต้านอนุมูลอิสระ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (วรวรรณ ถนอมพงษ์, 2553) ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคช็อกโกแลตที่มีส่วนผสมของนม หรือเรียกว่า "ช็อกโกแลตนม" ดังจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่มีขายโดยทั่วไปเป็นช็อกโกเลตนมเป็นส่วนมาก อย่างไรก็ตามนมมีผลให้ฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในช็อกโกแลตถูกลดทอนลง และโปรตีนในนมจะทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างเต็มที่ (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2549) ดังนั้นการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระลงในช็อกโกแลตจึงอาจช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ต่อสุขภาพให้กับผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตนมได้ เนื่องจากช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ขนมหวานที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ เป็นผลิตภัณฑ์รับประทานได้ง่าย จึงช่วยลดการปฏิเสธของผู้บริโภค โดยเฉพาะในผู้บริโภคอายุน้อย ด้วยเหตุนี้ ช็อกโกแลตจึงมีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นอาหารฟังก์ชั่น โดยการเสริมสารพฤษเคมีที่เหมาะสมเพื่อชดเชยฤทธิ์ของสารพฤษเคมีในเมล็ดโกโก้ที่สูญเสียไปจากการมีส่วนประกอบของนม โดยสารพฤษเคมีที่มีความเป็นไปได้สูงเพื่อทำหน้าที่นี้ คือ แอนโทไซยานิน เนื่องจากมีสีน้ำตาลแดงใกล้เคียงกับผงโกโก้ มีความเป็นพิษต่ำจึงสามารถใช้เป็นส่วนผสมในช็อกโกแลตได้ปริมาณสูง ประกอบกับพื้นที่ในแถบจังหวัดลพบุรีและสระบุรีมีการเพาะปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ และปลายข้าวเป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวที่มีมูลค่าต่ำ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และศึกษาการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและทางชีวภาพ โดยงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 และนโยบาย 4.0 ที่มุ่งเน้นในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยกำหนดประเด็นงานวิจัยที่ตอบโจทย์การยกระดับศักยภาพของภาคอุตสาหกรรมอาหารด้านเทคโนโลยีการอาหาร โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในประเทศ และสร้างนวัตกรรมเพื่อธุรกิจใหม่ทางด้านเทคโนโลยีการอาหาร (สุวิทย์ เมษอินทรี, 2560)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอรี่

1.2.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอรี่

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปริมาณสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากข้าวไรซ์เบอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากข้าวไรซ์เบอรี่

1.3.2 ศึกษาการยอมรับของบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากข้าวไรซ์เบอรี่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1.3.3 เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพที่เสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่แตกต่างกัน

1.4 นิยามศัพท์

1.4.1 ช็อกโกแลต (chocolate) คือผลิตภัณฑ์จากโกโก้ (cocoa) ได้แก่ เมล็ดโกโก้กะเทาะเปลือก (cocoa nib) เนื้อโกโก้บด (cocoa mass) หรือผงโกโก้ (cocoa powder) อาจใส่ไขมันโกโก้ (cocoa butter) น้ำตาล น้ำนม สารให้กลิ่นรสหรือส่วนประกอบอื่น เช่น ผลไม้แห้ง แยม ถั่วลิสง และชนิดของช็อกโกแลตแบ่งได้ดังนี้ ช็อกโกแลตดำ (dark chocolate) ช็อกโกแลตนม (milk chocolate) ช็อกโกแลตขาว (white chocolate) คูเวอร์เจอร์ช็อกโกแลต (couverture chocolate) เป็นต้น (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2549)

1.4.2 แอนโทไซยานิน (anthocyanin) คือ รงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงินใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ตามธรรมชาติในอาหาร สารสกัดแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (อัญชลี ศรีจำเริญ, 2555)

1.4.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry) เป็นข้าวสายพันธุ์ใหม่ ที่เกิดจากการผสมระหว่างข้าวหอมนิลและข้าวหอมมะลิ 105 โดยลักษณะที่ดีและเด่น คือเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว (ปัณณธร ไชยรุ่งเรือง, 2557)

1.4.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดออกซิเดชั่นในร่างกายที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคสมอง (เช่น อัลไซเมอร์) เป็นต้น (อนุชิตา มุ่งงาม, 2555)

1.4.5 เอ็นแคปซูเลชั่น (encapsulation) คือ การห่อหุ้มหรือกักเก็บสารออกฤทธิ์จากพืชและสมุนไพร ช่วยให้สารสกัดหรือสารออกฤทธิ์นั้น ๆ มีความเสถียร คงทน อยู่ได้นาน รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ โดยสามารถปลดปล่อยได้ในบริเวณและระยะเวลาที่ต้องการ เป็นประโยชน์สำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิ เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ฯลฯ รวมทั้งอาหารสัตว์ด้วย (บุญชัย พิมพ์นาค, 2552)

1.4.6 มอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายใน

น้าได้ดีซึ่งมอลโตเดกซ์ตรินใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง รวมไปถึงการนำไปใช้ในอาหารผง เพื่อเพิ่มเนื้อ (bulking agent) เช่น เพิ่มเนื้อในการทำแห้ง (dehydration) อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เครื่องดื่มผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drier หรือ drum drier และใช้เพื่อป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent) และป้องกันการสลายตัวของสาระสำคัญ (บุญชัย พิมพ์นาค, 2552)

1.4.7 เลซิติน คือ (Lecithin) ผลผลิตจากน้ำมันถั่วเหลือง ใช้ในอาหารเพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) (INS 322 และ E-number 322) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้อาหารมีความคงตัวและเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน (จิรารัตน์ เทศะศิลป์, 2554)

1.4.8 การทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ การทำแห้งสำหรับอาหารเหลว เช่น นมผง น้ำผลไม้ กาแฟ โดยใช้เครื่องพ่นละออง (atomizer) ทำให้อาหารเหลวเป็นละออง สัมผัสกับกระแสลมร้อนภายในห้องอบแห้ง (drying chamber) ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง ตกลงสู่ภาชนะรองรับด้านล่าง ผงบางส่วนที่รวมอยู่กับลมร้อนจะถูกแยกออกด้วยระบบแยก อาหารผงที่ได้มีความชื้นต่ำ นิยมใช้ในการผลิตอาหารแห้งมีมีลักษณะเป็นผง (บุญชัย พิมพ์นาค, 2552)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

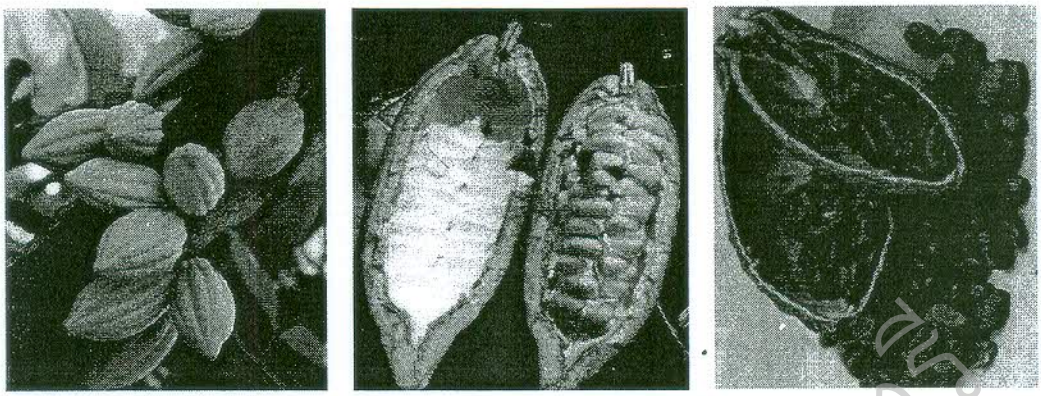
2.1 อาหารฟังก์ชั่น

สภาข้อมูลอาหารนานาชาติ ได้นิยามความหมายของ อาหารฟังก์ชั่น (functional food) ว่าคือ อาหารหรือสารอาหารชนิดใดๆ ที่อยู่ในรูปธรรมชาติ หรือที่ถูกแปรรูปไปเพื่อให้ประโยชน์ต่อสุขภาพนอกเหนือจากประโยชน์ที่ได้รับจากสารอาหารที่รับประทานในชีวิตประจำวัน ประโยชน์ของอาหารฟังก์ชั่นคือ เป็นอาหารที่รับประทานร่วมกับมื้ออาหารได้ไม่อยู่ในรูปของยามีคุณประโยชน์ต่อระบบการทำงานของร่างกายในการป้องกันโรค เพิ่มภูมิคุ้มกัน ชะลอความเสื่อมของเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย และส่งเสริมสุขภาพ อาหารที่เสริมด้วยสารพฤกษเคมี หรือสมุนไพร เพื่อเพิ่มคุณค่าและคุณประโยชน์ให้กับอาหาร ก็ถูกจัดอยู่ในประเภทอาหารฟังก์ชั่นด้วยเช่นกัน เช่น สารสกัดแอนโทซานินที่พบในผักผลไม้สีม่วงแดง ที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ หรือสารฟลาโวนอยด์ในที่พบในเมล็ดโกโก้ ทั้งนี้สารพฤษเคมีไม่ใช่อาหารหลัก แต่เป็นอาหารเพื่อเสริมสร้างสุขภาพให้กับร่างกายถ้าหากได้รับในปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ (วรวรรณ ถนอมพงษ์, 2553)

2.2 ช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานมีส่วนประกอบหลัก คือ โกโก้ และเนยโกโก้ ซึ่งเป็นไขมันของเมล็ดโกโก้ และปรับปรุงรสชาติด้วยส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น นม น้ำตาล ซึ่งโกโก้เป็นผลิตภัณฑ์จากผลของต้นโกโกหรือต้นคาเคา (cacao) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Theobroma cacao* L. ซึ่งผลของต้นโกโก้เมื่อสุกแล้วจะนำส่วนของเมล็ดมาหมักและตากแห้ง ก่อนที่จะนำมาคั่วหรืออบ แล้วจึงบดให้ละเอียดเป็นของเหลว เรียกว่า ช็อกโกแลตลิเคอร์ (chocolate liquor) หรืออาจทำให้เป็นผง เรียกว่า ผงช็อกโกแลต (chocolate powder) หรือผงโกโก้ (cocoa powder) รสชาติและกลิ่นรสที่เฉพาะตัวของช็อกโกแลตส่งผลให้การบริโภคช็อกโกแลตเป็นที่แพร่หลายไปทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งมีการบริโภคช็อกโกแลตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 ความนิยมบริโภคช็อกโกแลตยืนยันได้จากปริมาณการบริโภคช็อกโกแลตในทั่วโลกที่มีปริมาณมากถึง 7.2 ล้านตัน (วรวรรณ ถนอมพงษ์, 2553)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.1 ผลโกโก้ (ก), เมล็ดโกโก้สด (ข), และเมล็ดโกโก้คั่ว (ค)

ที่มา : จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก (2550)

2.2.1 การจำแนกประเภทของช็อกโกแลตตามข้อกำหนดของแต่ละประเทศ

ช็อกโกแลตเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญที่สุด คือ โกโก้เหลวหรือผงโกโก้และเนยโกโก้ และมีส่วนประกอบอื่นร่วมด้วย เช่น น้ำตาล นมผง และสารเติมแต่งอื่น ๆ โดยมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศดังนี้

2.2.1.1 ข้อกำหนดปริมาณส่วนผสมของประเภทช็อกโกแลตในประเทศสหรัฐอเมริกา

สำนักงานองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (food and drug administration, FDA) กำหนดให้มีปริมาณโกโก้อย่างน้อยร้อยละ 10 และได้แบ่งประเภทของช็อกโกแลตเป็น 4 ประเภท คือ ช็อกโกแลตนม ช็อกโกแลตหวาน ช็อกโกแลตกึ่งหวานหรือหวานปนขม และไวท์ช็อกโกแลต โดยจำแนกตามปริมาณส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตดังแสดงในตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 2.1 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามข้อกำหนดของสำนักงานองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์				
	ผงโกโก้	นมผง	น้ำตาล	เนยโกโก้	ไขมันนม
ช็อกโกแลตนม	≥ 10%	≥ 12%			
ช็อคโกแลตหวาน	≥ 15%	< 12%			
ช็อกโกแลตกึ่งหวานหรือหวานปนขม	≥ 35%	< 12%			
ไวท์ช็อกโกแลต		≥ 14%	≤ 55%	≥ 20%	≥ 3.5%

ที่มา : Types of chocolate (2015).

ตารางที่ 2.2 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามสหภาพยุโรป

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์						
	ผงโกโก้	เนยโกโก้	ผงโกโก้ขาดมันเนย	ไขมันรวม	ไขมันนม	นม	แป้ง
ช็อกโกแลต	≥35%	≥18%	≥14%				
ช็อกโกแลตกูแวร์ตูร์	≥35%	≥31%	≥2.5%				
ช็อกโกแลตชนิดเกล็ด	≥32%	≥12%	≥14%				
ช็อกโกแลตนม	≥25%		≥2.5%	≥25%	≥3.5%	≥14%	
ช็อกโกแลตนมกูแวร์ตูร์	≥25%		≥2.5%	≥31%	≥3.5%	≥14%	
ช็อกโกแลตนมชนิดเกล็ด	≥20%		≥2.5%	≥12%	≥3.5%	≥12%	
ช็อกโกแลตนม	≥20%		≥2.5%	≥25%	≥5%	≥20%	
ช็อกโกแลตชนิดครีม	≥25%		≥2.5%	≥25%	≤5.5%	≥14%	
ช็อกโกแลตนมไขมันต่ำ	≥25%		≥2.5%	≥25%	≤1%	≥14%	
ไวท์ช็อกโกแลต		≥20%				≥14%	
ช็อกโกแลตลาทาชา	≥35%	≥18%	≥14%				≤8%

ที่มา : Types of chocolate (2015)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.2.1.2 ข้อกำหนดช็อกโกแลตของสหภาพยุโรป

สหภาพยุโรปกำหนดให้มีปริมาณโกโก้อย่างน้อยร้อยละ 25 ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตทุกประเภท ยกเว้นช็อกโกแลตที่มีส่วนผสมของนมที่มีปริมาณโกโก้อย่างน้อยร้อยละ 20 และแบ่งประเภทของช็อกโกแลตเป็น 11 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.2.1.3 ข้อกำหนดปริมาณส่วนผสมของประเภทช็อกโกแลตในประเทศญี่ปุ่น

ในประเทศญี่ปุ่นผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตจัดเป็นอาหารที่มีประเภทหลากหลายและปริมาณการเติมส่วนผสมของโกโก้ในช็อกโกแลตแต่ละประเภทมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยแบ่งประเภทของช็อกโกแลตได้ 4 ประเภท คือ ช็อกโกแลตดำ ช็อกโกแลตนม ช็อกโกแลตกึ่งขม และช็อกโกแลตกึ่งนม โดยปริมาณส่วนผสมหลักในช็อกโกแลตแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทของช็อกโกแลตแบ่งตามข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่น

