ว. 11451 ณ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม
(Development of Ginger Drinking Jelly)

โดย
ณัฏยา คนซื่อ
ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2547
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มนี้ สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือของผู้ทดสอบชิมจำนวน 9 ท่าน และผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 420 ท่าน ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์การแปรรูป เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพ และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลอง

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่สนับสนุนงบประมาณในการทำการวิจัยตลอดโครงการ

ณัฏยา คนซื่อ

ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล

ชื่อโครงการ **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม**
(Development of Ginger Drinking Jelly)

ชื่อผู้วิจัย **ณัฏยา คนซื่อ**
ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล

ทุนวิจัย **จากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2547 มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง**

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ประกอบด้วยการศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิง เพื่อให้ได้น้ำขิงที่มีความเข้มข้นเหมาะสม โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้ม พบว่า ปริมาณขิงร้อยละ 2.695 และเวลาต้ม 5 นาที เป็นระดับที่เหมาะสม การศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส พบว่าที่อัตราส่วน 50:50 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด สำหรับระดับการใช้น้ำตาล กรดซิตริก บุก และคาราจีแนน ที่เหมาะสม ได้แก่ ร้อยละ 28 0.08 0.0052 และ 0.12 ตามลำดับ เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ข้างต้นด้วยวิธี Central Location Test (CLT) โดยคัดเลือกเฉพาะผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงจำนวน 366 คน พบว่าผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างมีความชอบผลิตภัณฑ์ในทุกๆ ด้าน และมีโอกาสตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 80

คำสำคัญ เยลลี่ / ไฮโดรคอลลอยด์ / คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
สารบัญตาราง		**ค**
สารบัญภาพ		**ฉ**
บทที่		
1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2	**แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย	3
	2.2 ขิง (Ginger)	3
	2.3 เยลลี่ (Jelly)	5
	2.4 ไฮโดรคอลลอยด์	7
	2.5 บุก (Konjac)	9
	2.6 คาราจีแนน (Carrageenan)	11
	2.7 น้ำตาล	13
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	16
	3.1 วัตถุดิบ	16
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	16
	3.3 สารเคมี	17
	3.4 เครื่องประมวลผลทางสถิติ	17

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.5 ระเบียบวิธีวิจัย	18
4	**ผลการวิจัย**	22
	4.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	22
	4.2 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิงที่เหมาะสม	24
	4.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส	34
	4.4 ศึกษาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสม	39
	4.5 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์	47
	4.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	53
5	**สรุปผลการวิจัย**	61
บรรณานุกรม		63
ภาคผนวก		66
ก	**การวิเคราะห์คุณภาพ**	66
ข	**รูปภาพ**	71
ค	**แบบทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส**	73
ประวัติคณะผู้วิจัย		81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระดับความหวานของน้ำตาลบางชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส	14
4.1	ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม	22
4.2	ปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้มที่ระดับต่างๆ	25
4.2.1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม	25
4.2.2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม	26
4.3	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม	26
4.4	สมการถอดรหัส (Decoded equetion) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาต้มต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	29
4.5	ค่า b* ของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มเมื่อปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 2.695 และผันแปรรเวลาต้ม	30
4.6.1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส	35
4.6.2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส	35
4.7	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส	35
4.8	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส	37
4.9	ปริมาณการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดและกรดซิตริกที่ระดับต่างๆ	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.10.1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก	40
4.10.2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก	40
4.11	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก	41
4.12	สมการถดถอยที่ได้จากการถอดรหัส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกต่อคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส	43
4.13	ปริมาณการใช้บุกและคาราจีแนนที่ระดับต่างๆ	47
4.14.1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน	48
4.14.2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน	48
4.15	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน	49
4.16	สมการถอดรหัสแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาราจีแนนและบุกต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์	50
4.17	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	54
4.18	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	56
4.19	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ความถี่ของคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.20	ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง	59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	23
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความเข้มของสีเหลือง	31
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อรสขม	31
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความใส	32
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความหนืด	32
4.6	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรระดับปริมาณขิงและเวลาต้ม	33
4.7	แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาในการต้มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง)	34
4.8	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส	38
4.9	แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์	43
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์	45
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์	45
4.12	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก	46
4.13	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างคาราจีแนนและบุก	51
4.14	แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาราจีแนนและบุกซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของผลิตภัณฑ์	52
ข.1	ขิงหยวกก่อนอบแห้ง	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.2	ขิงหยวกหลังอบแห้ง	72
ข.3	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ขิงเป็นพืชในตระกูลเดียวกันกับขมิ้นอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber officinale Rosc.* และมีชื่อสามัญว่า Ginger นอกจากจะมีคุณสมบัติในการปรุงรสชาติอาหารแล้ว ยังมีคุณค่าทางอาหาร เช่น มีฟอสฟอรัสและไวตามินเอสูง (นิรนาม, 2530) และเป็นยาสมุนไพร (ไฉน, 2542) เนื่องจากขิงมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Biological active) ได้แก่ Curcuminoid ซึ่งเป็นสารให้สีเหลืองในขิงนั่นเอง Curcuminoid เป็นสารประกอบฟินอลิก (Phenolic compound) ที่มีบทบาทในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Antioxidant) โดยอนุพันธ์ของ Curcuminoid ในรูปของ Tetrahydrocurcumin (นันทวันและอรนุช , 2539) สามารถต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่นได้ดีกว่า α-tocopherol ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ภาวะแก่ชราและเกิดโรคได้ง่าย หลอดเลือดแดงหนาและแข็ง และที่สำคัญคือ โรคมะเร็ง โดย Curcuminoid จะไปขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์สารก่อมะเร็ง เป็นผลให้สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกและลดจำนวนเนื้องอกได้ เป็นต้น

ขิงเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยมูลค่าปีละหลายล้านบาท แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ ภาคเหนือ โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงราย รองลงมา ได้แก่ พิษณุโลก พะเยาว์ และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวขิงในประเทศไทยมีสองระยะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปบริโภค ได้แก่ การเก็บเกี่ยวในระยะที่เป็นขิงอ่อนและการเก็บเกี่ยวในระยะที่เป็นขิงแก่ อาจนำไปบริโภคสดหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น ขิงดองเกลือ (Salted ginger) ขิงแช่อิ่ม (Preserved ginger) ขิงเคลือบน้ำตาล (Ginger candy) ขิงแห้ง (Dry ginger) และขิงผง (Powdered dry ginger) เป็นต้น (ไฉน, 2542) ปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกขิงพบในปัจจุบันคือ ปริมาณการรับซื้อขิงไม่แน่นอน ราคาขิงตกต่ำโดยเฉพาะในฤดูเก็บเกี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงที่ผ่านมาในขณะที่ราคาต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขิงให้มีมากขึ้น เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตร และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขิงในรูปของเยลลี่สมุนไพรพร้อมดื่ม ที่นอกเหนือจากผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากขิงแต่เดิม นอกจากนี้ยังมีการใช้แป้งบุกที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ โดยมีผลในการลดระดับโคเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด สามารถใช้เป็นอาหารควบคุมน้ำหนักได้ (พรรัตน์, 2545)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการแปรรูปดยลลี่ขิงพร้อมดื่ม
2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเพิ่มแนวทางการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากขิงอย่างง่ายแก่เกษตรกรผู้ปลูกขิง ในพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อลดปัญหาราคาผลิตผลตกต่ำและเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่จะได้รับอาหารเสริมสุขภาพที่มีคุณสมบัติในการช่วยลดการเกิดโรคบางอย่างได้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย

เยลลี่โดยทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากการสกัดผลไม้สด หรือน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้น หรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวาน และทำให้มีความข้นหนืดพอเหมาะโดยไม่มีเนื้อผลไม้เจือปน อย่างไรก็ตามเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ 213) พ.ศ.2543 (พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2545) กำหนดให้เยลลี่มีปริมาณสารที่ละลายได้หรือปริมาณน้ำตาล ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหวานจากน้ำตาลสูงและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยนำสารไฮโดรคอลลอย์ เช่น บุก และคาราจีแนน มาใช้ในกระบวนการแปรรูปเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดตามต้องการจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำตาลลงได้ นอกจากนี้บุกยังมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา เช่น ให้พลังงานต่ำ คงทนต่อน้ำย่อยในกระเพาะ สามารถดูดซับไขมัน และน้ำตาลส่วนเกินจากอาหาร และช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น (กรมส่งเสริมการเษตร, 2548: ระบบออนไลน์) เมื่อร่วมกับสรรพคุณทางยาของขิงที่เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้ว การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มจึงมีประโยชน์ต่อการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคในปัจจุบันอย่างยิ่ง

2.2 ขิง (Ginger)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale* Roscoe

ชื่อวงศ์ Zingiberaceae

ขิงเป็นพืชล้มลุก ใบเลี้ยงเดี่ยว เนื้อในเป็นสีเหลืองแกมเขียว ใบสีเขียว ใบไม้เรียงแคบปลายแหลม ดอกเป็นช่อขนาดเล็ก ดอกสีเหลืองจะบานจากต้นไปหาปลาย ขิงเป็นทั้งพืชสมุนไพรและ

เครื่องเทศ จัดอยู่ในพืชตระกูลเดียวกับขิง ข่า กระชาย มีลำต้นใต้ดินสะสมอาหาร มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ เรียกว่า " แง่งขิง " ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการปรุงอาหาร นำมาแปรรูป และเป็นยาสมุนไพร ขิงจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 10 - 12 เดือน หลังจากปลูก แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทยได้แก่ เชียงราย เพชรบูรณ์ (กรมส่งเสริมการเษตร, 2548: ระบบออนไลน์)

พันธุ์ขิงพอจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 ***ขิงเล็กหรือขิงเผ็ด*** จะมีแง่งเล็ก สั้น ข้อถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก รสค่อนข้างเผ็ด ลักษณะของตาที่ปรากฏบนแง่งค่อนข้างแหลม แตกแขนงดี นิยมปลูกเป็นขิงแก่ เพราะได้น้ำหนักดี ใช้ทำเป็นพืชสมุนไพรประกอบทำยารักษาโรค และสกัดทำน้ำมัน

2.2.2 ***ขิงใหญ่หรือขิงหยวก*** จะมีข้อห่าง แง่งขิงมีขนาดใหญ่ ไม่เบียดกันชิด เนื้อละเอียด ไม่มีเสี้ยนหรือมีน้อยมาก รสเผ็ดน้อย ใต้เซลล์ผิวเมื่อลอกเยื่อหุ้มออกจะไม่มีสีหรือมีสีเหลืองเรื่อ ๆ ลักษณะของตาที่ปรากฏบนแง่ง กลมมน ลำต้นสูง ปลายใบป้าน เหมาะสำหรับปลูกเป็นขิงอ่อนส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นขิงดอง ขิงแช่อิ่ม หรือใช้บริโภคสด (กรมส่งเสริมการเษตร, 2548: ระบบออนไลน์)

สรรพคุณ

ในเหง้าขิง มีน้ำมันหอมระเหย 1-3%, น้ำมันชัน (Oleo-resin) 4-7.5%, แป้ง 40-60%, เมือก และประกอบด้วย sasquiterpene, bisabolene, zingiberene, zingiberol, Citral, menthol, cineole, borneol, fenchone, aromatic, keytone, zingerone, 6-shogaol และ 6-gingerol (แพทย์แผนไทย, 2548: ระบบออนไลน์) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการ ขับลม แก้ท้องอืด จุกเสียด แน่นเฟ้อ คลื่นไส้อาเจียน แก้หอบ แก้ไอ แก้บิด แก้ปวด ขับเสมหะ ขับเหงื่อ ขับลม เจริญอาหาร บำรุงธาตุ ลดการอักเสบ ลดอาการปวด ลดอาการบวมน้ำ ลดความดันโลหิต ลดคลอเลสเตอรอล บำรุงหัวใจ เป็นยาช่วยย่อย รักษากลากเกลื้อน เป็นยาอายุวัฒนะ ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะอาหารและลำไส้ ป้องกันการเมารถ เมาเรือ มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย เป็นยากันบูด กันหืน ช่วยทำความสะอาดปากและคอ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2548: ระบบออนไลน์) ส่วนสารที่มีรสเผ็ด ได้แก่ 6-shogaol และ 6-gingerol

คุณค่าทางอาหาร

มี ฟอสฟอรัส แคลเซียม ธาตุเหล็ก วิตามินบี1 บี2 คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน (แพทย์แผนไทย, 2548: ระบบออนไลน์)

การออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

1.ลดระดับไขมันโคเลสเตอรอล โดยการลดดูดซึมโคเลสเตอรอลจากอาหารในลำไส้ แล้วปล่อยให้ร่างกายกำจัดออกทางอุจจาระ

2.ช่วยลดความอยากของคนติดยาเสพติดได้

3.มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ช่วยระงับการชักในสัตว์ทดลอง, เสริมฤทธิ์ของยานอนหลับ กลุ่ม BARBITURATE บรรเทาปวดลดไข้, ลดอาการเวียนศีรษะ

4. ออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

5.ป้องกันฟันผุ

6.ออกฤทธิ์ยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกร็ดเลือด

7.บรรเทาอาการไอ

8.ป้องกันและบำบัดอาการปวดศีรษะจากไมเกรนได้

9. ลดการหลั่งกรดของกระเพาะอาหาร (กอง บก.ใกล้หมอ, 2548: ระบบออนไลน์)

2.3 เยลลี่ (สินธนา, 2542)

ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่ถูกแปรรูปและถนอมรักษาโดยการใช้น้ำตาลมีหลายชนิด ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการคงตัวเป็นเจลและมีความหนืดเล็กน้อย

การแปรรูปเยลลี่

เยลลี่สามารถทำได้จากผลไม้เกือบทุกชนิด เช่น แอปเปิ้ล องุ่น ส้ม ฝรั่ง และสับปะรด เป็นต้น สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการคัดเลือกผลไม้ในการทำเยลลี่คือ ความแก่อ่อนของผลไม้ ทั้งนี้ควรใช้ผลไม้ที่มีสภาพห่ามถึงสุก เพราะจะช่วยให้ได้เยลลี่ที่ใส มีปริมาณเพคตินมากพอที่จะจับรวมตัวเป็นเจล และมีรสชาติที่ดีพอควร แต่ถ้าต้องการให้รสชาติดีมากยิ่งขึ้นก็อาจใช้ผลไม้สุกปนบ้าง

การสกัดน้ำผลไม้โดยวิธีต้ม

การนำผลไม้สดที่ยังไม่ได้ผ่านการต้มมาทำเยลลี่ มักไม่ได้ผลดีเท่ากับการต้มผลไม้ก่อนแล้วนำไปกรองเอาน้ำ ทั้งนี้เพราะความร้อนจะช่วยทำลายกิจกรรมของเอนไซม์เพกติเนส ซึ่งถ้าปล่อยให้ดำเนินกิจกรรมแล้ว จะทำให้ประสิทธิภาพการจับรวมตัวเป็นเจลของเยลลี่ด้อยลง นอกจากนี้การต้ม

ยังช่วยให้เพกทินละลายออกมาได้มากยิ่งขึ้น และทำให้โปรโตเพกตินที่มีในผลไม้ เปลี่ยนมาเป็นกรดเพกตินิกหรือเพกตินได้ อันเป็นการช่วยให้มีเพกตินในน้ำผลไม้มากยิ่งขึ้น

ปริมาณน้ำที่จะใช้ต้มกับผลไม้

ขึ้นอยู่กับคุณภาพด้านค่าของแข็งที่ละลายน้ำที่มีในผลไม้เป็นสำคัญ ผลไม้ที่มีเนื้อแน่นเช่น แอปเปิ้ล กระท้อน ตลอดจนผลไม้ที่มีกรดสูง เช่น ส้ม มะดัน ควรเติมน้ำประมาณ 1-3 เท่าของน้ำหนักผลไม้ และใช้เวลาในการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 10-20 นาที เพื่อช่วยสกัดเพกทินและกรดออกมาจากเนื้อผลไม้ ส่วนกรณีที่ผลไม้มีความเป็นกรดต่ำก็อาจเติมกรดลงในน้ำที่ใช้ต้มได้ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรโตเพกทินเป็นเพกทินง่ายขึ้น การเติมน้ำมากเกินไปในระหว่างการต้ม จะทำให้กลิ่น รสและสี ของน้ำผลไม้ด้อยลงแล้วยังทำให้เพกตินที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไปเป็นกรดเพกทิกได้ง่าย ทำให้เยลลี่ที่ได้ไม่สามารถจับรวมตัวเป็นเจลได้ภายหลัง

การกรองน้ำผลไม้

เนื่องจากลักษณะที่ดีของเยลลี่คือความใส ดังนั้นน้ำผลไม้จึงควรจะต้องถูกกรองเพื่อแยกกากหรือตะกอนที่แขวนลอยอยู่ออกให้มากที่สุด อาจทำอย่างง่ายได้โดยการกรองผ่านผ้าขาวบางหลายชั้น กรองผ่านตะแกรงกรองเบอร์ต่างๆ หรือแม้กระทั่งการใช้แรงเหวี่ยงเพื่อให้น้ำผลไม้มีความใสอย่างแท้จริง การกรองนี้ควรทำในขณะที่น้ำผลไม้ยังร้อนอยู่ เนื่องจากเพราะอุณหภูมิลดลง ความหนืดของน้ำผลไม้จะเพิ่มขึ้น ทำให้กรองได้ยาก

การเติมน้ำตาล

น้ำตาลที่ใช้ในการทำเยลลี่ควรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลอินเวิร์ทนี้ จะสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเคี่ยวด้วย เช่น ถ้าใช้ระยะเวลาในการเคี่ยวนานเกินควร จะทำให้น้ำตาลซูโครสเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลอินเวิร์ทเกือบทั้งหมด ซึ่งผลต่อเนื่องคือผลิตภัณฑ์จะไม่จับตัวเป็นเจล และอาจเกิดการตกผลึกของน้ำตาลเด็กซ์โทรสในผลิตภัณฑ์ได้ ปกติแล้วอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลอินเวร์ท : น้ำตาลซูโครส ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ควรมีค่าประมาณ 10:60 แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนี้นอกจากจะเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปแล้ว ในระหว่างการเก็บรักษาก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้เช่นกัน ดังนั้นจึงมีการแนะนำว่าถ้าผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นของน้ำตาลอินเวิร์ทอยู่ระหว่างร้อยละ 25-30 ขณะที่สิ้นสุดกระบวนการแปรรูปก็นับว่าเพียงพอแล้ว เพราะเมื่อตั้งทิ้งไว้ความเข้มข้นของน้ำตาลอินเวิร์ทจะเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ในการเคี่ยวก็จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิอีกด้วย การใช้

อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานในการเคี่ยวระเหยน้ำ จะทำให้เยลลี่ที่ได้มีสีคล้ำ และ กลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์ก็จะด้อยลงเช่นกัน และอาจเกิดการตกผลึกของน้ำตาล

การบรรจุ

ก่อนบรรจุเยลลี่ ควรกำจัดฟองที่มีอยู่ออกให้หมด เพราะถ้ามีฟอง ฟองดังกล่าวจะทำให้เนื้อเยลลี่ขุ่น อุณหภูมิของเยลลี่ขณะบรรจุนั้นถ้าสูงกว่า 87-88 องศาเซลเซียส ก็ไม่จำเป็นต้องนำเยลลี่ที่ได้ไปผ่านการฆ่าเชื้อ การปิดฝาขณะร้อนทันทีจะช่วยให้ภายในขวดมีสภาวะไร้อากาศ ซึ่งจะช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อราได้ เมื่อบรรจุเยลลี่ลงในขวดแล้วไม่ควรเคลื่อนย้ายขวดจนกว่าอุณหภูมิของเยลลี่จะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง เพราะจะทำให้โครงร่างที่เป็นเจลของเยลลี่แตกได้ง่าย

2.4 ไฮโดรคอลลอยด์ (นิธิยา, 2539)

