



รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกขาเสริมโปรตีน
จากถั่วเหลืองสำหรับผู้สูงอายุ การศึกษาปริมาณของแอนโทไซยานิน
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณไอโซฟลาโวน

Development of Healthy Jelly Drink Product for Elderly
from Khao Rai Dawk Kha Phangnga Rice Adding Soybean
as Prototype Product, Study on the Amount of Anthocyanin,
Antioxidant Capacity and Isoflavone

ฉันทพร	บุญศิริ	Thanyaporn Bunsiri
วรรณนิสา	ภาพันธ์	Wannisa Phaophan

คณะศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2566

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองสำหรับผู้สูงอายุ การศึกษาปริมาณของแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณไอโซฟลาโวน สามารถดำเนินการจนกระทั่งประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และขอขอบคุณนักศึกษา นักวิทยาศาสตร์ รวมถึงคณาจารย์หลักสูตร สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกด้านการวิเคราะห์และใช้เครื่องวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2566 เพื่อสนับสนุนการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจในการทำเยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ธัญพร บุญศิริและคณะ

สิงหาคม 2567

**การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีน
จากถั่วเหลืองสำหรับผู้สูงอายุ การศึกษาปริมาณของแอนโทไซยานิน
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณไอโซฟลาโวน
ธัญพร บุญศิริ¹ และวรรณนิสา เกาพันธ์¹**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าว น้ำ ใบหญ้าหวานสกัด ถั่วเหลืองและสารที่ทำให้เกิดเจล ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมี จากผลการทดลอง พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำต่อข้าวไร้ดอกข้าว 1:15 อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไร้ดอกข้าวต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด ร้อยละ 2 ปริมาณที่เหมาะสมของโปรตีนจากถั่วเหลือง ร้อยละ 5.0 และปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ร้อยละ 0.25 มีความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ยอมรับมาก โดยมีค่าสี L^* ค่าสี a^* ค่าสี b^* เท่ากับ 33.49, 10.48 และ 9.41 ตามลำดับ มีค่า pH เท่ากับ 6.38 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง พบว่า มีปริมาณพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 59.27 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 4.03 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 8.74 กรัม มีไขมันทั้งหมด 0.91 กรัม ความชื้น 84.49 กรัม เถ้า 0.76 กรัม โยอาหารแบบหยาบ 1.07 กรัมต่อ 100 กรัม ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า 159.36 $\mu\text{mole TE}/100$ กรัม สำหรับ ORAC และ 39.34 $\mu\text{mole TE}/100$ กรัม สำหรับ FRAP มีปริมาณแอนโทไซยานิน 1.74 มิลลิกรัม C3G/100 กรัม และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดประมาณ 120.40 มิลลิกรัม CE/100 กรัม

คำสำคัญ: ข้าวไร้ดอกข้าว แอนโทไซยานิน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ไอโซฟลาโวน เยลลี่พร้อมดื่ม ถั่วเหลือง ผู้สูงอายุ

¹หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

**Development of Healthy Jelly Drink Product for Elderly from Khao Rai Dawk
Kha Phangnga Rice Adding Soybean as Prototype Product, Study on the
Amount of Anthocyanin, Antioxidant Capacity and Isoflavone
Thanyaporn Bunsiri ¹ and Wannisa Phaophan ¹**

Abstract

This research aimed to develop a jelly drink product made from Khao Rai Dawk Kha Phangnga (KRDKP) rice fortified with soybean protein. The study focused on determining the optimal ratios of KRDKP rice flour, water, stevia leaf extract, soy protein, and gelling agents. The physical and chemical properties were examined, along with an analysis of the nutritional value and chemical composition. The results showed that the optimal ratio of water to KRDKP rice flour was 1:15. The ideal ratio of KRDKP rice water to stevia leaf extract as a sugar substitute was also determined as 2.0%. The appropriate amount of soybean protein was 5.0%, and the suitable amount of gelling agent was 0.25%. The overall acceptability of the product was rated highly. The L*, a* and b* were 33.49, 10.48 and 9.41. The pH value was 6.38. The nutritional analysis revealed that it contains 59.27 kilocalories of total energy, 4.03 grams of protein, 8.74 grams of carbohydrates, 0.91 grams of total fat, 84.49 grams of moisture, 0.76 grams of ash, and 1.07 grams of crude fiber per 100 grams. The antioxidant activity was 159.36 µmole TE/100 grams ORAC and 39.34 µmole TE/100 grams FRAP. Additionally, it contains 1.74 mg C3G/100 grams of anthocyanins and approximately 120.40 mg CE/100 grams of total flavonoids.

Keywords: Khao Rai Dawk Kha Phangnga Rice, Anthocyanin, Antioxidant Capacity, Isoflavone, Jelly Drink, Soybean, Elderly

¹Major of Food and Nutrition, Department of Home Economics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง (Table of Contents)	ง
สารบัญตาราง (List of Tables)	ช
สารบัญภาพ (List of Illustrations)	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 อาหารสำหรับผู้สูงอายุ	4
2.2 การกลืนในผู้สูงอายุ	8
2.3 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ	9
2.4 ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม	9
2.5 สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent)	11
2.6 ข้าวไร้ดอกข่า (รหัสสายพันธุ์ KBIC06001-50)	18
2.7 ถั่วเหลือง	20
2.8 ไอโซฟลาโวน (Isoflavone)	24
2.9 น้ำตาลหญ้าหวาน	25
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	34
3.1 หอ้ตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข่าต่อน้ำ	34
3.2 หอ้ตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไร้ดอกข่าต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด	34
3.3 หอ้ตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวไร้ดอกข่าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง	34
3.4 หอ้ตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อน้ำข้าวไร้ดอกข่าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	35

สารบัญเรื่อง (Table of Contents) (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	35
3.6 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	36
3.7 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	36
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	37
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไร้ดอกข้า	37
4.2 ผลการศึกษาการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของน้ำข้าวไร้ดอกข้า	37
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำต่อข้าวไร้ดอกข้าทั้ง 3 สูตร	39
4.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด	40
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดทั้ง 3 สูตร	42
4.6 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง	45
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร	46
4.8 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	47
4.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	49
4.10 ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	52
4.11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	53

สารบัญเรื่อง (Table of Contents) (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	61

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณสารอาหารที่ผู้สูงอายุควรกินใน 1 วัน	6
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติของคาราจีแนนแต่ละชนิด	15
2.3	คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของข้าวไร้ดอกข้า	20
2.4	คุณค่าทางโภชนาการถั่วเหลืองต่อ 100 กรัม	21
2.5	กรดอะมิโนที่จำเป็นในถั่วเหลือง	22
4.1	ค่าสีของแป้งข้าวไร้ดอกข้า	37
4.2	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ	37
4.3	คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำต่อข้าวไร้ดอกข้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ	39
4.4	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าที่มีปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด ที่ต่างกัน 3 ระดับ	40
4.5	คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่ต่างกัน 3 ระดับ	42
4.6	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง	45
4.7	คุณลักษณะทางกายภาพของด้านสีของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง	46
4.8	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีสารที่ทำให้เกิดเจลแตกต่างกัน 3 ระดับ	47

สารบัญตาราง (List of Tables) (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.9	คุณลักษณะทางกายภาพของปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ	49
4.10	คุณลักษณะทางกายภาพของ pH และการทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ	50
4.11	ตารางคุณค่าโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้รับการยอมรับต่อ 100 กรัม	52
4.12	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง	53

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างแคปป้า-คาราจีแนน	12
2.2	โครงสร้างไอโอต้า - คาราจีแนน	12
2.3	โครงสร้างแลมด้า- คาราจีแนน	13
2.4	การเกิดโครงสร้าง helix ในคาราจีแนน	13
2.5	กลไกการเกิดเจลของนมกับแคปป้า-คาราจีแนน (a) เคซีนไมเซล และ random coil ของคาราจีแนนในสารละลาย ; (b) การเกิดปฏิกิริยาของเคซีนไมเซลกับคาราจีแนน ; (c) เกิดการสร้างเจลจากคาราจีแนน	14
2.6	โครงสร้างกลูโคแมนแนน	17
2.7	ข้าวไร้ดอกขำ	19
2.8	โครงสร้างทางเคมีของสตீวียอล R1 และ R2 คือ H ซึ่งเป็นอะไกลโคนของสตீวียอลไกลโคไซด์จะแตกต่างกันที่หมู่น้ำตาล กลูโคส และ แรมโนส ตำแหน่ง R1 และ R2	26

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Abbreviations)

KRDKP	Khao Rai Dawk Kha Phangnga
a_w	Water activity
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power Assay
HPLC	High Performance Liquid Chromatograph

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

ในสถานการณ์ปัจจุบันของโลก ทุกๆประเทศรวมถึงประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ หรือ Aging Society หรือคนที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป เมื่อดูข้อมูลประชากรสูงอายุในประเทศไทย จากการรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าประเทศไทยเริ่มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุเมื่อปี 2557 มีสัดส่วนร้อยละ 15 และเพิ่มเป็นร้อยละ 20 ในปี 2564 และมีการคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 ในปี 2574 จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรผู้สูงอายุนี้ จึงทำให้กลุ่มผู้สูงวัยกำลังจะกลายเป็นกลุ่มผู้บริโภคหลักในอนาคต (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2561) ผู้สูงอายุมักจะมีความเสี่ยงที่สูงขึ้นต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ซึ่งเกิดจากความถดถอยของร่างกายและพฤติกรรมการรับประทานอาหาร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2554)

ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยหรือ Sarcopenia คือ การสูญเสียมวลของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นภาวะที่พบได้บ่อยถึง 1 ใน 3 ของผู้สูงอายุทั่วไป โดยทั่วไปคนเราจะมีมวลกล้ามเนื้อสูงที่สุด (Peak Muscle Mass) ที่ช่วงอายุ 30 – 40 ปี หลังจากอายุ 40 ปี มวลกล้ามเนื้อจะเริ่มลดลงร้อยละ 1 – 2 ต่อปี ในช่วงแรกอาจจะยังไม่เห็นถึงความเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อหลังอายุ 50 – 60 ปี ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก็จะลดลงด้วย ประมาณร้อยละ 1.5 ต่อปี และลดลงเร็วขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น จนเริ่มมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันหลังอายุ 65 ปี โดยสารอาหารที่มีส่วนช่วยคงปริมาณกล้ามเนื้อคือโปรตีน

ปัญหาการเคี้ยวและกลืนเป็นปัญหาสำคัญที่พบได้ง่ายในผู้สูงอายุเช่นเดียวกัน เนื่องจากอายุที่มากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายรวมถึงการเคี้ยวและการกลืนอาหาร หรือเรียกว่าภาวะกลืนลำบาก (Dysphagia) ซึ่งจะมีอาการสำคัญเมื่อดื่มน้ำหรือรับประทานอาหาร ซึ่งเกิดจากกล้ามเนื้อที่ใช้กลืนมีปัญหาการบีบตัวผิดจังหวะ ทำให้น้ำหรืออาหารตกค้างไม่ได้กลืนลงไปในลำคอจนเกิดอาการสำลัก สภาวะการกลืนลำบากยังพบได้ในโรคอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับสมองและระบบประสาท การสำลักน้ำในภาวะกลืนลำบากเป็นปัญหามากที่สุด เนื่องจากผู้สูงอายุมักจะลดการดื่มน้ำลงเพราะไม่ชอบสำลัก ทำให้ร่างกายเสี่ยงต่อการขาดน้ำและส่งผลต่อการมีภาวะไตวาย ท้องผูก ทางเดินปัสสาวะติดขัด อ่อนแรง ล้มได้ง่าย ส่งผลต่อสมองและความคิด (ปิยะภัทร, 2556; นิสภา ศีตะปัญญ, 2559; ดวงจกมล สุทธิเนียม, 2550)

อาหารที่ง่ายต่อการเคี้ยวและการกลืนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมากในผู้สูงอายุ ซึ่งอาหารสำหรับผู้สูงอายุมีหลากหลายระดับ หนึ่งในนั้นคืออาหารประเภทย่อย เป็นโครงสร้างที่ไม่แสดงการไหล ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง (บุษกร ภู่อส, 2556; มลศิริวิโรทัย, 2545) โดยมีของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวกลางและของแข็งทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห โดยการเกิดโครงสร้าง

ของเจลขึ้นอยู่กับการสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกันเองและระหว่างอนุภาคคอลลอยด์และสารที่เป็นของเหลว (ปาริฉัตร หงสประภาส, 2545) นอกจากลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร คุณค่าทางโภชนาการก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เรากำลังคำนึงถึง เพราะหากอาหารเหล่านั้นมีคุณค่าทางโภชนาการไม่เหมาะสมต่อผู้สูงอายุ อาจจะส่งผลให้ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารที่ไม่ครบถ้วนและเพียงพอได้ (มลศิริวิโรทัย, 2545)

ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม มีน้ำมาก สามารถใช้ช้อนตักรับประทาน หรือใช้หลอดดูดได้ ซึ่งสามารถตอบโจทย์สำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการเคี้ยวและกลืนได้ โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มในท้องตลาดนั้นมักทำมาจากน้ำผลไม้ ซึ่งค่อนข้างมีน้ำตาลในปริมาณที่สูง ส่วนมากจะผลิตจากน้ำผลไม้เพียงร้อยละ 10 – 25 และส่วนประกอบที่เหลือจะเป็นน้ำตาล สารปรุงแต่งกลิ่นรส สารให้ความข้นหนืด และสารที่ทำให้เกิดเจล Carrageenan (คาราจีแนน) (สายสมร, 2547) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากอาหารกลุ่มซีเรียลหรือธัญพืชยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย

ข้าวไรต์ดอกขาเป็นพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่มีแหล่งปลูกข้าวดั้งเดิมอยู่ในจังหวัดพังงา ปลูกกันมานานไม่น้อยกว่า 100 ปี โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลบางทอง อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา ข้าวไรต์ดอกขามีลักษณะพิเศษ คือ เป็นข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองที่มีความต้านทานต่อโรค เหม็ดยาว สีของเมล็ดข้าวสารมีสีน้ำตาลแดงอมม่วง เมื่อสุกจะมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย รสชาติอร่อย ข้าวไม่แข็ง หุงขึ้นหม้อ ข้าวไรต์ดอกขาจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของข้าวที่มีสีแดง กลุ่มข้าวที่มีสีแดงจัดเป็นข้าวที่มีโภชนาการสูง (High Nutritious Rice) เป็นข้าวที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีกากใยอาหารสูง มีสารพฤกษศาสตร์เคมีมากมาย เช่น แอนโทไซยานิน และมีสารโพลีฟีนอล ประโยชน์ของกลุ่มข้าวสีแดงจะช่วยต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเสื่อมของเซลล์ ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจ นอกจากนี้ยังมี GABA สูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบประสาทและสมอง ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ มีกากใยอาหารสูง มีธาตุเหล็กและฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงโลหิต (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2560) นอกจากนี้ข้าวไรต์ดอกขายังมีสารอาหารประเภทโอเมก้า 3, 6, และ 9 ซึ่งปกติแล้วจะพบในปลาทะเลน้ำลึกเท่านั้นอีกด้วย (ทิวาพร, 2560) อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณของแอนโทไซยานิน รวมถึงประโยชน์ในแง่สารต้านอนุมูลอิสระของข้าวไรต์ดอกขาในปัจจุบัน

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุกที่พบได้ในหลากหลายพื้นที่ในประเทศไทย และจัดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งของโปรตีนเพื่อทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพราะมีการดอเมโนจำเป็นครบถ้วนเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ อีกทั้งถั่วเหลืองยังเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดเดียวที่มี Isoflavones ซึ่งมีคุณสมบัติแบบเดียวกับฮอร์โมนเพศหญิงจำพวกเอสโตรเจน ช่วยป้องกันอาการที่เกิดในหญิงวัยทองได้ดี

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในนำข้าวไรด์อกข่ามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อม
ดื่มจากข้าวไรด์อกข่าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นการช่วยส่งเสริมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของประเทศ
ไทยให้เป็นที่รู้จักและยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอาหารสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน
สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากและผู้ที่สนใจสุขภาพ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 อาหารสำหรับผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นวัยที่พบการเสื่อมสลายมากกว่าการสร้างเสริมหรือเจริญเติบโต เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ การทำงานของระบบต่างๆจะถดถอยลง ระบบประสาทและการดูดซึมอาหารเป็น 2 ระบบที่สำคัญในการเคี้ยวและการกลืนอาหาร ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต โดยเฉพาะผู้สูงอายุยังคงมีความต้องการพลังงานและสารอาหารที่มีคุณภาพสูงและเหมาะสมเพื่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ

2.1.1) โภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ

ภาวะโภชนาการเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพปัจจัยหนึ่ง ภาวะโภชนาการที่ดีจะทำให้ร่างกายแข็งแรงและมีสุขภาพที่ดี ในทางตรงกันข้ามหากผู้สูงอายุมีภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพต่างๆตามมาได้ ผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆของร่างกายในทางเสื่อม โดยที่เซลล์ของร่างกายมีการสลายมากกว่าการสร้าง ทำให้สมรรถภาพการทำงานของอวัยวะต่างๆลดลง นอกจากนี้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีปัญหาทางด้านอารมณ์และสังคม ซึ่งมีผลกระทบต่อภาวะโภชนาการได้ สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อโภชนาการของผู้สูงอายุ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1.1) การทำหน้าที่ของการรับรสและการดมกลิ่นลดลง ในผู้สูงอายุตุ่มรับรส (papilla) ที่ลิ้นลดลง ความไวของปลายประสาทรับรสมีการเปลี่ยนแปลง การรับรสนานจะสูญเสียก่อนรสเปรี้ยว เค็ม และขมตามลำดับ ทำให้ผู้สูงอายุจะต้องรับประทานอาหารที่มีรสจัดมากขึ้น หรือรับประทานอาหารไม่อร่อยและเบื่ออาหารไปในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าผู้สูงอายุมีภาวะขาดน้ำลาย (xerostomia) มีผลให้ความสามารถของการเคี้ยวและการกลืนลดลง รวมถึงทำให้การรับกลิ่นลดลงอีกด้วย ซึ่งการรับรู้ของกลิ่นจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดอาการอยากอาหาร เมื่อการรับกลิ่นลดลงความอยากอาหารก็ลดลงด้วย นอกจากนี้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่จะมีปัญหาฟันโยกรวมทั้งไม่มีฟัน ผู้สูงอายุบางรายจึงต้องใส่ฟันปลอมทดแทนฟันที่หมดสภาพไป การใส่ฟันปลอมที่ไม่พอดี เป็นปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความยากลำบากในการเคี้ยวอาหาร เกิดอาการเจ็บเหงือกขณะเคี้ยว ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกชนิดของอาหาร คือ หลีกเลี่ยงอาหารที่เคี้ยวยากทั้งที่เป็นผักสด เนื้อสัตว์ และอาจรับประทานอาหารหรือรับประทานอาหารน้อยลง ทำให้มีโอกาสดูดซึมวิตามินและเกลือแร่ได้ง่าย

2.1.1.2) การทำหน้าที่ของกระเพาะอาหารลดลง การเปลี่ยนแปลงที่พบในผู้สูงอายุมีการหลั่งกรดไฮโดรคลอริกและเปปซินลดลง ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยโปรตีน ทำให้ย่อยโปรตีนได้น้อยลง อาหารไม่ย่อย ร่วมกับความแตกต่างในลำไส้เล็กส่วนต้นเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการใช้ประโยชน์ของเกลือแร่ วิตามิน และโปรตีนลดลง การดูดซึมโปรตีนที่จับกับวิตามินบี12 และโฟเลตลดลง มีผลทำให้ผู้สูงอายุขาดธาตุเหล็ก และวิตามินบี12 ได้ง่าย

2.1.1.3) ประสิทธิภาพการเผาผลาญน้ำตาลกลูโคสลดลง พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรต่ออายุที่เพิ่มขึ้นทุก 10 ปี ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของตับอ่อนที่หลังอินซูลินได้น้อยลงและเนื้อเยื่อต่อต้านการออกฤทธิ์ของอินซูลิน ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ผู้สูงอายุจึงมีโอกาสเป็นเบาหวานได้ง่าย

2.1.1.4) มวลกล้ามเนื้อลดลง พบว่าสัดส่วนของมวลไขมันกระจายตัวบริเวณลำตัวมากขึ้น ผู้สูงอายุจะดูผอมลง แต่น้ำหนักไม่ลดลง