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์					
	ผงโกโก้	เนยโกโก้	ซูโครส	เลซิติน	ครีมนม	นม
ช็อกโกแลตดำ	≥35%	≥18%	≤55%,	≤0.5%		≤3%
ช็อกโกแลตนม	≥21%	≥18%	≥14%	≤0.5%	≥3.5%	≤3%
ช็อกโกแลตกึ่งขม	≥15%	≥3%	-	-	≥18%	≤3%
ช็อกโกแลตกึ่งนม	≥7%	≥3%	-	-	≥18%	≥12.5%

ที่มา : Types of chocolate (2015)

2.2.2 คุณประโยชน์ด้านสุขภาพของช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน แต่ในทางกลับกันการบริโภคช็อกโกแลตในปริมาณที่มากจะส่งผลต่อปัญหาสุขภาพนั้นคือมีผลที่ให้อ้วน อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีว่าช็อกโกแลตมีผลในการปรับอารมณ์ และลดความเครียดได้ ดังแสดงให้เห็นจากงานวิจัยของ Macht and Mueller (2007) ซึ่งทดลองเปรียบเทียบอารมณ์ก่อนและหลังการบริโภคช็อกโกแลตของผู้บริโภคทั้งชายและหญิงโดยพบว่าช็อกโกแลตช่วยลดอารมณ์ในเชิงลบ และภาวะเครียดของผู้บริโภคได้ ในงานวิจัยของ Crichton et al. (2016) ใช้ข้อมูลจาก maine-syracuse longitudinal study

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(MSLS) ซึ่งทดสอบผลของการบริโภคช็อกโกแลตจากผู้บริโภคจำนวน 968 คน ที่มีอายุระหว่าง 23-98 ปี ซึ่งพบว่าการบริโภคช็อกโกแลตมีคุณประโยชน์ต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด และมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพทางปัญญาเช่นกัน ในดาร์กช็อกโกแลต หรือช็อกโกแลตที่ไม่มีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์นมมีระดับฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง จากรายงานของ Pimentel et al. (2010) ซึ่งเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ระหว่างช็อกโกแลตและช็อกโลแลตนมที่มีปริมาณโกโก้ร้อยละ 40 และช็อกโกแลตที่มีปริมาณโกโก้ร้อยละ 71 กับไวน์แดง 4 ชนิด (Pinot-Noir, Cabernet Sauvignon, Merlot และ Tannat) พบว่าช็อกโกแลตที่มีปริมาณโกโก้ร้อยละ 71 ปริมาณ 49 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์เช่นเดียวกับไวน์ tannat ปริมาตร 196 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณไวน์ที่แนะนำในการดื่มต่อวัน เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพสำหรับผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม

2.2.3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในช็อกโกแลต

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในช็อกโกแลตได้มาจากเมล็ดโกโก้ ซึ่งประกอบด้วยสาร 3 กลุ่ม ได้แก่ พิวรีน พอลิฟีนอล และฟลาโวนอยด์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มสารพิวรีน คือสารประเภท คาเฟอีน และที่โอโบมีน ที่พบผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตออกฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีความสามารถในการยับยั้งการออกซิเดชันของ LDL (low density lipoprotein) ในผลิตภัณฑ์โกโก้จะพบประมาณร้อยละ 10 (Rusconi & Conti, 2010)

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟินอลประเภทพอลิฟีนอล ในโกโก้อุดมไปด้วยโพอลิฟีนอล ชนิดฟลาโวนอยด์ (flavonoid) โปรแอนโทไซยานิน (procyanidins) และ flavan-3-ols (Tomas & Barberet, 2007) ซึ่งเป็นสารพฤษเคมีที่มีสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ คือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) มีความสามารถในการป้องกันมะเร็ง ปกป้องความเสียหายของบออกซิเจนในเซลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) รวมทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต 41 กรัมพบสารโพอลีฟีนอล 140 มิลลิกรัม (Kondo et al., 1996)

2.2.4 ภาวะทางการตลาดของช็อกโกแลตในประเทศไทย

การบริโภคช็อกโกแลตในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากผลสำรวจในปี พ.ศ. 2550 พบว่าอัตราการบริโภคช็อกโกแลตของประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 0.26 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เพิ่มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2540 ที่มีอัตราการบริโภคผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเฉลี่ยเพียง 0.144 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ต่อคนต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2550 ประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายช็อกโกแลตต้องเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่รุนแรงในตลาด ดังนั้นเพื่อเป็นการกระตุ้นผู้บริโภคผู้ผลิตจึงต้องสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยพัฒนาสูตรให้มีรสชาติที่โดดเด่นให้มีความแตกต่าง และแสดงให้ผู้บริโภครับรู้ถึงประโยชน์ในการบริโภคช็อกโกแลต (ไพเราะ เลิศวิราม, 2551)

ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตในประเทศไทยมี 4 ชนิด คือ ชนิดบาร์หรือแท่ง ชนิดสอดไส้ (countline) ชนิดชิ้นพอดีคำ (bite size) และชนิดของขวัญ (gifting) พบว่ามีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2555-2557) โดยเฉลี่ยร้อยละ 10 โดยส่วนใหญ่ช่องทางการจัดจำหน่ายมีความสะดวกต่อผู้บริโภคมากขึ้นโดยพบว่าจำหน่ายผ่านร้านสะดวกซื้อร้อยละ 60 ห้างสรรพสินค้าร้อยละ 33 และร้านโชวห่วยร้อยละ 7 ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นกลุ่มวัยรุ่นและวัยเริ่มทำงานทั้งชายและหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 15-34 ปี แบ่งเป็นผู้หญิงร้อยละ 60 และผู้ชายร้อยละ 40 (ฐานันท์ สุวรรณรักษ์, 2558) ประกอบกับผลิตภัณฑ์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในเรื่องเนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่ม และรสชาติใหม่ ได้แก่ รสช็อกโกแลตนม รสช็อกโกแลตนมผสมเมล็ดมะม่วง หิมพานต์ และคุกกี้ และรสช็อกโกแลตนมผสมลูกเกดและอัลมอนด์

ในปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่กำลังประสบกับปัญหาสุขภาพ โดยสำรวจจากปัญหาในปัจจุบันร้อยละ 25 ของผู้ที่อยู่อาศัยในกรุงเทพมหานครกำลังป่วยเป็นโรคเบาหวาน และล่าสุดสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทยเปิดเผยข้อมูลว่ามีประชากรที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานในประเทศตั้งแต่อายุ 18 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.9 ในปี 2552 เป็นร้อยละ 8.9 ในปี 2557 ซึ่งมีสาเหตุมาจากการบริโภคของหวานเป็นประจำด้วยอัตราของผู้ป่วยเบาหวานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจึง นำมาสู่การคิดค้น ช็อกโกแลตปราศากน้ำตาล แต่ยังคงความหวานด้วยสารทดแทนน้ำตาล “มัลติตอล (maltitol)” ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ทาคะยาสุ ทัสซึมิ, 2560)

2.2.5 การพัฒนาช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตถูกพัฒนาเพื่อประโยชน์ในด้านสุขภาพ โดยมีการเสริมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น ในงานวิจัยของ Komes et al. (2013) ในการผสมผลไม้แห้งลงในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตนม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในช็อกโกแลตนมกับช็อกโกแลตที่มีการเพิ่มแครนเบอร์รี่และลูกเกดแห้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ลงในช็อกโกแลตทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

งานวิจัยของ Xueling et al. (2013) ได้ศึกษาช็อกโกแลตที่เติมชาผู่เอ๋อ และผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถลดการดูดซึมของเนยโกโก้ในร่างกายมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพขณะที่สีและความมันวาวของช็อกโกแลตไม่เปลี่ยนแปลงและสามารถแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่มีแคลอรี่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยของ Miquelim et al. (2013) มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของช็อกโกแลตที่เติมสตรอเบอร์รี่ ส้ม และเนื้อเสาวรส ทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค 90 คน โดยใช้เกณฑ์ความชอบ เพื่อประเมินความชอบโดยรวมของตัวอย่างในกลุ่มผู้บริโภคชาวบราซิล ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความชอบโดยรวมสำหรับตัวอย่างเกือบทุกกลุ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสตรอเบอรี่ และผลเสาวรส มีค่าเฉลี่ย 8.4 และ 8.8 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการเติมส้มซึ่งมีคะแนนต่ำมีค่าเฉลี่ย 6.5

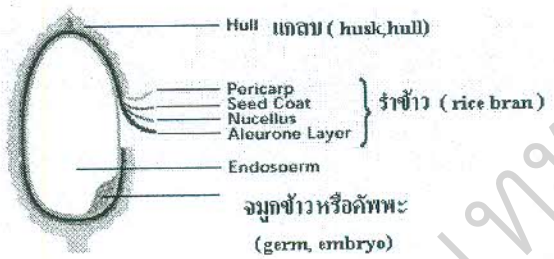
2.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิล กับ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ผิวมันวาว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีความนุ่มนวลมีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว ได้รับความร่วมมือจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดย รศ.ดร.อภิชาติ วรรณวิจิตร ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และคณะ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 จากนั้นได้ยื่นจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชใหม่ จึงทำให้เกิดการเพาะปลูกได้อย่างกว้างขวาง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีความสามารถต้านทานโรคไหม้ และทนต่อสภาพธาตุเหล็กเป็นพิษในดินได้ (ปัณณธร ไชยบุญเรือง และคณะ, 2557)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.3.1 โครงสร้างของข้าว

ข้าวเป็นพืชเมล็ดชนิดหนึ่งโดยลักษณะของผลเป็นผลเดี่ยว เมื่อสุกจะมีผลแห้ง ซึ่งส่วนประกอบหลักของข้าว คือ สตาร์ช (starch) ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก และใช้จำแนกชนิดของข้าว (อนงค์ นัยวิกุล, 2556) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของข้าว

ที่มา : อนงค์ นัยวิกุล (2556)

2.3.1.1 เปลือกหุ้มชั้นนอก (pericap) ซึ่งเป็นเซลลูโลส (cellulose) และ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ทำหน้าที่ป้องกันและครอบคลุมด้านนอกทั้งหมด เมื่อสีเอาชั้นแกลบออกจะได้ข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย จมูกข้าว (germ หรือ embryo) และส่วนเอนโดสเปิร์ม (endosperm) หรือข้าวขาว ห่อหุ้มด้วยชั้นรำข้าว (rice bran) ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดหลายชั้น เยื่ออาลูโรน (aleurone layer) หรือชั้นรำละเอียด เป็นชั้นในสุดที่ติดกับเอนโดสเปิร์ม มีโปรตีนและไขมันสูง

2.3.1.2 เมล็ดข้าว (seed) มีลักษณะเรียวยาว ประกอบไปด้วย เยื่อชั้นนอก (pericarp), เปลือกหุ้มเมล็ด (testa), เยื่อชั้นอาลูโรน (aleurone layey) และเนื้อเมล็ด (endospem) เป็นแหล่งของสารอาหาร มีเส้นใยสูง อุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.3.1.3 รำข้าว (rice bran) คือส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว ซึ่งถูกขัดสีออกในการขัดสีให้ได้ข้าวสาร รำข้าวมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น กรดโอเลอิก, กรดลิโนเลอิก, กรดลิโนเลนิก, ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) มีสารอาหารมากถึงร้อยละ 65 เป็นแหล่งสารอาหารที่อุดมสมบูรณ์มีวิตามิน, เกลือแร่, น้ำมัน, สารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีพลังงานสูง (373 แคลอรีต่อ1 ถ้วย) มีโปรตีนสูง (15.8 กรัมต่อ 1 ถ้วย) มีเส้นใยสูงร้อยละ 99 โซเดียมและน้ำตาลต่ำเพียง 1.1 กรัม ไม่มีแลคโตสและกลูเตน ไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ มีแร่ธาตุสังกะสี เหล็ก กรดโฟลิกและสารอาหารอื่น ๆ ไม่มีคอเลสเตอรอล เป็นแหล่งของแมงกานีส แมกนีเซียมและวิตามิน B1, B2, B6 และแร่ธาตุเช่น โพแทสเซียม แคลเซียมฟอสฟอรัส

2.3.2 คุณสมบัติและโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณสมบัติเด่นทางโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือเป็นข้าวหอมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ ธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี โอเมก้า 3 วิตามินอี โฟเลต เบต้าแคโรทีน โพลีฟีนอล แทนนิน และแกมมาโอไรซานอล ดังแสดงในตารางที่ 2.4 สำหรับสารแอนโทไซยานินในข้าวสามารถพบได้ในข้าวที่มีสีม่วงหรือสีดำ และพบได้ทั้งในข้าวจ้าและข้าวเหนียว จากงานวิจัยของ Ngamdee et al. (2016) พบว่าในข้าวเหนียวสีดำ มีแอนโทไซยานินในปริมาณสูงกว่าข้าวเจ้าสีดำ จากการศึกษาด้วยวิธี ORAC (oxygen radical absorbence capacity) ในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 229-304.7 ไมโครกรัมต่อกรัม การที่ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระพอเพียงต่อความต้องการในแต่ละวันจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดและโรคมะเร็งได้ ด้วยเหตุนี้ รำข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงถูกนำมาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นหรืออาหารโภชนบำบัดทางการแพทย์

2.4 แหล่งอาหารธรรมชาติที่ประกอบด้วยแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอล ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมนุษย์จะได้รับสารแอนโทไซยานินจาก ผัก ผลไม้ และพืช รวมไปถึงสมุนไพรเครื่องเทศ (Naczk & Shahidi, 2003) หรือจากธัญพืชสีดำ สีแดง และสีม่วง ซึ่งพบปริมาณแอนโทไซยานินในช่วง 7-32.76 ไมโครกรัมต่อกรัม (Abdel et al., 2006) ตามธรรมชาติจะพบจากอนุพันธ์หลักของแอนโทไซยานินทั้ง 6 ชนิด คือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เพลาโกนิดิน (pelargonidin) ไซยานิดิน (cyaniding) เดลฟินิดิน (delphinidin) พีโอนิดิน (peonidin) เพทุนิดิน (petunidin) และมอลวิดิน (malvidin) งานวิจัยของ Kong et al. (2003) ทำการวิเคราะห์ผลทางชีวภาพของแอนโทไซยานิน เพราะนอกจากคลอโรฟิลที่เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งให้สีกับผักผลไม้และพืชแล้ว แอนโทไซยานินก็สามารถให้สีแก่ผักผลไม้และพืชได้เช่นกัน และนอกจากการให้สีแก่พืชแล้วแอนโทไซยานินยังมีประโยชน์มากมายในการส่งเสริมสุขภาพเนื่องจากสามารถป้องกันสารออกซิแดนต์ (oxidants) ต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบโดยใช้กลไกที่ต่างกัน

