



รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

Development of Healthy Jelly Products with Riceberry Rice

นรินทร์ภพ ช่วยการ Narinphop Chuaykarn

เลิศศิริ พวงแก้ว Lertsiri Phuangkaew

วนิดา บุรีภักดี Wanida Bureepakdee

คณะศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ.2559

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ จากงบประมาณแผ่นดิน เงินรายได้ คณะศิลปศาสตร์ พ.ศ.2559 ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านเป็นอย่างสูงในการพิจารณาให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยเรื่องดังกล่าว อีกทั้งให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์เทพ เกิดเนตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณนักศึกษาคณาจารย์หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ หากงานวิจัยฉบับนี้มีเนื้อหาอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในการที่จะนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดแก่นักศึกษาในหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการหรือผู้ที่สนใจทั่วไปได้ ขอมอบประโยชน์ให้แก่ผู้ให้ความช่วยเหลือแก่งานวิจัยฉบับนี้ทั้งหมด

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ด้วยการศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์วุ้นและนำมาศึกษาการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาต่างๆ โดยการแปรรยะเวลาการแช่เป็น 3 ระยะเวลา คือ 15 30 และ 45 นาที ตามลำดับ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายและเคมี ทำการศึกษาปริมาณของกะทิธัญพืชที่เหมาะสมในการทดแทนกะทิมะพร้าวที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25 50 และ 75 ตามลำดับ และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 1 หน่วยบริโภค ของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวได้สูงสุด

ผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์วุ้นสูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับโดยสูงสุด ($p \leq 0.05$) มีคะแนนด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 7.07 7.10 7.63 และ 7.80 ตามลำดับ การใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาการแช่ที่ 45 นาที ได้รับการยอมรับในด้านสีและกลิ่นรสสูงสุดมีคะแนนเท่ากับ 7.67 และ 7.53 ตามลำดับ สอดคล้องกับคุณลักษณะทางกายภาพด้านสี L^* a^* b^* มีค่าเท่ากับ 5.80 7.65 และ 2.49 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีค่าสี a^* เป็นสหสัมพันธ์เชิงบวก แต่ L^* และ b^* เป็นสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ นอกจากนี้การใช้ระยะเวลาในการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนของ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ ($p > 0.05$) แทนกะทิมะพร้าวที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุดคือการทดแทนที่ร้อยละ 0-50 โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.93 7.63 และ 7.60 ตามลำดับ ($p > 0.05$) ส่วนคุณค่าทางด้านโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรที่มีการทดแทนกะทิธัญพืชที่ร้อยละ 50 จำนวน 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 20 กรัม จะมีไขมันอิ่มตัวลดลงถึง 0.42 กรัม และมีไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 0.22 และ 0.29 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ใช้กะทิมะพร้าว

คำสำคัญ : วุ้น, กะทิธัญพืช, ข้าวไรซ์เบอร์รี่

Abstract

This special project aimed to develop the healthy jelly product from Riceberry Rice. Basic jelly product formula was study by immersing Riceberry Rice in water with various duration varying from 15, 30 and 45 minutes respectively. Physical and chemical aspects were analyzed. Three levels of suitable amount of cereal cream replacing coconut milk was studied which were 25%, 50% and 75% . The researcher also analyzed 1 portion of Riceberry Rice jelly product replacing coconut milk nutrition.

The results showed that basic 2nd-formula jelly product received the highest total scores of smell, taste, texture and preference of 7.07, 7.10, 7.63 and 7.80 respectively. Immersing Riceberry Rice 45 minutes in water received the highest scores in color and smell with the score of 7.76 and 7.53 respectively according to the physical appearance of color L^* , a^* , b^* at 5.50, 7.65 and 2.49 respectively. It showed that a^* is positive correlation while L^* and b^* are negative correlations to the levels of Anthocyanin in Riceberry Rice jelly product. Moreover, the more amount of time immersing Riceberry Rice in water did not affect the changes of the total soluble solid, water activity and moisture content in Riceberry Rice jelly product. ($p>0.05$) The most acceptable levels of replacing coconut milk with cereal cream is 0% -50% with the total preference score of 7.93, 7.63 and 7.60 respectively. ($p>0.05$) On the nutrition aspect, the research showed that Riceberry Rice jelly product with 50% replacing level of cereal cream on 1 portion at 20 grams contained 0.42 grams of saturated fat less and Mono- Unsaturated fatty acid and Poly-Unsaturated Fatty Acid more at 0.22 and 0.29 respectively comparing with coconut milk Riceberry Rice jelly product.

Keyword: jelly, cereal cream, Riceberry Rice.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สารก่อเจล (Gelling agent)	3
2.1.1 วุ้น (Agar)	3
2.1.2 สมบัติของวุ้น	4
2.1.3 เจลวุ้น	5
2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของเจลวุ้น	5
2.1.5 แหล่งที่อยู่อาศัยของสาหร่าย	6
2.1.6 วิธีการสกัดวุ้น	6
2.1.7 ความเข้มข้นของวุ้น	6
2.1.8 การผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น	7
2.2 การใช้ประโยชน์จากวุ้น	7
2.3 วุ้นกับอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ	7
2.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry rice)	9
2.5 น้ำตาล (Sugar)	10

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	14
3.2 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของวุ้นกะทิ	15
3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	16
3.3.1 การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่	16
3.3.2 การเตรียมน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่	16
3.3.3 การใช้น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนน้ำเปล่าในสูตรพื้นฐาน	16
3.3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	17
3.4 การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	18
3.5 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	18
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผล	
4.1 การคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรพื้นฐาน	19
4.2 ผลของการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนน้ำเปล่าในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	20
4.3 ผลของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	25
4.4 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่	27

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	35
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางกายภาพ	37
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางเคมี	39
ภาคผนวก ง วัตถุประสงค์และขั้นตอน	42
ภาคผนวก จ การถ่ายทอดเทคโนโลยี	51
ภาคผนวก ฉ ประวัติคณะผู้วิจัย	54

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่		หน้า
4.1	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกะทิสูตรพื้นฐาน	19
4.2	ค่าสีและค่าสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 3 ระยะเวลา	20
4.3	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่	22
4.4	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 ระยะเวลา	23
4.5	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระดับ	25
4.6	คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวน 1 หน่วยบริโภค	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ขนมไทยมีความเป็นเอกลักษณ์และน่าสนใจเนื่องจากขนมไทยจัดเป็นมรดกเก่าแก่ทางวัฒนธรรมอย่างหนึ่ง ขนมไทยอาจแบ่งได้หลายหมวดแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงขนมไทยชาวจังหวัด โดยในปัจจุบันขนมไทยชาวจังหวัดที่นิยมบริโภคกันมากที่สุดชนิดหนึ่งคือ วุ้นกะทิ วุ้นใบเตย วุ้นสังขยา เป็นต้น เนื่องจากวุ้นไทยชาวจังหวัดนั้นมีความหอมหวาน รับประทานแล้วชื่นใจ มักนิยมจัดเป็นอาหารหวานมื่อว่าง วุ้นไทยชาวจังหวัดมักมีส่วนประกอบจากหน้าขนมวุ้นซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ได้จากกะทิเวลารับประทานจึงมีความกลมกล่อมและอร่อยมากยิ่งขึ้น เห็นได้ว่าองค์ประกอบของขนมไทยจะต้องมีความหวานมันเป็นสิ่งที่ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เนื่องจากคงความเอกลักษณ์และเสน่ห์ของขนมไทยชนิดนี้นั่นเอง แต่ในขณะเดียวกันกะทินั้นเป็นแหล่งของกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง ถ้ารับประทานในปริมาณเยอะก็อาจส่งผลต่อระดับไขมันในเลือดหรือโรคเรื้อรังต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางโภชนาการไม่ว่าจะเป็นโรคอ้วน หรือเบาหวานได้ ดังนั้นการนำวุ้นไทยชาวจังหวัดมาดัดแปลงเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพราะในปัจจุบันตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ปัจจัยหลักมาจากกลุ่มผู้บริโภคที่หันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพ มีงานวิจัยค่อนข้างน้อยที่ศึกษาขนมวุ้นไทยโดยใช้ข้าวกล้องมีสี ดังนั้นผลิตภัณฑ์วุ้นไทยชาวจังหวัดเพื่อสุขภาพอาจได้รับการยอมรับหรือตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ รวมถึงผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย

ข้าวเป็นหนึ่งในอาหารหลักของคนไทยรวมถึงประชากรโลก และเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญ ในการบริโภคข้าวนั้นนอกจากข้าวขัดขาวแล้ว ยังมีข้าวกล้องหรือข้าวมีสีที่คนไทยนิยมหันมาบริโภค เนื่องจากข้าวกล้องหรือข้าวมีสีมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูงกว่าข้าวขัดขาว ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นหนึ่งในข้าวกล้องมีสีที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นหนึ่งในสายพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีคุณลักษณะพิเศษ คือ มีสีม่วงเข้มและมีกลิ่นหอมของข้าว มีสารเบต้าแคโรทีน วิตามินอี เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะสารแอนโทไซยานินซึ่งพบในปริมาณสูง หลายการศึกษาพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวมีสีช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด ด้านการอักเสบ และโดยเฉพาะสารแอนโทไซยานินมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินอีถึง 5 เท่า แม้ว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่จะผ่าน

กระบวนการหุงต้ม แต่ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระก็ยังคงเหลืออยู่ จากคุณสมบัติต่าง ๆ เป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์วันไทยชาวกังที่มีส่วนประกอบจากข้าวไรซ์เบอร์รี่นั้น นอกจากจะมีสีที่ได้จากแหล่งธรรมชาติแล้วยังมีกลิ่นหอมที่คงความเป็นเอกลักษณ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้อีกด้วย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์วันไทยชาวกังที่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมไทยชนิดใหม่ซึ่งมีเอกลักษณ์จากสีและกลิ่นหอมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากจะเป็นการส่งเสริมการบริโภคข้าวกล้องมีสีให้เป็นที่รู้จักกันมากขึ้นแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าขนมของไทยไว้ รวมทั้งความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นทางเลือกในการบริโภคอาหารว่างเพื่อสุขภาพได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรมาตรฐานของวันกะทิ
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ในการทำวันกะทิ
3. เพื่อศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพของวันกะทิจากข้าวไรซ์เบอร์รี่
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วันจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรผลิตภัณฑ์วันไทยชาวกังที่มีส่วนประกอบจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์กับสุขภาพ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม
2. ได้ผลงานเผยแพร่แก่ชุมชน ผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางหรือขนาดย่อม หรือผลงานวิจัยตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการระดับชาติ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารก่อเจล (Gelling agent)