2.1.1.5) ความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐาน (basal energy expenditure) ลดลง พบว่าความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐานจะลดลงประมาณ 5% ทุก 10 ปี นับจากอายุ 20 ปีเป็นต้นไป ร่วมกับการที่ผู้สูงอายุทำกิจกรรมต่างๆลดน้อยลง ซึ่งการที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวน้อย ทำให้ร่างกายนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

2.1.1.6) ปัญหาทางด้านจิตใจ ผู้สูงอายุมักประสบกับปัญหาความเหงาจากการที่เกษียณจากงาน คู่ครองเสียชีวิต หรือถูกลูกหลานทอดทิ้งให้อยู่ตามลำพัง สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้สูงอายุขาดความมั่นคงทางจิตใจ รู้สึกว่าเหงา เบื่อหน่าย และท้อแท้ในชีวิต ซึ่งปัญหาทางจิตใจนี้เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ผู้สูงอายุเบื่ออาหาร แต่ในทางกลับกันผู้สูงอายุบางคนอาจรับประทานอาหารมากเป็นเครื่องชดเชยอารมณ์ทำให้อ้วน ส่งผลให้อวัยวะต่างๆเสื่อมเร็วขึ้น เนื่องจากร่างกายต้องทำงานหนักมากยิ่งขึ้น

2.1.2) ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุ

ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นผลจากกระบวนการชราหรือสถานะสุขภาพ ผู้สูงอายุที่มีการเจ็บป่วยจะมีความต้องการสารอาหารมากกว่าผู้สูงอายุทั่วไปที่ต้องการสารอาหารเพียงเพื่อการดำรงสุขภาพและป้องกันโรคเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาของผู้สูงอายุ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุ ได้แก่ การลดลงของมวลร่างกายและโปรตีน การลดลงของปริมาณน้ำ การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนไขมัน และการสูญเสียมวลกระดูก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารที่เพียงพอ ปริมาณสารอาหารที่ผู้สูงอายุควรกินใน 1 วัน

2.1.2.1) ความต้องการพลังงานในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุมีความต้องการพลังงานลดลงเป็นลำดับ เนื่องจากการทำงานของอวัยวะต่างๆลดน้อยลง การเผาผลาญในร่างกายลดลง การเคลื่อนไหวช้าลง และทำกิจกรรมต่างๆลดลง โดยข้อกำหนดความต้องการสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันของผู้สูงอายุ ได้กำหนดให้ผู้สูงอายุชายและหญิง ได้รับพลังงานจากอาหารไม่เกินวันละ 2,250 และ 1,850 กิโลแคลอรี ตามลำดับ และพลังงานที่ผู้สูงอายุได้รับไม่ควรน้อยกว่า 1,200 กิโลแคลอรีต่อวัน เพื่อให้ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารเพียงพอ ผู้สูงอายุที่มีการเจ็บป่วยมีความต้องการสารอาหารมากกว่าผู้สูงอายุทั่วไปที่ต้องการสารอาหารเพียงเพื่อการดำรงสุขภาพและการป้องกัน

2.1.2.2) ความต้องการโปรตีน ผู้สูงอายุมีความต้องการโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมากกว่าวัยหนุ่มสาว เพื่อซ่อมแซมและรักษาส่วนที่สึกหรอของร่างกาย โดยทั่วไป ผู้สูงอายุควรได้รับโปรตีนประมาณ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ทั้งนี้ทั้งนั้นปริมาณโปรตีนจะแตกต่างกันตามสภาวะร่างกายรวมถึงโรคที่เป็นอยู่ โปรตีนที่รับประทานควรเป็นโปรตีนมีคุณภาพสูง (high biological value) ประมาณ 27–50% ควรเป็นโปรตีนสัตว์และมีไขมันต่ำ เช่น เนื้อล้วนไม่ติดมัน ปลา ไข่ นม ถ้าเป็นเนื้อสัตว์อาจจะต้องต้มตุ๋นให้เปื่อยหรือสับให้เคี้ยวง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่มีปัญหาการเคี้ยวและการกลืน ส่วนโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพดีสำหรับผู้สูงอายุ ได้แก่ เต้าหู้และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารที่ผู้สูงอายุควรกินใน 1 วัน

อาหาร	ปริมาณต่อวัน	ข้อเสนอแนะ
เนื้อสัตว์	4-5 ช้อนโต๊ะ	ควรกินปลาเป็นประจำ
นมสด	240 มิลลิลิตร	นมพร่องมันเนย 1 แก้วทุกวัน
ไข่	3-4 ฟองต่อสัปดาห์	แต่ถ้ามีปัญหาด้านไขมันและคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ควรเลือกบริโภคเฉพาะไข่ขาว
ถั่วและผลิตภัณฑ์	รับประทานเป็นประจำ	ใช้ประกอบเป็นอาหารคาวหวาน
ข้าวและอาหารประเภทแป้งต่างๆ	6-8 ทัพพี	ควรเลือกข้าวหรืออาหารประเภทแป้งอื่นๆ ที่ผ่านการขัดสีน้อย
ผักใบเขียวสด หรือต้ม	2 ทัพพี	ตำลึง คื่นช่าย ผักบุ้ง ฯลฯ
ผักสีเหลือง, ส้ม	1 ทัพพี	ฟักทอง แครอท มะเขือเทศ ฯลฯ
ผลไม้ หรือผลไม้สุก	มือละ 1 ส่วน	หลีกเลียงผลไม้รสหวานจัด เช่นทุเรียน ขนุน ลำไย ฝรั่ง ฯลฯ
ไขมันหรือน้ำมันพืช	2 ช้อนโต๊ะ	หลีกเลียงไขมันสัตว์ เนย
น้ำดื่ม	6-8 แก้ว	น้ำบริสุทธิ์ หรือน้ำผลไม้คั้นสดได้บ้าง ควรหลีกเลียง น้ำอัดลม ชา กาแฟ

ที่มา : ฝ่ายโภชนาการ โรงพยาบาลศิริราช, 2555

2.1.2.3) ความต้องการไขมัน ไขมันเป็นแหล่งให้พลังงานที่มีความสำคัญสำหรับร่างกาย ผู้สูงอายุมักชอบรับประทานอาหารที่มีไขมันเนื่องจากไขมันในอาหารเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้อาหารนุ่ม สลื่น อร่อยน่ารับประทาน ยิ่งไปกว่านั้นการรับประทานอาหารที่มีไขมันในปริมาณที่สูงทำให้ผู้สูงอายุมีโอกาสเกิดภาวะไขมันในเลือดสูงได้ง่าย ซึ่งจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นจึงควรแนะนำให้ผู้สูงอายุลดการรับประทานอาหารที่มีคอเลสเตอรอล และกรดไขมันอิ่มตัวจำกัดไขมันไม่ควรเกิน 30% ของพลังงานทั้งหมด และกรดไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 10% ของพลังงานทั้งหมด รับประทานไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวอย่างน้อย 10% ของปริมาณไขมันที่บริโภค เพื่อที่จะไม่ขาดกรดไขมันที่จำเป็น ไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่พบมากในอาหารผลิตภัณฑ์สัตว์และน้ำมันมะพร้าวหรือกะทิ จำกัดไขมันในอาหารโดยใช้เนื้อล้วน ซึ่งไม่ติดหนังติดมัน ใช้วิธีประกอบอาหารประเภทต้ม ตุ่น นึ่ง อบ ย่าง แทน

2.1.2.4) ความต้องการคาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตนอกจากเป็นอีกแหล่งพลังงานหนึ่งแล้วยังมีหน้าที่ในการป้องกันการทำลายของเนื้อเยื่อโปรตีน การรักษาสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือด รวมถึงให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย โดยทั่วไปแนะนำให้รับประทานคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ประมาณ 50-55% ของปริมาณแคลอรีทั้งหมด ซึ่งแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดีควรเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน เนื่องจากมีกากใยอาหารที่จะช่วยให้ความทนต่อน้ำตาลกลูโคสได้ดีขึ้น ลดอัตราการเกิดท้องผูก และลดระดับไขมันในเลือด อาหารคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่เป็นอาหารหลักของคนไทย คือ ข้าว ข้าวที่จะมีใยอาหารมาก คือ ข้าวซ้อมมือ อาหารคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนอื่นๆ ได้แก่ เผือก มัน ข้าวโพด ลูกเดือย เป็นต้น

2.1.2.5) ความต้องการของแร่ธาตุ ผู้สูงอายุต้องการแร่ธาตุต่างๆเท่าในวัยผู้ใหญ่ โดยส่วนใหญ่พบว่าผู้สูงอายุบริโภคไม่เพียงพอ และการดูดซึมแร่ธาตุในผู้สูงอายุน้อยกว่าคนหนุ่มสาว ซึ่งแร่ธาตุที่ผู้สูงอายุมักจะขาด คือ แคลเซียมและเหล็ก เนื่องจากการหลั่งกรดเกลือจากกระเพาะอาหารมีน้อยลง รวมถึงการทำงานของตับและตับอ่อนมีประสิทธิภาพลดลง การขาดแคลเซียมจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นภายหลังจากการหมดประจำเดือน มีผลทำให้การสูญเสียมวลกระดูก เกิดภาวะกระดูกพรุนได้ ดังนั้น ผู้สูงอายุควรได้รับแคลเซียมเสริมวันละ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งอาหารที่มีแคลเซียมมากที่สุดและร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ดีที่สุด คือ นม เป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียมโปรตีนและวิตามินดี วิตามินดีจะมีหน้าที่สำคัญในการดูดซึมแคลเซียม สำหรับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถรับประทานแคลเซียมจากอาหารได้อย่างเพียงพอ อาจใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมแคลเซียมแทน ผู้สูงอายุจำนวนไม่น้อยที่เป็นโรคโลหิตจาง เนื่องจากการดูดซึมธาตุเหล็กลดลง ความต้องการธาตุเหล็กของผู้สูงอายุประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งพบมากในตับ เนื้อสัตว์ไข่แดง เลือดสัตว์ เป็นต้น และเพื่อช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กดีขึ้นผู้สูงอายุควรรับประทานผักสดหรือผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงด้วยร่วมด้วยในแต่ละมื้อ

2.1.2.6) ความต้องการวิตามิน ผักและผลไม้เป็นแหล่งอาหารที่ให้วิตามิน เกือบร้อยละ 50 ของอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระหลายหลากประเภท ซึ่งช่วยลดปัญหาอนุมูลอิสระที่จะก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เนื่องจากผู้สูงอายุมีปัญหาเรื่องฟันและระบบย่อยอาหาร จึงมักเลือกรับประทานอาหารอ่อนเคี้ยวง่าย เช่น วุ้น เยลลี่พร้อมดื่ม ขนมหวาน ซึ่งอาหารเหล่านี้มีปริมาณวิตามินที่ประโยชน์อยู่ค่อนข้างน้อย และหากรับประทานในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการจะส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมา

2.2 การกลืนในผู้สูงอายุ

กลไกการกลืนในผู้สูงอายุจะมีส่วนสัมพันธ์กับระบบประสาทสั่งการและการควบคุมการหายใจ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลง 3 ระยะ

2.2.1) ระยะช่องปาก ผู้สูงอายุจะมีการรับรู้รสชาติลดลงทั้งต่อรสอาหาร อุณหภูมิและการสัมผัสต่อเนื้ออาหารส่งผลให้เกิดความรู้สึกเบื่ออาหารได้ง่าย พบว่าผู้สูงอายุ 40% จะมีอาการปากแห้งจากการสร้างน้ำลายลดลง การไม่มีฟันและกำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการบดเคี้ยวลดลง ทำให้ผู้สูงอายุใช้เวลาในการบดเคี้ยวอาหารเพิ่มขึ้น กำลังและการประสานการทำงานของริมฝีปากและลิ้นลดลง ทำให้กระบวนการเตรียมอาหารและการส่งผ่านอาหารใช้เวลานานขึ้น และประสิทธิภาพลดลง จึงต้องมีการกลืนหลายครั้งกว่าอาหารจะหมดจากช่องปาก บางรายอาจมีอาหารเหลือค้างในปากจึงเป็นแหล่งสะสมของเชื้อก่อโรค ผู้สูงอายุจึงเสี่ยงต่อภาวะปอดอักเสบจากการสำลัก

2.2.2) ระยะคอหอย ปฏิกริยาย้อนกลับของการกลืนที่บริเวณคอหอยจะเกิดขึ้นช้ากว่าคนหนุ่มสาว กล้องเสียงยกตัวขึ้นมารับกับฝาปิดกล่องเสียงเข้า ความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณคอหอยลดลง หูรูดของหลอดอาหารส่วนต้นเปิดช้า ส่งผลให้อาหารอยู่ในระยะคอหอยนาน จึงมีความเสี่ยงสูงในการเกิดสำลักอาหารเข้าสู่ทางเดินหายใจ

2.2.3) ระยะหลอดอาหาร ระยะเวลาที่หูรูดของหลอดอาหารส่วนต้นเปิดจะสั้นลง จึงมีอาหารเหลือค้างที่คอหอยเสี่ยงต่อการสำลักเข้าทางเดินหายใจ แรงบีบไล่อาหารของหลอดอาหารจะลดลง หากผู้สูงอายุล้มตัวลงนอนภายหลังรับประทานอาหารใหม่ๆ จะทำให้อาหารค้างอยู่ในหลอดอาหาร ซึ่งอาหารที่ค้างอยู่มีแนวโน้มที่จะย้อนกลับมาที่คอหอย

ในด้านการหายใจ การหยุดหายใจขณะกลืนจะเกิดเร็วและนานขึ้น โดยจะเริ่มหยุดหายใจ ตั้งแต่ระยะหายใจเข้า ทำให้เมื่อกลืนแล้วต้องรีบหายใจทันที ผู้สูงอายุจึงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นทันทีหลังการกลืนเมื่อรับประทานอาหารต่อเนื่องกัน ทำให้ผู้สูงอายุมีโอกาสเกิดการสำลักอาหารได้ในระบบทางเดินหายใจ กลไกการระบายเสมหะและการผลิตเมือกเพื่อป้องกันทางเดินหายใจจากการติดเชื้อลดลง ภูมิคุ้มกันจะแพลง่ายขึ้นจากการสูญเสียความยืดหยุ่น ผู้สูงอายุจึงหายใจรับออกซิเจนได้ไม่เต็มที่ เสี่ยงต่อการติดเชื้อเพิ่มขึ้น

2.3 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ เป็นการพัฒนานวัตกรรมอาหารเพื่อแก้ปัญหาของกลุ่มผู้สูงอายุ โดยแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ รสสัมผัสอ่อนนุ่ม 4 ระดับ โภชนาการครบถ้วน ผู้ที่มีโรคประจำตัว และมีปัญหาเรื่องการกลืน

กลุ่มที่ 1 เป็นอาหารที่มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม เหมาะกับความสามารถในการเคี้ยวของผู้สูงอายุ แต่ละคน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะมีระดับความนุ่มแตกต่างกันออกไป 4 ระดับ ประกอบด้วย ระดับความนุ่มที่ยังสามารถใช้ฟันเคี้ยวเล็กน้อย ระดับความนุ่มที่ใช้เหยือกบดอาหารกลืนได้ ระดับใช้ลิ้นก็สามารถบดอาหารได้ และสุดท้ายระดับที่ไม่ต้องเคี้ยวกลืนได้เลย

กลุ่มที่ 2 เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เพราะผู้สูงอายุส่วนใหญ่มักเบื่ออาหาร ปริมาณอาหารที่รับประทานแต่ละครั้งน้อย ทำให้ได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน อาหารกลุ่มนี้จึงต้องให้คุณค่าทางอาหารที่ครบถ้วนใน 1 หน่วยบริโภค

กลุ่มที่ 3 เป็นอาหารที่ออกแบบมาเพื่อผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน ความดันสูง ระดับไขมันในเลือดสูง

กลุ่มที่ 4 เหมาะสมกับกลุ่มที่มีปัญหาการกลืนอาหารเหลวรวมถึงเครื่องดื่ม เนื่องจากร่างกายมีปัญหาในการควบคุมการกลืน ดังนั้นจึงผลิตสารที่มีความข้นหนืดในรูปแบบผงออกมาเป็นทางเลือก ผู้สูงอายุสามารถเติมในชา กาแฟ หรือน้ำแกง น้ำซุป ให้มีความข้นหนืดตามต้องการ ทำให้กลืนได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.4 ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจัดรวมอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มน้ำผลไม้ รูปแบบที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน คือ เครื่องดื่มเยลลี่คาราจีแนนผสมผงบุกพร้อมดื่มรสผลไม้ ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเป็นเจล ที่สามารถบริโภคโดยการดูดได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่เนื้อสัมผัสยังคงความเป็นเจลที่สามารถรู้สึกได้ภายในปากขณะบริโภค ปัจจุบันตลาดน้ำผลไม้ในประเทศไทยโดยรวมมีมูลค่าประมาณห้าพันล้านบาท โดยมีส่วนแบ่งการตลาดดังนี้ น้ำผลไม้ (ร้อยละ 100) ร้อยละ 28 น้ำผลไม้ผสม (ร้อยละ 40-99) ร้อยละ 10 และน้ำผลไม้ผสม (ร้อยละ 10-30) ร้อยละ 62 สำหรับน้ำผลไม้ผสมเยลลี่พร้อมดื่มจะอยู่ในกลุ่มของน้ำผลไม้ผสม ร้อยละ 10-30 ซึ่งมีมูลค่าการตลาดประมาณหนึ่งพันล้านบาท โดยส่วนแบ่งการตลาดของผลิตภัณฑ์ตราเจเลโล่ (ผลิตโดยบริษัท ศรีนันทาพร มาร์เก็ตติ้ง จำกัด) ร้อยละ 58 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทคู่แข่งประมาณร้อยละ 37 และอื่นๆร้อยละ 5 (อานนท์, 2003)

2.4.1) เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำมาจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้สด หรือน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวานและทำให้มีความเหนียวพอเหมาะมีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

2.4.2) ประเภทของเยลลี่ ผลิตภัณฑ์เยลลี่สำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้ (สุวรรณ, 2543)

2.4.2.1) เยลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly) ส่วนใหญ่มักใช้คาราจีแนนเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล มีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สารแต่งสีและสารปรุงแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งรสหวานและรสเปรี้ยว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ตราปิโป อิมพีเรียล และเจเล่

2.4.2.2) เยลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly) เยลลี่ชนิดนี้มีรสหวานเพียงอย่างเดียวใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารทำให้เกิดเจล และมีการเติมน้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) ลงไปด้วย ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ ตราจอลลี่แบร์และโยโย่ พบในรูปของวุ้นซึ่งเป็นขนมไทยแบบต่างๆ เช่น วุ้นไข่ วุ้นกะทิ เป็นต้น

2.4.3) ส่วนประกอบของเยลลี่

2.4.3.1) สารที่ทำให้เกิดเจล การผลิตเยลลี่สำเร็จรูปในเชิงอุตสาหกรรม มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กัม (Gums) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ชนิดของกัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ คาราจีแนน เจลาติน และเพกติน (ศรีสุวรรณและคณะ, 2531)

2.4.3.2) น้ำตาล เป็นสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ช่วยให้เพกตินตกตะกอนเป็นเจล โดยปริมาณน้ำตาลที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณเพกตินและความเป็นกรดต่างของเนื้อหรือน้ำผลไม้ชนิดนั้นๆ ถ้าเพกตินมีปริมาณมาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักของผลไม้ก็จะมากด้วยเช่นกัน ถ้าผลไม้มีความเป็นกรดสูงหรือมีรสชาติเปรี้ยว ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักผลไม้หรือน้ำผลไม้จะต่ำ ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่ควรสูงกว่า 70 องศาบริกซ์ สามารถวัดได้โดยรีแฟกโตมิเตอร์ สารให้ความหวานที่อนุญาตให้ใช้ในเยลลี่ ตามมอก. 236-2521 มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส (sucrose) น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) อินเวิร์ตไซรัป (invert syrup) เดกซ์โตรส (dextrose) ฟรุคโตสไซรัป (fructose syrup) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และดรายกลูโคสไซรัป (dried glucose syrup)