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารอาหารในข้าวไรซ์เบอร์รี่

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
ธาตุเหล็ก	13.00-18.00	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ธาตุสังกะสี	31.90	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โอเมก้า 3	25.51	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินอี	678.00	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โฟเลต	48.10	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
เบต้าแคโรทีน	63.00	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โพลีฟีนอล	113.50	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แทนนิน	89.33	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แกมมาโอไรซานอล	462.00	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำ	47.50	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัม
สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำมัน	33.40	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัม

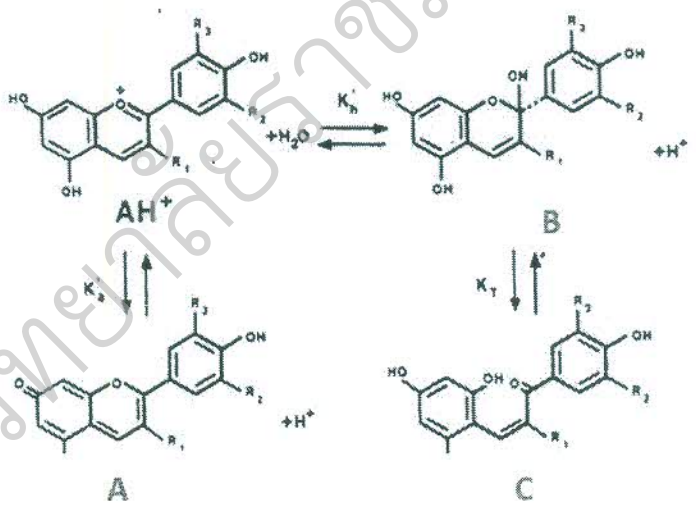
ที่มา : ปัณณธร ไชยบุญเรือง และคณะ (2557)

2.4.1 สมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานิน

ในสารละลายตัวกลาง (aqueous media) แอนโทไซยานินจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH indicator) นั่นคือ โดยให้สีแดงที่ pH ต่ำ และมีสีเปลี่ยนแปลงตาม pH ที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สูงขึ้น ในสารละลายที่เป็นกรดและเป็นกลางนั้น มีโครงสร้างของแอนโทไซยานิน 4 โครงสร้างในสภาวะสมดุล คือ red flavylium cation (AH^+), blue quinoidal base (A), colorless carbinol pseudobase (B) และ colorless chalcone (C) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในสภาวะที่เป็นกรดและ pH ต่ำกว่า 2 จะมี AH^+ เป็นโครงสร้างเด่นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น AH^+ จะเกิดการสูญเสียโปรตอนเกิดเป็นสารละลาย blue quinoidal base หรือ red quinoidal base ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกิดเป็นปกติ แต่การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (hydration) ของ AH^+ จะทำให้เกิด colorless carbinol pseudobase ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแตกต่างกันของ pH และโครงสร้างของแอนโทไซยานินจึงทำให้ปริมาณของ AH^+, A, B และที่สภาวะสมดุลมีความแตกต่างกัน เช่น โครงสร้างของ 3-glycoside และ 3,5-diglycoside จะเกิดขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 ซึ่งจะเกิดเป็น colorless carbinol pseudobase อย่างไรก็ตาม ปริมาณเพียงเล็กน้อยของ blue quinonoidal base และ colorless chalcone จะปรากฏให้เห็นและมีปริมาณเพิ่มขึ้นที่ pH สูงขึ้น (pH 4-6) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ของแอนโทไซยานินใน pH ต่าง ๆ

ที่มา : สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553)

แอนโทไซยานินเป็นสารสีธรรมชาติที่พบในพืช มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมด้านอาหาร ยา รวมไปถึงเครื่องสำอาง โดยใช้เป็นสีธรรมชาติที่มีคุณประโยชน์ด้านฤทธิ์การต้านอนุมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อิสระ อย่างไรก็ตาม การนำแอนโทไซยานินมาใช้ประโยชน์ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากสมบัติทางเคมีที่เป็นเอกลักษณ์ของแอนโทไซยานิน ซึ่งได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย ได้แก่ pH ความร้อน และแสงยูวี (Castaneda et al., 2009)

2.4.2 การใช้แอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหาร

แอนโทไซยานินสามารถพบได้ในทั้งพืชอาหารและพืชทั่วไปที่มีสีแดง น้ำเงิน ม่วง และดำ ซึ่งพืชอาหารเป็นแหล่งแอนโทไซยานินที่มนุษย์ได้รับโดยตรง เช่น การรับประทานผลบลูเบอรี่ หรือมันเทศสีม่วง อย่างไรก็ตาม พืชที่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน หรือสารสกัดจากพืชเหล่านี้สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารชนิดอื่น เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ด้านสุขภาพให้กับอาหารนั้นได้จากปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น

Kong et al. (2012) ศึกษาการใช้รำข้าวดำมาใช้เป็นส่วนผสมของเส้นก๋วยเตี๋ยว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมรำข้าวดำลงในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความเหนียวของเส้นลดน้อยลง แต่ปริมาณโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม และเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการมีสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นผลดีต่อร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Bainak et al. (2015) ที่ได้ศึกษาการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นส่วนผสมในการผลิตเส้นขนมจีน โดยพบว่าการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความหนืดของเส้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้เส้นขนมจีนมีสีเข้มขึ้นไปทางโทนสีดำ

Deesanam and Buawong (2013) ศึกษาคุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมีส่วนในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ซึ่งจากการศึกษาการเติมสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู พบว่าภายหลังการเติมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แอนโทไซยานินสามารถยับยั้งการเหม็นหืนของน้ำมันในกุนเชียงหมูได้ตลอดอายุการเก็บรักษา และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tananuwong and Tewaruth (2010) ที่ได้ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ เพื่อใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเสริมในมายองเนส ผลการทดลองพบว่าสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นป้องกันการเหม็นหืนในมายองเนส

Yarangsri, Fufung and Rattanapitikorn (2016) ศึกษาการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวสาลี เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของคุกกี้ การทดลองพบว่าแป้งมีการเกาะตัวส่งผลในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือมีสีที่เข้มขึ้น และมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ประโยชน์ต่อสุขภาพเพราะในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระถือได้ว่าเป็นอีกทางเลือกใหม่สำหรับผู้ที่แพ้กลูเต็นในแป้งสาลี

Lee et al. (2008) ศึกษาการผลิตเค้กข้าว (rice cake) หรือขนมขบเคี้ยวจากข้าวกล้องเต็มเมล็ดและข้าวกล้องชนิดเม็ดกลาง ทดแทนการผลิตจากแป้งข้าวเจ้า โดยศึกษาผลกระทบจากความชื้น อุณหภูมิความร้อนในสภาวะทั่ว ๆ ไป และอุณหภูมิความร้อนในการทำให้สุก จากการทดลองพบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์

2.4.3 คุณประโยชน์ด้านสุขภาพจากแอนโทไซยานิน

การออกซิเดชั่นของไลโปโปรตีน (lipoprotein) ที่เป็นสาเหตุสำคัญในการพาคอเลสเตอรอลเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการบริโภคผักและผลไม้เพราะอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีผลทำให้เกิดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดลดลง โดยกลไกการทำงานต่างๆของสารต้านอนุมูลอิสระในการยับยั้งการออกซิเดชั่น เช่น วิตามินอี (vitamin E) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และ พอลิฟีนอล (polyphenolic) ซึ่งเป็นไฟโตเคมิคัล (phytochemical) ที่สังเคราะห์โดยพืชประกอบด้วย bioflavonoids เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นต้น (Aviram et al., 2005)

ปัจจุบันมีผู้ที่เป็นโรคมะเร็งจำนวนมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการอักเสบเรื้อรังซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดเนื้องอกที่ไม่ดีในร่างกาย การอักเสบอาจเกิดจากสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษ เช่น ได้รับควันบุหรี่โดยไม่ได้สูบเอง จึงทำให้มีการศึกษาแนวทางใหม่ ๆ ในการรักษาโรคมะเร็ง (Coussens & Weab, 2002) งานวิจัยของ Kamei et al. (1995) แสดงให้เห็นว่าแอนโทไซยานินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ดีกว่าฟลาโวนอยด์ชนิดอื่น ๆ และยังพบอีกว่าสารสกัดเมทานอลจากไวน์แดงสามารถต้านมะเร็งได้ การศึกษาของ Yi et al. (2005) พบว่าสารประกอบฟีนอลซึ่งรวมถึงแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกองุ่น muscadine และข้าวเหนียวดำ สามารถยับยั้งหรือทำลายเซลล์มะเร็งในลำไส้ใหญ่ โดยพบว่าสามารถยับยั้งการเติบโตของจำนวนเซลล์มะเร็งที่ระดับความเข้มข้น 1-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jing et al. (2000) พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแอนโทไซยานินสามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านการเกิดลิ่มเลือดในเซลล์ ช่วยลดความเครียดที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

มีบทบาทสำคัญในการก่อโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (Tananuwong & Tewaruth, 2010)

2.4.4 ประโยชน์ของสารสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวดำต่อสุขภาพ

แอนโทไซยานินเป็นสารพฤษเคมีที่มีฤทธิ์ป้องกันและยับยั้งโรคไม่ติดต่อได้ โดยมีการรายงานคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพของแอนโทไซยานินอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะแอนโทไซยานินจากข้าวที่มีสีดำ

Guo et al. (2007) ศึกษาสารสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวดำ พบว่ามีผลดีต่อผู้ป่วยภาวะไขมันในเลือดสูงและและภาวะการต้านอินซูลิน โดยได้ทำการทดลองในหนูที่ถูกให้น้ำตาล ฟลุกโตสเพื่อกระตุ้นให้เกิดภาวะต้านอินซูลินที่ก่อให้เกิดโรคเบาหวาน ผลการทดลองพบว่าสารสกัดแอนโทไซยานินทำหน้าที่ช่วยเผาผลาญน้ำตาล และส่งเสริมการสร้างอินซูลินในร่างกาย และสามารถป้องกันภาวะไขมันสูงในร่างกายได้

Hou et al. (2010) ศึกษาสารสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวสีดำในการลดผลกระทบจากแอลกอฮอล์ในร่างกายโดย ซึ่งทำการทดลองกับหนูทดลองที่ได้รับปริมาณเอธานอลในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตับ และให้สารสกัดแอนโทไซยานินร่วมกับแอลกอฮอล์ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดแอนโทไซยานินสามารถลดระดับเอ็นไซม์ AST, ALT และ GGT ในตับลดระดับคอเลสเตอรอล และสามารถต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้ ผลการทดสอบทางจุลพยาธิวิทยาในตับแสดงให้เห็นว่าสารสกัดแอนโทไซยานินมีผลในการลดผลกระทบจากแอลกอฮอล์ที่ร่างกายได้รับ

Apichai et al. (2010) ศึกษาประโยชน์ของข้าวเหนียวดำในการรักษาหนูที่เป็นโรคเบาหวานจากการได้รับ streptozotocin ซึ่งเป็นสารเคมีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นพิษต่อเซลล์เบต้าที่ผลิตอินซูลินในตับอ่อน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวดำ มีความสามารถในการเพิ่มอินซูลินในร่างกายลดระดับน้ำตาลกลูโคส ลดระดับไขมันไตกลีเซอไรด์และกรดไขมันอิสระได้ ดังนั้นข้าวเหนียวดำจึงเป็นทางเลือกในการรักษาผู้ป่วยที่มีแนวโน้มเป็นโรคเบาหวาน

2.4.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารสีในพืช ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาแอนโทไซยานินเป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพเพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ แอนโทไซยานินจะให้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอนุพันธ์ของแอนโทไซยานิน ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดพืช พบว่ามีการใช้แอนโทไซยานินที่สกัดจากผัก ผลไม้ ดอกไม้ และเมล็ดธัญพืชที่มีสีแดง สีม่วง หรือสีฟ้าเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง (Wrolstrad, 2004) เช่น บลูเบอรี่ป่า หรือ lowbush (*vaccinium angustifolium*) เป็นพืชที่มีสีม่วงเข้ม มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง จึงถูกนำมาเติมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อสุขภาพเป็นการเพิ่มรสชาติ Potter et al. (2007) และการนำผลของแรดิส หรือมันฝรั่งแดง มาใช้เป็นสารสีแดงซึ่งสีที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสารสีของแอนโทไซยานินที่มีประโยชน์ โดยนำมาเติมในผลิตภัณฑ์นมและยังเป็นการเพิ่มสี ซึ่งจัดได้ว่าเป็นการใช้สีจากธรรมชาติแทนการใช้สีสังเคราะห์ (Giusti & Wrolstad, 2003) แอนโทไซยานินถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยธุรกิจด้านอาหารและส่วนผสมอาหารมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเนื่องจากความนิยมของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นและการส่งเสริมการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย อาหารจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวพาที่สำคัญในการส่งผ่านสารพฤษเคมีและธาตุอาหารต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกายเพื่อประโยชน์ในการเพิ่มสุขภาพที่ดี เช่น แครอทสีดำถูกนำมาเป็นส่วนผสมในอาหาร เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

2.4.6 ช็อกโกแลตที่มีส่วนประกอบของแอนโทไซยานินจากพืชชนิดต่าง ๆ

ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการใช้สารสกัดแอนโทไซยานินเป็นส่วนผสมในช็อกโกแลตโดยตรง มีเพียงการอ้างอิงคุณประโยชน์ของแอนโทไซยานินจากพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในช็อกโกแลต เช่น ในงานวิจัยของ Shuwei (2015) ได้ใช้เนื้อมันเทศสีม่วงเป็นส่วนผสมในช็อกโกแลต โดยพบว่ามีผลทำให้ช็อกโกแลตมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เนื่องจากมันเทศสีม่วงมีแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบ และในงานวิจัยของ Wenshi (2014) ได้ใช้มันเทศสีม่วงแผ่นบางชนิดอบกรอบเป็นส่วนผสมในช็อกโกแลตซึ่งอุดมด้วยโปรตีน กรดอะมิโน วิตามิน เซลลูโลส แอนโทไซยานิน และธาตุซีลีเนียมจากมันเทศสีม่วง และไม่เพียงแต่สามารถใช้เป็นอาหารขบเคี้ยวที่ทานได้ แต่ยังมีคุณสมบัติทางโภชนาการและการดูแลสุขภาพ

ช็อกโกแลตที่มีส่วนผสมของธัญพืช ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่มีส่วนประกอบของข้าวโพดดำ และข้าวกล้อง อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบ มีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบประสาทและสมอง (Zhengcai, 1987)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

งานวิจัยของ Hao (2016) ได้ศึกษาถึงช็อกโกแลตที่ช่วยในการเสริมสร้างการทำงานของระบบประสาทและการทำงานของสมอง โดยใช้ส่วนผสมอื่นร่วมด้วยดังนี้ ถั่วเหลือง ข้าวกล้อง ถั่ว ยาจีนโบราณ ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) น้ำมันวอลนัท น้ำมันรำข้าว เซนทรัม (centrum) กรดไลโนเลอิก (linolenic acid) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และกรดอะมิโนทริปโตแฟน (tryptophan) ซึ่งช่วยเสริมสร้างการทำงานสมอง มีส่วนช่วยในการเพิ่มความจำ ช่วยในการดูดซึม มีความสามารถในการเพิ่มภูมิคุ้มกันและต่อต้านอนุมูลอิสระ