สารก่อเจลเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่สามารถจับกับน้ำได้ โดยเมื่อนำมาละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำร้อน จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงหรือให้เนื้อสัมผัสกลายเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น ทางด้านอุตสาหกรรมอาหารมีการนำสารก่อเจลชนิดต่างๆ มาใช้เป็นส่วนประกอบใน ผลิตภัณฑ์อาหารอยู่หลายชนิด เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ความข้นหนืด และความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ทางอุตสาหกรรมยา มีการนำเจลาตินไปผลิตเป็นแคปซูลยา นอกจากนี้ยังมีการใช้วุ้นหรืออะกาโรสไปใช้งานด้านปฏิบัติการเคมีและจุลินทรีย์ สารก่อ เจลส่วนใหญ่เป็นสารไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ มีทั้งสารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น วุ้น หรือสารในกลุ่มโปรตีน เช่น เจลาติน (Karim and Rajeev, 2009)

2.1.1 วุ้น (Agar)

วุ้น คือสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดงที่อยู่ในไฟลัม *Rhodophyta* สาหร่ายทะเลสีแดงที่นำ มาใช้ในการสกัดวุ้นส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายในกลุ่ม *Gracilaria spp.* ซึ่งพบมากตามชายฝั่งทะเลของประเทศญี่ปุ่น เม็กซิโก โบรตุเกส เดนมาร์ก และโมร็อกโก ส่วนสาหร่ายทะเลสีแดงชนิดที่พบในเมืองไทย ได้แก่ สาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria fisheri*) พบมากในอ่าว ปัตตานี และทะเลสาบสงขลา (Ruangchuay et al., 2007)

โครงสร้างทางโมเลกุลของวุ้นโมเลกุลของวุ้น

ประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อากาโรส (agarose) และ อากาโรเพกติน (agaropectin)

อากาโรส เป็นพอลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยหน่วยย่อยของน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) คือ อากาโรไบโอส (agarobiose) ซึ่งประกอบด้วย β -D-galactose เชื่อมต่อกันที่ตำแหน่ง 1 - 3 และ 3,6-anhydro- α - L-galactose เชื่อมต่อกันที่ตำแหน่ง 1 - 4 โดยที่ในแต่ละโมเลกุลมีการต่อสลับกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic

linkage) อากาโรสค่อนข้างเป็นกลางทางไฟฟ้าหรือมีประจุน้อยมากจึงถูก เรียกว่า non-ionic polysaccharide โครงสร้างของอากาโรส (Saxena et al., 2011)

สำหรับ Agaropectin มีโครงสร้างคล้าย agarose แต่มีความซับซ้อนกว่า เนื่องจากบางโมเลกุลของ 3,6-anhydro- α -L- galactose จะมีอนุมูลซัลเฟตเกาะอยู่ ซึ่งถูกแทนที่ด้วย L- galactose sulfate และบางโมเลกุลของ D-galactose ถูกแทนที่ด้วย D-galactose sulfate หรือมีหมู่ ไพรูเวทเกาะอยู่ (4,6-0-(1-carboxy ethylidene) -D-galactopyranose) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้พอลิเมอร์เหล่านี้มีประจุ บางครั้งจึงเรียกว่า charged agarose (Usov, 1998)

2.1.2 สมบัติของวุ้น

สมบัติการละลาย ปกติวุ้นจะไม่ละลายน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่จะละลายได้ในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป หากใช้สารละลายวุ้นที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 จะต้องใช้ความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส ร่วมกับการคนสารละลายขณะให้ความร้อน จึงจะมีการละลายอย่างสมบูรณ์ หากใช้ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 5 ต้องใช้หม้อนึ่งอัดความดันช่วยในการละลาย (Armisen et al., 2000) การเกิดเจลของวุ้น กลไกการเกิดเจลของวุ้น จะเกิดขึ้นเมื่อละลายผงวุ้นที่อุณหภูมิสูงถึง 95-100 องศาเซลเซียส โมเลกุลของอากาโรสในสารละลายจะมีลักษณะเป็น random coil ซึ่งในระยะนี้โครงสร้างของโมเลกุลจะอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันเป็นเกลียวในลักษณะเกลียวคู่ (double helice) เมื่อลดอุณหภูมิต่ำลงอีกปลายสายของ double helice แต่ละคู่จะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน และเกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยจุดเชื่อมต่อนี้เรียกว่า junction zone ซึ่งเมื่อเกาะ รวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจลมากขึ้น ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่ แข็งแรง หากนำเจลวุ้นไปให้ความร้อนอีกครั้งสารพอลิเมอร์ที่จับตัวกันเป็นเกลียวนั้น จะค่อยๆ คลายตัวออกจากกัน เมื่อทำการให้ความอุณหภูมิสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส โครงสร้างของเจลจะเกิดการ คลายตัวกลายเป็นสารละลายในลักษณะของ random coil อีกครั้ง ดังนั้นเจลวุ้นจึงมีสมบัติเป็น thermoreversible gel เนื่องจากโครงสร้างของเจลมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (Dai and Matsukawa, 2012)

2.1.3 เจลวุ้น

อุณหภูมิในการเกิดเจลของวุ้นจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการละลายมากโดยจะเกิดการก่อเจลที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ใช้วุ้นความเข้มข้นเพียงร้อยละ 1-2 ก็สามารถเกิดเจลได้ Prasad et al. (2005) ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง ชนิด *G. acerosa* พบว่าวุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีอุณหภูมิในการเกิดเจลอยู่ที่ประมาณ 41.02 องศาเซลเซียส ขณะที่ Lahrech et al. (2005) ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลของวุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 พบว่ามีอุณหภูมิในการเกิดเจลอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของ อุณหภูมิในการเกิดเจลดังกล่าวอาจเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ดังหัวข้อปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของเจลวุ้น เจลวุ้นจะมีลักษณะเนื้อแข็งใส เปราะ แตกง่าย และเกิดการแยกตัวของน้ำ (syneresis) ระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลานานขึ้นจะเกิดการรวมตัวกันของ double helices ของ สายโมเลกุลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวของร่างแหพอลิเมอร์ซึ่งมีผลในการลดช่องว่างที่ใช้ สำหรับกักเก็บน้ำ การแยกตัวของน้ำจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Lahrech et al., 2005) อุณหภูมิในการหลอมเหลวของเจลวุ้นนั้นจะสัมพันธ์กับความแข็งของเจล น้ำหนัก โมเลกุลของวุ้น และระดับความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้ หากวุ้นมีความแข็งของเจลสูงอุณหภูมิในการ หลอมเหลวก็จะสูงขึ้นด้วย และนอกจากนี้อุณหภูมิในการหลอมเหลวจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณ 3,6-anhydro- α -L- galactose เพิ่มขึ้น ซึ่ง Prasad et al. (2005) ศึกษาอุณหภูมิในการหลอมเหลว ของเจลวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดงชนิด *G. acerosa* ใช้ความเข้มข้นของผงวุ้นที่ร้อยละ 1.5 พบว่าวุ้นมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ 80.65 องศาเซลเซียส และ Lahrech et al. (2005) ศึกษาอุณหภูมิในการหลอมเหลวของวุ้น โดยใช้ความเข้มข้นของวุ้นที่ร้อยละ 1.5 พบว่าวุ้นมี อุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ 81 องศาเซลเซียส

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของเจลวุ้น

สมบัติของเจลวุ้นจะมีความเหมือนหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สาหร่ายที่ใช้ในการสกัดวุ้นวิธีการสกัด และระดับความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้ในการเตรียมเจลชนิดของสาหร่าย วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายต่างชนิดกันมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ให้สมบัติของเจลวุ้น ที่ได้มีความแตกต่างกัน แม้จะใช้ที่ความเข้มข้นเท่ากัน เนื่องจากอัตราส่วนของอะกาโรสและ อะกาโรเพคตินในสาหร่ายแต่ละชนิดนั้นมีปริมาณไม่เท่ากัน กล่าวคือหากสาหร่ายชนิดใดมี อะกาโรสสูงความแข็งแรงของวุ้นจะเพิ่มขึ้น (Freile-Pelegr and Murano, 2005)

2.1.5 แหล่งที่อยู่อาศัยของสาหร่าย

แหล่งที่อยู่อาศัยของสาหร่ายมีผลต่อสมบัติของเจลวุ้นเช่นกัน ถึงแม้สาหร่ายที่นำมาสกัด นั้นจะเป็นชนิดเดียวกัน และเก็บจากประเทศเดียวกันก็ตาม เนื่องจากในแต่ละพื้นที่ที่ทำการเก็บเกี่ยวของสาหร่ายนั้นมีสภาวะทางด้านต่างๆ และอาหารสำหรับสาหร่ายที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ สาหร่ายแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ทำให้เจลของวุ้นมีสมบัติแตกต่างกัน ถึงแม้จะเก็บสาหร่ายภายในเดือนเดียวกัน (Prasad et al., 2005)

2.1.6 วิธีการสกัดวุ้น

กระบวนการสกัดวุ้นนั้นจะต้องกำจัดหมู่ซัลเฟตออกโดยการแช่ในสารละลายด่างและสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้ล้วนส่งผลต่อคุณภาพของวุ้นที่สกัดได้ การแช่วุ้นในสารละลายด่างนั้นเป็นเทคนิคในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับเจลวุ้น เนื่องจากเป็นวิธีการกำจัดหมู่ซัลเฟตออกจากโมเลกุลของวุ้น แต่การใช้ด่างที่ความเข้มข้นต่างกันจะส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลวุ้นที่ต่างกันด้วย ซึ่งหากความเข้มข้นของสารละลายด่างเพิ่มขึ้นจะมีความแข็งแรงของเจลวุ้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายด่างที่สูงขึ้นทำให้หมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลของสาหร่ายถูก กำจัดออกไปเพิ่มขึ้น แต่หากใช้ความเข้มข้นของด่างที่สูงจนเกินไปก็อาจทำให้โครงสร้างของโมเลกุลถูกทำลายลงได้ส่งผลต่อคุณภาพของเจลวุ้น และขั้นตอนของการสกัดด้วยน้ำร้อนนั้น อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อความแข็งแรงของเจลวุ้นเช่นกัน ซึ่งการสกัดวุ้นโดยใช้ความร้อนควร ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัด หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไปในการสกัด อาจส่งผลทำให้สายโซ่ ของพอลิแซ็กคาไรด์ถูกทำลาย ทำให้โมเลกุลของวุ้นเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อน ส่งผลต่อคุณภาพของเจล (Kumar and Foteda, 2009)

2.1.7 ความเข้มข้นของวุ้น

ความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้ในการเตรียมเจลจะมีผลต่อสมบัติของเจลวุ้นเช่นกันคือเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นของวุ้นเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงก็จะสูงขึ้น และนอกจากนี้ความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้ จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และอุณหภูมิในการหลอมเหลว กล่าวคือเมื่อใช้วุ้นที่ความเข้มข้นสูงขึ้น อุณหภูมิในการเกิดเจลและอุณหภูมิในการหลอมเหลวก็จะสูงขึ้นเช่นกัน (Nayar et al., 2012)

2.1.8 การผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น

การผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นกับวุ้นอาจช่วยในเรื่องของการปรับปรุงให้วุ้นมีสมบัติที่ดีขึ้น เนื่องจากวุ้นมีข้อด้อยคือ เปราะและแตกง่าย ดังนั้นการผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นอาจช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของวุ้นให้ดีขึ้น (Norziah et al., 2006)

2. 2 การใช้ประโยชน์จากวุ้น

มีการนำวุ้นมาใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น ทางด้านจุลชีววิทยา ซึ่งมีการนำวุ้นมาใช้ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียและรา เนื่องจากวุ้นมีคุณสมบัติพิเศษคือเกิดเจลที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็น อุณหภูมิที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียและรา ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย และราคือ 37 องศาเซลเซียสและวุ้นยังทนต่อการย่อยสลายให้เป็นของเหลว จึงมีการนำวุ้นมาใช้ ประโยชน์ทางด้านจุลชีววิทยามากที่สุด สำหรับทางด้านอาหารนั้นมีการใช้วุ้นกันอย่างกว้างขวาง ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมขนมหวาน ผลิตภัณฑ์นม อุตสาหกรรม เครื่องดื่ม โดยนำ วุ้นมาใช้เป็นสารให้ความคงตัว เพิ่มความใสให้กับผลิตภัณฑ์มา ใช้เป็นสารที่ทำให้ขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำ วุ้นมาใช้ทางการแพทย์ซึ่งวุ้นจะช่วยในการรวมตัวกับสารพิษ ต่างๆ แล้วขับออกมาจากร่างกาย และวุ้นเป็นอาหารที่ไม่ให้แคลอรี จึงจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ช่วยลดน้ำหนัก (Richard, 1996)

2.3 วุ้นกับอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ

อุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture Industry) Agar เป็นตัวกลางเป็น media ที่ดีเมื่อผสมกับอาหารที่พืชต้องการ นำนึ่งในหม้อนึ่งความดัน เทใส่ภาชนะและทิ้งให้เย็นตัวก็จะได้วุ้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยรากพืชสามารถยึดเกาะและดูดซึมอาหารได้ดี ความเข้มข้นที่ใช้กันแพร่หลาย และได้ผลดีคือ 0.8% วุ้นผสมอาหารเพื่อใช้เป็น media ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

อุตสาหกรรมขนมหวาน (Dessert Industry) วุ้นนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการทำขนมหวานหลายชนิด วุ้นมะพร้าวอ่อน วุ้นกะทิ วุ้นกาแฟ ฯลฯ เป็นตัวทำให้เกิด gel และเป็นตัวชะลอการตกผลึกของน้ำตาล ช่วยให้ emulsion คงตัวและกระจายตัวสม่ำเสมอ ช่วยให้ฟองมีความคงตัวด้วย ใช้ในผลิตภัณฑ์ Bakery, Cake ที่มี Icing เช่น โดนัท ใช้ Agar เป็นตัวจับ free water ในผลิตภัณฑ์ เพื่อไม่ให้

icing หรือน้ำตาลบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์หลอมละลายและเหนียวติดกับวัสดุที่ห่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เสียไป

อุตสาหกรรมอาหาร (Food Industry) ในผลิตภัณฑ์เนื้อ และสัตว์ปีก จะมีการใช้วุ้นเป็นวัตถุเจือปนอาหารเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ช่วยให้มีลักษณะเนื้อสัมผัส ความสามารถในการอุ้มน้ำ สี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อและไก่กระป๋อง จะมีการใช้วุ้นช่วยป้องกันการละลายของลักษณะเนื้อสัมผัส และช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้ออบต่างๆมีการจับตัวกันได้ดียิ่งขึ้น สำหรับผลิตภัณฑ์ปลากระป๋อง ตัววุ้นจะช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาไม่ให้เกิดความเสียหาย จากการถูกระทบกระแทกระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้ Diet food อาจใช้วุ้นจาก Agar ช่วยให้อิ่มได้โดยไม่ให้อ้วน เพราะคุณสมบัติที่เป็น Hydrocolloid ของ Agar เอง

อุตสาหกรรมนม (Milk and Related Industry) ผลิตภัณฑ์นมชนิดต่างๆ ซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทไอศกรีม Sherbets เนยแข็ง และผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ มีการใช้วุ้นเป็นส่วนประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความคงตัว และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว เช่น โยเกิร์ตมีการใช้วุ้นเพื่อให้ข้นหนืด และในนมที่มีการใส่ chocolate วุ้นจะช่วยให้มีการแขวนลอยได้ดีขึ้น

อุตสาหกรรมเวชภัณฑ์ (Pharmaceutical Industry) คุณสมบัติของ gel เป็นสารคงความยืดหยุ่นและลื่น จึงนำ Agar มาใช้เป็นส่วนประกอบของยาระบาย (Laxative) เนื่องจาก Agar ช่วยทำให้เกิดกากอาหารในลำไส้ไม่ระคายเคืองต่อผนังลำไส้ และช่วยให้การบีบรัดตัวของผนังลำไส้ (Peristalsis) เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของปลอกหุ้ม (Capsule) ของเม็ดยาด้วย และเป็นส่วนผสมของครีมโลชั่นทาผิว

อุตสาหกรรมทางจุลชีววิทยา (Microbiological Industry) มีการนำ Agar มาใช้อย่างแพร่หลายในด้านการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อตรวจเชื้อในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ในห้องทดลอง ตามโรงพยาบาลต่างๆยิ่งกว่านั้นอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเชื้อใช้ในอุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสีย หรือผลิตจุลินทรีย์เพื่อใช้แทนขี้หมามาแกล้ง ก็สามารถนำ Agar อย่างได้ผลดียิ่ง

2.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry rice)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry rice) ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้า สีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ข้าวกล้องมีความนุ่มนวลมาก ปลูกได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตต่อไร่ปานกลาง ต้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรคหาลาว จึงควรเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบการปลูกอีกข้อจำกัดคือเป็นข้าวที่ต้องการเอาใจใส่เป็นพิเศษ โดยปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ และต้องมีสภาพอากาศเย็น เพื่อสร้างสีเมล็ดลักษณะประจำพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ความสูง 105-110 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 130 วัน ผลผลิต 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง (brown rice) 76% ต้นข้าวหรือข้าวเต็มเมล็ด (head rice) 50% ความยาวของเมล็ดข้าวเปลือก 11 มิลลิเมตร ข้าวกล้อง 7.5 มิลลิเมตร ข้าวขัด 7.0 มิลลิเมตร

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว โดยความร่วมมือจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พันธุ์ข้าวนี้ได้จดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่แล้ว ห้ามนำไปขยายพันธุ์เชิงการค้าต่อ โดยไม่ได้รับอนุญาตจากวช. และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และฟอสเฟตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลางนอกจากนี้ ข้าวและน้ำมันรำข้าว ทั้งยังมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ นอกจากจะใช้รับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งทางการแพทย์ยังนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารโภชนาบำบัดด้วย(ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, 2557) สารอาหารสำคัญที่อยู่ในข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ประกอบด้วยโอเมก้า 3 มีอยู่ 25.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กรดไขมันจำเป็น มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสมอง ดับและระบบประสาท ลดระดับคอเลสเตอรอล ธาตุสังกะสี 31.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยสังเคราะห์โปรตีน สร้างคอลลาเจน รักษาผิว ป้องกันผมร่วง กระตุ้นรากผม, ธาตุเหล็ก 13-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สร้างและจ่ายพลังงานในร่างกาย เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนในร่างกาย และสมอง

วิตามินอี 678 ug ต่อ 100 กรัม ช่วยลดความแก่ ผิวพรรณสดใส ลดอัตราเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดสมองและหัวใจ ทำให้ปอดทำงานดีขึ้น, วิตามินบี 1 มีอยู่ 0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำเป็น

ต่อการทำงานของสมอง ระบบประสาท ระบบย่อย ป้องกันโรคเหน็บชา, เบต้าแคโรทีน (สารตั้งต้นของวิตามินเอ) 63 ugต่อ 100 กรัม ชะลอความแก่ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง บำรุงสายตา ลูทีน 84 ugต่อ 100 กรัม ป้องกันจอประสาทตาเสื่อม บำรุงการไหลเวียนของเลือดในเส้นเลือดฝอยที่หล่อเลี้ยงตา โพลีฟีนอล 113.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง

แทนนิน 89.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แก๊ทอโรว่ง แก๊บิ็ด สมานแผล แผลเปื่อย แกมมา โอไรซานอล 462 ugต่อ 100 กรัม ลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในหลอดเลือด ทำให้เลือดหมุนเวียนไปเลี้ยงอวัยวะส่วนต่างๆ ได้อย่างเป็นปกติ ลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง สมองเสื่อม นอกจากนี้ เส้นใยอาหาร (fiber) มีอยู่ปริมาณมากในข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ช่วยระบบขับถ่าย (ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์ และคณะ, 2557)

2.5 น้ำตาล (Sugar)

น้ำตาลโดยทั่วไป หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ในงานวิจัยนี้ได้ใช้น้ำตาลคือน้ำตาลทรายขาว ซึ่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 0.1 น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน โดยน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีเมื่อมีการผสมน้ำตาลในอาหาร น้ำตาลจะมีคุณสมบัติคือ (อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล, 2554)

- (1) เป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive sweetener)
- (2) การละลาย น้ำตาลที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักมีการละลายน้ำได้ดีตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิซึ่งการละลายได้จะสูงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- (3) การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูปและเก็บรักษาอาหารบางชนิดจะพบว่ามีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์อาจเป็นที่ต้องการหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารอาจเนื่องมาจาก
 - (3.1) ปฏิกิริยาการเกิดสารน้ำตาลเคียวไหม้ (Caramelization) ระยะแรกของการเกิดสารน้ำตาลเคียวไหม้น้ำตาลจะสูญเสีย น้ำ 1 โมเลกุล เกิดน้ำตาลแอนไฮโดร (Anhydrosugar) กรณียของซูโครสเมื่อถูกความร้อนประมาณ 200 °c ผลึกของซูโครสจะละลายและเดือดเป็นฟอง และจะหยุดเมื่อ