2.4.3.3) สารควบคุมความเป็นกรดและควบคุมความเป็นกรดต่าง (acidifying and pH regulating agents) ความเป็นกรดต่างมีความสำคัญต่อรสของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เจลอยู่ตัวมากยิ่งขึ้น ถ้ามีกรดมากเกินไปจะทำลายความอยู่ตัวของเจลได้ โดยปกติความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเยลลี่อยู่ระหว่าง pH 2.8 – 3.5 ส่วน pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 3.2 ในการปรับความเป็นกรด-ด่างของเยลลี่ตามมอก. 263-2521 ได้กำหนดสารที่ใช้เพิ่มและควบคุมความเป็นกรดต่าง ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแลกติก (lactic acid) กรดฟูมาลิก (fumaric acid) เกลือโซเดียม โพแทสเซียมและแคลเซียม

2.4.3.4) สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทานเพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเยลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้หรือน้ำที่ได้จากการสกัด

ผลไม้ที่ผ่านการกรอง เพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษผลไม้ และอาจทำให้ข้นโดยการระเหยน้ำออก และน้ำผลไม้หรือน้ำสกัดจากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเยลลี่ผลไม้จะประกอบด้วยน้ำตาล น้ำผลไม้ และสารที่ทำให้เกิดเจล ดังนั้นเยลลี่จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านให้พลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดยในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ให้สารอาหารหลักคือ พลังงาน 273 กิโลแคลอรี มีปริมาณเกลือแร่ และวิตามินเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นวุ้นกะทิมีคุณค่าด้านไขมันเพิ่มขึ้น หรือวุ้นสังขยา มีคุณค่าด้านโปรตีนเพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

2.4.4) เยลลี่อ่อน (dessert jelly)

เยลลี่อ่อน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญพืชหรือสมุนไพรมาคั้นหรือสกัดแล้ว ผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน ผงวุ้นในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวได้ อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญพืช สมุนไพร โดยนำมาเคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะในอุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสเพื่อเพิ่มรสชาติและความน่าสนใจ แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดได้สนิท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

คุณลักษณะที่ต้องการ

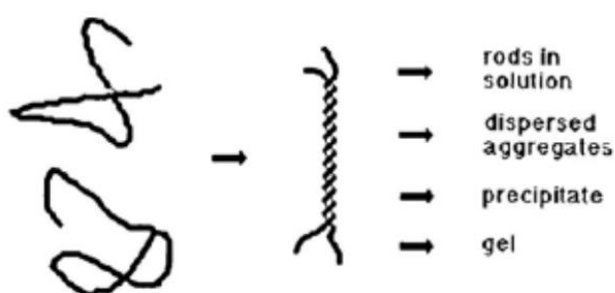
- ก. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นก้อนวุ้น และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ
- ข. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ
- ค. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอันที่ไม่พึงประสงค์
- ง. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องนุ่ม หย่นตัว ไม่แข็งกระด้าง

2.5 สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent)

สารที่ทำให้เกิดเจล เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถจับกับน้ำได้โดยเมื่อนำมาละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำร้อน จะทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงหรือให้เนื้อสัมผัสกลายเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น

2.5.1) คาราจีแนน (carrageenan) เป็นโพลีแซคคาไรด์ซัลเฟตที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดง แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แคปปา (kappa, K) ไอโอต้า (iota, I) และแลมด้า (lambda, λ) โดยคาราจีแนนทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตสที่ถูกเอสเตอรีไฟด์ด้วยกรดซัลฟูริกที่ตำแหน่งและระดับแตกต่างกัน ดังนี้ (นิธิยา, 2539 และ Piculell, 1995)

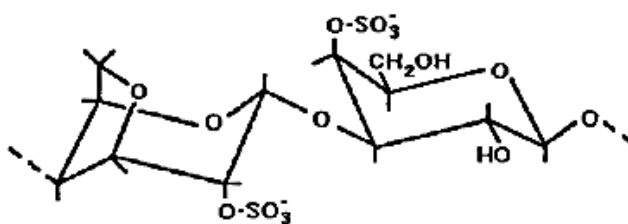
แคปป้า – คาราจีแนน สกัดจาก *Eucheuma cottonii* โครงสร้างประกอบด้วย 1,3-linked α – D – galactose -4- sulfate และ 1,4 linked 3,6-anhydro- β – D – galactose (ดังภาพที่ 1.1) ซึ่งโมเลกุลของ 3,6-anhydro- D – galactose คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 จะถูกเอสเตอรีไฟด์ด้วยหมู่ซัลเฟตประมาณร้อยละ 20-30 และบางส่วนของ 1,4 linked อาจเป็น galactose -6- sulfate แทน 3,6-anhydro- D – galactose แคปป้า – คาราจีแนนมีความไวต่อโพแทสเซียมและสามารถตกตะกอนแยกออกจากคาราจีแนนชนิดอื่นได้โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ (นิธิยา, 2539 และ Piculell, 1995)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างแคปป้า-คาราจีแนน

ที่มา : Piculell (1995)

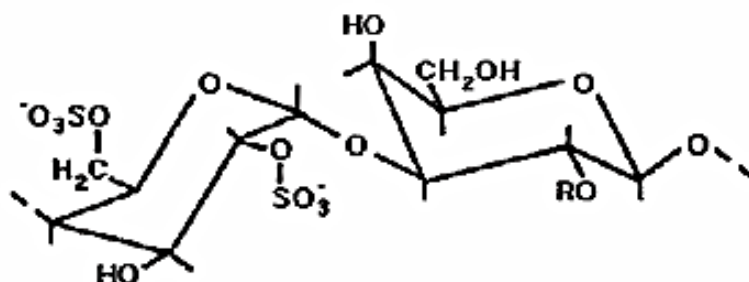
ไอโอต้า – คาราจีแนน สกัดจาก *Eucheuma spinosum* โครงสร้างประกอบด้วย 1,3 - linked α – D – galactose -4- sulfate และ 1,4-linked 3,6-anhydro- β – D – galactose -2- sulfate (ดังภาพที่ 1.2) ไอโอต้า – คาราจีแนนมีความไวต่อแคลเซียม (นิธิยา, 2539 และ Piculell, 1995)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างไอโอต้า - คาราจีแนน

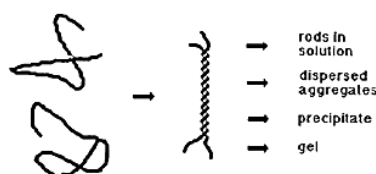
ที่มา : Piculell (1995)

แลมด้า – คาราจีแนน ประกอบด้วย 1,3-linked α – D – galactose -2- sulfate และ 1,4-linked α – D – galactose -2,6 - disulfate (ดังภาพที่ 1.3) (นิธิยา, 2539 และ Piculell, 1995)

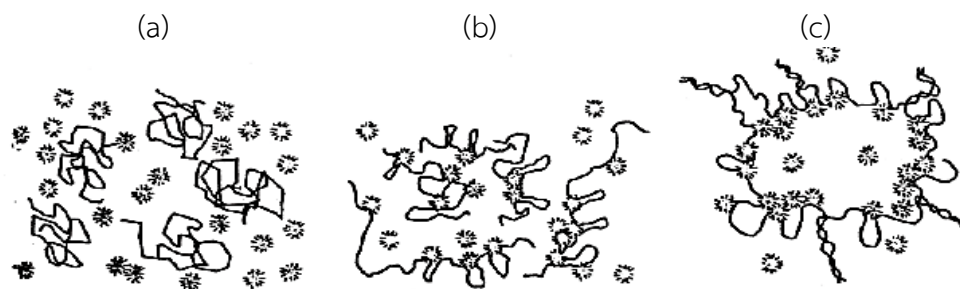


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างแลมด้า- คาราจีแนน
ที่มา : Piculell (1995)

สมบัติของคาราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลเป็นสำคัญและยังแตกต่างกันในคาราจีแนนแต่ละชนิดอีกด้วย คาราจีแนนละลายได้ดีและมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลง คาราจีแนนสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้ สำหรับแคปปา - และไอโอต้า - คาราจีแนนมีสมบัติในการเกิดเจล (นิธิยา, 2539) เมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้าง double helices (ดังภาพที่ 1.4) และการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง casein micelles และไอโอต้า - คาราจีแนนในนมของ Langendorff และคณะ (1999) พบว่าเมื่ออุณหภูมิของสารละลายนมต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิด Coil-helix ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสายของไอโอต้า-คาราจีแนนใน helical form บางส่วนกับ casein micelles ได้



ภาพที่ 2.4 การเกิดโครงสร้าง helix ในคาราจีแนน
ที่มา : Piculell (1995)



ภาพที่ 2.5 กลไกการเกิดเจลของนมกับแคปป้า-คาราจีแนน (a) เคซีนไมเซลและ random coil ของคาราจีแนนในสารละลาย ; (b) การเกิดปฏิกิริยาของเคซีนไมเซลกับคาราจีแนน ; (c) เกิดการสร้างเจลจากคาราจีแนน

ที่มา : Xu และคณะ (1992)

เจลที่เตรียมจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติเปลี่ยนกลับไปมาได้ด้วยความร้อน (thermo - reversible gel) และสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนได้ โดยแคปป้า - คาราจีแนนให้เจล มีลักษณะเปราะ แตกง่าย และเกิดการแยกตัวของน้ำ (syneresis) (นิธิยา,2539;McWilliams,1997) การแยกตัวของน้ำจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นผลมาจากร่างแหโพลิเมอร์ในโครงสร้าง 3 มิติ ของเจลหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ในร่างแหถูกบีบออกมาด้านนอกของเจล (Piculell ,1995) พบว่าเมื่อผสมโลคัสต์บินกับกับแคปป้า - คาราจีแนนจะช่วยลดการแยกตัวของน้ำของเจลลงได้ และการใช้บูกร่วมกับแคปป้า - คาราจีแนนจะช่วยให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้แคปป้า - คาราจีแนนเพียงอย่างเดียว (Charalambous และ Doxastakis,1989) และไอโอต้า - คาราจีแนนให้เจลที่มีความยืดหยุ่นและไม่เกิดการแยกตัวของน้ำสำหรับแลมด้า - คาราจีแนนไม่มีสมบัติในการเกิดเจล (นิธิยา, 2539 และ McWilliams, 1997)

การเติมโลหะไอออนจะมีผลต่อการเกิดเจล เช่น แคปป้า - คาราจีแนน เมื่อเติมโพแทสเซียมไอออนจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น แต่ถ้าเติมแคลเซียมไอออนจะเกิดเจลที่มีเนื้อแข็งทำให้เกิดรูปทรงได้ง่าย ซึ่งตรงกันข้ามกับไอโอต้า - คาราจีแนน เมื่อเติมแคลเซียมไอออนจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของคาราจีแนน (ตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของคาราจีแนนแต่ละชนิด

คุณสมบัติ	แคปปา	ไอโอตา	แลมด้า
การละลาย			
น้ำอุณหภูมิ 80°C	ละลาย	ละลาย	ละลาย
น้ำอุณหภูมิ 20°C	ละลายในสารละลายเกลือโซเดียม	ละลายในสารละลายเกลือโซเดียม	
น้ำอุณหภูมิ 80°C	ละลาย	ละลาย	ละลาย
น้ำอุณหภูมิ 80°C	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	
สารละลายน้ำตาล 50%	ละลายขณะร้อน	ไม่ละลาย	ละลาย
สารละลายเกลือ 10%	ไม่ละลาย	ละลายขณะร้อน	ละลายขณะร้อน
การเกิดเจล			
เกิดเจล	กับโพแทสเซียมไอออน	กับแคลเซียมไอออน	ไม่เกิดเจล
ลักษณะของเจล	เปราะ แตกง่าย	ยืดหยุ่น	ไม่เกิดเจล
การแยกตัวของน้ำ	เกิดการแยกตัวของน้ำ	ไม่เกิดการแยกตัว	ไม่เกิดการแยกตัว
ความคงทนต่อการแช่แข็งและละลาย	ไม่คงทน	คงทน	คงทน
การเสริมประสิทธิภาพกับโลคัสต์บินกัม	เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ
การเสริมประสิทธิภาพกับกลูโคแมนแนนจากบุก	เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ
การเสริมประสิทธิภาพกับสตาร์ช	ไม่เสริมประสิทธิภาพ	เสริมประสิทธิภาพ	ไม่เสริมประสิทธิภาพ
คงทนต่อกรด*			
ค่า pH ของเจล >3.5	คงทน	คงทน	คงทน
ความต้านทานเกลือ	ต้านทานได้น้อย	ต้านทานได้ดี	ต้านทานได้ดี

*เกิดการไฮโดรไลสในระบบที่มี pH ต่ำและมีการให้ความร้อน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Charalambous และ Doxastakis (1989)

การผสมคาราจีแนนชนิดแคปปาและไอโอต้าเข้าด้วยกันทำให้มีสมบัติในการเกิดเจลได้ดีขึ้น เจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และเกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง ในทางการค้าได้มีการผสม คาราจีแนนทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้สมบัติในการทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด (นิธิยา, 2539)

Tziboula และ Home (1999) ศึกษาผลของโปรตีนนม พบว่าการสร้างเจลที่เกิดขึ้นในระบบเป็นผลมาจาก carrageenan-carrageenan cross-linkages ไม่ใช่ carrageenan-protein linkages ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Langendorff และคณะ (2000) ที่พบว่าขณะลดอุณหภูมิในไอโอต้า-คาราจีแนนจะเกิดการสร้างโครงร่างตาข่ายแบบ carrageenan/casein micelle crosslinks และเมื่อมีคาราจีแนนมากเกินไปจะเกิดแบบ carrageenan/carrageenan crosslinks ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้โครงร่างตาข่ายมากขึ้น

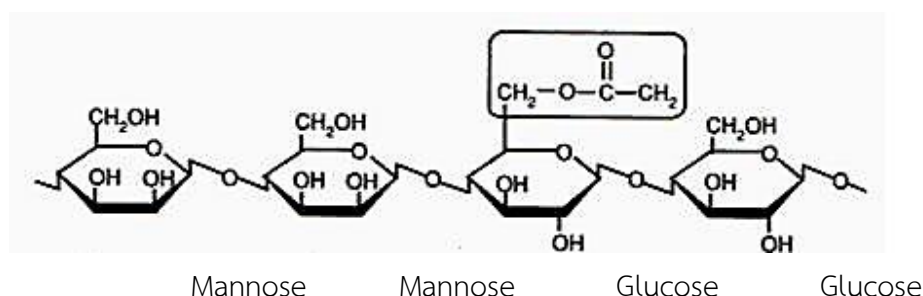
การใช้คาราจีแนนผสมลงในอาหารที่มีโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้ เห็นได้จากงานวิจัยของ Thaiudom และ Goff (2003) ที่พบว่าแคปปา - คาราจีแนน สามารถช่วยยับยั้งการแยกส่วนของโปรตีนในนมจากที่ใช้แคปปา - คาราจีแนนในการป้องกันการแยกส่วนของ casein micelle กับโลคัสต์บินกัมและทำให้คงตัวในผลิตภัณฑ์นม และจากการศึกษาของ Yanes และคณะ (2002) พบว่าเมื่อใช้แคปปา - คาราจีแนนที่ระดับร้อยละ 0.03 ขึ้นไป ในผลิตภัณฑ์นมช็อกโกแลต จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะ pseudoplastic และความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคาราจีแนน คือ สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนบางชนิดโดยเฉพาะโปรตีนในนมซึ่งปฏิกิริยาระหว่างเคซีน และคาราจีแนน เรียกว่า Milk reactivity (Charalambous และ Doxastakis, 1998) ปัจจุบันมีการนำคาราจีแนนไปใช้ในประโยชน์กับอาหารที่มีน้ำนมเป็นส่วนผสม หรือผลิตภัณฑ์นมได้ เช่น ใช้คาราจีแนนในส่วนผสมของไอศกรีม เพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมของไอศกรีมผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย และไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกมาระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา, 2539) ช่วยให้ผงโกโก้ที่ใส่ในผลิตภัณฑ์นมช็อกโกแลตแขวนลอยอยู่ได้ และใช้เป็นสารที่ช่วยให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น dessert gels, baby food gels, freezable dessert gels เป็นต้น

2.5.2) กลูโคแมนแนน (glucomannan)

กลูโคแมนแนน (glucomannan) พบมากในหัวบุก *Amorphallus konjac* K.Koch ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) ที่มีลักษณะเป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีมาก น้ำหนักโมเลกุลสูง มีความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหาร และสามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (Anon, <http://www.gy.com/it>, 26/09/02)

โครงสร้างของกลูโคแมนแนนประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส (mannose) และ น้ำตาลกลูโคส (glucose) ในอัตราส่วน 3:2 เชื่อมด้วยพันธะ β 1,4-linked D – mannose and D – glucose และมี acetyl groups กระจายอยู่ประมาณ 1ใน5ของน้ำตาลที่เหลือ (จิราภรณ์, 2543) แสดงดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างกลูโคแมนแนน

ที่มา: Anon. <http://www.gy.com/it> (26/09/02)

2.5.2.1) คุณสมบัติกลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนนซึ่งผลิตได้จากแป้งบุก มีคุณสมบัติทางกายภาพหลายประการ และด้วยคุณสมบัติเฉพาะกลูโคแมนแนน จึงทำให้มีการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้

2.5.2.1.1) ความข้นหนืด กลูโคแมนแนนสามารถละลายได้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น เมื่อนำมาละลายน้ำอุณหภูมิของกลูโคแมนแนนจะดูดซับน้ำเอาไว้แล้วเกิดการพองตัวโดยสามารถดูดซับน้ำได้ 100 – 200 เท่า ถ้ากลูโคแมนแนนมีความบริสุทธิ์สูงจะละลายและเกิดการพองตัวได้มาก ซึ่งจะได้สารละลายที่มีความข้นหนืดลักษณะแบบ pseudoplastic และการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้น การเพิ่มแรงเฉือนก็มีผลให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย (จิราภรณ์, 2543)

2.5.2.1.2) การเกิดฟิล์ม เมื่อละลายน้ำแล้วจะได้สารละลายที่ข้นหนืด การทำให้แห้งจะได้ฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว ซึ่งฟิล์มที่เกิดขึ้นนี้จะมี ความคงตัวสูงมากและมีเสถียรภาพได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น และสถานะที่เป็นกรดหรือด่าง (จิราภรณ์, 2543) และพบว่าการเกิดฟิล์มของแป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัม หรือแคปปา – คาราจีแนน มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงของฟิล์มลดลง การซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น และการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแป้งบุก (อดิศักดิ์, 2543)

2.5.2.1.3) การเกิดเจลโดยใช้ต่าง ต่างที่นิยมใช้ คือ NaOH หรือ KCO_3

เจลที่ได้จะทนต่อการหลอมละลายด้วยความร้อน หรือไม่ผันกลับด้วยความร้อน แต่การเกิดเจลด้วยวิธีนี้มีข้อเสีย คือ เจลจะมีกลิ่นต่างตกค้าง มีค่าความเป็นกรด - ด่างสูง สูญเสียน้ำได้ง่าย และขั้นตอนในการเตรียมเจลต้องมีการผสม การนวดและขึ้นรูป ซึ่งต้องอาศัยผู้ชำนาญในการเตรียม นอกจากนี้สามารถใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นช่วยในการเกิดเจลร่วมกับกลูโคแมนแนนได้ ที่นิยมใช้มาก คือ แคปปา - คาราจีแนน หรือแซนแทนกัม (จิราภรณ์, 2543 ; Williams และ Phillips, 1995)

การใช้แป้งบุงร่วมกับแคปปา - คาราจีแนนจะช่วยให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นมากกว่าการใช้แคปปา - คาราจีแนนเพียงอย่างเดียว (Charalambous และ Doxastakis, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ lida และคณะ (1993) ที่พบว่าเจลที่เตรียมจากแป้งบุงผสมกับแคปปา - คาราจีแนนมีความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นสูงกว่าเจลที่เกิดจากแคปปา - คาราจีแนนผสมกับโลคัสต์ป็นกัม และมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่าเจลที่เตรียมจากคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว และงานวิจัยของ Kohyama และคณะ (1993) พบว่าเจลที่เตรียมจากสารละลายผสมของบุงกลูโคแมนแนนและแคปปา - คาราจีแนนมีความแข็งแรงมากกว่าเจลที่เตรียมจากแคปปา - คาราจีแนน โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณการใช้เท่ากัน และเมื่อน้ำหนักโมเลกุลของบุง กลูโคแมนแนนในระบบการเกิดเจลของสารละลายผสมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เจลที่ได้มีความแข็งเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เจลที่ได้มีความแข็งเพิ่มขึ้น สำหรับการเกิดเจลของสารผสมระหว่างแคปปา - คาราจีแนนกับกลูโคแมนแนนเป็นผลมาจากการรวมตัวกันระหว่าง double helices ของแคปปา - คาราจีแนนและสายของกลูโคแมนแนนจะดูดซับที่บริเวณผิวหน้า helices ของคาราจีแนน โดยคุณสมบัติของสารผสมระหว่าง คาราจีแนนกับกลูโคแมนแนนขึ้นอยู่กับปริมาณของโมเลกุลกลูโคแมนแนนเป็นสำคัญ (Williams และ Phillips, 1995)

โดยทั่วไปสามารถนำกลูโคแมนแนนไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) สารทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (emulsifier) สารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) สารทำให้เกิดฟิล์ม (film former) สารทำให้คงตัว (stabilizer) และเป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม ลูกกวาดและขนมหวาน เครื่องปรุงรส น้ำสลัด ซุปและน้ำเกรวี่ ขนมขบเคี้ยว อาหารแช่เยือกแข็งหรือ แช่เย็น และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ พบว่าในประเทศไทยมีการนำกลูโคแมนแนนมาใช้ร่วมกับแคปปา-คาราจีแนน ไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ขนม เยลลี่ เนื่องจากให้เจลที่มีความยืดหยุ่นสูง (ลิดาและคณะ, 1993)

2.6 ข้าวไรต์ดอกขำ (รหัสสายพันธุ์ KBIC06001-50)

ข้าวไรต์ดอกขำ (Khao Rai Dawk Kha Phangnga Rice) เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีพื้นที่ปลูกเฉพาะในจังหวัดพังงาโดยเฉพาะ พบได้ในพื้นที่หมู่ที่ 1 ตำบลบางทอง อำเภอท้ายเหมือง มีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เมื่อหุงจะมีกลิ่นหอมเหมือนกลิ่นใบเตย จากการนำ

ตัวอย่างข้าวไปวิเคราะห์ข้อมูลด้านโภชนาการพบว่ามีความค่าทางสารอาหารครบถ้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอาหารประเภทโอเมก้า 3 , 6 และ 9 ซึ่งปกติแล้วจะพบในปลาทะเลน้ำลึกเท่านั้น มีวิตามินอี ชนิดอัลฟาโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอล ซึ่งเมื่อนำข้าวไร้ดอกขำมาเพาะเป็นข้าวกล้องงอกจะเป็นการเพิ่มคุณค่าสารอาหารในข้าวมากกว่าการรับประทานเป็นข้าวกล้อง ถึง 3-10 เท่า โดยเฉพาะสาร "กาบา" ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทในสมองส่วนกลางที่ช่วยในเรื่องการฟื้นฟูความจำ ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ กระตุ้นฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโตในเด็ก มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ และกากใยอาหารสูง เหมาะสำหรับผู้ที่นิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่เพาะปลูก และฤดูกาลปลูกพืชเพียงปีละครั้ง ทำให้ปริมาณผลผลิตที่จำนวนจำกัดและไม่แน่นอน ส่งผลให้ข้าวไร้ดอกขำมีราคาสูง 2-3 เท่า ของราคาข้าวในท้องตลาด คนทั่วไปจึงไม่ค่อยนิยมซื้อบริโภค จึงคิดหาวิธีแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้อง ผสมธัญพืช เพื่อตอบสนองผู้บริโภคในกลุ่มผู้รักสุขภาพ และผู้บริโภคทั่วไปในรูปแบบที่แตกต่างจากการบริโภคข้าวในราคาที่ย่อมเยาแต่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายสูง (กองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2560)

ข้าวไร้ดอกขำปลูกสามารถในไร่และบริเวณที่สูงตามไหล่เขา โดยไม่ต้องมีน้ำขัง อาศัยเพียงแค่น้ำค้าง น้ำฝน และความชื้นในดินก็ทำให้ข้าวไร้ดอกขำเจริญเติบโตได้ และมีการปลูกแซมในแปลงปลูกยางพารา หรือแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน โดยใช้วิธีการปลูกด้วยการให้ไม้ปลายแหลมแทงลงไปในดิน (เรียกว่าการแทงสัก) และใช้กระบอกลู่วัสดุที่บรรจุพันธุ์ข้าวหยอดลงหลุม 3 เมล็ด ซึ่งในท้องถิ่นเรียกว่า "น้ำไร่" เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในจังหวัดพังงา มีความเหมาะสมกับทุกสภาพพื้นที่ เมื่อฝนโปรยลงมาหรือเมล็ดได้รับความชื้นจากดินก็จะเจริญเติบโตเป็นต้น



ภาพที่ 2.7 ข้าวไร้ดอกขำ

ที่มา: องค์ความรู้เรื่องข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

ลักษณะทั่วไปข้าวดอกไร่ข้าวเป็นข้าวไร่ข้าวเจ้าที่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 332 – 400 กิโลกรัมต่อไร่ โดยนิยมปลูกในพื้นที่ตำบลบางทอง อำเภอท้ายเหมือง และตำบลตากแดด อำเภอเมือง จังหวัดพังงา มีการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม โดยข้าวไร่ดอกไร่ มีวิธีหนึ่งหรือหุงให้อร่อย มีเคล็ดลับในการหุงดังนี้ ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1 – 1.2 ส่วน

ข้าวไร่ดอกไร่ จัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มข้าวที่มีโอเมก้า 3,6 และ9 ซึ่งมีวิตามินอี ชนิดอัลฟาโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอลสูง

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของข้าวไร่ดอกไร่

คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	350.95
ไขมัน (กรัม)	2.75
โปรตีน (กรัม)	7.82
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	73.73
น้ำตาล (กรัม)	1.04
ใยอาหาร (กรัม)	3.9
วิตามินบี11 (มิลลิกรัม)	0.094
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	11.97
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.69
วิตามินอี (มิลลิกรัม)	1.28
กาบา (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	59.37
โอเมก้า3 (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)	27.55
โอเมก้า6 (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)	836.27
โอเมก้า9 (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)	1,097.82

ที่มา : กรมการข้าว (2560)

2.7 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชอยู่ในตระกูล leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์หลายชนิดเช่น Glycine soja, Saja hispida, และ Phaseolus nax แต่ชื่อที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือ Glycine max (L.) Merrill (จิระ, 2545) ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นสี่เหลี่ยม มีขนยาวคลุมอยู่ทุกส่วนของลำต้น ใบติดกับลำต้นแบบสลับมีใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ ปลายแหลม ใบมีขนทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเล็กสีขาวอมม่วง ฝักแบนยาว มีเมล็ด 2-3 เมล็ด เป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำขัง ดินที่ปลูกควรมีลักษณะเป็น

ดินร่วน พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยส่วนใหญ่จะปลูกในแถบ 18 จังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก จังหวัดที่มีผลผลิตถั่วเหลืองมากในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ กำแพงเพชร แพร่ เชียงราย ตาก ภาคกลาง ได้แก่ สระบุรี ลพบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ปราจีนบุรี และภาคตะวันตก ได้แก่ กาญจนบุรี ผลผลิตรวมของประเทศจะมีประมาณหนึ่งแสนตันเศษต่อปี โดยส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้จากภาคเหนือ โดยพบว่าผลผลิตเฉลี่ยจะอยู่ในราว 150 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ฤดูกาลที่ปลูกแบ่งตามฤดูได้ 3 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้งการแบ่งฤดูปลูกเป็น 3 ฤดูก็เพื่อให้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวซึ่งควรจะให้ถั่วเหลืองแก่ในช่วงที่ไม่มีฝนหรือมีฝนน้อยเพื่อสะดวกต่อการเก็บเกี่ยวการนวดเมล็ด และการตากให้แห้งสนิทก่อนที่จะนำมาเก็บ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527)

2.7.1) ประโยชน์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถช่วยลด glycemic index (GI) ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน โปรตีนในถั่วเหลืองช่วยลดการขับถ่ายแคลเซียมทางปัสสาวะ สามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงของโรคกระดูกผุได้ ในถั่วเหลืองมีใยอาหารที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ใยอาหารนี้ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด และช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ ที่สำคัญถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดเดียวที่มี Isoflavones มีคุณสมบัติแบบฮอร์โมนเพศหญิง จำพวกเอสโตรเจน ช่วยป้องกันอาการที่เกิดในหญิงวัยทองได้ดี อีกทั้งมีเกลือแร่ที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคกระดูกพรุน และความดันโลหิตสูง แต่ถั่วเหลืองมีสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสารยับยั้งเอนไซม์ ทริปซิน (Trypsin Inhibitor) สารนี้จัดเป็นสารต้านโภชนาการ เนื่องจากสามารถจับกับเอนไซม์ทริปซินในน้ำย่อย ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้มีหน้าที่ย่อยโปรตีน จึงทำให้ร่างกายย่อยและใช้ประโยชน์จากโปรตีนที่รับประทานเข้าไปได้น้อยลง แต่สามารถทำลายได้โดยการใช้ความร้อน ดังนั้นถ้าเราต้องการประโยชน์จากถั่วเหลืองก็ต้องนำมาผ่านความร้อนให้สุกก่อนนำมารับประทาน (พีระศักดิ์, 2547)

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการถั่วเหลืองต่อ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
พลังงานทั้งหมด	390.00	กิโลแคลอรี
ความชื้น	9.10	กรัม
โปรตีน	35.87	กรัม
ไขมัน	18.11	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	9.84	กรัม
เส้นใยอาหาร	21.90	กรัม

ถั่ว	5.27	กรัม
แคลเซียม	254.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	571.00	มิลลิกรัม
โซเดียม	1.00	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	1,791.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	8.81	มิลลิกรัม
ทองแดง	1.41	มิลลิกรัม
สังกะสี	2.92	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	2.00	มิลลิกรัม
ไทอามีน	1.15	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.29	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	2.59	มิลลิกรัม
วิตามินซี	8.00	มิลลิกรัม
ซีลีเนียม	12.80	ไมโครกรัม
บี - แคลโรทีน	24.00	ไมโครกรัม

ที่มา : สถาบันโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดล, 2558

2.7.2) โปรตีนในถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลืองแห้งทั้งเมล็ด มีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 34-44 ในขณะที่ถั่วชนิดอื่นมีโปรตีนประมาณร้อยละ 20-30 ถั่วเหลืองมีโปรตีนมากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ถึง 2 เท่า แต่คุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลืองอาจด้อยกว่าโปรตีนจากสัตว์อยู่บ้าง (สุมาลีและวลัยทิพย์, 2541) เพราะสัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นบางตัวมีน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้คุณภาพโปรตีนในถั่วเหลืองมีคุณค่าต่ำกว่าเนื้อสัตว์ กรดอะมิโนที่จำเป็น ที่มีปริมาณน้อยในถั่วเหลือง ได้แก่ เมธิโอนีน (อภิพรรณ, 2546) ส่วนกรดอะมิโนตัวอื่นใกล้เคียงเนื้อสัตว์ แต่ถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนไลซีนสูง ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 2.5 กรดอะมิโนที่จำเป็นในถั่วเหลือง

กรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (grams of amino acid/16 gm N)
ไลซีน	6.86
ทรีโตนีน	1.28
ฟีนิลอะลานีน	5.01

มีไทโอนีน	1.56
ทรีโอนีน	4.31
ลิวซีน	7.72
ไอโซลิวซีน	5.10
วาเลีน	5.38

ที่มา : Smith and Circle, 1978

โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภทโกลบูลิน (globulin) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ในช่วงที่เรียกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ซึ่งเป็นจุดที่มี pH อยู่ในช่วง 4.2-4.6 แต่จะละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของโซเดียมหรือแคลเซียมคลอไรด์ลงไปถ้า pH สูงหรือต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก โปรตีนก็ยังสามารถละลายได้ โปรตีนสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติการไม่ละลายน้ำ ที่จุดไอโซอิเล็กทริกได้ โดยใช้เอนไซม์เปปซิน (pepsin) โดยเอนไซม์จะตัดขนาดของโมเลกุลให้เล็กลง ซึ่งสามารถนำไปใช้ กับอาหารที่เป็นกรดได้ (วันชัย, 2527)

2.7.3) การลดปริมาณสารต้านโภชนาการในเมล็ดถั่วเหลือง

เนื่องจากถั่วเหลืองดิบมีสารขัดขวางทางโภชนาการหลายชนิดและการย่อยโปรตีนมีปริมาณค่อนข้างต่ำจำเป็นต้องมีวิธีการปรับสภาพเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อช่วยนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดีมากยิ่งขึ้นโดยสามารถทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่

2.7.3.1) การแช่ถั่วเหลือง

การแช่ถั่วเหลืองเป็นวิธีการเพิ่มปริมาณความชื้นรวมถึงเป็นการลดปริมาณสารต้านโภชนาการ และลดเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนกับถั่วเหลือง เมื่อเวลาให้ความร้อนสั้นทำให้คุณภาพของโปรตีนดีขึ้น การดูดซึมน้ำของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา (Pan et al., 2003) ได้ทำการทดลองนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำในช่วงอุณหภูมิ 10 ถึง 40 ° C จนได้ความชื้นอย่างต่ำ 120% db. เพื่อการนำไปปศให้มีความลดลงจะทำให้ได้ง่ายขึ้นโดยพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการแช่เวลาที่ใช้ในการแช่น้ำลดลงซึ่งในเวลา 30 นาทีแรกถั่วเหลืองจะมีอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงหลังจาก 30 นาทีอัตราการดูดซึมน้ำ จะช้าลงและหลังจาก 2 ชั่วโมงอัตราการดูดซึมน้ำจะลดต่ำลงมากในระหว่างการแช่น้ำจะมีสารที่มีอยู่ในถั่วเหลืองกระจายออกมาอยู่ในน้ำ เช่น วิตามิน แร่ธาตุกรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ซึ่งรวมถึงสารต้านโภชนาการและกรดอินทรีย์ด้วย ทำให้สารที่มีประโยชน์ในถั่วเหลืองลดลง เพื่อทำให้สารที่มีประโยชน์กับร่างกายในถั่วเหลืองให้คงอยู่มากที่สุด ทำได้โดยการนำน้ำที่ผ่านการแช่ ไปกำจัดสารต้านโภชนาการแล้วนำกลับมาใช้ในการแช่ใหม่ ซึ่งเมื่อถั่วเหลืองดูดซึมน้ำจะช่วยเพิ่มสารที่มีประโยชน์กับร่างกาย ในถั่วเหลืองจากการทดลองของ (นิพนธ์, 2548) พบว่าในระยะที่เมล็ดเริ่มงอก โปรตีนในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน วิตามินบีรวม วิตามินอี และวิตามินซี ที่อยู่ใน

รูปสารละลายมีปริมาณเพิ่มขึ้น ไขมัน และแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล นอกจากนี้ไฟโอะมินมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่า และประกอบด้วย วิตามินซีปริมาณเท่ากับมะเขือเทศ และเมล็ดพืชที่เริ่มงอกจะประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน และน้ำย่อย ซึ่งอยู่ในรูปที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เร็วช่วยระบบย่อยอาหาร

2.7.3.2) การต้มหรือการต้มโดยใช้ความดัน (Cooking or Autoclaving)

เป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายโดยสามารถนำถั่วเหลืองแช่น้ำเพื่อให้น้ำซึมผ่านเข้าเมล็ดแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด เมื่อสุกนำมาทิ้งให้แห้งสำหรับการต้มโดยใช้ความดันผ่านไอน้ำเข้าไปในหม้อ โดยใช้ความดันวิธีนี้ใช้เวลาอันอุปกรณ์มีราคาสูงโดย (Anderson-Haffermann et al., 1992) ทำการทดลองต้มถั่วเหลืองโดยใช้ความดัน 124 kPa ที่ 121 ° C เป็นเวลา 15 นาทีพบว่าทำลายสารยับยั้งทริปซิน และเอนไซม์ยูรีเอส ได้จากผลการศึกษาค้นคว้าให้สรุปได้ว่า ในการทำลายสารยับยั้งทริปซิน และเอนไซม์ยูรีเอสต้องใช้เวลาน้อยกว่า 15 นาที

2.7.3.3) การนึ่งถั่วเหลือง

การนึ่งเป็นการทำให้อาหารสุกโดยการให้ความร้อนผ่านไอน้ำ โดยไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการต้มน้ำให้เดือดอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 100 องศาเซลเซียส สามารถคงความชื้นไว้ในอาหารได้ดี การนึ่งยังสามารถช่วยลดการสูญเสียสารประกอบฟีนอลได้ดีกว่าผ่านการต้มหรือไมโครเวฟ (Vallejo et al., 2003)

2.7.3.4) การคั่ว (Roasting)

การคั่วคือกระบวนการที่ทำให้เมล็ดวัตถุดิบอุณหภูมิสูงขึ้นจากระดับอุณหภูมิห้องไปจนถึง 200-230 องศาเซลเซียสหรือประมาณ 400-450 องศาฟาเรนไฮต์ ในระหว่างการคั่วนี้ น้ำ และความชื้นที่อยู่ภายในเมล็ดจะถูกไล่ออกไป ทำให้สีของเมล็ดเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวแห้ง ๆ เป็นสีเขียว ม่นเงา แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลชืด จากนั้นจะค่อยๆเข้มขึ้นตามลำดับ การที่ใช้อุณหภูมิสูงโดยทั่วไปใช้เวลาในการคั่วประมาณ 5-10 นาที (พอฤทัย, 2556)

2.8 ไอโซฟลาโวน (Isoflavone)

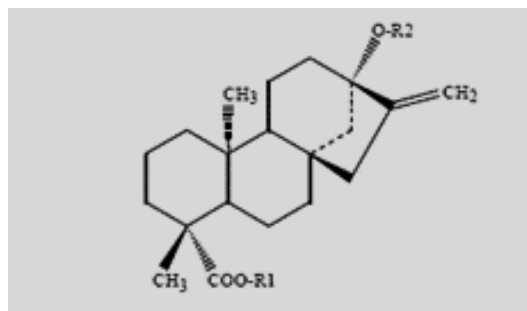
ไอโซฟลาโวนเป็นสารจำพวก polyphenol พบได้ปริมาณสูงในถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลือง โดยปกติจะพบปริมาณไอโซฟลาโวนอยู่ระหว่าง 1.2 – 3.3 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง 1 กรัม (Wang and Murphy, 1994b) ปริมาณของสารไอโซฟลาโวนสามารถแปรผันได้จากปัจจัยที่หลากหลาย เช่น ความหลากหลายของสถานที่ปลูกที่เก็บเกี่ยวผลผลิต หรืออาจเกิดจากชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารที่มาจากแปรรูปของถั่วเหลือง (Wang and Murphy, 1994a) ไอโซฟลาโวนที่อยู่ในถั่วเหลืองมี 2 รูปแบบคือ aglycone (เป็นไอโซฟลาโวนรูปแบบที่ไม่มีโมเลกุลของน้ำตาลมาเชื่อมต่อ) และ isoflavone β -glucoside (เป็นไอโซฟลาโวนที่มีโมเลกุลของน้ำตาลเชื่อมต่ออยู่)

(Song et al., 1998) ซึ่งไอโซฟลาโวนที่พบในถั่วเหลืองเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบนี้ (Coward et al., 1998) จากโครงสร้างทางเคมีของไอโซฟลาโวนจะมีความคล้ายคลึงกับฮอร์โมนเพศหญิง 17β -estradiol ซึ่งเป็นฮอร์โมนชนิดที่พบได้ทั่วไปและมีมากในหญิงที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ดังนั้นสารนี้จึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มของไฟโตเอสโตรเจน ซึ่งเป็นสารจากพืชที่มีฤทธิ์เหมือนกับฮอร์โมนเอสโตรเจน ขั้นตอนสำคัญก่อนการดูดซึมสารไอโซฟลาโวนสู่ร่างกาย คือ การนำน้ำตาลที่เชื่อมต่อกับโมเลกุลของสารไอโซฟลาโวนออกก่อน โดยมีสมมุติฐานที่เชื่อว่า แบคทีเรียในลำไส้มีส่วนสำคัญต่อกระบวนการดังกล่าว แต่ในปัจจุบันนี้พบว่ากระบวนการดูดซึมสารไอโซฟลาโวนเกิดจากเอนไซม์ lactase phlorizin hydrolase (LPH) ในลำไส้เล็ก (Day et al., 2000) โดยเมื่ออยู่ในรูปของ aglycone ไอโซฟลาโวนจะซึมผ่านผนังของลำไส้เล็ก (King and Bursill, 1998) ส่วนไอโซฟลาโวนที่ไม่ได้ซึมจะเคลื่อนผ่านไปยังลำไส้ใหญ่ ซึ่งเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียจำนวนมาก ส่งผลให้ไอโซฟลาโวนถูกย่อยด้วยเอนไซม์ของแบคทีเรียแล้วเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ต่างๆก่อนที่จะเกิดการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาในมนุษย์ว่า หลังจากไอโซฟลาโวนถูกดูดซึมสู่กระแสโลหิตแล้วไปสะสมที่เนื้อเยื่อใดเป็นพิเศษ

2.9 น้ำตาลหญ้าหวาน

หญ้าหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stevia Rebaudiana* Bertoni หรือที่เรียกสั้นๆว่า *Stevia* อยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) หญ้าหวานเป็นไม้ล้มลุกขนาดเล็กสูงประมาณ 30 - 90 เซนติเมตร ใบเดี่ยว รูปใบหอกกลับ ขอบใบหยัก มีดอกช่อสีขาว ลักษณะคล้ายต้นโหระพา ชอบอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิประมาณ 20 - 26 องศาเซลเซียส และขึ้นได้ดีเมื่อปลูกในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 600 - 700 เมตร มีการนำมาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 โดยพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือทางภาคเหนือ ใบหญ้าหวานแห้ง สกัดด้วยน้ำได้สารหวานประมาณร้อยละหนึ่ง ซึ่งสารหวานเหล่านี้มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150 - 300 เท่า มีความคงตัวสูงทั้งในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส จึงไม่สลายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากความร้อนในการปรุงอาหาร ใช้ในปริมาณน้อย ไม่มีพิษและปลอดภัยในการบริโภค

สารสกัดบริสุทธิ์จากใบหญ้าหวาน (สตีวียอลไกลโคไซด์) เป็นสารประกอบไกลโคไซด์ของสารกลุ่มไดเทอร์พีนที่เรียกว่า สตีวียอลไกลโคไซด์ (ภาพที่ 1.7) มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีเหลืองอ่อน มีความคงตัวสูงในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อน



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของสตีวียอล R1 และ R2 คือ H ซึ่งเป็นอะไคโคนของสตีวียอลไกลโคไซด์จะแตกต่างกันที่หมู่ น้ำตาล กลูโคส และ แรมโนส ตำแหน่ง R1 และ R2
ที่มา : (พิสมัย, 2557)

ใบจากต้นสตีเวีย ประกอบด้วยสารให้ความหวานหลัก คือ สตีวียอล ไกลโคไซด์ (steviol glycoside) โดยมีสารประกอบที่มากที่สุด คือ สตีวียอไซด์ (stevioside) มีความหวานเท่ากับ 300 เท่าของน้ำตาลซูโครส รองลงมา คือ เรบาดีอไซด์ เอ (rebaudioside A) มีความหวานเท่ากับ 504 เท่าของน้ำตาลซูโครส (วิมล, 2555) ทนความร้อนได้ ถึง 200 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการใช้ในการปรุงอาหาร (Roberto et al., 2012) European Food Safety Authority (EFSA) ได้กำหนดปริมาณที่สามารถบริโภคได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายใดๆในสารสตีวียอลไกลโคไซด์ (steviol glycoside) คือ 4 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/วัน ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ (Commission Regulation (EU), 2011) เมื่อปลายปี 2551 U.S. Food and Drug Administration (FDA) ได้พิจารณาและประกาศว่าสตีเวีย (stevia) เป็นสารให้ความหวานที่ยอมรับได้โดยทั่วไปว่าปลอดภัย (International Food Information Council Foundation, 2002) ในประเทศไทยประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 262) พ.ศ. 2545 ให้มีการใช้สตีวียอไซด์ (stevioside) ซึ่งสกัดมาจากหญ้าหวานเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก โดยให้มีการควบคุมเฉพาะและต้องระบุบนฉลากแสดง ข้อความว่า “สตีวียอไซด์สกัดจากหญ้าหวาน” กำกับไว้ด้วย

2.9.1) แนวทางการบริโภคสารให้ความหวานในยุคปัจจุบัน

ปัจจุบันอาหารหลากหลายชนิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนิยมกล่าวอ้างทางโภชนาการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่เริ่มมีความรู้เกี่ยวกับโภชนาการและดูแลสุขภาพของตนเองมากขึ้น ดังนั้น ผู้ประกอบการธุรกิจอาหารจึงเริ่มนิยมใช้คำกล่าวอ้างทางโภชนาการมาเป็นกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อส่งเสริมการขายสินค้าของตน อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคำกล่าวอ้างทางโภชนาการบนบรรจุภัณฑ์จะต้องผ่านการตรวจสอบ จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ฉลากโภชนาการ โดยมีประกาศ 2 ฉบับที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ และฉบับที่ 219 พ.ศ. 2544 เรื่องฉลากโภชนาการ (ฉบับที่ 2) สำหรับเงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการนี้มีกล่าวไว้ในบัญชีแนบท้าย

หมายเลข 4 ประกาศฉบับที่ 182 ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1.การกล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร (nutrient content claim) 2.การกล่าวอ้างปริมาณโดย เปรียบเทียบ (comparative claim) และ 3. การกล่าวอ้างเกี่ยวกับหน้าที่ของสารอาหาร (nutrient function claim)

2.9.1.1) สำหรับคำกล่าวอ้างทางโภชนาการที่เกี่ยวข้องกับน้ำตาลตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการมีดังนี้

2.9.1.1.1) ปราศจากน้ำตาล หรือไม่มีน้ำตาล หมายถึง มีน้ำตาลน้อยกว่า 0.5 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก และหน่วยบริโภคอ้างอิง

2.9.1.1.2) ไม่ปรับความหวานเพิ่มหรือไม่เติมวัตถุให้ความหวาน หมายถึง ใช้กับอาหารที่มีน้ำตาลสูงอยู่แล้วโดยธรรมชาติ เช่น น้ำผลไม้ (ห้ามใช้ ปราศจากน้ำตาล)

2.9.1.1.3) ลดปริมาณน้ำตาลลงน้อยกว่า (อาหารอ้างอิง) หมายถึง ลดปริมาณน้ำตาลลงตั้งแต่ 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

2.9.1.1.4) ไม่เติมน้ำตาลหรือไม่ใส่น้ำตาล (อาหารอ้างอิง) หมายถึง ไม่เติมน้ำตาลระหว่างการผลิต ส่วนประกอบจะ ต้องไม่มีอาหารที่มีการเติมน้ำตาล เช่น แยม น้ำผลไม้เข้มข้น ต้องไม่มีน้ำตาลเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตถ้ามีต้องได้ตามเงื่อนไข ปราศจาก หรือไม่มีและอาหารอ้างอิงมีการเติมน้ำตาลแต่อาหารนี้ไม่มีการเติม (สมาคมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย, 2556)

นอกจากการกล่าวอ้างทางโภชนาการที่เกี่ยวข้องกับน้ำตาลแล้วนั้น ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำตาลและสารให้ความหวานที่มีจำหน่ายให้กับผู้บริโภคยุคปัจจุบันก็มีหลากหลายชนิด ซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามความต้องการ และความจำเป็น และความเหมาะสมของสภาวะร่างกาย เช่นกันเช่น น้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohol) โดยเฉพาะไซลิทอลเป็นมิตรต่อฟัน เนื่องจากไม่ทำให้เกิดฟันผุ จากการศึกษามากมายชี้ให้เห็นว่า น้ำตาลแอลกอฮอล์ช่วยลดฟันผุ ผลจากการศึกษานี้ได้รับการรายงานว่าน้ำตาลไม่ได้ทำให้เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ในช่องปาก อย่างไรก็ตามบางการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไซลิทอล ช่วยลดความสามารถในการยึดเกาะของ *Streptococcus mutans* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคฟันผุและจากการศึกษาอิริทริทอล สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการป้องกันฟันผุ มีรายงานว่า *Streptococcus mutans* ถูกยับยั้งการเจริญเติบโต และนอกจากนี้ร่างกายสามารถดูดซึมอิริทริทอลได้ ดังนั้นจึงไม่ทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร (Ichikawa et al., 2008) นอกจากนี้อิริทริทอลยังเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีรสชาติขมหลังกลืน (bitter aftertaste) น้อยมากจึงได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างดี ข้อดีอีกประการหนึ่งของน้ำตาลแอลกอฮอล์คือไม่จำเป็นต้องใช้ฮอร์โมนอินซูลินในการย่อยสลาย และมีการดูดซึมได้ช้ากว่าน้ำตาลชนิดอื่นไม่ทำให้

ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น จึงมีค่า glycemic index ต่ำ ดังนั้นจึงเหมาะกับผู้บริโภคที่เป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องระวังการเพิ่ม ของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด

อย่างไรก็ตามการบริโภคน้ำตาลแอลกอฮอล์นั้นไม่ควรบริโภคเกิน 20-40 กรัมต่อวัน (สุขใจ, 2555) โดย ข้อกำหนด Codex Alimentarius กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลแอลกอฮอล์เกินกว่า 20 กรัม (Codex Alimentarius International Food Standards, 1991) และผลิตภัณฑ์ที่มีซอร์บิทอล และแมนนิทอล ใน ประเทศสหรัฐอเมริกา ต้องแสดงฉลากเตือนว่าหากบริโภคมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายท้อง (Mitchell, 2006) เนื่องจากร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้ จึงต้องบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม ตามค่าปริมาณสูงสุดต่อวัน ที่สามารถบริโภค ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดอันตรายใด ๆ (ADI) (วรรณคล, 2551) สำหรับน้ำตาลเทียมที่ให้ความหวานมากเป็นหลาย ร้อยเท่าของน้ำตาลทรายแต่ไม่ให้พลังงานก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคนิยมเลือกใช้ได้แก่

a) แซคคาริน (saccharin) มีการศึกษาอย่างกว้างขวางเพื่อตรวจสอบสารก่อมะเร็งในแซคคาริน การศึกษาในปี พ.ศ. 2513 และ พ.ศ. 2523 พบมะเร็งกระเพาะปัสสาวะในหนูเมื่อได้รับแซคคารินในปริมาณสูง และในปี พ.ศ. 2524 องค์การอาหาร และยาของสหรัฐอเมริกา มีคำสั่งให้แสดงคำเตือนบนผลิตภัณฑ์ที่มีแซคคาริน เนื่องจากอาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบภายหลังว่า กลไกที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งกระเพาะปัสสาวะในหนู ไม่สามารถใช้ได้กับมนุษย์ และในปี พ.ศ. 2544 ได้ประกาศปลดสารแซคคารินออกจากรายงานพิษวิทยาเกี่ยวกับสารก่อมะเร็งและไม่จำเป็นต้องแสดงคำเตือนดังกล่าว (Shankar et al., 2013) ทำให้มีการนำแซคคารินกลับมาใช้อีกครั้ง และปัจจุบันยังไม่ใช้กันอยู่ทั่วไปโดยไม่พบอันตรายใดๆ (วรรณคล, 2551) สามารถใช้กับเด็ก ผู้ใหญ่ รวมทั้งสตรีมีครรภ์และผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ เมื่อบริโภคตามค่า ADI ที่กำหนด (Shankar et al., 2013)

b) แอสพาร์แทม (aspartame) จากงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าแอสพาร์แทมไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และสถาบันมะเร็งแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Cancer Institute) ได้สรุปว่าแอสพาร์แทมไม่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (International Food Information Council Foundation, 2009) แต่มีรายงานเกี่ยวกับความปลอดภัยของแอสพาร์แทมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยที่แอสพาร์แทมจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดอาการปวดศีรษะในบางคนที่พบได้น้อยมาก (Shankar et al., 2013)

c) อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม (acesulfame potassium) หรือ อะซีซัลเฟม เค (acesulfame-K) ถูกขับออกโดยไต หลังจากผ่านเข้าไปในร่างกาย ผลพลอยได้จากการสลายอะซีซัลเฟม โพแทสเซียมในร่างกาย คือ Acetoacetamine ซึ่งเป็นสารพิษปริมาณสูง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของอะซีซัลเฟม โพแทสเซียมที่ใช้เป็นสารให้ความหวานในเครื่องดื่มมีปริมาณน้อยมากและไม่

ก่อให้เกิดอันตราย (Shankar et al., 2013) อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาให้ใช้ได้ เนื่องจากผลการศึกษามากกว่า 90 การศึกษา พบว่าอะซีซัลเฟม โพแทสเซียมมีความปลอดภัย (Calorie Control Council, 2013) สามารถใช้ได้ในสตรีมีครรภ์ สตรีให้นมบุตร ผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ป่วยฟีนิลคีโตนูเรีย (Phenylketonuria) (วรรณคล, 2551)

d) ซูคราโลส (sucralose) มีการยอมรับว่าปลอดภัย จากการบริโภคของผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพราะไม่มีผลต่อการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต และไม่มี การเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดซึมกลูโคสจากลำไส้เล็ก (Shankar et al., 2013) และจากการศึกษามากกว่า 100 การศึกษาของซูคราโลส เช่น การศึกษาความเป็นพิษ อนามัยการเจริญพันธุ์ สุขภาพไต ความผิดปกติของสมองและเลือดสุภาพเด็ก และโภชนาการ สรุปได้ว่า ซูคราโลส ได้รับการตรวจสอบโดย The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) และ European Food Safety Authority (EFSA) ซึ่งทั้งสองหน่วยงาน ให้ข้อสรุปไปในทางเดียวกันว่า มนุษย์สามารถบริโภคซูคราโลสได้อย่างปลอดภัย

e) นีโอแทม (neotame) ก่อนการอนุมัติให้นีโอแทม (neotame) เป็นสารให้ความหวานในปี พ.ศ. 2545 มีงานวิจัยกว่า 100 รายงาน ได้ทำการศึกษานีโอแทม รวมทั้งการศึกษาโรคมะเร็ง สรุปได้ว่า นีโอแทมไม่มีผลใดๆในมนุษย์ และไม่พบการเชื่อมโยงระหว่างการบริโภคนีโอแทมกับอาการไม่พึงประสงค์ รวมทั้งความเป็นพิษ พัฒนาการของร่างกาย ปัญหาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ หรือโรคมะเร็ง (International Food Information Council Foundation, 2009)

f) สตีเวีย (stevia) หรือหญ้าหวานจากการศึกษาพิษวิทยาของสตีวิโอไซด์ (sterioside) ซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากสตีเวีย แสดงให้เห็นว่า สตีวิโอไซด์ไม่เป็นสารก่อการกลายพันธุ์ ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของพัฒนาการด้านร่างกายของทารกหรือสารก่อมะเร็ง นอกจากนั้นยังไม่พบอาการแพ้เมื่อนำมาใช้เป็นการให้ความหวาน และจากการศึกษาความเป็นพิษเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ต่อเรบาดีโอไซด์ เอ (rebaudioside A) ได้รับการยืนยันกับสตีวียอล ไกลโคไซด์ (steviol glycoside) บริสุทธิ์ ว่ามีความปลอดภัยสามารถบริโภคได้ (Roberto et al., 2012)

2.9.2) ประโยชน์ของหญ้าหวาน

หญ้าหวาน เป็นอาหารที่ไม่มีแคลอรี หรือหากมีก็น้อยมาก ในขณะที่น้ำตาล 2 ช้อนชา จะให้พลังงานถึง 30 แคลอรี จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำตาลในเลือด ด้วยคุณสมบัติที่ปราศจากพลังงาน ร่างกายสามารถขับออกมาได้ทันที นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าหญ้าหวานอาจช่วยเพิ่มการผลิตอินซูลินและกระตุ้นการทำงานของอินซูลินให้ดีขึ้นได้ ทำให้หญ้าหวานเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่รักสุขภาพทั้งหลาย แต่ก็ยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในคนต่อไปเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในข้อนี้ด้วย

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สายสมร (2547) ได้ศึกษาผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสสมน้ำสตรอเบอร์รี่ โดยขั้นแรกจะทำการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของหางนมต่อน้ำสตรอเบอร์รี่ เพื่อนำไปศึกษาผลของสารที่ทำให้เกิดเจล 3 ชนิด คือ อาการ์ (Setgel Q940) ที่ระดับร้อยละ 0.40, 0.50 และ 0.60 คาราจีแนน (Gelogen BWR 78) ที่ระดับร้อยละ 0.20, 0.25 และ 0.30 และสารผสมระหว่างคาราจีแนน (Gelogen BWR 78) กับกลูโคแมนแนน (Glucamannan A) ในอัตราส่วน 9:1 ที่ระดับร้อยละ 0.20, 0.25 และ 0.30 โดยประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ร่วมกับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ทั้งนี้เพื่อสามารถที่จะทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัส การแยกตัวของน้ำ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส จากการทดลอง พบว่าอัตราส่วนของหางนมต่อน้ำสตรอเบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิต คือ 55:45 สำหรับการศึกษาค่าผลของสารที่ทำให้เกิดเจล พบว่าชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ตลอดจนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสารผสมระหว่างคาราจีแนน (Gelogen BWR 78) กับกลูโคแมนแนน (Glucamannan A) ในอัตราส่วน 9:1 ที่ระดับร้อยละ 0.20 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าความแข็งของเจล เท่ากับ 0.36 N ค่าความคงตัวของเจล 0.81 N.mm และค่าการแยกตัวของน้ำเท่ากับร้อยละ 8.97 เมื่อนำผลิตภัณฑ์จากสารที่ทำให้เกิดเจล ดังกล่าวไปทดสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการจัดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิทั้งสองสภาวะมีค่าความแข็งของเจล และค่าความคงตัวของเจลลดลง ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าการแยกตัวของน้ำ และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาคุณภาพการบริโภคให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้เป็นเวลา 21 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เพียง 7 วันเท่านั้น

ชรินรัตน์ (2552) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม อย่างไรก็ตามเยลลี่ที่ขายตามท้องตลาด ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ ต่าง ๆ ผสมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจลเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้ว พบว่าสารอาหารหลักของเยลลี่ คือคาร์โบไฮเดรต ทำให้เยลลี่มีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น ทั้งนี้ตามแหล่งแม่น้ำในจังหวัดน่าน สาหร่ายไก่อเป็นสาหร่ายสีเขียว น้ำจืด มีโปรตีนถึงร้อยละ 19.44 มีไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ พอ ๆ กับผักสีเขียวทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีธาตุซิลิเนียมสูงกว่าในผักสีเขียว ซึ่งเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการแปรรูปสาหร่ายไก่อ โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทเยลลี่ โดยใช้ น้ำสกัด

สาหร่ายไถที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละความเข้มข้น ได้ทำการแปรผันปริมาณเพกตินที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารซีลีเนียม เมื่อนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไถทุกความเข้มข้นไปแปรรูปเป็นเยลลี่ พบว่าเยลลี่จากสาหร่ายไถมีปริมาณสารฟีนอลิก 78.43 - 155.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 13.25 - 28.28 ปริมาณซีลีเนียม 0.016 - 0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับความพึงพอใจในสีกลิ่น และรสชาติระหว่างเยลลี่สาหร่ายไถกับเยลลี่น้ำธรรมชาติ พบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งในงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายไถสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ได้

กุสุมาและนันทน (2559) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืช ซึ่งผลิตจากน้ำนมจากจมูกข้าวเจ้า ลูกเดือย ข้าวโพด และงาขาว โดยแปรปริมาณการใช้สารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืช ได้แก่ คาราจีแนน และกลูโคแมนแนนในอัตราส่วน 9:1 ออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.8, 1.0 และ 1.2 แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพเพื่อหาปริมาณการใช้ที่เหมาะสมพบว่าปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในระดับร้อยละ 1.0 เป็นปริมาณที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงของเจล ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นของอาหารใกล้เคียงกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือเยลลี่คาราจีแนนยี่ห้อริชเชส จากนั้นได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของสารผสมระหว่างคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนในการผลิตเยลลี่ธัญพืช โดยกำหนดอัตราส่วนที่ระดับ 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 และ 30:70 แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วนที่ระดับ 70:30 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบมากที่สุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยโปรตีน ร้อยละ 3.67 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.56 ไขมันร้อยละ 5.75 ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละ 1.80 ปริมาณเส้นใย ร้อยละ 0.62 และค่าพลังงานความร้อน 96.70 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในภาชนะพลาสติก โพลีเอทิลีน ชนิดมีฝาปิดสนิท พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส

โปรดปรานและคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ การศึกษานี้ใช้เยลลี่สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดเป็นสูตรควบคุมแล้วแปรขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่กับ 80, 100 และ 120 เมช พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เล็กลงไม่มีผลต่อค่าสีของเยลลี่ ($p > 0.05$) และพบว่าเยลลี่ที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ขนาด 80 เมช มีค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน และความเหนียวติด สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ORAC และ FRAP ของเยลลี่มีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่

ขนาดอนุภาคแป้งข้าวไม่มีผลต่อคะแนนความหวาน ความซาก สี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส โดยแป้งข้าวขนาด 80 เมช ทำให้เยลลี่มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสพอดี

จุฑามาศและเฉลิมพล (2558) ได้ผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิลโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำแป้งต่อน้ำที่ 1:20 , 1:30 และ 1:40 สกัดน้ำแป้งที่ 50 องศาเซลเซียส ชนิดและปริมาณของสารให้ความหวาน sucrose syrup 60 องศาบริกซ์ และ banana syrup 6 องศาบริกซ์ ที่ระดับความเข้มข้น 7 และ 9 องศาบริกซ์ ปริมาณสารให้ความคงตัวด้วยเจลาตินร้อยละ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 และศึกษาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 , 20 , 25 และ 30 นาที พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวต่อน้ำ คือ 1:30 โดยน้ำแป้งมีความหนืดเท่ากับ 14.73 เซนติพอยต์ ค่าความเป็นกรดต่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดปริมาณโปรตีนไขมันและใยอาหารเท่ากับร้อยละ 6.71 , 1.1 , 0.23 , 0.05 และ 0.83 ตามลำดับและปริมาณแอสโทไซยานินเท่ากับ 0.37 มก./มล. และจากการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่า sucrose syrup 7 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านรสชาติเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) และการใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 (โดยน้ำหนัก) ส่งผลให้เครื่องดื่มมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันไม่เกิดการแยกชั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีความหนืดเท่ากับ 18 เซนติพอยต์ ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6.4 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 9.8 ปริมาณแอสโทไซยานินเท่ากับ 0.7 มก./มล. โดยพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 นาที เครื่องดื่มมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 วันที่อุณหภูมิ 4 - 6 องศาเซลเซียสโดยมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

วทันยาและคณะ (2555) กล่าวว่าหญ้าหวาน (Stevia Rebaudiana Bertoni) มีประโยชน์ช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด นิยมบริโภคในรูปแบบของการชง ดื่มเหมือนใบชา ซึ่งหญ้าหวานเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 53.57) โปรตีน (ร้อยละ 13.74) และไฟเบอร์ (ร้อยละ 12.99) ยังมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สเตียโอไซด์ แต่การสกัดสเตียโอไซด์จากใบหญ้าหวานให้ได้สเตียโอไซด์บริสุทธิ์นั้นเป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลานานและยุ่งยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อสกัดไซรัปให้ความหวานจากหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำ ในอัตราส่วนใบหญ้าหวานแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:35 (w/v) แปรอุณหภูมิ การสกัดที่ 25 และ 65 องศาเซลเซียส สกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ระเหยแห้งได้ไซรัป โดยมีค่าของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 66.7 - 66.9 องศา บริกซ์ สารหวานไซรัปที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิต (% yield) สูงกว่าสารหวานไซรัปที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 77.05 และ 70.60 ตามลำดับ สีของสารหวานไซรัปมีสีเขียวเหลืองเข้ม (h° มีค่าระหว่าง 82.44 - 83.88) แต่สารหวานไซรัปที่สกัดอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) และปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าสารหวานไซรัปสกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

พิชญานินและปทุมทริกา (2555) กล่าวว่า สารให้ความหวานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามคุณค่าทางโภชนาการ คือ สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตสมีรสหวานที่ผู้บริโภคทั่วไปคุ้นชินและยอมรับ แต่หากบริโภคมากเกินไป อาจทำให้เกิดโรคฟันผุ โรคอ้วน โรคแทรกซ้อนอื่นๆตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น สำหรับน้ำตาลแอลกอฮอล์ให้พลังงานแก่ร่างกายต่ำ ไม่ทำให้เกิดฟันผุ ไม่จำเป็นต้องใช้อินซูลินในการย่อย แต่ไม่ควรบริโภคเกิน 20 - 40 กรัม/วัน เนื่องจากอาจมีผลทำให้เกิดการระบายท้อง (laxative effect) ส่วนสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ แอสพาร์แทม (aspartame) แซคคาริน (saccharin) อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม (acesulfame potassium) ซูคราโลส (sucralose) นีโอแทม (neotame) สตีเวีย (stevia) สารให้ความหวานกลุ่มนี้ให้ความหวานมาก ไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักหรือผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ทั้งนี้ควรบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม ไม่ควรเกินปริมาณสูงสุดต่อวันที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดอันตรายใดๆ (ADI) และไม่ควรใช้แอสพาร์แทม (aspartame) กับผู้ป่วยโรคฟีนิลคีโตนูเรีย (phenylketonuria) ดังนั้นอาหารที่ใช้แอสพาร์แทม จึงจำเป็นต้องมีคำเตือนเรื่องฟีนิลคีโตนูเรีย ให้ผู้บริโภคมองเห็นได้ชัดเจน

ศศิอาภา และรักชนก (2562) กล่าวว่า การใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.5% ในเยลลี่มะนาวโห่พร้อมดื่ม ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัวปานกลาง เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและสามารถดูดได้ง่าย จากการทดสอบประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเยลลี่มะนาวโห่พร้อมดื่มที่คาราจีแนนร้อยละ 0.5% มากที่สุดในระดับชอบมาก และหากเพิ่มปริมาณคาราจีแนนซึ่งเป็นสารให้ความคงตัว ทำให้โครงสร้างของเจลที่ทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแหมีความแข็งแรง ความคงตัว และความยืดหยุ่นมากขึ้น ส่งผลให้ยากต่อการดูด (ศศิอาภา และรักชนก, 2562)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรต์ดอกขาต่อน้ำ

ในขั้นตอนแรกทำโดยคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวไรต์ดอกขา จำนวน 3 สูตร โดยหาอัตราส่วนของแป้งข้าวไรต์ดอกขาต่อน้ำ ที่ 3 ระดับ คือ 30,40 และ 60 กรัม ต่อ น้ำ 600 มิลลิลิตร เตรียมแป้งข้าวไรต์ดอกขา โดยนำข้าวไรต์ดอกขามาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง บดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง ร่อนแป้งผ่านตะแกรง ขนาด 80 เมช (จุฬารักษ์และรสีตา, 2551) จากนั้นสกัดน้ำแป้งด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางจึงได้น้ำข้าวไรต์ดอกขา (ดัดแปลงสูตรจาก จุฬามาศและเฉลิมพล, 2558)

โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สีสันน้ำตาลอมม่วง กลิ่นรสของข้าวเนื้อสัมผัสความหนืด และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 5-point Just about right scale (JAR) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยในอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ทำการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด นำไปศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำข้าวไรต์ดอกขาต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจาก ใบหญ้าหวานสกัดต่อไป

3.2 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไรต์ดอกขาต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด

นำน้ำข้าวไรต์ดอกขาที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเติมวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0 , 2.0 และ 3.0 โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีน้ำตาลอมม่วง กลิ่นรสของข้าว รสชาติความหวาน เนื้อสัมผัสความหนืด และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี 5-point Just about right scale (JAR) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยในอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ทำการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด นำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรต์ดอกขาต่อไป

3.3 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวไรต์ดอกขาต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง

นำน้ำข้าวไรต์ดอกขาที่เติมวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากหญ้าหวานผงที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเติมถั่วเหลืองผงที่บดละเอียดที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.5, 5.0 และ 7.5 จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดำเนินการโดยผู้เข้าร่วมวิจัยทดสอบชิมตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง

บรรจุในถ้วยพลาสติกใสที่มีตัวเลข 3 หลักระบุไว้จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยประเมินตัวอย่างด้านด้านสีน้ำตาลอมม่วง กลิ่นรสของข้าว รสชาติความหวาน เนื้อสัมผัสความหนืด และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี ด้วยวิธี 5-point Just about right scale (JAR) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยในอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

3.4 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

นำข้าวไร้ดอกข้าวที่เติมถั่วเหลืองผงที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาผสมสารที่ทำให้เกิดเจลที่ร้อยละ 0.15 0.25 และ 0.35 ซึ่งประกอบด้วยคาราจีแนนต่อกลูโคแมนแนนที่อัตราส่วน 9:1 จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดำเนินการโดยผู้เข้าร่วมวิจัยทดสอบชิมตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างที่บรรจุในถ้วยพลาสติกใสมีฝาเกลียวปิดมิดชิดที่มีตัวเลข 3 หลักระบุไว้ ด้วยการดูตัวอย่างข้าวและเคี้ยวให้ละเอียดที่สุดก่อนกลืน จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยประเมินตัวอย่างด้านด้านสีน้ำตาลอมม่วง กลิ่นรสของข้าว รสชาติความหวาน เนื้อสัมผัสความหนืด และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี 5-point Just about right scale (JAR) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยในอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

3.5 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ก. คุณสมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex

- วัดค่าของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ไปวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดด้วยเครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ด้วยเครื่อง Refractometer รุ่น RHBN-90ATC

- วัดเนื้อสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือ Texture รุ่น TA.XT.plus

ข. คุณสมบัติทางเคมี

- ความเป็นกรดต่าง

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง วัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter รุ่น Lab 850

3.6 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ 3.4 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย ไขมันด้วยวิธี Soxhlet extraction method โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method เส้นใยหยาบ (crude fiber) ความชื้น (moisture) เถ้า (crude ash) คาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี by difference ตามวิธีการ A.O.A.C.

3.7 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ 3.4 มาวิเคราะห์

- วิเคราะห์ปริมาณของแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-Differential method
- วิเคราะห์ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC assay และ FRAP assay
- วิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวนด้วยเครื่อง HPLC

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไร้ดอกข้า

ผลจากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพโดยการวัดค่าสี พบว่า แป้งข้าวไร้ดอกข้า มีค่า L^* ซึ่งแสดงถึงความสว่างสูงถึง 69.61 และมีค่า a^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง เท่ากับ 7.3 ส่วนค่า b^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง เท่ากับ 11.84 โดยแป้งข้าวไร้ดอกข้าที่ได้ มีลักษณะเป็นสีแดงอ่อน (ตารางที่ 4.1) สอดคล้องกับค่าสีของข้าวสังข์หยดที่มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 67.81 9.7 และ 13.56 (Halee, Navech, and Voraaroon, 2018) เนื่องจากข้าวสังข์หยดและข้าวไร้ดอกข้ามีลักษณะทางกายภาพด้านสีที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของแป้งข้าวไร้ดอกข้า

ค่าสี	ความเข้มของสี
L^* (0 = สว่างน้อย 100 = สว่างมาก)	69.61 ± 0.13
a^* (+ หมายถึง สีแดง – หมายถึง สีเขียว)	7.30 ± 0.00
b^* (+ หมายถึง สีเหลือง – หมายถึง สีน้ำเงิน)	11.84 ± 0.04

4.2 ผลการศึกษาการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของน้ำข้าวไร้ดอกข้า

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	น้ำข้าวไร้ดอกข้า		
	สูตรที่ 1 (1:20)	สูตรที่ 2 (1:15)	สูตรที่ 3 (1:10)
สี (น้ำตาลอมม่วง)	2.38 ± 0.71^b	3.36 ± 0.81^a	3.51 ± 1.05^a
กลิ่นรส (ข้าว)	2.31 ± 0.89^b	2.87 ± 0.89^b	2.82 ± 1.10^b
เนื้อสัมผัส (ความหนืด)	2.26 ± 0.82^b	3.23 ± 1.09^a	3.74 ± 0.91^a
ความชอบโดยรวม	2.79 ± 1.00^a	3.05 ± 0.92^{ab}	3.28 ± 0.94^{ab}

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) (1= น้อยมากที่สุด 3 = พอดี 5 = มากที่สุด) และ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สูตรที่ 1-3 หมายถึง อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำ

จากตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำ 1:20 , 1:15 และ 1:10 พบว่า คุณลักษณะด้านสีน้ำตาลอมม่วงของน้ำข้าวไร้ดอกข้า สูตรที่ 2 (1:15) มีคะแนนเฉลี่ยพอดีไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) ส่วนสูตรที่ 1 (1:20) และสูตรที่ 3 (1:10) มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีแตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณของแป้งข้าวข้าไร้ดอกข้าในระดับที่แตกต่างกัน จึงเป็นผลให้คะแนนสเกลความพอดีด้านสีแตกต่างกัน

ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำ 1:15 และ 1:10 มีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งคะแนนด้านกลิ่นรสอยู่ในเกณฑ์พอดีเท่ากับ 2.87 และ 2.82 คือมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นใบเตย ส่วนอัตราส่วนที่ 1:20 มีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสอ่อนเกินไป เนื่องจากมีปริมาณของข้าวที่เติมน้อยจึงส่งผลให้กลิ่นรสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าอ่อนเกินไป

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำ ทั้ง 3 สูตร พบว่า อัตราส่วนที่ 1:20 มีปริมาณข้าวน้อยเกินไป และอัตราส่วนที่ 1:10 มีปริมาณข้าวที่มากเกินไป ทำให้มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เนื้อสัมผัสมีความหนืดน้อยที่สุดและเนื้อสัมผัสหนืดมากที่สุด ส่วนอัตราส่วนที่ 1:15 มีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์พอดีโดยมีค่าเท่ากับ 3.23

ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่า อัตราส่วนที่ 1:10 ได้รับการยอมรับมากที่สุดเนื่องจากปริมาณของข้าวมียผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเมื่อเติมข้าวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำข้าวไร้ดอกข้ามีความหนืดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเติมข้าวในปริมาณที่น้อยส่งผลให้น้ำข้าวไร้ดอกข้ามีกลิ่นรสอ่อนเกินไป แล้วยังทำให้น้ำข้าวสัมผัสมีความหนืดน้อยลง เป็นผลให้คะแนนการยอมรับลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้คะแนนการยอมรับอัตราส่วนที่ 1:10 ได้รับคะแนนสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจาก อัตราส่วนที่ 1:15 และ 1:20 เท่ากับ 3.28 , 3.05 และ 2.79 ตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรพื้นฐานอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำที่ระดับ 1:15 ไปศึกษาต่อในขั้นต่อไป

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำต่อข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำต่อข้าวไรด์อกข้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	น้ำข้าวไรด์อกข้า		
	สูตรที่ 1 (1:20)	สูตรที่ 2 (1:15)	สูตรที่ 3 (1:10)
ค่า L* (ความสว่าง)	46.47 $\pm$ 0.27 ^a	45.37 $\pm$ 0.36 ^b	44.44 $\pm$ 0.36 ^b
ค่า a* (สีแดง)	13.39 $\pm$ 0.23 ^c	14.87 $\pm$ 0.24 ^b	15.52 $\pm$ 0.21 ^a
ค่า b* (สีเหลือง)	12.28 $\pm$ 0.10 ^c	13.66 $\pm$ 0.09 ^b	14.53 $\pm$ 0.11 ^a
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{NS} (°brix)	0.13 $\pm$ 0.06	0.17 $\pm$ 0.06	0.20 $\pm$ 0.10
ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)	5.91 $\pm$ 0.03 ^a	5.77 $\pm$ 0.04 ^b	5.61 $\pm$ 0.01 ^c

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

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

สูตรที่ 1-3 หมายถึง อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรด์อกข้าต่อน้ำ

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี ของน้ำต่อข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่า L* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึงความสว่างต่ำสุดในสูตรที่ 3 (1:10) สำหรับค่า a* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของข้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเข้มของสีแดงให้เพิ่มขึ้น โดยพบว่าน้ำข้าวไรด์อกข้าสูตรที่ 3 (1:10) มีค่า a* สูงที่สุดในระดับที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า b* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของข้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองให้เพิ่มขึ้น โดยพบว่าน้ำข้าวไรด์อกข้าสูตรที่ 3 (1:10) มีค่า b* สูงที่สุดในระดับที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 , 0.17 และ 0.20 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณของแป้งข้าวไรด์อกข้าที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้น และมีสารละลายเจือจางของเพกตินอยู่ที่ความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่มีผลต่อ

ความหนืดของสารละลายเพกติน สารละลายเจือจางของเพกติน (ที่ความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 0.5) จะมีสมบัติเป็น Newtonian และมีการตอบสนองต่อแคลเซียมไอออนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (May,1997) สำหรับสารละลายเพกตินที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 1 จะมีสมบัติเป็น Pseudoplastic (Kawakatus ; et al, 2001) และเมื่อพีเอชของสารละลายเพกตินเจือจางมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เกลือที่มีค่าประจุบวก 1 จะมีผลทำให้ค่าความหนืดของสารละลายลดลง เนื่องจากแรงดึงดูดประจุลดลง สารละลายเพกตินเจือจางของเพกตินที่ไม่มีไอออนของแคลเซียมปนอยู่ พบว่าความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชมีค่าลดลง ในช่วงพีเอชจาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วนพีเอชที่อยู่ในช่วงนอกดังกล่าว หากมีค่าเพิ่มขึ้นค่าความหนืดจะสูงตามไปด้วย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความเป็นกรด – ด่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.91 , 5.77 และ 5.61 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณของแป้งข้าวไรด์อกข้าที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำข้าวไรด์อกข้า มีค่าลดลง เนื่องจากสารละลายเพกตินเจือจางของเพกตินที่ไม่มีไอออนของแคลเซียมปนอยู่ความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชมีค่าลดลง ในช่วงพีเอชจาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วนพีเอชที่อยู่ในช่วงนอกดังกล่าว หากมีค่าเพิ่มขึ้นค่าความหนืดจะสูงตามไปด้วย (Kawakatus ; et al, 2001)

4.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไรด์อกข้าต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไรด์อกข้าที่มีปริมาณวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด ที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	น้ำข้าวไรด์อกข้า		
	สูตรที่ 1 (1.0)	สูตรที่ 2 (2.0)	สูตรที่ 3 (3.0)
สี (น้ำตาลอมม่วง)	3.18 ± 0.68^a	3.03 ± 0.62^b	3.05 ± 0.78^b
กลิ่นรส (ข้าว)	3.05 ± 0.78^b	3.05 ± 0.55^b	2.05 ± 0.78^d
รสชาติ (ความหวาน)	2.13 ± 1.16^c	3.10 ± 0.67^b	3.83 ± 0.96^a
เนื้อสัมผัส (ความหนืด)	2.48 ± 1.11^c	3.53 ± 0.16^a	2.68 ± 0.10^c
ความชอบโดยรวม	3.08 ± 1.24^b	3.67 ± 0.84^a	3.59 ± 1.12^{ab}

หมายเหตุ : ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) (1= น้อยมากที่สุด 3= พอดี 5= มากที่สุด) และ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สูตรที่ 1-3 หมายถึง วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0

จากตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรพบว่า คะแนนด้านสีน้ำตาลอมม่วงของน้ำข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนความพอดีเท่ากับ 3.18 , 3.03 และ 3.05 จึงทำให้ปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรที่เติมลงไปไม่ได้มีผลต่อคะแนนความพอดิ์ด้านสีน้ำตาลอมม่วง

ส่วนคะแนนความพอดิ์ด้านกลิ่นรสของปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรพบว่า คะแนนด้านกลิ่นรสข้าวของน้ำข้าวไรด์อกข้าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนความพอดิ์เท่ากับ 3.05 , 3.05 และ 2.05 จึงทำให้ปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรที่เติมลงไปไม่ได้มีผลต่อคะแนนสเกลความพอดิ์ด้านกลิ่นรสข้าว

คะแนนความพอดิ์ด้านรสชาติของปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรพบว่า สูตรที่ 1 (1.0) มีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติหวานน้อยที่สุด เนื่องจากปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่เติมลงไปนั้นมีปริมาณน้อยจึงส่งผลให้รสชาติของน้ำข้าวไรด์อกข้ามีความหวานน้อยที่สุด ส่วนสูตรที่ 2 (2.0) และสูตร 3 (3.0) มีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติไม่ต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนด้านรสชาติอยู่ในเกณฑ์พอดิ์เท่ากับ 3.10 และ 3.83 ตามลำดับ