2.4.7 กฎหมายและข้อบังคับ

อาหารเพื่อสุขภาพเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นผลมาจากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องได้รับการยอมรับจากหน่วยงานภาครัฐ (Arraei, 2002) แต่ในสารแอนโทไซยานินที่มนุษย์ควรได้รับในแต่ละวันอย่างปลอดภัยยังไม่พบหลักฐานยืนยันอย่างเป็นทางการจากหน่วยงานของ FAO และ WHO แต่มีงานวิจัยระบุไว้ว่ากลุ่มผู้บริโภคอุ่นดำจำนวน 27 ครัวเรือนตลอดทั้งปี โดยเฉลี่ยปริมาณ 10,000 ตัน/ปี และผู้บริโภคในประเทศสหรัฐอเมริกามีการบริโภคแอนโทไซยานินเฉลี่ยประมาณ 180- 215 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Joint jommittee on food additives (JECFA) ของ Joint WHO/FAO ที่กล่าวไว้ว่ายังไม่มีหลักฐานยืนยันว่าการบริโภคแอนโทไซยานินในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อร่างกาย ตามรายงานของสหรัฐระบุไว้ว่าการบริโภคแอนโทไซยานินควรได้รับในปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อวัน (Morazzoni & Bombardelli, 1996)

2.5 เทคโนโลยีการทำเอ็นแคปซูเลชั่น (Encapsulation)

เทคนิคการทำเอ็นแคปซูเลชั่นถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากกว่า 60 ปี มีการใช้ในส่วนประกอบอาหารทั้งของแข็ง และของเหลวซึ่งมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีสัมพันธ์ ตลอดจนการปลดปล่อยสารที่ต้องการ ซึ่งก่อให้เกิดผลดีคือสามารถปกป้องสารนั้นไว้ได้ ส่วนประกอบของอาหารที่ได้ประโยชน์จากการทำเอ็นแคปซูเลชั่นได้แก่ สารให้กลิ่นรส กรด ด่าง บัฟเฟอร์ ไขมัน สารให้ความหวาน วิตามิน เกลือแร่ วัตถุเจือปนอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) เป็นสารที่เกิดการไฮโดรไลซิสของแป้งโดยการใช้ความร้อนและเอ็นไซม์ เพื่อตัดพันธะในสายยาวของพอลิแซคคาไรด์ ประกอบด้วยดีกลูโคส (D-glucose) หลายหน่วยต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 และมีค่า dextrose equivalent (DE) อยู่ในช่วง 10-15 หรือต่ำกว่า 20 จากนั้นจึงนำแป้งที่ได้ไปผลิตเป็นผง โดยการนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และนำมาทำแห้งโดยการพ่นฝอย จะได้มอลโทเด็กซ์ตริน ความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 มอลโทเด็กซ์ตรินถูกนำมาใช้ในกระบวนการเอ็นแคปซูเลชั่น โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย เนื่องจากมีข้อดี คือสามารถละลายในน้ำเย็น และมีลักษณะใส มีความหนืดต่ำ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว สามารถเก็บรักษาได้ในสภาพปกติ และมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชั่น (บุญชัย พิมนาค, 2552)

2.6 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการทำแห้งที่ใช้กับอาหาร ซึ่งอยู่ในสภาพของสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน หรือสารละลายที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยอาจอยู่ในรูปของผสมระหว่างของแข็งและของเหลว หรือของเหลวกับของเหลว หลักการทำงานก็คือทำให้ของเหลวดังกล่าวแตกตัวเป็นละอองหรือหยดเล็ก ๆ และผ่านไปยังห้องทำแห้ง ซึ่งมีอากาศไหลผ่านเนื่องจากละอองมีขนาดเล็กประมาณ 100-200 ไมโครเมตร การระเหยจึงเกิดขึ้นบนพื้นผิวของระอองอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาในการทำแห้งสั้น ๆ ประมาณ 1-10 วินาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งจะอยู่ในลักษณะผงแห้ง ซึ่งคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถควบคุมและปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการ เช่น ปริมาณความชื้น รูปร่างและขนาดของอนุภาค ความหนาแน่นโดยรวม เป็นต้น การทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้จะได้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีไม่ดีขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของการสัมผัสระหว่างละอองของเหลวกับอากาศร้อนซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่เลือกใช้ในการทำแห้ง (บุญชัย พิมพ์นาค, 2552)

2.6.1 ขั้นตอนของกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

2.6.1.1 การทำให้ของเหลวมีขนาดเล็กหรือเป็นละออง

ขั้นตอนการทำแห้งเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก เนื่องจากทำให้เกิดพื้นผิวในการระเหย ซึ่งถ้ามีพื้นผิวสูงก็สามารถระเหยน้ำออกจากอาหารได้รวดเร็ว นอกจากนี้การทำให้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเฉพาะทั้งขนาด และรูปร่าง ตลอดจนความหนาแน่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เนื่องจากของเหลวมีขนาดเล็กลง ซึ่งจะเพิ่มพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนได้ดีหัวฉีดที่ใช้กับเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยแบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้

1) หัวฉีดแบบหมุน ของเหลวที่ใช้อาจเป็นเนื้อเดียวกัน หรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันก็ได้ ลักษณะของหัวฉีดคล้ายจานหมุน ทำให้อาหารกระจายเป็นแผ่นบาง ๆ บนผิวของล้อ แล้วถูกเหวี่ยงออกมาเป็นละอองขนาดเล็กมาตั้งแต่ 30-120 ไมโครเมตร ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของเหลวที่นำมาทำแห้งด้วย เช่น ความเข้มข้น ความหนืด อุณหภูมิของของเหลว

2) หัวฉีดแรงดัน เป็นหัวฉีดที่ใช้สำหรับการทำแห้งที่มีกำลังในการผลิต จะทำให้ได้ละอองของเหลวที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยของเหลวจะถูกทำให้หมุนรอบแกนด้วยความเร็วที่สูงมากภายใต้ความดัน ซึ่งความดันที่ใช้อาจสูงถึง 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2) ขนาดของอนุภาคมีตั้งแต่ 120-250 ไมโครเมตร โดยขึ้นอยู่กับความดันและขนาดของหัวฉีด เหมาะสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดสูง

3) หัวฉีดแบบ Two-fluid nozzle ใช้กับการทำแห้งที่ต้องการอัตราการทำแห้งต่ำ ของเหลวจะกลายเป็นละออง เนื่องจากถูกอัดด้วยอากาศภายใต้ความดัน หัวฉีดแบบนี้จะประกอบไปด้วยทางเข้าอากาศ และทางเข้าของของเหลว ของเหลวจะถูกพ่นออกมาเป็นละอองเล็ก ๆ เมื่อกระทบกับอากาศที่มีความดันสูง จะทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นละออง ความดันที่ใช้ประมาณ 50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2.6.1.2 การสัมผัสระหว่างหยดของเหลวและอากาศร้อน

ในขั้นตอนนี้ของเหลวจะสัมผัสกับอากาศร้อน เพื่อให้น้ำในอาหารได้รับความร้อนมาทำให้ระเหยออกไป โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเพราะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนให้เร็วขึ้น การสัมผัสระหว่างหยดของเหลวและอากาศแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

1) การไหลในทิศทางเดียวกัน อาหารจะถูกพ่นฝอยในทิศทางเดียวกับอากาศ เหมาะกับอาหารเหลวที่ไม่ทนต่อความร้อน เนื่องจากเกิดการระเหยได้อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลออก

2) การไหลสวนทางกัน อาหารเหลวที่ถูกพ่นฝอยจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับอากาศขาเข้า เริ่มจากขอเหลวที่อุณหภูมิต่ำและมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนเท่ากับอุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อากาศขาเข้า ลักษณะแบบนี้ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะกับอาหารที่ทนต่อความร้อนสูง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศขาเข้า

3) การไหลแบบผสมกัน สารละลายและอากาศร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกันและสวนทางพร้อมๆกัน อากาศร้อนที่ได้จะได้มีสองประเภทคือ การให้ความร้อนโดยตรง และความร้อนโดยอ้อม การให้ความร้อนโดยตรง ข้อดีคือสูญเสียความร้อนน้อย ส่วนประเภทการให้ความร้อนโดยทางอ้อมจะทำให้สูญเสียความร้อนมาก

2.6.1.3 ช่วงการระเหย

การระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นเมื่ออัตราการทำแห้งคงที่เป็นส่วนมาก เนื่องจากอนุภาคมีความชื้นสูงมาก และจะเกิดในทำนองเดียวกันของการระเหยน้ำบริสุทธิ์ กระบวนการถ่ายเทความร้อนละการถ่ายเทมวลเกิดขึ้นดังนี้ อันดับแรกอนุภาคถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากความร้อน และเกิดความร้อนแฝงกลายเป็นไอ จากนั้นส่วนของไอจะถูกถ่ายเทมวลให้อากาศร้อนด้วยการแพร่ และโดยการพาออกไปจากผิวหน้าของอนุภาค อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ อุณหภูมิของอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ หรือความดันไอ ตลอดจนคุณลักษณะหรือองค์ประกอบของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งในอนุภาคด้วย

2.6.1.4 การห่อหุ้มแอนโทไซยานิน

การห่อหุ้มหรือเอ็นแคปซูเลชั่น (encapsulation) โดยนำสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต หรือ โปรตีนมาทำการเคลือบผิวห่อหุ้มสารประกอบพอลิฟีนอลเพื่อรักษาความเสถียร เนื่องจากแอนโทไซยานินเสื่อมเสียได้ง่ายจากความร้อน แสง และพีเอช อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของแอนโทไซยานินได้ (โชคชัย ธีรกุลเกียรติ, 2559) วัสดุห่อหุ้มที่มีรายงานว่าใช้ห่อหุ้มแอนโทไซยานินได้อย่างเหมาะสม คือ มอลโทเดกซ์ตริน และกลูโคสไซรับ (glucose syrup) สอดคล้องกับงานวิจัยศึกษาสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด ที่ได้ทำการเติมสารห่อหุ่มมอลโทเดกซ์ตริน ลงในสารสกัดแอนโทไซยานิน ก่อนนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยฝอยพบว่ามอลโทเดกซ์ตริน มีผลต่อการรักษาปริมาณแอนโทไซยานินในระหว่างการอบแห้งได้ที่ร้อยละ 19-31

โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหารนิยมทำเอ็นแคปซูเลชั่น ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเนื่องจากเป็นวิธีพื้นฐานในกระบวนการทำแห้งที่ใช้กันอยู่ทั่วไป และเหมาะสมกับอุตสาหกรรมเนื่องจากต้นทุนต่ำ และกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน ในกระบวนการเตรียมสารสำหรับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การทำเอ็นแคปซูเลชั่นโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยนิยมใช้มอลโทโทเด็กซ์ตริน แป้งดัดแปร และกัม เป็นสารเคลือบ โดยอาจใช้เดี่ยวๆ หรือผสมกัน มีวิธีการทำโดยนำสารเคลือบมาละลายน้ำ จากนั้นจึงเติมสารให้กลิ่นรสหรือแกนที่ต้องการ ทำให้เกิดเป็นอิมัลชั่นหยาบ จากนั้นนำไปผ่านเครื่องโฮโมจีไนซ์เพื่อทำให้อิมัลชั่นหยาบเกิดการกระจายตัวทั่วทั้งระบบของสารละลาย และที่สำคัญคือทำให้ขนาดของแกนมีความสม่ำเสมอและมีอนุภาคเล็กทำให้มีความคงตัวมากขึ้น จากนั้นของผสมดังกล่าวจะถูกนำไปพ่นเป็นละอองด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยจะมีลมร้อนพ่นเข้ามา ทำให้เกิดการระเหยของน้ำ ทำให้ได้ผงแห้งของผสมที่มีแกนกลางหรือสารให้กลิ่นรสอยู่ภายในสารเคลือบ (บุญชัย พิมนาค, 2552)

ผลการศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวเหนียวดำ และทำการอบแห้งแบบพ่นฝอย Thunnop and Nattapong (2015) โดยทำการศึกษาข้าวเหนียวดำโดยนำมาบดและเก็บรำเพื่อนำมาสกัดเป็นสารแอนโทไซยานิน สำหรับเศษข้าวหักมีเอ็นไซม์ในการผลิตเป็นมอลโทเดกซ์ตริน ทีมีค่า (DE) 3 ชนิดได้แก่ DE10 (BRM10), 20 (BRM20) และ 30 (BRM30) นำมาเอ็นแคปซูเลชั่นสารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ข้าวข้าวเหนียวดำในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิอากาศเข้า (140, 160 และ 180 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิขาออกที่ 45 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศขาเข้าทำให้ความหนาแน่นและการคงตัวของแอนโทไซยานินลดลง นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิอากาศขาเข้าช่วยเพิ่มการคายน้ำผลผลิต และอุณหภูมิขาเข้าที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งแบบพ่นฝอยคือ 180 องศาเซลเซียส รวมกับ BRM20

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบในการทำวิจัย

3.1.1 ผงโกโก้ (ยี่ห้อ ทิวลิป, บริษัท ซีโน-แปซิฟิค เทรดดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.2 ไขมันโกโก้ (ยี่ห้อ โกโก้แบรี่, บริษัท ออลฟอร์ เบกกิ้ง จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.3 น้ำตาลไอซ์ซิ่ง (ตลาดสระแก้ว, อำเภอเมือง, จังหวัดลพบุรี)

3.1.4 นมผง (ยี่ห้อแดรี่เฮ้าส์, บริษัท เดอะ เดลี่ เฮ้าส์ เน็ตเวิร์ค จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.5 เลซิติน (ยี่ห้อ Bambicuisine, บริษัท ออลฟอร์ เบกกิ้ง จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.6 ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ (สวนเกษตรอินทรีย์ป้ามูล, ตำบลหนองโดน, อำเภอหนองโดน, สระบุรี, ประเทศไทย)

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (precision balance; ยี่ห้อ Mettler Toledo, รุ่น OL202-L, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.2.3 ถังแก๊ส (ยี่ห้อ ปตท, ประเทศไทย)

3.2.4 ตู้เย็น (ยี่ห้อ Snow land, รุ่น Trezio, ประเทศไทย)

3.2.5 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer; ยี่ห้อ Labphant UK, รุ่น SD-06 basis, ประเทศอังกฤษ)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1 เครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (colorimeter; ยี่ห้อ Hunter Lab, รุ่น FlexZ2, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.1.2 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer, ยี่ห้อ Stablemicrosystem, รุ่น TX-XT plus, ประเทศอังกฤษ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.3.1.3 ชุดเครื่องแก้ว

3.3.1.4 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter; ยี่ห้อ Aqualab, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.3.1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance; ยี่ห้อ Mettler Toledo, รุ่น AL204, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์)