ไฮโดรคอลลอยด์หรือไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ หมายถึง สารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์ กัม (Polysaccharide gums) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในโมเลกุลอาจประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด เป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ เช่น เดกซ์แตรน หรือประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิดเป็นเฮเตอโรโพลีแซคคาไรด์ เช่น กัมอะราบิค เป็นต้น

กัม (Gums) เป็นภาษาอียิบต์ หมายถึงสารที่มีลักษณะเหนียว ดังนั้นเมื่อโพลีแซคคาไรด์กัมละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำ จะทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงหรือมีลักษณะเป็นเจล ในอุตสาหกรรมอาหารจึงได้นำเอาโพลีแซคคาไรด์กัมไปใช้ประโยชน์ เป็นสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (Thickener) อีมัลซิไฟเออร์ Suspending agent gelling agent film-forming agent encapsulating agent และหน้าที่อื่นๆ

สมบัติทั่วไปของไฮโดรคอลลอยด์

1. *การกระจายตัวในน้ำ (Dispersibility in water)*

ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น เช่น กัมอะราบิค และกัมบางชนิดที่ละลายได้บ้างในตัวทำละลายอินทรีย์ ปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิและความเข้มข้น โพลีแซคคาไรด์กัมส่วนใหญ่ละลายได้ดีที่ความเข้มข้นประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์

การละลายของไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ต้องใช้ความร้อนจึงจะทำให้เกิดการดูดซับน้ำได้มากที่สุด เช่นโลคัสต์บีนกัมและทรากาแคนต์ แต่อะการ์ต้องต้มจนเดือดจึงจะเกิดการละลายหรือกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ดีในทางตรงข้าม เมธิลเซลลูโลสไม่ละลายในน้ำร้อน แต่ละลายได้ดีในน้ำเย็น

การละลายหรือการทำให้โพลีแซคคาไรด์กัมกระจายตัวในน้ำต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้กัมเกาะตัวกันเป็นก้อน เช่นอาจผสมกับส่วนผสมอื่นๆที่เป็นของแข็ง เช่น น้ำตาล หรือ น้ำตาลไอซิ่ง เสียก่อนแล้วจึงเติมน้ำลงไป หรือนำไปผสมในส่วนผสมที่เป็นของเหลวอื่นๆ

2. ***ความหนืด*** *(Viscosity)*

โพลีแซคคาไรด์กัมเมื่อละลายน้ำ จะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัมได้แก่

- ธรรมชาติของโพลีแซคคาไรด์กัม
- อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย
- ความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงสุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน บางชนิดอาจให้ความหนืดสูงสุดเมื่อความเข้มข้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ บางชนิดอาจมีความหนืดสูงสุดที่ความเข้มข้นเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ เช่น กัวร์กัม เป็นต้น

3. ***การเกิดเจล*** *(Gel formation)*

โพลีแซคคาไรด์กัมบางชนิด เช่น เพคติน อะการ์ สตาร์ช อัลจิเนต และคาราจีแนน สามารถเกิดเจลได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น เพคตินจะเกิดเจลได้ดีในน้ำร้อนที่มีน้ำตาลและกรด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตแยมและเยลลี่ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อเรียบ และเป็นเจลที่แผ่ได้

คาราจีแนนและเฟอเซลลาแรนเมื่อละลายน้ำและปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จะเกิดเจลชนิดเปลี่ยนกลับไปมาได้ด้วยความร้อน (Thermo-reversible gel) แต่อังจิเนตจะเกิดเจลชนิดชนิดที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ (Irreversible gel) เมื่อละลายทั้งในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น

2.5 บุก (Konjac)

ชื่อภาษาอังกฤษ : Konjac

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Amorphophallus brevispathus Gagnep.*

ชื่อพ้อง : A. *konjac* C.Koch

วงศ์ : Araceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : บุกเป็นพืชล้มลุก ใบเดี่ยวขนาดใหญ่เป็นกระจุกอยู่ที่ปลายยอด แผ่ออกคล้ายร่ม ขอบใบหยักลึกเป็นแฉก แต่ละแฉกแยกเป็น 3-4 แฉก ดอกช่อลักษณะเป็นแท่งสีเหลืองแทงออกจากหัวใต้ดิน ก้านดอกยาว มีใบประดับใหญ่สีเขียว ดอกย่อยอัดกันแน่น ช่อดอกมีกาบหุ้ม (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2548: ระบบออนไลน์) ลำต้นกลมอวบน้ำ สีเขียวหรือเขียวดำ มักมีลายเป็นวงสีขาวหรือเหลืองอยู่ทั่วไป มีหนามเล็ก ๆ มียางซึ่งหากถูกแล้วจะคัน มีหัวขนาดใหญ่อยู่ใต้ดิน เนื้อมีสีขาวอมเหลือง ละเอียดเป็นเมือกลื่น

แหล่งกำเนิด : เป็นพืชพื้นเมืองแถบร้อนของทวีปเอเชีย พบในแถบเทือกเขาหิมาลัย จีน ญี่ปุ่น ไทยและฟิลิปปินส์

ส่วนที่ใช้ : หัวบุก(rhizome) มีลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดและสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ มักมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 10-15 ซม. ขึ้นไป เนื้อในหัวสดสีชมพู เหลืองอมชมพูหรือขาวเหลือง (Bongkokhealth, 2548: ระบบออนไลน์)

สรรพคุณพื้นบ้าน : หัวเป็นยาขับเสมหะ แก้เถาดาลที่จุกอยู่เป็นก้อนกลิ้งอยู่ในท้อง

องค์ประกอบทางเคมี : หัวบุกมีสารสำคัญคือ กลูโคแมนแนน (Glucomannan) ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ น้ำหนักโมเลกุล 200,000 ถึง 2,000,000 ดาลตัน มีคุณสมบัติคล้ายเพคตินเป็นสารที่ให้พลังงานต่ำช่วยลดน้ำตาลในเลือด ลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด อีกทั้งยังทำให้การดูดซึมของกูลโคสจากทางเดินอาหารลดลง (ร้อยเรื่องเครื่องดื่มสมุนไพร, 2548 :ระบบออนไลน์) คุณสมบัติพื้นฐานของกลูโคแมนแนนนั้นเหมือนกันกากใยอาหารทั่วไป แต่ว่ากลูโคแมนแนนจะให้ผลดีมากกว่าชนิดอื่น กลูโคแมนแนนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูง ซึ่งเอื้อประโยชน์อย่างดีต่อการพองตัวเป็นเจล ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาตรหรือเพิ่มเนื้อที่ในกระเพาะอาหารของเราทำให้รู้สึกอิ่ม กลูโคแมนแนนใช้ในการรักษาโรคอ้วนอย่างรุนแรงทั้งในเด็กและในผู้ใหญ่ (กลูโคแมนแนน/บุก, 2548: ระบบออนไลน์) กลูโคแมนแนนจากบุกมีพลังงานต่ำ จึงใช้เป็นอาหารของผู้ต้องการลดความอ้วน และยังมีประโยชน์ในการช่วยบำบัดรักษา และบรรเทาอาการของโรคบางชนิดด้วย เช่น โรคไขมันในเลือดสูง น้ำตาลในเลือด

สูง และไขข้ออักเสบ เป็นต้น นอกจากประโยชน์ทางด้านอาหารและยาแล้ว กลูโคแมนแนนจากบุกยังถูกนำไปใช้ผลิตโลชั่นบำรุงผิว และยาเม็ดชนิด (พืชสมุนไพรเศรษฐกิจ, 2548: ระบบออนไลน์) หัวบุกมีแป้งประมาณร้อยละ 67 มีโปรตีนร้อยละ 5-6 สารแป้งที่อยู่ในหัวบุกเรียกว่า แมนแนน (Mannan) เมื่อสารนี้ถูกทำให้แตกตัว จะได้กลูโคสกับแมนโนส หรือที่เรียกกันว่า กลูโคแมนแนน (Glucomannan) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคสในระบบทางเดินอาหาร และยังช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล และน้ำตาลในเลือด(Bongkokhealth, 2548: ระบบออนไลน์)

สารกลูโคแมนแนน ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกลูโคส และแมนโนส เมื่อสกัดแยกออกมาเป็นผงแห้งจะมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย เมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องปกติจะดูดน้ำพองตัวได้ถึง 200 เท่า (สารบริสุทธิ์) กลายเป็นวุ้นใยอาหารธรรมชาติ มีคุณประโยชน์ ต่อสุขภาพ คือ

1.เป็นวุ้นที่ให้พลังงานต่ำ หรือไม่ให้พลังงานเลยถ้าเป็นสารสกัดที่บริสุทธิ์เหมาะที่จะใช้เป็นอาหาร เสริมสำหรับผู้ป่วยบางประเภท

2.คงทนต่อน้ำย่อยในกระเพาะ และคงสภาพได้นาน 36 - 48 ชั่วโมง เหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มมีอาการ ของโรคกระเพาะที่มักจะเกิดปัญหาเมื่อรับ ประทานอาหารผิดเวลา

3.การรับประทานผงวุ้นก่อนมื้ออาหารปรกติประมาณครึ่งชั่วโมง การพองตัวของวุ้นจะช่วยให้รับประทานอาหารน้อยลงอิ่มทนนานเหมาะสำหรับ เป็นอาหารลดความอ้วน

4.วุ้นใยอาหารจากบุกสามารถจะดูดซับไขมัน และน้ำตาลส่วนเกินจากอาหาร และจะเคลือบผนัง กระเพาะหรือลำไส้ลดการดูดขับไขมันและน้ำตาล เข้าสู่กระแสโลหิต จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรค ความดันโลหิตสูง เบาหวาน น้ำตาล และไขมันในเลือดสูง

5.ช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น (หลังรับประทานผงวุ้นบุกต้องดื่มน้ำให้มาก บุก 3 กรัม ควรดื่มน้ำตาม 2 - 3 แก้ว) เพราะจะเป็นเมือกวุ้นห่อหุ้มอาหาร

6.ช่วยขับถ่ายของเสีย หรือสารพิษที่ตกค้างในระบบทางเดินอาหารออกจากร่างกาย (กรมส่งเสริมการเษตร, 2548: ระบบออนไลน์)

คุณสมบัติทางชีวภาพและเภสัชวิทยา

ลดและควบคุมน้ำหนัก: แป้งบุกมีผลในการลดและควบคุมน้ำหนักในสัตว์ทดลอง

ลดโคเลสเตอรอล: จากการทดลองให้แป้งบุกชนิดที่ถูก hydrolysed และ ชนิดที่ไม่ถูก hydrolysed ในสัตว์ทดลอง พบว่าแป้งบุกชนิดที่ยังไม่ถูก hydrolysed เท่านั้นที่สามารถลดระดับโคเลสเตอรอลได้ คาดว่ากลูโคแมนแนนมีบทบาทในการควบคุมระดับโคเลสเตอรอบในเลือด

กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน: อนุพันธ์ของกลูโคแมนแนนกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในหลอดทดลอง

ผลทางคลินิก

ลดและควบคุมน้ำหนัก: ทำการศึกษาในหญิงที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานตั้งแต่ 20% ขึ้นไป จำนวน 20 คน โดยให้รับประทานยาหลอกหรือกลูโคแมน 2 แคปซูลๆ ละ 500 มิลลิกรัม ก่อนอาหาร 1 ชั่วโมง ทุกมื้อ นาน 8 สัปดาห์ พบว่าแป้งบุกมีผลลดและควบคุมน้ำหนัก

ลดน้ำตาลในเลือด: มีการศึกษาผลการลดน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวาน คนปกติ และคนอ้วน พบว่ากลไกการออกฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของแป้งบุก ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด คาดว่าอาจเนื่องมาจากความหนืดของเส้นใยอาหารโดยกลูโคแมนแนนมีความหนืดสูงกว่า guar gum และเพคติน จึงสามารถชะลอการดูดซึมของกลูโคส และยับยั้งการเพิ่มระดับกลูโคสในเลือดหลังอาหารได้

ลดโคเลสเตอรอล: เมื่อให้กลูโคแมนแนนขนาด 3 กรัม/วัน นาน 30 วัน แก่ผู้ป่วยที่มีประวัติโคเลสเตอรอลสูงในครอบครัว พบว่าระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง และให้แก่ผู้ป่วยที่มีระดับโคเลสเตอรอบในเลือดสูงเป็นครั้งคราว พบว่าระดับโคเลสเตอรอบรวมในเลือดลดลง

ประโยชน์ทางการแพทย์ : ใช้ควบคุมน้ำหนัก มีการนำแป้งบุกมาใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเพื่อช่วยให้ผิวหนังชุ่มชื้น (คู่มือสมุนไพร, 2543)

2.6 **คาราจีแนน** (Carrageenan) (นิธิยา, 2539)

คาราจีแนนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสาหร่ายทะเลสีแดงคุณลักษณะเป็น Polysaccharides ซึ่งมีคุณสมบัติในการรวมตัวกันแบบร่างแหให้เกิดเจลได้ในอุณหภูมิห้อง

คาราจีแนนมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ Kappa-carrageenan และ Lamda-carrageenan โดย Kappa-carrageenan จะให้เจลที่แข็ง lota-carrageenan จะให้เจลที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และ Lamda-carrageenan ที่แตกต่างจากคาราจีแนนสองประเภทแรกตรงที่ไม่ทำให้เกิดเจลในน้ำ

คาราจีแนนทั้งสามชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตส ที่ถูกเอสเตอริไฟด์ด้วยกรดซัลฟูริคที่ตำแหน่งและระดับต่างๆกัน

แคปป้า-คาราจีแนนเป็นกาแลคโตส-4-ซัลเฟต ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1-3 และต่อกับ 3, 6-anhydro-D-galactose ด้วยพันธะ 1-4 ในโมเลกุลของ 3, 6- anhydro-D-galactose คาร์บอน

ตำแหน่งที่ 2 จะถูกเอสเตอริไฟด์ด้วยซัลเฟตประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ และบางส่วนของพันธะ 1-4 อาจเป็น การแลคโตส-6-ซัลเฟต แทน 3, 6- anhydro-D-galactose

แคปป้า-คาราจีแนน มีความไวต่อโปแตสเซียม และสามารถตกตะกอนแยกออกมาจากคาราจีแนนชนิดอื่นๆได้โดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์

โครงสร้างของแลมด้า-คาราจีแนน ประกอบด้วยกาแลคโตส-2-ซัลเฟต ต่อกันด้วยพันธะ 1-3 และต่อกับการแลคโตส-2,6-ไดซัลไฟด์ ด้วยพันธะ 1-4 บางครั้งที่พันธะ 1-3 อาจต่อกับกาแลคโตสก็ได้ แลมด้า-คาราจีแนน ไม่ไวต่อโปแตสเซียม

ไอโอต้า-คาราจีแนนเป็นชนิดที่มีความไวต่อแคลเซียม สกัดได้จาก Echeuma spinosum ในโมเลกุลประกอบด้วย กาแลคโตส-4-ซัลเฟต ต่อกันด้วยพันธะ 1-3 และมี 3, 6- anhydro-D-galactose-2-sulfate มาต่อด้วยพันธะ 1-4 และบางครั้งที่พันธะ 1-4 อาจมีหมู่ซัลเฟตอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ก็ได้

สมบัติของคาราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโลเมกุลเป็นสำคัญ และยังแตกต่างกันในแต่ละชนิดของคาราจีแนนด้วย ทำให้มีสมบัติเด่นในการเกิดปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้สามารถนำคาราจีแนนไปใช้ในผลิตภัณฑ์นมได้

คาราจีแนนละลายได้ดีและมีความคงตัวสูงที่พีเอชสูงกว่า 7 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลงโดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในภาวะที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูงปนอยู่ในสายละลายด้วย ทั้งแคปป้า และแลมด้า-คาราจีแนน จะยังละลายได้ดีเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอ แต่ไอโอต้า- จะละลายหรือกระจายตัวได้น้อยกว่าสองชนิดแรก คาราจีแนนแต่ละชนิดมีสมบัติในการเกิดเจลแตกต่างกัน สำหรับ แคปป้า และไอโอต้า- คาราจีแนน จะเกิดเจลแบบ Thermo reversible โดยมีกลไกการเกิดเป็น Double – helix carrageenan polymers

แคปป้า และไอโอต้า – คาราจีแนน ไม่ละลายในน้ำเย็น (ยกเว้นที่เป็นเกลือโซเดียม) แต่จะละลายสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คาราจีแนนที่อยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น Random coil เมื่อทำให้เย็นลงจะเกิดตาข่ายโพลีเมอร์ 3 มิติ แต่ละสายของโพลีเมอร์จะรวมตัวกันเข้ามาใกล้กันและเกิด Junction point เมื่อปล่อยให้เย็นลงอีกจะมีการเกาะตัวกันของ Junction point มากขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจล แคปป้า-คาราจีแนนจะเกิดเจลที่เปราะและแตกง่าย และมี Syneresis เกิดขึ้น ส่วนไอโอต้า-คาราจีแนน จะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น และไม่เกิด Syneresis สำหรับแลมด้า-คาราจีแนน ละลายได้ในน้ำเย็นและมีสมบัติไม่เกิดเป็นเจล

การเติมโลหะอิอออนจะมีผลต่อการเกิดเจล เช่น แคปป้า-คาราจีแนน เมื่อเติมโปแตสเซียมอิอออนจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น แต่ถ้าเติมแคลเซียมอิอออนจะเกิดเจลที่มีเนื้อแข็งทำให้เกิดรูปทรงได้ง่าย ซึ่งตรงข้ามกับไอโอต้า-คาราจีแนน เมื่อเติมแคลเซียมอิอออนจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น

การผสมคาราจีแนนชนิดแคปป้า กับ ไอดอต้า เข้าด้วยกันจะทำให้มีสมบัติในการเกิดเจลได้ดีขึ้น เจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและเกิด Syneresis น้อยลง ในทางการค้าได้ผสมคาราจีแนนทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้มีสมบัติในการทำหน้าที่เป็น Gelling agent ดีขึ้น และนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด เช่น Dessert gels Whipped topping และ Fluid milk products

2.7 น้ำตาล (นิธิยา, 2539)

1. โมโนแซคคาไรด์

เป็นน้ำตาลโมเลกุลเชิงเดี่ยว และเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดเล็กที่สุด ไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ให้เล็กลงได้อีก สำหรับน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบมากที่สุดในอาหาร จะเป็นพวกน้ำตาลเพนโตสและเฮกโซส ที่สำคัญ ได้แก่ อะราบิโนส กลูโคส ฟรุคโตส และกาแลคโตส

น้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลที่พบได้ทั่วไปในรูปอิสระโดยเฉพาะส่วนต่างๆของพืช เช่น ผลไม้สุก ดอกไม้ ใบไม้ และรากพืช และเป็นน้ำตาลที่สำคัญในเลือดคนด้วย น้ำตาลกลูโคสยังเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไดแซคคาไรด์ โอลิโกแซคคาไรด์ และโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ เช่น มอลโตส ซูโครส แลคโตส แรฟฟิโนส เดกซ์ตริน สตาร์ช เซลลูโลส และกลัยโคเจน

น้ำตาลฟรุคโตส หรือลีวูโลส (Levulose) เป็นน้ำตาลคีโตสชนิดเดียวที่มีความสำคัญมากในอาหาร ในธรรมชาติพบน้ำตาลฟรุคโตสได้ในผัก ผลไม้ ธัญพืช น้ำผึ้ง และได้จากการไฮโดรไลซิสน้ำตาลซูโครสและอินูลิน (Inulin) น้ำตาลฟรุคโตสมีทั้ง D- และ L-form แต่ D-form เท่านั้นที่สามารถถูกเมตาบอไลซ์ในร่างกาย สารละลายน้ำตาลฟรุคโตสในน้ำจะคงตัวอยู่ใน 4รูป คือ α-furano β-furano α-pyrano และ β-pyrano ในสัดส่วน 9 :31: 3: 57 ตามลำดับ

2. ไดแซคคาไรด์

เป็นน้ำตาลที่ในโมเลกุลประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ 2 โมเลกุล ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกันก็ได้ เช่น น้ำตาลซูโครส ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส

น้ำตาลซูโครส หรือ น้ำตาลแซคคาโรส (Saccharose) เป็นน้ำตาลที่พบอยู่ทั่วๆไปในพืช มีปริมาณตั้งแต่ 0.1-25 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอ้อยและบีท (Beets) มีน้ำตาลซูโครสมากที่สุด ซึ่งใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลในโรงงานอุตสาหกรรม น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่ไม่สามารถรีดิวซ์สารละลาย Fehling ได้และไม่เกิด Mutarotation เมื่ออยู่ในรูปสารละลาย น้ำตาลซูโครสมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลฟรุคโตส จึงนิยมใช้น้ำตาลอินเวิร์ท (น้ำตาลฟรุคโตส) ในการทำผลิตภัณฑ์ลูกอมและลูกกวาด และเติมในผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ ที่ต้องการ รสหวาน

ความหวานของน้ำตาลทุกชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความหวานของน้ำตาลซูโครสเป็น 100 น้ำตาลอื่นๆ จะมีความหวานแตกต่างไป แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับความหวานของน้ำตาลบางชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส

น้ำตาล	ความหวาน
น้ำตาลฟรุคโตส	170
น้ำตาลอินเวิร์ต	130
น้ำตาลซูโครส	100
น้ำตาลกลูโคส	75
น้ำตาลมอลโตส	30
น้ำตาลแลคโตส	30
น้ำตาลแลคโตส	15

ที่มา : นิธิยา (2539)

บทบาทและหน้าที่ของน้ำตาลในอาหาร (สันทนา, 2534)

น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ซึ่งคาร์โบไฮเดรตมีบทบาทหลายอย่างในอาหาร ได้แก่ เป็นแหล่งพลังงาน ให้ความหวาน ให้เนื้อสัมผัสเฉพาะ โดยเป็น Thickening agent และทำให้เกิด Gel และ Paste นอกจากนี้ยังเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดกลิ่นและสีอีกด้วย

สำหรับหน้าที่ของโมโนแซคคาไรด์และโอลิดกแซคคาไรด์ในอาหารมีดังนี้

1. Hydrophilicity

เนื่องจากเป็น Polyhydroxy compound จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดี ทำให้น้ำตาลสามารถดูดซับน้ำได้ดี แต่จะสามารถดูดซับได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลและความบริสุทธิ์ของสารละลาย พบว่า Corn syrup สามารถดูดความชื้นได้ดีกว่าน้ำตาลบริสุทธิ์

2. *Binding of flavor*

น้ำตาลมีบทบาทสำคัญในการรักษาสีและ Volatile flavor component ในกระบวนการที่มีการระเหยน้ำออก พวกโอลิโกแซคคาไรด์ โดยเฉพาะเดกซ์ตริน สามารถจัดโครงสร้างเป็นวง ดักจับ Flavorant และสารโมเลกุลเล็กๆ ได้ดีกว่าโมโนแซคคาไรด์

3. ***เป็นสารตั้งต้นของสารสีน้ำตาลและกลิ่น***

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เกิดได้ 2 แบบ คือ Caramelization และ Reaction with amino compound ผลของปฏิกิริยาทั้งสองทำให้เกิดสารสีน้ำตาลและกลิ่น

4. ***สารให้ความหวาน***

พวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ มักเป็นสารที่มีรสหวาน

ตัวอย่างบทบาทของน้ำตาลในการทำขนมปัง ได้แก่

- ให้ความหวาน
- เป็น Fermentable substrate สำหรับยีสต์แล้วผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์
- ให้สีเหลืองทองแก่ผิวขนมปัง
- ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบ
- ให้กลิ่นเฉพาะตัว
- เพิ่มอายุการเก็บรักษาโดยช่วยรักษาความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ทำให้ขนมปังนุ่ม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- ขิงหยวก (จ. พะเยา)
- น้ำตาลฟรุกโตส (โอ.วี. เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย)
- น้ำตาลซูโครส
- คาราจีแนน (โอ.วี. เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย)
- บุก (โอ.วี. เคมิเคิล แอนด์ ซัพพลาย)
- กรดซิตริก

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler : Model ,Switzerland)
- หม้อสเตนเลส
- ทัพพี
- ผ้ากรอง
- แก้วพลาสติกสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์
- เทอร์โมมิเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. **วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ**
    - เครื่องวัดสี (Hunter Lab Colorimeter, ColorQuest XE)

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Universal Testing Machine, Bourne, 2000)

2. **วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี**
   - อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
   - เครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw-box,Novasina)
   - ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
   - เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter,Hana)
3. **วิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส**
   - ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
   - แบบสอบถาม (รายละเอียดในภาคผนวก)

3.3 สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH)
- ฟีนอฟทาลีน (Phenolphthalein: $C_{20}H_{14}O_4$,)

3.4 เครื่องประมวลผลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix version 4.1
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7.0 professional
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica

3.5 ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมขิง

ควบคุมขิงหยวกโดยซื้อจากแหล่งปลูกเดียวกัน ปลูกในคราวเดียวกัน และมีอายุประมาณ 9 เดือน เตรียมขิงโดยนำมาล้างน้ำให้สะอาด และซอยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2.5 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปอบจนกระทั่งขิงมีน้ำหนักคงที่ หรือมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5 โดยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 8 – 10 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเริ่มต้นและตำแหน่งของขิงภายในตู้อบ บรรจุผลิตภัณฑ์ขิงอบแห้งที่ได้ในถุงพลาสติก แล้วนำไปเก็บไว้ในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กระบวนการผลิตพื้นฐานของเยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

<u>ส่วนประกอบ</u>

น้ำขิง	70 %
น้ำตาลฟรุกโตส	20 %
น้ำตาลซูโครส	10 %
คาราจีแนน	0.1 %
บุก	0.1 %
กรดซิตริก	0.1 %

<u>ขั้นตอนการผลิตเยลลี่ขิงพร้อมดื่ม</u>

นำขิงอบแห้งกับน้ำต้มจนเดือดแล้วพักให้อุ่น นำมากรอง ผสมผงบุกและคาราจีแนนกับน้ำตาล ในอัตราส่วน 1 ใน 3 ของน้ำตาลทั้งหมด เติมลงในน้ำขิงอุ่นและคนจนละลาย พักไว้ 5 นาที แล้วจึงเติมน้ำตาลส่วนที่เหลือ และนำไปต้มจนมีอุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 นาที เติมกรดซิตริก และบรรจุขณะร้อน

ขั้นตอนการวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจเค้าโครงของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ก่อนทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ก่อน เพื่อทราบแนวทางในการพัฒนาที่ถูกต้อง ว่ามีลักษณะใดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและต้องการให้พัฒนาไปในทิศทางใด โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่แล้วในตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างอ้างอิง ใช้ผู้ทดสอบชิม 9 คน หาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2536) ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยใช้สเกลเส้นตรงแบบ Horizontal line scale และให้ผู้ทดสอบเป็นคนกำหนดลักษณะต่างๆ ด้วยตนเอง ซึ่งลักษณะที่ใช้ในการทดสอบแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ ลักษณะปรากฏภายนอก ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และการยอมรับโดยรวม จากนั้นให้ผู้ทดสอบชิมทำเครื่องหมายลงบนสเกลในตำแหน่งที่เห็นว่าเป็นความรุนแรงหรือความเข้มข้นของลักษณะนั้นที่เหมาะสมที่สุด ของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal) และทำอีกเครื่องหมายในตำแหน่งที่ผู้บริโภคเห็นว่าเป็นลักษณะความรุนแรงหรือความเข้มข้นจริงของตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงในการทดสอบ หาค่าสัดส่วนของระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสองเพื่อเป็นข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาในการทดลองต่อไปตามแบบการทดสอบของวิธี Ideal ratio profile ซึ่งถ้าค่าสัดส่วนของลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าตัวอย่างมีลักษณะนั้นตามที่ผู้บริโภคต้องการจึงไม่ต้องทำการพัฒนาต่อไป แต่ถ้าค่าสัดส่วนมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 หมายความว่าต้องพัฒนาให้ลักษณะนั้นมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงตามลำดับเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด และจะถือเอาเค้าโครงที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตลอดการวิจัย

ตอนที่ 2 การศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิงที่เหมาะสม

ศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิงที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้ม วางแผนการทดลองแบบ Factorial experimental design โดยผันแปรเป็น 5 ระดับ คือ ที่ระดับต่ำสุด ($-\alpha$) ระดับสูงสุด ($+\alpha$) และระดับ –1 0 และ 1 โดยปริมาณขิงที่ใช้ที่ระดับ $-\alpha$ $+\alpha$ -1 0 และ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1 6 1.73 3.5 และ 5.27 ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการต้ม คือ 3 7 3.59 5 และ 6.41 นาที ตามลำดับ คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- **คุณภาพทางเคมี**
  - ปริมาณกรด (Titratable acidity as citric acid, AOAC 2000)

- **คุณภาพทางกายภาพ**
  - สี (Hunter Lab colorimeter, ColorQuest XE)
  - ค่าแรงกด (Universal Testing Machine, Bourne, 2000)

- **คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

ได้แก่ ลักษณะปรากฏภายนอก เช่น ความเข้มของสีเหลือง ความใส ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวม ซึ่งทั้งนี้ใช้แบบทดสอบ Ideal ratio technique (ไพโรจน์, 2536)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statistix version 7 เพื่อคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยผันแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครสต่อฟรุกโตส เป็น 90:10 70:30 50:50 30:70 และ 10:90 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับตอนที่ 2 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครสต่อฟรุกโตสที่เหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 4 การศึกษาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสม

เนื่องจากปริมาณน้ำตาลและกรดมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนนี้จึงเป็นการศึกษาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสม โดยมีการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับตอนที่ 2 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสมที่สุด โดยปริมาณน้ำตาลระดับต่ำสุดเป็น ร้อยละ 10 ระดับสูงสุดเป็นร้อยละ 30 ระดับ –1 เป็นร้อยละ 12.93 ระดับ 0 เป็นร้อยละ 20 และระดับ 1

เป็นร้อยละ 27.07 ส่วนปริมาณกรดซิตริกระดับต่ำสุดเป็น ร้อยละ 0.05 ระดับสูงสุดเป็นร้อยละ 0.15 ระดับ –1 เป็นร้อยละ 0.065 ระดับ 0 เป็นร้อยละ 0.1 และระดับ 1 เป็นร้อยละ 0.135

ตอนที่ 5 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ โดยเปรียบเทียบปริมาณบุกและคาราจีแนน โดยผันแปรปริมาณบุกระดับต่ำสุดเป็นร้อยละ 0 ระดับสูงสุดเป็นร้อยละ 0.1 ระดับ –1 เป็นร้อยละ 0.015 ระดับ 0 เป็นร้อยละ 0.05 และระดับ 1 เป็นร้อยละ 0.085 และปริมาณคาราจีแนนระดับต่ำสุดเป็น ร้อยละ 0.1 ระดับสูงสุดเป็นร้อยละ 0.2 ระดับ –1 เป็นร้อยละ 0.115 ระดับ 0 เป็นร้อยละ 0.15 และระดับ 1 เป็นร้อยละ 0.185 โดยมีการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับตอนที่ 2 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาอัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ทำการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้ Ideal Ratio Profile เพื่อหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 9 คน สามารถคัดเลือกลักษณะสำคัญของตัวอย่าง ที่ผู้ทดสอบให้ความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มได้ 9 ลักษณะ ได้แก่ ความเข้มของสีเหลือง ความใส ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว และรสขม มีค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean score) และค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม

ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ทดสอบชิมที่มีความเห็นตรงกัน	คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างในอุดมคติ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
ความเข้มของสีเหลือง	9	6.19 ± 1.26	7.03 ± 1.95	0.94 ± 0.27
ความใส	9	5.75 ± 1.69	6.95 ± 2.00	0.84 ± 1.60
ความหนืด	9	6.25 ± 2.35	4.78 ± 1.90	1.37 ± 0.31
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	6	7.36 ± 1.91	7.61 ± 1.56	0.96 ± 0.09
กลิ่นขิง	9	6.05 ± 1.80	6.96 ± 1.23	0.87 ± 0.21
รสเผ็ด	9	6.46 ± 1.51	5.71 ± 2.21	1.38 ± 0.81
รสหวาน	9	6.70 ± 1.26	6.25 ± 1.31	1.12 ± 0.31
รสเปรี้ยว	7	3.81 ± 1.32	2.62 ± 1.10	1.59 ± 0.59
รสขม	5	2.91 ± 1.96	1.13 ± 0.77	2.60 ± 0.42

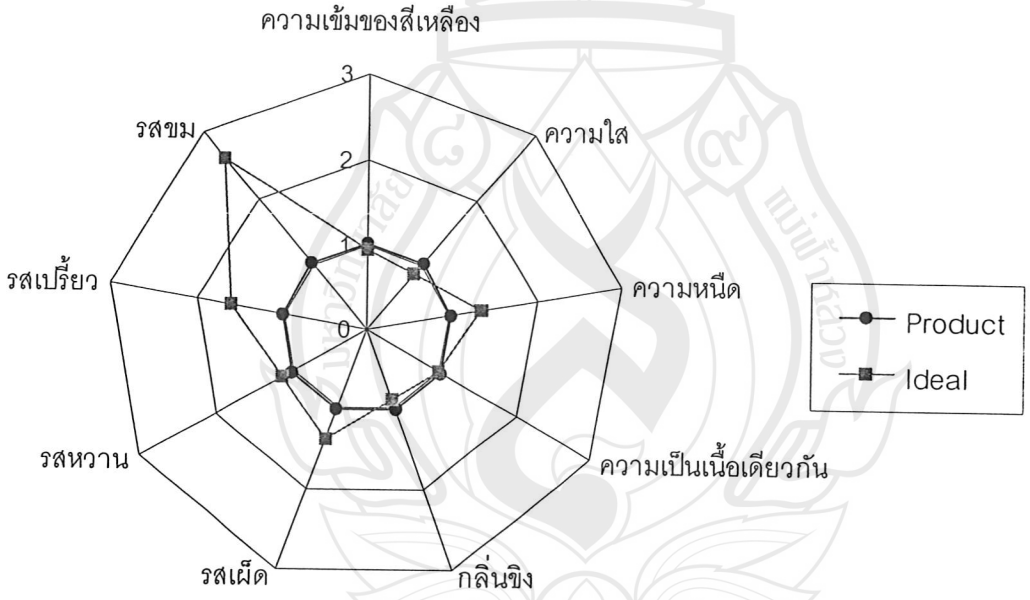
หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าคะแนนการยอมรับของตัวอย่างและค่าคะแนนในอุดมคติของแต่ละลักษณะที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย หรือ Mean ideal ratio score ดังตารางที่ 4.1 นำมาสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าในอุดมคติซึ่งมีค่าเป็น 1 ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังนี้

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีความเข้มตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงขึ้น



ภาพที่ 4.1 กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

จากกราฟเค้าโครงพบว่าลักษณะความหนืด รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว และรสขมของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีค่ามากกว่า 1 หมายความว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีลักษณะต่างๆ ข้างต้นมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ จึงควรจะต้องพัฒนาเพื่อลดความเข้มลงจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 ส่วนความเข้มของสีเหลือง ความใส ความเป็นเนื้อเดียวกัน และกลิ่นขิงมีค่าน้อยกว่า 1

จึงควรเพิ่มความเข้มให้มากขึ้น และกราฟเค้าโครงนี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

4.2 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิงที่เหมาะสม

การทดลองนี้เป็นการศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิง เพื่อให้ได้น้ำขิงที่มีความเข้มข้นเหมาะสม เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำขิงเป็นปัจจัยที่มีโอกาสมีผลกระทบต่อคุณภาพสีเหลือง กลิ่นขิง รสเผ็ด และรสขมของผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยที่ศึกษาในขั้นตอนนี้ คือ ปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้ม วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) ซึ่งค่า α คำนวณได้ดังนี้

$$\alpha = 2^{(k-p)/4}$$

เมื่อ α = Length of star Point

k = 2 (Number of factor)

P = 0 (Fractionalization element)

ดังนั้น $\alpha = 2^{(2-0)/4}$

$= 1.414$

ค่า α ที่ได้จะนำมากำหนดระดับปัจจัยโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ระดับสูงสุดได้แก่ $+\alpha$ หรือ +1.414 และระดับต่ำสุดคือ $-\alpha$ หรือ –1.414 จากนั้นคำนวณระดับการใช้ที่ระดับ –1 และ +1 จากสูตร

(+1/-1) = จุดกึ่งกลาง (ระดับ 0) $\pm$ <u>ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางถึงจุดสูงสุด ($+\alpha$) หรือจุดต่ำสุด ($-\alpha$)</u>

α

ตัวอย่างเช่น เมื่อ จุดสูงสุดของปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 6

จุดต่ำสุดของปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 1

จุดกึ่งกลางของปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 3.5

ระดับ +1 คำนวณได้จาก $3.5 + \left(\frac{2.5}{1.414}\right) = 5.27$

ระดับ –1 คำนวณได้จาก $3.5 - \left(\frac{2.5}{1.414}\right) = 1.73$

ดังนั้นระดับปัจจัยปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้ม เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้มที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
ปริมาณขิง (ร้อยละ)	1.00	1.73	3.50	5.27	6.00
เวลาต้ม (นาที)	3.00	3.59	5.00	6.41	7.00

มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2.1 4.2.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2.1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม

ปริมาณขิง (ร้อยละ)	เวลาต้ม (นาที)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ความเข้มของสีเหลือง	ความใส	ความหนืด	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นขิง
1	5	0.38 ± 0.34	0.92 ± 0.32	1.70 ± 0.65	0.95 ± 0.09	0.53 ± 0.35
1.73	3.59	0.51 ± 0.30	1.01 ± 0.25	1.36 ± 0.63	0.95 ± 0.06	0.56 ± 0.37
1.73	6.41	0.63 ± 0.30	1.01 ± 0.26	2.42 ± 2.21	0.92 ± 0.09	0.59 ± 0.40
3.5	3	0.74 ± 0.33	0.80 ± 0.31	2.39 ± 1.66	0.87 ± 0.15	0.68 ± 0.38
3.5	5	0.91±0.26	0.76 ± 0.21	4.09 ± 2.96	0.87 ± 0.20	0.80 ± 0.36
3.5	5	0.74 ± 0.24	0.79 ± 0.28	2.26 ± 2.24	0.94 ± 0.11	0.71 ± 0.22
3.5	5	0.89 ± 0.17	0.81 ± 0.18	2.99 ± 1.91	0.89 ± 0.15	0.76 ± 0.32
3.5	7	0.90 ± 0.22	0.88 ± 0.11	3.26 ± 1.24	0.86 ± 0.23	0.86 ± 0.26
5.27	3.59	1.05 ± 0.20	0.67 ± 0.29	4.32 ± 1.60	0.83 ± 0.19	0.95 ± 0.41
5.27	6.41	1.05 ± 0.29	0.73 ± 0.18	3.85 ± 0.98	0.82 ± 0.18	0.78 ± 0.29
6	5	1.06 ± 0.19	0.65 ± 0.30	4.92 ± 1.81	0.83 ± 0.27	0.68 ± 0.35

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูล ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2.2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม

ปริมาณขิง (ร้อยละ)	เวลาต้ม (นาที)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		รสเผ็ด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสขม	ความชอบโดยรวม
1	5	0.49 ± 0.33	1.10 ± 0.36	1.24 ± 0.93	0.41 ± 0.40	0.29 ± 0.28
1.73	3.59	0.58 ± 0.31	1.11 ± 0.31	1.34 ± 0.81	0.76 ± 0.74	0.41 ± 0.19
1.73	6.41	0.72 ± 0.46	1.08 ± 0.36	1.19 ± 0.61	0.55 ± 0.37	0.50 ± 0.26
3.5	3	0.94 ± 0.43	1.03 ± 0.33	1.00 ± 0.59	0.84 ± 0.39	0.39 ± 0.30
3.5	5	1.09 ± 0.48	1.07 ± 0.33	0.89 ± 0.91	1.14 ± 1.01	0.31 ± 0.22
3.5	5	0.70 ± 0.25	1.10 ± 0.23	0.85 ± 0.50	1.05±1.29	0.48 ± 0.25
3.5	5	1.05 ± 0.44	1.06 ± 0.36	0.97 ± 0.66	1.18 ± 1.05	0.32 ± 0.15
3.5	7	1.05 ± 0.43	1.05 ± 0.39	0.78 ± 0.44	1.70 ± 1.81	0.45 ± 0.22
5.27	3.59	1.14 ± 0.44	1.03 ± 0.39	1.22 ± 0.56	1.83 ± 1.56	0.23 ± 0.22
5.27	6.41	1.18 ± 0.34	0.93 ± 0.37	1.11 ± 0.52	1.78 ± 1.72	0.37 ± 0.22
6	5	1.08 ± 0.31	0.96 ± 0.29	1.00 ± 0.53	2.14 ± 1.90	0.34 ± 0.23

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณขิงและเวลาต้ม

ปริมาณขิง (ร้อยละ)	เวลาต้ม (นาที)	คุณภาพทางกายภาพ				คุณภาพทางเคมี
		L* (ความสว่าง)	a* (สีเขียว)	b* (สีแดง)	แรงกด (N)	ปริมาณกรด (ร้อยละ)
1	5	95.46 ± 0.21	0.19 ± 0.01	5.17 ± 0.12	0.05 ± 0.01	0.14 ± 0.00
1.73	3.59	95.35 ± 0.16	0.06 ± 0.02	7.24 ± 0.13	0.23 ± 0.02	0.11 ± 0.02
1.73	6.41	95.41 ± 0.23	0.02 ± 0.02	7.62 ± 0.13	0.13 ± 0.02	0.11 ± 0.01
3.5	3	94.99 ± 0.09	0.10 ± 0.02	9.12 ± 0.11	0.21 ± 0.02	0.10 ± 0.01
3.5	5	93.91 ± 0.13	0.35 ± 0.06	10.63 ± 0.20	0.30 ± 0.02	0.09 ± 0.00
3.5	5	94.02 ± 0.19	0.10 ± 0.03	11.76 ± 0.06	0.24 ± 0.01	0.11 ± 0.01
3.5	5	93.73 ± 0.20	0.25 ± 0.05	11.76 ± 0.15	0.25 ± 0.03	0.11 ± 0.00
3.5	7	92.59 ± 0.49	0.11 ± 0.05	14.63 ± 0.28	0.25 ± 0.01	0.11 ± 0.00
5.27	3.59	91.61 ± 0.61	0.36 ± 0.08	16.26 ± 0.26	0.31 ± 0.02	0.10 ± 0.00
5.27	6.41	90.34 ± 1.07	0.68 ± 0.22	17.26 ± 0.41	0.28 ± 0.01	0.10 ± 0.01
6	5	92.05 ± 0.36	0.38 ± 0.04	16.10 ± 0.25	0.28 ± 0.02	0.10 ± 0.01

ตารางที่ 4.2.1 และ 4.2.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio technique พบว่า ความเข้มของกลิ่นขิงมีค่าอยู่ในช่วง 0.53-0.95 และเมื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาต้มต่อคะแนนความเข้มของกลิ่นขิงพบว่าค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของสมการต่อผลที่ได้ว่าเหมาะสม (fit) กันหรือไม่ มีค่าน้อยกว่า 0.80 คือมีค่าเท่ากับ 0.47 ซึ่งหมายความว่าสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กับผลน้อยเกินกว่าจะใช้อธิบายผลอย่างถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามสามารถบอกได้ว่ากลิ่นขิงจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณขิงดังสมการ

กลิ่นขิง = 0.72+0.1(ปริมาณขิง)

R^2 = 0.47

สำหรับความเข้มของสีเหลือง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-1.06 รสเผ็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.49-1.18 และรสขมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.41-2.14 โดยปริมาณขิงที่ระดับสูงขึ้นจะทำให้คะแนนความเข้มของสีเหลือง รสเผ็ด และรสขมเพิ่มขึ้น ส่วนความใสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65-1.01 ซึ่งปริมาณขิงที่ระดับสูงขึ้นจะทำให้ความใสลดลง และได้กราฟแสดงเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ทุกสูตรดังภาพที่ 4.2

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่าค่าสี L* (ความสว่าง) a* (สีเขียว) และ b* (สีเหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง 90.34-95.46 0.02-0.68 และ 5.17-16.10 ตามลำดับ โดยค่าสี b* มากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณขิงและเวลาต้ม ส่วนค่าแรงกด (Compression force) มีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.31

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าระหว่างร้อยละ 0.09-0.14

จากค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่างๆที่วัดได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายตัว (ได้แก่ ปริมาณขิงและเวลาต้ม) กับตัวแปรตาม (ได้แก่ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆ) โดยเลือกตัวแปรอิสระทั้งสองเข้ามาในโมเดลของสมการ แต่การสร้างสมการด้วย Stepwise regression จะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ตัวแปรอิสระใดที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออก เพื่อให้ได้สมการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยโปรแกรม Statistix version 7 พบว่าปริมาณขิงและเวลาต้ม มีผลต่อคุณภาพต่างๆ ดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ความเข้มของสีเหลือง = 0.81+0.24(ปริมาณขิง) $R^2 = 0.89$

รสขม = 1.22+0.59(ปริมาณขิง) $R^2 = 0.86$

ความใส = 0.82-0.13(ปริมาณขิง) $R^2 = 0.83$

ความหนืด = 2.96+1.29(ปริมาณขิง) $R^2 = 0.81$

คุณภาพด้านกายภาพ

b* = 11.59+4.27(ปริมาณขิง)+1.15(เวลาต้ม) $R^2 = 0.94$

สมการเหล่านี้เป็นสมการที่ถูกใส่รหัสในขั้นตอนการวิเคราะห์สมการถดถอยและยังไม่ได้มีการถอดรหัส (Codded equation) ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำสมการไปใช้ในการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณขิงและเวลาต้มที่ระดับต่างๆ จึงต้องมีการถอดรหัส (Decoding) โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัส ที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded variables) มาแก้สมการซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$$

ได้สมการถอดรหัส (Decoded equation) ดังสมการในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมการถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาต้มต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

สมการถดถอย	R^2
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
ความเข้มของสีเหลือง = 0.474+0.096(ปริมาณขิง)	0.89
รสขม = 0.394+0.236(ปริมาณขิง)	0.86
ความใส = 1.002-0.052(ปริมาณขิง)	0.83
ความหนืด = 1.154+0.516(ปริมาณขิง)	0.81
คุณภาพด้านกายภาพ	
b* = 2.737+1.708(ปริมาณขิง)+0.575(เวลาต้ม)	0.94

จากสมการถอดรหัสของคุณภาพด้านประสาทสัมผัส สามารถนำมาวิเคราะห์ระดับปริมาณขิงที่เหมาะสมได้ โดยลักษณะคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่ต้องการคือค่าใกล้เคียงอุดมคติหรือใกล้เคียง 1 มากที่สุด จากสมการเมื่อคำนวณด้วยโปรแกรม Mathcad 7.0 Professional พบว่า ระดับขิงที่ใช้ที่ทำให้ค่าคะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลือง รสขม ความใส และความหนืดเท่ากับ 1 คือ ปริมาณขิงร้อยละ 5.48 2.57 0.04 และ –0.30 ตามลำดับ ความใสได้รับคะแนนความชอบใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดเมื่อปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 0.04 ซึ่งแสดงว่า เมื่อปริมาณขิงมากขึ้นคะแนนความชอบด้านความใสลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความขุ่นที่เกิดจากการรบกวนของอนุภาคแขวนลอยที่เจือปนอยู่ในน้ำขิงสกัด สำหรับความหนืดพบว่า ระดับที่ทำให้ค่าคะแนนการยอมรับด้านความหนืดมีค่าใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือ –0.30 หรือเป็นระดับที่ไม่มีการใช้ขิงเลย แต่ทั้งนี้คะแนนการยอมรับด้านความหนืดอาจได้รับผลโดยตรงจากระดับไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในสูตรมาตรฐาน ซึ่งมีปริมาณมากเกินไป ซึ่งจะได้ศึกษาระดับที่เหมาะสมยิ่งขึ้นในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่เหมาะสมทุกๆด้าน จึงต้องหาค่าเฉลี่ยของปริมาณขิงที่เหมาะสมต่อทั้งลักษณะความเข้มของสีเหลือง รสขม และความใส นั่นคือปริมาณขิงร้อยละ 2.695

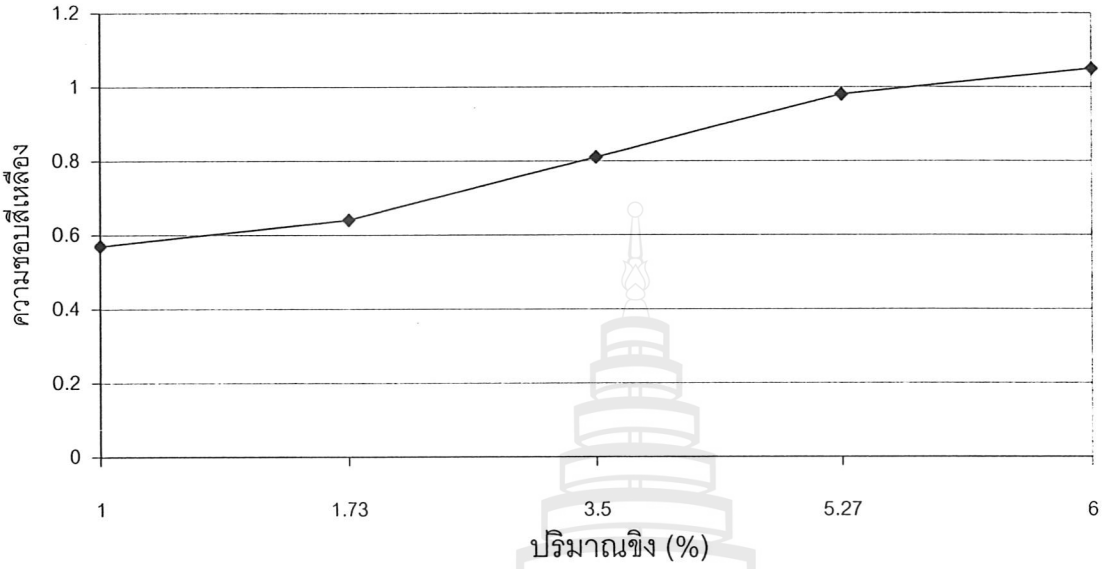
นอกจากนี้ปริมาณขิงและเวลาต้มยังมีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี b* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความเข้มของสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณขิงและเวลาต้มที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าค่า b* เท่ากับ 10.626 เป็นค่าที่ทำให้คะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลืองใกล้เคียง 1 มากที่สุด (ตารางที่ 4.2.1 และ 4.3) ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้าน ค่าสี b* ที่เหมาะสม จึงใช้สมการความสัมพันธ์ของค่าสี b* ต่อปริมาณขิงและเวลาต้ม เมื่อ b* มีค่าเท่ากับ 10.626 และปริมาณขิงมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.695 ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า b* ของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มเมื่อปริมาณขิงเท่ากับร้อยละ 2.695 และผันแปรเวลาต้ม

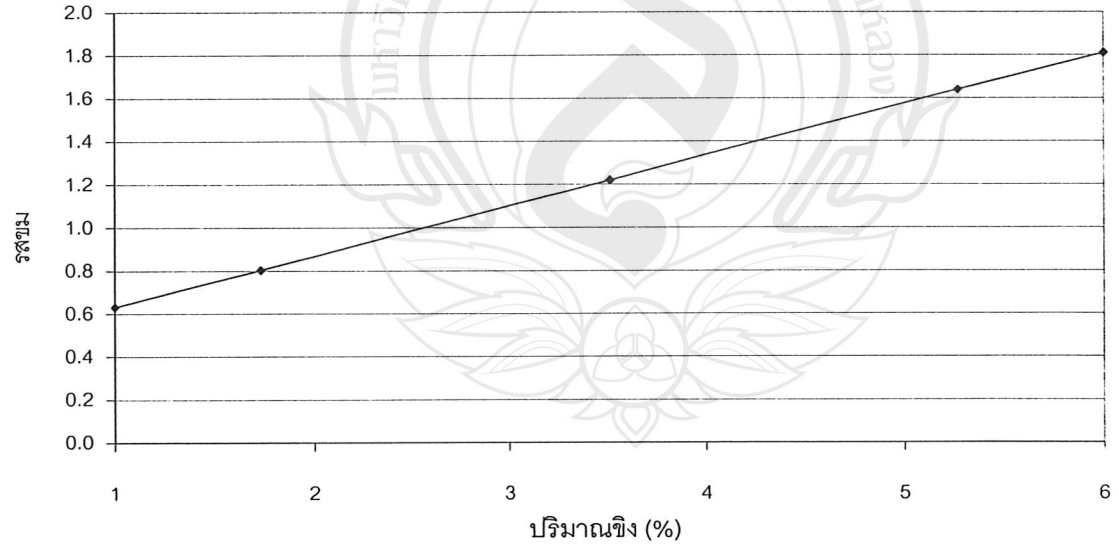
ปริมาณขิง (ร้อยละ)	เวลาต้ม (นาที)	ค่า b*
2.695	0.871	7.841
2.695	1	7.915
2.695	2	8.490
2.695	3	9.065
2.695	4	9.640
2.695	5	10.215
2.695	6	10.790
2.695	7	11.365

ตารางที่ 4.5 แสดงว่า ระดับเวลาต้มที่เหมาะสมที่ระดับขิงปริมาณร้อยละ 2.695 ได้แก่ เวลาต้ม 5 นาที ซึ่งจะเป็นระดับที่มีค่า b* เท่ากับ 10.215 โดยเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ b* ระดับที่ทำให้คะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลืองใกล้เคียง 1 มากที่สุด สำหรับภาพที่ 4.7 แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาในการต้มต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b*

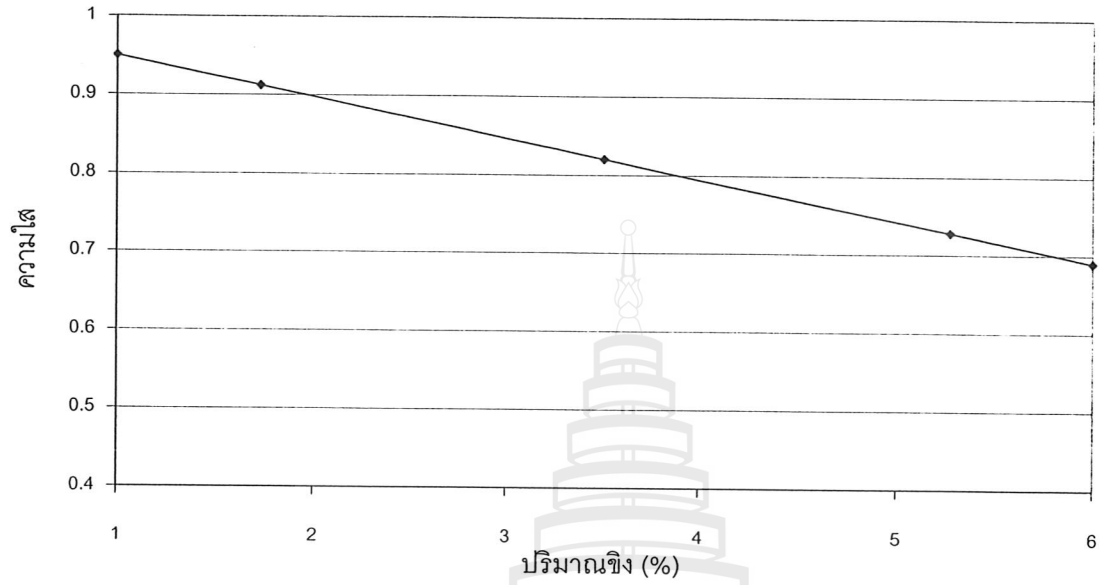
นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติยังแสดงให้เห็นว่า ปริมาณขิงมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความเข้มของสีเหลือง รสขม ความใส และความหนืด ตามสมการข้างต้น สามารถนำมาสร้างกราฟแสดงแนวโน้มของของความสัมพันธ์ดังกล่าว ดังนี้



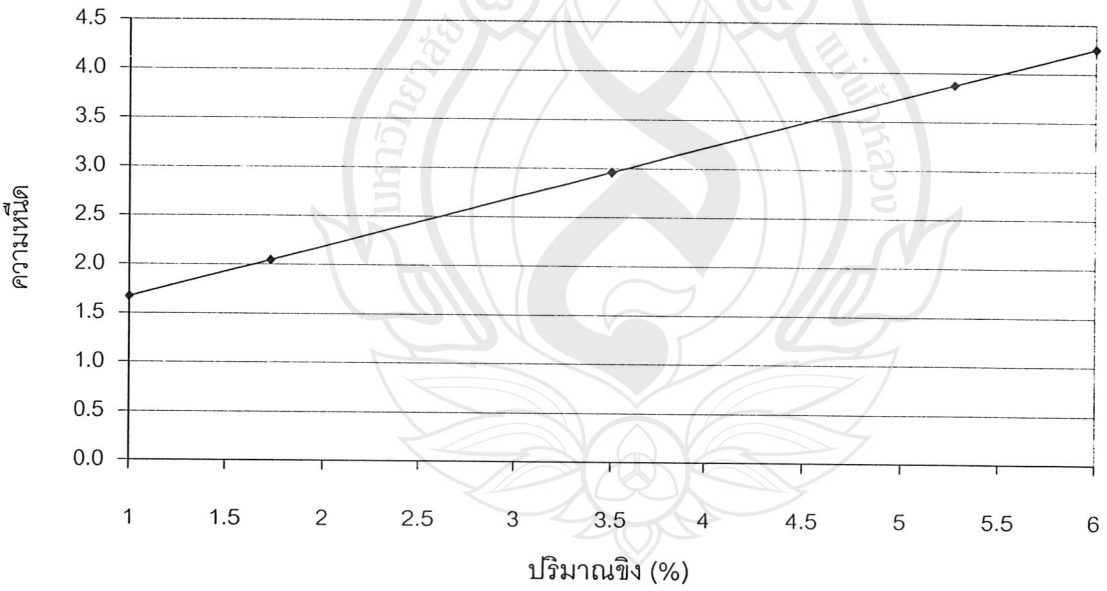
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความเข้มของสีเหลือง