เวลาผ่านไปประมาณ 35 นาทีสารเคมีที่เกิดขึ้นในระยณะนี้จะไม่หวานและเริ่มมีรสขม หลังจากที่ได้เดือดเป็นฟองในระยณะที่ 2 ประมาณ 55 นาทีจะเกิดสารคาราเมลแลน(Caramelan) ซึ่งมีรสขม

(3.2) ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ในอาหารที่มีไนโตรเจนโดยเฉพาะสารประเภทอะมีน (Amine) จะเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารเร็วขึ้น ปฏิกิริยาเริ่มต้นเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิล (-CO) ของน้ำตาล และกลุ่มอะมิโน (-NH₂) ของกรดอะมิโน มักเกิดขึ้นในอาหารแห้งหรืออาหารที่มีความเข้มข้นสูง กรดอะมิโนเมื่อรวมกับกลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาลในปฏิกิริยานี้จะเกิดเป็นสารสีที่ร่างกายนำมาใช้ไม่ได้

(4) การดูดและเก็บรักษาความชื้น คุณสมบัตินี้ของน้ำตาลมีผลต่อเนื้อสัมผัส และความคงทนในการรักษาลักษณะของอาหาร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์ และคณะ(2553) พบว่า หลังจากให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ (จำนวน ๒๕ คน) รับประทานข้าวกล้องสีนเหล็กวันละ ๒ มื้อ เป็นเวลา ๘ สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ขณะที่ค่าเฉลี่ยของระดับโคเลสเตอรอลตัวดี (HDL-C) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดหลังจากผู้ป่วยเบาหวานกลุ่มเดียวกันรับประทานข้าวขัดสีนเหล็กเป็นเวลา ๘ สัปดาห์ ผลการวิจัยจึงบ่งชี้ว่า การรับประทานข้าวกล้องสีนเหล็กเป็นประจำน่าจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวานตลอดจนคนปกติด้วยนอกจากนี้ ทางคณะผู้วิจัยกำลังพัฒนาสารและรำข้าวจากข้าวทั้ง ๒ พันธุ์ เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและยา ในรูปของแคปซูลต่างๆ เพื่อสนองคนรักสุขภาพในเมืองที่ไม่มีเวลาหุงข้าวทานเองให้มีโอกาสได้รับสารอาหารจากข้าวได้มากขึ้นด้วย(ข้าววม.มหิดล 2553)

ณรงศักดิ์ สุพิรัตน์วนิช(2550) พฤติกรรมของผู้บริโภค ต่อการเลือกซื้อข้าวกล้อง ในอำเภอเมืองเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 20-30 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี ประกอบอาชีพข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ มีรายได้เฉลี่ย 10,001-15,000 บาท/เดือน สถานะ เป็นโสดมีสมาชิกในครอบครัวตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกซื้อข้าวกล้องโดย ไม่สนใจ ยี่ห้อ เพื่อนำไปรับประทาน เพราะต้องการรักษาสุขภาพ ทั้งนี้ผู้บริโภคเป็นผู้

ตัดสินใจซื้อเอง ซึ่งจะทำให้การซื้อข้าวกล้องเดือนละครั้ง ๆ ละ 1 กิโลกรัม นิยมซื้อจากร้านไฮเปอร์มาร์เก็ต ตามการแนะนำจากบุคคลอื่น ส่วนปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีผลต่อการซื้อมากที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าปัญหาในการซื้อข้าวกล้อง โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่สำคัญสูงสุด คือ มอดและแมลงต่างๆ

อภิชาติ วรรณวิจิตร และคณะ(2551) กล่าวว่า ความสำเร็จในการพัฒนาพันธุ์ข้าวสินเหล็กและไรซ์เบอร์รี่ ปรากฏว่า ข้าวสินเหล็กเป็นข้าวนุ่มที่มีความหนาของธาตุเหล็กของข้าวกล้องในระดับประมาณ 20-22 มก./กก. โดยนำไปทดสอบกับเด็กนักเรียนที่มีสภาวะพร่องธาตุเหล็ก จำนวน 106 คน ที่โรงเรียนวัดดอนจั่น อ. เมือง จ. เชียงใหม่ จนเมื่อเวลาผ่านไป 8 เดือน พบว่า ทิศทางการเปลี่ยนแปลงสภาวะโภชนาการดีขึ้น กล่าวคือ กลุ่มนักเรียนที่บริโภคข้าวสินเหล็กมีระดับ hemoglobin ที่เพิ่มขึ้น 91 % ในขณะที่กลุ่มที่บริโภคข้าวควบคุมมี ระดับ hemoglobin ที่เพิ่มขึ้นเพียง 70 % เมื่อนำข้าวกล้องสินเหล็กมาทดลองบริโภคเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ผู้ป่วยเบาหวาน 2 กลุ่ม พบว่า การบริโภคข้าวกล้องสินเหล็ก ช่วยแก้ปัญหาเบาหวานได้ชัดเจนกว่า และทำให้ สภาวะคือต่อ insulin ลดลงและการทำงานของตับอ่อนดีขึ้นและค่าเฉลี่ยของ triglyceride ลดลงและควบคุม ระดับคลอเรสเตอรอลด้วย ส่วนในการต่อต้านเซลล์มะเร็งชนิดต่าง ๆ ได้ทำการสกัด สารสกัดจากรำข้าวสินเหล็กและไรซ์เบอร์รี่ ชนิดไม่สกัดหรือสกัดน้ำมันออกแล้ว พบว่า สารสกัดโดยใช้ 70 % ethanol ของข้าวทั้ง สองพันธุ์ให้ผลยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF - 7) และลำไส้ (Caca - 2) ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสารสกัด ethanol จากรำไรซ์เบอร์รี่จะให้ผลเร็วที่สุด โดยเฉพาะจากรำข้าวที่ไม่ได้สกัดเอาน้ำมันออกไปจะให้ผลที่ ดีกว่างานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า รำข้าวเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ที่น่าสนใจที่สุด การนำเอารำข้าวมาผลิตเป็นอาหารเสริมน่าจะมีศักยภาพสูงในเชิงบำบัดและเสริมสุขภาพ

นางสาวธีรณัฐ ฉายศิริโชติ และ นางสาวสุวรรณา พิชัยขงศ์วงศ์, 2558 ได้ทำการวิจัยการพัฒนาเส้นขนมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผงการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมการยอมรับของผู้บริโภค และอายุการ เก็บของเส้นขนมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผงดำเนินการทดลองโดยศึกษา 1) ปริมาณใย- อาหารผงจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสมในเส้นขนมสดโดยใส่ร่วมกับผงวุ้น ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale 2) คัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และ 3) ศึกษา อายุการเก็บ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างด้วยค่า F-test เปรียบเทียบ

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิจัยพบว่า สูตรเต้าหู้นมสดที่เติมโยเกิร์ตร้อยละ 0.5 เป็นสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วยผง- รุ้นร้อยละ 0.41 เปลือกส้มโอผงร้อยละ 0.50 เจลาตินร้อยละ 0.62 น้ำตาลทรายร้อยละ 3.79 น้ำร้อยละ 61.54 นมข้นหวานร้อยละ 15.92 นมข้นจืดร้อยละ 16.60 และกลิ่นวานิลลาร้อยละ 0.62 จาก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเต้าหู้นมสดที่เติมโยเกิร์ตร้อยละ 0.5 ของ น้ำหนักรวม เปรียบเทียบ กับเต้าหู้นมสดที่ไม่เติมโยเกิร์ต (สูตรควบคุม) พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน และค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของเต้าหู้นมสดทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณความชื้นนั้นเต้าหู้นมสดที่เติมโยเกิร์ตร้อยละ 0.5 มีความชื้นลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณโยเกิร์ต ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด ปริมาณฟีนอล- ลิคทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเต้าหู้นมสดนี้ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 80.0 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 80.0 และผู้บริโภคให้เต้าหู้นมสดนี้ที่มีขนาดบรรจุ 6 ออนซ์ จำหน่ายใน ราคา 15 บาทต่อด้วย จากศึกษาอายุการเก็บของเต้าหู้นมสดเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกส้มโอ ผงนี้ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) พบว่าผลิตภัณฑ์นี้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) มีอายุการเก็บ 2 วัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ผลิตโดย : กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ชีวภาพศรีวิสุทธิ)
- 3.1.1.2 น้ำตาลทรายขาว ตราลิน
- 3.1.1.3 ผงวุ้น ตรานางเงือก
- 3.1.1.4 น้ำ
- 3.1.1.5 เกลือ ตรามือ
- 3.1.1.6 กะทิธัญพืช UHT ยี่ห้อ good life

3.1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

- 3.1.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง UWE (HGS SERIES)
- 3.1.2.2 อ่างผสม
- 3.1.2.3 กระทะทองเหลือง
- 3.1.2.4 พายไม้
- 3.1.2.5 ถาด
- 3.1.2.6 เตาแก๊ส
- 3.1.2.7 ช้อนตวง
- 3.1.2.8 ถ้วยตวงของเหลว
- 3.1.2.9 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.1.2.10 ผ้าขาวบาง

3.1.3 เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

- 3.1.3.1 เครื่องวัดค่าสี Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex
- 3.1.3.2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Infrared Moisture Analyzer)
- 3.1.3.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด Digital brix meter รุ่น PR-32a

ยี่ห้อ ATAGO

3.1.3.2 เครื่องวัดวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ Water activity รุ่น 4TE

3.1.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1.4.1 คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก

3.1.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Statistics 23

3.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.1.5.1 แบบประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

3.2 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของวุ้นกะทิ

ในขั้นตอนแรกทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์วุ้นสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร (ดังตารางที่ 3.1) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์วุ้นทั้ง 3 สูตรไปผลิต ดังขั้นตอนในภาคผนวก ข. ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์วุ้นสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร

ตารางที่ 3.1 วุ้นกะทิสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)
ส่วนผสมหน้ากะทิ			
น้ำเปล่า	1,250	1,000	1,000
ผงวุ้น	15	22	15
น้ำตาลทราย	280	200	240
เกลือ	10	15	5
กะทิ	500	500	450

ส่วนผสมตัวผลิตภัณฑ์วุ้น			
น้ำเปล่า	1,320	960	960
ผงวุ้น	20	15	10
น้ำตาลทราย	240	180	180

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 : สุนิสา ไชยสุวรรณ,2555 สูตรที่ 2: ศศินิภา แซ่ลิ้ม,2557 สูตรที่ 3:วนิษา สงสุวรรณ,2556

โดยทำการทดสอบทางประสัมพัสดด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองสุ่มแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิม เป็นนักศึกษาและอาจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มทร.ศรีวิชัย จำนวน 40 คน แบบทดสอบชิมคือ 9-point hedonic scale ทำการวิเคราะห์ผลด้วย โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test ; DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ในขั้นต่อไป

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.3.1 การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ชั่งน้ำหนักข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้ได้ตามสูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 (ศศินิภา แซ่ลิ้ม,2557)แล้วนำไปต้มให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเพื่อแช่ข้าวในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 การเตรียมน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ แช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดยเติมน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 2:1 และแปรระยะเวลาเป็น 3 ระยะคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที นำน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการแช่ 3 ระยะเวลายไปกรองด้วยผ้าขาวบางเก็บไว้เพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

3.3.3 การใช้น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนน้ำเปล่าในสูตรพื้นฐาน นำน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระยะเวลา จากข้อ 3.2.2.2 ทดแทนน้ำเปล่าที่ระดับร้อยละ 100 และนำเข้าสู่กระบวนการผลิต

จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสต่อไป

3.3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ก.คุณสมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี

นำผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ ระยะเวลา 3 ระยะเวลาคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที ไปวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex โดยการวางแผนการทดลองแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test ; DMRT)

ข.คุณสมบัติทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ ระยะเวลา 3 ระยะเวลาคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที ไปทำการวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมีด้านต่างๆดังนี้

- ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) โดยเครื่องวัดค่า Water activity รุ่น 4TE

- ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยเครื่อง Digital brix meter รุ่น PR-32a ยี่ห้อ ATAGO

- ค่า ความชื้น (Moisture) โดยเครื่อง Infrared Moisture Analyzer โดย การ วาง

แผนการทดลองแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test ; DMRT)

ค. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์วันที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ ระยะเวลา 3 ระยะเวลาคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที ไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบ สุ่มใน บล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิม เป็นนักศึกษาและอาจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มทร. ศรีวิชัย จำนวน 40 คน วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test ; DMRT)

3.4 การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่

ในขั้นตอนนี้ ทำการศึกษาปริมาณของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยแปรปริมาณกะทิธัญพืช ออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25 50 และ 75 โดยให้สูตรที่ไม่เติมกะทิธัญพืชเป็นสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale นำไปวางแผนการทดลองแบบ สุ่มใน บล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิม เป็นนักศึกษาและอาจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มทร.ศรีวิชัย จำนวน 40 คน วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test ; DMRT)

3.5 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากข้อ 3.2.3 ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม Nutrisurvey 2007 โดยรายงานผลเป็น 1 หน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์วัน

บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์ผล

4.1 การคัดเลือกวันกะทิสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 4.1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวันกะทิสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	วันกะทิสูตรพื้นฐาน		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี ^{ns}	6.57 ± 1.31	6.40 ± 1.07	6.43 ± 1.22
กลิ่นรส	7.07 ± 1.08 ^a	6.30 ± 1.12 ^b	6.57 ± 1.46 ^b
รสชาติ	7.10 ± 1.16 ^a	5.47 ± 1.80 ^b	6.70 ± 1.06 ^a
เนื้อสัมผัส	7.63 ± 1.19 ^a	4.63 ± 1.99 ^c	6.77 ± 1.36 ^b
ความชอบรวม	7.80 ± 0.76 ^a	5.57 ± 1.68 ^c	6.73 ± 1.05 ^b

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

สูตรที่ 1 : นิดดา หงษ์วิวัฒน์, 2553 สูตรที่ 2 : อรวสุ นพพรค์, 2542 และ สูตรที่ 3 : รัมภา ศิริวงศ์, 2552

จากตารางที่ 1 แสดงผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวันกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนด้านสีของวันกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) เนื่องจากไม่มีการใช้สีเติมแต่งในวันกะทิตั้ง 3 สูตร เป็นผลให้คะแนนการยอมรับด้านสีไม่ต่างกัน ส่วนคะแนนด้านกลิ่นรสของสูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ในขณะที่คะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของสูตรที่ 2 แตกต่างจากสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 3 ($p\leq 0.05$) เนื่องจากการใช้ปริมาณกะทิที่แตกต่างกันจากสูตรพื้นฐานเป็นผลให้ผู้บริโภคมีความชอบต่างกัน อาจเนื่องมาจากกลิ่นรสของกะทิในวันกะทิตั้ง 3 สูตรมีความเข้มข้นจากปริมาณที่ใส่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

แพรว และ ชงชัย (2558) พบว่าการใช้น้ำกะทิขนมไทยแบบสดในปริมาณที่ต่างกัน คือร้อยละ 62 59 และ 54 ตามลำดับ มีแนวโน้มได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง ($p \leq 0.05$) จึงเป็นไปได้ว่าคะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของวุ้นกะทิทั้ง 3 สูตร จึงมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของวุ้นกะทิสูทรที่ 1 มีคะแนนสูงสุด แตกต่างจากสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงคัดเลือกสูตรที่ 1 ไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลของการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนน้ำเปล่าในผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิมะพร้าว

ตารางที่ 4.2 ค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีของผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิมะพร้าวที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 3 ระยะเวลา

คุณลักษณะทางกายภาพ	ระยะเวลา (นาที)		
	15	30	45
ค่าความแข็ง ^{ns}	4.63 ± 0.83	4.80 ± 0.07	5.28 ± 0.35
ค่าสี L* (ความสว่าง)	12.89 ± 0.91^a	8.70 ± 0.05^b	5.80 ± 0.22^c
ค่าสี a* (สีแดง-เขียว)	4.50 ± 0.21^c	5.63 ± 0.29^b	7.65 ± 0.11^a
ค่าสี b* (สีน้ำเงิน-เหลือง)	2.49 ± 0.15^a	2.09 ± 0.22^{ab}	1.83 ± 0.33^b

หมายเหตุ : ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี พบว่า ค่าสี L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง แต่ถ้า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณทิพย์ เหมะธูลินและคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์

ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 31 สายพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี L^* และ b^* (-0.69^{**} และ -0.61^{**}) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี a^* (0.60^{**}) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่าลักษณะค่าสี (L^* , a^* และ b^*) สามารถนำมาใช้คัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทางอ้อมได้ โดยการคัดเลือกพันธุ์ที่มีค่าสี L^* ต่ำ ค่า a^* สูง และค่า b^* ต่ำ จะทำให้มีโอกาสได้พันธุ์ข้าวโพดที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงด้วยเช่นเดียวกัน

ดังนั้นผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลาการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 45 นาที มีค่า a^* สูงสุด ซึ่งเป็นสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารแอนโทไซยานินที่มีในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลาในการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 15 และ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากค่าสี a^* ของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ระยะเวลาในการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 45 นาที มีค่าเป็นบวก คือค่าสีแดง เป็นผลให้ปริมาณของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น โดยที่สารแอนโทไซยานินของข้าวไรซ์เบอร์รี่จะพบได้ในส่วน pericarp คือรำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry Bran) ซึ่งเป็นสารรงควัตถุที่มีความสามารถในการละลายในน้ำได้ จัดอยู่กลุ่มของฟลาโวนอยด์ (อติเรก ล้อมวงษ์, 2555) เป็นผลให้ค่า L^* และค่า b^* มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าเนื้อสัมผัสของวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระดับ พบว่า ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์วุ้นมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจาก

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 3 ระยะเวลา

คุณลักษณะทางเคมี	ระยะเวลา (นาที)			
	0 (สูตรควบคุม)	15	30	45

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{ns} (°brix)	30.27 ± 0.14	30.43 ± 0.41	30.46 ± 0.55	30.66 ± 0.32
ปริมาณน้ำอิสระ ^{ns} (%)	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.00	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.00
ความชื้น ^{ns} (%)	15.20 ± 0.32	15.37 ± 0.34	15.74 ± 0.23	15.21 ± 0.33

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ 3 ระยะเวลาคือ 15 30 และ 45 นาทีพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมเนื่องจากปริมาณของส่วนผสมทั้ง 3 สูตรเหมือนกันและการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกับคุณลักษณะทางเคมีทั้งหมด

ตารางที่ 4.4 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 ระยะเวลา

คุณลักษณะ	ระยะเวลา (นาที)		
	15	30	45
สี	7.10 ± 0.88 ^b	7.17 ± 0.98 ^b	7.67 ± 0.89 ^a

กลิ่นรส	6.90 ± 0.99^b	7.13 ± 1.00^{ab}	7.53 ± 1.04^a
รสชาติ ^{NS}	7.10 ± 0.75	7.20 ± 0.96	7.57 ± 1.07
เนื้อสัมผัส ^{NS}	7.40 ± 0.67	7.43 ± 0.97	7.30 ± 1.26
ความชอบโดยรวม ^{NS}	7.27 ± 0.64	7.33 ± 0.84	7.67 ± 0.95

หมายเหตุ : ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 ระยะเวลา พบว่า คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระยะเวลา คือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากมีปริมาณของส่วนผสมทั้งหมดที่เดิมในสูตรผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 3 ระยะเวลา มีวัตถุดิบเหมือนกันและน้ำหนักของส่วนผสมคงที่

ทั้งนี้ คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 45 นาที มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 15 นาที และ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากระยะเวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะด้านสีซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านสีค่า $L^* a^* b^*$ (ตารางที่ 4.2) ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เป็นผลมาจากปริมาณสารแอนโทไซยานินที่พบในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะสีม่วงเข้ม ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 45 นาที จึงได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านสีสูงสุด

ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 30 นาที และ 45 นาที ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ในขณะที่เดียวกันผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 45 นาที แตกต่างจากผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 15 นาที เนื่องจากการแช่น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 30 นาที และ 45 นาที

ทำให้มีกลิ่นรสของข้าวไรซ์เบอร์รี่มีกลิ่นหอมของข้าวมากกว่าการแช่ที่ระยะเวลา 15 นาที จึงส่งผลให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 30 นาที และ 45 นาที ได้รับการยอมรับมากที่สุด ($p \leq 0.05$)

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 45 นาที ได้รับคะแนนเฉลี่ยในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์วันสูตรดังกล่าวไปพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

4.3 ผลของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่

จากการทดลองศึกษาปริมาณของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ปริมาณการทดแทนกะทิธัญพืช (ร้อยละ)			
	0	25	50	75
	(สูตรควบคุม)			
สี	7.10 ± 0.88^a	8.00 ± 0.74^a	7.20 ± 0.84^a	6.93 ± 1.00^b
กลิ่นรส	7.60 ± 0.81^a	7.80 ± 0.84^a	7.40 ± 0.93^a	6.23 ± 0.56^b
รสชาติ	7.70 ± 1.02^a	7.67 ± 0.75^a	7.27 ± 0.82^a	6.40 ± 0.77^b
เนื้อสัมผัส ^{NS}	7.77 ± 0.85	7.73 ± 0.78	7.40 ± 0.96	7.63 ± 0.80
ความชอบโดยรวม	7.93 ± 0.82^a	7.63 ± 0.76^a	7.60 ± 0.85^a	6.47 ± 1.00^b