3.3.1.6 ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.1.7 เครื่องวัดอุณหภูมิระบบอินฟราเรด (infrared thermometer; ยี่ห้อ Hioki, รุ่น Hioki-FT3700-20, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.1.8 เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (hand refractometer; ยี่ห้อ ATAGO, รุ่น 3840 PAL-α, ประเทศจีน)

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer; ยี่ห้อ HITACHI, รุ่น UH5300, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.2.2 เครื่องแยกตะกอนด้วยแรงเหวี่ยงเซนทริฟิวส์ (centrifuge; ยี่ห้อ Hettich, รุ่น Universal 32r, ประเทศเยอรมัน)

3.3.2.3 ชุดวิเคราะห์การไทรเทรต ได้แก่ ปิเปตต์ (pipette) ขาตั้งเหล็ก (stand) ที่ยึดบิวเรตต์ (burette) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ลูกยางดูดปิเปตต์ (rubber bulb)

3.3.2.4 โถดูดความชื้น (dessicator; ยี่ห้อ Northman, รุ่น SS120, ประเทศไทย)

3.3.2.5 ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (hot-air oven; ยี่ห้อ JSR, รุ่น JSOF-10, ประเทศเกาหลี)

3.3.2.6 เครื่องสกัดโปรตีน (auto digestion unit; ยี่ห้อ Buchi, รุ่น B-324, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์)

3.3.2.7 เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet extraction; ยี่ห้อ Buchi, รุ่น B-811, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์)

3.3.2.8 เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace; ยี่ห้อ Carbolite, รุ่น Rwf11/23, ประเทศอังกฤษ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส

3.3.3.1 แบบทดสอบ

3.3.3.2 ชุดทดสอบชิม

1) ถุงพลาสติก

2) แก้วน้ำ

3.4 สารเคมี

3.4.1 กรดไฮโดรคลอริก (hydrocloric acid; HCL; Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.4.2 ดีพีพีเอช (1,1-diphenyl-2,2-picrylhydrazyl; DPPH; Sigma Aldrich, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.4.3 เอทานอล (ethanol; C_2H_5OH; Merck, ประเทศเยอรมนี)

3.4.4 โพแทสเซียมคลอร์ไรด์ (potassium chloride; KCl; Univar, ประเทศออสเตรีย)

3.4.5 โซเดียมอะซิเตต (sodium acetate; $CH_3COONa.3H_2O$; Univer, ประเทศออสเตรีย)

3.4.6 กรดแอซีติก (acetic acid; CH_3COOH; BDH Laboratory Supplies, ประเทศอังกฤษ

3.4.7 เมทานอล (methanol; CH_3OH; VS.HOUSE, ประเทศไทย)

3.4.8 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether; C_6H_{12}; RDI labscan, ประเทศไทย)

3.4.9 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid; H_2SO_4; Univar, ประเทศออสเตรีย)

3.4.10 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH; Univar, ประเทศออสเตรีย)

3.4.11 กรดบอริก (boric acid; H_3BO_3; Merck, ประเทศเยอรมัน)

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลทางสถิติ

3.5.1 โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2013

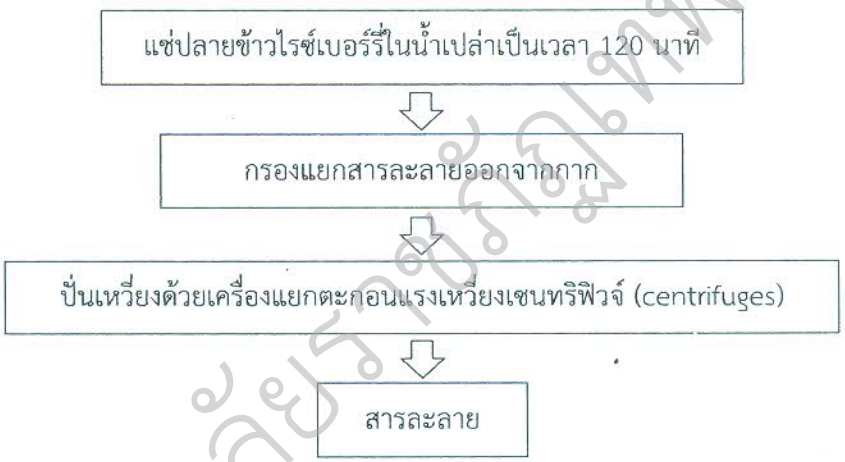
3.5.2 โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS version 20

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.6.1 การศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ

เตรียมตัวอย่างโดยใช้ส่วนปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการทดลอง จัดซื้อจากสวนเกษตรอินทรีย์ป้ามูล ตำบลหนองโดน อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย โดยนำตัวอย่างที่ได้มาละลายกับน้ำโดยกำหนดอัตราส่วนปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:3 เป็นเวลา 120 นาที และทำการกรองแยกส่วนของกากออกจากสารละลายด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงเซนทริฟิวส์ จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ โดยขั้นตอนดังแสดงรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

ที่มา : ดัดแปลงจาก (Thunnop & Natapong, 2015)

นำสารละลายที่สกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.6.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่

1) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (determination of total anthocyanin content: TAC)

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธี pH differential method (Giusti & Wrolstad, 2001) โดยใช้หลักการเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินโมโนเมอร์ในสารละลายพีเอช 1.0 ซึ่งมีสีแดงและพีเอช 4.5 ซึ่งไม่มีสี โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์

มหาวิทยาลัยรัชภัฏเพชรบุรี

โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride buffer) พีเอช 1.0 และสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต (sodium acetate buffer) พีเอช 4.5 การวิเคราะห์เริ่มจากการผสมสารละลายสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงในตัวทำละลายเอทานอล 1 mL ในสารละลายบัฟเฟอร์ 3 mL ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยานาน 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 nm และคำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงรวมดังนี้

$$A = (A_{510} - A_{700})\text{pH } 1.0 - (A_{510} - A_{700})\text{pH } 4.5$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงรวม, A_{510} คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 510 nm และ A_{700} คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 700 nm

ปริมาณแอนโทไซยานินรวมในหน่วยมิลลิลิตร/ลิตร (mg/L) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานินรวม (mg/L)} = (A \times MW \times DF \times 1000)/(\varepsilon \times L)$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง ค่า MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside (MW = 449.2) ค่า DF คือ ตัวคูณการละลาย เครื่องหมาย ε = molar absorptivity ของ cyanidin-3- glucoside (ε = 26900) และค่า L คือ ความกว้างของคิวเวต (path length) เท่ากับ 1 cm

2) วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (total soluble solids)

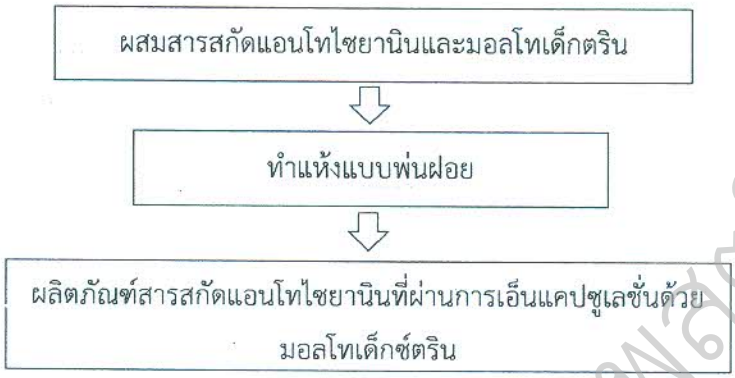
นำสารละลายมาวัดปริมาณแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ด้วยเครื่อง hand refractometer เพื่อหา ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของอาหารเหลวของสารละลาย

3.6.2 ศึกษาการทำเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินสารสกัดแอนโทไซยานินสูงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ทำการเอ็นแคปซูเลชั่นสารสกัดแอนโทไซยานิน โดยเตรียมสารละลายที่ทำการสกัดมาจากข้อที่ 3.6.1 โดยเติมมอลโทเด็กซ์ตรินลงในสารละลายจนได้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10 องศาบริกซ์ และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย กำหนดอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งที่ 180 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 20 รอบต่อนาที จากนั้นทำการเก็บผลิตภัณฑ์ใส่ถุงอลูมิเนียมฟ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ลอยด์ปิดให้สนิท ป้องกันการซึมผ่านของอากาศ และนำไปวิเคราะห์คุณภาพดัดแปลงโดยวิธี (อรุษา เชาวลิขิต, 2554) โดยขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วิธีการเอ็นแคปซุเลชั่นสารสกัดแอนโทไซยานินด้วยมอลโทเด็กตริน

นำสารสกัดแอนโทไซยานินผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.6.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

1) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (determination of total anthocyanin content: TAC)

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดทำตามวิธีของ (Giusti & Wrolstad, 2001) นำสารสกัดผง 1 กรัม ละลายในน้ำ 25 มิลลิลิตรโดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังแสดงในหัวข้อ 3.6.1.1

3.6.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) การวัดสีระบบ CIE L* a* b* (โดยใช้เครื่องวัดสี colorimeter)

2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง water activity meter

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.6.3 ขั้นตอนการผลิตช็อกโกแลตผสมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

สูตรพื้นฐานของช็อกโกแลตที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต นำมาจากการสำรวจผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตทางการค้าที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า และร้านสะดวกซื้อ โดยแสดงปริมาณส่วนผสมในการผลิตดังแสดงในภาคผนวก ข จึงนำมาสู่การดัดแปลงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และปริมาณของผงโกโก้ที่มีในช็อกโกแลตเป็นไปตามข้อกำหนดของสำนักงานองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) กำหนดให้มีปริมาณโกโก้อย่างน้อยร้อยละ 10 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของช็อกโกแลตสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	สัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม)
ผงโกโก้	17
น้ำตาล	25
ไขมันโกโก้	31
นมผง	15.4
เลซิติน	0.4

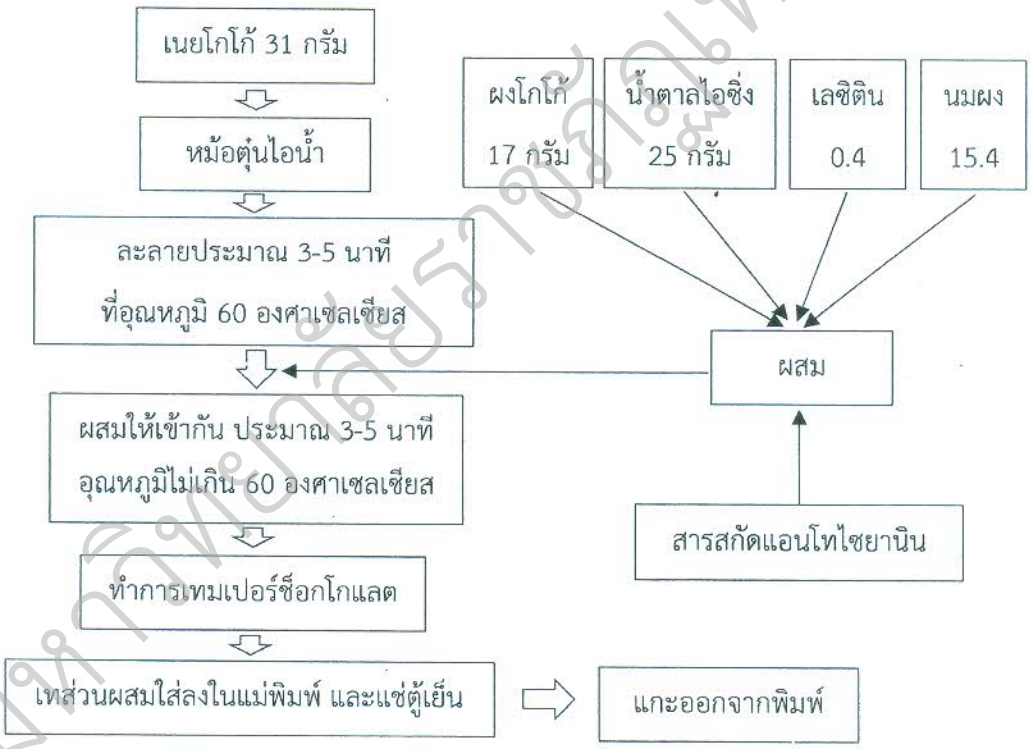
นำไขมันโกโก้ 31 กรัม ผงโกโก้ 17 กรัม น้ำตาลไอซิ่ง 25 กรัม นมผง 15.4 กรัม เลซิติน 0.4 กรัม และสารสกัดแอนโทไซยานิน ใส่ลงในหม้อตุ๋นไอน้ำ โดยปริมาณการเติมแอนโทไซยานินดังแสดงในตารางที่ 3.2 คนส่วนผสมให้เข้ากัน เทใส่แม่พิมพ์ แช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ แสดงดังรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	ส่วนผสมปริมาณ (กรัม)					
	ผงโกโก้	น้ำตาล	ไขมันโกโก้	นมผง	สารสกัดแอนโทไซยานิน	เลซิติน
1(สูตรพื้นฐาน)	17	25	31	15.4	-	0.4
2	14	25	31	15.4	3	0.4
3	12	25	31	15.4	5	0.4
4	10	25	31	15.4	7	0.4

ที่มา : ดัดแปลงจาก FDA Regulations (2016)



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตช็อกโกแลตผสมสารสกัดแอนโทไซยานิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

นำช็อกโกแลตที่ผ่านการเติมด้วยสารสกัดแอนโทไซยานินมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.6.3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) การวัดสีระบบ CIE L* a* b*

2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

สมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyszer) โดยใช้ใบมีด HPD90 โดยการกดลงบนชิ้นช็อกโกโกแลตกำหนดขนาดชิ้นตัวอย่างโดยขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในแม่พิมพ์ ให้ขนาด 25 × 25 × 10 มิลลิเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) (Nightingale et al., 2011)

3) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w)

ค่า a_w สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter) สมบัติของปริมาณน้ำในอาหารของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตทำการวิเคราะห์โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระซึ่งเป็นค่าที่ใช้ชี้วัดปริมาณน้ำในอาหาร ทำการวิเคราะห์โดยใส่ตัวอย่างลงในเครื่องวัดซึ่งผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตจัดอยู่ในอาหารประเภทกึ่งแห้งที่ค่า a_w จะอยู่ที่ 0.60-0.85

3.6.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ความสามารถของสารต้านอนมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทำการวิเคราะห์โดยทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้วิธีของ Dasgupta (2004) ซึ่งจะติดตามการเกิดปฏิกิริยาโดยวัดสีม่วงของ DPPH radical ที่ลดลงเมื่อเติมสารสกัด เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง ซึ่งจะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

2) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (determination of total anthocyanin content: TAC)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ทำการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตามวิธีข้อ 3.6.1.1

3.6.3.3 คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสและด้านเคมี

1.) ระดับการยอมรับ 9-Point hedonic scale (ดัดแปลงจากวิธีของ Komes et al. (2013))

นำผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ มาทำการทดสอบคุณลักษณะได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม กำหนดผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่น้ำหนัก 13.96 กรัม ขนาด 3 × 6 × 1.2 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ทดสอบ 30 คนโดยออกแบบสอบถามและสุ่มรหัส 3 ตัวในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และนำมาวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น ใยอาหารโดยวิธีการของ (AOAC, 2000)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

การศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชั่นช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยเริ่มจากการทำสูตรพื้นฐานช็อกโกแลตและการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยใช้น้ำในการสกัด จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดมาทำการเอ็นแคปซูเลชั่นโดยมอลโทเด็กซ์ตริน และเข้าสู่กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย นำสารสกัดที่ได้จากการทำแห้งเติมลงไปในช็อกโกแลตสูตรพื้นฐานและทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี โดยผลการศึกษาแสดงดังนี้

4.1 ผลการศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยน้ำ

โดยทำการเตรียมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยใช้อัตราส่วนปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ 1:3 เป็นเวลา 120 นาที และทำการกรองแยกส่วนของกากออกจากสารละลายด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) จากสารสกัดจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าเท่ากับ 14.6 มิลลิกรัม C3G ต่อลิตร โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ วชิราภรณ์ ภักดี (2558) ซึ่งพัฒนาสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยการสกัดด้วยเอทานอลและน้ำ โดยพบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 57.6 มิลลิกรัม C3G ต่อลิตร โดยปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดจากเอทานอลมีปริมาณที่สูงกว่าการสกัดด้วยการใช้น้ำเปล่าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติในการสกัดสารสำคัญประกอบโพลิฟีนอล รวมทั้งส่วนที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ (วชิราภรณ์ ภักดี, 2558)

สารสกัดแอนโทไซยานินเข้มข้น 14.6 มิลลิกรัม C3G ต่อลิตร สามารถแสดงเป็นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.66 องศาบริกซ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

4.2 ผลการทำเอ็นแคปซูเลชั่นสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทำเอ็นแคปซูเลชั่นแอนโทไซยานินด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน ทำได้โดยการการเตรียมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ประมาณ 4.5-5.0 องศาบริกซ์ จากนั้นละลายมอลโทเด็กซ์ตรินลงในสารละลายนี้จนมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 10 องศาบริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 แล้วจึงทำการเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยควบคุมอุณหภูมิของอากาศขาเข้าเท่ากับ 180 องศาเซลเซียส และป้อนสารละลายแอนโทไซยานินและมอลโทเด็กตรินที่เตรียมไว้ด้วยอัตราการป้อนเท่ากับ 20 รอบต่อนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ผงแอนโทไซยานินที่ถูกเอ็นแคปซุเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน ซึ่งมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีแดงอ่อน โดยมีผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของผงสารสกัดแอนโทไซยานินเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน

การวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์
สมบัติทางกายภาพ	
ปริมาณน้ำอิสระ	0.50 ± 0.01
ค่าสี L*	66.67 ± 0.01
a*	8.08 ± 0.01
b*	12.89 ± 0.01
สมบัติทางเคมี	
ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม)	4.55 ± 0.73

หมายเหตุ : แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผงสารสกัดแอนโทไซยานินเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.50 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำอิสระของอาหารแห้ง คือ มีค่าต่ำกว่า 0.6 ค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 66.67, 8.08, 12.89 ตามลำดับ และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 4.55 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าผงสารสกัดแอนโทไซยานินเอ็นแคปซุเลชั่นด้วยมอลโทเด็กทริน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มีสีไปทางโทนสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับการมีสารแอนโทไซยานินที่ถูกเอ็นแคปซูเลชั่นอยู่ในมอลโทเด็กซ์-ตริน

4.3 ผลการศึกษาการผลิตช็อกโกแลตผสมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

โดยการนำผงแห้งสารสกัดแอนโทไซยานินที่เอ็นแคปซุเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินมาผสมในช็อกโกแลตสูตรพื้นฐานกำหนดอัตราส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 3.2 และวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 การศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมี ของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

ผลการศึกษาค่า (L*) แสดงค่าความสว่างของสิ่งทดลอง จากการวิเคราะห์พบว่าค่า L* ของช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 20.03, 20.58, 21.08 และ 26.03 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทุกสิ่งทดลองมีค่าไปในทิศทางความสว่าง

ผลการศึกษาค่า (a*) แสดงค่าความเป็นสีแดงของสิ่งทดลอง จากการวิเคราะห์พบว่าค่า a* ของช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.09, 3.02, 3.75 และ 4.27 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทุกสิ่งทดลองมีค่าไปในทิศทางโทนสีแดงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานินที่มากขึ้น

ผลการศึกษาค่า (b*) แสดงค่าความเป็นสีเหลืองของสิ่งทดลอง จากการวิเคราะห์พบว่าค่า b* ของช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.50, 0.98, 2.13 และ 2.72 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทุกสิ่งทดลองมีค่าไปในทิศทางโทนสีเหลืองเพียงเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	ผงแอนโทไซยานิน (กรัม)	คุณภาพทางด้านกายภาพ					คุณภาพทางด้านเคมี	
		L*	a*	b*	a_w	ความแข็ง (นิวตัน)	TAC (มิลลิกรัม C3G ต่อกรัม)	DPPH (ร้อยละ)
1 (สูตรพื้นฐาน)	-	$20.03^{d} \pm 0.03$	$2.09^{d} \pm 0.01$	$0.50^{d} \pm 0.01$	$0.69^{a} \pm 0.02$	$166.76^{a} \pm 0.76$	n/a	$70.71^{d} \pm 0.13$
2	3	$20.58^{c} \pm 0.01$	$3.02^{c} \pm 0.03$	$0.98^{c} \pm 0.04$	$0.64^{b} \pm 0.09$	$151.87^{b} \pm 0.83$	$0.11^{c} \pm 0.02$	$72.10^{c} \pm 0.08$
3	5	$21.08^{b} \pm 0.02$	$3.75^{b} \pm 0.01$	$2.13^{b} \pm 0.05$	$0.63^{c} \pm 0.05$	$138.30^{c} \pm 1.07$	$0.83^{b} \pm 0.08$	$74.31^{b} \pm 0.53$
4	7	$26.03^{a} \pm 0.03$	$4.27^{a} \pm 0.01$	$2.72^{a} \pm 0.03$	$0.53^{d} \pm 0.05$	$96.21^{d} \pm 0.28$	$1.07^{a} \pm 0.09$	$76.37^{a} \pm 0.04$

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ตัวอักษรตัวยกภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), n/a (not applicable) หมายถึง ตรวจไม่พบปริมาณแอนโทไซยานิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ผลการศึกษาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการวิเคราะห์พบว่าค่า a_w ของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.69, 0.64, 0.63 และ 0.53 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาพบว่าสูตรที่เติมสารสกัดแอนโทไซยานินที่มีการเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินมีปริมาณน้ำอิสระ ที่น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยของ ธมนวรรณ ปั้นแก้ว (2559) ว่าปริมาณน้ำอิสระจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของมอลโทเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความทฤษฎีที่ว่าการเติมมอลโทเด็กซ์ตรินจะไปเพิ่มส่วนที่เป็นของแข็งและมอลโทเด็กซ์ตรินจะไปจับกับส่วนที่เป็นน้ำอิสระทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง

ผลการศึกษาการวัดความแข็ง (hardness) ของโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็ง ของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 166.76, 151.87, 138.30 และ 96.21 นิวตัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาพบว่าสูตรที่เติมมอลโทเด็กซ์ตรินจะมีแนวโน้มความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัย ธมนวรรณ ปั้นแก้ว (2559) ว่าเมื่อปริมาณมอลโทเด็กซ์ตรินที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลอนุภาคเกิดการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคข้างเคียงอย่างไม่เป็นระเบียบทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอค่าความแข็งจึงลดลง

ผลการศึกษาการวัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของของโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแอนโทไซ-ยานินของสิ่งทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.11, 0.83, 1.07 มิลลิกรัม C3G ต่อกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และสิ่งทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรพื้นฐานไม่พบปริมาณแอนโทไซยานิน

ผลการศึกษาการวัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของของโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินของสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าแสดงเป็นร้อยละเท่ากับ 70.71, 72.10, 74.31 และ 76.37 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการเติมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับช็อกโกแลตมีส่วนประกอบของผงโกโก้ ซึ่งผงโกโก้อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสอดคล้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

กับงานวิจัยของ Kondo et al. (1996) ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต 41 กรัม พบสารพอลิฟีนอล เท่ากับ 140 มิลลิกรัม

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale มาทำการทดสอบคุณลักษณะได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม กับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 30 คน และแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

คุณลักษณะที่ปรากฏของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 7.45 และ 6.83 คะแนน แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ 6.51 และ 6.35 คะแนน โดยคะแนนด้านคุณลักษณะที่ปรากฏมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 1 มีคะแนนด้านลักษณะที่ปรากฏมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.45 คะแนน

คุณลักษณะสีของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งทดลองสิ่ง 1 พบว่าแตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.64 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 2 และ 3 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสีไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 7.51 และ 7.64 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 พบว่าไม่มีความแตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 7.29 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะด้านสีมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะด้านสีมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.64 คะแนน

คุณลักษณะกลิ่นของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งการทดลองที่ 1 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 6.83 คะแนน สิ่งทดลองที่ 2 และ 3 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสีมีค่าเท่ากับ 7.58 และ 7.67 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 พบว่าแตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.09 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะด้านสีมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะด้านกลิ่นมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.67 คะแนน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

สิ่งทดลอง	ผงแอนโทไซยานิน (กรัม)	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส (คะแนน)						
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
1 (สูตรพื้นฐาน)	-	$7.45^{a} \pm 1.23$	$6.64^{b} \pm 1.45$	$6.83^{ab} \pm 2.09$	$6.74^{b} \pm 2.01$	$7.25^{a} \pm 0.92$	$6.70^{a} \pm 1.82$	$6.70^{b} \pm 1.93$
2	3	$6.51^{b} \pm 0.81$	$7.51^{a} \pm 0.99$	$7.58^{a} \pm 1.31$	$7.51^{ab} \pm 1.56$	$7.00^{ab} \pm 1.61$	$6.19^{a} \pm 2.21$	$7.41^{ab} \pm 1.33$
3	5	$6.83^{a} \pm 1.64$	$7.64^{a} \pm 0.83$	$7.67^{a} \pm 1.04$	$7.61^{a} \pm 1.17$	$6.25^{bc} \pm 1.19$	$6.96^{a} \pm 1.60$	$7.61^{a} \pm 0.91$
4	7	$6.35^{b} \pm 1.64$	$7.29^{ab} \pm 1.75$	$6.09^{b} \pm 1.95$	$5.61^{c} \pm 1.68$	$5.41^{c} \pm 1.85$	$5.16^{b} \pm 1.95$	$5.74^{c} \pm 1.89$

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ตัวอักษรตัวยกภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง

คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย

คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

คุณลักษณะรสชาติของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าสิ่งการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านรสชาติไม่แตกต่าง มีค่าเท่ากับ 6.74 และ 7.51 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.61 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 พบว่าแตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 5.61 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.61 คะแนน

คุณลักษณะความแข็งของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านความแข็งไม่แตกต่าง มีค่าเท่ากับ 7.25 และ 7.00 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ 6.25 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 5.41 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะด้านความแข็งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 1 มีคะแนนคุณลักษณะด้านความแข็งมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.25 คะแนน

คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 6.70, 6.19 และ 6.96 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 5.16 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.96 คะแนน

คุณลักษณะการยอมรับโดยรวมของช็อกโกแลตพื่อสุขเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าสิ่งการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกัน พบว่ามีคะแนนความชอบคุณลักษณะการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 6.70 และ 7.41 สิ่งการทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างจากสิ่งการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.61 คะแนน สิ่งการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 5.74 คะแนน โดยคะแนนคุณลักษณะการยอมรับโดยรวมมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยไปจนถึงชอบปานกลาง และสิ่งการทดลองที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.61 คะแนน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้ง 7 ด้านที่กล่าวมา สิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด คือสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งมีความชอบ ด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.64, 7.67, 7.61, 6.96, 7.61 คะแนนตามลำดับ แต่คะแนนด้าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ลักษณะที่ปรากฏ และความแข็งมีค่าเท่ากับ 6.83 และ 6.25 คะแนนตามลำดับ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณภาพด้านเคมีของสิ่งทดลองที่ 3 ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณภาพด้านเคมี	ผลการวิเคราะห์ (ร้อยละ)
ปริมาณความชื้น	1.56 ± 0.15
ปริมาณโปรตีน	2.87 ± 0.05
ปริมาณไขมัน	29.76 ± 1.28
ปริมาณใยอาหาร	3.99 ± 2.65
ปริมาณเถ้า	19.16 ± 4.10
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	42.66 ± 2.18
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม)	448.17 ± 0.98

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี พบว่าช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณของความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 1.56, 2.87, 29.76, 3.99, 19.16, 42.66 ตามลำดับ ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้พลังงานทั้งหมด 448.17 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม

ช็อกโกแลตนมเสริมสารแอนโทไซยานินจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีต้นทุนการผลิตต่อ 1 ชิ้นบรรจุ (7.4 กรัม) เท่ากับ 6.23 บาท โดยคิดเป็นค่าวัตถุดิบ 1.79 บาท ค่าบรรจุภัณฑ์ 3 บาท ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ค่าไฟ โดยคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าบรรจุภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 1.44 บาทต่อหน่วยบรรจุ โดยแสดงรายละเอียดต้นทุนการผลิตไว้ในตารางที่ 4.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 4.5 ราคาต้นทุนวัตถุดิบของสิ่งทดลองที่ 3 ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณ 5 กรัม

วัตถุดิบที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	ราคาวัตถุดิบ ต่อ 1 ครั้ง (บาท)
ผงโกโก้	12	100.	1.2
ไขมันโกโก้	31	510	15.81
นมผง	15.4	120	1.85
เลซิติน	0.4	800	0.32
น้ำตาลไอซิ่ง	25	28	0.7
ผงสารสกัดแอนโทไซยานิน	5	314	1.57
รวม (12 ชิ้น)	88.8	1,872	21.45
ต้นทุนในการผลิตต่อ 1 ชิ้น (7.4 กรัม)			1.79

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซุเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน โดยเริ่มจากการสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ ศึกษาการทำเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินสารสกัดแอนโทไซยานินสูงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ศึกษาการผลิตช็อกโกแลตตเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซุเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน

5.1.1 การสกัดปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:3 ทำให้ได้สารสกัดแอนโทไซยานินที่มีปริมาณแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 14.60 มิลลิกรัม C3G ต่อลิตร และมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 4.66 องศาบริกซ์

5.1.2 ผลการศึกษาการทำเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินสารสกัดแอนโทไซยานินสูงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าได้ผงแอนโทไซยานินเอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.50 และมีลักษณะสีไปในโทนสีแดงตามปริมาณแอนโทไซยานิน และมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 4.55 มิลลิกรัม C3G ต่อกรัม

5.1.3 การเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินลงในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพและเคมีของช็อกโกแลตเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับช็อกโกแลตกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมแอนโทไซยานิน โดยมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตมีสีเปลี่ยนแปลงไปทางโทนสีแดงและมีความสว่างมากขึ้นตามปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมแอนโทไซยานินมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 96-151 นิวตัน ซึ่งต่ำกว่าช็อกโกแลตกลุ่มควบคุมที่มีค่าความแข็งเท่ากับ 167 นิวตัน ซึ่งความแข็งของช็อกโกแลตมีค่าลดลงตามลำดับเมื่อเพิ่มการเสริมผงสารสกัดมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผงสารสกัดอาจขัดขวางการเกิดผลึกของไขมันโกโก้ ทำให้ไขมันโกโก้ไม่สามารถเกิดเป็นผลึกที่ต่อเนื่องทั่วทั้งชั้นของช็อกโกแลตได้ อย่างไรก็ตามการเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินลงในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตในปริมาณ 3, 5, 7 กรัม มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในช็อกโกแลตเพิ่มขึ้นเป็น 0.11, 0.83, และ 1.07 มิลลิกรัม C3G ต่อ

กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าช็อกโกแลตสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพียง 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปลี่ยนเทียบกับของช็อกโกแลตในสูตรพื้นฐานที่มีค่าเพียงร้อยละ 70 ในขณะที่ช็อกโกแลตเสริมแอนโทไซยานินมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วงร้อยละ 72-76

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน โดยพบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่เสริมผงสารสกัดแอนโทไซยานินในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก โดยมีคะแนนทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ลักษณะเนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวม อยู่ในช่วง 6.25-7.67 คะแนน จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางชนิดของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เอ็นแคปซูเลชั่นด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่ได้มีปริมาณสารอาหารประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.56, 2.87, 29.76, 3.99, 19.16, 42.66 ตามลำดับ และมีพลังงานทั้งหมด 448.17 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในขั้นตอนต่อไป อาจมีการศึกษาผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดแอนโทไซยานินจากวัตถุดิบอื่น เช่น สารแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน ซึ่งเป็นพืชที่มีความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บรรณานุกรม

จิตธนา แจ่มเมฆ. (2549). *วิทย่าศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรารัตน์ เทศะศิลป์. (2554). *ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหารตามมาตรฐานทั่วไปสำหรับวัตถุเจือปนอาหารของโคเด็กซ์*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

ธมนวรรณ ปั่นแก้ว. (2559). *ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยื่อฟักข้าวชนิดผง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญชัย พิมพ์นาค. (2552). *การทำเอ็นแคปซูเลทกรดซิตริก โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยและประยุกต์ใช้ในเครื่องปรุงรสผง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

ปัณณธร ไชยรุ่งเรือง. (2557). *ไรซ์เบอรี่ข้าวหอมพันธุ์ใหม่พลิกชีวิตชาวนาไทย*. (ม.ป.ป.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ปัญญาชน.

วรวรรณ ถนอมพงษ์. (2553). *ประกันสุขภาพ 5 โรคร้ายด้วยสมุนไพร*. (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แฮนด์บุ๊ค.

ถาวร มาตัน. (2557). *การป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สุโขทัย: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วชิราภรณ์ ภักดี. (2558). *การพัฒนาสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

วิจิตรา เหลียวตระกูล. (2559). *การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกแค และการใช้ประโยชน์ในเชิงอาหารเพื่อสุขภาพ*. (วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, พระนครศรีอยุธยา.

อนงค์ นัยวิกุล. (2556). *ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. (พิมพ์ครั้งที่3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุชิตา มุ่งงาม. (2555). *แอนติออกซิแดนท์ในพืช*. (พิมพ์ครั้งที่1). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อัญชลี ศรีจำเริญ. (2555). *อาหารเพื่อสุขภาพ : สารอาหารเชิงพันธภาพ และกลไกการทำงาน.* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกราช บำรุงพืชน์. (2559). *โภชนาการชะลอวัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

Ananga, A., Georgiev, V., Ochieng, J., Phills, B. and Tsolova, V. (2013). Production of anthocyanins in grape cell cultures: A potential source of raw material for pharmaceutical, food, and cosmetic industries. *The Mediterranean Genetic Code - Grapevine and Olive. InTech, 122,* 121-140.

Apichai, S., Pongchaidecha, A., Kaeapai, W., Jitprawet, N. and Lailerd, N. (2012). Beneficial effects of Thai purple sticky rice supplement in streptozotocin induced diabetic rats. CMU. *Journal of Natural Science Special Issue on Agricultural & Natural Resources, 12,* 371-381.

Aviram, M., Kaplan, M., Rosenblat, M. and Fuhrman, B. (2005). Dietary antioxidants and paraoxonases against LDL oxidation and atherosclerosis development. *Handbook of Experimental Pharmacology, 170,* 263-300.

Bainak, J., Wongpakdee, R. and Suksomboon, A. (2015). Development of dried rice noodle (Kanom-geen) from RiceBerry. *Agricultural Science Journal, 46,* 361-364.

Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. d. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A. and Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry, 113(4),* 859-871.

Cevallos-Casals, B. v. A. and Cisneros-Zevallos, L. (2004). Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry, 86(1),* 69-77.

Coussens, L. M. and Werb, Z. (2002). Inflammation and cancer. *Nature, 420(6917),* 860-867.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Crichton, G. E., Elias, M. F. and Alkerwi, A. a. (2016). Chocolate intake is associated with better cognitive function: The Maine-Syracuse Longitudinal Study. *Appetite, 100,* 126-132.

Day, L., Seymour, R. B., Pitts, K. F., Konczak, I. and Lundin, L. (2009). Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends in Food Science & Technology, 20(9),* 388-395.

Dasgupta, N and B. De. 2004. Antioxidant activity of Piper better L. Leaf Extract in Vitro. *Food Chemistry, 23,* 52-64.

Deesanam, N. and Buawong, P. (2013). Effect on rancidity of Chinese sausage by adding the extracted anthocyanin from black non-glutinous rice bran. *Journal of Food Research, 6,* 12-25.

FAO. (1997). *Microbiological analysis Manuals of food quality control. Washington*, DC, USA: Food and Drug Administration.

Giusti, M. M. and Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications. *Sciencedirec, 3,* 217-225.

Guo, H., Ling, W., Wang, Q., Liu, C., Hu, Y., Xia, M., Feng, X. and Xia, X. (2007). Effect of anthocyanin-rich extract from black rice (Oryza sativa L. indica) on hyperlipidemia and insulin resistance in fructose-fed rats. *Plant Foods for Human Nutrition, 62(1),* 1-6.

Hao, L. (2016). Patent No. CN20151947038. China. European Patent Office.

Harborne, J. B. (1998). Phenolic compound. In J. Harborne (Ed.), Phytochemical Methods - A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis (3 ed., pp. 66-74). New York: Chapman & Hall in food systems. *Biochemical Engineering Journal, 14(3),* 217-225.

Jing, P., Bomser, J. A., Schwartz, S. J., He, J., Magnuson, B. A. and Giusti, M. M. (2008). Structure-function relationships of anthocyanins from various anthocyanin-rich

extracts on on the inhibition of colon cancer cell growth. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56(20),* 9391-9398.

Kamei, H., Kojima, T., Hasegawa, M., Koide, T., Umeda, T., Yukawa, T. and Terabe, K. (1995). Suppression of tumor cell growth by anthocyanins in vitro. *Cancer Investigation, 13(6),* 590-594.

Komes, D., Belsc ak-Cvitanovic, A., skrabal, S., Vojvodic, A. and Busic, A. (2013). The influence of dried fruits enrichment on sensory properties of bitter and milk chocolate and bioactive content of their extracts affected by different solvents. *LWT-Food Science and Technology, 53(1),* 360-369.

Kondo, K., Hirano, R., Matsumoto, A., Igarashr, O. and Ltahura, H. Inhibition of LDL oxidation by cocoa. *The Lancet, 348(9040),* 1514.

Kong, S., Kim, D.-J., Oh, S.-K., Choi, I.-S., Jeong, H.-S. and Lee, J. (2012). Black rice bran as aningredient in noodles: chemical and functional evaluation. *Journal of Food Science, 77(3),* C303-C307.

Lee, J.-C., Kim, J.-D., Hsieh, F.-h. and Eun, J.-B. (2008). Production of black rice cake using ground black rice and medium-grain brown rice. *International Journal of Food Science & Technology, 43(6),* 1078-1082.

Macht, M. and Mueller, J. (2007). Immediate effects of chocolate on experimentally induced mood states. *Appetite, 49(3),* 667-674.

Miquelim, J. N., Behrens, J. H. and Lannes, S. C. d. S. (2008). Analysis of Brazilian consumer preference of filled chocolate. *Food Science and Technology (Campinas), 28,* 493-497.

Naczk, M. and Shahidi, F. (2003). Contribution of phenolic compounds to flavor and color characteristics of foods phenolics in food and nutraceuticals. *CAB Direct, 6,* 557-558.

Ngamdee, P., Wichai, U. and Jiamyangyuen, S. (2016). Correlation between phytochemical and mineral contents and antioxidant activity of black glutinous

rice bran, and its potential chemopreventive property. *Food Technology and Biotechnology, 54,* 251-263.

Nightingale, L. M., Lee, S.-Y. and Engeseth, N. J. (2011). Impact of storage on dark chocolate: texture and polymorphic changes. *Journal of Food Science, 76(1),* C142-C153.

Potter, R. M., Dougherty, M. P., Halteman, W. A. and Camire, M. E. (2007). Characteristics of wild blueberry–soy beverages. *LWT - Food Science and Technology, 40(5),* 807-814.

Rusconi, M. and Conti, A. (2010). *Theobroma cacao* L., the food of the gods: a scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological Research, 61(1),* 5-13.

Shouwei, C. (2015). Patent No. CN20141492570. China. European Patent Office. Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology, 299,* 152-178.

Tananuwong, K. and Tewaruth, W. (2010). Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *LWT -Food Science and Technology, 43(3),* 476-481.

Laokuldilok, T., and Kanha, N. (2015). Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. *Journal of Food Science*, 8, 12-25.

Tomas-Barberán, F. A., Cienfuegos-Jovellanos, E., Marín, A., Muguerza, B., Gil-Izquierdo, A., Cerdá, B., Zafrilla, P., Morillas, J., Mulero, J., Ibarra, A., Pasamar, M. A., Ramón, D. and Espín, J. C. (2007). A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(10),* 3926-3935.

Wenshi, D. (2014). Patent No. CN2014161554. *China. European Patent Office.*

Wrolstad, R. E. (2004). Anthocyanin pigments-bioactivity and coloring properties. *Journal of food Science, 69(5),* C419-C425.

Xueling, G., Lingli, Z., Pengxiang, Y., Bo, H. and Zaixin, H. (2016). Patent No. CN2016154944. *China. European Patent Office.*

Yarangsri, K., Fufuang, V. and Rattanapitikorn, P. (2016). Quality improvement of Riceberry cookie by using hydrocolloids. *FST CMU Research Exercise, 1-26.*

Yi, W., Fischer, J. and Akoh, C. C. (2005). Study of anticancer activities of muscadine grape phenolics in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(22),* 8804-12.

Zhengcai, X. (2013). Patent No. CN20131531422. *China. European Patent Office.*

ฐานัน สุวรรณรักษ์. (2558). *ตลาดช็อกโกแลตแคทเบอรี่เดือด ขอไล่บี้คิทแคท.* สืบค้นจาก http://www.manager. co.th /iBizchanal /Viewnews.aspx NewsID

ทาคะยาสุ ทัสซึมิ. (2559). *เปิดตัวผลิตภัณฑ์แห่งปี"กูลิโกะ ซีโร่ ชูการ์ ช็อกโกแลตเฟเวอร์".* สืบค้นจาก http//www.manager.co.th/iBizchanal/Viewnews.aspxNewsID

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2527). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 83 (พ.ศ.2527) เรื่อง ช็อกโกแลต. สืบค้นจาก http://iodinethailand.fda.moph.go.th/fda/new/images/cms/top_upload/11416 51215_ntf83-2527.pdf.

ไพเราะ เลิศวิราม. (2551). *ตลาดช็อกโกแลตไทย.* สืบค้นจาก http//www.positioningmag.com/39318

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *แอนโทซานิน (Anthocyanin).* สืบค้นจาก http://www.chaipanich.co.th/th/view/.html

สวิทย์ เมษินทรีย์. (2560). ประเทศไทย 4.0 โมเดลเศรษฐกิจใหม่. สืบค้นจาก http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223

เอกราช บำรุงพืชน์. (2556). อาหารฟังก์ชั่น...เสริมสุขภาพ. สืบค้นจาก http://www.thaiealth.or.th/Content/7480E.html

The Facts About Chocolate. (2015). *Type of chocolate*. Retrieved from http://20facts-about chocolate.com/types-of-chocolate/.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ภาคผนวก

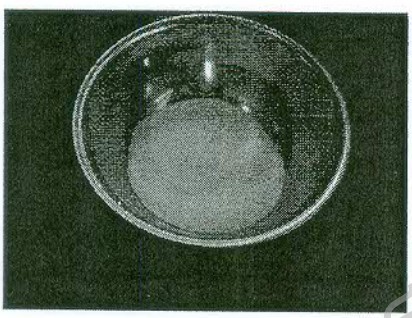
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก

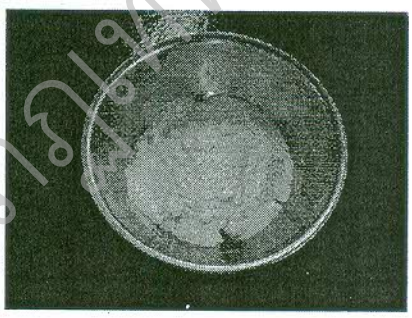
รูปภาพประกอบ

1. ผงโกโก้

2. เนยโกโก้



3. นมผง



4. น้ำตาลไอซิ่ง

5. ผงเลซิติน

6.ผงแอนโทไซยานิน

รูปที่ ก.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลสำรวจปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ข้อมูลผลสำรวจปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

ประเภท	ยี่ห้อ	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ส่วนประกอบ (wt%)									
				โกโก้แมส	ผงโกโก้	เมล็ดโกโก้	นมผง	เวย์ผง	ไขมันโกโก้	น้ำมันพืช	น้ำตาล	เฮเซลนัต	แป้งสาลี
ดาร์กช็อกโกแลต	Lindt	100	120	66.90	0	0	0	0	5.80	0	27.10	0	0
ช็อกโกแลตนม	Lindt	100	99	10.40	0	0	15.90	0	22.00	0	38.70	0	0
ช็อกโกแลตนม	Cadbury	65	49	14.00	0	0	21.00	0	10.00	5.00	42.00	0	0
ช็อกโกแลตนม	Ferrero Rocher	100	159	4.30	3.20	0	3.30	3.70	3.20	8.70	33.70	58.50	4.20
ช็อกโกแลตนม	KitKat	35	20	11.00	0	24.00	20.00	0	11.00	6.00	40.00	0	7