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อรสขม



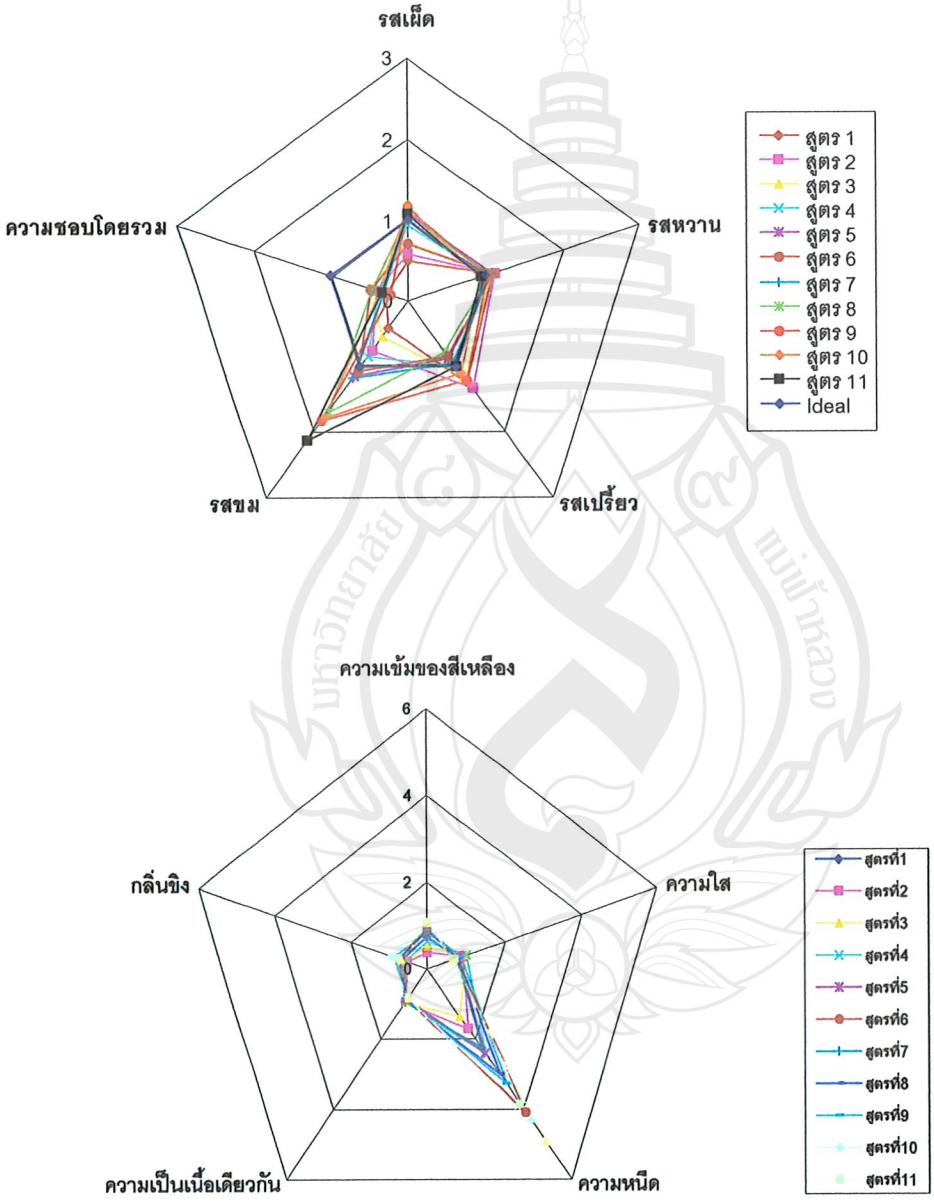
ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความใส



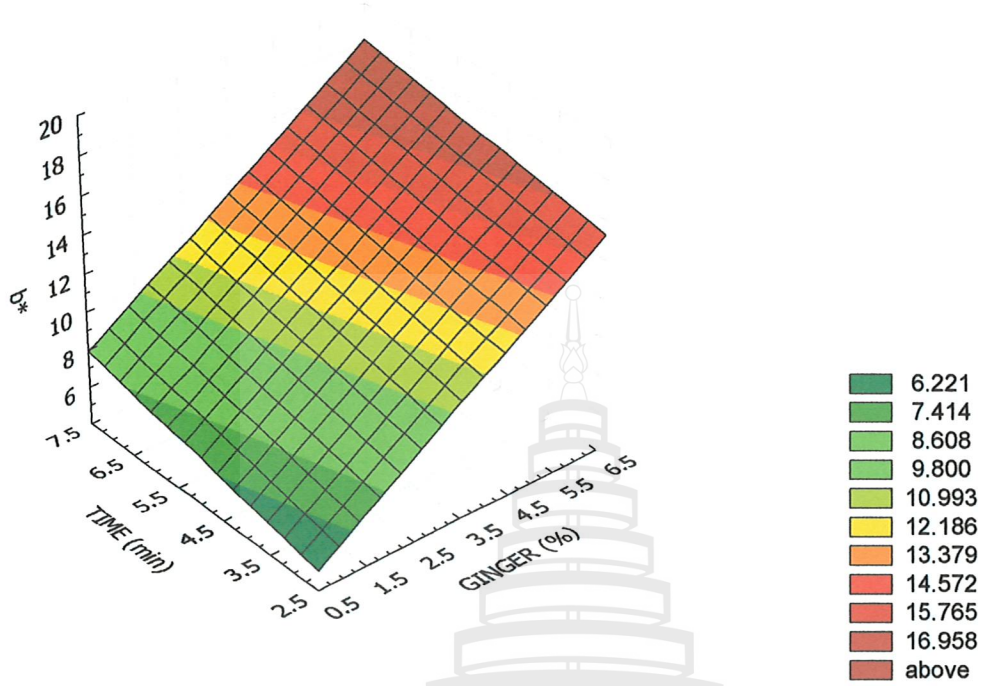
ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงต่อความหนืด

ภาพที่ 4.2 4.3 และ 4.5 แสดงว่าเมื่อปริมาณขิงเพิ่มมากขึ้น ค่าสัดส่วนของความเข้มสีเหลือง รสขม และความหนืดจะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อปริมาณขิงอยู่ที่ระดับ 2.695 จะทำให้ค่าสัดส่วนความชอบเฉลี่ยดังกล่าวมีค่าเป็น 0.733 1.03 และ 0.862 ตามลำดับ สำหรับภาพ

ที่ 4.4 แสดงว่าเมื่อปริมาณขิงเพิ่มมากขึ้น ความชอบด้านความใสของผลิตภัณฑ์กลับมีค่าลดลง ซึ่งจากการสังเกตพบว่า ผลิตภัณฑ์ยังมีความข่นมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการแม้ว่าจะใช้ปริมาณขิงระดับต่ำที่สุด และเมื่อปริมาณขิงอยู่ที่ระดับ 2.695 ความชอบด้านความใสของผลิตภัณฑ์มีค่าเป็น 0.862 และภาพที่ 4.6 แสดงกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรระดับปริมาณขิงและเวลาต้ม



ภาพที่ 4.6 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรระดับปริมาณขิงและเวลาต้ม



ภาพที่ 4.7 แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขิงและเวลาในการต้มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (ค่าสีเหลือง)

4.3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส

เนื่องจากน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตสมีผลต่อคุณภาพทางด้านความใสและลักษณะเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลทั้งสองชนิด

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส เป็น 90:10 70:30 50:50 30:70 และ 10:90 และกำหนดให้ปริมาณรวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดเท่ากับร้อยละ 30 ของส่วนประกอบทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6.1 4.6.2 และ 4.7

ตารางที่ 4.6.1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส

ซูโครส (ร้อยละ)	ฟรุกโตส (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ความเข้มของสีเหลือง	ความใส	ความหนืด	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นขิง
90	10	0.66 ± 0.27	0.90 ± 0.17	2.71 ± 2.14	0.92 ± 0.13	0.66 ± 0.33
70	30	0.79 ± 0.22	0.83 ± 0.19	2.57 ± 1.74	0.92 ± 0.15	0.69 ± 0.34
50	50	0.83 ± 0.29	0.85 ± 0.21	1.94 ± 1.50	0.88 ± 0.15	0.80 ± 0.30
30	70	0.95 ± 0.23	0.86 ± 0.19	1.87 ± 1.28	0.94 ± 0.11	0.87 ± 0.31
10	90	0.87 ± 0.27	0.88 ± 0.15	1.33 ± 1.41	0.92 ± 0.14	0.85 ± 0.31

ตารางที่ 4.6.2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส

ซูโครส (ร้อยละ)	ฟรุกโตส (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		รสเผ็ด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสขม	ความชอบโดยรวม
90	10	0.65 ± 0.35	1.18 ± 0.23	0.78 ± 0.41	0.75 ± 0.59	0.45 ± 0.19
70	30	0.72 ± 0.37	1.12 ± 0.14	0.79 ± 0.38	0.57 ± 0.43	0.51± 0.20
50	50	0.74 ± 0.34	1.12 ± 0.24	0.97± 0.62	0.73 ± 0.57	0.52 ±0.23
30	70	0.93 ± 0.36	1.05 ± 0.27	0.96 ± 0.50	1.21 ± 1.14	0.41 ± 0.22
10	90	0.88 ± 0.42	0.96 ± 0.27	1.04 ± 0.67	1.12 ± 0.91	0.39± 0.19

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส

ซูโครส (ร้อยละ)	ฟรุกโตส (ร้อยละ)	คุณภาพทางกายภาพ				คุณภาพทางเคมี
		L* (ความสว่าง)	a* (สีเขียว)	b* (สีแดง)	แรงกด (N)	ปริมาณกรด (ร้อยละ)
90	10	94.96 ± 0.19	0.07 ± 0.04	8.30 ± 0.04	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.01
70	30	94.57 ± 0.15	0.04 ± 0.02	9.40 ± 0.32	0.15 ± 0.02	0.05 ± 0.01
50	50	94.48 ± 0.09	-0.07 ± 0.07	9.85 ± 0.45	0.12 ± 0.02	0.07 ± 0.01
30	70	94.70 ± 0.22	-0.08 ± 0.05	11.08 ± 0.10	0.12 ± 0.02	0.06 ± 0.01
10	90	94.34 ± 0.21	-0.15 ± 0.03	10.27 ± 0.65	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.01

ตารางที่ 4.6.1 และตารางที่ 4.6.2 แสดงผลของการผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลือง ความใส ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม มีค่าอยู่ในช่วง 0.66-0.95 0.83-0.90 1.33-2.71 0.88-0.94 0.66-0.87 0.65-0.93 0.96-1.18 0.78-1.04 และ 0.57-1.21 ตามลำดับ ส่วนความชอบโดยรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39-0.52

ตารางที่ 4.7 แสดงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* และ b* มีค่าอยู่ในช่วง 94.34-94.70 -0.15-0.07 และ 8.30-11.08 ตามลำดับ ค่าแรงกด (Compression force) มีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.15 นิวตัน

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.08 นำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตสมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4.8

จากค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส นำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistix version 7 พบว่า ลักษณะความหนืด ความหวาน ความเปรี้ยว ความขม และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.06$) ดังตารางที่ 4.8

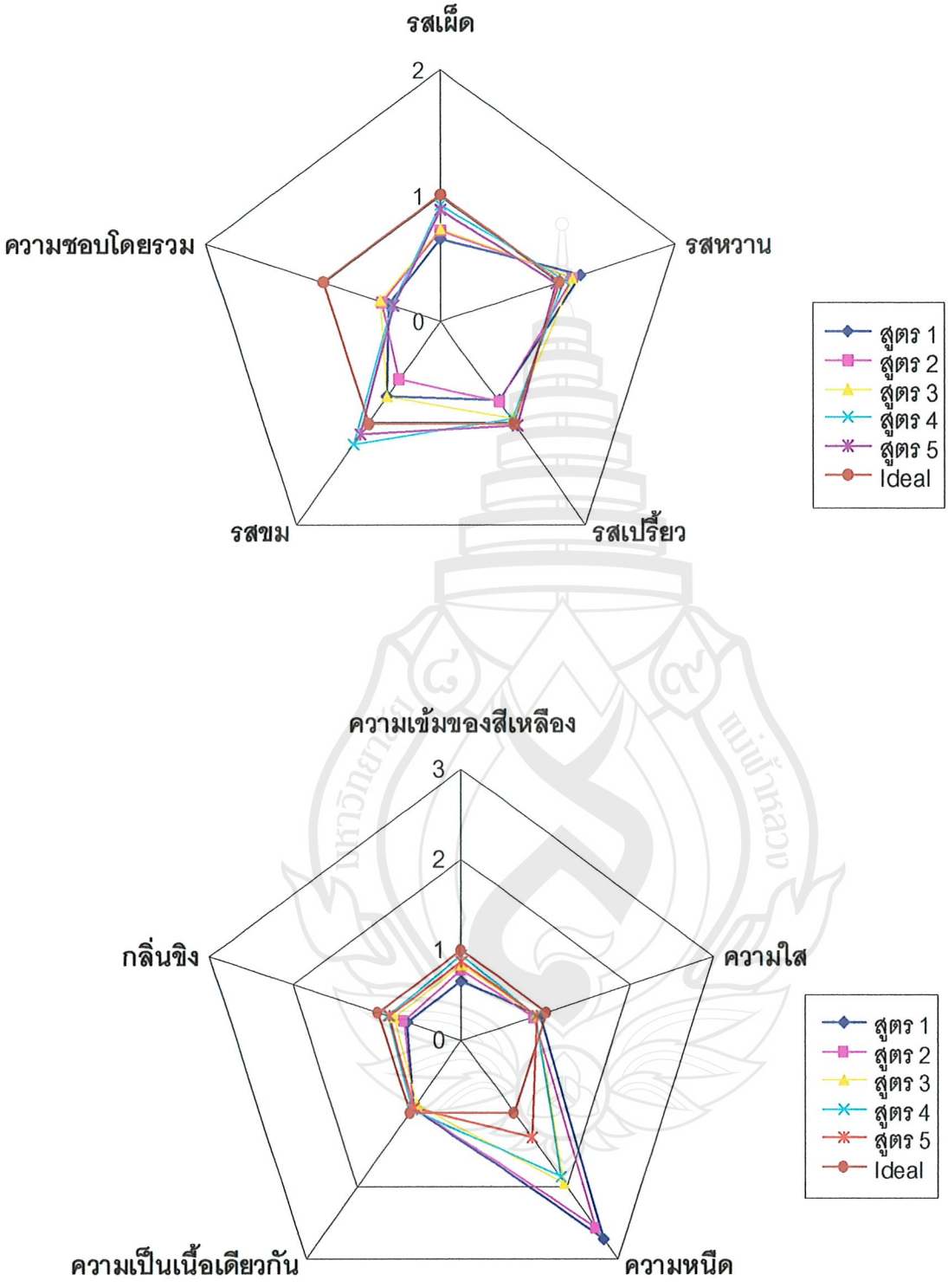
ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรตามอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส พบว่าเมื่อพิจารณาคุณภาพทาง ประสาทสัมผัส ด้านความหนืด อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 10:90 มีค่าคะแนนการยอมรับใกล้เคียง 1 มากที่สุด และความหนืดมีค่าสูงเกินกว่าที่ผู้บริโภคต้องการเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่ง และหากขนาดของโมเลกุลมีขนาดใหญ่จะมีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์ (สินธนา , 2534) ส่วนที่อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 30:70 และ 10:90 มีค่าคะแนนการยอมรับด้านรสหวานอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียง 1 มากที่สุด อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 50:50 30:70 และ 10:90 มีค่าคะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยวอยู่ในช่วงใกล้เคียง 1 มากที่สุด และอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 90:10 50:50 และ 10:90 มีค่าคะแนนการยอมรับด้านรสขมอยู่

ในช่วงใกล้เคียง 1 มากที่สุด ค่าคะแนนการยอมรับ ด้านความชอบโดยรวม ของอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 70:30 และ 50:50 มีค่าสูงที่สุด และเนื่องจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดและรสหวาน จะมีการศึกษาในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว รสขม และการยอมรับโดยรวม อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส ร้อยละ 50:50 จึงเป็น อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส

ซูโครส (ร้อยละ)	ฟรุกโตส (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ความหนืด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสขม	ความชอบโดยรวม
90	10	2.71 ± 2.14^{a}	1.18 ± 0.23^{a}	0.78 ± 0.41^{b}	0.75 ± 0.59^{bc}	0.45 ± 0.19^{ab}
70	30	2.57 ± 1.74^{ab}	1.12 ± 0.14^{ab}	0.79 ± 0.38^{b}	0.57 ± 0.43^{c}	0.51 ± 0.20^{a}
50	50	1.94 ± 1.50^{bc}	1.12 ± 0.24^{ab}	0.97 ± 0.62^{a}	0.73 ± 0.57^{bc}	0.52 ± 0.23^{a}
30	70	1.87 ± 1.28^{bc}	1.05 ± 0.27^{bc}	0.96 ± 0.50^{a}	1.21 ± 1.14^{a}	0.41 ± 0.22^{b}
10	90	1.33 ± 1.41^{c}	0.96 ± 0.27^{bc}	1.04 ± 0.67^{a}	1.12 ± 0.91^{ab}	0.39 ± 0.19^{b}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.06$



ภาพที่ 4.8 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส

4.4 การศึกษาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสม

ทั้งปริมาณการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดและปริมาณกรดซิตริก เป็นอีกปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและลักษณะการเกิดเจลของเยลลี่ (สินธนา, 2542) จึงต้องทำการศึกษาระดับการใช้ที่เหมาะสม

ใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกับ 4.2 คือ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) กำหนดระดับปัจจัยการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดและกรดซิตริกเป็น 5 ระดับคือ ที่ระดับต่ำสุด ($-\alpha$) ระดับสูงสุด ($+\alpha$) และระดับ –1 0 และ 1 เป็นดังตารางที่ 4.9 เมื่อค่า α มีค่าเป็น 1.414 เช่นกัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดและกรดซิตริกที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
น้ำตาล (ร้อยละ)	10.00	12.93	20.00	27.07	30.00
กรดซิตริก (ร้อยละ)	0.050	0.065	0.100	0.135	0.150

จากแผนการทดลองมีสิ่งทดลองเท่ากับ 11 สิ่งทดลอง และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.10.1 4.10.2 และ 4.11

ตารางที่ 4.10.1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก

น้ำตาล (ร้อยละ)	กรดซิตริก (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ความเข้มของสีเหลือง	ความใส	ความหนืด	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นขิง
12.93	0.135	0.87 ± 0.18	0.91 ± 0.20	1.91 ± 1.63	0.92 ± 0.15	0.77 ± 0.41
12.93	0.065	0.96 ± 0.17	0.93 ± 0.19	2.8 ± 1.27	0.97 ± 0.17	0.71 ± 0.31
27.07	0.135	0.92 ± 0.18	0.92 ± 0.17	1.89 ± 1.04	0.95 ± 0.09	0.91 ± 0.30
27.07	0.065	0.90 ± 0.19	0.92 ± 0.18	2.26 ± 1.57	0.94 ± 0.11	0.79 ± 0.34
20	0.1	0.80 ± 0.24	0.86 ± 0.19	1.56 ± 0.96	0.97 ± 0.12	0.69 ± 0.34
20	0.1	0.84 ± 0.18	0.92 ± 0.21	1.53 ± 1.15	0.95 ± 0.12	0.76 ± 0.21
20	0.1	0.94 ± 0.25	0.83 ± 0.26	2.76 ± 2.95	0.96 ± 0.11	0.85 ± 0.20
20	0.15	0.93 ± 0.23	0.85 ± 0.23	1.16 ± 0.81	0.95 ± 0.12	0.60 ± 0.29
20	0.05	0.91 ± 0.19	0.84 ± 0.22	2.17 ± 2.03	0.98 ± 0.17	0.84 ± 0.20
30	0.1	0.87 ± 0.24	0.9 ± 0.20	1.80 ± 0.76	0.98 ± 0.13	0.86 ± 0.21
10	0.1	0.98 ± 0.20	0.91 ± 0.17	2.43 ± 1.57	0.96 ± 0.13	0.74 ± 0.36

ตารางที่ 4.10.2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก

น้ำตาล (ร้อยละ)	กรดซิตริก (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		รสเผ็ด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสขม	ความชอบโดยรวม
12.93	0.135	0.70 ± 0.49	0.80 ± 0.27	1.37 ± 0.49	0.83 ± 0.43	0.27 ± 0.12
12.93	0.065	0.77 ± 0.19	0.67 ± 0.27	0.63 ± 0.48	0.78 ± 0.45	0.37 ± 0.15
27.07	0.135	0.97 ± 0.21	0.87 ± 0.27	1.14 ± 0.59	0.90 ± 0.49	0.59 ± 0.16
27.07	0.065	0.75 ± 0.34	0.98 ± 0.45	0.64 ± 0.53	0.67 ± 0.43	0.49 ± 0.15
20	0.1	0.85 ± 0.33	0.79 ± 0.25	1.30 ± 0.56	0.69 ± 0.33	0.51 ± 0.14
20	0.1	1.00 ±0.14	0.89 ± 0.34	1.27 ± 0.73	0.74 ± 0.35	0.60 ± 0.18
20	0.1	0.81 ± 0.33	0.83 ± 0.32	1.08 ± 0.45	0.88 ± 0.31	0.51 ± 0.13
20	0.15	0.73 ± 0.38	0.85 ± 0.29	1.75 ± 0.64	0.72 ± 0.39	0.42 ± 0.23
20	0.05	0.85 ± 0.31	1.07 ± 0.24	0.87 ± 1.05	0.83 ± 0.32	0.51 ± 0.22
30	0.1	1.08 ± 0.18	1.11 ± 0.22	1.07 ± 0.42	0.87 ± 0.67	0.55 ± 0.17
10	0.1	1.03 ± 0.35	0.60 ± 0.39	0.96 ± 0.67	0.89 ± 0.45	0.26 ± 0.13