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระดับพบว่า การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุม (ร้อยละ 0) คุณลักษณะด้านสีส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ใช้กะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 75 เนื่องจากการใช้กะทิธัญพืชในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 75 นั้นจะทำให้ส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เป็นส่วนประกอบของกะทินั้นมีลักษณะสีขาวออกสีเหลืองซึ่งเป็นสีเฉพาะของกะทิธัญพืชมาจากน้ำมันรำข้าวที่เป็นส่วนประกอบหลักของกะทิธัญพืช (ฤทัย เรืองธรรมสิงห์, 2554) คุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวมของส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 25 และ 50 ไม่

แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ใช้กะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 75 เนื่องจาก การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวที่ร้อยละ 75 ขึ้นไป จะส่งผลให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของกะทิธัญพืชเด่นชัดจากปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่เป็นส่วนประกอบหลักของกะทิธัญพืช เป็นผลให้ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมน้อยกว่าการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวที่ระดับร้อยละ 25 และ 50 ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัย เรืองธรรมสิงห์, 2550 พบว่า การใช้กะทิธัญพืชในการผลิตขนมทองม้วนจะมีข้อด้อยในด้านของกลิ่นรสและรสชาติที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ระดับร้อยละ 50 มีคะแนนในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจาก ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ระดับร้อยละ 25 และสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ($p > 0.05$) จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวที่ระดับร้อยละ 50 เนื่องจากการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในระดับสูงสุด เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับได้ นอกจากนี้การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในระดับร้อยละ 50 มีแนวโน้มว่าสามารถลดปริมาณของไขมันอิ่มตัวและเพิ่มปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและหลายตำแหน่งในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรารัตน์ สานนท์ (2552) พบว่าการใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในขนมหม้อแกงไข่ที่ร้อยละ 100 มีไขมันอิ่มตัวลดลงร้อยละ 57.73 ส่วนไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.76 และ 21.70 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการทดแทนที่ร้อยละ 50 จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ปริมาณกะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 50 ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 1 หน่วยบริโภค

ผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิทดแทนน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่

องค์ประกอบ (สารอาหาร)	ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ ใช้ กะทิมะพร้าว	ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิ มะพร้าวที่ร้อยละ 50
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	27.73	27.73
โปรตีน (กรัม)	0.02	0.02
ไขมัน (กรัม)	1.46	1.46
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	1.28	0.86
ไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (กรัม)	-	0.22
ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (กรัม)	-	0.29
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.08	4.08
โซเดียม (มิลลิกรัม)	21.20	18.94
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	23.47	0.08
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	2.40	0.15
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	2.56	0.05
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	2.57	0.07

หมายเหตุ : 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 1 1/3 ช้อน (20 กรัม)

จากตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวร้อยละ 50 จำนวน 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 20 กรัม (จากประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ.2541) พบว่า มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 27.73 กิโลแคลอรี ซึ่ง

ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากกะทิธัญพืชและกะทิมะพร้าวมีพลังงานเท่ากัน แต่ในขณะเดียวกันพบว่าสูตรที่มีใช้กะทิธัญพืชที่ระดับร้อยละ 50 จะมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าสูตรต้นแบบที่ใช้กะทิมะพร้าวถึง 0.42 กรัม และมีไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 0.22. และ 0.29 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัย เรืองธรรมสิงห์, 2550 พบว่าการใช้กะทิธัญพืชในการผลิตขนมทองม้วนจะมีข้อดีในด้านของกลิ่นรสและรสชาติที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่มีข้อดีในด้านคุณค่าทางโภชนาการ คือ ให้ไขมันอิ่มตัวต่ำกว่ากะทิมะพร้าวถึงร้อยละ 17 นอกจากนี้งานวิจัยของ ศิริกมล, 2551 ได้ทดลองให้กลุ่มตัวอย่างบริโภคกะทิจากมะพร้าวเปรียบเทียบกับกะทิจากธัญพืช พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่บริโภคกะทิจากธัญพืชนอกจากจะมีระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ลดลงแล้วยังทำให้ค่า HDL เพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าว สามารถนำมารับประทานในเชิงอาหารเพื่อสุขภาพได้เนื่องจากในตัววุ้นมีปริมาณของสารสิ่งคงตัวที่ละลายน้ำได้จัดอยู่ในกลุ่มพลาไวโนยด์คือสารแอนโทไซยานินมีสมบัติทางโภชนเภสัช เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคอีโคไลในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์., 2556) นอกจากนี้ยังพบหลักฐานอีกว่าสารแอนโทไซยานินในกลุ่มนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการจัดเป็น Functional food เพราะสารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze et al., 2004) และในส่วนหน้าของวุ้นได้มีการทดแทนกะทิธัญพืชเพื่อช่วยลดปริมาณไขมันอิ่มตัวลงทำให้เมื่อผู้บริโภครับประทานเข้าไปมีความเป็นไปได้ว่าจะมีระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ลดลงแล้วยังทำให้ค่า HDL เพิ่มขึ้นด้วยจากคุณสมบัติของกะทิธัญพืช

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ได้รับ การยอมรับจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุดทั้งในด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม คือ สูตรที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 7.07, 7.10, 7.63 และ 7.80 ตามลำดับซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

5.1.2 จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์วัน พบว่า การยอมรับของผู้ทดสอบชิม ในการแช่ที่ระยะเวลา 45 นาที มีคะแนนด้านสีและกลิ่นรสสูงสุด โดยมี ค่าเท่ากับ 7.67 และ 7.53 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่า a^* ที่เป็นสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์วันที่มีค่าสูงสุดคือ 7.67 ซึ่งในระยะเวลาการแช่แต่ละระดับไม่ส่งผลต่อปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าน้ำอิสระและค่าความชื้น

5.1.3 จากการศึกษาระดับการยอมรับของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อการทดแทนกะทิธัญพืช พบว่า ระดับที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับ คือ การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวที่ระดับ 25 และ 50 โดยมี คะแนนด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) จึงสามารถใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวได้สูงสุดคือร้อยละ 50

5.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิ มะพร้าวจำนวน 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 20 กรัม พบว่า มีปริมาณพลังงานเท่ากับ 27.73 กิโลแคลอรี ไม่ มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์วันข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ใช้กะทิมะพร้าว แต่ พบว่าสูตรที่มีการใช้กะทิธัญพืชทดแทนจะมีไขมันอิ่มตัว น้อยกว่าสูตรควบคุมที่ใช้กะทิมะพร้าวถึง 0.42 กรัม และมีไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 0.22. และ 0.29 กรัม ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรศึกษาสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่
- 5.2.2 ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่
- 5.2.3 ควรวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่
- 5.2.4 ควรศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆในผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์วัน

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของตัวอย่างผลิตภัณฑ์		
	รหัส.....	รหัส	รหัส.....
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
ลักษณะเนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

คณะผู้วิจัย

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Colorflex EZ) รุ่น Hunterlab Versus CIE 1976



รูปที่ 1 เครื่องวัดค่าสี Hunter Lab

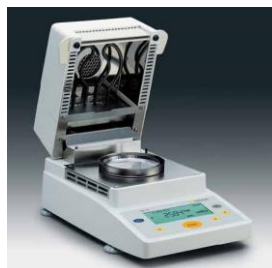
1. แสงที่ต้องการ ▼ (A, C, D65, F และ TL84)
2. กดปุ่มเลื่อน ▼ แถบดำมาอยู่กับการกำหนด OBS (Observer : ผู้สังเกตการณ์)
3. กดปุ่ม หรือ จนปรากฏผู้สังเกตการณ์ที่ต้องการ (10 องศา)
4. กดปุ่ม ► ◀ เลื่อนแถบดำมาอยู่ที่ SET COLOR Scale
5. กด ⚡ หรือจนปรากฏ Color Scale ที่ต้องการ ($L^* a^* b^*$)
6. วางหอยจ้อยในพลาสติกสำหรับบรรจุตัวอย่าง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรใช้ร่วมกับ ring and disk set วางบน port แล้วใช้ Sample Cup Cover ใช้ครอบ glass sample cup เพื่อป้องกันแสงจากภายนอก
7. เมื่อกำหนด Setup ต่างๆเสร็จเลื่อนปุ่ม slide ด้านข้างด้วยตัวเครื่องที่สัญลักษณ์ ⚡
8. อ่านค่าที่ได้จากเครื่องวัดค่าสี วัด 3 ครั้ง

หมายเหตุ

- ☐ การ Standardize เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้น เพื่อ set ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด เพื่อการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ
- ☐ ต้องการทำ Standardize บ่อยแค่ไหน
 - ทำการ Standardize ทุกครั้งที่เปิดใช้งานเครื่อง (ที่หน้าจอจะแสดงข้อความ “To Assccruacy Please Standardize Instrument Now” ซึ่งเป็นการเตือนให้ทำการ Standardize เพื่อให้ค่าการวัดที่ถูกต้อง)
 - ทำการ Standardize ทุกๆ 4 ชั่วโมง ในกรณีที่เปิดใช้งานเครื่องต่อเนื่องเป็นเวลานาน
 - ทำการ Standardize เมื่อมีข้อความ “To Assure Accuracy Please Standardize Instrument Now” แสดงที่หน้าจอ

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ความชื้น



รูปที่ 2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Infrared Moisture Analyzer) รุ่น MA 150

ตั้งอุณหภูมิ	: 150 องศาเซลเซียส
ระบบการเริ่มทำงาน	: เริ่มทำงานหลังจากปิดฝาครอบแก้วกดปุ่ม Enter
ระบบการหยุดทำงาน	: หยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อความชื้นคงที่
การแสดงผล	: % M (หาความชื้นจาก 0 – 100%)

วิธีการใช้งาน

1. เคลื่อนให้ทำงาน
2. ปิดฝาครอบแก้ว เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติจะแสดงความชื้นและเวลาที่ใช้ (มม
ขลบบน)
3. เมื่อความชื้นคงที่ เครื่องจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ โดยจะแสดงสัญลักษณ์
END จะบอกค่าความชื้นเป็น เปอร์เซนต์และบอกว่าใช้เวลากี่นาทในการวัด
ความชื้นครั้งนี้

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity)



รูปที่ 3 เครื่องวัดค่าน้ำอิสระ (Water activity) โดยเครื่องวัดค่า Water activity รุ่น 4TE

วิธีการใช้งาน

1. นำตัวไปสับเป็นชิ้นเล็กๆ
2. นำตัวอย่างใส่ในภาชนะทดลองแล้วนำไปวางบนเครื่องแล้วปิดฝาเครื่อง
3. แล้วทำการกดปุ่ม Start เพื่อให้เครื่องทำงานจากนั้นรอให้มีเสียงเตือนแล้วทำการจดค่าปริมาณน้ำอิสระ

การวิเคราะห์ค่าความหวานของแข็งที่ละลายน้ำ



รูปที่ 4 เครื่องวัดความหวานปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยเครื่อง Digital brix meter รุ่น PR-32a ยี่ห้อ ATAGO

วิธีการใช้งาน

1. นำตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นของเหลวหยดลงบนกระจกเล็กๆ ประมาณ 1-2 หยด
2. กดปุ่ม Start เพื่อให้เครื่องทำงานจากนั้นรอสักครู่แล้วทำการจดค่า

ภาคผนวก ง
วัตถุประสงค์และขั้นตอน

ก. ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์วันสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (น้ำหนักกรัม)	สูตรที่ 2 (น้ำหนักกรัม)	สูตรที่ 3 (น้ำหนักกรัม)
ส่วนผสมหน้ากะทิ			
น้ำเปล่า	1,250	1,000	1,000
ผงวุ้น	15	22	15
น้ำตาลทราย	280	200	240
เกลือ	10	15	5
กะทิ UHT ตราชาวเกาะ	500	500	450
ส่วนผสมตัววุ้น			
น้ำเปล่า	1,320	960	960
ผงวุ้น	20	15	10
น้ำตาลทราย	240	180	180

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 สุนิสา ไชยสุวรรณ,2555 สูตรที่ 2 ศศิณิภา แซ่ลิ้ม,2557 สูตรที่ 3 วณิชยา สง
สุวรรณ,2556

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์วุ้นทั้ง 3 สูตร

สูตรที่ 1 (สุนิสา ไชยสุวรรณ,2555)

1. ทำตัววุ้นโดย ใส่ผงวุ้นและน้ำเปล่า ลงในกระทะทองเหลืองแล้วนำไปต้มจนผง วุ้นละลาย
2. ใส่น้ำตาลทรายลงไป คนให้ละลายดีจึงหรีไฟให้เบาลง
3. ตักส่วนผสมตัววุ้นลงไป ในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ โดยหยอดให้ได้ประมาณ 3/4 ของแบบ และปล่อยไว้ให้วุ้นแข็งตัว
4. ระหว่างรอตัววุ้นแข็ง เตรียมทำหน้าวุ้นโดย ใส่ผงวุ้นและน้ำเปล่าลงในกระทะทองเหลือง แล้วนำไปต้มจนผงวุ้นละลาย
5. จากนั้นจึงใส่หัวกะทิครึ่งหนึ่ง และ เกลือลงไปในส่วนผสมหน้าวุ้น คนอย่างต่อเนื่องจนส่วนผสมละลายที่เหลืองลงไป คนจนส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี จากนั้นจึงนำส่วนผสมของหน้าวุ้นไปหยอดใส่พิมพ์ให้เต็มอย่างประณีต

6.เมื่อน้ำร้อนและตัวร้อนแข็งดีแล้วก็ให้แกะออกจากแบบ จัดใส่จานและเสิร์ฟได้ทันที

สูตรที่ 2 (ศศิณีภา แซ่ลิ้ม, 2557)

1.เตรียมส่วนผสมและพิมพ์ร้อนทุกอย่างให้พร้อม เริ่มจากทำตัวร้อน นำน้ำของตัวร้อนใส่ลงในกระทะทองและใส่ผงร้อน แช่น้ำไว้เป็นเวลา 10 นาที (เพื่อให้ผงร้อนดูดน้ำอิมตัว)

2.เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงร้อนละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี่ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลละลาย ปิดไฟยกลง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่เตรียมไว้ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 2 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (10g) ในกรณีที่ทำร้อนประมาณที่มากควรนำกะละมังใส่น้ำอุ่นมาอังกระทะทองเหลืองไว้หรืออาจจะปิดไฟอ่อนๆ ตั้งไว้บนเตา เพื่อป้องกันไม่ให้อุ่นแข็งตัว

3.ต่อมาเตรียมส่วนผสมของน้ำร้อนไว้ให้พร้อม นำน้ำเปล่าผสมกับหัวกะทิเทใส่กระทะทองเหลืองและใส่ผงร้อน แช่น้ำไว้ จับเวลาไว้ 10 นาที

4.เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงร้อนละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี่ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลและเกลือละลาย ปิดไฟยกลง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่มีตัวร้อนอยู่ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 1 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (5g)

สูตรที่ 3 (วนิชยา สงสุวรรณ, 2556)

1.ผสมน้ำเปล่ากับร้อนเข้าด้วยกัน นำไปตั้งไฟ ความร้อนปานกลาง เคี่ยวร้อนให้ละลาย
2. ใส่น้ำตาล เคี่ยวต่อด้วยไฟอ่อน ๆ 10 นาที แล้วเติม เคี่ยวต่ออีก 5 นาที ปิดไฟ ยกลง
3.นำไปหยอดใส่พิมพ์ เหลือขอบพอประมาณ หยอดหน้าผลิตภัณฑ์ร้อนกะทิ ตามลงส่วนบน เพื่อให้ร้อนเชื่อมติดกัน เมื่อร้อนแข็งตัว จึงแกะออกจากพิมพ์

4. น้ำร้อนกะทิ ด้วยการเทกะทิใส่ลงในกระทะทองเหลือง แล้วใส่ผงร้อนตามลงไปพักไว้ เพื่อให้ผงร้อนดูดน้ำประมาณ 10 นาที

5.เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อจนผงร้อนละลายเติมน้ำตาลและเกลือ เคี่ยวต่อ ประมาณ 3-5 นาที ปิดไฟยกลง

6. หยอดลงในพิมพ์ที่มีตัวร้อนอยู่ก่อนหน้านั้น จนเต็มพิมพ์ พักไว้ให้เย็นและ ยกเสิร์ฟ

ข. การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 ระยะเวลา

ส่วนผสม	ระยะเวลา (นาที)		
	15	30	45
ส่วนผสม ตัววุ้น			
ผงวุ้นทรานานางเหวือก	1.93	1.93	1.93
น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่	240	240	240
น้ำตาลทราย	76	76	76
ส่วนผสม หน้ากะทิ			
ผงวุ้นทรานานางเหวือก	2.24	2.24	2.24
น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่	90	90	90
กะทิ UHT ตราชาวเกาะ	188	188	188
เกลือสมุทร	1	1	1
น้ำตาลทราย	6.80	6.80	6.80

ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่

1. เตรียมส่วนผสมและพิมพ์วุ้นทุกอย่างให้พร้อม เริ่มจากการเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดย เติมน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 2:1 และแปรระยะเวลา เป็น 3 ระยะคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที นำน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการแช่ 3 ระยะเวลาไปกรองด้วยผ้าขาวบางแล้วนำไปทำตัวผลิตภัณฑ์วุ้น นำน้ำของตัวผลิตภัณฑ์วุ้นใส่ลงในกระทะทองและใส่ผงวุ้น แช่น้ำไว้จับเวลา 10 นาที (เพื่อให้ผงวุ้นดูดน้ำอืดตัว)

2. เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงวุ้นละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี่ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลละลาย ปิดไฟยกลง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่เตรียมไว้ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 2 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (10g) ในกรณีที่ทำวุ้นประมาณที่มากควรนำกะละมังใส่น้ำอุ่นมาอังกระทะทองเหลืองไว้หรืออาจจะปิดไฟอ่อนๆตั้งไว้บนเตา เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์วุ้นแข็งตัว

3. ต่อมาเตรียมส่วนผสมของส่วนหน้าผลิตภัณฑ์วุ้นไว้ให้พร้อม นำหัวกะทิ UHTตราชาวเกาะ เทใส่กระทะทองเหลืองและใส่ผงวุ้น แช่น้ำไว้ จับเวลาไว้ 10 นาที

4. เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี้ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงวุ้นละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี้ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลและเกลือละลาย ปิดไฟกลาง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่มีตัวผลิตภัณฑ์วุ้นอยู่ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 1 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (5g)

**เทคนิคในการหยอด ให้ตัวและหน้าของวุ้นติดกันคือ เมื่อหยอดตัววุ้นเสร็จทิ้งพักไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงหยอดหน้ากะทิตามลงได้ อย่าหยอดตอนตัววุ้นแข็งเกินไปหรือเหลวเกินไป

ค. ผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์
วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 ระดับ

ส่วนผสม	ปริมาณการทดแทนกะทิธัญพืช (ร้อยละ)		
	25	50	75
ส่วนผสมตัววุ้น			
ผงวุ้นทรานานางเหงือก	1.93	1.93	1.93
น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่	240	240	240
น้ำตาลทราย	76	76	76
ส่วนผสมหน้ากะทิ (ธัญพืช)			
ผงวุ้นทรานานางเหงือก	2.24	2.24	2.24
น้ำเปล่า(ต้มสุก)	90	90	90
กะทิ UHT (ธัญพืชกล่อง)	47	94	141
ตรา กู๊ดไลฟ์			
กะทิ UHT ตราชาวเกาะ	141	94	47
เกลือสมุทร	1	1	1
น้ำตาลทราย	6.80	6.80	6.80

ขั้นตอนผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าว

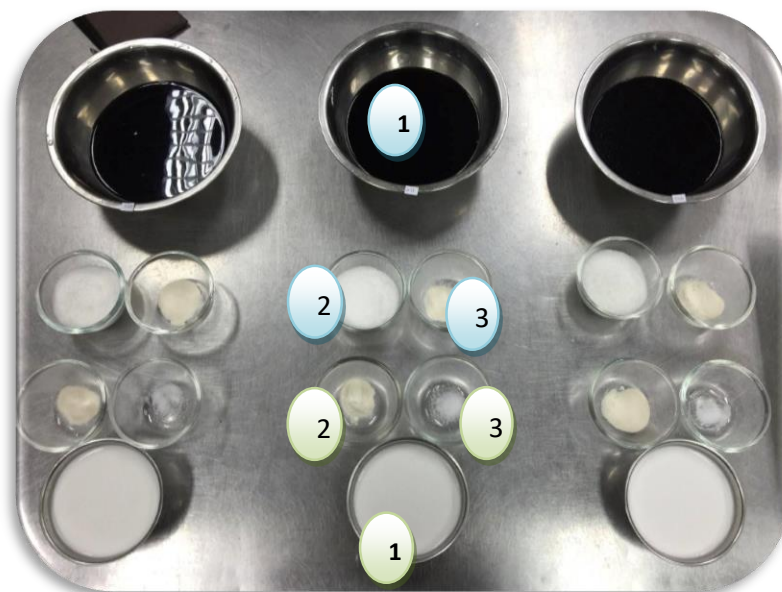
1. เตรียมส่วนผสมและพิมพ์วุ้นทุกอย่างให้พร้อม เริ่มจากการเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดย เติมน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 2:1 และแปรรยะเวลา เป็น 3 ระยะคือ 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที นำน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการแช่ 3 ระยะเวลาไปกรองด้วยผ้าขาวบางแล้วนำไปทำตัวผลิตภัณฑ์วุ้น นำน้ำของตัวผลิตภัณฑ์วุ้นใส่ลงในกระทะทองและใส่ผงวุ้น แช่น้ำไว้จับเวลา 10 นาที (เพื่อให้ผงวุ้นดูดน้ำอืดตัว)

2. เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงวุ้นละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี่ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลละลาย ปิดไฟยกลง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่เตรียมไว้ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 2 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (10g) ในกรณีที่ทำวุ้นประมาณที่มากกว่าควรนำกะละมังใส่น้ำอุ่นมาอังกระทะทองเหลืองไว้หรืออาจจะปิดไฟอ่อนๆตั้งไว้บนเตา เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์วุ้นแข็งตัว

3. ต่อมาเตรียมส่วนผสมของส่วนหน้าผลิตภัณฑ์วุ้นไว้ให้พร้อม นำกะทิธัญพืช UHT ตรา กู๊ดไลฟ์ เทใส่กระทะทองเหลืองและใส่ผงวุ้น แช่น้ำไว้ จับเวลาไว้ 10 นาที โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวทั้ง 3 ปริมาณการทดแทนกะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าวคือ ทดแทนที่ร้อยละ 25 50 และ 75

4. เมื่อครบเวลา เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อไป ประมาณ 5-7 นาที สังเกตดูให้ผงวุ้นละลายจนหมด จึงเติมน้ำตาลทรายลงไป เคี่ยวต่อประมาณ 3-5 นาที โดยใช้ไฟกลาง สังเกตน้ำตาลและเกลือละลาย ปิดไฟยกลง และรีบตักหยอดลงพิมพ์ที่มีตัวผลิตภัณฑ์วุ้นอยู่ หยอดโดยใช้ช้อนชา ในการหยอด 1 ช้อนชาต่อหนึ่งถ้วย (5g)

****เทคนิคในการหยอด** ให้ตัวและหน้าของวุ้นติดกันคือ เมื่อหยอดตัววุ้นเสร็จทั้งพักไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงหยอดหน้ากะทิตามลงได้ อย่าหยอดตอนตัววุ้นแข็งเกินไปหรือเหลวเกินไป



วัตถุดิบตัววุ้น

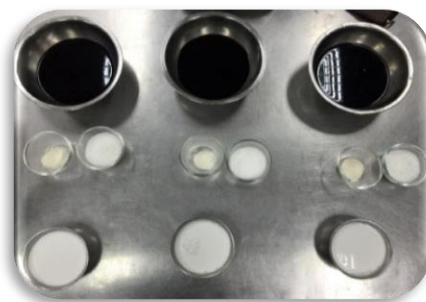
1. น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่
2. น้ำตาล
3. ผงวุ้น

วัตถุดิบหน้ากะทิ

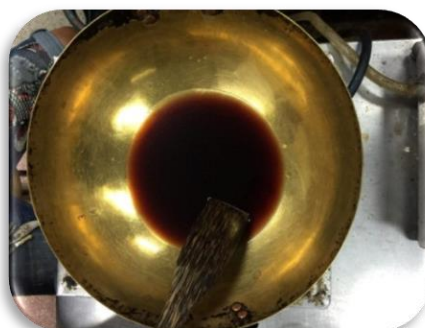
1. กะทิธัญพืช
2. ผงวุ้น
3. เกลือ

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิมะพร้าว

1.เตรียมส่วนผสมทั้งหมด



2.นำน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่และผงวุ้นลงในกระทะทองเหลืองแล้วแช่ประมาณ 10 นาทีก่อนนำไปเคี่ยวจนผงวุ้นละลายจึงใส่น้ำตาลทรายลงไป คนให้ละลายดีจึงหรีไฟให้เบาลง



3.นำไปหยอดใส่พิมพ์ เหลือขอบพอประมาณ เพื่อหยอดส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ เมื่อวุ้นแข็งตัว จึงแกะออกจากพิมพ์



4. ส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ ด้วยการเทกะทิใส่ลงไปในกระทะทองเหลือง แล้วใส่ผงวุ้นตามลงไป พักไว้เพื่อให้ผงวุ้นดูดน้ำประมาณ 10 นาที เปิดไฟกลาง เคี่ยวต่อจนผงวุ้นละลายเติมน้ำตาลและเกลือ เคี่ยวต่อ ประมาณ 3-5 นาที ปิดไฟยกลง



5. หยอดลงในพิมพ์ที่มีส่วนของตัววุ้นอยู่ก่อนหน้านี้นี้ จนเต็มพิมพ์ พักไว้ให้เย็น



6. จะได้เป็นผลิตภัณฑ์วุ้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้กะทิซึ่งพืชทดแทนกะทิมะพร้าว



ภาคผนวก จ
การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ชาวบ้าน บ้านบาไรย ต.ปาดังเบซาร์ อ.สะเตาะ จ.สงขลา
ในวันศุกร์ที่ 11 สิงหาคม พ.ศ.2560





ภาคผนวก ฉ
ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)	นรินทร์ภพ ช่วยการ
ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Narinphop Chuaykarn
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
หน่วยงาน	หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา โทรศัพท์ : 0-7431-7100 โทรสาร : 0-7431-7123 โทรศัพท์ : 09-7140-9153
E-mail address	Narinphop_hok@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2553	คศ.บ. อาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2557	วท.ม. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาโภชนวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล

2. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)	วนิดา บุรีภักดี
ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Wanida Buripakdee
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
หน่วยงาน	หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา โทรศัพท์ : 0-7431-7100 โทรสาร : 0-7431-7123 โทรศัพท์ :
E-mail address	Bwanida@hotmail.co.th
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2551	คศ.บ. (คหกรรมศาสตรศึกษาอาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
พ.ศ. 2557	วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)	เลิศศิริ พวงแก้ว
ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Lertsiri Phuangkaew
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
หน่วยงาน	หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา โทรศัพท์ : 0-7431-7100 โทรสาร : 0-7431-7123 โทรศัพท์ : 09-8017-8726
E-mail address	leartaon@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2551	คศ.บ. (คหกรรมศาสตรศึกษาอาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
พ.ศ. 2550	ศศ.ม. (คหกรรมศาสตรศึกษา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

เกศรินทร์เพ็ชรรัตน์, ชญาภัทร์ กี่อารีโย, นพพร สกุลยีนยงสุข และดวงรัตน์ แซ่ตั้ง. 2554, รายงานโครงการการประยุกต์ใช้แป้งข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

ณรงค์ มีนะนั้นนท์. 2556. ข้าวไทยในศตวรรษหน้า. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า102.

ณรงศักดิ์ สุพิรัตน์วนิช. 2550. พฤติกรรมของผู้บริโภคต่อการเลือกซื้อข้าวกล้องใน อำเภอเมือง เชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดวงกมล โลหศรีสกุล. 2552. นิตยสารเส้นทางเศรษฐกิจ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา <http://info.matichon.co.th/> (18 พฤศจิกายน 2558)

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2557. อาหารและสุขภาพ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 ประจำปี 2557. 15 หน้า.

ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ, สุวรรณ พิชัยยงค์วงศ์. 2558. การพัฒนาเด้าหุ้มเมล็ดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผง, มกรุงเทพฯ : หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการและหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูป โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

รัช นี คงคาญ ขยาย. 2542. กิน ข้าว เป็น ยา. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา <http://www.nutritionthailand.or.th> (4 พฤศจิกายน 2558)

วนิชยา สงสุวรรณ. 2556. ครัวบ้านพิมพ์ : สูตร รุ้น. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา <http://www.pim.in.th/> (4 พฤศจิกายน 2558)

ศิริกมล ชารไพฑูรย์. 2551. ระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดภายหลังบริโภคกะทิธัญพืชเปรียบเทียบกับกะทิมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุนิสา ไชยสุวรรณ. 2555. สูตร รุ้น กะทิ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา <http://www.baanpimwun.com/> (4 พฤศจิกายน 2558)

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2554. หลักการประกอบอาหาร. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อภิชาติวรรณวิจิตร, รัชนี้ คงคาอุยง. 2551. โครงการบูรณาการเทคโนโลยีชีวภาพในการสร้างพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าสูง. ทำเนียบผลการวิจัย เล่มที่ 16 ประจำปี 2551. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 37 - 40.
- อรุณทิพย์ เหมะธูลิน. 2556. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี ($L^*a^*b^*$) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อ พันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง, ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตร
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- อัจฉรา วิรัตน์พงษ์. 2541. สถานการณ์ข้าว. ว. ข้าวเศรษฐกิจการเกษตร. 44 (49) :3-5.
- Armisen, R., Galatas, F., Hispanagar, S. and Madrid, A. 2000. Agar. In G. O. Phillips and P. A. Williams (eds.), Handbook of hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton. USA. p. 1-21.
- Dai, B. and Matsukawa, S. 2012. NMR studies of the gelation mechanism and molecular dynamics in agar solutions. Food Hydrocolloids. 26: 181-186.
- Freile-Pelegr, Y. and Murano, E. 2005. Agars from three species of Gracilaria (Rhodophyta) from Yucatan Peninsula. Bioresource Technology. 96: 295-302.
- Karim, A. A. and Rajeev, B. 2009. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. Food Hydrocolloids. 23: 563-576.
- Kumar, V. Fotedar, R. 2009. Agar extraction process for Gracilariaciftonii. Carbohydrate Polymers 78: 813-819.
- Lahrech, K., Safouane, A. and Peyrellasse, J. 2005. Sol state formation and melting of agar gels rheological study. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 358: 205-211.
- Lazze, M. C. , Savio, M. , Pizzala, R. , Cazzalini, O. , Perucca, P. , Scovassi, A. I. , Stivala, L.A., Bianchi, L. (2004) . Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. Carcinogenesis, 25: 1427-1433.

- Nayar, V. T. , Weiland, J. D. , Nelson, C. S. and Hodge, A. M. 2012. Elastic and viscoelastic characterization of agar. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 7: 60-68.
- Norziah, M. H. , Foo, S. L. and Karim, A. A. 2006. Rheological studies on mixtures of agar (*Gracilariachangii*) and k-carrageenan. *Food Hydrocolloids*. 20: 204-217.
- Prasad, K. , Siddhanta, A. K. , Rakshit, A. K. , Bhattacharya, A. and Ghosh, P. K. 2005. On the properties of agar gel containing ionic and non-ionic surfactants. *International Journal of Biological Macromolecules*. 35: 135-144.
- Richard J. R. 1996. Algal diversity and commercial algal products. *Biological Sciences*. 46: 263-270.