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของช็อกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

ชื่อ.....วันที่...../...../.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ช็อกโกแลตเพื่อสุขภาพเสริมสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินสูงจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่าง โดยให้ท่านทดลองตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์และกรุณาดื่มน้ำเปล่าทุกครั้งก่อนชิมตัวอย่างถัดไป

หลักเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	859	407	153	013
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความแข็ง				
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อแนะนำ

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. การวัดการวัดค่าสีระบบ CIE

1.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab ระบบ CIE

L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100

a* คือ เมื่อ a มีค่าเป็นบวก เป็นสีแดง และเมื่อ a มีค่าเป็นลบ เป็นสีเขียว

b* คือ เมื่อ b มีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง และเมื่อ b มีค่าเป็นลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องการปรับค่ามาตรฐาน (calibration) โดยใช้ calibration plate แผ่นสีขาวมาตรฐาน และทำการนำตัวอย่างมาทำการวัดค่าสี

1.2 วิธีการวัด

นำตัวอย่างวางลงบนพอร์ต ของเครื่องวัดค่าสี Hunter lab แล้วปิดฝาครอบเพื่อไม่ให้แสงรบกวนจากภายนอก เริ่มวัดค่าสีโดยเลือก read sample และรอจนเครื่องอ่านค่าเสร็จ โดยจะอ่านออกมาเป็น L* a* b*

2. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

2.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

2.2 วิธีการวัด

โดยใช้เครื่อง texture analyzer เพื่อหาค่าความความแข็ง (hardness) โดยใช้หัวใบมีด hbp 90 โดยการกดลงบนชิ้นช็อกโกแลตกำหนดขนาดชิ้นตัวอย่างโดยขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในแม่พิมพ์ขนาด 25 × 25 × 10 มิลลิเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) (Nightingale et al., 2011) และกำหนดสภาวะทดสอบดังนี้

Calibrate Force

1.) Force = 20 กรัม

Simple Projects

1) Pre-Test speed = 2 มิลลิเมตรต่อวินาที

2) Test speed = 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3) Post-Test speed = 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

5) Relaxation Time = 5 วินาที

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

3.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter)

3.2 วิธีการวัด

3.1.1 เปิดเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ไว้เป็นเวลา 30 นาที

3.1.2 ตั้งอุณหภูมิการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียส

3.1.3 ก่อนการวิเคราะห์ใส่ตัวอย่างลงไปในตลับให้มีความสูงไม่เกินตลับ

3.1.4 ใส่ตลับในเครื่องรอจนเครื่องแสดงค่าที่คงที่

3.1.5 บันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระและอุณหภูมิ

4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids ; องศาบริกซ์)

4.1 วิธีวัดค่า

4.1.1 เปิดเครื่องไว้ล่วงหน้า 5 นาที เพื่อทำการ warm เครื่อง

4.1.2 หยดน้ำกลั่นลงไป 5 มิลลิลิตร ที่บริเวณใส่ตัวอย่างกดปุ่ม zero เพื่อปรับค่าการหักเหของเครื่องให้เป็น 0

4.1.3 เช็ดน้ำกลั่นในช่องใส่ตัวอย่างให้แห้งและสะอาด

4.1.4 ใส่ตัวอย่างสารสกัดแอนโทไซยานินจากปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1-2 หยด และกดปุ่ม start เพื่อวัดการหักเหของแสง ล้างช่องใส่ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ทำการวัดตัวอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องปรับค่าเป็น 0 (ยกเว้นกรณีปิดและเปิดเครื่องให้ทุกครั้งต้องปรับค่าเป็น 0)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ซึ่งจะติดตามการเกิดปฏิกิริยาโดยวัดสีม่วงของ DPPH radical ตามวิธีของ Dasgupta and De (2004) ที่ลดลงเมื่อเติมสารสกัด เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง ซึ่งจะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 515-517 นาโนเมตร

1.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.2 อุปกรณ์

ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

1.3 สารเคมี

1.3.1 สารละลาย DPPH

1.3.2 เอทานอล (ethanol)

1.4 วิธีการ

1.1.1 เตรียมสารละลาย มา 0.004 กรัม แล้วนำมาละลายด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้ถูกแสง

1.1.2 ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร (ที่สกัดด้วยไฮโดรคลอริก 1 M กับเมทานอล) สำหรับตัวควบคุมใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร

1.1.3 เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน

1.1.4 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเวลา 30 นาที

1.1.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรนำผลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นการยับยั้ง

1.1.6 การลดลงของค่าดูดกลืนแสง แสดงถึงความสามารถในการจับอนุมูลอิสระได้ดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.2 การคำนวณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

$$\% \text{ DPPH inhibition} = \frac{(A \text{ control} - A \text{ sample}) \times 100}{(A \text{ control}) \times 100}$$

A control = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีตัวอย่าง

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (determination of total anthocyanin content: TAC) ตามวิธีของ (Giusti & Wrolstad, 2001)

2.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.2 สารเคมี

2.2.1 Potassium chloride buffer

2.2.2 Sodium acetate buffer

2.3 วิธีการ

2.3.1 นำสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ potassium chloride buffer pH 1.0 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง A

2.1.2 นำสารสกัดปริมาณแอนโทไซยานินปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ sodium acetate buffer pH 4.5 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง B

2.1.3 นำหลอดทดลอง A และ B ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยานาน 15 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร สำหรับหลอดทดลอง A และ (AbsA และ AbsB) ตามลำดับ โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณหาสารแอนโทไซยานินรวมของสารสกัด โดยแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมไซยานิน-3-กลูโคไซด์ (C3G) ต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม (มิลลิกรัม C3G/100 กรัม dw)

$$\text{ความเข้มข้นแอนโทไซยานิน มิลลิกรัมต่อลิตร} = \frac{(A \times MW \times DF \times 1000)}{(\varepsilon \times L)}$$

A = [(A510nm – A700nm)pH 1.0]– [(A510 – A700nm)pH4.5]

MW = 449.2 กรัม/โมล (น้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

L = 1 เซนติเมตร (ความกว้างของคิวเวต)

DF = Dilution factor of sample

Σ = 26,900 ลิตรต่อโมลต่อเซนติเมตร (molar absorptivity ของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์)

1000 = ตัวคูณเพื่อปรับหน่วยเป็น กรัม/มิลลิกรัม

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (kjeldahl Method)

3.1 เครื่องมือที่ใช้วัด

3.1.1 เครื่องย่อยโปรตีน kjeltec System (Distillation unit)

3.1.2 ชุดกลั่นโปรตีน (Distillatio Apparatus)

3.1.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)

3.1.4 ตู้ดูดควัน (Hood)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 บิกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.2 ขวดเคลดาห์ (Kjeldahl Method) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.3 บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.4 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.5 ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.6 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.3 สารเคมี

3.3.1 กรดซัลฟูริค (sulfuric acid: H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 98 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3.3.2 คะตะลิสต์ผสมอัตราส่วนคอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate: $CuSO_2.H_2O$)

3.3.3 เม็ดเดือด

3.3.4 กรดบอริก ความเข้มข้นร้อย 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.3.5 อินดิเคเตอร์ผสม ประกอบด้วยเมทิลเรดความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในแอลกอฮอล์ ผสมกับโบรโมครีซอลกรีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในแอลกอฮอล์อัตราส่วน 1:1

3.3.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide: NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3.3.7 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid: H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3.4 วิธีการ

3.4.1 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีนทำ blank ควบคู่ไปด้วย

3.4.2 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (kjeldahl tablet) จำนวน 1 เม็ด หรือคะตะลิสผสม จำนวน 8 กรัม และกรดซัลฟูริคเข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยเอียงหลอดย่อยโปรตีนและค่อยๆ รินกรดข้างๆหลอดเพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆเขย่าตัวอย่างเบาๆ

3.4.3 นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่องย่อยด้วยการกลั่น kjeltec system นาน 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอจนสารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

3.4.4 นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยด้วยเครื่องกลั่น kjeltec system โดยนำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มีกรดบอริก 4% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

3.4.5 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 70-80 มิลลิลิตร (ข้อสังเกตถ้าปริมาณด่างมากเกินไป สารละลายจะมีสีดำให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มอีก 5-10 มิลลิลิตร)

3.4.6 เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยทำให้แบล็งค์ (blank) ก่อนตัวอย่าง

3.4.7 นำตัวอย่างที่ผ่านการกลั่น มาไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ได้จุดยุติคือสังเกตสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายสีเทาอมม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีนหยาบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.2 การคำนวณหาปริมาณโปรตีนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด = [(A – B) x C x 0.014 x 100] / D

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ไตเตรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ไตเตรทกับ Black

C = ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริค

D = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven)

4.1 เครื่องมือที่ใช้วัด

4.1.1 ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (hot air oven)

4.1.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

4.2 อุปกรณ์

4.2.1 กระป๋องอบความชื้น (moisture can)

4.2.2 ที่คีบกระป๋อง (tong)

4.2.3 ช้อนตักสาร (spatula)

4.2.4 โถดูดความชื้น (desiccator) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล

4.3 วิธีการ

4.3.1 อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4.3.2 ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4.3.3 นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบในตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

4.3.4 นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าทันที และทำให้เย็นในดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4.3.5 นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

4.4 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{(น้ำหนักที่หายไป (กรัม)}\times 100)}{\text{(น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (soxhlet extraction)

5.1 เครื่องมือที่ใช้วัด

5.1.1 ชุดกลั่นซอล์กเลต

5.1.2 เตาหลุมให้ความร้อน (heating mantle)

5.1.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

5.2 อุปกรณ์

5.2.1 กระดาษกรอง

5.2.2 ทิมเบอร์

5.2.3 ขวดก้นกลม

5.2.4 โถดูดความชื้น

5.3 สารเคมี

5.3.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์

5.4 วิธีการ

5.4.1 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นแล้ว 2 กรัม

5.4.2 ถ่ายตัวออย่างลงในกระดาษกรองที่ผ่านการสกัดไขมันออก แล้วห่อให้เรียบร้อยนำใส่ลงในทิมเบอร์

5.4.3 นำทิมเบอร์ใส่ลงในชุดกลั่นซอล์กเลต

5.4.4 เติมปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ประมาณ 160 มิลลิกรัม ลงขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิกรัม ที่ผ่านการกอบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5.4.5 เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นก่อนทำการสกัดประมาณ 30 นาที ตั้งอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เปิดเตาหลุมให้ความร้อนตั้งระดับความร้อนที่ 4-5 ทำการสกัดไขมัน ตามเวลาที่เหมาะสมกับปริมาณไขมันในตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

5.4.6 เมื่อครบกำหนดเวลาให้ปิดเตาหลุมให้ความร้อนระเหย ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ ออกจากตัวอย่างใน hood

5.4.7 นำขวดก้นกลม อบต่อในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5.5 การคำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมด

$$\text{เปอร์เซ็นไขมันทั้งหมด} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมไขมันที่สกัดได้}-\text{น้ำหนักถ้วยเปล่า})\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

6.1 เครื่องมือที่ใช้วัด

6.1.1 เตาไฟฟ้า (hot plate)

6.1.2 ตู้อบร้อนแบบไฟฟ้า (hot air oven)

6.1.3 เตาเผาไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ (muffle furnance)

6.1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

6.1.5 อ่างควบคุมความร้อน (water bath)

6.2 อุปกรณ์

6.2.1 บีกเกอร์ขนาด 250 และ 600 มิลลิลิตร

6.2.2 กระบอกตวง (cylinder) 250 มิลลิลิตร

6.2.3 ขวดก้อนแบนบรรจุน้ำ

6.2.4 แท่งแก้วคนสาร

6.2.5 กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)

6.2.6 ขวดสำหรับกรองดูด (suction flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมอุปกรณ์

6.2.7 ขวดน้ำกลั่น ขนาด 500 มิลลิลิตร

6.2.8 กระดาษกรองเบอร์ 541

6.2.9 กระดาษลิตมัส

6.2.10 เดสิกเคอตอร์ (desiccater)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

6.3 สารเคมี

6.3.1 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25

6.3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25

6.3.3 เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 95

6.4 วิธีการ

6.4.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม

6.4.2 ตวงสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวงใส่บีกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมขนาด 500 ml บรรจุน้ำกลั่น เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

6.4.3 กรองทันทีด้วยกรวยบุชเนอร์ที่มีกระดาษกรอง 541 (ที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) โดยใช้แรงสุญญากาศผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด

6.4.4 ฉีดล้างที่เหลือด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ลงในกรวยบุชเนอร์

6.4.5 ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบสารละลายที่กรองได้โดยกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสีน้ำเงินเป็นสีแดง

6.4.6 ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซดความเข้มข้น 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าจนร้อนและนำไปใส่ขวดน้ำฉีดล้างบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จนหมด

6.4.7 นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

6.4.8 กรองผ่านกรวยบุชเนอร์ซึ่งบุด้วยกระดาษกรองเบอร์ 541 ฉีดน้ำกลั่นให้แนบสนิทกับกรวยบุชเนอร์แล้วฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ลงบนกรวยบุชเนอร์

6.4.9 ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดด่างทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสีน้ำแดงเป็นน้ำเงิน

6.4.10 นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้อง นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

6.4.11 เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 550 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

7. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

7.1 เครื่องมือ

7.1.1 เตาเผาไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ (muffle furnance)

7.1.2 ตู้ดูดควัน (hoot)

7.1.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

7.2 อุปกรณ์

7.2.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

7.2.2 ตะเกียงบุนเซน

7.2.3 เดซิกเคเตอร์ (dessiccator) ที่มีสารดูดความชื้นซิลิกาเจล

7.3 วิธีการ

7.3.1 อบถ้วยกระเบื้อง ที่ตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

7.3.2 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

7.3.3 นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้าหรือตะเกียงบุนเซนโดยเพิ่มความร้อนทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน ในกรณีตัวอย่างที่เป็นของเหลวกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า

7.3.4 นำไปเผาต่อที่เตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ (ถ้าเถ้าไม่ขาว ให้นำเถ้าออกจาเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและหยดน้ำเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งกระเด็น นำไประเหยแห้งด้วยเครื่องอังน้ำ และทำซ้ำข้อ 3 จนเถ้าขาวและได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งผลต่างของการชั่งสองครั้งติดกันมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม ชั่งน้ำหนักที่ได้

7.4 การคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า-น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ}) \times 100}{(\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง-น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ})}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

8. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

โดยคำนวณจากสูตรเมื่อทราบร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใยนำค่าดังกล่าวมาคำนวณตามสูตร

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 – (ร้อยละของความชื้น + ร้อยละของโปรตีน + ร้อยละของไขมัน + ร้อยละของเถ้า + ร้อยละของเส้นใย)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี