รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีนสำหรับผู้สูงอายุ

Development of energy drink from germinated riceberry supplemented with rice protein for elderly

โดย

อาจารย์ ดร.พิชญา โพธินุช

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

2562

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีนข้าวสำหรับผู้สูงอายุ
ผู้วิจัย : อาจารย์ ดร. พิชญา โพธินุช
สถาบัน : คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีที่พิมพ์ : 2565
สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต
แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต
จำนวนหน้า : 73 หน้า
คำสำคัญ : ข้าวไรซ์เบอร์รี่ โปรตีนข้าว เครื่องดื่มให้พลังงาน เครื่องดื่มเสริมโปรตีน อาหารสำหรับผู้สูงอายุ
ลิขสิทธิ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ดังนั้นการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับวัยนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งทั้งนี้เพื่อลดอัตราเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางโภชนาการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว โดยทำการศึกษาผลของระยะเวลาในการเพาะงอก ได้แก่ 3 4 และ 5 วัน ต่อปริมาณองค์ประกอบหลักของอาหารโดยประมาณ (ความชื้น โปรตีนหยาบ ไขมันหยาบ เถ้าหยาบ และคาร์โบไฮเดรต) น้ำตาล สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และสารแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA) ในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก และศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส คือ 30 60 และ 90 นาทีร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อปริมาณน้ำตาลและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากไรซ์เบอร์รี่ หลังจากนั้นทำการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการผสมโปรตีนข้าวลงในสารสกัด โดยได้ศึกษา 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการปรับค่า pH 2) วิธีการผสมระหว่างโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลือง (rice protein–soy protein composite) และ 3) วิธีการปรับ pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง และทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเพาะงอกมีผลต่อองค์ประกอบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น องค์ประกอบทางเคมีจะเพิ่มขึ้น โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพาะงอก 4 วันมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (84.8%) น้ำตาลรีดิวซ์ (754.1 มก./100 ก.) กลูโคส (413.8 มก./100 ก.) และ GABA (20.8 มก./100 ก.) เมื่อใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอนไซม์กลูโคอะไมเลสเพื่อเปลี่ยนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกให้เป็นน้ำตาล ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลและฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ขึ้นกับระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์ทั้งสองชนิด โดยสารสกัดที่ได้จากการใช้ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมงมีปริมาณน้ำตาลและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมาก สำหรับวิธีที่เหมาะในการผสมโปรตีนข้าวลงในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม คือ การปรับ pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม โดยจะต้องปรับค่า pH เท่ากับ 2 และให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีน แซนแทนและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 ถูกใช้เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ผสม และใช้ในปริมาณ 0.4% ปริมาณโปรตีนข้าวที่ใช้เท่ากับ 4% จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้รับคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง และผู้บริโภคสนใจมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ 91.1% โดยตัดสินใจจากคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอร่อยของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Title : Development of Energy drink from Germinated Riceberry Supplemented with Rice Protein for Elderly

Researcher : Dr. Pitchaya Pothinuch

Institution : Faculty of Food Technology, Rangsit University

Year of Publication : 2022

Publisher : Rangsit University

Source : Rangsit University

No. of pages : 73 pages

Key words : Riceberry, Rice Protein, Energy drink, Functional drink, Protein supplemented drink, Food for elderly

Copyrights : Rangsit University

Abstract

Thailand is currently entering an aging society; therefore, the development of healthy food is absolutely necessary in order to diminish risk of nutritional problem. This research aimed to develop an energy drink from germinated riceberry rice mixed with rice protein. The effect of germination durations, 3, 4 and 5 days, on proximate compositions (moisture, crude protein, crude fat, crude ash and carbohydrate), sugar, total phenolics, total anthocyanins and gamma-aminobutyric acid (GABA) contents was studied. The effect of alpha-amylase incubation time in combination with 12, 24, 36 and 48 hrs of glucoamylase incubation on sugar and total phenolic contents was also determined in riceberry rice extracts. Three methods for mixing rice protein into the rice extract, including 1) pH adjustment method 2) rice protein-soy protein composite method and 3) pH adjustment in combination of mixed hydrocolloids was, then, investigated. Analysis of protein in samples and consumer acceptance testing were done. The results showed that germination period affected on chemical compositions of germinated riceberry rice. As the germination time increased, chemical compositions enhanced. The 4 day-germinated riceberry rice contained high

carbohydrate (84.8%), reducing sugar (754.1 mg/100 g) glucose (413.8 mg/100 g) และ GABA (20.8 mg/100 g). Alpha-amylase and glucoamylase were used to convert starch of germinated riceberry rice into sugar. The results showed that sugar and total phenolic contents of riceberry rice extract depended on incubation time with both enzymes. The extract obtained by using the alpha-amylase incubation time of 30 min and the glucoamylase incubation for 12 hrs had higher sugar and total phenolic contents. An appropriate method for mixing rice protein into drink product was a method of pH adjustment in combination with mixed hydrocolloids. The pH was adjusted to 2 and heated to 70 °C for 30 min in order to increase solubility of rice protein. The mixture of xanthan and carboxymethylcellulose in a ratio of 1:1 was the mixed hydrocolloid and the amount of 0.4% was applied in the product. The amount of rice protein used was 4%. For consumer acceptance testing, the prototype received liking scores in moderately like level. The respondents of 91.1% are interested in purchasing a product prototype, considering mainly on its nutritional value and taste.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสมบูรณ์ฉบับนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดีเนื่องมาจากได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.วราพร ลักษณลม้าย ที่ปรึกษาโครงการ รศ. ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล นักวิจัยพี่เลี้ยง ที่ให้ความเอาใจใส่ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบคุณ ผศ. กิ่งกมล ลีลาจารุวรรณ และ ดร. ณัฐพงษ์ ปรีชาพันธ์ ผู้ร่วมวิจัย ที่เป็นส่วนสนับสนุนและให้คำปรึกษาต่างๆ ตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณนายณัฐพงศ์ มงคลทรง ผู้ช่วยวิจัย ที่พร้อมช่วยเหลือในส่วนของการดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปได้อย่างราบรื่น ขอขอบคุณนางสาวเหมือนฝัน เชียงกา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางเคมี วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตรและเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต และขอขอบคุณอาจารย์เจ้าหน้าที่และนักศึกษาทุกคนที่ได้มีส่วนร่วมในการดำเนินงานในครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่ให้กำลังใจและเป็นที่ปรึกษาตลอดมา

พิชญา โพธินุช
หัวหน้าโครงการ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
กิตติกรรมประกาศ	**จ**
สารบัญ	**ฉ**
สารบัญตาราง	**ช**
สารบัญภาพ	**ญ**
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
คำถามการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	15
วัตถุดิบ	15
อุปกรณ์และเครื่องมือ	16
วิธีการ	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง	22
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์	61
ภาคผนวก ข แบบสอบถาม	68
ประวัติผู้วิจัย	71

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณสารอาหารหลักของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน	24
2	ปริมาณน้ำตาลของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน	25
3	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน	25
4	ปริมาณ gamma-aminobutyric acid (GABA) ของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน	26
5	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาที่ต่างกัน	28
6	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาที่ต่างกัน	29
7	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลมอลโทส (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ ระยะเวลาที่ต่างกัน	30
8	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกับกรดแกลลิคต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ ระยะเวลาที่ต่างกัน	31
9	ปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังปรับค่า pH แล้วทำการเหวี่ยงแยกและกรองตะกอนออก	34
10	ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 1% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl หลังการเหวี่ยงแยกและกรอง (วิธี 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่)	36

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่าสี (L* a* b*) ของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ X:C ในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณที่ต่างกัน (วิธีที่ 3)	40
12	ปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ X:C ในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณที่ต่างกัน (วิธีที่ 3)	40
13	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	44
14	การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศชายและหญิง	46
15	การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศชาย	47
16	การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศหญิง	48
17	การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ระบุเพศ	49
18	ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	50
19	ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	51
20	เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม	51

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ราคาต่อขวดที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	51
22	สถานที่ที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม	52
23	เหตุผลที่ไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	52
24	ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	53

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกวันที่ 0 (ก) และวันที่ 3 (ข) ใช้เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก	22
2	ลักษณะของข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 2 วัน (ก) 3 วัน (ข) และ 4 วัน (ค)	23
3	การสีข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่งอก	23
4	ตัวอย่างน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลส	27
5	ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการเติมโปรตีน 1%	32
6	ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการปรับ pH	33
7	ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังจากที่ได้ปรับ pH แล้ว	33
8	ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีน 1% หลังปรับค่า pH แล้วทำการเหวี่ยงแยกและกรองตะกอนออก	34
9	ลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าวหลังจากที่ได้ปรับ pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl (วิธีที่ 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่)	35
10	ลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 1% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl หลังจากการเหวี่ยงแยกและกรอง (วิธีที่ 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่); RP: โปรตีนข้าว; SP: โปรตีนถั่วเหลือง	36
11	ลักษณะปรากฏตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 3% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที (วิธีที่ 3 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่) P: เพคติน; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X: แซนแทน	37

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ลักษณะปรากฏตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 3% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกันก่อนเขย่า (ก) และหลังเขย่า (ข) (วิธีที่ 3 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่) P: เพคติน; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X: แซนแทน	38
13	ลักษณะปรากฏสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 3% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกันก่อนเขย่า (ก) และหลังเขย่า (ข) (วิธีที่ 3 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่) P: เพคติน; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X: แซนแทน	39
14	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	41
15	กระบวนการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	42
16	บรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	43
17	ฉลากของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว	43

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุและจัดอยู่ในกลุ่มของสังคมสูงวัยเป็นอันดับสองของกลุ่มประเทศอาเซียนรองจากประเทศสิงคโปร์ โดยประชากรผู้สูงอายุหรือประชากรที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคาดว่าจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ใน ปี พ.ศ. 2568 สถานการณ์เช่นนี้จะเป็นการเพิ่มประชากรวัยพึ่งพิง อย่างไรก็ตามสภาวะของสังคมผู้สูงอายุในประเทศไทยนี้ก็ไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเตรียมรับมือกับสถานการณ์ให้ได้อย่างเหมาะสม ประเทศไทยได้มีการจัดทำแผนพัฒนาผู้สูงอายุ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545-2564 โดยมีวิสัยทัศน์ว่า ผู้สูงอายุเป็นหลักชัยของสังคม คือ เน้นให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี สามารถพึงพาตนเองได้และมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคม จึงจำเป็นที่จะต้องมีการส่งเสริมผู้สูงอายุให้มีสุขภาพที่ดี (คณะกรรมการผู้สูงอายุแห่งชาติ, 2553) อย่างไรก็ตามอาหารและโภชนาการที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการขับเคลื่อนแผนพัฒนาฯ นี้

เมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายจะมีประสิทธิภาพด้อยลง โดยผู้สูงอายุมักมีปัญหาในเรื่องระบบการย่อยอาหารเริ่มตั้งแต่ปัญหาการบดเคี้ยวอาหารเนื่องจากไม่มีฟัน การหลั่งน้ำลายจากต่อมน้ำลายก็ลดลงมีผลต่อการย่อยอาหารภายในปาก การย่อยในกระเพาะอาหารมีประสิทธิภาพลดลงอีกเช่นกันเนื่องจากน้ำย่อยหรือเอนไซม์ในการย่อยอาหารมีปริมาณลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดภาวะท้องอืดได้ จากปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้ผู้สูงอายุไม่อยากรับประทานอาหารและก็เป็นต้นเหตุของการเกิดปัญหาทุพโภชนาการของวัยนี้ ดังนั้นการส่งเสริมให้ผู้สูงวัยมีสุขภาพที่ดีวิธีการหนึ่งก็คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเหมาะสมกับสภาวะร่างกายของผู้สูงอายุ เช่น สามารถเคี้ยวหรือกลืนได้ง่ายและอาหารต้องประกอบด้วยสารอาหารที่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบว่าสืบเนื่องมาจากปัญหาในการเคี้ยวอาหาร ทำให้ผู้สูงอายุหลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน ทำให้มีภาวะการขาดโปรตีนส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความต้องการพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีนข้าว เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งของสารอาหารที่ให้พลังงาน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของเกลือแร่ วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ

เช่น สารประกอบฟีนอลิก (Pereira-Caro et al., 2013) แกมม่า-โอไรซานอล (Pereira-Caro et al., 2013) GABA (Komatsuzaki et al., 2007) เมลาโทนิน (Setyaningsih et al., 2015) และซีโรโทนิน (Kang et al., 2007) ร่วมกับการใช้กระบวนการเพาะงอก (malting) ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้าว และการใช้เอนไซม์เพื่อเปลี่ยนสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นร่างกายสามารถดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้เร็วและได้ความหวานของน้ำตาลจากวัตถุดิบเอง นอกจากนี้ยังมีการเสริมโปรตีนของข้าวซึ่งเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างกล้ามเนื้อและการเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Gorissen et. Al. 2018) หัวใจสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้คือการเลือกวัตถุดิบที่ดีและเหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่เน้นความเป็นธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (green process) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวไรซ์เบอร์รี่และเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ให้พลังงานจากธรรมชาติ พร้อมทั้งยังช่วยส่งเสริมการทำการเกษตรให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะจัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ Plant-based protein ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสเติบโตในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานเสริมโปรตีนด้วยกระบวนการแบบ green process

2.2 วัตถุประสงค์รอง

2.2.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการเพาะงอกที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

2.2.2 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

2.2.3 เพื่อการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการผสมโปรตีนข้าวในสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ทำให้เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกมีปริมาณโปรตีนมากกว่า 2.5% เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง

2.2.4 เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

3. คำถามการวิจัย/สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมโปรตีนข้าวมีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมอย่างไร

3.1 ระยะเวลาในการเพาะงอกข้าวไรซ์เบอร์รี่น่ามีผลต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญกลุ่มฟีนอลิกและสาร GABA ในข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.2 ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสน่าจะมีผลต่อปริมาณน้ำตาลของสารสกัดโดยเอนไซม์จะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล

3.3 วิธีการเติมโปรตีนข้าวที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมโปรตีนจากข้าวที่ทำให้มีปริมาณโปรตีน ตั้งแต่ร้อยละ 2.5 ขึ้นไป

4. ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีนข้าว ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

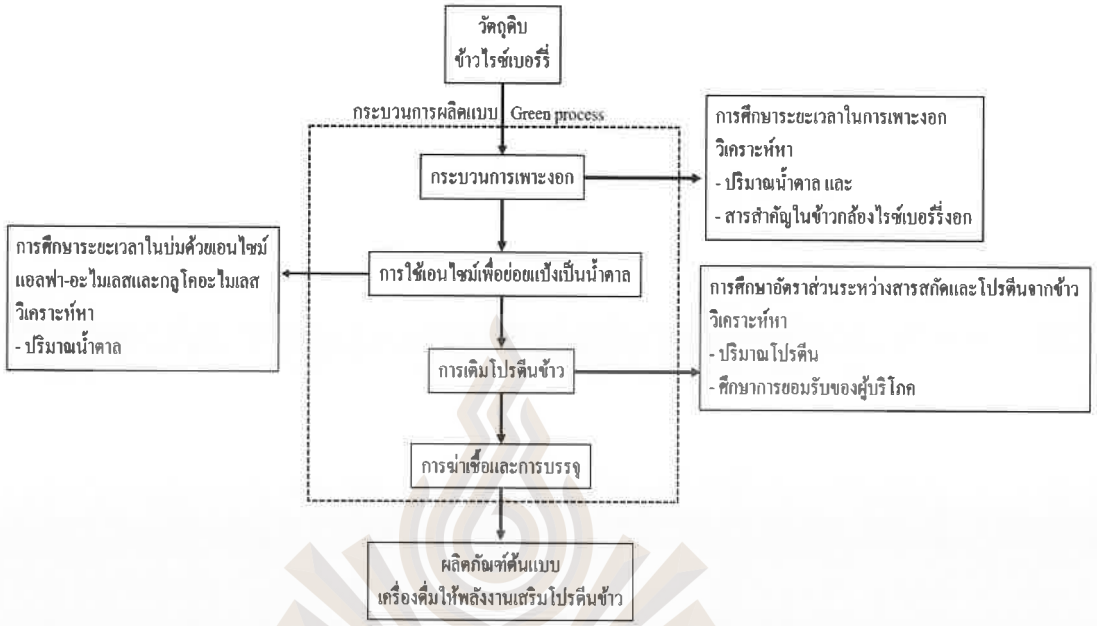
ส่วนที่ 1 การศึกษาระยะเวลาในการเพาะงอกที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะงอกข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ทำการศึกษา คือ 0-4 วัน จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

ส่วนที่ 2 การศึกษาระยะเวลาในการบ่มที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในสารสกัดจากข้าวไรซ์-เบอร์รี่งอก โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากส่วนที่ 1 มาทำการสกัดด้วยน้ำและนำไปบ่มกับเอนไซม์ที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งทำการศึกษาระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์อะไมเลส คือ 30-60 นาที และระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส คือ 12-24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

ส่วนที่ 3 การศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการผสมโปรตีนข้าวในสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จะต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนซึ่งปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.5

ส่วนที่ 4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีน ทำการตรวจสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale จำนวน 30 คน

5. กรอบแนวคิดวิจัย



6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวไรซ์เบอร์รี่และช่วยส่งเสริมการทำการเกษตร

6.2 สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวเพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากขึ้น

6.3 ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานที่พัฒนามาจากข้าวไรซ์เบอรร์รี่งอกเสริมโปรตีนและสามารถขยายผลสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6.4 ทำให้ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและสามารถเผยแพร่ความรู้ในงานประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสารในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยเนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ ข้าวไทยมีหลากหลายสายพันธุ์ด้วยกันที่เกิดจากการพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อทำให้ข้าวมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศและทนทานต่อโรค นอกจากนี้การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวยังมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้าวให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น สายพันธุ์ข้าวไทยชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมและเป็นที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ โดยการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิล (พันธุ์พ่อ) ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์แม่) จากสถาบันวิจัยข้าว เริ่มทำการผสมพันธุ์ตั้งแต่ปี 2545 โดย รศ.ดร. อภิชาติ วรรณวิจิตรและทีมวิจัยจากศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ลักษณะของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ เป็นข้าวเจ้าที่มีสีม่วงเข้มจนดำจึงเป็นที่มาของการใช้ชื่อ ไรซ์เบอร์รี่ เมล็ดเรียวยาว มีสารต้านอนุมูลอิสระและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้ผลผลิตต่อไร่ ประมาณ 300-500 กิโลกรัม การเพาะปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถทำการปลูกได้ทุกพื้นที่ ปลูกได้ตลอดทั้งปี การเพาะปลูกในช่วงฤดูการทำนาปีจะทำให้ได้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีคุณภาพดีเพราะเป็นช่วงที่มีภูมิอากาศเหมาะสมกับการเพาะปลูกมากที่สุด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.1 โครงสร้างของข้าว

ข้าวหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า เมล็ดข้าว ในทางพฤษศาสตร์ คือ ผล (fruit) มีลักษณะเป็นผลเดี่ยวที่เกิดจากรังไข่อันเดียวของดอกเดียวในแต่ละดอกย่อยและรวมกันอยู่ในช่อดอก เมล็ดข้าวประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (hull) หรือแกลบ และ 2) ส่วนของเนื้อผลหรือผลแท้ (true fruit) ส่วนที่นำมารับประทานคือส่วนของเนื้อผล ซึ่งประกอบด้วย 1) เยื่อหุ้มผล มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง ม่วงและน้ำตาลดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังประกอบด้วยโปรตีนเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส 2) เยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้นรูปยาวเรียงตามขวางและมีผนังกั้น

บาง ภายในประกอบด้วยไขมันและสารสี 3) นิวเซลลัส (nucellus) เป็นเซลล์ที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด ไม่ติดแน่นจึงแยกออกจากกันได้ และ 4) เยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone) ซึ่งประกอบด้วยคัพภะ (germ) และเนื้อเมล็ด (endosperm) คัพภะหรือเชื้อชีวิตอยู่บริเวณโคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ มีส่วนของรากอ่อน (radical) ต้นอ่อน (plumule) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อนจึงเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน ส่วนเนื้อเมล็ดหรือเนื้อขาวซึ่งเป็นส่วนที่มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว เป็นแหล่งของสตาร์ชซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตแต่ก็ยังพบว่ามีโปรตีนลักษณะกลมใหญ่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ชด้วย (อรอนงค์, 2550)

1.2 องค์ประกอบทางเคมี

สายพันธุ์ สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยวและกระบวนการแปรรูปมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าวทำให้มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้าและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ข้าวยังเป็นแหล่งของวิตามิน แร่ธาตุและกรดอะมิโน วิตามินที่พบในข้าว ได้แก่ ไทอะมีน (0.02-0.61 มิลลิกรัม) ไรโบฟลาบิน (0.02-0.14 มิลลิกรัม) ไนอะซิน (1.3-5.3 มิลลิกรัม) แอลฟา-โทโคเฟอรอล (0.075-2.50 มิลลิกรัม) ส่วนเกลือแร่ที่พบในข้าว ได้แก่ แคลเซียม (10-50 มิลลิกรัม) ฟอสฟอรัส (0.08-0.43 กรัม) ไฟทินฟอสเฟต (0.02-0.27 กรัม) เหล็ก (0.2-5.2 มิลลิกรัม) และสังกะสี (0.2-5.2 มิลลิกรัม) (Juliano, 1993) ส่วนต่างๆ ของข้าวมีปริมาณสารอาหารที่แตกต่างกันเช่นกัน โดยรำข้าวมีปริมาณสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าและเส้นใยอาหาร มากกว่าข้าวกล้องและข้าวขาว ตามลำดับ และรำข้าวยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าข้าวเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ (อรอนงค์, 2550) ข้าวยังเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบแกมมา-โอไรซานอล (gamma-oryzanol) แกมมา-อะมิโนบิวทาริก แอซิด (gamma-aminobutyric acid หรือ GABA) เมลาโทนิน (melatonin) และซีโรโทนิน (serotonin) ในข้าวซึ่งสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็นสารสื่อประสาท มีผลต่อการทำงานของระบบสมองและประสาทส่วนกลาง (Kang et al., 2007; Vanhoutte, 2013; Cornejo et al., 2015; Setyaningsih et. al., 2015)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณอะไมโลส เท่ากับ 15.6% และมีอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) น้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561) องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ประกอบด้วย เหล็ก (13-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

สังกะสี (31.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โอเมกา-3 (25.51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) วิตามินอี (678 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม) โฟเลต(48.1 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม) เบต้า-แคโรทีน (63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) โพลีฟีนอล (113.5 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม) แทนนิน (89.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) แกมมา-โอไรซานอล (462 ไมโครกรัมต่อกรัม) สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำ (47.5 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัม) และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในไขมัน (33.4 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม) (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไรซ์เบอร์รี่ขึ้นกับความเข้มของสี โดยพบว่าข้าวที่มีสีเข้มกว่าจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า (กองบรรณาธิการเกษตร, 2557)

1.3 ผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ในตลาดปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์ข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของแข็ง เช่น ขนมอบกรอบ ข้าวเกรียบ อาหารเส้น (เส้นหมี่ ก๋วยเตี๋ยว กวยจั๊บ ขนมจีนแป้งสด) แผ่นแป้ง อาหารหวาน (ขนมชั้น บัวลอย ครองแครง) อาหารกึ่งสำเร็จรูป อาหารสำเร็จรูปและอาหารแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้ยังมีการคิดค้นพัฒนาไซรัปข้าว (rice syrup) ซึ่งทำจากข้าวขาว ข้าวกล้องหรือข้าวอินทรีย์โดยเติมเอนไซม์เพียงอย่างเดียวทำให้ได้ไซรัปที่มีสมมูลเดกซ์โทรส (D.E.) ตั้งแต่ 26 ถึง 70 และยังมีได้โปรตีนข้าวเข้มข้นและโปรตีนข้าวสกัดซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตไซรัปข้าว นอกจากนี้ยังมีออลิโกเดกซ์ทรินข้าวและมอลโทเดกซ์ทรินข้าว มีลักษณะเป็นผง ไม่มีรสชาติ แขวนลอยในน้ำได้ ได้จากการย่อยสตาร์ชซึ่งยังมีโปรตีนเหลืออยู่ประมาณ 3% มีสมมูล-เดกซ์โทรส (D.E.) เท่ากับ 5 10 และ 18 ใช้เป็นสารให้ความหนืดและความข่นตลอดจนใช้เป็นสารยึดเหนี่ยวและสารให้ปริมาตรและเป็นสารละลายแก้โรคท้องร่วง (oral dehydration solution) ที่ดีกว่ากลูโคสเพราะช่วยในการดูดซึม มีสภาวะอิเลกโทรไลซ์และลดการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายได้ดี (อรอนงค์, 2560)

ในปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว โดยสามารถแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ประเภทน้ำนมข้าวและประเภทน้ำข้าวสกัดซึ่งมีกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกันส่งผลให้มีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกัน สำหรับน้ำนมข้าวจะลักษณะขุ่นคล้ายนม ขณะที่น้ำข้าวสกัดจะมีลักษณะใส ส่วนสีของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับชนิดของข้าว ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้มีการพัฒนามาก่อนแล้ว ยกตัวอย่างเช่น

1) เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกเกษตร ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตร มีลักษณะเด่นคือ ทำจากข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการเพิ่มปริมาณ GABA และผสมธัญพืชหรือน้ำผลไม้

อื่นๆ เพิ่มเพิ่มรสชาติ มีการใช้เอนไซม์อะไมเลสย่อยสตาร์ชเพื่อลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ (พัชรี และคณะ, 2560)

2) เครื่องดื่มให้พลังงานข้าวกล้องงอก ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีลักษณะเด่นคือ มีการใช้ข้าวกล้องหอมมะลิงอก ข้าวหอมนิลงอกและข้าวกล้องแดงงอกมาเป็นวัตถุดิบ และย่อยสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์ทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีลักษณะเหลวใสและเติมสารอาหารหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น สารสกัดจากเมล็ดกาแฟและสารสกัดจากกัวรานา ช่วยให้ร่างกายตื่นตัวและสมองสดชื่น และยังมีการเติมวิตามินบี 1 บี 2 แคลเซียมและไฟเบอร์ ปัจจุบันได้ถ่ายทอดให้บริษัทเอกชนเพื่อไปต่อยอดทางธุรกิจ (ชมดาว และคณะ, 2560)

3) เครื่องดื่มน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับบริษัทเดฟเวอร์ คอปเปอเรชั่น จำกัด ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์คือ มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง ใช้ข้าวที่ผ่านการคัดเกรดแล้วมาทำการผลิต นำไปผ่านกระบวนการโฮโมจิไนเซชั่นและการเหวี่ยงแยกตะกอน ทำให้ได้น้ำข้าวที่มีสีม่วงใส ไม่มีตะกอน นำไปผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรเซชันทำให้เก็บได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน (ชมดาว และคณะ, 2560)

4) เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าว Ener Rice Energy Drink ของบริษัทหงษ์ทองเฮลตี้สเตชั่น ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์คือ ผลิตจากน้ำสกัดข้าวกล้องหอมมะลิ เสริมด้วยวิตามินบี 3 บี 6 บี 12 แอลคาร์นิทิน สังกะสีและโพแทสเซียม มีสรรพคุณในการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท ทำให้สดชื่นตื่นตัวจากการสำรวจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ได้มีการคิดค้นและพัฒนามาแล้วยังถือมีความหลากหลายไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากผักและผลไม้ ดังนั้นการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่น่าจะมีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะการสร้างเครื่องดื่มจากข้าวให้เป็นนวัตกรรมอาหารเพื่อสุขภาพเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวไทย อย่างไรก็ตามในการผลิตควรใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติร่วมกับการใช้กรรมวิธีที่ไม่ซับซ้อนและมีต้นทุนต่ำ

2. โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสต

ข้าวมีโปรตีนประมาณ 7% ซึ่งถือว่าไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับธัญพืชชนิดอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม กำลังในการผลิตข้าวของโลกมีค่าสูงถึง 741 ล้านตันต่อปี จึงทำให้โปรตีนข้าวน่าจะเป็นแหล่งโปรตีนที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่ง เมล็ดข้าวมีโปรตีนเก็บสะสม (storage protein) 4 ชนิด ได้แก่ อัลบูมิน (albumins) โกลบูลิน (globulins) โพรลามิน (prolamins) และกลูเตลิน (glutelins) โดยกลูเตลิน

เป็นโปรตีนเก็บสะสมที่พบมากที่สุดในข้าว ประมาณ 70-80% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ขณะที่โพรลามินพบน้อย (3-6%) ส่วนอัลบูมินและโกลบูลินมีประมาณ 5-10% และ 7-17% ตามลำดับ ในด้านการนำไปใช้ประโยชน์นั้นพบว่า โปรตีนข้าว (intact rice protein) จะมีข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการละลายในน้ำ ดังนั้นจึงมีความนิยมใช้โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตมากกว่า เพราะสามารถละลายในน้ำได้ดีกว่า โดยมีการนำไปใช้ในสูตรนมผงเด็กที่มีอาการแพ้โปรตีนนมและอาหารอีกหลายชนิด (Amagliami et al., 2019) สำหรับกรดอะมิโนที่พบมากในข้าว คือ โพรลีน (proline) และกลูตามีน (glutamine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบหลักของโพรลามีน ขณะที่กรดอะมิโนจำเป็นที่พบในน้อยหรืออาจไม่พบในโปรตีนข้าวเลย คือ ไลซีน (lysine) และทริปโตเฟน (tryptophan) ดังนั้น กรดอะมิโนไลซีนจึงเป็น limiting amino acid อย่างไรก็ตาม กลับพบว่า ไลซีนมีมากในรำข้าว เนื่องจากรำข้าวเป็นแหล่งของอัลบูมิน และอัลบูมินมีปริมาณไลซีนสูง อัลบูมินยังเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็นฮีสทีดีนและทรีโอนีน ขณะที่โพรลามีนมีปริมาณไฮโซลิวซีน ลิวซีนและฟีนิลอะลานีนสูง ส่วนโกลบูลินมีกรดอะมิโนซีสเตอีนและเมทรีโอนีน (Amagliami et al., 2019; Kawakatsu and Takaiwa, 2019)

Amagliani et al. (2019) ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนข้าวเข้มข้น (Rice protein concentrate: RPC) โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตจากเอนโดสเปิร์ม (Rice endosperm protein hydrolysate: RPH) และโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตจากรำข้าว (Rice bran protein hydrohylate: RBPH) พบว่า ความสามารถในการละลายน้ำในช่วง pH 2-8 ของ RPC มีค่าต่ำ (2-35%) ขณะที่ RPH และ RBPH มีความสามารถในการละลายน้ำได้ระดับดีและปานกลาง ตามลำดับ โดยมีค่าการละลายน้ำมากกว่า 60% นอกจากนี้ยังพบว่า RPH และ RBPH (ความเข้มข้น 5% w/v; pH 6.8) มีความสามารถในการเกิดโฟม (foam capacity) สูงกว่าโปรตีนจากนม (ผงหางนม โปรตีนเวย์ และโปรตีนเวย์ไฮโดรไลเสต) แสดงให้เห็นว่าโปรตีนข้าวสามารถเก็บกักอากาศได้ดีกว่า และมีความคงตัว (foam stability) สูง โดยมีการหายไป (drainage) ของปริมาตรเพียง 10.0-19.7% หลังจากที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ผลการทดลองทำให้พบว่าโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตสามารถนำไปประยุกต์ในการพัฒนาอาหารแทนการใช้โปรตีนจากนม

Puangwerakul and Soithongsuk (2019) ได้สกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันซึ่งเป็นผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดอาศัยเอนไซม์ภายใน (inner enzyme) ร่วมกับเอนไซม์โบรมีเลน โปรตีนข้าวมีลักษณะเป็นผงสีเขียวเหลือง มีค่าความชื้นและค่า water activity เท่ากับ 4% และ 0.25 ตามลำดับ มีความสามารถในการละลาย เท่ากับ 92-98% ความสามารถในการก่อโฟม เท่ากับ 26-45% และมี emulsion activity index เท่ากับ 10-16 m^2/g โดยที่โปรตีนข้าวมีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ angiotensin converting enzyme

(ACE) เท่ากับ 9.4% เอนไซม์ ACE เป็นเอนไซม์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเกิดโรคความดันเลือดสูง และยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 42.1% โดยผงโปรตีนข้าวที่ได้ประกอบด้วยปริมาณโปรตีน 9.1 กรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในผงโปรตีนข้าว 100 กรัม มีดังนี้ ทรีโอนีน 350.3 มิลลิกรัม วาลีน 521.8 มิลลิกรัม เมไธโอนีน 46.2 มิลลิกรัม ไอโซลิวซีน 412.9 มิลลิกรัม ลิวซีน 697.2 มิลลิกรัม ฟีนิลอะลานีน 1,942.4 มิลลิกรัม ฮีสทีดีน 190.0 มิลลิกรัม และทริปโตเฟน 78.5 มิลลิกรัม

Nisov et al. (2020) ได้ศึกษาผลของระดับการย่อย (Degree of hydrolysis) ที่มีต่อคุณสมบัติในการละลาย การเกิดโฟม การเกิดเจล และการคงตัวของคอลลอยด์ (colloid stability) ของโปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตจากเอนโดรสเปิร์ม (rice endosperm protein hydrolysate) โดยการใช้เอนไซม์ acid endoprotease และเอนไซม์ neutral endoproteases พบว่า ที่ระดับการย่อย 5.4% ทำให้ความสามารถในการละลายสูงถึง 55.2% ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ acid endoprotease สูงขึ้น การย่อยด้วยเอนไซม์ neutral endoproteases (31-89%) ทำให้คอลลอยด์จะมีความคงตัวสูงกว่าเทียบกับเอนไซม์ acid endoprotease (20-75%) ความสามารถในการเกิดโฟม การเกิดเจล และความสามารถในการอุ้มน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระดับการย่อยถึง 1.5% และ 1.9% สำหรับการย่อยด้วยเอนไซม์ neutral endoproteases และเอนไซม์ acid endoprotease ตามลำดับ

3. เครื่องดื่มให้พลังงาน (energy drink)

เครื่องดื่มให้พลังงาน (energy drink) หรือเครื่องดื่มชูกำลังเป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม (non-alcohol beverage) มีวัตถุประสงค์ในการบริโภคเพื่อเพิ่มพลังงาน ความแข็งแรง และเพิ่มประสิทธิภาพหลังการออกกำลังกายจัดเป็นเครื่องดื่มฟังก์ชันนัล (functional drink) ที่มีลักษณะระหว่างเครื่องดื่มชดเชยเกลือแร่และพลังงาน (sport drink) และเครื่องดื่มโภชนเภสัช (neutraceutical drink) (Al-Shaare et al., 2017; Heckman et al., 2010) เครื่องดื่มให้พลังงานในตลาดโลกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่ม non-organic กลุ่ม organic และกลุ่ม natural โดยที่กลุ่ม non-organic มีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม organic และกลุ่ม natural ตามลำดับ (Anonymous, 2017)

3.1 ตลาดเครื่องดื่มให้พลังงาน

เครื่องดื่มให้พลังงานเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1960 ในเขตทวีปยุโรปและเอเชียเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้านการเพิ่มพลังงานในลักษณะของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (dietary supplements) ต่อมาปี ค.ศ. 1997 เครื่องดื่มให้พลังงานได้เป็นที่รู้จักและแพร่หลายในทวีปอเมริกา เครื่องดื่มให้พลังงานในยุคแรกผลิตเพื่อรักษาสมดุลของพลังงานในร่างกายและลดความเมื่อยล้าของร่างกายและสมอง ข้อมูลจากปี ค.ศ. 2008 พบว่าตลาดของเครื่องดื่มให้พลังงานมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ส่วนแบ่งการตลาดของเครื่องดื่มให้กำลังในประเทศอเมริกามีมากที่สุด คือ 63% รองลงมา คือ เครื่องดื่มชดเชยเกลือแร่และพลังงาน (sport drink) และเครื่องดื่มโภชนเภสัช (neutraceutical drink) ตามลำดับ (Datamonitor, 2008) ข้อมูลการสำรวจตลาดโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2014-ปัจจุบัน พบว่าเครื่องดื่มให้พลังงานมียอดขายสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและคาดว่าจะมีการเติบโตได้อีกในอนาคต (พยากรณ์ถึงปี ค.ศ. 2025) อย่างไรก็ตามสถานการณ์ของเครื่องดื่มให้พลังงานของประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเรื่องภาษีน้ำตาลซึ่งมีผลบังคับใช้มาตั้งแต่เดือนกันยายน 2560 ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อตลาดเครื่องดื่มให้พลังงาน ดังนั้นการให้แหล่งพลังงานที่ไม่ใช้น้ำตาลทรายจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าจะช่วยเพิ่มอัตราการเติบโตให้แก่เครื่องดื่มประเภทนี้ได้ นอกจากนี้การออกแบบลักษณะของเครื่องดื่มให้พลังงานเพื่อตอบสนองกับสไตล์การใช้ชีวิตของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายแต่ละกลุ่ม เช่น การเติมสารอาหารหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีผลต่อการทำงานของร่างกายและสมอง เป็นต้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น

ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายแรกของเครื่องดื่มให้พลังงาน คือ นักกีฬา เมื่อตลาดของเครื่องดื่มประเภทนี้เติบโตขึ้นได้ขยายฐานผู้บริโภคเป็นกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงานซึ่งอยู่ในช่วงอายุ 18-34 ปีเป็นช่วงวัยที่เปิดรับสื่อโฆษณาของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้ดี นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่ากลุ่มวัยเรียนมีการบริโภคเครื่องดื่มให้พลังงานในช่วงเวลาอดนอน (Heckman et al., 2010) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานเพื่อตอบสนองผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มมากยิ่งขึ้น เช่น กลุ่มนักกีฬาและกลุ่มคนออกกำลังกายซึ่งให้ความสำคัญกับเพิ่มประสิทธิภาพของร่างกาย การชดเชยพลังงาน น้ำและเกลือแร่ที่สูญเสียไปและการสร้างกล้ามเนื้อ กลุ่มผู้หญิงซึ่งเน้นการรักษาสุขภาพและรูปร่าง ทำให้เครื่องดื่มให้พลังงานแต่ละผลิตภัณฑ์มีลักษณะโดดเด่นในรูปแบบที่ต่างกัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2 องค์ประกอบของเครื่องดื่มที่ให้พลังงานและผลต่อร่างกาย

เครื่องดื่มให้พลังงานมักมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำ น้ำตาล และสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ต่างๆ ได้แก่ คาเฟอีน (caffeine) ทอรีน (taurine) กัวรานา (guarana) โสม (ginseng) เยอบามาเต (yerba mate) แอล-คาร์นิทีน (L-carnitine) ดี-กลูคูโรโนแลคโตน (D-glucuronolactone) และอิโนซิทอล (inositol) วิตามินและเกลือแร่ การบริโภคเครื่องดื่มให้พลังงานเพื่อวัตถุประสงค์หลักคือ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและกระบวนการคิดหรือกระตุ้นการทำงานของสมอง อย่างไรก็ตามการบริโภคเครื่องดื่มให้พลังงานอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ โรคอ้วน และโรคเบาหวานได้ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำตาลและคาเฟอีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในเครื่องดื่ม (Al-Shaare et al., 2017)

น้ำตาล เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน โดยทั่วไปน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักในเครื่องดื่มให้พลังงานเพราะสามารถให้พลังงานได้อย่างรวดเร็วและมีราคาถูก

คาเฟอีน (caffeine) เป็นสารประกอบอัลคาลอยด์ (alkaloid) ที่มักพบในอาหาร ได้แก่ กาแฟ ชาและเครื่องดื่มที่ไม่ผสมแอลกอฮอล์ (soft drink) เป็นต้น มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของสมองและระบบประสาทส่วนกลาง กลไกการออกฤทธิ์ของคาเฟอีนคือ ตัวยับยั้งกิจกรรมของตัวรับ adenosine (adenosine receptor blocker) ที่อยู่บริเวณสมอง (Dunwiddie and Mansino, 2001; Pettenuzzo et al., 2008) การยับยั้งตัวรับ adenosine เป็นการหยุดการส่งเสริมการนอนหลับ (sleep promoting effect) ส่งผลให้เพิ่มความกระฉับกระเฉงให้แก่ร่างกาย (Ferre, 2008) นอกจากนี้คาเฟอีนยังเพิ่มการหลั่งของสารสื่อประสาท epinephrine ซึ่งเป็นนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสารเมตาบอไลซ์ที่ส่งเสริมประสิทธิภาพของร่างกายและจิตใจ การบริโภคคาเฟอีนสามารถเพิ่มการใช้พลังงานของร่างกาย (Smit and Roger, 2002) ปริมาณในการบริโภคคาเฟอีนไม่ควรเกิน 400 มิลลิกรัมต่อวันหรือเทียบเท่า 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน สำหรับคนน้ำหนัก 65 กิโลกรัม (Nawrot et al., 2003) ปริมาณคาเฟอีนในเครื่องดื่มให้พลังงานอยู่ในช่วง 80-140 มิลลิกรัมต่อ 8 ออนซ์ซึ่งน้อยกว่า 400 มิลลิกรัมต่อวัน (Malinauskas et al., 2007) อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงหน่วยการบริโภคด้วย ข้อเสียของคาเฟอีนคือ ทำให้เกิดอาการอดนอน การได้รับคาเฟอีนในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลให้การทำงานของระบบประสาทผิดปกติและยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเลือดและโรคระบบทางเดินอาหาร (Heckman et al., 2010)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ทอรีน (taurine) หรือ 2-aminoethyl sulfonic acid เป็นกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ พบได้ร่างกายบริเวณเรตินา เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle tissue) และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle tissue) ทอรีนเกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน methionine และ cysteine (Huxtable,1992; Stipanak, 2004) ทอรีนเป็นกรดอะมิโนที่เติมลงในเครื่องดื่มให้พลังงานในช่วง ค.ศ. 2004-2008 แต่มีแนวโน้มการใช้ทอรีนลดลงซึ่งอาจจะเกิดจากผู้ผลิตต้องการลดต้นทุนหรือมีตัวเลือกที่ใช้เป็นส่วนผสมชนิดอื่นๆ ทอรีนมีบทบาทในการเป็นสารปรับกระแสประสาท (neuronmodulator) การปรับระดับแคลเซียมภายในเซลล์ เพิ่มความอดทนของร่างกาย (endurance performance) และการสร้างกรดแลคติกซึ่งสามารถเกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย ทอรีนสังเคราะห์ที่พบในเครื่องดื่มให้พลังงานมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 3,180 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือเทียบเท่า 735 มิลลิกรัมต่อ 8 ออนซ์ อย่างไรก็ตามไม่มีการรายงานผลเสียจากการใช้ทอรีนในปริมาณ 375-8,000 มิลลิกรัมต่อวัน (Heckman et al., 2010)

กัวรานา (guarana) ได้มาจากพืช *Paullinia cupana* ที่มีแหล่งกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ เมล็ดของกัวรานา 1 กรัมมีคาเฟอีนอยู่ประมาณ 40 มิลลิกรัม (Finnegan, 2003) กัวรานาได้รับความนิยมในการนำมาเป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มให้พลังงานเมื่อไม่นานมานี้ คาเฟอีนในกัวรานาถูกปลดปล่อยออกมามีอัตราช้ากว่าการปลดปล่อยคาเฟอีนบริสุทธิ์ส่งผลให้ออกฤทธิ์ได้นาน (Scholey and Haskell, 2008) นอกจากนี้กัวรานายังประกอบด้วยสารออกฤทธิ์อื่นๆ ได้แก่ ซาพอนิน (saponins) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และแทนนิน (tannins) กัวรานามีผลต่อการช่วยเรื่องความจำ ความเหนื่อยล้าทางจิตใจและอารมณ์ เพิ่มการเผาผลาญไขมัน (Heckman et al., 2010) งานวิจัยรายงานว่าไม่พบผลเสียของกัวรานาจากการบริโภคในปริมาณมาก (acute high dosage) และการบริโภคปริมาณน้อยแต่ต่อเนื่อง (chronic lower dosage) (Mattei et al., 1998)

โสม (Ginseng) หรือ *Panax Ginseng* เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันมายาวนานในเขตประเทศเอเชียตะวันออก ได้แก่ จีน ญี่ปุ่นและเกาหลีเพื่อใช้ทำยารักษาและยาอายุวรรณ โสมมีผลดีต่อสุขภาพ คือ เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค (immune stimulant) ส่งเสริมสภาพร่างกายและจิตใจ มีสรรพคุณในการลดความเครียด ชะลอความชราภาพ ต่อต้านการอักเสบ (Coon and Ernest, 2002; Lu et al., 2009) ซึ่งเป็นผลมาจากสาร ginsenosides ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญของโสม (Okazaki et al., 2006; Lu et al., 2009) สาร ginsenosides มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระ radical oxygen species และ nitric oxide ส่งเสริมการทำงานของระบบประสาท และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เยอบา มาเต (yerba mate) ได้มาจากพืช *Ilex paraguariensis* ซึ่งเป็นพืชในแถบอเมริกาใต้ที่นำทำชาเยอบา มาเต สารประกอบทางชีวภาพที่พบในเยอบา มาเต ได้แก่ พอลิฟีนอล (polyphenols) แซนทีน (xanthines) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซาพอนิน (saponins) กรดอะมิโน วิตามินและเกลือแร่ (Heck and de Mejia, 2007) เยอบา มาเตมีฤทธิ์ในการต่อต้านการอักเสบ ยับยั้งโรคความเบาหวาน ยับยั้งโรคอ้วนและยับยั้งการเกิดภาวะ oxidative stress อันเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคเรื้อรัง นอกจากนี้เยอบา มาเตยังเป็นตัวกระตุ้นประสาทส่วนกลางซึ่งเกิดจากคาเฟอีนที่เป็นองค์ประกอบจึงได้มีการใช้เยอบา มาเตมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

1.1 ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ ซื้อมาจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรทำนาหนองสาหร่าย จังหวัดกาญจนบุรี

1.2 เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (EC 3.2.1.1)

1.3 เอนไซม์กลูโคอะไมเลส (EC 3.2.1.3)

1.4 โปรตีนข้าว (Rice protein)

1.5 โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein)

1.6 ผงกรดซิตริก (citric acid)

1.7 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose: CMC)

1.8 แซนแทน (xanthan)

1.9 เพคติน (pectin)

1.10 ซูคราโลส (Sucralose)

1.11 สารแต่งกลิ่นรสสตรอเบอร์รี่

2. สารเคมี

2.1 เอทานอล (Ethanol)

2.2 ฟีนอล (Phenol)

2.3 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)

2.4 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS)

2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ยี่ห้อ Pine chemical

2.6 น้ำกลั่น (Distilled water)

2.7 Folin-Ciocalteu reagent

2.8 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)

2.9 กรดแกลลิค (Gallic acid)

2.10 กรดบอริก (boric acid)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.11 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid)

2.12 คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate)

2.13 โปแตสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate)

2.14 โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)

2.15 เมทิลเรด (methyl red)

2.16 โบรโมครีซอล กรีน (bromocresol)

3. วัสดุอุปกรณ์

3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับวิธีการทดลอง

3.1.1 กล่องพลาสติกใสขนาด 24 x 19 x 8.5 เซนติเมตร พร้อมบุด้วยกระดาษทิชชู

3.1.2 เครื่องปั่นละเอียด

3.1.3 เครื่องเหวี่ยงแยก

3.1.4 ตะแกรงร่อน (laboratory test sieve) ขนาด 60 mesh

3.1.5 อุปกรณ์เครื่องครัวสแตนเลสสตีล

3.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับวิธีการวิเคราะห์

3.2.1 เครื่องวัดสี ระบบ CIE (CR-10, Minolta, Japan)

3.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (precisa รุ่น 205a)

3.2.3 กระจกนาฬิกา

3.2.4 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

3.2.5 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.2.6 เครื่องสเปกโตรโฟโตรมิเตอร์

3.2.7 อุปกรณ์เครื่องแก้วทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4 วิธีการ

4.1 การศึกษาสภาวะในการเพาะงอกผลต่อปริมาณสารอาหารหลักและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกระบวนการเพาะงอก

4.1.1 การคัดเลือกข้าวเปลือก

ทำการคัดเลือกข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่เต็มเมล็ด ไม่มีการถูกกินจากแมลง ไม่มีเชื้อรา ไม่มีการเน่าเสีย แล้วนำข้าวเปลือกไปแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง นำเมล็ดข้าวที่ลอยน้ำออก แล้วทำการล้างน้ำอีก 1 ครั้ง ทำการสะเด็ด และผึ่งให้แห้ง

4.1.2 การหาเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก

ทำการศึกษาด้วยการนำข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ทำการผ่านการคัดเลือกแล้วมาเพาะงอกโดยใช้กล่องพลาสติกใส 24 x 19 x 8.5 เซนติเมตร ที่มีฝาปิดและรองพื้นกล่องด้วยกระดาษทิชชูสีขาว จำนวน 2-3 ชั้น ขึ้นอยู่กับความหนาของกระดาษทิชชู จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งกระดาษทิชชูเปียกชุ่มน้ำ จากนั้นโรยข้าวเปลือก 100 เมล็ด โดยไม่ให้มีการซ้อนทับกันและปิดฝากล่อง เก็บไว้ในบริเวณที่แสงแดดส่องถึงเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการนับจำนวนเมล็ดขาวที่มีรากออกมา คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกตามสมการด้านล่าง หากเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 80% แสดงว่าสามารถนำข้าวเปลือกไปทำการเพาะงอกต่อไปได้

สมการหาเปอร์เซ็นต์การงอก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดข้าวที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดข้าวทั้งหมด}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2 การศึกษาระยะเวลาในการเพาะงอกต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญ

4.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำข้าวเปลือกไปแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการล้างน้ำอีก 1 ครั้ง จากนั้นเตรียมข้าวเปลือกหลังแช่น้ำที่ผ่านการสะเด็ดน้ำแล้วโดยให้มีอัตราส่วนของข้าวเปลือกต่อน้ำ 1:3 นำข้าวไปเพาะงอกในกล่องพลาสติกใส ขนาด 24 x 19 x 8.5 เซนติเมตร ใส่ข้าวเปลือกให้สูงจากพื้นกล่องประมาณ 1 เซนติเมตร ของความสูงกล่อง นำไปวางในที่ที่แดดส่องถึงเป็นเวลา 3 4 และ 5 วัน จากนั้นนำข้าวเปลือกเพาะงอกไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 วันหรือจนกระทั่งข้าวเปลือกมีความชื้นไม่เกิน 14 % เมื่อข้าวเปลือกแห้งดีแล้วให้ทำการสี จากนั้นนำเมล็ดข้าวเพาะงอกที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญ

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของอาหารโดยประมาณ (Proximate analysis)

2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) โดยวิธี Phenol sulfuric acid

3) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดยวิธี DNS Method

4) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent

5) การวิเคราะห์ปริมาณสาร gamma-aminobutyric acid โดยเทคนิค HPLC

4.3 การศึกษาระยะเวลาในการบ่มของเอนไซม์ต่อปริมาณกลูโคสในสารสกัดข้าว

4.3.1 การผลิตน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกมาปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงร่อน (laboratory test sieve) ขนาด 80 mesh จากนั้นทำการศึกษาปริมาณเอนไซม์ที่ระดับต่าง ๆ โดยทำการเตรียมสารละลายน้ำแป้งข้าวที่ความเข้มข้น 100 g/L ที่ pH 5.5 ปริมาตร 100 ml จากนั้นเจลาติไนซ์โดยนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมเอนไซม์อะไมเลสที่สภาวะ pH 5.5 ในปริมาณ 1.12 units เขย่าให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิ 90-95^{O}C เป็นเวลา 120 นาที เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 30 60 90 และ 120 นาที แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใส จากนั้นเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ปรับสภาวะให้ได้ pH 5.5 ในปริมาณ 4.5 units ผสมให้เข้ากันบ่มที่ อุณหภูมิ 60-65^{O}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสมาวิเคราะห์ต่อไป

4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญ

1) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) โดยวิธี Phenol sulfuric acid
2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดยวิธี DNS Method

4.4 การศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการผสมโปรตีนข้าวในสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

4.4.1 การเตรียมสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เพาะเป็นเวลา 4 วัน มาปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 80 Meshจากนั้นเตรียมสารละลายน้ำแป้งข้าวที่ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร (pH 5.5) ทำเจลาติไนซ์โดยนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสที่สภาวะ pH 5.5 ในปริมาณ 1.12 ยูนิต เขย่าให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิ 90-95^{O}C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใส จากนั้นเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ปรับสภาวะให้ได้ pH 5.5 ในปริมาณ 4.5 ยูนิต ผสมให้เข้ากันบ่มที่ อุณหภูมิ 60-65^{O}C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25^{O}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใส เก็บน้ำสกัดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และนำไปทดสอบการละลายของโปรตีนข้าวต่อไป

4.4.2 การทดสอบการละลายของโปรตีนข้าว

วิธี 1 การปรับค่า pH วิธีการนี้ดัดแปลงจาก Jongjareonrak et. al. (2015) โดยนำน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาทำการปรับค่า pH เพื่อทำให้น้ำสกัดข้าวมีค่า pH เท่ากับ 2 3 และ 4.2 โดยทำการกรดซิตริก 2% 0.25% และ 0.04% ตามลำดับ จากนั้นเติมผงโปรตีนข้าว 1% ทำการโฮโมจีไนส์ 5 นาที เหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ ความเร็วรอบ 7000 rpm 15 นาที และกรอง จากนั้นเก็บสารละลายที่ผ่านการกรองไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

วิธี 2 การผสมระหว่างโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลือง (rice protein – soy protein composite) วิธีการนี้ดัดแปลงจาก Wang et al. (2018) ผสมโปรตีนถั่วเหลืองกับโปรตีนข้าวในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ โปรตีนข้าว: โปรตีนถั่วเหลือง เท่ากับ 1:0.1 1:0.5 1:1 และ 1:2 เติมน้ำเพื่อเตรียมสารผสมและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับค่า pH ให้ได้เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH คนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรับค่า pH ของสารผสมให้ได้ pH 7 ด้วย 0.1 M HCl นำสารผสมไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 7000 rpm 10 นาที จากนั้นกรองและเก็บสารละลายที่ผ่านการกรองไปทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนต่อไป

วิธี 3 การปรับ pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม นำน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตรมาปรับ pH ให้ได้เท่ากับ 2 ด้วยกรดซิตริก จากนั้นทำการใส่โปรตีนข้าว 3% และ 4% บ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เทลงภาชนะสำหรับทำการผสมด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์ เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ผสมในอัตราส่วนดังนี้ xanthan : CMC เท่ากับ 1:1 และ 1:2 และเติมลงไปสารผสมปริมาณ 0.4% และ 0.6% ทำการโฮโมจิไนซ์เป็นเวลา 3 นาที ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที บรรจุขณะร้อนและทำให้เย็นทันที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

4.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวที่ได้จากข้อ 4.5 มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา ข้อมูลในแบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน เป็นต้น

ส่วนที่ 2 การทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธีการทดสอบที่ใช้คือ 9-point hedonic scale ระดับคะแนนของการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ 1 คือ ไม่ยอมรับมากที่สุด 2 คือ ไม่ยอมรับมาก 3 คือ ไม่ยอมรับปานกลาง 4 คือ ไม่ยอมรับเล็กน้อย 5 คือ เฉยๆ 6 คือ ยอมรับเล็กน้อย 7 คือ ยอมรับปานกลาง 8 คือ ยอมรับมาก 9 คือ ยอมรับมากที่สุด

ส่วนที่ 3 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นแบะข้อเสนอแนะของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะรายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ±ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อ 95 % สำหรับการทดสอบการยอมรับจะนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์โดยใช้การแจกแจงความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) และค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ±ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4
ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวไรซ์เบอร์รี่

ทำการคัดเลือกข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่เต็มเมล็ด ไม่มีการถูกกินจากแมลง ไม่มีเชื้อรา ไม่มีการเน่าเสีย แล้วนำข้าวเปลือกไปแช่น้ำ เป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง นำเอาเมล็ดที่ลอยน้ำออก แล้วทำการล้างน้ำอีกครั้ง ทำการสะเด็ดน้ำ และผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการแช่น้ำมาเพาะงอกในกล่องพลาสติกใสขนาด 24x19x8.5 เซนติเมตร ที่รองพื้นกล่องด้วยกระดาษชำระ 2-3 แผ่น และมีฝาปิด เติมน้ำกลั่นจนกระทั่งกระดาษชำระเปียกชุ่ม ต่อจากนั้นนำเมล็ดข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 100 เมล็ด มาวางเรียงโดยไม่ให้มีการซ้อนทับกัน ปิดฝากล่องและเก็บไว้ในบริเวณที่แสงแดดส่องถึง เป็นเวลา 3 วัน ทำการนับเมล็ดข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่มีออกราก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ในวันเริ่มทำการเพาะงอกและที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 3 วัน แสดงดังภาพที่ 1 จากผลการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ทำการเพาะงอกมีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย เท่ากับ 81.33% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่มีความสมบูรณ์ดี เนื่องจากมีค่ามากกว่า 80% โดยลักษณะของข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกแบบแช่ไต้น้ำแสดงดังภาพที่ 2 ดังนั้นจึงสามารถนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปใช้ในการเพาะงอกเพื่อการศึกษาต่อไปได้

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกวันที่ 0 (ก) และวันที่ 3 (ข)
ใช้เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2. ผลของระยะเวลาในการเพาะงอกต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

เมื่อได้ข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกแล้ว (ภาพที่ 2) จากนั้นนำไปทำแห้งจนกระทั่งข้าวเปลือกงอกมีความชื้นไม่เกิน 7% แล้วนำไปสี (ภาพที่ 3) บดให้เป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh เพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสารสำคัญต่อไป

ภาพที่ 2 ลักษณะของข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 2 วัน (ก) 3 วัน (ข) และ 4 วัน (ค)

ภาพที่ 3 การสีข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่งอก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

การวิเคราะห์สารอาหารหลักของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกเป็นระยะเวลา 2 3 และ 4 วัน ทำโดยวิธี proximate analysis ซึ่งอ้างอิงจาก AOAC (2002) ปริมาณความชื้นของข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอกในระยะเวลา 2-4 วันมีปริมาณน้อยกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ได้ผ่านการเพาะงอกโดยมีน้อยกว่าเกือบถึง 2 เท่า ขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ได้จากการคำนวณ) มากกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการเพาะงอก สำหรับปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารหลักของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน

องค์ประกอบหลัก	ระยะเวลาในการเพาะงอก (วัน)			
	0	2	3	4
ความชื้น (%)	11.16±0.30^{a}	5.89±0.05^{b}	5.41±0.13^{b}	6.37±0.06^{b}
โปรตีน (%)	6.99±0.00^{a}	6.96±0.29^{a}	6.99±0.46^{a}	7.07±0.45^{a}
ไขมัน (%)	5.34±0.76^{a}	5.75±0.31^{a}	5.14±1.75^{a}	4.81±0.97^{a}
เถ้า (%)	1.37±0.02^{a}	1.34±0.03^{a}	1.21±0.14^{a}	1.28±0.01^{a}
คาร์โบไฮเดรต (%)	75.13±1.08^{b}	80.05±0.05^{a}	81.25±1.29^{a}	80.48±1.49^{a}
เส้นใยหยาบ (%)	0.39±0.20^{a}	0.17±0.00^{a}	0.24±0.22^{a}	0.14±0.01^{a}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร a-b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลมอลโทสในข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเพาะงอกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ขณะที่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลกลูโคส ในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก สำหรับน้ำตาลมอลโทสตรวจพบเฉพาะในข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการงอก ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 657.0-892.2 มก./100 ก. โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก 4 วันและข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการเพาะงอกมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด จากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอก 4 วันและข้าวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ซึ่งค่อนข้างมีความขัดแย้งทั้งนี้อาจเป็นผลขององค์ประกอบอื่นๆ ที่สามารถมีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดได้ เช่น สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น ขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการงอก 2 วันมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กลูโคสพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 578.5-754.1 มก./100 ก. และ 383.7-413.8 มก./100 ก. อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพาะงอกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน

ปริมาณน้ำตาล (มก./100 ก.)	ระยะเวลาในการเพาะงอก (วัน)			
	0	2	3	4
น้ำตาลทั้งหมด	892.6±36.3^{a}	657.0±62.^{b}	763.6±52.8^{ab}	889.7±75.7^{a}
น้ำตาลรีดิวซ์	578.5±16.4^{a}	614.0±63.6^{a}	658.8±82.2^{a}	754.1±88.7^{a}
กลูโคส	383.7±5.0^{a}	397.5±12.7^{a}	406.0±23.3^{a}	413.8±32.9^{a}
มอลโทส	468.9±1.4^{a}	nd	nd	nd

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan
nd: not detectable

ตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน

ปริมาณน้ำตาล (มก./100 ก.)	ระยะเวลาในการเพาะงอก (วัน)			
	0	2	3	4
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	192.9±19.4^{a}	174.1±14.5^{ab}	155.8±18.3^{bc}	141.8±5.8^{c}
สารประกอบแอนโทไซยานินทั้งหมด	126.1±11.1^{a}	53.2±14.3^{c}	87.1±3.4^{c}	70.1±7.3^{bc}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอกวิเคราะห์โดยวิธี Folin Ciocalteu's reagent และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ใช้เวลาเพาะงอก 0-4 วัน แสดงในตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบทั้งสองชนิดแสดงถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่าง จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเพาะงอกส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซ-

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ยานินทั้งหมดในข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อระยะเวลาในการเพาะงอกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ดังจะเห็นว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการงอกมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 2 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ซึ่งอาจจะเกิดจากการสูญเสียสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่ละลายในน้ำได้ โดยในสภาวะการเพาะงอกแบบใต้น้ำ (anaerobic germination) สารนี้น่าจะออกจากเมล็ดข้าวไปอยู่ในส่วนของน้ำที่แช่ได้

ตารางที่ 4 ปริมาณ gamma-aminobutaric acid (GABA) ของข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ผ่านการเพาะงอกในเวลาที่ต่างกัน

ระยะเวลาในการเพาะงอก (วัน)	ปริมาณ GABA (มก./100 ก.)
0	8.6 ± 0.1^{d}
2	18.8 ± 0.2^{b}
3	14.0 ± 0.0^{c}
4	20.8 ± 0.3^{a}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร a-d แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวตั้ง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

สำหรับปริมาณ GABA ในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกแสดงในตารางที่ 4 สาร GABA เป็นสารสื่อประสาทและเมื่อบริโภคเข้าไปจะช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทและสมองให้ทำงานได้ดีขึ้น จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณ GABA ในข้าวไรซ์เบอร์รี่ขึ้นกับระยะเวลาในการเพาะงอก โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเพาะงอกเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นด้วย โดยปริมาณ GABA ที่พบในข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกอยู่ในช่วง 18.8-20.8 มก./100 ก. ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกจะมีปริมาณ GABA มากกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการงอกมากกว่า

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้โดยเฉพาะปริมาณน้ำตาลและปริมาณ GABA จึงได้ทำการคัดเลือกข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 4 วัน เพื่อใช้ในการศึกษาลำดับต่อไป

3. ผลของระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

การศึกษานี้นำเอาข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกเป็นเวลา 4 วัน ซึ่งคัดเลือกจากผลการทดลองข้อ 2 นำข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกดังกล่าวไปทำการบดละเอียดและเติมน้ำโดยให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 100 กรัมต่อลิตร จากนั้นเจลาติไนซ์โดยนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาทีเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในปริมาณ 1.12 ยูนิต ที่สภาวะ pH 5.5 เขย่าบ่มที่อุณหภูมิ 90-95^{o}C เป็นเวลา 30-120 นาที แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกและเก็บส่วนใส จากนั้นเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ปรับสภาวะให้ได้ pH 5.5 ในปริมาณ 4.5 ยูนิต ผสมให้เข้ากันบ่มที่ อุณหภูมิ 60-65^{o}C เป็นเวลา 12-48 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงแยก มาปั่นเหวี่ยงแยกและเก็บส่วนใสหรือน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก ดังแสดงในภาพที่ 4 จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลมอลโทส และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ภาพที่ 4 ตัวอย่างน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลส

การเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสลงในระหว่างการผลิตน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกจะเป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนโมเลกุลของสตาร์ชจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกให้เป็นน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้เป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว โดยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสทำหน้าที่ย่อยพันธะไกลโคไซด์ภายในสายโพลีเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ชที่ตำแหน่ง α,1-4 แบบสุ่ม จึงทำให้มีโมเลกุลของสตาร์ชมีขนาดเล็กลงและเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาลโอลิโกแซคคาร์ไรด์ และน้ำตาลไดแซคคาร์ไรด์ จากนั้นเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจะทำหน้าที่ในการย่อยผลิตภัณฑ์ข้างต้นต่อไปจนได้เป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลกลูโคสจะทำให้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ผลิตภัณฑ์มีรสชาติหวานตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามระดับความหวานของน้ำตาลกลูโคสจะน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส โดยน้ำตาลซูโครสมีค่า relative sweetness เท่ากับ 1 ขณะที่น้ำตาลกลูโคสมีค่า relative sweetness เท่ากับ 0.59

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric acid และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี DNS น้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกหลังผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาแตกต่างกันมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แสดงดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาที่บ่มด้วยอะไมเลส (นาที)	ระยะเวลาที่บ่มด้วยกลูโคอะไมเลส (ชั่วโมง)			
	12	24	36	48
30	$41.2\pm8.1^{B,a}$	$43.9\pm6.7^{B,a}$	$37.4\pm7.8^{B,a}$	$48.7\pm8.1^{B,a}$
60	$47.3\pm10.1^{B,a}$	$37.2\pm10.1^{B,ab}$	$34.1\pm7.1^{B,b}$	$47.0\pm7.1^{B,a}$
90	$66.1\pm4.7^{A,a}$	$55.2\pm1.5^{A,b}$	$51.5\pm2.4^{A,c}$	$58.6\pm1.9^{A,b}$
120	$35.9\pm3.1^{C,a}$	$32.4\pm3.8^{BC,a}$	$36.4\pm3.8^{B,a}$	$35.5\pm3.2^{C,a}$

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร A-C แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวตั้ง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเป็นเวลา 90 นาที จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าระยะเวลาการบ่มอื่นๆ (30 60 และ 120 นาที) ในทุกระยะการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (12 24 36 และ 48 ชั่วโมง) ขณะที่การบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเป็นเวลา 120 นาที ในทุกระยะการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสมีระดับน้ำตาลทั้งหมดต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการบ่มด้วยเอนไซม์ดังกล่าวในระยะเวลาอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมงจะทำให้ได้น้ำตาลทั้งหมดในปริมาณที่สูงกว่าการใช้ระยะเวลาบ่มที่ 36 ชั่วโมง

ยกเว้นการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสที่ระยะเวลา 60 นาที พบว่าเมื่อบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 48 ชั่วโมงจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกับการบ่มด้วยเอนไซม์ดังกล่าวที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แสดงดังตารางที่ 6 น้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 60 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมงทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด น้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 60 นาทีร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมงทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด จากการทดลองพบว่า น้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่บ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสที่ระยะเวลา 30 และ 60 นาทีในทุกระยะเวลาของการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส จะส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในปริมาณที่สูงกว่าสภาวะอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไม-เลสเป็นระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมงจะทำให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ปริมาณมากกว่าการบ่มที่ระยะเวลา 36 และ 48 ชั่วโมง ยกเว้นสภาวะการบ่มด้วยแอลฟา-อะไมเลสที่ระยะเวลา 90 นาทีพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีมากเมื่อบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาที่บ่มด้วยอะไมเลส (นาที)	ระยะเวลาที่บ่มด้วยกลูโคอะไมเลส (ชั่วโมง)			
	12	24	36	48
30	$29.7\pm0.1^{B,b}$	$30.5\pm3.6^{A,a}$	$26.2\pm1.7^{B,b}$	$26.1\pm2.2^{A,b}$
60	$32.8\pm2.2^{A,a}$	$28.7\pm1.2^{A,b}$	$29.1\pm1.6^{A,b}$	$17.4\pm1.4^{B,c}$
90	$21.2\pm1.1^{D,a}$	$17.9\pm1.0^{B,b}$	$18.1\pm0.1^{C,b}$	$23.2\pm2.6^{A,a}$
120	$24.3\pm0.9^{C,a}$	$19.0\pm0.5^{B,b}$	$17.5\pm0.3^{C,b}$	$17.9\pm4.2^{B,b}$

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร A-D แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวตั้ง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

นอกจากนี้ระยะเวลาการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและกลูโคอะไมเลสมีผลต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลมอลโทสของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7) และยังพบว่าไม่พบน้ำตาลมอลโทสในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเมื่อมีการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสโดยใช้เวลา 90 นาทีร่วมกับการใช้ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมงสำหรับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส สารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 30 นาทีร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมงทำให้ได้ปริมาณกลูโคสในปริมาณมาก และไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 60 นาทีร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างที่ใช้ระยะเวลาการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสมากกว่าในทุกระยะเวลาที่บ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยลง

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลมอลโทส (กรัมต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาที่บ่มด้วยอะไมเลส (นาที)	ระยะเวลาที่บ่มด้วยกลูโคอะไมเลส (ชั่วโมง)	
	12	24
	น้ำตาลกลูโคส	
30	$11.1\pm0.1^{A,a}$	$7.5\pm0.2^{A,b}$
60	$10.6\pm0.1^{A,a}$	$8.0\pm0.1^{A,b}$
90	$9.3\pm0.1^{A,a}$	$7.7\pm0.0^{A,b}$
	น้ำตาลมอลโทส	
30	$3.6\pm0.1^{A,a}$	$3.8\pm0.2^{A,a}$
60	$4.3\pm0.1^{A,a}$	$3.8\pm0.2^{A,a}$
90	nd	nd

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร A-D แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวตั้ง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูงสามารถแสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงของตัวอย่างได้ จากผลการทดลองพบว่า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงเมื่อทำการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาทีและบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามถ้าทำการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเป็นเวลา 120 นาทีจะมีระดับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงเมื่อทำการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกับกรดแกลลิคต่อลิตร) ของน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่ได้จากการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาที่บ่มด้วย	ระยะเวลาที่บ่มด้วยกลูโคอะไมเลส (ชั่วโมง)			
อะไมเลส (นาที)	12	24	36	48
30	$22.5\pm0.2^{A,a}$	$20.3\pm0.3^{A,b}$	$19.7\pm0.2^{A,c}$	$19.0\pm0.2^{B,c}$
60	$20.9\pm0.3^{B,a}$	$19.6\pm0.3^{B,b}$	$19.4\pm0.2^{B,b}$	$19.2\pm0.3^{B,c}$
90	$20.7\pm0.2^{B,a}$	$20.0\pm0.2^{A,b}$	$19.6\pm0.2^{A,c}$	$19.7\pm0.4^{A,bc}$
120	$19.6\pm0.2^{C,b}$	$20.1\pm0.3^{A,a}$	$19.8\pm0.2^{A,b}$	$19.7\pm0.2^{A,b}$

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร A-B แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวตั้ง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญต่างๆ ในน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลกลูโคสในปริมาณที่สูง นอกจากนี้น้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงอีกด้วย ทั้งนี้สภาวะการผลิตน้ำสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมต้องมีปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญในระดับสูงและใช้ระยะเวลาไม่นานเกินไปเพื่อลดต้นทุนการผลิตดังนั้นจึงเลือกสภาวะการบ่มด้วยเอนไซม์ทั้งสองชนิดเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานต่อไป

4. วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผสมโปรตีนข้าวในสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก

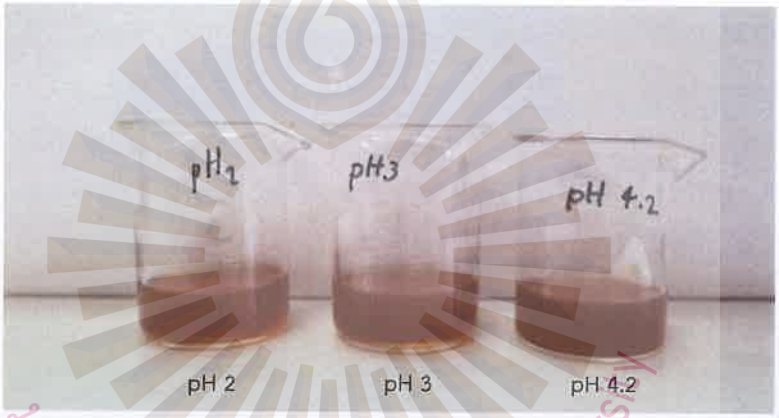
ปัจจุบันได้มีการใช้โปรตีนข้าวในผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และโปรตีนข้าวยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาการแพ้อาหารเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองหรือโปรตีนจากนม อย่างไรก็ตาม โปรตีนข้าวมีข้อจำกัดในเรื่องการละลายได้ (solubility) จึงเป็นอุปสรรคต่อการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะกลุ่มเครื่องดื่ม โดยข้อจำกัดนี้เป็นผลของโปรตีนกลูเตลิน (glotelins) ซึ่งเป็นโปรตีนเก็บสะสมที่พบมากที่สุดในข้าว คือมีประมาณ 70-80% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด นอกจากนี้ปัจจัยอื่น ๆ เช่น pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของเกลือ และค่า dielectric constant ของตัวทำละลาย ส่งผลต่อความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนข้าวได้เช่น เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนของโครงสร้างโปรตีนข้าว (Amagliani et al., 2017)

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบการละลายได้ของโปรตีนข้าว เมื่อนำโปรตีนข้าวมาใส่ในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกพบว่า โปรตีนข้าวเกิดการตกตะกอน (ภาพที่ 5) ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบการละลายโปรตีนข้าว 3 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 คือการปรับค่า pH ของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกก่อนเติมโปรตีนข้าว วิธีที่ 2 คือ การผสมระหว่างโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลือง (rice protein – soy protein composite) และวิธีที่ 3 คือ การปรับค่า pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม จากนั้นทำการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่างด้วยวิธี Kjeldahl

ภาพที่ 5 ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการเติมโปรตีนข้าว 1%

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

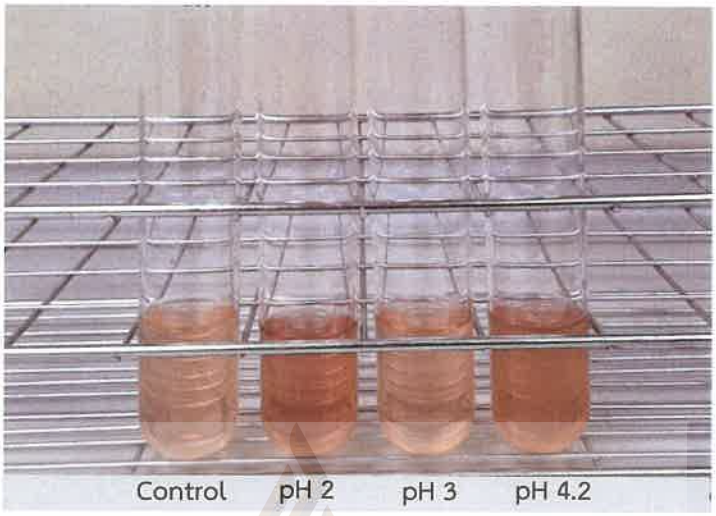
สำหรับวิธีที่ 1 เป็นการนำสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกมาปรับค่า pH ให้มีค่าเท่ากับ 2 3 และ 4.2 โดยการเติมกรดซิตริกปริมาณ 2% 0.25% และ 4% ตามลำดับ Wang et al. (1999) รายงานว่าโปรตีนข้าวสามารถละลายได้ที่ pH 2 6 8 10 และ 12 โดยมีค่าการละลายเท่ากับ 53% 62% 78% 82% และ 80% ตามลำดับ ขณะ Zhoa et al. (2012) พบว่าที่มีความสามารถในการละลายต่ำในช่วง pH 4-5 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมักจะมีค่า pH ในช่วง 2-4 (Reddy et al., 2016) ดังนั้นช่วง pH 2-4 จึงถูกเลือกเพื่อทดสอบ ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการปรับค่า pH แสดงดังภาพที่ 6 โปรตีนข้าวปริมาณ 1% ถูกเติมลงในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกหลังการปรับค่า pH พบว่าตัวอย่างมีสีส้มอิฐ ขุ่น และยังพบว่ามีโปรตีนข้าวบางส่วนตกตะกอนหลังจากที่ตั้งทิ้งไว้ (ภาพที่ 7) เมื่อนำตัวอย่างไปเหวี่ยงแยกและกรองจะได้ตัวอย่างที่มีความใส และสีไม่เปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 6 ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการปรับค่า pH

ภาพที่ 7 ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังจากที่ได้ปรับค่า pH แล้ว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



ภาพที่ 8 ลักษณะปรากฏของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังปรับค่า pH แล้วทำการเหวี่ยงแยกและกรองตะกอนออก

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณโปรตีนในตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังจากที่ปรับค่า pH แล้วทำการเหวี่ยงแยกและกรองตะกอน พบว่า ปริมาณโปรตีนมีอยู่ในช่วง 0.062 – 0.082% ซึ่งเป็นระดับที่น้อยมาก อาจเป็นไปได้ว่าโปรตีนไม่เกิดการละลายและถูกแยกออกหลังการเหวี่ยงแยกและกรอง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโปรตีนในตัวอย่างในแต่ละค่า pH ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 9 ปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมโปรตีนข้าว 1% หลังปรับค่า pH แล้วทำการเหวี่ยงแยกและกรองตะกอนออก

pH	ปริมาณโปรตีน (%)
2	0.069±0.005[a]
3	0.082±0.000[a]
4.2	0.074±0.012[a]
ควบคุม (ไม่ปรับ pH)	0.062±0.006[a]

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ

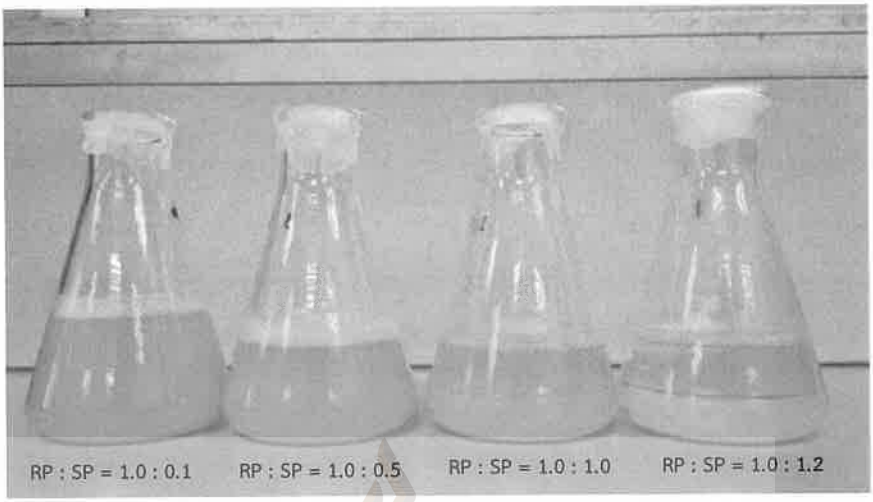
สำหรับวิธีที่ 2 เป็นการผสมระหว่างโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลือง (rice protein – soy protein composite) ร่วมกับการปรับค่า pH เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของโปรตีนและเพิ่มความสามารถในการละลายได้ กลไกการเกิด hydrophilic protein composite ที่เกิดที่ค่า pH 12 คือ โปรตีนข้าว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

และโปรตีนถั่วเหลืองจะคลายตัวและจับกัน เกิดเป็นโครงสร้างซับซ้อน และเมื่อปรับค่า pH มาที่ 7 จะเกิดการรวมตัวที่ดีขึ้น โครงสร้างที่มีลักษณะกลมและมีขนาดเล็กระดับนาโนเมตร ในสภาวะนี้จะเกิดคุณสมบัติ hydrophilic protein composites ทำให้มีความคงตัวในน้ำอันเนื่องมาจากการที่โครงสร้างมีกลุ่มประจุบนบริเวณพื้นผิว (Wang et al., 2018) การศึกษานี้ได้ผสมโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วนต่าง ๆ 4 ระดับ ดังต่อไปนี้ โปรตีนข้าว:โปรตีนถั่วเหลือง เท่ากับ 1.0:0.1 1.0:0.5 1.0:1.0 และ 1.0:1.2 แต่ละอัตราส่วนได้ถูกเติมในปริมาณ 1% โดยลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนผสมหลังจากที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl แสดงดังภาพที่ 9 ส่วนภาพที่ 10 แสดงลักษณะตัวอย่างหลังผ่านการเหวี่ยงแยกและกรองเพื่อแยกตะกอนออก ตัวอย่างมีสีใสถึงเหลือง

ภาพที่ 9 ลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าวหลังจากที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl (วิธีที่ 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



ภาพที่ 10 ลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 1% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl หลังจากการเหวี่ยงแยกและกรอง (วิธีที่ 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่); RP: โปรตีนข้าว; SP: โปรตีนถั่วเหลือง

ตารางที่ 10 ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 1% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 12 ด้วย 0.1 M NaOH และปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วย 0.1 M HCl หลังจากการเหวี่ยงแยกและกรอง (วิธีที่ 2 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่)

อัตราส่วน โปรตีนข้าว : โปรตีนถั่วเหลือง	ปริมาณโปรตีน (%)
1.0:0.1	0.093 ± 0.006^{d}
1.0:0.5	0.330 ± 0.003^{c}
1.0:1.0	0.566 ± 0.007^{b}
1.0:1.2	0.955 ± 0.010^{a}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ

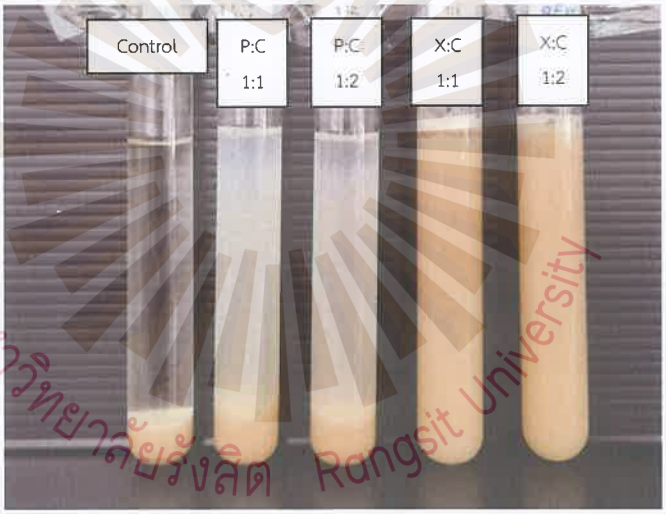
ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

เมื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่า อัตราส่วนของโปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่พบในตัวอย่าง (ตารางที่ 10) โดยปริมาณโปรตีนในตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0.093–0.955 % ตัวอย่างที่ใส่โปรตีนข้าวและโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1.0:1.2 มีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ อย่างไรก็ตามสำหรับวิธีนี้ค่อยข้างเป็นอุปสรรคต่อการผลิตเครื่องดื่ม เนื่องจากต้องใช้ค่า pH ที่สูง ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องดื่มมีรสชาติฝาดได้และยังไม่ได้ใช้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โปรตีนข้าวเพียงอย่างเดียวด้วย อาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้โปรตีนจากถั่วเหลืองได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ในตัวอย่างนั้นมีค่อนข้างสูง

ส่วนวิธีที่ 3 เป็นการปรับ pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม โดยจะทำการปรับค่า pH ให้ได้ 2 ก่อนเติมโปรตีนข้าว โดยได้ใส่โปรตีนข้าวปริมาณ 3% จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เติมไฮโดรคอลลอยด์ผสม ได้แก่ เพคตินร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และ แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 เติมไฮโดรคอลลอยด์ผสมในปริมาณ 0.8% การเติมไฮโดรคอลลอยด์ผสมจะต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไฮโดรคอลลอยด์สามารถละลายได้ดี จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าตัวอย่างควบคุมหรือตัวอย่างที่ไม่ได้เติมไฮโดรคอลลอยด์จะเกิดการตกตะกอน ขณะที่การใช้แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทั้งอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 พบว่าไม่ตกตะกอนหลังจากที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่ตัวอย่างที่ได้ค่อนข้างหนืด



ภาพที่ 11 ลักษณะปรากฏตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 3% ที่ได้ปรับค่า pH เท่ากับ 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที (วิธีที่ 3 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่); P: เพคติน; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X: แซนแทน

การใช้แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ได้ถูกเลือกใช้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ผสมเพื่อศึกษาปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ผสมและปริมาณโปรตีนข้าวที่เหมาะสม ลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 3% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกันทั้ง

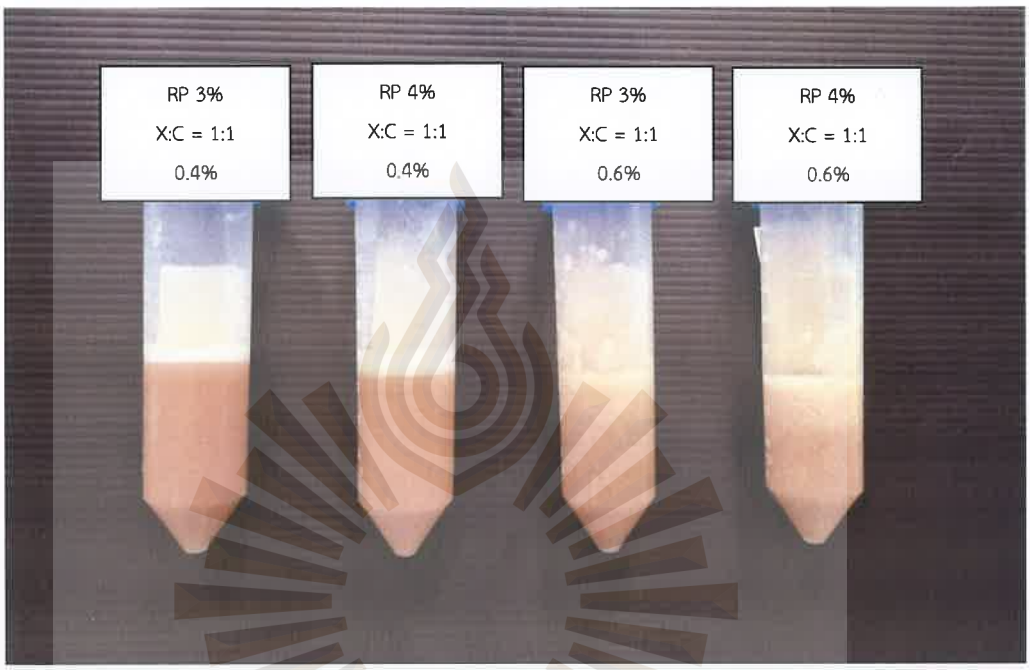
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ก่อนและหลังเขย่าแสดงดังภาพที่ 12ก และ 12ข ตามลำดับ จากภาพแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ใช้แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 0.4 และ 0.6% ค่อนข้างมีความคงตัว แต่พบว่ามีการแยกชั้นในส่วนบนของตัวอย่าง และมีความหนืดน้อยกว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ผสมปริมาณ 0.8%

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาพที่ 12 ลักษณะปรากฏตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าว 3% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกัน ก่อนเขย่า (ก) และหลังเขย่า (ข) (วิธีที่ 3 ใช้น้ำแทนสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก); RP: โปรตีนข้าว; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X:แซนแทน

สภาวะการใช้แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 0.4% และ 0.6% ถูกนำมาใช้กับสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก เพื่อทำให้เครื่องดื่มมีความคงตัวร่วมกับการใช้ปริมาณโปรตีนข้าว 3% และ 4% โดยลักษณะของตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 13 เครื่องดื่มที่ใช้ไฮโดร-คอลลอยด์ผสมปริมาณ 0.4% จะมีความหนืดน้อยกว่าการใช้ที่ระดับ 0.6%



ภาพที่ 13 ลักษณะปรากฏสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ในอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกัน หลังเขย่า ; RP: โปรตีนข้าว; C: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส; X:แซนแทน

ค่าสีระบบ CIE ของตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 11 ของค่า L* อยู่ในช่วง 43.8 – 50.1 การใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ผสมที่ระดับ 0.6% จะมีค่า L* สูงหรือมีค่าความสว่างสูงกว่า อาจเกิดจากตัวอย่างมีลักษณะเป็นฟองขนาดเล็ก ค่า a* ของตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 3.7–4.8 แสดงว่าตัวอย่างมีสีไปทางสีแดง และค่า b* อยู่ระหว่าง 12.2–15.2 แสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลือง (ภาพที่ 13)

ตารางที่ 11 ค่าสี (L* a* b*) ของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ X:C ในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณที่แตกต่างกัน (วิธีที่ 3)

ปริมาณโปรตีนข้าว (%)	ปริมาณ X:C (%)	L*	a*	b*
3	0.4	43.800±1.054^{c}	3.733±0.252^{b}	12.233±1.234^{b}
	0.6	48.367±0.404^{ab}	4.667±0.321^{a}	14.300±0.755^{a}
4	0.4	45.967±1.387^{bc}	4.267±0.115^{a}	13.533±0.833^{ab}
	0.6	50.100±1.900^{a}	4.800±0.872^{a}	15.233±1.150^{a}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร a-c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณโปรตีนในตัวอย่างที่ได้จากการเติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ X:C ในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณที่แตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนที่ได้อยู่ระหว่าง 2.2 – 2.8% หากเพิ่มปริมาณโปรตีนข้าวมากกว่า 4% จะทำให้เครื่องดื่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น เพราะต้องใช้ปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มความคงตัวของเครื่องดื่ม

ตารางที่ 12 ปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกที่เติมโปรตีนข้าว 3% และ 4% หลังจากปรับค่า pH เป็น 2 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ X:C ในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณที่แตกต่างกัน (วิธีที่ 3)

ปริมาณโปรตีนข้าว (%)	ปริมาณ X:C (%)	ปริมาณโปรตีน (%)
3	0.4	2.233±0.091^{b}
	0.6	
4	0.4	2.794±0.133^{a}
	0.6	

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

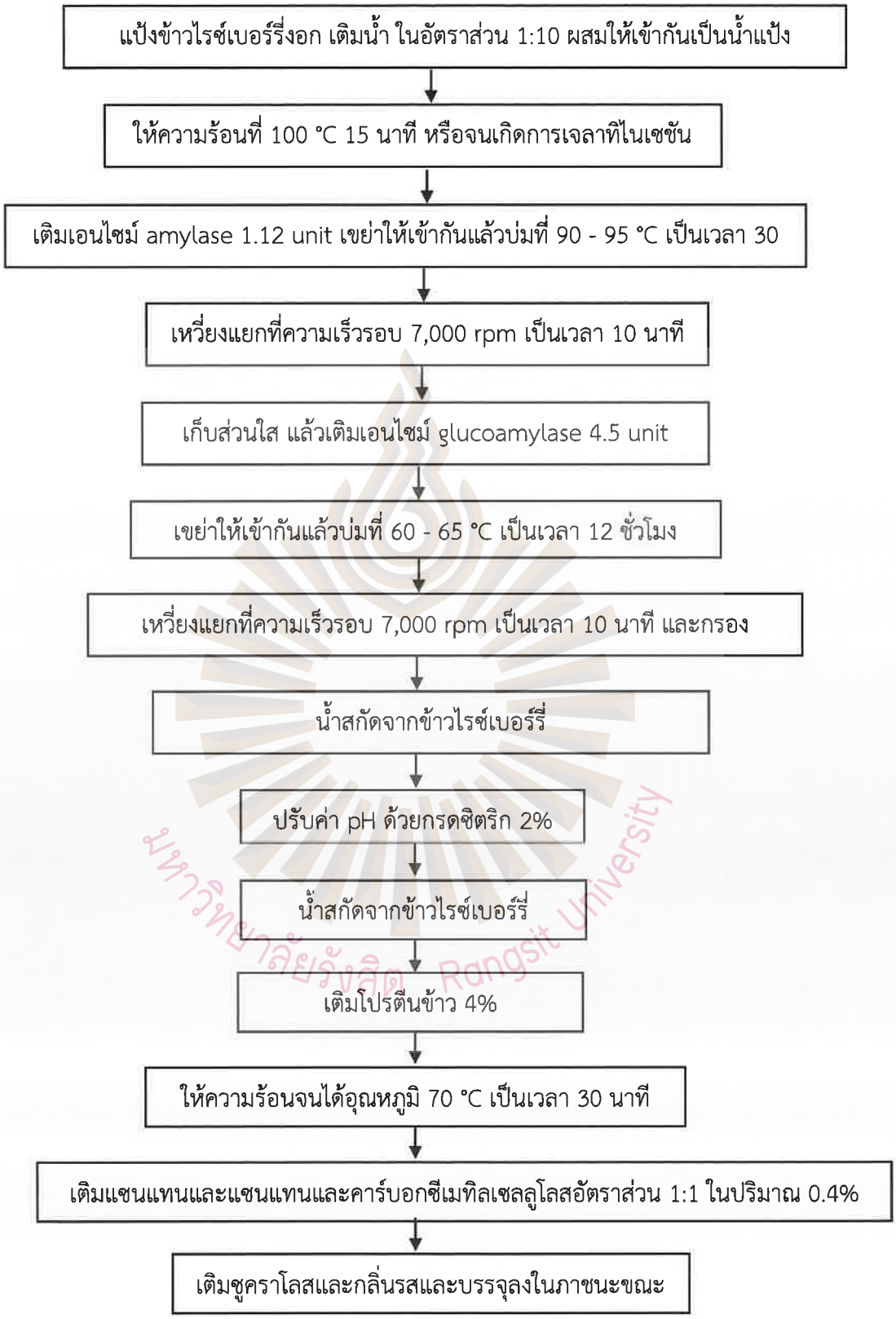
ตัวอักษร a-b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากผลการทดลองที่ได้ในส่วนนี้ การเติมโปรตีนข้าวในเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกจะเลือกใช้วิธีที่ 3 คือ การปรับ pH ร่วมกับการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ผสม โดยแซนแทนและคาร์-บอกซีเมทิลเซลลูโลสอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 0.4% ร่วมกับการเติมโปรตีนข้าว 4% จะถูกนำมาใช้สำหรับการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว แผนภาพการผลิตของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 14 นอกจากนี้ได้มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบและบรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวแสดงดังภาพที่ 15 และ 16 ตามลำดับ ส่วนฉลากของบรรจุภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 17

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์งอกผสมโปรตีนข้าว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



ภาพที่ 15 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ภาพที่ 16 บรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์งอกผสมโปรตีนข้าว

ภาพที่ 17 ฉลากของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ได้เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามกับผู้บริโภค จำนวน 34 คน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

5.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการรวบรวมแบบสอบถามพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายและเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 44.1% และ 50.0% ตามลำดับ และมีผู้ตอบแบบสอบถาม 5.9% ที่ไม่ต้องการระบุเพศ ผู้ตอบแบบประเมินในช่วงกลุ่มอายุ 31 ปีขึ้นไป มีเท่ากับ 53.0% และมีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี 55.9% ส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 41.2% โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ที่มีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย และส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนในช่วง 5,000-10,000 บาท (35.3%) รองลงมา คือ 10,001-20,000 บาท (26.5%) มากกว่า 20,000 (23.5%) และ ต่ำกว่า 5,000 บาท (14.7%)

ตารางที่ 13 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	15	50.0
หญิง	17	44.1
ไม่ต้องการระบุ	2	5.9
2. อายุ		
21-30 ปี	16	47.1
31-40 ปี	9	26.5
41-50 ปี	2	5.9
51-60 ปี	4	11.8
60 ปี ขึ้นไป	3	8.8
3. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	10	29.4
ปริญญาตรี	19	55.9
สูงกว่าปริญญาตรี	5	14.7

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
4. อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	10	29.4
ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	3	8.8
พนักงานบริษัทเอกชน	14	41.2
พนักงานรับจ้างทั่วไป	2	5.9
แม่บ้าน	1	2.9
ข้าราชการบำนาญ	2	5.9
ไม่ระบุ	2	5.9
5. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	5	14.7
5,000 -10,000 บาท	9	26.5
10,001-20,000 บาท	12	35.3
20,000 บาท ขึ้นไป	8	23.5

5.2 การทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

จากการทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมโปรตีนข้าว โดยผู้ตอบแบบสอบถามได้ทดสอบชิมและตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความชอบและความพอดีที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม ผู้ตอบแบบสอบถามให้การยอมรับอยู่ในระดับเดียวกัน โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.6-7.0 (ตารางที่ 12) ซึ่งเป็นการยอมรับค่อนไปในระดับชอบปานกลาง โดยที่ระดับคะแนนของผู้บริโภคหากอยู่ในระดับคะแนน 6 ขึ้นไปถือว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ ถ้าพิจารณาจากเพศ ความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ของผู้ทดสอบแบบสอบถามเพศชาย และเพศหญิง มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.4-7.1 (ตารางที่ 14) และ 6.1-7.2 (ตารางที่ 15) ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบที่ไม่ระบุเพศเท่ากับ 8 ในทุกด้าน (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 14 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศชายและหญิง

คุณลักษณะ	จำนวนและสัดส่วนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้การยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์									คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$ ±S.D.	การแปลผลการยอมรับ
	ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับมาก	ไม่ยอมรับปานกลาง	ไม่ยอมรับน้อย	เฉยๆ	ยอมรับน้อย	ยอมรับปานกลาง	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด		
ลักษณะปรากฏ	1 (2.9)	0 (0)	5 (14.7)	0 (0)	1 (2.9)	4 (11.8)	10 (29.4)	8 (23.5)	5 (14.7)	6.6±2.1	น้อย-ปานกลาง
สี	2 (5.9)	0 (0)	2 (5.9)	0 (0)	2 (5.9)	6 (17.6)	8 (23.5)	11 (32.3)	3 (8.8)	6.6±2.0	น้อย-ปานกลาง
กลิ่นรส	1 (2.9)	1 (2.9)	2 (5.9)	0 (0)	1 (2.9)	3 (8.8)	8 (23.5)	11 (32.3)	7 (20.6)	7.0±2.1	ปานกลาง
ความข้นหนืด	0 (0)	2 (5.9)	3 (8.8)	2 (5.9)	1 (2.9)	2 (5.9)	10 (29.4)	8 (23.5)	6 (17.6)	6.6±2.1	น้อย-ปานกลาง
ความชอบโดยรวม	0 (0)	3 (8.8)	1 (2.9)	1 (2.9)	2 (5.9)	2 (5.9)	7 (20.6)	10 (29.4)	8 (23.5)	6.9±2.1	น้อย-ปานกลาง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 15 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศชาย

คุณลักษณะ	จำนวนและสัดส่วนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้การยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์									คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$ ±S.D.	การแปลผลการยอมรับ
	ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับมาก	ไม่ยอมรับปานกลาง	ไม่ยอมรับน้อย	เฉยๆ	ยอมรับน้อย	ยอมรับปานกลาง	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด		
ลักษณะปรากฏ	0 (0)	0 (0)	3 (20.0)	0 (0)	1 (6.7)	1 (6.7)	5 (33.3)	3 (20.0)	2 (13.3)	6.5±2.1	น้อย-ปานกลาง
สี	1 (6.7)	0 (0)	1 (6.7)	0 (0)	2 (13.3)	1 (6.7)	5 (33.3)	4 (26.7)	1 (6.7)	6.4±2.1	น้อย
กลิ่นรส	1 (6.7)	1 (6.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (6.7)	4 (26.7)	5 (33.3)	2 (13.3)	6.7±2.4	น้อย-ปานกลาง
ความข้นหนืด	0 (0)	0 (0)	2 (13.3)	0 (0)	1 (6.7)	0 (0)	5 (33.3)	3 (20.0)	4 (26.7)	7.1±2.0	ปานกลาง
ความชอบโดยรวม	0 (0)	2 (13.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (6.7)	5 (33.3)	3 (20.0)	4 (26.7)	7.0±2.2	ปานกลาง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 16 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของเพศหญิง

คุณลักษณะ	จำนวนและสัดส่วนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้การยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์									คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$ ±S.D.	การแปลผลการยอมรับ
	ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับมาก	ไม่ยอมรับปานกลาง	ไม่ยอมรับน้อย	เฉยๆ	ยอมรับน้อย	ยอมรับปานกลาง	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด		
ลักษณะปรากฏ	1 (5.9)	0 (0)	2 (11.8)	0 (0)	0 (0)	3 (17.6)	5 (29.4)	3 (17.6)	3 (17.6)	6.5±2.3	น้อย-ปานกลาง
สี	1 (5.9)	0 (0)	1 (5.9)	0 (0)	0 (0)	5 (29.4)	3 (17.6)	5 (29.4)	2 (11.8)	6.6±2.1	น้อย-ปานกลาง
กลิ่นรส	0 (0)	0 (0)	2 (11.8)	0 (0)	0 (0)	2 (11.8)	4 (23.5)	4 (23.5)	5 (29.4)	7.2±1.9	ปานกลาง
ความข้นหนืด	0 (0)	2 (11.8)	1 (5.9)	2 (11.8)	0 (0)	2 (11.8)	5 (29.4)	3 (17.6)	2 (11.8)	6.1±2.3	น้อย
ความชอบโดยรวม	0 (0)	1 (5.9)	1 (5.9)	1 (5.9)	2 (11.8)	1 (5.9)	2 (11.8)	5 (29.4)	4 (23.5)	6.8±2.2	น้อย-ปานกลาง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 17 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ระบุเพศ

คุณลักษณะ	จำนวนและสัดส่วนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้การยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์									คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$ ±S.D.	การแปลผลการยอมรับ
	ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับมาก	ไม่ยอมรับปานกลาง	ไม่ยอมรับน้อย	เฉยๆ	ยอมรับน้อย	ยอมรับปานกลาง	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด		
ลักษณะปรากฏ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	8.0±0.0	มาก
สี	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	8.0±0.0	มาก
กลิ่นรส	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	8.0±0.0	มาก
ความข้นหนืด	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	8.0±0.0	มาก
ความชอบโดยรวม	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	6.8±2.2	มาก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความชอบในการบริโภคเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว มีร้อยละ 82.4 และมีความคิดเห็นต่อระดับคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก เท่ากับร้อยละ 88.2 (ตารางที่ 18) เมื่อถามถึงความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 91.2 (ตารางที่ 19) โดยเหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เพราะคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 41.1) รสชาติอร่อย (ร้อยละ 23.5) อยากลองเพราะแปลกใหม่ (ร้อยละ 14.7) และเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับกลุ่มวีแกน (ร้อยละ 5.9) (ตารางที่ 20) สำหรับราคาของเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ขนาดบรรจุ 50 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุในขวดแก้วพร้อมฝาเกลียว (ภาพที่ 15) ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสนใจต่อราคา ราคา 20-25 บาท และราคา 26-30 บาท เท่ากับ ร้อยละ 35.3 และร้อยละ 32.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 21) สำหรับความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 22 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากร้านสะดวกซื้อ (ร้อยละ 50.0) และซุปเปอร์มาร์เก็ต (ร้อยละ 38.2)

ตารางที่ 18 ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ความคิดเห็น		จำนวน (คน)			ร้อยละ
		ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. ความชอบรับประทานเครื่องดื่มจากข้าว	ชอบ	14	13	1	82.4
	ไม่ชอบ	1	4	1	17.6
	รวม	15	17	2	100
2. ความคิดเห็นต่อระดับคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์	สูงมาก	5	11	0	47.0
	สูง	7	4	1	29.4
	ปานกลาง	2	2	0	11.8
	ต่ำ	0	0	0	0
	ต่ำมาก	0	0	0	0
	ไม่ทราบ	1	0	1	5.9
	รวม	15	17	2	100

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 19 ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
สนใจซื้อ	15	15	1	91.2
ไม่สนใจซื้อ	0	2	1	8.8
รวม	15	17	2	100

ตารางที่ 20 เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ของผู้ตอบแบบสอบถาม

เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. รสชาติอร่อย	4	3	1	23.5
2. คุณค่าทางโภชนาการ	8	7	0	44.1
3. อยากลองเพราะความแปลกใหม่	2	3	0	14.7
4. เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับกลุ่มวีแกน	0	2	0	5.9
5. อื่นๆ	0	1	1	5.9
รวม	14	16	2	94.1

ตารางที่ 21 ราคาต่อขวดที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ขนาด 50 มิลลิลิตร ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ราคาต่อขวดที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. ราคา 20-25 บาท	8	4	0	35.3
2. ราคา 26-30 บาท	3	7	1	32.5
3. ราคา 31-35 บาท	3	4	0	20.6
รวม	14	15	1	88.4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 22 สถานที่ที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. ร้านสะดวกซื้อ	7	9	1	50.0
2. ซุปเปอร์มาร์เก็ต	7	6	0	38.2
3. ร้านคาเฟ่	0	0	0	0
4. ห้างสรรพสินค้า	0	0	0	0
5. อื่นๆ	0	0	0	0
รวม	14	15	1	88.2

ขณะที่ผู้บริโภคที่ไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 8.8) นี้ให้เหตุผลว่า ไม่ชอบบริโภคเครื่องดื่มจากข้าวและรสชาติไม่ถูกปาก (ตารางที่ 23) และผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ โดยต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดและความเข้มข้นของรสชาติลดลง (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 เหตุผลที่ไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. ไม่ชอบบริโภคเครื่องดื่มจากข้าว	0	0	1	2.9
2. ผลิตภัณฑ์ไม่น่ารับประทาน	0	0	0	0
3. ไม่เห็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์	0	0	0	0
4. หาผลิตภัณฑ์อื่นมาทดแทน	0	0	0	0
5. รสชาติไม่ถูกปาก	0	2	0	5.9
6. อื่นๆ	0	0	0	0
รวม	0	2	1	8.8

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 24 ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)			ร้อยละ
	ชาย	หญิง	ไม่ระบุเพศ	
1. ลดความข้นหนืดของเนื้อสัมผัสลง	3	2	0	14.7
2. ลดปริมาณฟองบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์	1	0	0	2.9
3. เจือจางให้มีรสชาติอ่อนลง	0	4	0	11.8
รวม	4	6	0	29.4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1. ระยะเวลาในการเพาะงอกแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic germination) หรือการเพาะงอกใต้น้ำมีผลต่อองค์ประกอบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต น้ำตาลทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบแอนโทไซยานินทั้งหมด และสาร GABA โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเพาะงอกเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้องค์ประกอบต่างๆ มีปริมาณสูงขึ้น ยกเว้นสารที่มีความสามารถในการละลายน้ำ เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด จะมีปริมาณลดลง เพราะน่าจะเกิดจากสูญเสียโดยการละลายออกจากเมล็ดไปอยู่ในส่วนของน้ำแช่ระหว่างการเพาะงอก

2. ระยะเวลาในการบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และเอนไซม์กลูโคอะไมเลสเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่มีผลปริมาณน้ำตาลและสารสำคัญในสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยสภาวะที่เหมาะคือ การบ่มด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 30 นาทีร่วมกับการบ่มด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 12 ชั่วโมง สภาวะนี้สามารถทำให้เกิดน้ำตาลกลูโคสในปริมาณสูง และใช้ระยะสั้นที่สุด

3. การใช้โปรตีนข้าวในเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความจำเป็นต้องใช้สารไฮโดร-คอลลอยด์ผสม เนื่องจากโปรตีนข้าวมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ การใช้ไฮโดรคอลลอยด์จะส่งผลต่อความข้นหนืดของเครื่องดื่มสภาวะที่เหมาะสมในการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ และปริมาณโปรตีนข้าวคือ การใช้แซนแทนร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 0.4% และใช้โปรตีนข้าว 4%

4. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคิดเห็นต่อระดับคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมากและมีความสนใจที่จะซื้อมากกว่า 90% โดยเหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เพราะคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ รสชาติอร่อย อยากลองเพราะแปลกใหม่ และเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับกลุ่มวีแกน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์นี้น่าจะมีโอกาสทางการตลาดและสามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การผลิตเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมโปรตีนข้าวมีข้อจำกัดคือขั้นตอนในการผสมโปรตีนข้าวลงในสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้นและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นควรอยู่ในระดับที่สามารถกล่าวอ้างเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืชที่มีโปรตีนสูงได้ นอกจากนี้ควรศึกษาเกี่ยวกับการทำแผนธุรกิจเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการเกษตร. (2557). *ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมสายพันธุ์ใหม่พลิกชีวิตชาวนาไทย.* กรุงเทพฯ: ปัญญาชน.

คณะกรรมการผู้สูงอายุแห่งชาติ. (2553). *แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2552.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ เทพเพ็ญวานิสย์.

ชมดาว สิกขะมณฑล, ศิริพร ตันจอ, จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร และ จันทร์เพ็ญ แสงประกาย. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่. น.159. *ใน KU สร้างสรรค์ข้าวไทย "ศาสตร์แห่งแผ่นดินเพื่อความกินดีอยู่ดี".* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ตั้งตระกูล, ฉกามาศ วงษ์ข้าหลวง, วารุณี วารัญญานนท์, บุญมา นิยมวิทย์ และ งามจิตร โล่วิทูร. (2560). ข้าวกล้องงอกเกษตร. น.163. *ใน KU สร้างสรรค์ข้าวไทย "ศาสตร์แห่งแผ่นดินเพื่อความกินดีอยู่ดี".* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ตั้งตระกูล, วารุณี วารัญญานนท์ และ รัศมี ศุภศรี. (2560). เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวกล้อง. น.167. *ใน KU สร้างสรรค์ข้าวไทย "ศาสตร์แห่งแผ่นดินเพื่อความกินดีอยู่ดี".* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. (2550). ข้าวกล้อง...งอก, น. 18-19. *ใน รวมผลงานวิจัยข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าว.* พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2561. *มหัศจรรย์พันธุ์ข้าวไทย คุณค่าก้าวไกลจากวิถีไทยสู่วิถีโลก (2) ข้าวไรซ์-เบอร์รี่: ข้าวอินทรีย์เพื่อสุขภาพ.* แหล่งที่มา: http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=27430, 10 เมษายน 2561.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Akoh, C.C., Chang, S., Lee, G. & Shaw, J. (2008). Biocatalysis for the production of industrial products and functional foods from rice and other agricultural produce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 10445-10451.

Al-Shaar, L., Vercammen, K., Lu, C., Richardson, S., M. Tamez & J. Mattei. (2017). Health effects and public health concerns of energy drink concerns of energy drink consumption in the United State: A miniReview. *Frontier in Public Health*. 5(225), 1-5.

Amagliami L., O'Regan, J., Kelly, A.L., O'Mahony, J.A. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. Trends in Food Science & Technology. 64: 1-12.

Anonymous. (2017). *Energy Drinks Market Analysis by Product (Alcoholic, Non-Alcohol), Product Type (NonOrganic, Organic, Natural), Target Consumer (Teenagers, Adults, Geriatric), Distribution Channel (On-Trade, Off-Trade & Direct Selling) and Segment Forecasts*, 2018-2025. Available source: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/energy-drinks-market, April 10, 2018.

Blaise, P., Phiarais, N. & Arendt, E. K. (2008). Malting and brewing with gluten-free cereals. Pp. 347-372. *In* E.K. Arendt and F.D. Bello, *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Elsevier. MA.

Coon J. & Ernst, E. (2002). *Panax ginseng*: a Systematic Review of Adverse Effects and Drug Interactions. *Drug Safety*. 25, 323–344.

Datamonitor, 2008. *Functional drinks in the United States*. Available source: www. Datamonitor.com, May, 29, 2018.

Dunwiddie T.V. & Mansino, S.A. (2001). The role and regulation of adenosine in the central nervous System. *Annual Review of Neuroscience*. 24, 31–55.

Gorissen, S.H.M., Crombag, J.J.R., Senden, J.M.G., Waterval, W.A.H., Bierau, J., Verdijk, L.B. & van Loon, LJC. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolate. *Amino acids*. 50(12), 1685-1695

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Heck C.I. & de Mejia, E.G. (2007). Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *Journal of Food Science*. 72,138–151.

Heckman, M.A., Sherry, K. & Gonzalez de Mejia, E. (2010). Energy Drinks: An Assessment of Their Market Size, Consumer Demographics, Ingredient Profile, Functionality, and Regulation in the Unites states. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9, 303-317.

Huxtable R.J. (1992). Physiological Actions of Taurine. *Physiological Review*. 72, 101–163.

Jongjareonrak, A., Srikok, K., Leksawasdi, N. and Andreotti, C. 2015. Extraction and functional properties of protein from de-oiled rice bran. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 14(2) 163-174.

Kreisz, S., Arendt, K. A. E.K., Hübner, F. & Zarnkov, M. (2008). Cereal-based gluten-free functional drinks. Pp. 373-392. *In* E.K. Arendt and F.D. Bello, *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Elsevier. MA.

Lu J.M., Yao, Q. & Chen, C. (2009). Ginseng Compounds: an Update on their Molecular Mechanisms and Medical Applications. *Current Vascular Pharmacology*. 7, 293–302.

Malinauskas B.M., Aeby, V.G., Overton, R.F., Carpenter-Aeby, T., Barber-Heidal, K. (2007). A Survey of energy drink consumption patterns among college students. *Nutrition Journal*. 6, 35–41.

Mattei R., Dias, R.F., Espinola, E.B., Carlini, E.A. & Barros, S.B.M. (1998). Guarana (*Paullinia cupana*): Toxic Behavioral Effects in Laboratory Animals and Antioxidant Activity *in Vitro*. *Journal of Enthnopharmacology*. 60, 111–116.

Nawrot P, Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A. & Feely, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives and Contaminations*. 20, 1–30.

Okazaki H., Tazoe, F., Okazaki, S., Isoo, N., Tsukamoto, K., Sekiya, M., Yahagi, N., Iizuka, Y., Ohashi, K., Kitamine, T., Tozawa, R., Inaba, T., Yagyu, H., Okazaki, Shimano, M., H., Arai, H., Nagai, R.Z., Kadowaki, T., Osuga, J. & Ishibashi, S. (2006). Increased Cholesterol Biosynthesis in Mice Overexpressing Squalene Synthase in Liver. *The Journal of Lipid Research*. 47, 1950–1958.

Pettenuzzo L.F., Noschang, C., von Pozzer Toigo, E., Fachin, A., Vendite, D. & Dalmaz, C. (2008). Effects of chronic administration of caffeine and stress on feeding behavior of rats. *Physioloy & Behavior*. 95, 295–301.

Puangwerakul, Y. and Soithongsuk, S. (2019). Protein hydrolysate production from defatted rice bran by inner enzyme of rice malt plus bromelain. *The 45th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 45)*.

Reddy, A., Norris D.F., Momeni, S.S., Waldo, B. and Ruby J.D. (2016). The pH of beverages available to the American consumer. Journal of the American Dental Association. 147(4): 255-263.

Smit H.J. & Rogers, P.J. (2002). Effects of energy drinks on mood and mental performance: Critical Methodology. *Food Quality and Preference*. 13, 317–326.

Stipanuk M.H. (2004). Role of Liver in the Regulation of Body Cysteine and Taurine Levels: a Brief Review. *Neurochemistry Research*. 29, 105–110.

Wang, T., Xu, P., Chen, Z., Zhou, X. and Wang R. (2018). Alteration of the structure of rice proteins by their interaction with soy protein isolates to design novel protein composite. Food & Funtion. 9(8): 4282-4291.

Zhao, Q., Selomulya, C., Xiong, H., Chen, X.D., Ruan, X., Wang, S., Xie, J., Peng, H., Sun, W. and Zhou, Q. (2012). Comparison of functional and structural properties of native and industrial process-modified proteins from long-grain indica rice. Journal of Cereal Science. 56: 568-575.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของอาหารโดยประมาณ

1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (วิธีการอบแห้ง)

1) อบภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาครอบครอบ (ไม่ปิดฝาครอบ) ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (ประมาณ 15 นาที) และชั่งน้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาครอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนและจดบันทึก) ในภาชนะอะลูมิเนียม

3) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (*เปิดฝาภาชนะอะลูมิเนียม*)

4) ปิดฝาภาชนะอะลูมิเนียมแล้วนำออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นหรือลดอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ (ประมาณ 10-15 นาที) ชั่งน้ำหนักให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

5) นำไปอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที แล้วทำตามข้อ 4) จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่หรือผลต่างของ *น้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดกันต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม* จึงจะถือว่าเป็นน้ำหนักสุดท้าย

6) คำนวณหาปริมาณความชื้นในตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาครอบหลังอบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาครอบหลังอบและน้ำหนักตัวอย่างอาหาร**ก่อนอบ** (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาครอบหลังอบและน้ำหนักตัวอย่างอาหาร**หลังอบ** (กรัม)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1) อบ Crucible ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (ประมาณ 15 นาที) และชั่งน้ำหนักให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนและจดบันทึก) ใส่ใน Crucible

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน

4) นำไปเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือเทา

5) นำมาใส่เดซิเคเตอร์เพื่อทิ้งให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

6) นำไปเผาซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที จนได้*น้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดกันต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม*

7) คำนวณหาปริมาณเถ้าในตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนัก Crucible หลังอบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนัก Crucible หลังอบ และน้ำหนักตัวอย่างอาหาร**ก่อนเผา** (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนัก Crucible หลังอบ และน้ำหนักตัวอย่างอาหาร**หลังเผา** (กรัม)

1.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

1) ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียดแล้ว 2 กรัม (ระบุน้ำหนักที่แน่นอนและจดบันทึก) ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วพับใส่หลอด thimble จากนั้นนำไปใส่ในหลอดสกัดของเครื่องสกัด Soxhlet

2) สกัดโดยปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาณ 150 มิลลิลิตร โดยใส่ลงไปในขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ต่อขวดแก้วเข้ากับ extraction tube แล้วต่อหลอดควบแน่นเข้ากับ extraction tube ใช้สำลีอุดปลายบนของเครื่องควบแน่นเพื่อไม่ให้ตัวทำละลายระเหยไป

3) ให้ความร้อนที่ขวดก้นกลม โดยควบคุมอุณหภูมิให้เกิดการไซฟอนของตัวทำละลายประมาณ 5-6 ครั้งต่อชั่วโมง ทำการสกัดติดต่อกันเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง

4) ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากสิ่งที่สกัดให้หมด โดยเปลี่ยนหลอดสกัดเป็นหลอดสำหรับรองรับสิ่งกลั่น

5) อบตัวอย่างน้ำมันให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก อบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 0.001 กรัม)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักขวดแก้วและน้ำมันที่สกัดได้หลังการอบแห้งแล้ว (กรัม)
W_2 คือ น้ำหนักขวดแก้ว (กรัม)
W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl

1) ชั่งตัวอย่างอาหาร ปริมาณ 1 กรัม ใส่ในกระดาษกรองแล้วห่อ จากนั้นใส่ลงในหลอดย่อย

2) ใส่ K_2SO_4 ปริมาณ 7 กรัม และ Cu_2SO_4 ปริมาณ 0.8 กรัมเพื่อเร่งปฏิกิริยา พร้อมทั้งใส่เม็ด glass bead ด้วย

3) เติม Concentrated H_2SO_4 ปริมาณ 15 มิลลิลิตร (ทำใน Hood) จากนั้นปิดฝาหลอดย่อย

4) ต่อชุดย่อยเข้าชุดต่อไอกรดแล้วทำการย่อยจนได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

5) เติมน้ำกลั่น ปริมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้นต่อเข้ากับชุดกลั่นซึ่งมีสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 35% ปริมาณ 75 มิลลิลิตร ทำการกลั่นเป็นเวลา 3 นาที แล้วรองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยขวดรูปชมพู่ซึ่งมีสารละลายกรดบอริก ร้อยละ 4 ปริมาณ 25 มิลลิลิตร และหยด Mix indicator ลงไป 2-3 หยด

6) นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง ให้ทำการไทเทรต Blank ควบคู่ไปกับตัวอย่างด้วย

7) คำนวณหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(T - B) \times 14.007 \times 100 \times N}{W}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 5.95$$

เมื่อ T คือ ปริมาณสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตของตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตของ Blank (มิลลิลิตร)

N คือ Normality of titrant W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

การสร้างกราฟสารละลายมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลาย stock solution ของน้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำไปเจือจางให้ได้ละลายน้ำตาล ความเข้มข้น 80 50 20 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

2) เติมสารละลายฟีนอล 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3) กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมอย่างรวดเร็วและระมัดระวัง เขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 25 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) ในตู้ดูดควัน

4) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ค่าความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร สำหรับน้ำตาล hextose หรือ ที่ค่าความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร สำหรับน้ำตาล pentose และกรด uronic acid

5) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลกลูโคสที่ความยาวคลื่นต่างๆ มาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยแกน x คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล และแกน y คือ ค่าการดูดกลืนที่ค่าความยาวคลื่นที่วัดไป สร้างสมการเส้นตรง $y = ax + b$

6) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ปิเปตตัวอย่าง ปริมาณ 2 มิลลิลิตร

2) เติมสารละลายฟีนอล 5% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

3) ตั้งทิ้งไว้ 25 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในตู้ดูดควัน

4) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (ในตู้ดูดควัน) ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของน้ำตาล คำนวณปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานสารละลายน้ำตาลกลูโคส

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

การเตรียมสาร DNS reagent

1) ละลายโซเดียม โพแทสเซียมทาร์เทต 30 กรัม ในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (ค่อยๆ เทสารเพื่อทำการละลาย)

2) เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3) ละลาย DNS 1 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ความร้อนละลาย 90-95 องศาเซลเซียส

4) เติมสารละลายจากข้อ 1) ลงในสารละลายข้อ 3) ให้ความร้อน 90-95 องศาเซลเซียส

5) ค่อยๆ เติมสารละลายจากข้อ 2) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในสารผสมจากข้อ 4) จากนั้นให้ความร้อน 90-95 องศาซลเซียส

6) เมื่อละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วให้กรอง และเก็บใส่ขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียม stock solution ของสารละลายน้ำตาลกลูโคส

ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำตาลกลูโคส 0.025 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น เท่ากับ 200 100 50 20 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการ

1) นำตัวอย่างอาหารที่เป็นของเหลว หรือสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตรเป็น blank sample

2) เติมสาร DNS reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3) นำไปต้มในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

5) คำนวณหาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส โดยจะต้องนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานกลูโคสทุกความเข้มข้นไปหักค่าการดูดกลืนแสงของ blanl sample ก่อน

4. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิธี Folin-Ciocalteu's reagent

1) นำตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวใสและสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ความเข้มข้น 100 50 20 10 และ 0 ppm (Blank) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาใส่ในหลอดทดลอง (ใส่แยกหลอด)

2) เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 0.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex

3) เติมสาร Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและวางทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที

4) เติมสารละลาย Na_2CO_3 7% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex

5) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 90 นาที

6) วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโต-มิเตอร์ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ควรอยู่ในช่วง 0.1-0.9

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

7) คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิคสำหรับการคำนวณ

1) สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิคที่ระดับเข้มข้น 0, 10, 20, 50 และ 100 ppm
2) หาสมการเส้นตรง $y = ax + b$

   โดยที่ x คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค (ppm

   หรือ มิลลิกรัมต่อลิตร)

   y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
3) คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อลิตร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบสอบถาม

การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว โดยข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะนำไปใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามและผู้ศึกษาค้นคว้าขอขอบคุณท่านที่ได้สละเวลาตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้เป็นอย่างสูง

แบบสอบถามนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกเสริมโปรตีนข้าว

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ตรงกับท่านมากที่สุด

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง ☐ ไม่ต้องการระบุ
2. อายุ ☐ 21-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51-60 ปี ☐ 60 ปีขึ้นไป
3. ระดับการศึกษา ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาชีพ ☐ นักเรียน นักศึกษา ☐ ข้าราชการ/พนักงานวิสาหกิจ ☐ พนักงานบริษัทเอกชน
   ☐ รับจ้างทั่วไป ☐ แม่บ้าน ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
5. รายได้ต่อเดือน ☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000-10,000 บาท ☐ 10,001-20,000 บาท
   ☐ มากกว่า 20,000 บาท ☐ ไม่มีรายได้

ส่วนที่ 2 การทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและจัดอยู่ในกลุ่ม plant-based drink ผลิตภัณฑ์นี้ได้เลือกใช้เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รีที่สมบูรณ์ นำไปผ่านกระบวนการเพาะงอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพิ่มปริมาณสาร GABA โดยวิธีธรรมชาติ ต่อจากนั้นนำไปบ่มร่วมกับเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนแป้งข้าวให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กเพื่อเพิ่มความหวานและช่วยให้ร่างกายสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีการเติมกลิ่นรสธรรมชาติเพื่อเพิ่มความสุขในการบริโภค

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คำชี้แจง กรุณาชิม เครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว แล้วให้คะแนนการยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในตัวเลือกที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะ	ระดับการยอมรับ								
	ไม่ยอมรับมากที่สุด (1)	ไม่ยอมรับมาก (2)	ไม่ยอมรับปานกลาง (3)	ไม่ยอมรับน้อย (4)	เฉยๆ (5)	ยอมรับน้อย (6)	ยอมรับปานกลาง (7)	ยอมรับมาก (8)	ยอมรับมากที่สุด (9)
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่นรส									
ความข้นหนืด									
ความชอบโดยรวม									

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. ท่านชอบรับประทานเครื่องดื่มจากข้าวหรือไม่ ☐ ชอบ ☐ ไม่ชอบ
2. ท่านคิดว่าเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าวมีคุณค่าทางอาหารอยู่ในระดับใด
   ☐ สูงมาก ☐ สูง ☐ ปานกลาง ☐ ต่ำ ☐ ต่ำมาก ☐ ไม่ทราบ
3. หากมีเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าววางจำหน่ายในราคาที่ท่านพึงพอใจจะซื้อหรือไม่
   ☐ สนใจซื้อ (ตอบข้อ 4-7) ☐ ไม่สนใจซื้อ (ตอบข้อ 8 เท่านั้น)
4. ท่านสนใจซื้อเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว เพราะเหตุใดมากที่สุด
   ☐ รสชาติอร่อย ☐ คุณค่าทางโภชนาการ ☐ อยากลองเพราะแปลกใหม่ ☐ เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับกลุ่มวีแกน
   ☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....
5. ราคาต่อขวดที่ท่านพึงพอใจจะซื้อเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ขนาด 50 มิลลิลิตร
   ☐ 20-25 บาท ☐ 26-30 บาท ☐ 31-35 บาท
6. ท่านคิดว่าสถานที่ที่เหมาะสมในการจำหน่ายเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว ควรเป็นที่ใด
   ☐ ร้านสะดวกซื้อ ☐ ซุปเปอร์มาเก็ต ☐ ร้านคาเฟ่ ☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....
7. เหตุผลที่ท่านไม่สนใจซื้อเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว
   ☐ ไม่ชอบบริโภคเครื่องดื่มจากข้าว ☐ ผลิตภัณฑ์ไม่น่ารับประทาน ☐ ไม่เห็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์
   ☐ หาผลิตภัณฑ์อื่นมาทดแทน ☐ รสชาติไม่ถูกปาก ☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....
8. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือคำแนะนำในการปรับปรุงเครื่องดื่มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอกผสมโปรตีนข้าว

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

ประวัติผู้วิจัย

คำนำหน้า ☐ นาย ☐ นาง ☑ นางสาว

ตำแหน่งทางวิชาการ ☐ ศ. ☐ รศ. ☐ ผศ. ☑ อื่นๆ ....อาจารย์.....

ชื่อ-นามสกุลผู้วิจัย พิชญา โพธินุช

ชื่อ-นามสกุลภาษาอังกฤษ Pitchaya Pothinuch

วัน/เดือน/ปีเกิด 18 กันยายน 2526

ที่อยู่ 96/51 หมู่ 7 ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

โทรศัพท์ 083-029-6963

ที่อยู่ (ที่ทำงาน) 52/347 เมืองเอก ถนนพหลโยธิน ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 02-997-2200 ต่อ 3211

แฟกซ์ (ที่ทำงาน) 02-997-2200 ต่อ 3430

E-mail pitchaya.p@gmail.com

ปริญญาตรี

สาขาที่จบ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ปีที่จบ พ.ศ. 2550

สถาบัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเทศ ประเทศไทย

ปริญญาโท

สาขาที่จบ วิทยาศาสตร์การอาหาร

ปีที่จบ พ.ศ. 2553

สถาบัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเทศ ประเทศไทย

ปริญญาเอก

สาขาที่จบ วิทยาศาสตร์การอาหาร

ปีที่จบ พ.ศ. 2560

สถาบัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเทศ ประเทศไทย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารภายในประเทศ

1. Jonggrattanavit, K., **P. Pothinuch**, S. Pichaiyongvongdee, N. Nukit and N. Bangsiri. 2021. Production development of germinated black glutinous rice drink in a sachet as affected by roasting time and brewing time. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**. 14(1): 9-19.

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศ

1. **Pothinuch, P.** and S. Tongchitpakdee. 2019. Phenolic analysis for classification of mulberry leaves according to cultivar and leaf age. **Journal of Food Quality.** Doi.org/10/1155/2019/2807690.
2. **Pothinuch, P.**, A. Miyamoto, H. T. T. Nguyen and S. Tongchitpakdee. 2017. Vasodilatory effects of mulberry (*Morus* spp.) leaf extract on porcine cerebral arteries in vitro: Possible underlying mechanism. **Journal of Functional Foods.** 38 Part A: 151-159
3. Nguyen, H.T., H.T. Nguyen, M.Z. Islam, T. Obi, **P. Pothinuch,** P.P. Zar, X. Hou de, T.V. Nguyen, T.M. Nguyen, C.V. Dao, M. Shiraishi and A. Miyamoto. 2016. Pharmacological characterization of *Artemisia vulgaris* L. in isolated porcine basilar artery. **Journal of Ethanopharmacology**. 18216-18226.
4. Nguyen, H.T., H.T. Nguyen, M.Z. Islam, T. Obi, **P. Pothinuch**, T.V. Nguyen, T.M. Nguyen, C.V. Dao, M. Shiraishi and A. Miyamoto. 2016. Antagonistic effects of gingko biloba and Sophora japonica on cerebral vasoconstriction in response to histamine, 5-hydroxytryptamine, U46619 and bradykinin. **American Journal of Chinese Medicine.** 16: 1-19.
5. **Pothinuch, P.**, S. Tongchitpakdee. 2011. Melatonin contents in mulberry (*Morus* spp.) leaves: Effects of sample preparation, cultivar, leaf age and tea processing. **Food Chemistry**. 128(2): 415–419.

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการภายในประเทศ

1. งานวิจัย เรื่อง ผลของอัตราส่วนข้าวต่อน้ำและปริมาณเชลลูโลสดัดแปลงต่อการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว ในงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2564 ครั้งที่ 16 วันที่ 25 พฤศจิกายน 2564

2. งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องดื่มให้พลังงานจากข้าวไรซ์เบอร์รี่งอก นำเสนอในงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 13 "โภชนาการและวิถีชีวิตเพื่อสุขภาวะ" วันที่ 1-3 ตุลาคม 2562
3. งานวิจัย เรื่อง Melatonin in mulberry leaves: Effects of cultivar and leaf age นำเสนอในงาน The 6th Conference Thailand – Taiwan Academic Cooperation Food and Agriculture Innovation, Kasetsart University, Bangkok, พ.ศ. 2553
4. งานวิจัย เรื่อง การสกัดและวิเคราะห์เมลาโทนินในสมุนไพรไทย (Extraction and determination of melatonin in Thai herbs) นำเสนอในงาน The 48th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart University, Bangkok, พ.ศ. 2552

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการในต่างประเทศ

1. งานวิจัยเรื่อง Effects of cultivar and leaf age on phenolic compounds and angiotensin converting enzyme inhibitory activity of mulberry leaves (*Morus* spp.) นำเสนอในงาน Joint Symposium on Food Science and Technology between National University of Singapore and Kasetsart University, National University of Singapore, ประเทศสิงคโปร์ ปี พ.ศ. 2559
2. งานวิจัยเรื่อง Vasoactive effect of mulberry (*Morus alba*) leaves on brain artery นำเสนอในงาน 2013 Annual Meeting of Korean Society of Food Science and technology, Cheonan Art Center and Huracle Resort, Cheonan, ประเทศเกาหลีใต้

สาขาที่นักวิจัยเชี่ยวชาญ เคมีอาหาร การวิเคราะห์อาหาร และโภชนาการอาหาร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University