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก

น้ำตาล (ร้อยละ)	กรดซิตริก (ร้อยละ)	คุณภาพทางกายภาพ				คุณภาพทางเคมี
		L* (ความสว่าง)	a* (สีเขียว)	b* (สีเหลือง)	แรงบด (N)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
12.93	0.135	86.27 ± 0.01	-1.05 ± 0.01	10.18 ± 0.06	0.16 ± 0.01	0.14 ± 0.02
12.93	0.065	89.80 ± 0.09	-0.71 ± 0.02	11.02 ± 0.04	0.20 ± 0.02	0.07 ± 0.01
27.07	0.135	88.19 ± 0.18	-0.75 ± 0.20	10.43 ± 0.25	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.02
27.07	0.065	89.38 ± 0.29	-0.84 ± 0.03	10.75 ± 0.04	0.10 ± 0.01	0.07 ± 0.01
20	0.1	88.09 ± 0.23	-0.79 ± 0.05	10.55 ± 0.16	0.14 ± 0.01	0.11 ± 0.01
20	0.1	89.14 ± 0.19	-0.69 ± 0.07	11.01 ± 0.12	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.02
20	0.1	87.60 ± 0.10	-0.61 ± 0.01	10.89 ± 0.05	0.13 ± 0.03	0.09 ± 0.02
20	0.15	87.84 ± 0.16	-0.52 ± 0.04	11.86 ± 0.03	0.09 ± 0.02	0.15 ± 0.01
20	0.05	88.56 ± 0.31	-0.77 ± 0.10	11.85 ± 0.21	0.14 ± 0.02	0.05 ± 0.01
30	0.1	86.27 ± 0.01	-1.05 ± 0.01	10.18 ± 0.06	0.12 ± 0.02	0.10 ± 0.01
10	0.1	88.93 ± 0.23	-0.50 ± 0.03	12.51 ± 0.11	0.19 ± 0.04	0.11 ± 0.01

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.10.1 และตารางที่ 4.10.2 แสดงผลของการผันแปรปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-0.98 โดยค่าที่มากสุดเป็นค่าที่ใกล้เคียง 1 มากที่สุด ส่วนที่ระดับอื่นๆ พบว่ามีความเข้มของสีเหลืองน้อยกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ ส่วนความใสมีค่าอยู่ในช่วง 0.83-0.93 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความใสน้อยกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ ความหนืดมีค่าอยู่ในช่วง 1.16-2.76 ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความหนืดมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.92-0.98 0.60-0.91 0.70-1.08 0.60-1.11 0.63-1.75 0.67-0.90 และ 0.26-0.60 ตามลำดับ นำผลดังกล่าวสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.11 แสดงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* และ b* มีค่าอยู่ในช่วง 86.27-89.80 -0.50 ถึง -1.05 และ 10.18-12.51 ตามลำดับ ค่าแรงกด หรือ Compression force มีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.20 นิวตัน

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.14

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติของคุณภาพด้านต่างๆ สร้างสมการถดถอยได้สมการความสัมพันธ์แบบที่ยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) ระหว่างปริมาณการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกต่อคุณภาพของตัวอย่างในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

รสเปรี้ยว = 1.21 + 0.31(ปริมาณกรดซิตริก) - 0.15(ปริมาณน้ำตาล)^2 $R^2 = 0.85$

ความชอบโดยรวม = 5.02 + 1.06 (ปริมาณน้ำตาล) – 0.58(ปริมาณน้ำตาล)^2 $R^2 = 0.80$

รสหวาน = 0.86 + 0.14(ปริมาณน้ำตาล) $R^2 = 0.64$

ความใส = 0.87 + 0.03(ปริมาณน้ำตาล)^2 $R^2 = 0.38$

คุณภาพด้านเคมี

ปริมาณกรดทั้งหมด = 0.10 + 0.03(ปริมาณกรดซิตริก) $R^2 = 0.96$

คุณภาพด้านกายภาพ

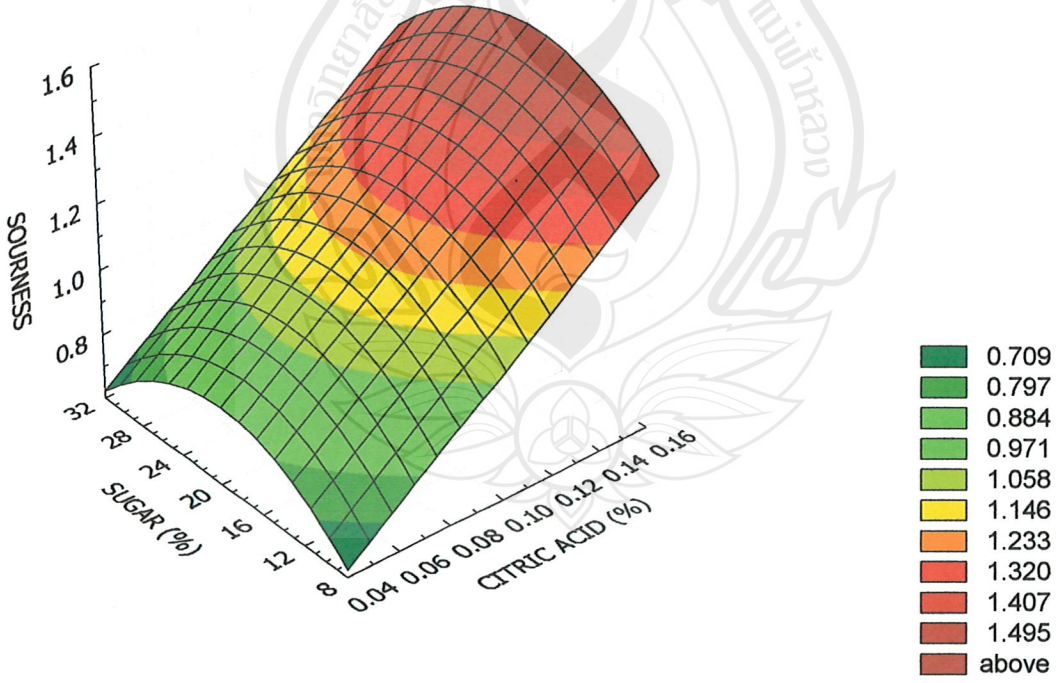
แรงกด = 0.14 – 0.03(ปริมาณน้ำตาล) $R^2 = 0.52$

สมการ Coded equation ทั้ง 6 สมการข้างต้นไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมดเพราะมีค่า R^2 ต่ำกว่าที่กำหนด (0.80) ซึ่งได้แก่ สมการความสัมพันธ์ของคุณภาพด้านรสหวาน ความใส และแรงกด จึงไม่นำทั้งสามสมการนี้ไปทำการถอดรหัสเพราะไม่สามารถทำนายความสัมพันธ์ได้อย่างเหมาะสม

เมื่อทำการถอดรหัสสมการได้ Decoded equation ที่สามารถนำไปทำนายระดับที่เหมาะสมของการใช้น้ำตาลและกรดซิตริก ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สมการถดถอยที่ได้จากการถอดรหัส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกต่อคุณภาพทางด้านเคมีและทางประสาทสัมผัส

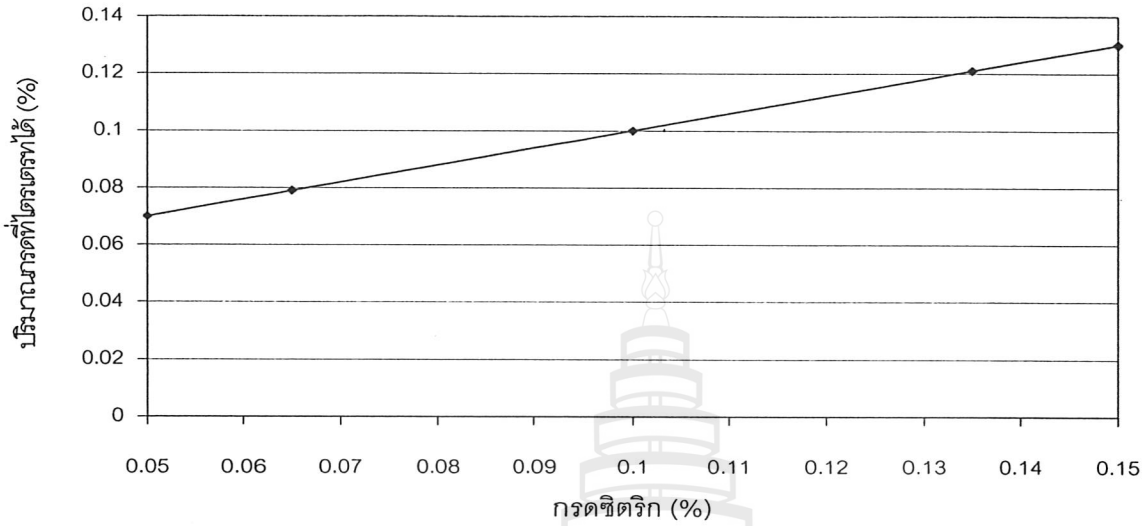
สมการถดถอย	R^2
คุณภาพด้านเคมี	
ปริมาณกรดทั้งหมด = 0.04 + 0.6(ปริมาณกรดซิตริก)	0.96
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
รสเปรี้ยว = -0.01 + 6.2(ปริมาณกรดซิตริก) – 0.0015(ปริมาณน้ำตาล)^2 + 0.06(ปริมาณน้ำตาล)	0.85
ความชอบโดยรวม = 0.58 + 0.338(ปริมาณน้ำตาล) – 0.0058(ปริมาณน้ำตาล)^2	0.80



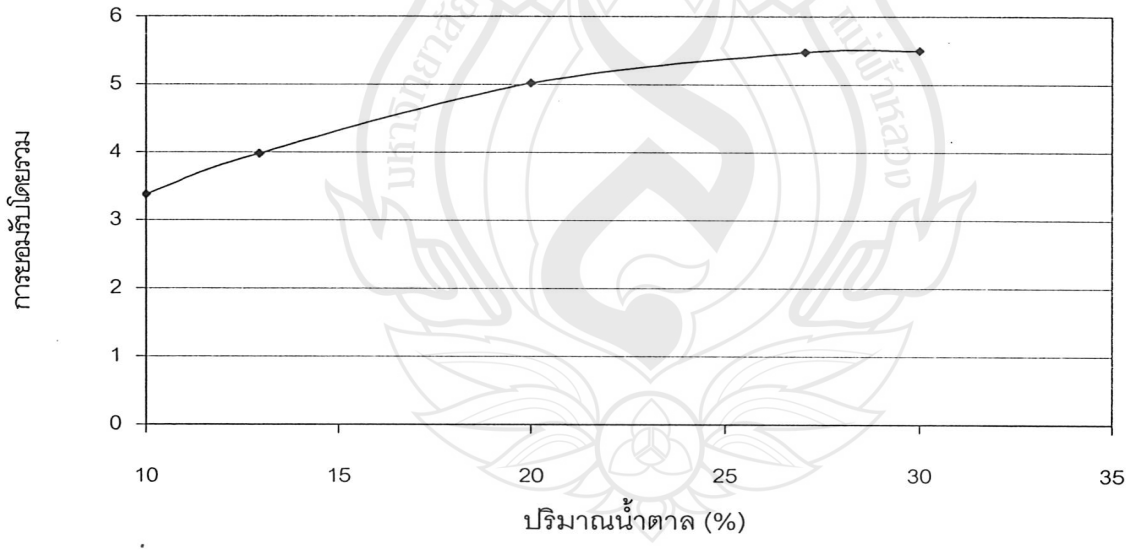
ภาพที่ 4.9 แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรด ซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ และปริมาณน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังสมการข้างต้น ภาพที่ 4.10 แสดงว่าเมื่อปริมาณกรดซิตริกเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อปริมาณขิงอยู่ที่ระดับร้อยละ 0.08 จะทำให้ปริมาณกรดมีค่าเป็นร้อยละ 0.088 ภาพที่ 4.11 แสดงว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณน้ำตาลสูงมากถึงจุดหนึ่งความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ผลิตภัณฑ์มีรสหวานมากเกินไป และความเปรี้ยวอาจลดน้อยลง ดังจะเห็นได้จากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของรสเปรี้ยวและรสหวานที่มีค่าลดลงและเพิ่มขึ้น ตามลำดับเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น

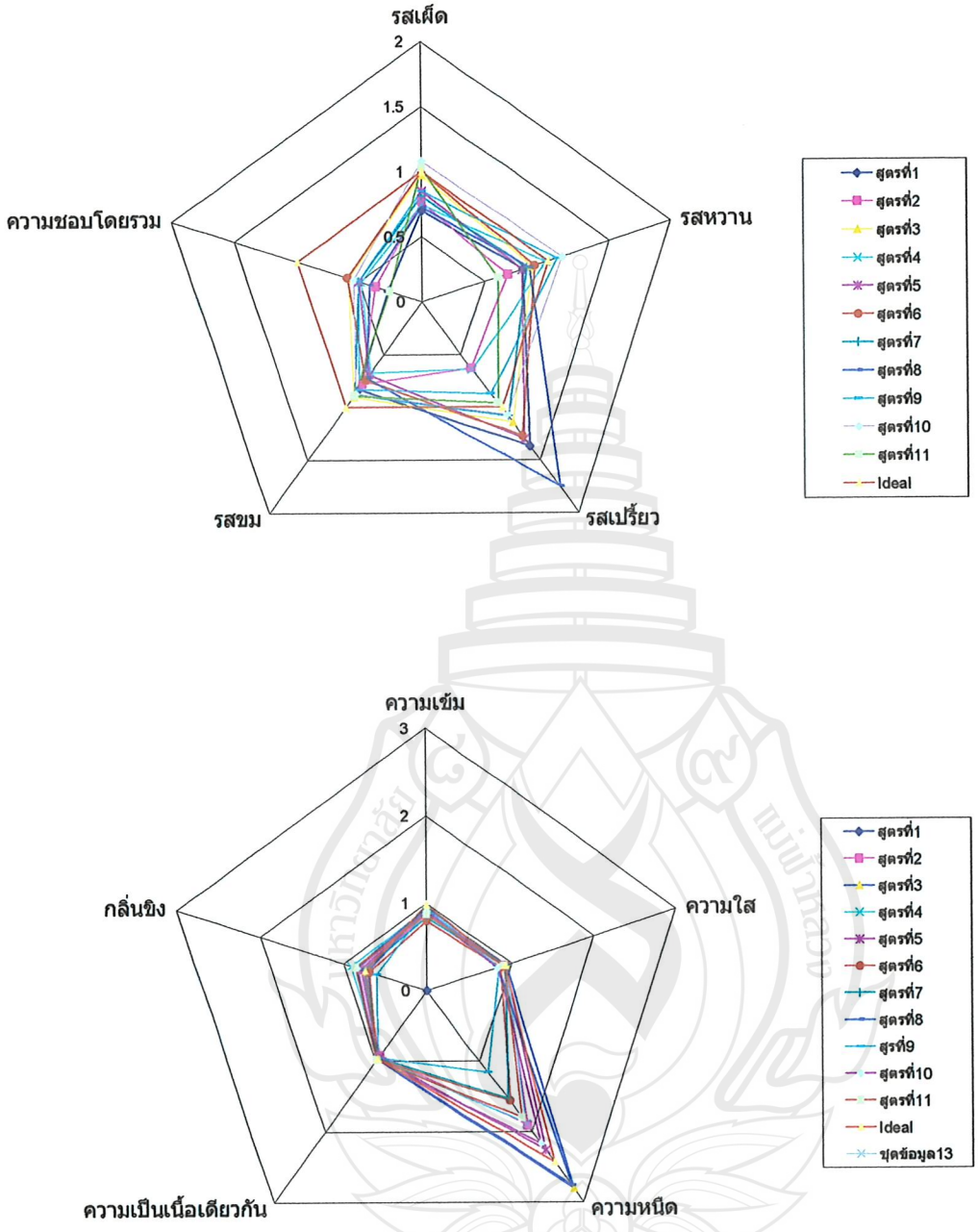
เมื่อนำสมการถดถอยมาสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง เพื่อหาระดับการใช้ปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกที่ทำให้ค่าการยอมรับด้านรสเปรี้ยวเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.9 พบว่าการยอมรับด้านรสเปรี้ยวมีค่าใกล้เคียงกับ 1 เมื่อใช้น้ำตาลที่ระดับร้อยละ 28 ขณะที่ระดับการใช้กรดซิตริกที่เหมาะสมคือระดับร้อยละ 0.08 และสามารถสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ที่มีการใช้ปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกต่อปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.12 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริก

4.5 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์หรือสารเพิ่มความหนืด (Thickener) ที่ใช้ได้แก่ บุกและคาราจีแนน เนื่องจากบุกและคาราจีแนนมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงต้องหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิด

โดยใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกับ 4.2 และ 4.4 คือ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) กำหนดระดับปัจจัยการใช้บุกและคาราจีแนนเป็น 5 ระดับคือ ที่ระดับต่ำสุด ($-\alpha$) ระดับสูงสุด ($+\alpha$) และระดับ –1, 0 และ 1 เป็นดังตารางที่ 4.13 เมื่อค่า α มีค่าเป็น 1.414 เช่นกัน

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการใช้บุกและคาราจีแนนที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
บุก (ร้อยละ)	0	0.015	0.05	0.085	0.100
คาราจีแนน (ร้อยละ)	0.100	0.115	0.150	0.185	0.200

จากแผนการทดลองมีสิ่งทดลองเท่ากับ 11 สิ่งทดลอง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และทางเคมี ได้ผลดังตารางที่ 4.14.1 4.14.2 และ 4.15

ตารางที่ 4.14.1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน

บุก (ร้อยละ)	คาราจีแนน (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ความเข้มของสีเหลือง	ความใส	ความหนืด	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นขิง
0.015	0.185	0.95 ± 0.21	1.00 ± 0.20	2.64 ± 2.62	0.81 ± 0.38	0.80 ± 0.20
0.085	0.185	0.90 ± 0.25	1.00 ± 0.23	4.73 ± 2.30	0.94 ± 0.22	0.77 ± 0.31
0.015	0.115	0.87 ± 0.18	0.95 ± 0.25	1.11 ± 1.20	0.81 ± 0.37	0.74 ± 0.18
0.085	0.115	0.90 ± 0.20	0.94 ± 0.19	2.71 ± 1.80	0.87 ± 0.35	0.81 ± 0.27
0.05	0.15	0.88 ± 0.20	0.97 ± 0.20	3.03 ± 2.09	0.92 ± 0.34	0.85 ± 0.19
0.05	0.15	0.96 ± 0.17	1.03 ± 0.24	3.13 ± 2.59	1.01 ± 0.04	0.78 ± 0.22
0.05	0.15	0.82 ± 0.26	0.97 ± 0.19	2.72 ± 2.23	1.03 ± 0.11	0.77 ± 0.34
0.05	0.2	0.88 ± 0.23	0.94 ± 0.18	5.72 ± 2.05	1.04 ± 0.08	0.69 ± 0.25
0.05	0.1	0.86 ± 0.31	0.95 ± 0.25	0.99 ± 0.66	0.98 ± 0.05	0.89 ± 0.11
0.1	0.15	0.92 ± 0.25	0.97 ± 0.21	5.26 ± 2.20	1.06 ± 0.11	0.78 ± 0.26
0	0.15	0.85 ± 0.25	0.93 ± 0.25	0.42 ± 0.30	0.94 ± 0.10	0.96 ± 0.33

ตารางที่ 4.14.2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน

บุก (ร้อยละ)	คาราจีแนน (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		รสเผ็ด	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสขม	ความชอบโดยรวม
0.015	0.185	0.94 ± 0.33	0.91 ± 0.13	0.79 ± 0.51	0.71 ± 0.52	0.52 ± 0.18
0.085	0.185	0.78 ± 0.40	0.95 ± 0.23	0.72 ± 0.43	0.60 ± 0.41	0.44 ± 0.18
0.015	0.115	0.90 ± 0.37	1.02 ± 0.21	0.73 ± 0.53	0.84 ± 0.56	0.43 ± 0.17
0.085	0.115	0.89 ± 0.41	0.99 ± 0.17	0.89 ± 0.66	0.64 ± 0.40	0.51 ± 0.17
0.05	0.15	0.86 ± 0.36	0.92 ± 0.14	0.87 ± 0.61	0.55 ± 0.32	0.61 ± 0.17
0.05	0.15	0.81 ± 0.26	0.90 ± 0.22	1.10 ± 0.59	0.83 ± 0.55	0.59 ± 0.13
0.05	0.15	0.81 ± 0.35	0.81 ± 0.19	0.75 ± 0.53	0.83 ± 0.43	0.53 ± 0.23
0.05	0.2	0.77 ± 0.25	0.94 ± 0.16	0.59 ± 0.47	0.66 ± 0.40	0.37 ± 0.24
0.05	0.1	0.91±0.22	1.03±0.17	0.83±0.49	0.80±0.33	0.55 ± 0.20
0.1	0.15	0.89±0.16	0.92±0.18	0.74±0.43	0.78±0.48	0.44 ± 0.23
0	0.15	1.08±0.13	1.09±0.23	1.09±0.97	0.78±0.50	0.38 ± 0.26

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่ผันแปรปริมาณบุกและคาราจีแนน

บุก (ร้อยละ)	คาราจีแนน (ร้อยละ)	คุณภาพทางกายภาพ				คุณภาพทางเคมี
		L* (ความสว่าง)	a* (สีเขียว)	b* (สีเหลือง)	แรงกด (N)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
0.015	0.185	94.97 ± 0.09	-0.08 ± 0.01	8.99 ± 0.06	0.44 ± 0.10	0.07 ± 0.01
0.085	0.185	94.89 ± 0.11	-0.18 ± 0.07	8.41 ± 0.04	0.47 ± 0.06	0.06 ± 0.01
0.015	0.115	95.45 ± 0.05	-0.10 ± 0.15	8.21 ± 0.25	0.20 ± 0.01	0.07 ± 0.01
0.085	0.115	95.07 ± 0.20	-0.13 ± 0.04	8.50 ± 0.03	0.16 ± 0.04	0.06 ± 0.01
0.05	0.15	95.11 ± 0.01	-0.16 ± 0.20	7.95 ± 0.41	0.33 ± 0.06	0.05 ± 0.02
0.05	0.15	95.23 ± 0.45	-0.22 ± 0.05	8.87 ± 0.22	0.40 ± 0.03	0.06 ± 0.01
0.05	0.15	95.32 ± 0.11	-0.19 ± 0.02	8.02 ± 0.14	0.52 ± 0.09	0.05 ± 0.02
0.05	0.2	94.77 ± 0.25	-0.15 ± 0.15	8.26 ± 0.01	0.88 ± 0.05	0.05 ± 0.02
0.05	0.1	94.70 ± 0.07	-0.31 ± 0.18	8.36 ± 0.24	0.26 ± 0.02	0.06 ± 0.01
0.1	0.15	94.58 ± 0.12	-0.26 ± 0.22	9.77 ± 0.02	0.58 ± 0.05	0.05 ± 0.02
0	0.15	95.14 ± 0.18	-0.21 ± 0.09	8.12 ± 0.11	0.24 ± 0.02	0.07 ± 0.01

ตารางที่ 4.14.1 และ 4.14.2 แสดงผลวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับด้านความเข้มของสีเหลือง ความใส ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.82-0.96 0.93-1.03 0.42-5.72 0.81-1.06 0.69-0.96 0.77-1.08 0.81-1.09 0.59-1.10 0.55-0.84 และ 0.37-0.61 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงว่ามีเพียงความหนืดเท่านั้นที่ได้ผลกระทบจากการผันแปรปริมาณไฮโดรคอลลอยด์

ตารางที่ 4.15 แสดงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* และ b* มีค่าอยู่ในช่วง 94.58 - 95.45 -0.31 ถึง -0.10 และ 7.98 - 9.77 ตามลำดับ ค่าแรงกด (Compression force) มีค่าอยู่ในช่วง 0.16 - 0.88 นิวตัน

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.07

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และเคมีที่ได้ นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการหาสมการถดถอยที่แสดงผลของปริมาณบุกและคาราจีแนนต่อคุณภาพด้านต่างๆ พบว่าสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสเป็นดังนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ความหนืด = 2.95 + 1.28(ปริมาณคาราจีแนน) + 1.32(ปริมาณบุก) $R^2 = 0.90$

รสเผ็ด = 0.82 – 0.05(ปริมาณบุก) + 0.07 (ปริมาณบุก)^2 $R^2 = 0.72$

คุณภาพด้านกายภาพ

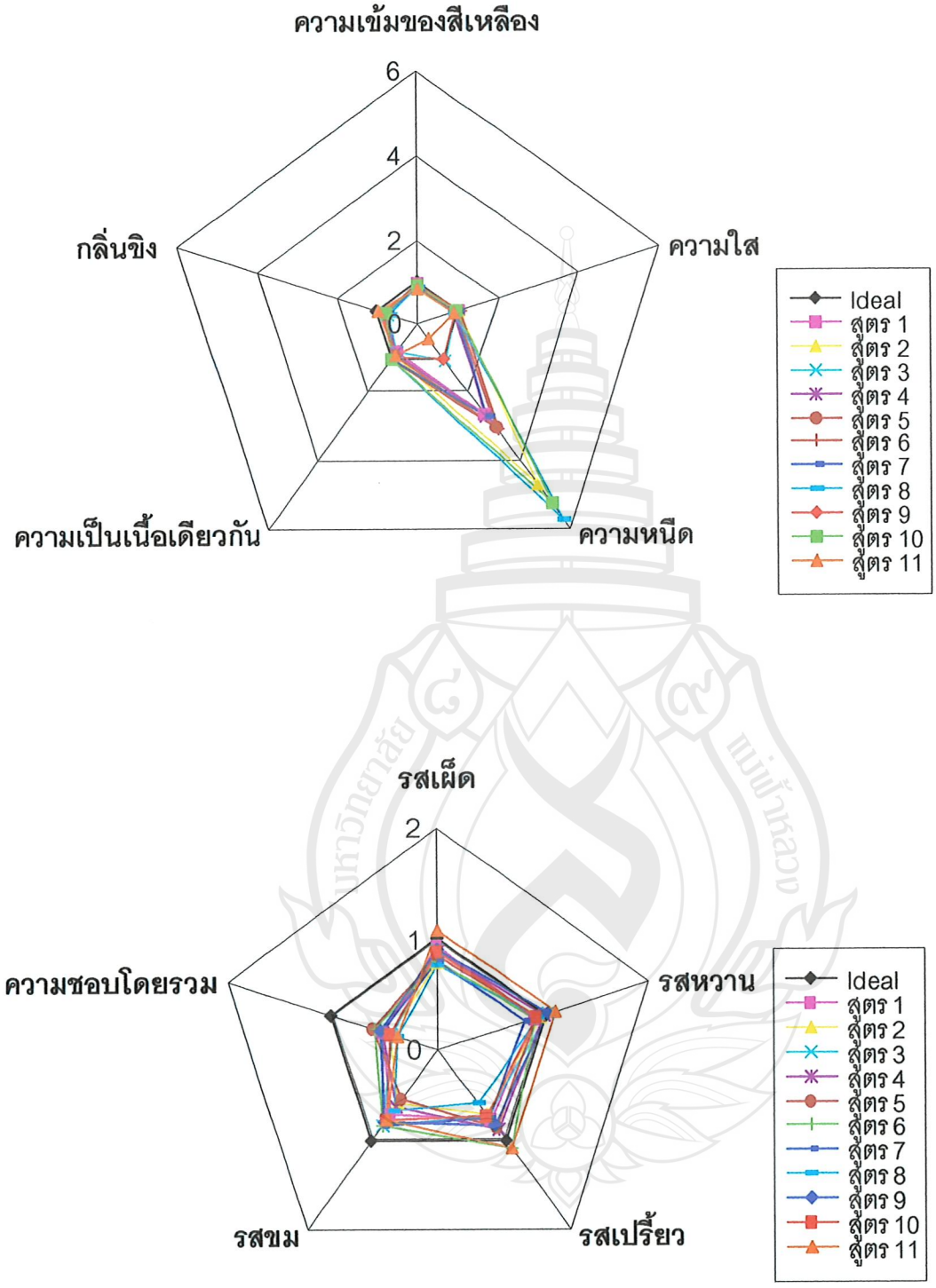
แรงกด = 0.41 + 0.189(ปริมาณคาราจีแนน) $R^2 = 0.59$

สมการ Coded equation ทั้ง 3 สมการข้างต้นไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมดเพราะมีค่า R^2 ต่ำกว่าที่กำหนด (0.80) ซึ่งได้แก่ สมการความสัมพันธ์ของคุณภาพด้านรสเผ็ด และแรงกด จึงไม่นำทั้งสองสมการนี้ไปทำการถอดรหัสเพราะไม่สามารถทำนายความสัมพันธ์ได้อย่างเหมาะสม แต่ทั้งสองสมการนี้สามารถบอกแนวโน้มความสัมพันธ์ได้เช่นกัน กล่าวคือ สมการความสัมพันธ์ของปริมาณบุกต่อรสเผ็ด ทำให้ทราบว่าการใช้ปริมาณบุกมากขึ้นจะทำให้รสเผ็ดลดลง ส่วนสมการความสัมพันธ์ของปริมาณคาราจีแนนต่อแรงกดอธิบายได้ว่า เมื่อมีปริมาณคาราจีแนนมากขึ้น ส่งผลให้แรงกดในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความหนือเพิ่มขึ้นนั่นเอง

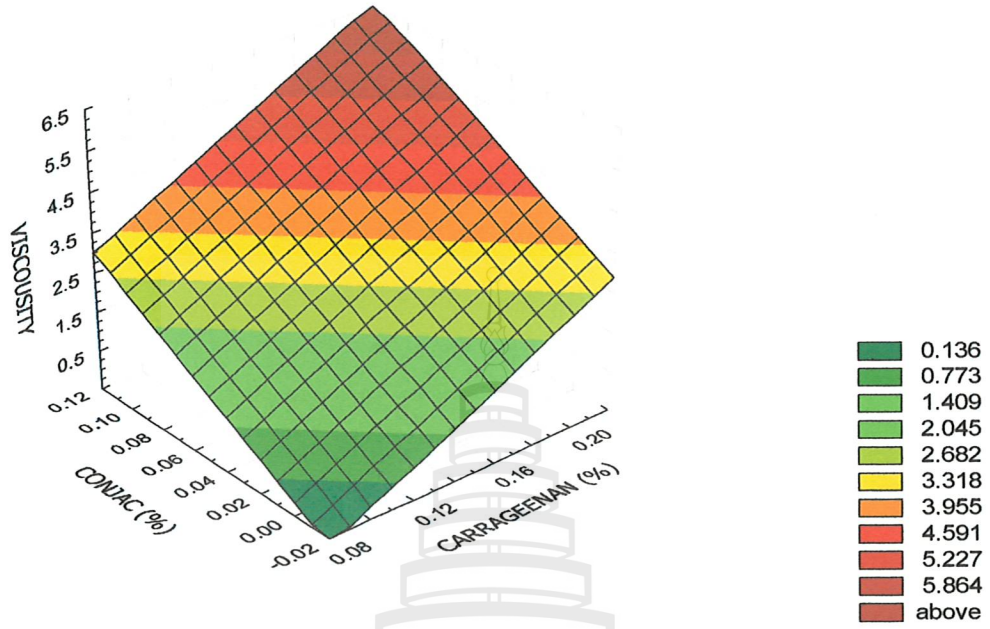
เมื่อพิจารณาสมการ Coded equation เพื่อให้นำสมการไปทำนายผลได้ จึงต้องทำการถอดรหัสตามสูตรที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้สมการแสดงดังตาราง 4.16

ตารางที่ 4.16 สมการถอดรหัสแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาราจีแนนและบุกต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอย	R^2
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
ความหนืด = -2.21 + 25.6(ปริมาณคาราจีแนน) + 26.4(ปริมาณบุก)	0.90



ภาพที่ 4.13 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรอัตราส่วนระหว่างคาราจีแนนและบุก



ภาพที่ 14 แสดงพื้นที่ผิวตอบสนองของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาราจีแนนและบุกต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของผลิตภัณฑ์

จากสมการความสัมพันธ์ของปริมาณคาราจีแนนและบุกต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.16 เมื่อใช้โปรแกรม Mathcad 7.0 Professional คำนวณระดับที่เหมาะสมของสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ หริอทำมห้การยอมรับความหนือใกล้เคียง 1 มากที่สุด พบว่า คาราจีแนนร้อยละ 0.12 และบุกร้อยละ 0.0052 เป็นจุดที่เหมาะสม ดังจะเห็นได้จากกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (ภาพที่ 4.14)

4.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการสกัดน้ำขิงที่ปริมาณขิงร้อยละ 2.695 และเวลาที่ใช้ในการต้ม คือ 5 นาที อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส เป็น 50:50 ปริมาณการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดร้อยละ 28 ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.08 และอัตราการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดคือ คาราจีแนนร้อยละ 0.12 และบุกร้อยละ 0.0052 เป็นอัตราส่วนที่ผู้บริโภคต้องการสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกอัตราส่วนดังกล่าวสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม นำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT)

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น มาทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 420 คน โดยคัดเลือกเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง จำนวนทั้งสิ้น 366 คน ผู้บริโภคดังกล่าวจะประเมินคุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นขิง รสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสขิง และความชอบโดยรวม

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 62.84 % อายุอยู่ในช่วง 16-20 ปี 44.26 % รองลงมาคือ ช่วงอายุ 21-25 ปี 27.60 % การศึกษาระดับปริญญาตรี 62.84 % สำหรับอาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษาคิดเป็น 64.75 % รายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง น้อยกว่า 5,000 บาท คิดเป็น 70.49 % แสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		ความถี่ (%)
เพศ		
	ชาย	37.16
	หญิง	62.84
อายุ		
	16-20 ปี	44.26
	21-25 ปี	27.60
	26-30 ปี	8.47
	31-35 ปี	6.56
	36-40 ปี	3.82
	41-45 ปี	2.18
	46-50 ปี	3.28
	มากกว่า 50 ปี	3.83
การศึกษา		
	ต่ำกว่ามัธยม	13.11
	มัธยมศึกษา	13.94
	อนุปริญญา/ปวส.	4.64
	ปริญญาตรี	62.84
	สูงกว่าปริญญาตรี	5.47
อาชีพ		
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ/พนักงานรัฐ	3.01
	พนักงานบริษัทเอกชน	3.00
	ธุรกิจส่วนตัว	12.57
	ลูกจ้าง	9.29
	นักเรียน/นักศึกษา	64.75
	แม่บ้าน	7.38

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (%)
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 5,000 บาท	70.49
5,001-10,000 บาท	22.13
10,001-15,000 บาท	2.46
15,001-20,000 บาท	2.46
20,001-25,000 บาท	0.55
มากกว่า 25,000 บาท	1.91

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า เหตุผลในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงเพื่อสุขภาพ 70.57 % รองลงมาคือชอบรสชาติของขิง 28.18 % ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง แล้วแต่โอกาส 60.38 % และน้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ 19.67 % ชนิดของผลิตภัณฑ์ขิงที่เคยบริโภค คือ น้ำขิง 30 % รองลงมาคือ ใช้ขิงเป็นส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสอาหาร 27.43 % และขิงดอง 20.57 % ตามลำดับ ผู้บริโภคมีการซื้อผลิตภัณฑ์ขิงมารับประทานเอง 72.68 % โดยสถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ขิง จะเป็นตลาดสด 46.38 %

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (%)
การบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง	
เคย	100
ไม่เคย	0
เหตุผลในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง	
ชอบรสชาติของขิง	28.18
รับประทานเพื่อสุขภาพ	70.57
อื่นๆ โปรดระบุ	1.25
ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง	
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	19.67
1-2 ครั้ง/สัปดาห์	13.12
3-4 ครั้ง/สัปดาห์	3.28
มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	3.55
แล้วแต่โอกาส	60.38
ชนิดของผลิตภัณฑ์ขิงที่เคยบริโภค	
ใช้ขิงเป็นส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสอาหาร	27.43
น้ำขิง	30.00
ขิงดอง	20.57
ขิงแช่อิ่ม	5.43
ขิงอัดเม็ด	1.71
ลูกอมขิง	7.14
ชาขิง	7.29
อื่นๆ โปรดระบุ	0.43
การซื้อผลิตภัณฑ์ขิงมารับประทาน	
ซื้อเอง	72.68
ไม่ได้ซื้อเอง	27.32

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (%)
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ขิง	
ตลาดสด	46.38
ร้านขายของชำ	8.48
มินิมาร์ท	13.72
ซุปเปอร์มาร์เก็ต	16.71
ร้านจำหน่ายสมุนไพร	14.46
อื่นๆ โปรดระบุ	0.25

สำหรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะของสีของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ระดับเฉลี่ยชอบเล็กน้อย (6.89) โดยผู้บริโภค 43.44 % ให้คะแนนชอบปานกลาง 23.50 % ให้คะแนนชอบมาก 11.75 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย และเฉยๆ ตามลำดับ ด้านกลิ่นขิง ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.87) โดยผู้บริโภค 38.52 % ให้คะแนนชอบปานกลาง 24.04 % ให้คะแนนชอบมาก และ 12.57 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย ตามลำดับ ด้านรสหวาน ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.31) โดยผู้บริโภค 32.79 % ให้คะแนนชอบปานกลาง 21.86 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย และ 15.85 % ให้คะแนนชอบมาก ตามลำดับ ด้านรสเปรี้ยว ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ที่ระดับเฉยๆ (5.71) โดยผู้บริโภค 26.23 % ให้คะแนนเฉยๆ 22.95 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย 20.49 % ให้คะแนนชอบปานกลาง ตามลำดับ ด้านกลิ่นรสขิง ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.60) โดยผู้บริโภค 27.05 % ให้คะแนนความชอบปานกลาง 22.95 % ให้คะแนนชอบมาก 15.85 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย ตามลำดับ ด้านความชอบโดยรวมผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.62) โดยผู้บริโภค 40.16 % ให้คะแนนความชอบปานกลาง 19.95 % ให้คะแนนชอบมาก 14.75 % ให้คะแนนชอบเล็กน้อย ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ความถี่ของคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

คุณลักษณะที่ประเมิน	ความถี่ของคะแนนความชอบ (%)									
	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด	คะแนนความชอบเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์	6.56	23.50	43.44	11.75	11.75	1.64	0.27	0.55	0.54	6.89
กลิ่นขิง	10.38	24.04	38.52	12.57	6.01	4.65	0.82	1.64	1.37	6.87
รสหวาน	6.01	15.85	32.79	21.86	7.92	8.19	3.55	2.19	1.64	6.31
รสเปรี้ยว	3.28	9.02	20.49	22.95	26.23	9.84	3.83	2.18	2.18	5.71
กลิ่นรสขิง	12.57	22.95	27.05	15.85	8.47	5.46	3.01	1.36	3.28	6.60
ความชอบโดยรวม	6.01	19.95	40.16	14.75	10.11	4.37	2.19	1.64	0.82	6.62

โดยสรุปแล้ว ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มถึง 72.13 % เหตุผลที่ชอบคือรับประทานเพื่อสุขภาพ 29.54 % รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์รับประทานง่าย 19.75 % และเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ 15.56 % อย่างไรก็ตามมีผู้บริโภค 27.87 % ที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ทั้งนี้เนื่องจากรสชาติเผ็ดร้อนเกินไป 56.20 % รองลงมาคือ มีกลิ่นรสขิงมากเกินไป 22.63 % ทั้งนี้ผู้บริโภค 87.98 % ยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม โดยผลิตภัณฑ์ขนาดบรรจุ 150 กรัม ควรมีราคาขาย 5 บาท 62.57 % และถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้วางจำหน่ายผู้บริโภค 60.38 % ตัดสินใจที่จะซื้อ 25.96 % ไม่แน่ใจ และ 13.66 % ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.20) ดังนั้นผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มจึงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจและมีแนวโน้มในการตัดสินใจซื้อมากกว่า 80 %

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (%)
ความชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	
ชอบ	72.13
ไม่ชอบ	27.87
เหตุผลที่ชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	
รสชาติอร่อย	17.31
รับประทานเพื่อสุขภาพ	29.54
รับประทานง่าย	19.75
ชอบรับประทานขิง	8.92
ชอบรับประทานเยลลี่	8.92
เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่	15.56
อื่นๆ โปรดระบุ	0
เหตุผลที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	
รสชาติเผ็ดร้อนเกินไป	56.20
รับประทานยาก	10.95
มีกลิ่นรสขิงมากเกินไป	22.63
สีไม่น่ารับประทาน	5.11
อื่นๆ โปรดระบุ	5.11
การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม	
ยอมรับ	87.98
ไม่ยอมรับ	12.02
ราคาขายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ขนาดบรรจุ 150 กรัม	
4 บาท	12.29
5 บาท	62.57
6 บาท	8.47
7 บาท	9.84
10 บาท	6.01
อื่นๆ โปรดระบุ	0.82

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (%)
การซื้อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม เมื่อมีวางจำหน่าย	
ซื้อ	60.38
ไม่ซื้อ	13.66
ไม่แน่ใจ	25.96

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม ประกอบด้วยการทดลองหลายขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

เมื่อสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้ Ideal Ratio Profile เพื่อหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ สามารถคัดเลือกลักษณะสำคัญของตัวอย่าง ที่ผู้ทดสอบให้ความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มได้ 9 ลักษณะและทราบระดับการยอมรับของลักษณะนั้นๆ ได้แก่ ความเข้มของสีเหลือง ความใส ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นขิง รสเผ็ด รสหวาน รสเปรี้ยว และรสขม เค้าโครงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

5.2 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิงที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษากระบวนการสกัดน้ำขิง เพื่อให้ได้น้ำขิงที่มีความเข้มข้นเหมาะสม โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณขิงและเวลาที่ใช้ในการต้ม ใช้แผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) โดยผันแปรปริมาณขิงร้อยละ 1-6 และเวลาต้ม 3-7 นาที ผลการทดลองพบว่า ปริมาณขิงร้อยละ 2.695 และเวลาต้ม5 นาที เป็นระดับที่เหมาะสม

5.3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส

ทำการศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ผันแปรอัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส เป็น 90:10 70:30 50:50 30:70 และ 10:90 และ กำหนดให้ปริมาณรวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดเท่ากับร้อยละ 30 ผลการทดลองแสดงว่าอัตราส่วน 50:50 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพน่าพอใจมากที่สุด

5.4 การศึกษาระดับการใช้น้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) กำหนดระดับปัจจัยการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดและกรดซิตริกเป็น 5 ระดับโดยปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30 และปริมาณกรดซิตริกมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.05-0.15 ผลการทดลอง พบว่าปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกที่เหมาะสมคือร้อยละ 28 และ 0.08 ตามลำดับ

5.5 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ได้แก่ บุกและคาราจีแนน ศึกษาระดับปัจจัยการใช้บุกและคาราจีแนน 5 ระดับ โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0 - 0.1 และ 0.1 – 0.2 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าระดับที่เหมาะสมคือ คาราจีแนน ร้อยละ 0.12 และบุก ร้อยละ 0.0052

4.7 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดลองข้างต้น สามารถสรุปสูตรและกระบวนการผลิตเยลลี่ขิงพร้อมดื่มได้ดังนี้ กระบวนการสกัดน้ำขิงใช้ปริมาณขิงร้อยละ 2.695 และเวลาต้ม 5 นาที อัตราส่วนระหว่างซูโครสต่อฟรุกโตส เป็น 50:50 ปริมาณการใช้รวมของน้ำตาลทั้งสองชนิดร้อยละ 28 ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.08 และใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดคือ คาราจีแนนร้อยละ 0.12 และบุกร้อยละ 0.0052

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสูตรข้างต้นมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT) คือใช้ผู้บริโภคทั่วไปโดยเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง 366 คน ผู้บริโภคจะประเมินคุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นขิง รสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสขิง และความชอบโดยรวม เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ย และการยอมรับของผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างมีความชอบในทุกๆ ด้าน

บรรณานุกรม

กรกฎ วัชรกุลปรีชาชาติ เยลลี่สับปะรดนางแลผสมกากใย 2547

"กรมส่งเสริมการเกษตร". 2548. (Online). Available: http://www.doae.go.th/plant/khing.htm (23 สิงหาคม 2548)

"กรมส่งเสริมการเกษตร". 2548. (Online). Available : http://www.doae.go.th/library/html/detail/jinsen/kingg.htm_ (23 สิงหาคม 2548).

"กอง บก. ใกล้หมอ". 2548. (Online). Available: http://www.elib-online.com/doctors/herb_ginseng2.html (23 สิงหาคม 2548).

"องค์การเภสัชกรรม".2548.(Online).Available :http://www.gpo.or.th/rdi/oldmedicine/product12.html (23 สิงหาคม 2548).

"กลูโคแมนแนน/บุก".2548.(Online).Available : (www.alternateinfo.com/Alternateth/Hsth/Glucomannan_th.htm) (23 สิงหาคม).

คู่มือสมุนไพร ฉบับย่อ (1) สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พิมพ์ครั้งที่ 1 2543 บจก.นิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996) กรุงเทพ ฯ.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. **พืชผักอุตสาหกรรม**. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ ชลบุรี. 134-181.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นันทวัน บุณยะประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2539. **สมุนไพรไม้พื้นบ้าน**. สำนักข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 496-519.

นิรนาม. 2530. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย.

พรรัตน์ สินชัยพานิช. 2545. สมบัติทางเคมีกายภาพและการนำแป้งบุกไปประยุกต์ใช้. **อาหาร**. 174-178.

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2545. ส่วน

พัฒนามาตรฐานอาหารและสนับสนุนการกำกับดูแล กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2536. **การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

"แพทย์แผนไทย". 2548. (Online). Available: http://www.nectec.or.th/courseware/siamculture/medical/khing.html (23 สิงหาคม 2548).

"พืชสมุนไพรเศรษฐกิจ".2548.(Online).Available : http://www.swu.ac.th/royal/book3/b3c3t1_1.html (23 สิงหาคม 2548.

"ร้อยเรื่องเครื่องดื่มสมุนไพร".2548.(Online).Available : http://www.lib.ru.ac.th/journal/herb.html (23 สิงหาคม 2548).

ลินจง สุขลำภู, จิราภรณ์ เตชะสหะพัฒนา และสุวิมล เลาหะคุณากร. 2544. การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยซิอร์บิทอลในสับปะรดเต็มแว่นบรรจุกระป๋อง. **อาหาร**. 268-288.

สุธาสิณี น้อยสุวรรณ และปราณี อ่านเปรื่อง. 2544. การใช้ผงบุกเพื่อเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่. **อาหาร**. 174-186.

สันทนา ธรรมจริยาพันธุ์. 2534. เอกสารประกอบการสอนเคมีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. เยลลี่แป้งบุกผสมน้ำส้ม : การผลิตและการทดแทนน้ำตาลด้วยอะเซซัลเฟม-เค. **อาหาร**. 274-282.

AOAC. 1995. In Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. AOAC.Inc. Virginia, USA.

Donna R. Tainter and Nathony T. Grenis. 2001. Spices and Seasonings. 2nd ed. A JOHN WILEY & SONS, Inc., New York.

HunterLab. 1997. ColourquestII Colorimeter. Hunter Assiciates Laboratories Inc. Rexton. Virginia, USA.

Mendonca R., Zambiazi. R, and Granada G.G. 2001. Partial Substitution of Sugars by the Low- Calorie Sweetener Sucralose in Peach Compote. J. Food Sci. 1195-1200.

"----------". 2548. (Online). Available
: http://www.healthnet.in.th/text/forum2/herbal2/herbal.htm (23 สิงหาคม 2548).
"----------". 2548. (Online). Available: http://www.medplant.mahidol.ac.th/doae/009.htm
"----------". 2548. (Online). Available :
http://www.bangkokhealth.com/consumer_htdoc/consumer_health_detail.asp?Numb
er=9200 (23 สิงหาคม 2548).

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวัดสีระบบ Hunter Lab

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Color Quest II colorrimeter วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunrer Lab) โดยค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

เมื่อ L คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

a คือ ค่าสีแดง เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง

เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว

b คือ ค่าสีเหลือง เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง

เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ก่อนทำการวัดทุกครั้ง จึงวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยการทำซ้ำ 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคาะห์คุณภาพทางเคมี

2. การหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total titrable acids) ตามวิธีของ AOAC(1995)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมล่าร์
  ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างมะม่วงอบแห้ง 10 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดปริมาตร นำตัวอย่างที่เตรียมได้มากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นปิเปตสารละลายใส 10 มิลลิลิตรลงในฟลาสก์ขนาด

125 มิลลิลิตร นำมาไตรเตตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมล่าร์ โดยใช้ฟีนอลธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดโดยเทียบจากค่ามาตรฐาน ดังนี้

1 มิลลิลิตร ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับกรดซิตริก 0.007 กรัม

3. **การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น** (AOAC, 1995)

บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียมที่สะอาดและผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นใส่ตัวอย่างที่ถูกตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียม นำกระป๋องอลูมิเนียมไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ นำกระป๋องอลูมิเนียมออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นไม่น้อยกว่า 20 นาที บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียมและของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น (เทียบน้ำหนักเปียก)} = \frac{(A-B)\times 100}{A}$$

เมื่อ A = นำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่หลังการอบ (กรัม)

4. **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์** (Reducing Sugars) **ก่อนและหลังอินเวอร์ชันตามวิธีของ** Lane and Eynon (AOAC, 1995)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลาย Fehling no. 1

ละลายคอปเปอร์ซัลเฟท (copper sulfate pentahydrate : $CuSO_4.5H_2O$) จำนวน 34.639 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย Fehling no. 2

ละลายโซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรท (sodium potassium tartrat หรือ rechelle salt : $KnaC_4O_6 \cdot 4H_2O$) จำนวน 173 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodiumhydroxide) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร โดยขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย Carrez I

ละลาย Zinc acetate dihydrate 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย Carrez II

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 10.6 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายเมธิลีนบลูเข้มข้นร้อยละ 1

ละลายเมธิลีนบลู 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ (D_1)

เตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยชั่งตัวอย่างเยลลี่ขิงพร้อมดื่ม 2 กรัม แล้วนำมาปั่นกับน้ำกลั่นจนเป็นเนื้อเดียวกัน ถ่ายตัวอย่างที่ได้ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Clearing agent หรือสารละลาย Correz I และ Correz II อย่างละ 5 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที แล้วกรองเก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งก่อนอินเวอร์ชั่น

Preliminary titration

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร (ชนิดปลายงอ) ไล่ฟองอากาศให้หมด ปิเปตสารละลาย Fehling reagent ซึ่งประกอบไปด้วยสารละลาย Fehling

no. 1และ Fehling no. 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กลงไป 2-3 เม็ด นำไปต้มให้เดือดบนตะเกียงบุนเซน ไตเตรตกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมธิลีนบลูลงไป 1-2 หยด ไตเตรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือแต่ตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

Accurate titration

ปิเปตสารละลาย Fehling reagent ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย Fehling no. 1 และ Fehling no. 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กลงไป 2-3 เม็ด เติมสรลละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ไตเตรตครั้งแรกประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมธิลีนบลูลงไป 1-2 หยด แล้วไตเตรตต่อจนสีฟ้าหายไปหมด โดยต้องไตเตรตให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ตั้งแต่เริ่มเดือด จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์หลังอินเวอร์ชั่น (D_2)

นำสารละลายน้ำตาลที่เหลือจากการไตเตรตหาน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.34 นอร์มัลจำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วปรับปริมาตรส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 โมล่าร์ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร แล้วทำการไตเตรตเช่นเดียวกับการหาร้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ชั่น

ภาคผนวก ข.

รูปภาพ

ภาพที่ ข.1 ขิงหยวกก่อนอบแห้ง

ภาพที่ ข.2 ขิงหยวกหลังอบแห้ง

ภาพที่ ข.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิง

ภาคผนวก ค.
แบบทดสอบคุณภาพด้านประสามสัมผัส

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

(Ideal Ratio Profile Test)

ผลิตภัณฑ์ : เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นเยลลี่ที่ทำจากน้ำขิง ใช้สารประเภทคอลลอยด์ได้แก่ บุก และคาราจีแนน รับประทานโดยการใช้หลอดดูด เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย

กำหนดเครื่องหมาย X ลงบนสเกลในตำแหน่งที่คิดว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์

ลักษณะปรากฏภายนอก (External Appearance)

ความเข้มของ

สีเหลือง น้อย ——— มาก

ความใส น้อย ——— มาก

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ความหนืด น้อย ——— มาก

ความเป็นเนื้อ

เดียวกัน น้อย ——— มาก

กลิ่นและรสชาติ (Taste and flavor)

กลิ่นขิง น้อย ——— มาก

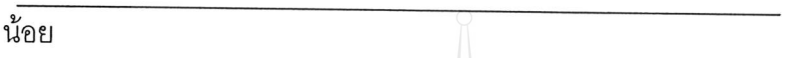
รสเผ็ด น้อย ——— มาก

รสหวาน น้อย ——— มาก

รสเปรี้ยว น้อย ——— มาก

รสขม

ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)



ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถาม
การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ CLT

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้เป็นการวิจัยของ อาจารย์ณัฏยา คนซื่อ อาจารย์สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ซึ่งทำการวิจัยในหัวข้อเรื่อง "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม" จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านทำการทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม ขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัยในการบริโภค ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้

คำอธิบาย ขิงเป็นสมุนไพรที่ให้คุณประโยชน์แก่ร่างกาย และมีการปลูกกันมากในจังหวัดเชียงราย ในงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยนำน้ำขิงมาทำเยลลี่พร้อมดื่ม ที่ได้มีการเติมผงบุกและคาราจีแนน เพื่อพัฒนาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค รับประทานโดยการใช้หลอดดูดและเก็บที่อุณหภูมิต่ำ โดยในการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

ตัวอย่างที่แจกให้ ผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย / ใน ( ) ที่ท่านเห็นด้วยว่าตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

เฉพาะเจ้าหน้าที่

1.เพศ

A

( ) ชาย ( ) หญิง ☐

2.อายุ

B

( ) 16-20 ปี ( ) 21-25 ปี ☐

( ) 26-30 ปี ( ) 31-35 ปี

( ) 36-40 ปี ( ) 41-45 ปี

( ) 46-50 ปี ( ) มากกว่า 50 ปี

3.การศึกษา

C

( ) ต่ำกว่ามัธยม ( ) มัธยมศึกษา ☐

( ) อนุปริญญา/ปวส. ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4.อาชีพ

D

( ) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ/พนักงานรัฐ ☐

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) ลูกจ้าง ( ) นักเรียน/นักศึกษา

( ) แม่บ้าน ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

5.รายได้ต่อเดือน

E

( ) น้อยกว่า 5,000 บาท ( ) 5,001-10,000 บาท ☐

( ) 10,001-15,001 บาท ( ) 15,001-20,000 บาท

( ) 20,001-25,001 บาท ( ) มากกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง

6.ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขิงหรือไม่ F

( ) เคย (ทำต่อข้อ 7) ☐

( ) ไม่เคย เพราะ..... (ทำต่อส่วนที่ 3)

7.เหตุผลที่ท่านเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง (เลือกตอบได้ มากกว่า 1 ข้อ) G

( ) ชอบรสชาติของขิง ( ) รับประทานเพื่อสุขภาพ ☐

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

8.ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขิง H

( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ☐

( ) 3-4 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์

( ) แล้วแต่โอกาส

9.ชนิดของผลิตภัณฑ์ขิงที่ท่านเคยบริโภค (เลือกตอบได้ มากกว่า 1 ข้อ) I

( ) ใช้ขิงเป็นส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสอาหาร ☐

( ) น้ำขิง ( ) ขิงดอง

( ) ขิงแช่อิ่ม ( ) ขิงอัดเม็ด

( ) ลูกอมขิง ( ) ชาขิง

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

10.ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ขิงมารับประทานเองหรือไม่ J

( ) ซื้อเอง (ทำต่อข้อ 11) ( ) ไม่ได้ซื้อเอง (ทำต่อส่วนที่ 3) ☐

11.สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ขิง (เลือกตอบได้ มากกว่า 1 ข้อ) K

( ) ตลาดสด ( ) ร้านขายของชำ ☐

( ) มินิมาร์ท ( ) ซุปเปอร์มาร์เก็ต

( ) ร้านจำหน่ายสมุนไพร ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม

12.กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม และทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ษณะ เมิน	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด	L
อง ัณฑ์										☐
มขิง										☐
วาน										☐
รียว										☐
สขิง										☐
ชอบ วม										☐

ข้อเสนอแนะ.....

13.ท่านชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มนี้หรือไม่ M

( ) ชอบ (ทำต่อข้อ 14) ☐

( ) ไม่ชอบ เพราะ..... (ทำต่อข้อ 15)

14.เหตุผลที่ท่านชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม (เลือกตอบได้ มากกว่า 1 ข้อ) N

( ) รสชาติอร่อย ( ) รับประทานเพื่อสุขภาพ ☐

( ) รับประทานง่าย ( ) ชอบรับประทานขิง

( ) ชอบรับประทานเยลลี่ ( ) เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

(ทำต่อข้อ 16)

15.เหตุผลที่ท่านไม่ชอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่ม O

( ) รสชาติเผ็ดร้อนเกินไป ( ) รับประทานยาก □

( ) มีกลิ่นรสขิงมากเกินไป ( ) สีไม่น่ารับประทาน

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

16.ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มหรือไม่ P

( ) ยอมรับ □

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

17.ท่านคิดว่าราคาขายที่เหมาะสม ขนาดบรรจุ 1 ถ้วย 150 กรัม ราคาขายควรเป็นเท่าไหร่ Q

( ) 4 บาท ( ) 5 บาท □

( ) 6 บาท ( ) 7 บาท

( ) 10 บาท ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

18.หากมีผลิตภัณฑ์เยลลี่ขิงพร้อมดื่มวางจำหน่าย ท่านจะซื้อบริโภคหรือไม่ R

( ) ซื้อ □

( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

ขอขอบพระคุณ

ผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1.ชื่อ นางสาวณัฏยา คนซื่อ

Miss Nattaya Konsue

2.รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง

จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-6738

โทรสาร : 053-916739

E-mail : knattaya@mfu.ac.th

5.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2541	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาศาสตร์บัณฑิต)	เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2545	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. ประวัติการทำงาน

มิถุนายน 2545 – พฤศจิกายน 2545 อาจารย์ประจำ สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร

ธันวาคม 2545 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

7. ประวัติงานวิจัย -

ผู้ร่วมวิจัย

1.ชื่อ นางปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล
Mrs Piyaporn Cheumchaitrakul

2.รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0-5391-6738 , 0-5391-6754

5.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับ ปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2542 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาศาสตร์บัณฑิต)	เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2545 ไทย	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ประวัติการทำงาน

1 มิถุนายน 2545 – 31 พฤษภาคม 2546 อาจารย์ประจำคณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง

1 มิถุนายน 2546 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

7. ประวัติงานวิจัย

2546 คุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง (หัวหน้าโครงการ)

2547 ญี่ปุ่น การศึกษาคุณสมบัติของแป้งเหลือใช้จากกระบวนการผลิตขนมอบกรอบ (หัวหน้าโครงการ)

2548 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหม่อนผงโดยวิธีการอบแห้งแบบ Foam Met (หัวหน้าโครงการ)