คะแนนความพอดิ์ด้านเนื้อสัมผัสของปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 สูตรพบว่า สูตรที่ 1 (1.0) และ สูตรที่ 3 (3.0) มีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างจาก 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เนื้อสัมผัสมีความหนืดน้อยที่สุดและมีความหนืดน้อย มีค่าเท่ากับ 2.48 และ 2.68 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 2 (2.0) มีคะแนนเฉลี่ย ด้านเนื้อสัมผัสไม่ต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์พอดิ์โดยมีค่าเท่ากับ 3.53

ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่า สูตรที่ 2 (2.0) ได้รับการยอมรับมากที่สุดเนื่องจากปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่ต่างกันมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเมื่อเติมวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้น้ำข้าวไรด์ดอกขำมีรสชาติที่หวานมากและมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเติมปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่น้อยลงส่งผลให้น้ำข้าวไรด์ดอกขำมีรสชาติดูหวานน้อย และยังทำให้เนื้อสัมผัสมีความหนืดน้อยที่สุด เป็นผลให้คะแนนการยอมรับลดลงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วทันยาและคณะ, 2555) กล่าวว่า หญ้าหวาน (Stevia Rebaudiana Bertoni) มีประโยชน์ช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด นิยมบริโภคในรูปแบบของการขงดื่มเหมือนใบชา ซึ่งหญ้าหวานเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 53.57) โปรตีน (ร้อยละ 13.74) และไฟเบอร์ (ร้อยละ 12.99) ยังมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ แต่การสกัด สตีวิโอไซด์จากใบหญ้าหวานให้ได้สตีวิโอไซด์บริสุทธิ์นั้น ทำได้จากวิธีการสกัดโซลบีให้ความหวานจากหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำ (พิชญานินและปุนทริกา, 2555) สตีเวีย (stevia) สารให้ความหวานกลุ่มนี้ให้ความหวานมากไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก หรือผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ทั้งนี้ควรบริโภค ในปริมาณที่เหมาะสม ไม่ควรเกินปริมาณสูงสุดต่อวันที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดอันตรายใด ๆ (ADI) ตามปริมาณที่แนะนำ คือ ไม่ควรบริโภคเกิน 20-40 กรัมต่อวัน เนื่องจากอาจมีผลทำให้เกิดการระบายท้อง (laxative effect) ทั้งนี้คะแนนการยอมรับสูตรที่ 2 (2.0) ได้รับคะแนนสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจาก สูตรที่ 3 (3.0) และสูตรที่ 1 (1.0) เท่ากับ 3.67 , 3.59 และ 3.08 ตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 (2.0) ไปศึกษาต่อในขั้นต่อไป

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไรด์ดอกขำต่อวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไรด์ดอกขำต่อวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ปริมาณวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด		
	สูตรที่ 1 (1.0)	สูตรที่ 2 (2.0)	สูตรที่ 3 (3.0)
ค่าสี L* (ความสว่าง)	47.79 $\pm$ 0.41 ^a	47.18 $\pm$ 0.94 ^{ab}	46.70 $\pm$ 0.70 ^b
ค่าสี a* (สีแดง)	13.45 $\pm$ 0.17 ^a	13.02 $\pm$ 0.07 ^b	13.10 $\pm$ 0.11 ^b
ค่าสี b* (สีเหลือง)	14.24 $\pm$ 0.27 ^a	13.90 $\pm$ 0.14 ^{ab}	13.70 $\pm$ 0.05 ^b

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 0.27 ± 0.06^c 0.77 ± 0.06^b 1.13 ± 0.15^a
ทั้งหมด ($^{\circ}\text{brix}$)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง^{NS} (pH) 5.81 ± 0.10 5.82 ± 0.05 5.85 ± 0.03

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

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

สูตรที่ 1-3 หมายถึง วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี ของน้ำข้าวไรด์ดอกข้าต่อวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่แตกต่างกันทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 (1.0) และ สูตรที่ 3 (3.0) ค่า L^* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึงความสว่างมากที่สุดและสว่างตําน้อยที่สุดในสูตรที่ 1 (1.0) และสูตรที่ 3 (3.0) ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 2 (2.0) ค่า L^* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสูตรที่ 1 (1.0) และสูตรที่ 3 (3.0) สำหรับค่า a^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเข้มของสีแดงให้ลดลง โดยพบว่าน้ำข้าวไรด์ดอกข้าสูตรที่ 1 (1.0) มีค่า a^* สูงที่สุดในระดับที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนน้ำข้าวไรด์ดอกข้าสูตรที่ 2 (2.0) และสูตรที่ 3 (3.0) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่า b^* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น พบว่าน้ำข้าวไรด์ดอกข้าสูตรที่ 1 (1.0) และสูตรที่ 3 (3.0) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 (1.0) มีค่า b^* สูงที่สุด และสูตรที่ 3 (3.0) มีค่า b^* ต่ำที่สุด ส่วนสูตรที่ 2 (2.0) ค่า b^* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสูตรที่ 1 (1.0) และสูตรที่ 3 (3.0)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวไรด์ดอกข้าต่อวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่แตกต่างกันทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 , 0.77 และ 1.13 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณของวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำตาลเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดเจล โดยทำ

หน้าที่เป็น diffaration aget และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย (Crandall; & Wicker,1986) น้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่รอบๆสายเพกติน ทำให้สายเพกตินเข้ามาใกล้กัน (Oakenfull;&Scott,1984) เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้นหากมีน้ำตาลมากเกินไปการเกิดเจลของเพกตินจะลดลง เพราะน้ำส่วนใหญ่จะไปทำลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเพกติน จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลด้อยลง(Pilgrim;et al,1991) ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคสหรือซูโครส จะส่งผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ค่าพีเอชและอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำตาลมอลโทสด้วยเช่นกัน (May,2000)

วัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดหรือหญ้าหวานส่วนใหญ่ไม่มีแคลอรี หรือหากมีก็มีน้อยมาก ในขณะที่น้ำตาลเพียง 2 ช้อนชา จะให้พลังงานถึง 30 แคลอรี และคาร์โบไฮเดรต 8 กรัม จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำตาลในเลือด ด้วยคุณสมบัติที่ปราศจากพลังงาน ร่างกายสามารถขับออกมาได้ทันที นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าหญ้าหวานอาจช่วยเพิ่มการผลิตอินซูลินและกระตุ้นการทำงานของอินซูลินให้ดีขึ้นได้ ทำให้หญ้าหวานเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่มีโรคเบาหวานอยู่แล้ว แต่ก็ยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในคนต่อไปเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในข้อนี้ด้วยลดความเสี่ยงต่อหลาย ๆ โรค หญ้าหวานสามารถช่วยลดไขมันในเลือดและลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ จึงมีประโยชน์ในการช่วยป้องกันโรคหัวใจ เบาหวาน โรคอ้วน และโรคความดันโลหิตสูง บำรุงตับและบำรุงกำลัง โดยใช้ทดแทนเกลือแร่ในผู้ที่มีการขาดน้ำ ช่วยเพิ่มความหวานให้อาหาร ไม่ต้องใช้น้ำตาล หรือใช้น้ำตาลน้อยลง แต่ยังคงมีความหวานเท่าเดิม นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น นำใบหญ้าหวานมาอบแห้ง แล้วใช้ทั้งใบหรือนำมาบดสำหรับใช้ชงชา หรือนำใบมาอบแห้งบดใช้แทนน้ำตาล เหมาะสำหรับใส่ในน้ำอัดลม ชาเขียว ขนม แยม ไอศกรีม หมากฝรั่ง หรือซอสปรุงรสได้ สามารถทนความร้อนได้ดี เมื่อนำมาใช้กับอาหารจึงไม่เน่าเสียง่าย และแม้จะผ่านความร้อนนาน ๆ ก็ไม่ทำให้อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ใช้แทนน้ำตาลในยาสีฟัน นอกเหนือจากการใช้ในอาหาร ปัจจุบันยังมีการนำสารสตีวียอไซด์ที่สกัดจากหญ้าหวานไปใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟันแทนน้ำตาล (พิสมัย, 2557)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความเป็นกรด - ด่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของน้ำข้าวไรด์อกฆ่าต่อวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดในปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 , 5.82 และ 5.85 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณของวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัดที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความ

เป็นกรด-ด่าง ของน้ำข้าวไรด์อกข่ามีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชรินทร์ อุดเมืองคา (2552) ว่าน้ำตาลเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดเจล เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้นหากมีน้ำตาลมากเกินไปการเกิดเจลของเพกตินจะลดลง เพราะน้ำตาลส่วนใหญ่จะไปทำลายน้ำตาล และเมื่อพีเอชของสารละลายเพกตินเจือจางมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นพบว่า ความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชมีค่าลดลง ในช่วงพีเอชจาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วนพีเอชที่อยู่ในช่วงนอกดังกล่าว หากมีค่าเพิ่มขึ้นค่าความหนืดจะสูงตามไปด้วย

4.6 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวไรด์อกข่าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง

จากตารางที่ 4.6 พบว่าลักษณะที่ปรากฏของสูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนลักษณะที่ปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.40, 4.30 และ 3.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไรด์อกข่าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1 (2.5)	สูตรที่ 2 (5.0)	สูตรที่ 3 (7.5)
ลักษณะที่ปรากฏ	3.40±0.98 ^b	4.30±0.52 ^a	3.50±0.92 ^b
สี ^{ns}	3.55±0.93	4.58±6.15	3.43±0.98
กลิ่น	3.50±0.88 ^b	4.15±0.70 ^a	3.55±0.93 ^b
รสชาติ	3.53±1.11 ^b	4.35±0.66 ^a	3.58±0.96 ^b
เนื้อสัมผัส	3.55±0.96 ^b	4.45±0.68 ^a	3.48±0.99 ^b
ความชอบโดยรวม	3.63±1.00 ^b	4.58±0.55 ^a	3.48±0.93 ^b

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ตัวอย่างไม่มีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ด้านสี สูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.55, 4.58 และ 3.43 ตามลำดับ ด้านกลิ่น สูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนความชอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.50, 4.15 และ 3.55 ตามลำดับ ด้านรสชาติ สูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนความชอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.53, 4.35 และ 3.58 ตามลำดับ ด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนความชอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.55, 4.45 และ 3.48

ตามลำดับ ด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนความชอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 3.63, 4.58 และ 3.48 ตามลำดับ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองพบว่าสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยมีลักษณะปรากฏมีความสีม่วงอ่อน กลิ่นหอมข้าวไร้ดอกข้า กลิ่นของถั่วเหลืองไม่โดดเด่นเกินไป รสชาติพอดีไม่จัดเกินไปและเนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่ม

4.7 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร

ศึกษาค่าสีของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตรโดยศึกษาค่าความสว่างโดยศึกษาค่าความสว่าง L^* a^* และ b^* ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสีของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4.7 คุณลักษณะทางกายภาพของด้านสีของน้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1 (2.5)	สูตรที่ 2 (5.0)	สูตรที่ 3 (7.5)
L^*	29.83±0.40 ^b	30.67±4.27 ^b	36.38±1.78 ^a
a^*	6.32±0.28 ^a	5.62±0.14 ^b	5.00±0.08 ^c
b^*	7.43±0.36 ^c	7.82±0.22 ^b	8.27±0.17 ^a
pH	6.41±0.01 ^a	6.38±0.01 ^b	6.36±0.01 ^c

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

L^* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 (สว่างน้อยหรือมืด-สว่างมากหรือขาว)

a^* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง (+) และค่าความเป็นสีเขียว (-)

b^* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง (+) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-)

จากตารางที่ 4.7 ค่า L^* สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึง ค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 29.83, 30.67 และ 36.38 ตามลำดับ ค่า a^* สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นสีแดง

และสีเขียว มีค่าเท่ากับ 6.32, 5.62 และ 5.00 ตามลำดับ ค่า b^* สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 7.43, 7.82 และ 8.27 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสีของน้ำข้าวไร้ดอกข้าวต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่าค่า L^* ของสูตรที่ 3 มีความสว่างมากที่สุด ตามด้วยสูตร 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ควบคุมอุณหภูมิระยะเวลาในการต้ม ค่า a^* ของสูตรที่ 1 ความเป็นสีแดงมากที่สุด ตามด้วยสูตร 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า b^* ของสูตรที่ 3 ความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ตามด้วยสูตร 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.8 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อน้ำข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีสารที่ทำให้เกิดเจลแตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจล		
	สูตรที่ 1 (0.15)	สูตรที่ 2 (0.20)	สูตรที่ 3 (0.25)
สี (น้ำตาลอมม่วง)	3.00 $\pm$ 0.91	3.20 $\pm$ 1.10	2.80 $\pm$ 0.71
กลิ่นรส (ข้าว)	2.97 $\pm$ 0.93	2.90 $\pm$ 0.99	2.87 $\pm$ 0.73
รสชาติ (ความหวาน)	2.87 $\pm$ 0.97	2.70 $\pm$ 0.88	2.50 $\pm$ 0.78*
เนื้อสัมผัส (ความหนืด)	2.76 $\pm$ 1.10	3.00 $\pm$ 1.17	2.83 $\pm$ 0.83
ความชอบโดยรวม ^{NS}	3.50 $\pm$ 1.07	3.53 $\pm$ 0.90	3.30 $\pm$ 0.72

หมายเหตุ : ^{NS} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p \leq 0.05$) (1= น้อยมากที่สุด 3= พอดี 5= มากที่สุด) และ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนด้านสีน้ำตาลอมม่วงของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านสีไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนความพอดีเท่ากับ 3.00 , 3.20 และ 2.80 จึงทำให้ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 3 สูตรที่เติมลงไปไม่ได้มีผลต่อคะแนนสเกลความพอดิ์ด้านสีน้ำตาลอมม่วง

ส่วนคะแนนความพอดิ์ด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนความพอดิ์เท่ากับ 2.97, 2.90 และ 2.87 จึงทำให้ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 3 สูตรที่เติมลงไปไม่ได้มีผลต่อคะแนนความพอดิ์ด้านกลิ่นรส

คะแนนความพอดิ์ด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 (0.15) และ สูตรที่ 2 (0.20) มีคะแนนมีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติไม่ต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนด้านรสชาติอยู่ในเกณฑ์พอดิ์เท่ากับ 2.87 และ 2.70 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 3 (0.25) มีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติหวานมาก เนื่องจากปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เติมลงไปนั้นมีปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองมีความหวานมากขึ้น

คะแนนความพอดิ์ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสความอ่อนนุ่มของเจลของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสความอ่อนนุ่มของเจลไม่แตกต่างจากคะแนน 3 (พอดี) ($p > 0.05$) ซึ่งอยู่ในคะแนนความพอดิ์เท่ากับ 2.76 , 3.00 และ 2.83 จึงทำให้ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 3 สูตรที่เติมลงไปไม่ได้มีผลต่อคะแนนสเกลความพอดิ์ด้านเนื้อสัมผัสความอ่อนนุ่มของเจล

ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่า สูตรที่ 2 (0.20) ได้รับการยอมรับมากที่สุดเนื่องจากปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเมื่อเติมสารที่ทำให้เกิดเจลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่เหลวพร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้ามีรสชาติหวานเพิ่มมากขึ้น และลักษณะ เนื้อสัมผัสของเจลมีความอ่อนนุ่มน้อย แต่เมื่อเติมปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลในปริมาณที่น้อยลงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่เหลวพร้อมติ่มจากข้าวไร้ดอกข้ามีรสชาติหวานน้อยลง และมีลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น เป็นผลให้คะแนนการยอมรับลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้คะแนนการยอมรับสูตรที่ 2 (0.20) ได้รับคะแนนสูงที่สุดรองลงมา คือ สูตรที่ 1 (0.15) และสูตรที่ 3 (0.25) เท่ากับ 3.53 , 3.50 และ 3.30 ตามลำดับ

4.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าที่มีปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ตารางที่ 4.9 คุณลักษณะทางกายภาพของปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง		
	สูตรที่ 1 (0.15)	สูตรที่ 2 (0.20)	สูตรที่ 3 (0.25)
ค่าสี L* (ความสว่าง)	33.89 $\pm$ 0.13 ^b	33.49 $\pm$ 0.11 ^a	30.87 $\pm$ 1.03 ^b
ค่าสี a* (สีแดง)	11.16 $\pm$ 0.09 ^a	10.48 $\pm$ 0.16 ^a	9.62 $\pm$ 0.66 ^b
ค่าสี b* (สีเหลือง)	10.09 $\pm$ 0.18 ^a	9.41 $\pm$ 0.26 ^b	9.06 $\pm$ 0.24 ^c

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

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

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี ของปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลเหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความสว่างให้ลดลง ค่า L* สูตรที่ 2 (0.20) ค่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงถึงความสว่าง มีค่าเท่ากับ 33.49 ส่วนสูตรที่ 1 (0.15) และสูตรที่ 3 (0.25) ค่า L* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสูตรที่ 1 (0.15) และสูตรที่ 3 (0.25) สำหรับค่า a* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง พบว่า เมื่อปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเข้มของสีแดงให้ลดลง โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองสูตรที่ 1 (0.15) และสูตรที่ 2 (0.20) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สูตรที่ 3 (0.25) มีค่า a* ต่ำที่สุดในระดับที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า b* ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง พบว่า เมื่อปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

จากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองให้ลดลง พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 (0.15) มีค่า b^* สูงที่สุด สูตรที่ 2 (0.20) และสูตรที่ 3 (0.25) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสายสมร พูลพันธ์ (2547) พบว่า สำหรับสารให้ความคงตัว ของอัตราส่วนคาราจีแนนต่อกลูโคแมนแนน 9:1 เมื่อเพิ่มปริมาณจากร้อยละ 0.20 เป็น 0.30 มีผลทำให้เจลที่ได้มีค่าความแข็งและค่าความคงตัวภายในเพิ่มขึ้น เนื่องจากเจลที่เกิดขึ้นในระบบเกิดจากการรวมตัวกันระหว่าง double helices ของคาราจีแนนเป็นร่างแห 3 มิติ (Piculell, 1995; Stanley, 1995; Xu และคณะ, 1992) สำหรับการเกิดเจลของสารผสมระหว่างคาราจีแนนกับกลูโคแมนแนนเป็นผลจากการรวมตัวกันของ double helices ของคาราจีแนนที่ดูดซับสายกลูโคแมนแนนไว้ที่บริเวณผิวหน้า ส่งผลให้ double helices ที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น (Williams และ Phillips, 1995) ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในการเตรียมผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ double helices ที่เกิดขึ้นในระบบมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้โครงร่างตาข่ายของเจลมีความแข็งแรง และมีความคงตัวมากขึ้น (Langendorff และคณะ, 2000) เจลที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในเจลได้ดี จึงทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง (Stanley, 1995) และพบว่าเมื่อใช้สารผสมระหว่างคาราจีแนนกับกลูโคแมนแนน 9:1 ที่ระดับร้อยละ 0.20 เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็งของเจลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์มาตรฐานมากที่สุด (สายสมร, 2547)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่า pH, Springiness, Gumminess และ Chewiness ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4.10 คุณลักษณะทางกายภาพของ pH และการทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	สูตร 1 (2.5)	สูตร 2 (5)	สูตร 3 (7.5)
ค่า pH	6.41±0.01 ^a	6.38±0.01 ^b	6.36±0.01 ^c
Springiness	0.51±0.07 ^b	0.76±0.04 ^a	0.72±0.04 ^a
Gumminess	2512.39±1976.68 ^b	10573.82±6927.41 ^{ab}	12111.12±6927.41 ^a
Chewiness	1194.42±754.28 ^b	7588.92±5637.50 ^a	8817.83±5402.44 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Springiness หมายถึง ความยืดหยุ่นของอาหารที่เมื่อออกแรงกดแล้วกลับคืนรูปได้ ไม่ยุบตัวเสียรูปทรง

Gumminess หมายถึง ลักษณะที่อาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้เป็นสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของอาหารที่มีค่าความแข็ง

Chewiness หมายถึงความเคี้ยวได้ ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของอาหารที่บ่งบอกถึงความต้านทาน การเคี้ยว ทำให้เคี้ยวได้ยาก

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 6.41, 6.38 และ 6.36 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยการทดสอบใช้แรงกด เป็นการบอกลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร พบว่าทั้งสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า Springiness ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองพบว่า สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้ 0.51, 0.76 และ 0.72 ตามลำดับ ค่า Gumminess ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองพบว่า สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้ 2512.39, 10573.82 และ 12111.12 ตามลำดับ ค่า Chewiness ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองพบว่า สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้ 1194.42, 7588.92 และ 8817.83 ตามลำดับ

4.10 ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.11 ตารางคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้รับการยอมรับต่อ 100 กรัม

พลังงานและสารอาหาร (หน่วย)	ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง
Protein (g)	4.03
Fat (g)	0.91
Moisture (g)	84.49
Ash (g)	0.76
Carbohydrate (g)	8.74
Crude Fiber (g)	1.07
Total Energy (kcal)	59.27

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง จำนวน 100 กรัม พบว่า มีปริมาณพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 59.27 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 4.03 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 8.74 กรัม มีไขมันทั้งหมด 0.91 กรัม ความชื้น 84.49 กรัม เถ้า 0.76 กรัม โยอาหารแบบหยาบ 1.07 กรัม จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโยอาหารแบบหยาบในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองอยู่ที่ 1.07 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชของกุสุมา และ นัทมน (2559) จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นที่สูง ซึ่งจะส่งผลต่อการป้องกันการขาดน้ำ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มีภาวะปัญหาการขาดน้ำ (dehydration)

4.11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง
ORAC ¹ (μmole TE/100 g)	159.36 ± 8.12
FRAP ² (μmole TE/100 g)	39.34 ± 0.02
Total anthocyanin content (mg C3G/100 g)	1.74 ± 0.01
Total flavonoids content (mg CE/100 g)	12.04 ± 1.62

หมายเหตุ : TE: Trolox equivalent, GAE: Gallic acid equivalents, ¹Oxygen radical absorbance capacity, ²Ferric reducing antioxidant power, C3G: cyanidin-3-glucoside, CE: catechin equivalent, all data are presented as mean ± SD of triplicate analyses.

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง โดยใช้วิธี ORAC และ FRAP (ตารางที่ 4.12) พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า 159.36 μmole TE/100 กรัม สำหรับ ORAC และ 39.34 μmole TE/100 กรัม สำหรับ FRAP ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับงานวิจัยของเอนกและคณะที่ศึกษาเยลลี่ข้าวหักไร้เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวานพบว่าเยลลี่ข้าวหักไร้เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวานก็มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ความแตกต่างในผลการวิเคราะห์ ORAC และ FRAP อาจเกิดจากหลักการที่แตกต่างกันของวิธีการเหล่านี้ โดย ORAC ประเมินความสามารถโดยรวมของสารในการยับยั้งอนุมูลเปอร์ออกไซด์จากการเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในขณะที่หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์ FRAP คือการประเมินความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการลดและทำลายอนุมูลอิสระ กลไกการทำงานที่แตกต่างกันซึ่งประเมินโดยแต่ละวิธีอาจอธิบายความแตกต่างในผลลัพธ์ได้

แอนโทไซยานินเป็นสารพฤกษเคมีที่พบได้อย่างแพร่หลายในพืช โดยเฉพาะในพืชที่มีสีดำ ม่วง แดง และน้ำตาล และยังมีประโยชน์ทางสุขภาพเป็นอย่างมาก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองสอดคล้องกับผลการวิจัยของเอนกและคณะที่ศึกษาเยลลี่ข้าวหักไร้เบอร์รี่เสริมสารสกัดจาก

หญ้าหวาน ซึ่งรายงานว่ายาลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวาน มีปริมาณแอนโทไซยานิน ประมาณ 1.32 มิลลิกรัม C3G/100 กรัม

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ยาลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริม โปรตีนจากถั่วเหลือง (ตารางที่ 4.12) พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ยาลี่พร้อมดื่ม ข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองสอดคล้องกับผลการวิจัยของเอนกและคณะที่ศึกษายาลี่ข้าว หักไรซ์เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวาน ซึ่งรายงานว่ายาลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้า หวาน มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดประมาณ 11-19 มิลลิกรัม CE/100 กรัม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรต์ดอกข้าต่อน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำต่อข้าวไรต์ดอกข้า สูตรที่ 2 (1:15) ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับสูงสุด ซึ่งได้รับคะแนนในด้านสี (ม่วงอมน้ำตาล) กลิ่นรส (ข้าว) เนื้อสัมผัส (ความหนืด) โดยอยู่ในเกณฑ์พอดี และความชอบโดยรวม เท่ากับ 3.36 , 2.87 , 3.23 และ 3.05 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับมาก

5.1.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไรต์ดอกข้าต่อใบหญ้าหวานสกัด

ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำข้าวไรต์ดอกข้าต่อวัตถุดิบให้ความหวาน แทนน้ำตาลทรายจากใบหญ้าหวานสกัด สูตรที่ 2 (2) ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับสูงสุด ซึ่งได้รับคะแนนในด้าน สี (ม่วงอมน้ำตาล) กลิ่นรส (ข้าว) รสชาติ (ความหวาน) เนื้อสัมผัส (ความหนืด) โดยอยู่ในเกณฑ์พอดี และความชอบโดยรวม เท่ากับ 3.03 , 3.05 , 3.10 , 3.53 และ 3.67 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับมาก

5.1.3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวไรต์ดอกข้าต่อปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง

ผลการศึกษา พบว่าสูตรที่ 2 (5.0) เป็นปริมาณที่เหมาะสมของโปรตีนจากถั่วเหลือง เนื่องจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับสูงสุด ซึ่งได้รับคะแนนในด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.30, 4.58, 4.15, 4.35, 4.45 และ 4.58 คะแนนตามลำดับ

5.1.4 จากการศึกษปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรต์ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมของสารที่ทำให้เกิดเจลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรต์ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง สูตรที่ 2 (0.25) ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับสูงสุด ซึ่งได้รับคะแนนในด้าน สี (ม่วงอมน้ำตาล) กลิ่นรส (ข้าว) รสชาติ (ความหวาน) เนื้อสัมผัส (ความอ่อนนุ่ม) โดยอยู่ในเกณฑ์พอดี และความชอบโดยรวม เท่ากับ 3.20 , 2.90 , 2.70 , 3.00 และ 3.53 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับมาก

5.1.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง

ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง สูตรที่ 2 ของส่วนผสมมีคุณลักษณะทางกายภาพดังนี้ มีค่าสี L^* ค่าสี a^* ค่าสี b^* เท่ากับ 33.49, 10.48 และ 9.41 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง สูตรที่ 2 มีค่า pH เท่ากับ 6.38 ซึ่งแสดงความเป็นกรด การทดสอบเนื้อสัมผัสโดยการกดบอกลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง โดยค่า Springiness ค่า Gumminess และค่า Chewiness เท่ากับ 0.76 10573.82 และ 7588.92 ตามลำดับ

5.1.6 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง พบว่า มีปริมาณพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 59.27 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 4.03 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 8.74 กรัม มีไขมันทั้งหมด 0.91 กรัม ความชื้น 84.49 กรัม เถ้า 0.76 กรัม ใยอาหารแบบหยาบ 1.07 กรัมต่อ 100 กรัม

5.1.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไรด์อกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า 159.36 $\mu\text{mole TE}/100$ กรัม สำหรับ ORAC และ 39.34 $\mu\text{mole TE}/100$ กรัม สำหรับ FRAP มีปริมาณแอนโทไซยานิน 1.74 มิลลิกรัม C3G/100 กรัม และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดประมาณ 120.40 มิลลิกรัม CE/100 กรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลืองในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการคาดการณ์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
- 5.2.2 ควรศึกษาการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2543. เกล็ดมะม่วง. วารสารสถาบันอาหาร. กรุงเทพฯ: 3(14): 41-42.
- กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และ นัทมน พุฒดวง. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-ธันวาคม 2559.
- ข้อมูลกองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. 2560. ข้าวไร้ดอกข้าว. แหล่งที่มา : <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=23>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2566.
- งานสวัสดิการและการพัฒนาชุมชนสำนักงานปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลบางทอง อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา. แหล่งที่มา : <http://www.bangtong.go.th/attachments/016.pdf>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2566.
- จิราภรณ์ สอนจิตร. 2543. กลูโคแมนแนในอาหารจากบุก. แม่โจ้ปริทัศน์ 5(1): 79-84.
- จุฬามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ฅนอมวงศ์. 2558. การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ชรินทร์ อุดเมืองคา. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิวพร มุขแก้ว. 2560. น้ำข้าวกล้องงอกข้าวไร้ดอกข้าวผสมธัญพืช. สัมมาชีพชุมชนจังหวัดพังงา กรมพัฒนาชุมชน. แหล่งที่มา : http://cddata.cdd.go.th/cddkm/prov/km1_php. สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 สิงหาคม 2566.
- นิธยา รัตนานนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 340.
- ปิยะภัทร เดชพระธรรม. 2556. ปัญหาการกลืนในผู้สูงอายุ. บทความพื้ฟูวิชาการ. ภาควิชาเวชศาสตร์พื้ฟู คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.
- โปรดปราน ทาศิริ และคณะ. 2558. การพัฒนาเยลลี่ข้าวไร้เบอร์รี่ที่มีโปรตีนสูงและพลังงานสูงสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พิชยานิน เพชรล้อมทอง และ ปุณทริกา รัตนตรัยวงศ์. 2555. น้ำตาลและสารให้ความหวานกับแนวทางการบริโภคในยุคปัจจุบัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 32(1): 77-86.
- สายสมร พูลพันธ์. 2547. ผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตอเบอร์รี่. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเยลลี่มารเลด. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 263-242.
- วทันยา ลิ้มปยยอม.และคณะ. 2555. การสกัดสารให้ความหวานชนิดไร้รสจากหญ้าหวาน. วารสาร

วิทยาศาสตร์เกษตร 43(2).

วรรณคล เชื้อมงคล. 2551. สารให้ความหวาน: การใช้และความปลอดภัย. **ไทยเภสัชศาสตร์และ**

วิทยาการสุขภาพ 3(1): 161-168.

วิมล ศรีสุข. 2555. เป็นเบาหวาน เลือกอะไรใส่กาแฟแทนน้ำตาล. บทความเผยแพร่ความรู้สู่

ประชาชน คณะเภสัชศาสตร์ **มหาวิทยาลัยมหิดล**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

<http://www.pharmacy.mahidol.ac.th>. สืบค้นข้อมูล 14 สิงหาคม 2567.

ศรีสุวรรณ อุทอนผลและคณะ. 2531. การใช้กัมมันตต่าง ๆ ในการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่. **ภาควิชา**

เทคโนโลยีทางอาหารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย. 2556. เจื่อนไขการกล่าวอ้างทาง

โภชนาการของน้ำตาล. หน้า 74-75. ใน **งานเสวนาความปลอดภัยอาหาร เรื่องฉลากต้อง**
ทำอะไรและทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์. ครั้งที่ 58. นนทบุรี. (อัดสำเนา)

สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล. 2541, หล้าหวานสติเวีย. **ส่งเสริมเทคโนโลยี 25(139): 160-163.**

สุขใจ ชูจันทร์. 2555. สารให้ความหวานพลังงานต่ำ. **สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**.

กรุงเทพฯ Calorie Control Council. 2013. Low calorie sweetener: acesulfame potassium. [Online]. Available: <http://www.caloriecontrol.org/acesulf.html>. [accessed on 14/08/23].

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยมเยลลี่ และ

มาร์มาเลด. กรุงเทพฯ: **สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่และมาร์มาเลด.

กรุงเทพฯ: **วารสารสถาบันอาหาร**.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2560. ข้าวโภชนาการสูง. แหล่งที่มา :

<https://www.thairicedb.com/productintro-detail.php?id=11>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2561.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. 2561. สังคมผู้สูงอายุกับการขับเคลื่อน

เศรษฐกิจไทย.เอกสารวิชาการ. แหล่งที่มา : [https:// library2. parliament. go.th /ejournal/content_af/2561/jul2561-1.pdf](https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2561/jul2561-1.pdf). สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2567.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2543. फिल्मแป้งบุกชนิดบริโภคนได้ การเตรียม สมบัติบางประการและการนำไปใช้. **อาหาร**. 1(3): 44-51.

Langendorff, V., Cuvalier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., and Kruif, C.G.D. 1999.

Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk influence of temperature.

Food Hydrocolloids 13: 211-218.

- Langendorff, V., Cuvalier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., and Kruif, C.G.D. 2000. Effect of carrageenan type on the behavior of carrageenan/milk mixtures. **Food Hydrocolloids** 14: 273-280.
- Roberto L.-M., Antonio, V.-G., Liliana, Z.-B, Kong, A.-H. 2012. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a highpotency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. **Journal of Food Chemistry** 132: 1121-1132.
- Thaiudom.S., and Goff, H.D. 2003. Effect of K-carrageenan on milk protein Polysaccharide mixtures. **International Dairy Journal** 13: 763-771.
- Tziboula, A., and Horne, D.S. 1999. Influence of milk proteins on K-carrageenan Gelation. **International Dairy Journal** 9: 359-364.
- Xu, S.Y., Stanley, D.W., Goff, H.D., Davidson, V.J., and Maguer, M.L. 1992. Hydrocolloid/milk gel formation and properties. **Journal of Food Science** 57: 96-102.
- Yanes, M., Duran, L., and Costell, E. 2002. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. **Food Hydrocolloids** 16: 605-611.
- Halee, A., Navech, N. and Voraaroon, S. 2018. Development of Broken Rice Berry Jelly Fortified with Stevia rebaudiana Bertoni. **The Sci J of Phetchaburi Rajabhat University**. 15: 29.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าวไร้ดอกข้า

ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าวไร้ดอกข้าว

นำข้าวไร้ดอกข้าวมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง

ร่อนแป้งข้าวไร้ดอกข้าวผ่านตะแกรง ขนาด 80 เมช.

นำมาบรรจุในถุงสุญญากาศ เพื่อรักษาคุณภาพของข้าวไร้ดอกข้าว



ภาพผนวกที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าวไร้ดอกข้าว

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวไร้ดอกข้า

หาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำที่ 3 ระดับ

คือ 30,40 และ60 กรัม ต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร

ต้มแป้งข้าวไร้ดอกข้าด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

กรองด้วยผ้าขาวบาง

น้ำข้าวไร้ดอกข้าต่อน้ำที่ 3 ระดับคือ 30,40 และ60 กรัม ต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร



ภาพผนวกที่ 2 ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวไร้ดอกข้า

ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวไร้ดอกข้าที่ใช้วัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลจากใบหญ้าหวานสกัดที่ต่างกัน 3 ระดับ

นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมาหาอัตราส่วนของวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย

จากใบหญ้าหวานสกัดที่ 3 ระดับ คือ 4 , 8 และ12 กรัม



ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง

1. นำโปรตีนถั่วเหลืองมาชั่งที่ 3 ระดับ คือ 14.6 , 28.6 และ 41.9 กรัม



2. ชั่งกลูโคแมนแนน 0.6 กรัม คาราจีแนน 1.2 กรัม น้ำตาล 18 กรัม และน้ำ 50 กรัม นำมาผสมรวมกันพักไว้ 10 นาที



3. ชั่งตวงส่วนผสมทั้งหมด แบ่งข้าวไรด์อกข้า 40 กรัม น้ำสะอาด 600 กรัม



โปรตีนจากผงถั่วเหลือง 14.9 กรัม



โปรตีนจากผงถั่วเหลือง 28.9 กรัม



โปรตีนจากผงถั่วเหลือง 41.9 กรัม

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไรต์ดอกข้าวเสริมโปรตีนจากผงถั่วเหลือง

1. นำผงเข้าที่ผ่านการอบและบดละเอียดแล้ว ผสมกับน้ำจากนั้นกรองน้ำข้าวจำนวน 2 ครั้ง



2. นำน้ำเข้าที่กรองแล้ว ตั้งไฟให้ได้ 50 องศาเซลเซียส



3. เมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนด นำคาราจีแนน กลูโคแมนแนน น้ำตาล ที่ผสมรวมกันแล้วเติมลงไป
ในน้ำข้าวและคนให้เข้ากัน



4. เติมน้ำตาลลงไปในหม้อ และคนส่วนผสมให้เข้ากัน



5. ตั้งไฟให้เดือดอีกครั้ง จากนั้นปิดแก๊สทันที
6. บรรจุใส่ถุงและเก็บไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม



ภาคผนวก ค
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคุณลักษณะด้านเคมีและกายภาพของน้ำข้าวไร้ดอกข้า

Homogeneous Subsets Color

L*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
1	3	45.1100		
2	3		45.7000	
3	3			47.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .019.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

a*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
1.00	3	13.3933		
2.00	3		14.8700	
3.00	3			15.5167
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .006.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

b*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
1	3	12.2767		
2	3		13.6633	
3	3			14.5267

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Sig.		1.000	1.000	1.000
------	--	-------	-------	-------

Homogeneous Subset

pH

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
3.00	3	5.9100		
2.00	3		5.7733	
1.00	3			5.6100
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Brix

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset
		1
1.00	3	0.1333
2.00	3	0.1667
3.00	3	0.2000
Sig.		0.380

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .007.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคุณลักษณะด้านเคมีและกายภาพสารละลายความหวานและค่าความเป็นกรดต่างของการใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายสกัดจากหญ้าหวาน

Homogeneous Subsets

Color

L*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	3	46.6967	
2.00	3	47.1833	47.1833
1.00	3		47.7867
Sig.		.108	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .083.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

a*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	2
2.00	3	13.0167	
3.00	3	13.1000	
1.00	3		13.4533
Sig.		.523	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .021.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

b*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	3	13.7000	
2.00	3	13.9033	13.9033
1.00	3		14.2400
Sig.		.273	.103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .038.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Homogeneous Subset

ph

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	
1.00	3	5.8100	
2.00	3	5.8200	
3.00	3	5.8467	
Sig.		.261	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Brix

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
1.00	3	.2667		
2.00	3		.7667	
3.00	3			1.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคุณลักษณะด้านเคมีและกายภาพสารละลายความหวานและค่าความเป็นกรดต่างของเยลลี่พร้อมดื่มจากข้าวไร้ดอกข้าว

Homogeneous Subsets

Color

L*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	3	30.8633	
2.00	3		33.4900
1.00	3		33.8867
Sig.		1.000	.442

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .325.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

a*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	3	9.6200	
2.00	3		10.4767
1.00	3		11.1633
Sig.		1.000	.067

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .114.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

b*

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
3.00	3	9.0600		
2.00	3		9.4133	
1.00	3			10.0900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .016.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Homogeneous Subset

pH

Duncan^{a,b}

สูตร	N	Subset
		1
3.00	3	6.0367
1.00	3	6.0633
2.00	3	6.0667
Sig.		.217

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ลักษณะที่ปรากฏ

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	40	3.3500	4.3000
1.00	40	3.4000	
2.00	40		
Sig.		.789	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

สน

Duncan

สูตร	N	Subset
		1
3.00	40	3.4250
1.00	40	3.5500
2.00	40	4.5750
Sig.		.186

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

กลีน

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
1.00	40	3.5000	4.1500
3.00	40	3.5500	
2.00	40		
Sig.		.791	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

รสชาติ

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
1.00	40	3.5250	4.3500
3.00	40	3.5750	
2.00	40		
Sig.		.810	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

เนื้อสัมผัส

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	40	3.4750	4.4500
1.00	40	3.5500	
2.00	40		
Sig.		.706	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

ความชอบโดยรวม

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	40	3.4750	4.5750
1.00	40	3.6250	
2.00	40		
Sig.		.433	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

Uses Harmonic Mean Sample Size = 40.000

ค่าสี

ค่า L*

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
1.00	5	29.8320	36.3780
2.00	5	30.6740	
3.00	5		
Sig.		.629	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000

ค่า a*

Duncan

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
3.00	5	5.0040	5.6240	
2.00	5			
1.00	5		1.000	6.3240
Sig.		1.000	5.6240	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ค่า b*

Duncan

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	7.4280		
2.00	5		7.8180	
3.00	5			8.2660
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

การวัดค่า pH

Duncan

สูตร	N	Subset		
		1	2	
3.00	5	6.3580		
2.00	5		6.3760	
1.00	5			6.4120
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

Gumminess

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
1.00	5	2512.3918	
2.00	5	10573.8222	10573.8222
3.00	5		12111.1076
Sig.		.057	.696

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000

Chewiness

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1194.4212	
2.00	5		7588.9220
3.00	5		8817.8328
Sig.		1.000	.672

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000

Resilience

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
3.00	5	.0410	
2.00	5	.0436	
1.00	5		.0586
Sig.		.222	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000